



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS CONTROLES INTERMEDIOS PARA LA
RETENCIÓN DE SEDIMENTOS DURANTE EL MOVIMIENTO DE TIERRAS EN
UNA UNIDAD MINERA

Línea de investigación:

Biodiversidad, ecología y conservación

Informe del Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título
Profesional de Ingeniero Ambiental

Autora:

Pucuhuanca Pacheco, Isabel Doris

Asesor:

Vasquez Aranda, Ahuber Omar
(ORCID: 0000-0002-2873-6752)

Jurado:

Huiman Sandoval, José

Rojas León, Gladys

Vega Ventosilla, Violeta

Lima - Perú

2023

“Estimación de la eficiencia de los controles intermedios para la retención de sedimentos durante el movimiento de tierras en una unidad minera”

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

12%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	AJMC INGENIEROS SOCIEDAD CIVIL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA. "EIA-SD de Ampliación de Capacidad de Instalada de Planta de Procesamiento de Recursos Hidrobiológicos para la Producción de Congelado de 20 t/día a 95.76 t/día de Capacidad, Ubicada en el Distrito de Paita, Piura-IGA0003227", R.D. N° 514-2015-PRODUCE/DGCHD, 2020 Publicación	1%
4	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRAFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS CONTROLES INTERMEDIOS PARA LA
RETENCIÓN DE SEDIMENTOS DURANTE EL MOVIMIENTO DE TIERRAS EN UNA
UNIDAD MINERA

Línea de investigación: Biodiversidad, Ecología y Conservación

Informe del Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero

Ambiental

Autor:

Pucuhuanca Pacheco, Isabel Doris

Asesor:

Vasquez Aranda Ahuber Omar

(ORCID 0000-0002-2873-6752)

Jurado:

Huiman Sandoval, José

Rojas León, Gladys

Vega Ventosilla, Violeta

Lima – Perú

2023

DEDICATORIA

A mi padre que desde el cielo me guía, a mi mami que siempre me incentiva a ser una mejor personas y profesional, a mis hermanos por su apoyo constante, a mi esposo ya que, sin su apoyo no hubiera sido posible este trabajo y a mi adorado hijo, quien me inspira día a día a seguir mejorando.

AGRADECIMIENTO

A Dios, porque todo se dio en el momento correcto.

A mi alma máter, por darme las nociones y conocimientos para enfrentar los retos profesionales.

A la empresa donde trabajo, mis líderes y mi compañera Cynthia pues su apoyo fue vital para poder culminar con este informe.

A mi asesor, el Ing. Vasquez por darnos de su tiempo libre para guiarnos en el informe.

A mi madre, Maura, porque me ayudó en los días que necesitaba terminar mi informe.

ÍNDICE

RESUMEN	5
ABSTRACT	6
I. INTRODUCCIÓN	7
1.1 Trayectoria Del Autor	9
1.2 Descripción de la Empresa	14
1.3 Organigrama de la Empresa	16
1.4 Áreas y funciones desempeñadas	17
II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA	20
2.1 Estimación de la eficiencia de los controles intermedios durante el movimiento de tierras	20
2.2 Etapas de la actividad	23
III. APORTES MÁS DESTACADOS A LA EMPRESA	32
IV. CONCLUSIONES	34
V. RECOMENDACIONES	35
VI. REFERENCIAS	36
VII. ANEXOS	38

RESUMEN

En el presente informe, la autora describe su trayectoria laboral desde sus inicios hasta su trabajo actual, también describe los estudios realizados de pregrado, post grado y otros complementarios que ayudaron en su desempeño laboral. La descripción laboral principal es de la empresa donde el autor labora actualmente, de la cual ha descrito su organización, así como los esfuerzos que realiza la empresa para la protección ambiental. La autora lleva trabajando en esta empresa más de 5 años, inicio como supervisor de gestión ambiental y actualmente se desempeña como jefe corporativo de gestión ambiental. En este informe se describe el trabajo que la autora realizó para la estimación de la eficiencia de los controles intermedios para la retención de sedimentos durante el movimiento de tierras. En los controles intermedios para los sedimentos se tienen muchas técnicas, sin embargo, algunas pueden resultar costosas y obtener los mismos resultados. El objetivo de este trabajo es presentar dos alternativas de control intermedios para la reducción de sedimentos que son: las barreras de rocas y barrera de telas, utilizando los sedimentos retenidos para cuantificar el porcentaje de retención de cada control. En el caso de barrera de rocas retuvieron 61% de sedimentos en promedio durante un mes en temporada de lluvias y la barrera de tela tuvo una retención del 28% en el mismo tiempo. El caudal del agua y la ubicación de los controles intermedios, son factores importantes que influyen en el porcentaje de retención de sedimentos de los controles intermedios.

Palabras claves: barrera de rocas, barrera de tela, control de Sedimentos, Erosión, Movimiento de Tierras.

ABSTRACT

In this report, the author describes her career path from its beginnings to their current job. She also outlines her academic journey, including undergraduate and postgraduate studies, as well as additional courses that have contributed to her professional performance. The main job description is from the company where the author currently works. She has described the organization, as well as the company's efforts in environmental protection. The author has been working at this company for over 5 years, starting as an environmental management supervisor and currently serving as the Environment Management Corporate Chief. This report details the work the author conducted to estimate the efficiency of intermediate controls for sediment retention during earthmoving. In the intermediate controls for the sediments there are a lot of techniques, proposals; however, some options can be expensive and obtain the same results. It is intended to present two alternatives of intermediate controls for the reduction of sediments, which are check dam and silt fence. In the case of the check dam, they had a sediment retention of 61% on average during a month in the rainy season and the silt fence had a retention of 28% during the same time. Water flow and the location of the intermediate controls are key factors that influence the percentage of sediment retention of the intermediate controls.

Keywords: check dam, earth works, erosion, sediment control, silt fence.

I. INTRODUCCIÓN

El sector construcción en minería, genera algunos aspectos ambientales, los cuales se relaciona principalmente con la erosión de áreas, generación de sedimentos y posterior arrastre aguas abajo, por lo cual, la autora gestionó, analizó e implementó alternativas para mitigar los impactos ambientales de la generación de sedimentos, esto principalmente enfocado a los controles intermedios.

Según Kazemi & Thornton (2002), menciona que la erosión del suelo y la sedimentación son una seria amenaza para la calidad de las aguas. Por un lado, la erosión es el desgaste del suelo por las precipitaciones y la sedimentación es la acumulación de partículas en controles, como canales o pozas.

La erosión del suelo no solo trae inestabilidad al terreno, sino que, cuando el suelo expuesto entra en contacto con las precipitaciones generan alta turbidez, que pueden llegar más allá de los 2000 Nephelometric Turbidity Unit (NTU). Hace más de 40 años, por causa de la erosión, cerca de un tercio de la tierra en el mundo se ha perdido y se continúa perdiendo a una razón mayor de 10 millones de hectáreas por año (Pimentel et al., 1995)

Pueden existir trabajos de restauración forestal combinados con los hidrobiológicos y dentro de esta denominación, restauración hidrológica forestal, se incluye una serie de técnicas que intentan restaurar la cubierta vegetal del territorio, tradicionalmente a través de repoblaciones, y atenuar la dinámica erosiva de los cauces mediante la construcción de diques de retención de sedimentos. (Castillo et al., 2001)

Los controles para prevenir que los sedimentos discurran aguas abajo, deben ser dimensionados y están relacionados con la escorrentía promedio del lugar donde se realizan movimiento de tierras. Como lo mencionan (Kazemi, & Thornton, 2002), los controles de tratamiento deben ser dimensionados para tratar aproximadamente el 85% de la escorrentía

anual promedio. El mantenimiento de los controles de sedimentos se debe inspeccionar y mantener periódicamente.

Debido al movimiento de tierras la erosión de los suelos aumenta, pues los suelos expuestos al medio ambiente son golpeados por las gotas de lluvia, siendo erosionados y luego transportados aguas abajo en escorrentías de aguas pluviales, los cuales pueden llegar a los cuerpos de agua existentes en la zona donde se desarrollan estas actividades y afectar la vida acuática.

Las prácticas de control de sedimentos atrapan las partículas del suelo después de haber sido desalojadas y movidas por el viento o el agua. Los controles de sedimentos son generalmente sistemas pasivos que dependen de filtrar o separar las partículas del suelo del agua o del viento que las transporta. El control de sedimentos trata el suelo erosionado como material a desechar y trabaja para quitarlo de las precipitaciones (Kazemi & Thornton, 2002).

Algunas infraestructuras como carreteras y ferrocarriles generan un gran impacto ambiental entre ellos el efecto sobre el paisaje y la modificación de las condiciones hidrológicas del área, así como el aumento de la erosión (Valladares et al., 2011).

En muchos proyectos en los cuales se realizan movimiento de tierras se implementan las Mejores Prácticas de Manejo o por sus siglas en ingles *Best Management Practices* (BMP), sin embargo, no existe un comparativo de eficiencias de estos controles intermedios. Algunas de estas BMP son las barreras de rocas, barreras de telas y barreras de sacos, en cambio la barrera de rocas es una estructura construida en un cauce, con la finalidad de reducir y controlar la erosión en laderas y lecho (Díaz et al., 2014).

Las barreras de rocas son bastante utilizadas en el control de sedimentos durante el movimiento de tierras, sin embargo, no se cuenta con los datos del porcentaje de reducción de sedimentos.

Las barreras de telas son barreras verticales de tela apoyados en postes de 1.20 de altura como máximo, la finalidad de estas barreras es retener los sedimentos provenientes en flujos menores de agua y evitar que lleguen a las zonas no erosionadas o disturbadas, ni a cuerpos de agua. Estas barreras son muy utilizadas como controles durante el movimiento de tierras, sin embargo, no se tiene el cuantificado el porcentaje de retención de sedimentos a determinados parámetros.

Es necesario medir la eficiencia de los controles ambientales intermedios para los sedimentos y evaluar la mejor alternativa para los diferentes caudales y contenido de sedimentos que traen las aguas producto del movimiento de tierras.

1.1 Trayectoria Del Autor

Isabel Pucuhuanca Pacheco, en adelante la autora, es Bachiller en Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional federico Villarreal. Cuenta con más de 15 años de experiencia como especialista ambiental en el sector de construcción, metalmecánica, operaciones mineras, construcción de minas, cierre de minas, supervisión y seguimiento en la implementación de controles ambientales.

A continuación, se presenta una breve reseña sobre su nivel académico, estudios de post grado y su experiencia laboral.

1.1.1 Formación Académica

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

Grado obtenido: Egresado de maestría tratamiento de aguas y reuso de desechos.

Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV).

Grado obtenido: Bachiller en Ingeniería Ambiental

1.1.2 Estudios Complementarios

- Curso de Gestión de Controles Críticos - Metodología BowTie – 2023.
- Taller en Investigación de Incidentes según Metodología ICAM - 2023

- Programa de medición de la huella hídrica – AENOR – 2021.
- Programa de entrenamiento de gases de efecto invernadero y huella de carbono – SGS – 2021.
- Auditor Líder en Norma ISO 45001:2015 – SGS – 2019.
- Diplomado en Sistemas Integrados de Gestión (ISO 9001, ISO14001, ISO 45001) – SGS – 2019.

1.1.3 Experiencia Profesional:

La autora tuvo experiencia en el sector público y principalmente en el sector privado, desempeñándose en las áreas de: SSOMA, procesos, infraestructura, proyectos. A continuación, se detalla la experiencia de la autora:

STRACON

Noviembre 2016 a la actualidad

Cargo: jefe corporativo de gestión ambiental

Funciones: Implementación y certificación del Sistema de Gestión de Seguridad y Medio Ambiente de acuerdo con las Normas ISO45001.2018 e ISO 14001:2015, participación en el reporte de sostenibilidad de la empresa, gestionar planes para la medición y reducción de la huella de carbono, implementación de los indicadores de desempeño ambiental de la empresa y mejora en la gestión integral de residuos e hidrocarburos.

Gestión de los procesos relacionados a la gestión ambiental en los proyectos de la empresa. Elaboración de plan de manejo ambiental, plan de manejo de residuos, plan de control de erosión y sedimentos aplicado a los proyectos, seguimiento a la eficiencia de los controles de erosión y sedimentos. Coordinación y seguimiento al cumplimiento del plan de manejo ambiental en los proyectos de las unidades mineras de alcance de la empresa. Implementación de programas de reducción de derrames y mejora en el manejo de residuos. Elaboración y

seguimiento al presupuesto asignado al área. Supervisión al cumplimiento del programa de monitoreo de efluentes generados en la construcción, orientados al cumplimiento de los LMP y ECAs del agua. Actualización, elaboración y seguimiento al cumplimiento de la legislación aplicable y los compromisos medio ambientales. Elaboración de documentos de la gestión ambiental para el proceso de licitaciones.

STRACON

Octubre 2012 a octubre 2016

Cargo: jefe de gestión ambiental proyecto Constancia

Funciones: Elaboración de plan de control de erosión y sedimentos. Seguimiento al plan de manejo ambiental del proyecto Constancia: Construcción de facilidades, pozas de sedimentación, presa de relave, material no generador de acidez (NAG), material con potencial generación de acidez (PAG), depósito de materiales (DM9). Supervisión al cumplimiento del programa de monitoreo de efluentes generados en la construcción, orientados al cumplimiento de los límites máximos permisibles (LMP) y estándares de calidad ambiental (ECA) del agua. Implementación de las mejores prácticas de manejo (BMP) para el control de erosión y sedimentos, como: barreras de rocas, barreras de telas, sedimentador de flujo y drenajes, así como seguimiento al cumplimiento del programa de control de erosión y sedimentos. Apoyo en el cumplimiento de los instrumentos y compromisos ambientales asumidos por el cliente. Supervisión y coordinación para el cumplimiento del programa y rehabilitación de los DMs, Canteras y áreas intervenidas. Implementación de planta de tratamiento de aguas por coagulación y floculación. Elaboración y seguimiento al presupuesto asignado al área. Revisión de la valorización de los subcontratistas aplicados en el área ambiental.

Telefónica Gestión de Servicios Compartidos SAC (TGestiona)

Abril 2012 a setiembre 2012

Cargo: Experto en SSOMA

Funciones: Coordinación para la implementación del SIG. Elaboración del tablero de control de mando del sistema de medio ambiente, seguridad y salud de T Gestiona, para la certificación en ISO 14001 y OHSAS 18001. Preparación de la documentación en temas de seguridad y medio ambiente para el inicio de los trabajos en proyectos. Elaboración de las matrices de impactos ambientales y riesgos en la construcción para los proyectos de T Gestiona. Elaboración de plataforma documentaria para el Sistema de Gestión Ambiental y de Seguridad basado en las normas ISO:14001 y OHSAS 18001. Implementación del Plan de Seguridad y Medio Ambiente, Implementación de procedimientos sobre manejo de residuos, Implementación de la matriz de impactos ambientales y riesgos. Elaboración de la matriz Grupo de Exposición Similar (GES) del personal.

Minera Barrick Misquichilca UEA Pierina

Febrero 2008 a diciembre 2011

Cargo: Ingeniero Medio Ambiente Procesos

Funciones: Elaboración del programa de monitoreo ambiental anual. Participación en auditorías de la OEFA, ministerio y otros entes reguladores del gobierno. Elaboración y seguimiento al programa de monitoreo de aire, agua y suelos para procesos y al programa de calibración de equipos de monitoreo. Seguimiento al cumplimiento de los requisitos del Código del Cianuro. Seguimiento al cumplimiento del plan de manejo de residuos. Supervisión al monitoreo de la planta de tratamiento de aguas residuales Rotor Biodisk Contact (RBCs). Elaboración y ejecución al programa de inspecciones. Revisión de la valorización de los contratistas del área. Supervisión al cumplimiento del programa de riego en época seca y mantenimiento e implementación en época de lluvias. Apoyo en la elaboración de riesgos formal (ERF), manejo del cambio (MoC), elaboración de Reportes mensuales. Integrante del Sistema de Respuesta de Emergencias Barrick – Pierina.

Cormei Contratistas Generales SAC**Julio 2007 a febrero 2008**

Cargo: jefe de seguridad, salud y medio ambiente

Funciones: Implementación de la homologación en Sistemas Integrados de Gestión (ISO 9001, ISO14001 OHSAS18001), con la firma SGS. Elaboración del plan anual para implementación de sistemas integrados en seguridad y medio ambiente. Mejoramiento en el manejo de residuos. Trabajos de parada de planta en Votorantim Metais Unidad Cajamarquilla. Elaboración de plan de emergencia, contingencias y manual ambiental de CORMEI SAC. Elaboración del reglamento interno de seguridad. Seguimiento al cumplimiento del reglamento de seguridad y Conformación del comité de seguridad. Elaboración de plataforma documentaria para trabajos de parada en refinería Cajamarquilla. Seguimiento al plan de seguridad y medio ambiente, programa de inspecciones planeadas. Elaboración de procedimientos de seguridad y medio ambiente. Investigación de accidentes e incidentes ambientales y laborales. Capacitación a personal a través de charlas de seguridad. Supervisión de labores en campo. Auditorias interna.

ENERGROU P S. A.**Marzo a junio 2007**

Cargo: Supervisora de seguridad, salud y medio ambiente

Funciones: Trabajo de campo, seguimiento al cumplimiento de los planes de seguridad y medio ambiente Elaboración e implementación del plan de seguridad, salud y protección ambiental, incluida su política ambiental. Mejora continua. Elaboración de PETS. Seguimiento a plan de seguridad a través del programa de inspecciones planeadas, Análisis de procedimientos de evaluación de riesgos. Investigación de accidentes e incidentes. Capacitación a personal a través de charlas de seguridad. Supervisión de labores. Auditorias interna. Elaboración de la planilla de riesgos y revisión de evaluaciones de riesgos.

1.2 Descripción de la Empresa

La autora actualmente labora en una empresa constructora de minas, cuya principal labor es el movimiento de tierras, construcción y operación de minas a tajo abierto o minería subterránea, cierre de minas, así como mantenimiento de equipos mineros. STRACON es el proveedor líder en servicios mineros y de construcción.

La empresa tiene más de 20 años de experiencia en el mercado peruano e internacional, tiene proyectos en Perú, Colombia, México, Ecuador, Argentina, Guyana, Panamá, Nueva Zelanda.

En la actualidad la empresa se ubica en la Av. Santo toribio 143, oficina 401 en el distrito de San Isidro.

1.2.1 Razón Social

Número de RUC: 20546121250

Razón Social: STRACON S.A.

Tipo de Contribuyente: Sociedad Anónima

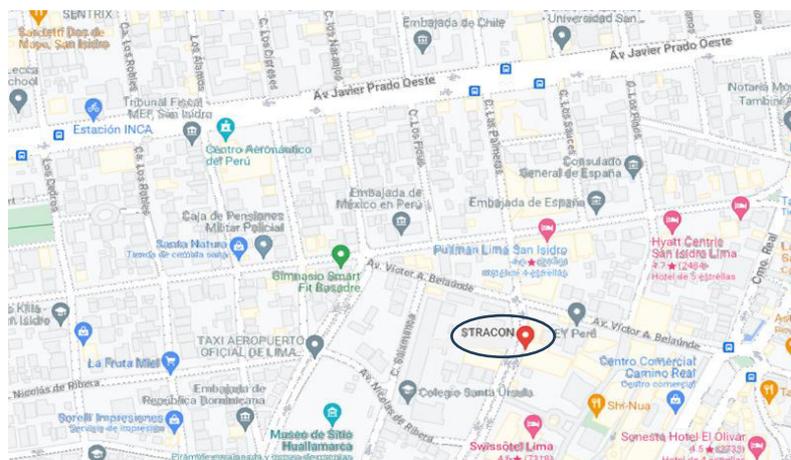
1.2.2 Localización

Las oficinas de la empresa son alquiladas y se encuentran ubicados en la Av. Santo Toribio 143, distrito de San Isidro, provincia y departamento de Lima. Está ubicado en el piso 4 del edificio, actualmente los trabajadores realizan labores de manera híbrida, es decir 50% es presencial y 50% realizan teletrabajo.

1.2.3 Mapa de Ubicación

Figura 1

Mapa de ubicación, donde se muestra el lugar con se encuentra la oficina de STRACON.



Nota. Obtenido del Google Maps

1.2.4 Misión

Construimos un mundo mejor brindando servicios seguros, eficientes e innovadores, ofreciendo carreras retadoras y agregando valor a nuestros grupos de interés.

1.2.5 Visión

Ser el proveedor líder a nivel mundial de servicios de minería y construcción.

1.2.6 Valores

En Empresa se comparte el compromiso de garantizar la seguridad y salud de sus colaboradores y de todos los grupos de interés vinculados a las operaciones, además de proteger el medio ambiente en las zonas donde operan.

Tabla 1

Valores de la empresa STRACON

VALORES	SIGNIFICADO
Las personas son nuestra prioridad	<u>La seguridad es un valor fundamental y no negociable.</u> El desarrollo y crecimiento integral de nuestros colaboradores es nuestra prioridad.
Actuamos con integridad	Hacemos lo que decimos de manera ética. Fomentamos el respeto por la diversidad, honestidad e inclusión para todos nuestros grupos de interés.
Somos eficientes	Establecemos metas ambiciosas, planificamos de manera responsable y ejecutamos el trabajo con excelencia. Creemos en la calidad, innovación y practicidad como una fórmula valiosa para comprender, anticipar y satisfacer las necesidades de

	nuestros clientes.
Nos apasiona lo que hacemos	Actuamos guiados por nuestros valores. Tenemos pasión para ejecutar y entregar los servicios a nuestros clientes. Somos un equipo sólido, multicultural y diverso que cree en su Misión.

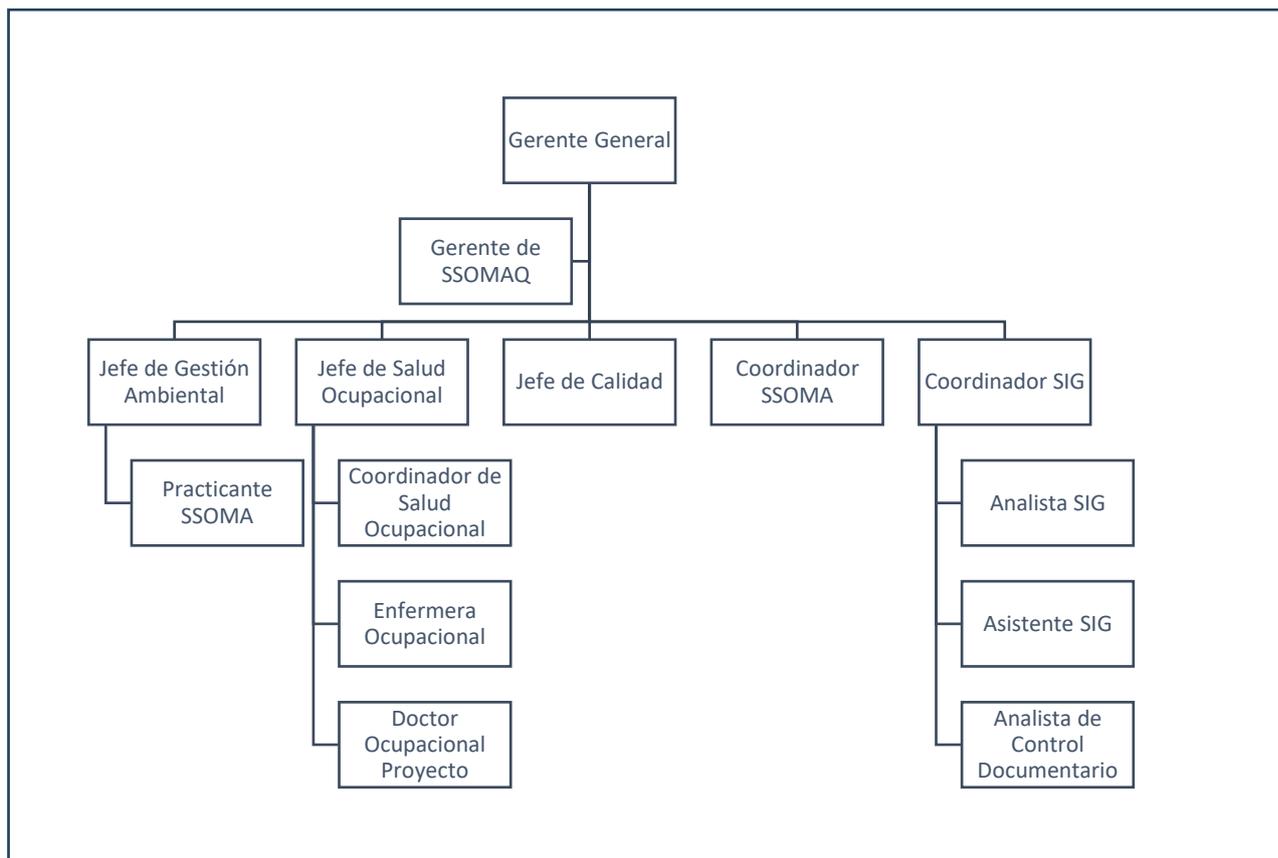
Nota. Tomado por cortesía de la empresa STRACON

1.3 Organigrama de la Empresa

La empresa cuenta con un organigrama robusto, sin embargo, para efectos del trabajo se ha considerado la dirección desde el gerente hacia el área donde labora la autora. En la Figura 2 se observan las distintas jerarquías de la organización, que inicia con el Gerente General a la cabeza, seguido del Gerente de áreas y luego las jefaturas.

Figura 2

Organigrama de la Empresa STRACON S.A.



Nota. Tomado por cortesía de la empresa STRACON

1.4 Áreas y funciones desempeñadas

Actualmente la autora se desempeña como jefe corporativo de gestión ambiental; fue promovida al área corporativa en el año 2016 y las principales funciones que realiza son:

- Gestionar y verificar los procesos ambientales en todos los proyectos nacionales e internacionales de la organización.
- Implementación de los indicadores de Desempeño Ambiental de la organización y mejora en la gestión integral de residuos e hidrocarburos.
- Elaboración de plan de manejo ambiental, plan de manejo de residuos, plan de control de erosión y sedimentos aplicado a los proyectos y licitaciones.
- Coordinación y seguimiento al cumplimiento del plan de manejo ambiental en los Proyectos de las unidades mineras donde está la organización.
- Gestión de planes de mejora en el desempeño ambiental de los proyectos: Implementación de programas de reducción de derrames y mejora en el manejo de residuos.
- Elaboración y seguimiento al presupuesto asignado al área.
- Supervisión al cumplimiento del programa de monitoreo de efluentes generados en la construcción, orientados al cumplimiento de los LMP y ECAs del agua.
- Actualización, elaboración y seguimiento al cumplimiento de la legislación aplicable y los compromisos medio ambientales.
- Elaboración de documentos de la gestión ambiental para el proceso de licitaciones.
- Seguimiento al cumplimiento de los objetivos de sostenibilidad de la organización.

La autora ingresó a la empresa en el año 2012 como supervisor de medio ambiente, sus principales funciones fueron la supervisión ambiental en campo; luego, en el 2014 le asignaron el puesto de jefe de gestión ambiental de un proyecto, cuya principal actividad fue la construcción de la presa de relaves, pozas de sedimentación, conformación de los depósitos de materiales inertes y orgánicos, construcción de accesos principales y auxiliares; sus principales funciones fueron:

- SSOMA: Elaboración de Plan de Control de Erosión y Sedimentos.
- SSOMA: Seguimiento al Plan de Manejo Ambiental del Proyecto Constancia: Construcción de facilidades, pozas de sedimentación, presa de relave, NAG, PAG, DMs.
- SSOMA: Supervisión al cumplimiento del programa de monitoreo de efluentes generados en la construcción, orientados al cumplimiento de los LMP y ECAs del agua.
- SSOMA: Implementación de las BMP para el control de erosión y sedimentos, como: barreras de rocas, barreras de tela, sedimentador de flujo y drenajes, así como seguimiento al cumplimiento del programa de control de erosión y sedimentos.
- SSOMA: Apoyo en el cumplimiento de los instrumentos y compromisos ambientales asumidos por el cliente. Supervisión y coordinación para el cumplimiento del programa y rehabilitación de los DMs, Canteras y áreas intervenidas.
- SSOMA: Implementación de planta de tratamiento de aguas por coagulación y floculación.
- SSOMA: Elaboración y seguimiento al presupuesto asignado al área.

- SSOMA: Revisión de la valorización de los subcontratistas aplicados en el área ambiental.

II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA

2.1 Estimación de la eficiencia de los controles intermedios durante el movimiento de tierras

Para la implementación de los controles intermedio se inició recopilando datos, experiencias operativas y medición de la altura de los sedimentos retenidos en cada tipo de control intermedio.

La autora realizó la implementación de controles para retener sedimentos durante la temporada de lluvias, ya que en esa época se evidencian afloramientos de agua y hay zonas expuestas a estas precipitaciones, las cuales generan arrastre de sedimentos aguas abajo.

Si bien, la unidad minera tiene como compromiso emisión cero, el cual indica que no tienes efluentes, ni cuerpos receptores; STRACON se comprometió a realizar el manejo de aguas y control de sedimentos durante el proceso constructivo, esto con la finalidad poder reusar el agua que se acumula en las pozas de sedimentación. En la Figura 2 se muestra la ubicación del proyecto.

Figura 3

Ubicación geográfica del proyecto



2.1.1 Marco Legal de la actividad

- La Ley General del Ambiente, Ley N° 28611, de acuerdo con el artículo N°1. Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida.
- Ley de los Recursos Hídricos, Ley N° 29338 y su reglamento, la cual regula el uso y gestión de los recursos hídricos, que incluye el agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a esta y se extiende al agua marítima y atmosférica en lo que resulte aplicable.
- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, estándares de calidad ambiental ECA para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. Subcategoría B: Aguas Superficiales destinadas para recreación, parámetro turbiedad

2.1.2 Marco Conceptual de la actividad

Control de sedimentos. El control de sedimentos durante el movimiento de tierras se debe plantear desde la planificación, determinando el área a intervenir, construyendo drenajes, preservando la mayor cantidad de flora posible la cual evitará la erosión y posterior generación de sedimentos en un área determinada.

Kazemi y Thornton (2002), sostiene que, para prevenir la alteración de la calidad del agua durante el proceso de construcción, se deben implementar tres categorías de prácticas de control:

- 1) Prácticas de control para la erosión
- 2) Prácticas de control de sedimentos y
- 3) Gestión general del área

BMP en la fuente. El control de sedimentos en la “fuente” se enfoca en el manejo del agua superficial y de infiltración en las áreas perturbadas y a su alrededor. Limitar la escorrentía del flujo laminar y flujo concentrado dentro de las áreas perturbadas reduce el potencial de erosión y de arrastre de sedimentos. El transporte de flujo concentrado a través de canales con revestimiento limita el potencial de fricción y la subsiguiente erosión del revestimiento del canal y el transporte de sedimentos adicionales.

Dentro del control en la fuente, se considera que las BMP constan de las siguientes estructuras: estructuras de derivación de agua superficial, control y limitación de áreas perturbadas, re-conformación y compactación de las superficies perturbadas, barreras de contención de sedimentos y otros.

BMP intermedias. Para realizar los controles intermedios de sedimentos se deben construir BMP intermedias, cuya función es retener partículas de sedimentos en una ubicación entre la fuente y el límite del proyecto, y reducir la cantidad de sedimentos transportados a estructuras de control de sedimentos finales. Las BMP intermedias se emplean para captar los sedimentos, en la medida de lo posible, como un medio para reducir la carga en las pozas de control de sedimentos perimetrales, y maximizar la capacidad de almacenamiento a largo plazo. Las trampas de sedimentos, bermas de retención y dique de contención se consideran estructuras de control de sedimentos intermedios. En la medida de lo posible, las BMP para el control de sedimentos intermedios se ubicarán donde exista espacio disponible y antes del ingreso de maquinaria a la zona de operaciones.

BMP finales. Dentro del control de sedimentos “perimetrales” o finales, se consideran las pozas de control de sedimentos principales. Las estructuras de controles finales son diseñadas, para cumplir con las normas actuales respecto a la carga de sedimentos en las aguas superficiales. El propósito de las BMP es reducir las cargas de sedimentos que

se descargan en las pozas de control de sedimentos y por consiguiente, ayudar a reducir las concentraciones de SST.

Tipos de BMP

- a) **Barreras de contención de sedimentos:** son conocidos también como silt fence o barreras de tela. Son barreras temporales y verticales de tela, sostenidas por estacas incrustadas al pie del talud de corte o relleno.
- b) **Barrera de rocas:** son conocidos también como check dams, su finalidad es reducir la velocidad del flujo de agua y retener sedimentos, principalmente dentro de los canales.
- c) **Barrera de sacos:** tienen la finalidad de retener sedimentos o contener agua con sedimentos; son controles temporales.

NTU. Nephelometric Turbidity Unit o por las siglas en español UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad (Decreto Supremo 004-2017-MINAM)

Turbidez. Es la reducción de la transparencia de un líquido causada por la presencia de partículas suspendidas y coloidales, puede ser de origen orgánica e inorgánica (NTP 214.006, 2020)

2.2 Etapas de la actividad

La actividad que la autora ha realizado y presentado en este informe busca elegir las mejores alternativas de control de sedimentos, enfocados en su eficiencia, costo y facilidad de implementación durante las actividades de construcción de facilidades en las unidades mineras, especialmente en aquellas donde exista la probabilidad de presencia de precipitaciones. Es importante medir la eficiencia de los controles ambientales intermedios para los sedimentos y evaluar la mejor alternativa para implementarlos de acuerdo con a la realidad del lugar.

2.2.1 Procedimiento de la actividad

Las etapas de proceso para la actividad mencionada, considera las siguientes etapas:

- Visita en campo
- Medición de caudales
- Implementación de controles intermedios: barrera de rocas, barrera filtro de sedimentos y barrera de sacos.
- Medición de la eficiencia de retención de controles intermedios después de ocurrida la precipitación.
- Combinación de controles y cálculo de la retención de sedimentos en la combinación de los controles.

2.2.1.1 Visita de campo. La autora junto a su equipo de trabajo realizó la visita de campo e hizo levantamiento de información, las áreas de trabajo fueron inspeccionadas, se realizó un levantamiento de información de las zonas donde se iniciará con el proceso constructivo, los canales y pozas existentes, las zonas expuestas, la ubicación de los controles a implementar en la fuente, la ubicación de los controles intermedios y pozas de sedimentación de cada área de trabajo.

El área visitada comprendió las zonas de aportes de agua con sedimentos (generados productos de las lluvias y la actividad constructiva), entre canales y taludes.

2.2.1.2 Medición de caudales. Con un caudalímetro se procedió a medir hasta 3 veces el caudal en los canales donde fluían el agua con sedimentos y se aplicó diferentes diseños (medidas) de los controles de sedimentos intermedios durante las precipitaciones.

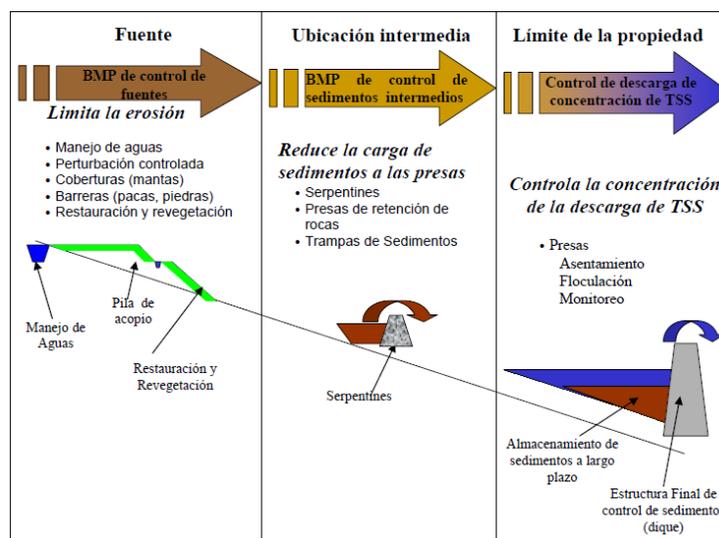
2.2.1.3 Implementación de controles intermedios. El equipo de la autora construyó controles intermedios como las barreras de rocas, barrera filtro de sedimentos y

barrera de sacos de diferentes tamaños (largo y ancho de acuerdo con el caudal), especialmente aguas debajo de las excavaciones planeadas y en los canales y cunetas donde se direccionarán los flujos de agua hacia las pozas de sedimentación. En total se construyeron 16 barreras de rocas, situadas en diferentes canales con caudales de agua y con carga de turbidez variada y 1260 metros de barrera de tela, situadas a lo largo de límites entre la zona disturbada y no disturbada del proyecto minero y con potencial generación de agua con sedimentos.

En el caso de las barreras de rocas, se forraron con geotextil solo para instalaciones en canales; las instalaciones en cunetas no fueron revestidas, debido al tránsito constante de vehículos y por ende su mayor mantenimiento. A continuación, se describe la figura 4 que indica los controles de sedimentos de acuerdo con la ubicación. En la figura 5 detalla la construcción de 3 barreras de rocas construidas en paralelo para mejor eficiencia de retención de sedimentos y en la figura 6 se muestra el canal con pendiente de 12% donde se instalaron las barreras de rocas.

Figura 4

Mejores Prácticas de Manejo



Nota. Tomado del manual de control de sedimentos de una unidad minera, se muestra las BMP en el control de sedimentos de acuerdo con la ubicación del control (control de sedimentos en la fuente, controles intermedios, controles finales)

Figura 5

Barrera de rocas paralelas, construida para retener sedimentos de un pozo de perforación



Nota. Imagen tomada de la barrera de rocas paralelas

Figura 6

Canal con pendiente donde se construirán tres barreras de rocas para retener sedimentos durante la temporada de lluvias



Nota. Imagen del canal con 12% de pendiente, donde se construyeron barreras de rocas.

2.2.1.4 Medición de la eficiencia de retención controles intermedios. Para reducir los sedimentos generados por el movimiento de tierras durante la construcción, se plantearon dos alternativas: La barrera de rocas y la barrera de tela.

La autora y su equipo procedieron a evaluar los controles de sedimentos intermedios 24 horas pasada la última precipitación.

Para evaluar su eficiente funcionamiento se midió el porcentaje de retención de sedimentos en los controles intermedios.

Para las barreras de rocas en canales, se realizó la medición semanal del volumen (altura y ancho) de los sedimentos atrapados en los controles, se midió la turbidez antes y después del control intermedio y se midieron caudales de agua con sedimentos antes de los controles, durante un mes en la temporada de lluvias (enero a marzo).

Para el caso de barrera de rocas en taludes u otras zonas que no son canales y de la barrera de tela, se realizó la medición semanal del volumen de sedimentos retenidos en estos controles; durante un mes en la temporada de lluvias (enero a marzo).

Con los datos obtenidos de campo, como la altura, volumen de sedimentos retenidos, se calculó la eficiencia de retención en base al volumen de sedimentos retenidos por cada control intermedio.

Para calcular la eficiencia de los controles intermedios de sedimentos se siguió el siguiente procedimiento:

- Con una wincha se procedió a medir la altura a la que llegaron los sedimentos en los controles intermedios en un mes.
- Se midió el ancho al que llegaron los sedimentos a los controles intermedios en un mes.

- Se calculó el volumen de retención de sedimentos en cada control intermedio construido.
- Se comparó el % de retención de sedimentos, por control implementado.
- Se midió los NTU al final de todos los controles implementados (canales).

Figura 7

Imagen de tres barreras de rocas que retuvieron sedimentos en un canal.



Nota. Imagen tomada del canal con pendiente 12% y con barreras de rocas.

2.2.1.5 Análisis final. Después del trabajo de gabinete y cálculo del porcentaje de retención de sedimentos en los controles, la autora realizó un comparativo entre caudal, tipo de control y % de retención de sedimentos.

Así mismo, se realizó el análisis de las muestras de agua para verificar la reducción de la turbidez en NTU, esto consistió en comparar la turbidez inicial, que es la turbidez antes de los controles y la turbidez final que es la turbidez después de los controles.

Los caudales en los canales donde se construyeron las 16 barreras de rocas fueron de: entre 0.05 m³/s y 0.23 m³/s y turbidez entre 350 NTU y 1200 NTU, las cuales se evaluaron por un periodo de 1 mes en la temporada de lluvias (enero a marzo).

Todas las barreras de rocas retuvieron sedimentos durante los periodos de lluvia, sin embargo, variaron el porcentaje de retención debido a la ubicación de los controles, el caudal presentado, la turbidez antes del control intermedios, entre otros factores. Así mismo, la medición de la turbidez después de los controles se dio a más de 50 metros aguas abajo del canal.

Los resultados obtenidos varían de acuerdo con el caudal y turbidez que se genera por las lluvias, también varían en los controles de barrera de rocas que se revistieron con geotextil, lo cual funcionó como una barrera adicional brindando mayor eficiencia de retención de sedimentos. En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos con la construcción de las barreras de rocas después de un mes de lluvias durante el periodo de enero a marzo.

Tabla 2

Resultados de la reducción de sedimentos con barrera de rocas

Nº	Punto de control	Barrera de Rocas (m)	Cantidad (unidad)	Caudal	Turbidez antes del control (NTU)	Turbidez después del control (NTU)	% Reducción
1	Salida de poza perforación	6m x 0.60m x 0.60m	3	0.05 m ³ /s	350	95	73%
2	Canal NC	1.8m x 0.50m x 0.50m	3	0.23 m ³ /s	1200	48	96%
3	Canal poza Bog	5m x 0.50m x 0.50m	4	0.08 m ³ /s	800	475	41%
4	Cuneta	1.2m x 0.30m x 0.30m	3	0.05 m ³ /s	400	280	30%
5	Alcantarilla	6m x 0.80m x 0.80m	3	0.20 m ³ /s	260	93	64%

Nota: Esta tabla muestra el % de reducción de la turbidez, expresado en NTU (ver la sección de definiciones); de acuerdo con el tipo de control de sedimentos, sus dimensiones, el caudal medido en la sección del canal y los resultados de la turbidez antes y después del control.

Según los resultados se puede observar que la mayor retención de sedimentos se dio en el canal NC, a un caudal mayor, esto debido a la gran turbidez presentada, a poco o ningún aporte de sedimentos por otros ingresos al canal y a la distancia de los controles construidos.

La menor retención de sedimentos se dio con barreras de rocas construida en cunetas, básicamente porque se tuvieron otros aportes de sedimentos del mismo acceso.

Se construyeron 1260 metros de barrera de telas en terrenos con pendientes de 12% y 15%, las cuales se tuvieron que reparar dos veces en el mes de construido. Se cuantificó la cantidad de sedimentos retenido que representó un total de 84 m³ durante un mes. En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos por barreras de telas construidas.

Tabla 3

Resultados de la reducción de sedimentos con barrera de telas

Nº	Punto de control	Barrera de tela (m)	Pendiente	Cantidad retenida (m3)
1	Accesos	430	12%	30
2	Perímetro de canal	400	12%	22
3	Perímetro de canal	430	15%	32

Nota: Esta tabla muestra el volumen de sedimentos retenidos en las barreras de tela implementado en 3 zonas, sus longitudes y pendiente del terreno.

La cantidad de sedimentos retenidos es uniforme en los tres lugares donde se construyeron barreras de telas y varía ligeramente en el talud que tiene una pendiente del 12%. Por la instalación paralela de las barreras de telas en el área expuesta a las lluvias, la retención de sedimentos fue mayor.

III. APORTES MÁS DESTACADOS A LA EMPRESA

La autora cumplió con varios objetivos y aportes a lo largo de su trayectoria en la organización, las cuales se detallan a continuación:

- Implementó de controles de sedimentos en la etapa constructiva, mediante barreras, las cuales fueron construidas manualmente, en función al caudal de ingreso del área sin cobertura vegetal o planificada para ser removida.
- Gestionó, implementó y operó una planta de floculación para el tratamiento secundario de la turbidez que incrementaba en época de lluvias, lo cual ayudó a reducir la carga de sedimentos y la turbidez producto del contacto de las precipitaciones con el material excavado, con la finalidad de reusar el agua con fines recreativos
- Planteó soluciones para el cliente en cuanto al manejo de residuos, manejo y reuso de los aceites usados, recirculación de aguas en los lavaderos de equipos donde se logró reaprovechar más del 30% de agua usada.
- Implementó el programa de minimización de uso de trapos industriales en el área de mantenimiento.
- Gestionó y lideró el programa de “cero plásticos de un solo uso” lo que conllevó reducir el consumo de plásticos y eliminar el uso de plásticos de un solo uso, reemplazando los vasos descartables por tomatodos; entrega de loncheras de tela, entre otras acciones.
- Inició con la medición de la huella de carbono a nivel de toda la organización y se ha ido mejorando el reporte hasta llegar a ser medido por proyecto; para luego

plantear soluciones específicas de acuerdo con los resultados obtenidos de esta medición; todo basado en la norma ISO 14064.

- Lideró la implementación del sistema de Seguridad ISO 45001:2018 y sistema de Gestión Ambiental ISO 14001:2015 logrando obtener la certificación.
- Elaboró los reportes de sostenibilidad, que incluyen los datos de seguridad, indicadores ambientales, entre otros gestionados por otras áreas de la organización

IV. CONCLUSIONES

La autora cuenta con más de 15 años de experiencias en el sector privado, especialmente en el sector construcción y minería, medio ambiente, seguridad y sostenibilidad, lo cual le permite desempeñarse como especialista en gestión ambiental y sostenibilidad.

A lo largo de su trayectoria ha asumido grandes retos, desde la implementación de un plan de medio ambiente hasta la implementación de soluciones proactivas en temas de medio ambiente durante la construcción y movimiento de tierra dentro de una unidad minera.

Propuso la alternativa de implementar controles para la reducción de sedimentos, se inició con la implementación de los controles en la fuente, los cuales principalmente fueron los canales de coronación y canales de derivación, luego se implementaron los controles intermedios, que es el principal tema del presente trabajo, puesto que se tenía agua de contacto producto de las precipitaciones que discurrían en las áreas disturbadas y generaban sedimentos aguas abajo

Del objetivo planteado se concluye que, las barreras de control intermedios son fáciles de construir y son de coste bajo. Con respecto a las barreras de rocas presentan mayor eficiencia y su medición de retención de sedimentos es factible y cuantificable, en el caso de la barrera de telas se puede apreciar que retienen sedimentos, sin embargo, no es fácilmente cuantificable.

V. RECOMENDACIONES

Como se mencionó anteriormente, la falta de implementación de controles de sedimentos tiene alto costo, tanto económico como ambiental, por lo que se recomienda que en todo proceso de construcción se implementen controles de acuerdo con el caudal que se pueda generar en las áreas sin cobertura durante la época de lluvias, esto siempre antes de iniciar labores; por lo que el especialista ambiental debe participar en las reuniones de planificación y ejecución de las obras.

En algunas unidades mineras ya se construyen controles de sedimentos, pero no se dimensionan o no se sabe que control es más eficaz que el otro, por lo que se recomienda realizar pruebas iniciales de control de sedimentos, que incluyan caudal, turbidez antes y después del control, medidas de ancho, altura del control entre otros; esto permitirá implementar solo los controles necesarios para reducir efectivamente los sedimentos sin necesidad de incrementar costos.

Se recomienda que todos los trabajadores sean constantemente entrenados y capacitados en la importancia de respetar los límites del área de influencia y concienciación en iniciar labores solo se han implementado los controles de sedimentos.

Por la facilidad y rapidez de la construcción barreras de controles intermedios para retención de sedimentos, se recomienda iniciar y priorizar las barreras de rocas cuando se tiene caudales altos, especialmente revestidas con alguna tela con filtro, puesto que este permite reducir la velocidad del caudal y por tanto incrementa la retención de sedimentos. Y para caudales bajos se recomienda usar las barreras de telas.

VI. REFERENCIAS

- Castillo, V., Mosch, W., González Barbera, G. y López, F. (2001): Efectos de los diques de corrección hidrológico-forestal en la geomorfología de barrancos y ramblas. *Sociedad Española de Ciencias Forestales (España)*, 4 (1), pp. 98-103.
http://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos_forestales/article/view/15803/15646
- Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. (7 de junio de 2017). Ministerio del Ambiente. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- Díaz, V., Mongil, J., Navarro, J. (2014). Propuesta de una nueva metodología para determinar la efectividad de los diques de retención de sedimentos. *Cuadernos de Investigación geográfica (España)*, 40 (1), pp. 169-190.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4846777>
- Kazemi, H., Leyva, G., y Thornton, C. (2002). *Manual de campo Control de erosión y sedimentos*. (4ª ed.). Friends of the San Francisco Estuary. Junta Regional de Control de Calidad de Agua.
- Ley N.º 28611. Ley General del Ambiente. (15 de octubre de 2005). Congreso de la República del Perú.
<https://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/28611.pdf>
- Ley N.º 29338. Ley de los Recursos Hídricos. (31 de marzo de 2009). Congreso de la República del Perú. <https://leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/29338.pdf>

NTP 214.006:2010. Norma técnica peruana para la determinación de turbiedad método nefelométrico (29 de octubre de 2020). Instituto Nacional de la Calidad.

Pimentel, D., Harvey, C., Rososudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Crist, S., Shpritz, L., Fitton, L. y Saffouri, R., Blair, R. (1995). *Environmental and Economic Costs of Soil Erosion and Conservation Benefits*, *Revista Science*. 31(5201), 1117-1123. <http://www.jstor.org/stable/2886079?seq=1#>

Valladares, F., Balaguer, L., Mola, I., Escudero, A. y Alfaya, V., (2011). *Restauración Ecológica de áreas afectadas porción Infraestructuras de Transporte*. Fundación Biodiversidad.

VII. ANEXOS

ANEXO A: Formato de reporte diario de trabajos

		DAILY REPORT								
		REPORTE DIARIO CONTROL DE SEDIMENTOS								
Clima:	Nombre del Capataz:			N° Daily Report:						
				FECHA:						
				Inicio de Guardia:						
Turno:				Fin de Guardia:						
MANO DE OBRA			Cantidad	Descripción del Trabajo Realizado						
Personal en Campo										
Capataz										
Personal de Piso (PP)										
Conductores										
Equipos (EQ)										
ITEM	PARTIDA	RECURSOS (HH)				METRADO				
		EQ	Total HM	PP	Total HH	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Metrado	UND
1.00	Check Dam									m3
2.00	Instalación de sacos									UND
3.00	Colocación de Siltfences									m
4.00	Áreas para revegetar - reclamación									m2
OBSERVACIONES (Fotos)										

ANEXO B: Formato de inspección de áreas

Inspección de áreas para implementar BMP	
STRACON	
Descripción del proyecto: _____	
Inicio de Proyecto: _____	Fin de Proyecto: _____
Área: _____	
<input type="checkbox"/> Accesos (verificar que tenga cunetas)	<input type="checkbox"/> Operación de stripeo de material
<input type="checkbox"/> Corte y Relleno de pendiente	<input type="checkbox"/> Plataformas de trabajo
<input type="checkbox"/> Canal de derivación o cruce de alcantarilla	<input type="checkbox"/> Área desbrozada
<input type="checkbox"/> Almacenamiento temporal de construcción	<input type="checkbox"/>
Exposición o contaminación de Materiales / Agua	
<input type="checkbox"/> Generación de sedimentos por la actividad	
BMP recomendadas	
<input type="checkbox"/> Barrera de rocas (check dam)	<input type="checkbox"/> Barrera de Sedimentos con berma de drenaje
<input type="checkbox"/> Silt Fence (Barrera de tela)	<input type="checkbox"/> Canal de derivación temporal
<input type="checkbox"/> Barrera de sacos	<input type="checkbox"/> Check Dam en canal de derivación
<input type="checkbox"/> Revegetación	<input type="checkbox"/> Enrocado de ingreso o salida
<input type="checkbox"/> Manta de Control de Erosión	<input type="checkbox"/> Peralte de la vía
<input type="checkbox"/> Pacas	<input type="checkbox"/> Canaletas de descarga
Inspector: _____	Fecha: _____

