



República de Cuba
Ministerio de Educación Superior
Instituto Superior Minero Metalúrgico
"Dr. Antonio Núñez Jiménez"
Facultad Geología-Minería



TESIS: Evaluación del impacto ambiental durante la ejecución, explotación y cierre de la presa de colas de la empresa Comandante Pedro Sotillo Alba Moa Níckel S.A.

Diplomante: Grisel Martínez Hernández.

Tutores: Dra. C. Maday Cartaya Pire

Ms. C. Teresa Hernández Columbié.

Curso 2009 -2010

Año 52 de la Revolución.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo:

A toda mi familia, en especial a mis dos hermanas Liniella Martínez Hernández y Griselda Hernández Romero.

A mi querida madre Ivis Hernández Romero.

A mi pequeño sobrino Cristian.

A Yoendris Rodríguez Echevarria.

A mis buenas amigas (Mailín, Irinan y Yexenia).

A todas aquellas personas que de una forma u otra me apoyaron y estuvieron conmigo en los buenos y difíciles momentos.

AGRADECIMIENTOS

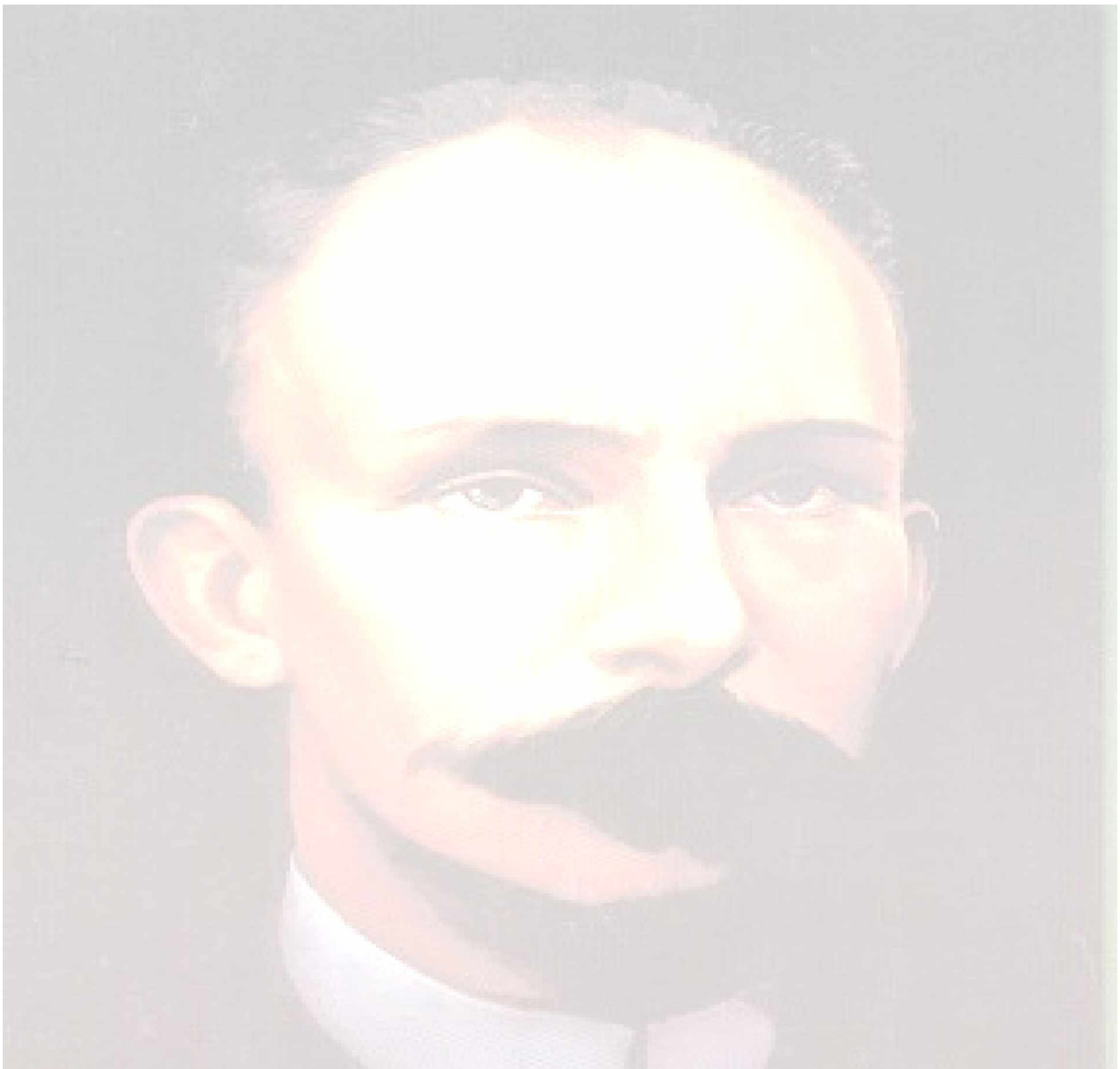
El desarrollo de este trabajo lleva implícito una serie de gratos esfuerzos y apoyos que de no ser así no hubiese sido posible el mismo. Y de esta forma agradezco:

- ü Al departamento de Presa de Colas de la empresa Comandante Pedro Sotto Alba Moa Níckel S.A, por su apoyo y colaboración durante el desarrollo de esta investigación. En especial a mi tutora, Cs.Teresa Hernández Columbié por haber puesto todo su desempeño durante la realización del mismo.
- ü A mi tutora Dra. Maday Cartaya Pire por confiar en mí para desarrollar este trabajo.
- ü A mí querida madre y hermanas que siempre me han dado apoyo y ayuda para mi formación en el transcurso de la universidad.
- ü A mi novio que me ha dado fuerzas en los momentos más difíciles.
- ü A todas aquellas personas del instituto superior minero metalúrgico de Moa que hicieron realidad la culminación de este trabajo, y aquellos que en el transcurso de estos cinco años contribuyeron a consolidar nuestro conocimiento.
- ü A la invencible Revolución Cubana por darme la oportunidad de realizar este sueño.

PENSAMIENTO

Mayor que la tristeza de no haber vencido esta la vergüenza de no haber luchado.

José Martí Pérez.



Resumen

El medio natural, al aceptar frecuentemente cantidades de residuos provenientes de la actividad industrial minero – metalúrgico del níquel, se ha convertido objeto de una gestión de desecho. Por ello las organizaciones de todo tipo están cada vez más preocupadas por lograr y demostrar un sólido desempeño ambiental controlando el impacto de sus actividades.

El presente trabajo recoge los datos sobre el deterioro ambiental, como consecuencia de la explotación de la presa de colas de la fábrica Comandante Pedro Sotto Alba. A través de tres capítulos se desarrolla la investigación, donde se ha realizado una evaluación de impacto ambiental que da a conocer la relación entre la actividad del hombre y del medio ambiente, teniendo en cuenta los efectos positivos y negativos que dicha actividad implica para el medio. Se aplican métodos de evaluación tanto cualitativos como cuantitativos para identificar, caracterizar y valorar los impactos generados durante la ejecución de la misma, finalmente se presenta un plan de medidas de prevención, corrección y mitigación, que junto al plan de monitoreo de los diferentes factores ambientales, garantiza que la incidencia de los impactos negativos sobre el medio ambiente sea mínima.

Abstract

The natural means, when frequently accepting quantities of residuals coming from the activity industrial miner-metallurgist of the nickel, has become object of a waste administration. For it the organizations of all type are more and more concerned to achieve and to demonstrate a solid environmental acting controlling the impact of their activities.

The present work picks up the data on the environmental deterioration, as consequence of the exploitation of the prey of lines of the factory Major Pedro Sotto Alba. Through three chapters the investigation is developed, where has been carried out an evaluation of environmental impact that gives to know the relationship among the man's activity and of the environment, keeping in mind the positive and negative effects that this activity implies for the means. Evaluation methods are applied so much qualitative as quantitative to identify, to characterize and to value the impacts generated during the execution of the same one, finally it is presented a plan of measures of prevention, correction and mitigation that next to the plan of monitoring the different environmental factors, it guarantees that the incidence of the negative impacts on the environment is minimum.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I ESTADO ACTUAL DE LA TEMÁTICA.	5
I.1 ESTADO ACTUAL DE LA TEMÁTICA EN EL MUNDO.....	5
I.2 ESTADO ACTUAL DE LA TEMÁTICA EN CUBA.	9
CAPÍTULO II CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS TALUDES DE LA PRESA DE COLAS.....	13
II.1 UBICACIÓN DE LA PRESA DE COLAS DE LA EMPRESA PEDRO SOTTO ALBA.	13
II.2 CLIMA	14
II.3 CARACTERÍSTICAS TECTÓNICAS DE LA REGIÓN.	14
II.4 HIDROGEOLOGÍA.....	16
II.5 CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DE LA PRESA DE COLAS DE LA EMPRESA COMANDANTE PEDRO SOTTO ALBA.	20
II.6 CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA PRESA DE COLAS DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO.	29
CAPÍTULO III EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL PRODUCIDO EN LA ETAPAS DE EJECUCIÓN, EXPLOTACIÓN Y CIERRE DE LA PRESA DE COLAS.	31
III.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES PRODUCIDOS EN LA ZONA DE ESTUDIO....	31
III.2 EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.....	47
III.3 PLAN DE MEDIDAS PREVENTIVAS, CORRECTORAS Y MITIGACIÓN.....	57
III.4 EDUCACIÓN AMBIENTAL.....	61
III.5 PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y CONTROL.....	62
CONCLUSIONES.....	67
RECOMENDACIONES.	68
BIBLIOGRAFÍA.....	69
ANEXOS	71

INTRODUCCIÓN

La actividad minera produce impactos ambientales, positivos o negativos, al igual que cualquier otra actividad humana. Es por eso, que la industria minera realiza importantes inversiones en minimizar los impactos negativos. Durante la operación de las labores mineras, los titulares u operadores se preocupan de minimizar las emisiones de polvo, controlar y disminuir la generación de residuos líquidos y sólidos, mantener un adecuado nivel de seguridad en caminos, taludes, presas de colas, etc. Sin embargo, ¿qué pasará cuando la labor minera cese sus operaciones?, ¿cuántos de los impactos ambientales actuales podrían eventualmente seguir produciéndose después del abandono?, ¿qué nuevos impactos pueden surgir post-abandono?. ¿Qué procedimientos debieran ser los adecuados al abandonar una labor minera completa o alguna de sus instalaciones previniendo impactos ambientales?. Asimismo, es necesario reconocer que muchas de las instalaciones mineras que quedan luego de la etapa de operación, pueden poseer un gran valor en materia histórico-social y cultural. La evaluación de Impactos es una herramienta que permite identificar y cuantificar los impactos ambientales negativos generados por la labor minera, así como, definir medidas de acción presentes y futuras para prevenirlos, minimizarlos y/o mitigarlos y desarrollar un cronograma de ejecución de las medidas proyectadas, de forma de dar cumplimiento al marco jurídico ambiental para la etapa de cierre del sitio.

Marco Teórico Metodológico

Problema.

El problema que sustenta esta investigación está dado por la influencia negativa sobre el medio ambiente de la ejecución, explotación y cierre de la presa de colas de la empresa Comandante Pedro Sotto Alba.

Objetivo general.

Identificar, caracterizar y evaluar los impactos ambientales durante la ejecución, operación y cierre de la presa de colas de la fábrica Comandante Pedro Sotto Alba.

Objetivos específicos.

1. Determinar el marco teórico – metodológico de la investigación.
2. Caracterizar la presa de colas de forma minero – ambiental.
3. Identificar las principales afectaciones producidas al medio ambiente por la presa de colas durante la ejecución, explotación y cierre de la misma.
4. Evaluar el efecto ambiental provocado por la presa de colas de la empresa Cdte. Pedro Soto Alba.

Objeto de estudio: Impactos ambientales producidos por la presa de colas de la empresa Comandante Pedro Soto Alba.

Campo de acción: Presa de colas de la empresa Comandante Pedro Soto Alba.

Hipótesis.

La evaluación de los impactos ambientales producidos por la presa de colas de la empresa Pedro Soto Alba permitirá contar con la información necesaria para adoptar medidas correctoras más adecuadas y seguras para la reducción del deterioro ambiental.

Entre los casos y problemas en que se hace necesario estudiar el medio físico, el del presente trabajo corresponde a aquellas áreas que se encuentran degradadas por la ejecución, explotación y cierre de la presa de colas de la empresa Comandante Pedro Soto Alba.

Por tanto se desarrollará el proyecto teniendo en cuenta las siguientes etapas. Ver esquema 1.

1 Etapa: Recopilación de la información existente.

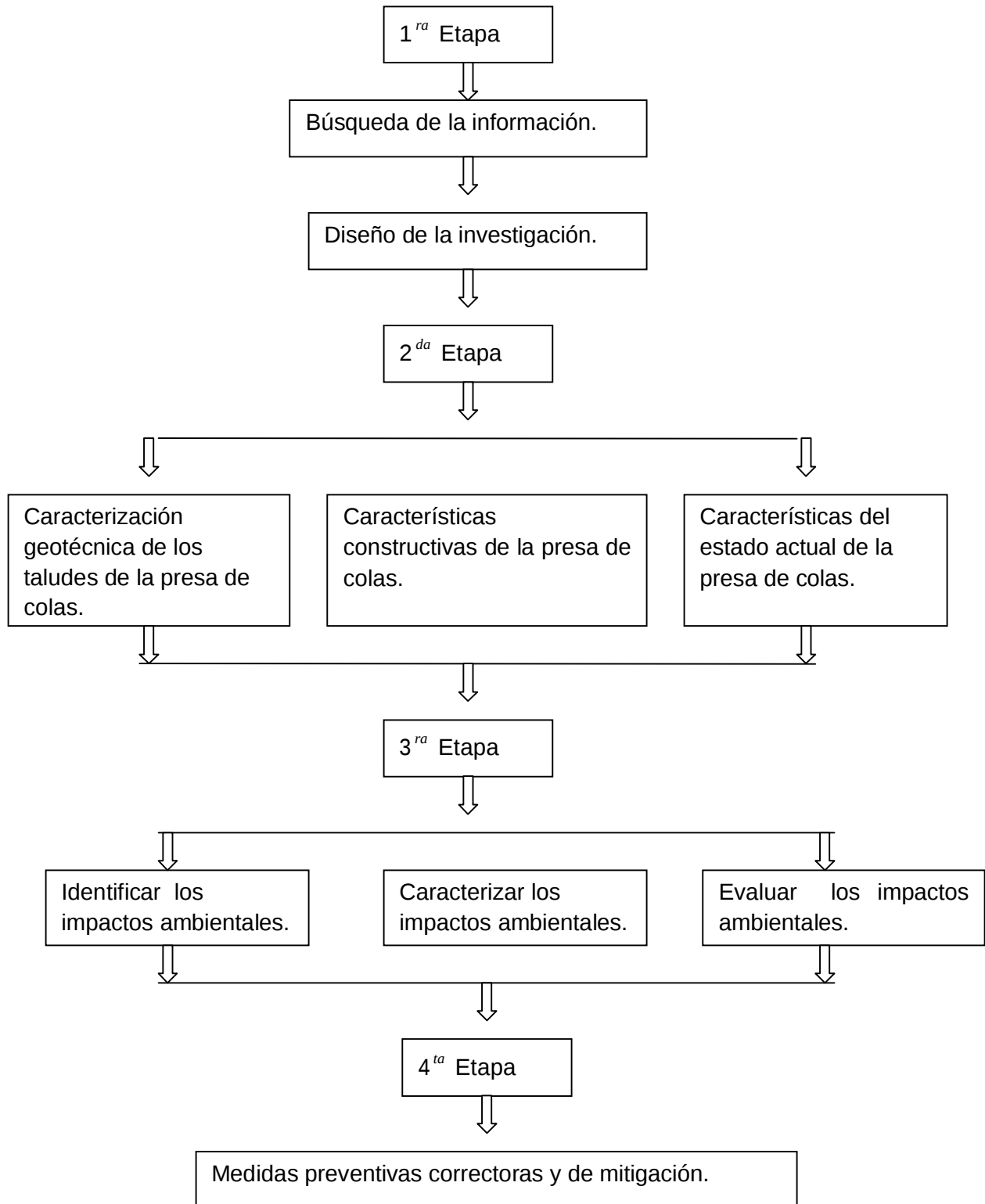
Esta es una etapa previa a la revisión y búsqueda de documentación ya que nos permite adquirir conocimientos del tema, tanto nacional como internacional.

2 Etapa: En la se estudiarán las características de la obra (Caracterización geotécnica de los taludes de la presa de colas, Características constructivas de la presa de colas, Características del estado actual de la presa de colas).

3 Etapa: Se llevó a cabo teniendo como base los conocimientos aportados por las etapas anteriores, empleando la metodología de los Criterios Relevantes Integrados de Buroz (1998). En esta etapa se realizaron recorridos por la zona de estudio para identificar, caracterizar y evaluar los impactos ambientales con mayor potencial por los diferentes factores ambientales. Se tomaron fotos para la identificación de los mismos.

4 Etapa: En esta etapa se tomarán medidas que eliminen los efectos negativos durante la ejecución, explotación y cierre de la presa de colas.

Esquema1. Metodología de la investigación.



CAPÍTULO 1 ESTADO ACTUAL DE LA TEMÁTICA.

I.1 Estado actual de la temática en el mundo.

Las presas de colas son estructuras geotécnicas complejas, presentan algunos aspectos constructivos y de funcionamiento similares a las presas de embalse de materiales sueltos. La mayor parte de estos, existentes en la actualidad se han construido mediante el sistema de relleno hidráulico. Los residuos del proceso de extracción, o sea roca finamente molida mezclada con agua y con la consistencia de un lodo, son bombeados a través de tuberías hacia el depósito.

La presa construida con los mismos residuos o con otro material de préstamo, debe crecer gradualmente en altura, al ritmo de la producción de residuos de la mina. Durante su construcción y funcionamiento se presentan problemas de deslizamientos, estos tienen normalmente su origen en una rotura local, ocasionándose posteriormente una rotura general causada por la propagación de la primera, que se producen cuando una gran masa de terreno inestable se mueve sobre el material firme o zona estable que tiene por debajo.

Frecuentemente las fallas de presas de colas se han manifestado como una inestabilidad o deslizamiento de talud exterior. El estudio de casos históricos permite identificar los principales mecanismos que causan las fallas de las presas de residuales mineros; los más frecuentes son:

- Deslizamiento de talud.
- Sobrepasso. Erosión del dique. Tubificación.
- Falla por problemas en las estructuras auxiliares.
- Problemas de fundación
- Terremotos(Sismos)

A continuación se explican brevemente en que consisten los mecanismos de las fallas anteriormente mencionados y el estado actual de la temática en el mundo.

Deslizamiento del talud.

El deslizamiento de un talud ocurre cuando los esfuerzos de corte en una superficie que delimita un bloque de suelo, exceden la resistencia al corte del material.

Sobrepaso, Tubificación y Erosión.

La forma de operación de la presa puede tener una influencia importante en el riesgo de sobrepaso, tubificación o erosión. Una operación inadecuada en el vertido de los residuos puede hacer que la altura de resguardo disminuya a niveles peligrosos. La obstrucción de tuberías de desagüe es otro problema que puede llevar al sobrepaso. El hecho de que, por razones de protección del medio ambiente, el agua almacenada y también la que ingresa accidentalmente en la presa no se pueda verter al medio, condiciona fuertemente el diseño y la operación. Un ejemplo interesante de falla por sobrepaso es el de la presa de Merriespruit (Sudáfrica), ocurrida en 1994. El recrecimiento se hacía hacia aguas arriba, utilizando los mismos residuos mineros como material de construcción y permitiendo su secado para favorecer su consolidación por acción de las fuerzas capilares. Casi un año antes de ocurrir la falla, el llenado del depósito fue suspendido por haber presentado problemas de estabilidad. Sin embargo, de forma esporádica, ocurrieron escapes de residuos mineros y agua, desde un depósito vecino que continuaba en operación. A consecuencia de esto la laguna de decantación fue empujada gradualmente hacia el borde que luego fallaría. El proceso acaba por desestabilizar el talud de la presa, provocando la aparición de deslizamientos y en definitiva la aparición de una brecha, la cual dejó escapar 600000m^3 de residuos mineros que fluyeron a lo largo de 3Km, provocando 17 muertos.

Falla de estructuras auxiliares.

La mayor cantidad de incidentes originados en las estructuras auxiliares se deben a fallas en los sistemas de decantación del agua sobrenadante del depósito. Como ejemplo interesante de falla iniciada por un problema en una tubería de decantación, se puede citar el del complejo de dos presas de residuos mineros de Stava (Italia), cuyo colapso ocurrió en 1985. Chandler y Tosatti (1995) propusieron como factor más probable de inicio de la falla,

la fuga de agua del conducto de decantación del depósito superior. A un cierto punto de la construcción de la presa, este conducto se obstruyó. Para solucionar el inconveniente se construyó un by-pass (Figura 1). Esto se hizo mediante un tubo de acero horizontal que se acopló al extremo libre del conducto de decantación. Excavando los residuos mineros hasta descubrir un tramo de conducto más allá de la obstrucción, se construyó una chimenea que conectaba el otro extremo del tubo de acero con el conducto de decantación. El tubo de acero estaba directamente apoyado sobre la superficie de los residuos mineros recientemente vertidos. Luego, cuando el depósito continuó creciendo, el tubo quedó inmerso en la masa de residuos mineros, que son bastante compresibles. Bajo el peso de las nuevas capas, el tubo pudo haber sido arrastrado hacia abajo y en un cierto momento su extremo arrancado de la chimenea. Esto permitió que el agua transportada por el tubo escapara directamente a los residuos mineros, haciendo que la superficie freática en ese sitio se elevara.

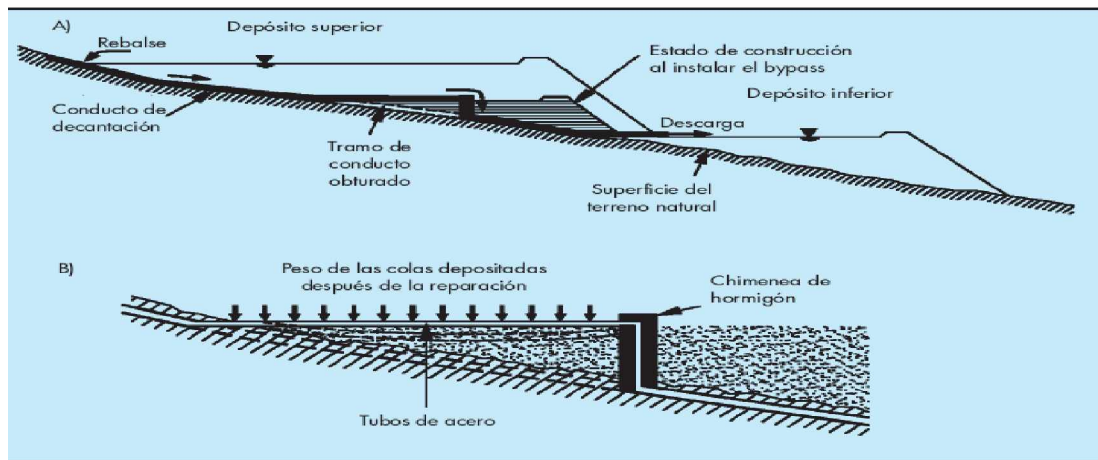


Figura 1. Complejo de Stava (Italia) a) Esquema de la reparación realizada para salvar un tramo de conducto de decantación obstruido en la presa superior.

B) Detalle.

Deslizamiento sobre la fundación.

El deslizamiento de la presa de Aznalcollar (España, 1998) fue provocado por una serie de problemas en la fundación de la presa. Una sección de 600 metros de longitud del costado S-E se deslizó una distancia de 60 metros en dirección al cauce del río Agrio, sin que se detectaran señales previas que permitieran prever el accidente. Por la brecha producida se escaparon 7 millones de metros cúbicos de residuos mineros fuertemente ácidos, que contaminaron los valles de los ríos.

Terremotos.

Un ejemplo de fallas en los taludes de las presas de residuos producidos por terremotos fue el ocurrido en Northridge (California, 1994) que provocó la falla de la presa de Tapo Canyon, utilizada para el almacenamiento de residuos finos provenientes del lavado de áridos. Para facilitar el drenaje durante su explotación se había abierto un canal en la roca que desaguaba en un arroyo vecino (Figura 2), que se cerró con material rechazado de la explotación. Luego la presa continuó recreciéndose hacia aguas arriba con el mismo material. Al momento de la falla, la presa llevaba dos años inactiva, ya que se había detenido su recrecimiento y el vertido de residuos. Sin embargo, en la mitad este se realizaba el lavado de los camiones mezcladores de hormigón, y en la mitad oeste del depósito existía una laguna en contacto directo con la presa. El movimiento indujo la licuación del material de la presa, que se encontraba saturado debido a la proximidad de la laguna, y también de los residuos almacenados. Esto produjo una brecha de unos 60 metros de ancho por la que escaparon los residuos mineros licuados. Es probable que la falla se haya iniciado en la zona del antiguo canal de desagüe con la licuación del material de tapón y que ello haya provocado la falla en cadena del resto de la presa y la licuación de los residuos.



Foto 1. Vista aérea de la presa Tapo Canyon previa a su rotura.

I.2 Estado actual de la temática en Cuba.

La construcción de grandes depósitos para almacenar colas mineras surgió como una necesidad recién a mediados del siglo XX. Cuba inicia la construcción de presas de colas en la década de los 40, hasta la fecha estas obras se han transformado en grandes fuentes de contaminación y destrucción de los ecosistemas.

Las empresas mineras enfrentan hoy el legado de una explotación irracional de los recursos, y obras que constituyen riesgos para las Comunidades y el medio ambiente en general. La explotación de los recursos minerales dentro de la industria cubana del níquel posee varias décadas de trabajo, durante los cuales se han provocado daños importantes al medio ambiente, dentro de los cuales se destacan la formación de varios depósitos de colas, encontrándose dos de ellos abandonados, el resto están en la fase final de sus operaciones.

Estas presas de colas se caracterizan por presentar un alto grado de impacto visual y de contaminación de las áreas de influencias, tanto terrestres como marítimas, se consideran obras de alto riesgo debido a que están construidas sin tener presente las medidas de

prevención y corrección necesarias para mitigar los posibles daños a provocarse por la acción de fenómenos naturales o antrópicos.

Las presas de colas se encuentran dentro de los municipios de Mayarí y Moa, la gran mayoría están construidas muy cercas del mar, expuestas a los vientos, sus características geomorfológicas le imprimen, condiciones muy propias dentro del contexto climático de la provincia, estas condiciones se distinguen con claridad por las características pluviométricas muy exclusivas de ambos municipios e incluso dentro del mismo territorio existen variaciones por la diferencia de altitudes y zonas de barlovento y sotavento, cuestión esta que se refleja en las diferencias pluviométricas de los mismos.

Trabajos precedentes.

En el año 1999-2000 se elaboró un trabajo sobre la influencia de la presa de cola de la UPI Las Camariocas sobre el medio ambiente, por la diplomante Jaquelina Manuel Julio, el que tenía por objetivo: Identificar, evaluar y caracterizar los impactos ambientales producidos por la construcción y explotación de dicha presa de cola .

En el 2000 se realizó un trabajo doctoral a cargo de Roberto. L. Rodríguez – Pacheco, uno de los objetivos que perseguía era evaluar el impacto de las presas de residuos y los vertidos de agua residual sobre la calidad de las masas de agua superficiales y especialmente en las subterráneas, estudió además los factores físicos, hidromecánicos, hidrogeológicos y geoquímicas que condicionan el flujo y transporte de contaminantes metálicos (Cr, Ni, Mn) en residuos mineros. En este trabajo él explica que las actividades minero-metalúrgicas en sus procesos generan grandes volúmenes de aguas residuales altamente contaminadas que en la mayoría de los casos no reciben ningún tratamiento y que su vertido origina la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.

En el año 2005 se realizó una investigación científica por la ingeniera Yuneisy Guilarte Matos, la cual, en uno de sus capítulos realizó la evaluación de la susceptibilidad a los deslizamientos de los taludes de la presa de Rechazo Nueva de la Empresa Comandante Pedro Sotto Alba, teniendo en cuenta los principios de equilibrio límite de las masas del suelo (fuerza de gravedad, resistencia de las rocas en su conjunto, zona de debilitamiento,

equilibrio límite de las masas de rocas) donde se efectúa la evaluación de la susceptibilidad de los taludes a través de los cálculos del factor de seguridad relacionado por el método de equilibrio límite grafo-analítica. Este trabajo incluye la identificación (se realizó mediante consulta a expertos, lista de chequeo) y evaluación de los impactos en dicha área llegando a la conclusión de las afectaciones más frecuentes producidas al medio ambiente (contaminación de las aguas, inestabilidad de los terrenos, cambios en el régimen hidrogeológico de la zona) y las medidas preventivas y correctoras para minimizar los impactos.

Esta el caso también de Yunieska, Y. Tamayo en el año 2005 en la misma Empresa, donde realizó la evaluación de la susceptibilidad a los deslizamientos de los taludes de la presa de Rechazo Nueva para diferentes ángulos y alturas del talud, donde llega a la conclusión que a mayor porcentaje de los taludes se comportan inestables y que está dado por las propiedades físico-mecánicas del material.

De gran importancia es la tesis de maestría de la ingeniera Teresa Hernández Columbié, el cual tiene por tema: Estudio de impacto ambiental del proyecto de explotación de los años 2002-2005 del yacimiento Punta Gorda .El principal objetivo que perseguía, determinar los impactos ambientales que provocará la ejecución del proyecto de explotación. En este se aplican métodos de evaluación tanto cualitativo como cuantitativo para identificar, caracterizar y valorar los impactos a generarse durante la ejecución del mismo. Finalmente se presenta un plan de medidas de prevención, corrección y mitigación, que junto al plan de monitoreo de los diferentes factores ambientales garantiza que la incidencia de los impactos negativos sobre el medio ambiente sea mínima.



Trabajo de Diploma
Grisel Martínez Hernández



CAPÍTULO II CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS TALUDES DE LA PRESA DE COLAS.

II.1 Ubicación de la presa de colas de la empresa Pedro Sotillo Alba.

La presa de colas está ubicada al norte de la planta procesadora de níquel Pedro Sotillo Alba S.A. en el municipio de Moa, situada en la parte más oriental de la provincia de Holguín, limita al norte con la provincia de Guantánamo y al oeste con los municipios de Sagua de Tánamo y Fran País.



Foto 2. Presa de colas de la empresa Comandante Pedro Sotillo Alba.

Accesibilidad.

La zona que ocupa el depósito se encuentra rodeada por un conjunto de viales que son utilizados para las tareas de crecimiento de los diques, mantenimiento, inspección y monitoreo de la obra. Estos viales son terraplenes de material de préstamo lateríticos ubicados en sus inmediaciones, la accesibilidad desde las áreas exteriores se produce desde la carretera a la mina y de esta al poblado La Veguita, otras vías de acceso

proviene de la planta Comandante Ernesto Che Guevara y de la cantera de préstamo para los diques de la presa de colas. De forma general los viales están en malas condiciones, solo aptos para equipos pesados o ligeros con doble tracción.

II.2 Clima

El clima es tropical húmedo, siendo una de las áreas de mayor pluviometría del país. El volumen de precipitaciones alcanza valores promedios entre 1000-4000 mm/año, con una media histórica de 2058 mm/año. El mes más lluvioso es mayo mientras que el de menor lluvia es enero.

La humedad relativa media anual es de 85%, los meses de mayor humedad son octubre, noviembre y diciembre, mientras que las menores humedades relativas se registran en el mes de marzo.

El valor medio anual de la temperatura del aire es de 25.4°C, con una variación de la temperatura entre las máximas y las mínimas de unos 9°C, como media. Los meses más calurosos son julio, agosto y septiembre, mientras que los más fríos son diciembre, enero y febrero.

La evaporación real se cifra en una media de 16000 mm/año, siendo los meses de más evaporación julio y agosto con una media superior a los 229mm, mientras que los de menor intensidad son noviembre, diciembre y enero, siendo la más baja en enero con una media de 134mm.

El viento se caracteriza por ser muy variable presentando una velocidad máxima de 10m/s y mínima de 1m/s, el valor medio anual es de 2m/s, con una dirección predominante NE. El viento es un parámetro importante en la región de Moa, pues controla el movimiento de emanaciones industriales vertidas a la atmósfera.

II.3 Características tectónicas de la región.

La tectónica de la región es sumamente compleja, estando representada por estructuras disyuntivas de diferentes tipos, magnitudes y edades, estructuras explicativas poco visibles, pero existentes y discordancias estructurales que permiten la división en pisos



Trabajo de Diploma

Grisel Martínez Hernández



estructurales.

Grietas

El procesamiento de las grietas de los alrededores de la ciudad de Moa, determinó 6 familias, correspondiendo 3 de ellas a las asociadas a los planos de cabalgamiento (rumbo NNW), con ángulos de buzamientos bajos a ligeramente altos, con grietas cerradas o rellenas de milonita o brecha tectónica, siendo grietas de cizalla y uno de los sistemas más antiguos.

Fallas

Según su orden las fallas principales son:

- ü Falla Sabana o La Española, de dirección WNW-ESE, es una falla ínter placas activa en la actualidad y foco de múltiples sismos.
- ü Falla Moa, de dirección NNE, es desplazada atrechos por fallas más jóvenes y de menor magnitud de dirección NW o NNW. El bloque al oeste de la falla se encuentra mucho más levantado que el bloque del este, donde el corte ofiolítico tiene su mayor potencia.
- ü Fallas Cabañas, de dirección NE, se considera una falla activa o reactivada, por lo que es sismo generadora y forma junto a las fallas Sabana y Moa, un nudo tectónico a unos 1,5Km al SE de Cayo Grande de gran importancia sismológica. La falla Cabañas es más joven que las fallas Moa y Sabana respectivamente, pues al parecer corta a ambas en la zona del nudo antes mencionado.
- ü Falla Quesigua, de dirección NNE, puede tener tramos de dirección NS, es desplazada o cortada por sistemas de fallas menores de dirección NE-NW. Esta falla pudiera ser contemporánea con la falla Moa.

II.4 Hidrogeología.

Teniendo en cuenta el tipo de rocas presentes y su capacidad de almacenar las aguas subterráneas en mayor o menor grado, Velázquez Amparo en su tesis de maestría

(1999), determinó para la zona de estudio la presencia de 5 complejos acuíferos fundamentales.

1. Complejo Acuífero de las ofiolitas.
2. Complejo Acuífero de los sedimentos Costeros.
3. Complejo Acuífero de los Sedimentos Aluviales.
4. Complejo Acuífero de las lateritas.
5. Complejo Acuífero de los terrígenos carbonatados.

Complejo Acuífero de las ofiolitas.

Se extiende en dirección NW-SE de la zona de estudio. Mitológicamente se encuentra constituido por serpentinitas alteradas, periodititas serpentinizadas, dunitas y gabros y piroxenitas. Según las clasificaciones de Kurlov y Aliokin las aguas son del tipo hidrocarbonatada.

Complejo Acuífero de los sedimentos costeros.

Se extiende por casi todo el norte del área, formando una franja estrecha de 1 a 2km de ancho. Las rocas acuíferas son calizas organógenas, en menor grado sedimentos no consolidados y depósito arcilloso arenoso con fragmentos angulares de composición variada. Los tipos de aguas predominantes son de grietas y cársicas y en algunos casos intersticiales. En su mayoría tienen ínter relación hidráulica con las aguas del mar.

Complejo Acuífero de los sedimentos Aluviales.

Se en dirección Norte-Sur, formando una franja ancha en su parte inferior y estrecha en la parte superior, ocupando la mayoría de las terrazas de los ríos aquí predominantes, así como los valles de los afluentes .Se encuentra constituido por gabros, arenas, cantos rodados, arenas arcillosas con potencia de 15m y se clasifican según las clasificaciones de Kurlov y Aliokin como hidrocarbonatadas.

Complejo Acuífero de las lateritas.

Se extiende por casi toda la zona ocupando gran parte de área, mitológicamente está constituido por potentes cortezas. Este complejo en algunas zonas se ha comprobado que es más bien acuitado, debido al predominio de aguas capilares y de potencias considerables de lateritas (hasta más de 30 metros) y gran desarrollo de los procesos de capilaridad donde los ascensos capilares de las aguas pueden alcanzar más de 20 m. La fuente de alimentación principal de esta agua son las precipitaciones atmosféricas. Por su composición química son aguas hidrocarbonatadas magnésicas y sódicas de baja mineralización.

Complejo Acuífero de los terrígenos carbonatados.

Se encuentra ubicado, ocupando una pequeña porción, al norte del poblado de Cañete. Está formado por margas estratificadas, calizas compactas, depósitos brechosos, de carácter tanto tectónico como sedimentario, aleurolitas y conglomerados.

La red hidrográfica del municipio de Moa es muy densa. Según el trabajo de Batista, (1987) presenta una densidad con valores entre 1,5 y 2 Km de río por km², lo que es un indicativo de una importante escorrentía superficial y está caracterizada por una gran cantidad de ríos y arroyos permanentes durante todo el año. La dirección predominante del flujo es de sur-norte, aunque al sur del área existen diferentes ríos y arroyos que corren con dirección NW-SE. El río Cabaña es el único que presenta una dirección de flujo diferente al circular por una fractura con dirección SW-NE. La variación local en la dirección del flujo de las aguas superficiales está controlada por las fracturas tectónicas del territorio. De acuerdo a la extensión superficial de las cuencas hidrográficas los ríos más importantes son: el río Moa, Cayo Guam, Cabañas, Quesiguas, Yamanigüey y Punta Gorda.

Desde el punto de vista morfogénico, la zona donde está enclavada la presa de colas, se corresponde con una llanura aluvial, sobre el zócalo de antiguos macizos de rocas metamórficas, originada por los Ríos Moa, Cabaña y Los Lirios, la cual transiciona hacia

una llanura fluvio-marina-deltaica hacia el norte cerca de la desembocadura. La llanura es plana, bordeada por elevaciones a manera de anfiteatro, donde se manifiestan movimientos geotectónicos débiles, influenciada por el bloque hórstico Moa-Baracoa y con predominio procesos acumulativos, donde se aprecian fuertes manifestaciones erosivas, recientes en sus graderías, a partir de las acciones antrópicas producto de la actividad minera.

La llanura del río Moa, debió ser una pequeña ensenada o bahía de bolsa de bajo fondo durante las transgresiones cuaternarias, donde se depositaron sedimentos terrígenos y marinos de forma alterna, en dependencia de los períodos climáticos predominantes. Los débiles ascensos neotectónicos, manifestados en el área de estudio, a partir de Holoceno permitieron la configuración actual de la cuenca y el recubrimiento del relieve original por sedimentos aluviales friables. El río ha ido profundizando su cauce en busca de su nuevo perfil de equilibrio, dando lugar a la formación de terrazas aluviales, dispuestas en forma escalonada, que en la actualidad se encuentra totalmente enmascaradas por los depósitos de la presa de cola. Este río a lo largo de su recorrido presenta un cause bien definido en casi toda su longitud, principalmente en su parte media y próximo a la desembocadura, con márgenes elevadas, favorables para descargar cualquier avenida y evitar inundaciones, ya que en la zona de la desembocadura el cauce no presenta las condiciones antes mencionadas, pues las márgenes tienen poca altura, produciéndose inundaciones.

Los demás afluentes (Los Lirios y el río Cabaña) tienen características semejantes en lo que respecta a la forma que presentan sus cauces aunque con cuencas tributarias más pequeñas; los mismo tienen capacidad para evacuar las avenidas máximas, desbordándose en sus partes bajas, cerca de la confluencia con el Río Moa. El aumento de los niveles en el cauce del río Moa por crecidas o avenidas grandes trae como consecuencia el represamiento de este debido al gran volumen de azolves, lo que hace retroceder los flujos del arroyo Los Lirios potenciando el efecto erosivo sobre los taludes aledaños al sur de la presa de colas.

II.5 Características constructivas de la presa de colas de la empresa Comandante Pedro Sotillo Alba.

En las dos últimas décadas se ha progresado bastante en el diseño ingenieril de las presa de residuos en lo relativo a hidrogeología y la geotecnia, ya que anteriormente en algunos casos, se procedía a realizar las operaciones de forma intuitiva. Por otro lado, dos factores que han contribuido notablemente a la mejora (en el diseño y operación de las presas) son los derivados de las exigencias de seguridad y protección ambiental. Con relación al primero, en el pasado se han producido accidente (ejemplo: rotura de un spigots), dando lugar al vertimiento de residuos mineros a través del talud exterior de la presa de colas. Con respecto al segundo, se ha visto la necesidad de preservar la calidad de las aguas superficiales y subterráneas durante el tiempo de operación de la presa y después de su abandono (cierre definitivo de la presa de colas), así como la restauración de los terrenos.

Los factores que influyen en la elección de la ubicación y el diseño de las presas de residuos son de diversa índole, a continuación se comentan los más importantes.

Tabla 1. Factores que influyen en la ubicación y diseño de las presas de residuos mineros.

Factores locales.	Características de los lodos.	Características de los efluentes.	Limitaciones ambientales
- Ø Geología. - Ø Sismicidad. - Ø Topografía. - Ø Red de drenaje. - Ø Características de las aguas superficiales y subterráneas. - Ø Precipitaciones. - Ø Evaporación. - Ø Disponibilidad de terrenos.	- Ø Producción de residuos. - Ø Contenido en arcilla. - Ø Composición química. - Ø Método de vertido. - Ø Densidad de los lodos. - Ø Lixiabilidad.	- Ø Características químicas. - Ø Potencial de oxidación/reducción - Ø Ph. - Ø Cationes metálicos. - Ø Potencial. - Ø Toxicidad. - Ø Producción de efluentes. - Ø Capacidad de circulación. - Ø Necesidad de evaporación.	- Ø Calidad del aire. - Ø Calidad de las aguas superficiales y subterráneas. - Ø Requerimientos de restauración. - Ø Drenaje del agua superficial

Fases durante la vida de la presa de colas.

Construcción: El desarrollo de un depósito de colas implica por lo general, una importante etapa de construcción (construcción, recrecimiento de los diques y construcción de banquetas para elevar el factor de seguridad de los mismos), es decir de conformación del depósito de los residuos con la ejecución de los diques perimetrales y las obras inducidas.

Operación: El período de operación comienza y termina con el proceso de las descargas de las colas en el depósito hasta llegar a la cota máxima posible de almacenamiento prevista. Durante esta fase se hacen pruebas en el suelo (pruebas de compactación) y con ellas se sabe cual es el estado del mismo, luego con este resultado se trabaja en vista a mejorar las condiciones de los terraplenes en caso de que existan problemas de estabilidad. Además los diques deben tener un factor de seguridad de 1.3 y se construyen bajo una norma la cual es que deben tener un 97% de compactación.

Cierre: Comienza al término de la descarga de las colas. Durante este tiempo se construyen las instalaciones adicionales que pueden ser requeridas para alcanzar la estabilidad física o química a largo plazo (por ejemplo, zanjas y conductos permanentes de derivación del agua) y se inicia la rehabilitación (por ejemplo, colocación de suelos cultivables). El período de cierre requiere del monitoreo de estos parámetros adicionales por el plazo del tiempo necesario para asegurar su adecuado funcionamiento y dar margen a realizar cualquier modificación necesaria y debe tener un factor de seguridad de 1.5.

Post- cierre: El post-cierre o abandono inicia a continuación de la exitosa terminación de las medidas de cierre y se extiende tanto como se quiera para que la estabilidad física y química del depósito de colas quede asegurada.

En la actualidad existen varias formas de diseñar las presas de colas, entre la que están las siguientes:

Métodos de construcción.

Construcción hacia aguas arriba: Este método es el más ampliamente utilizado en el pasado y en la actualidad consiste en, una vez construido el dique inicial se van levantando diques sucesivos ligeramente retranqueados respecto a los anteriores y hacia el interior de la presa. Estos diques se forman, por lo general, con los sedimentos gruesos de los lodos que se separan de estos por decantación natural o por ciclonado. Los residuos arenosos que configuran la playa constituyen en cada recrecimiento de la presa la base de apoyo o cimentación de los diques sucesivos, por lo que es importante que exista un porcentaje elevado de partículas gruesas, aunque existen algunas excepciones. Este sistema constructivo, siempre que los residuos puedan clasificarse en diferentes granulometrías, es el más económico ya que es el que requiere un menor volumen de material que debe ser transportado para construir los diques y el que ocupa menor superficie para una capacidad de almacenamiento dada. No obstante, al estar construido el dique por materiales de baja compactación y resistencia con un nivel freático elevado se deben adoptar taludes bastantes tendidos y recurrir a medidas tales como: ensanchamiento del dique mediante el extendido de las arenas de la playa entre dos camellones, la intercalación de capas y tubos drenantes, la compactación de los estériles (material de préstamo), etc.

Cuando los residuos sean muy finos el, éxito de este método de construcción dependerá del ritmo de elevación del dique y del talud general de este, pues si el recrecimiento es muy rápido las presiones de poros serán muy elevadas y pueden dar lugar a problemas de estabilidad. También en áreas donde exista cierta actividad sísmica este método deberá compararse con otros, pues es el más susceptible frente al fenómeno de licuefacción.

La fábrica Comandante Pedro Sotto Alba utiliza este método (figura 1) y lo realiza de la siguiente forma: La presa es levantada por la construcción progresiva de diques perimétricos sobre la superficie de los residuos acumulados, de tal manera que cada dique avance sucesivamente hacia el interior conforme el depósito es levantado. La característica de este método es que la integridad estructural de la obra esta gobernada

por las propiedades y comportamiento de las colas inferiores descargados hidráulicamente los cuales forman la base del talud y diques superiores. A la hora de construir los diques de la presa de colas se busca impermeabilidad y resistencia en los mismos; para esto se utiliza material de préstamo. Los diques se conforman por varias capas de 25-30cm (Foto No. 1), donde la primera capa queda sobre la cola y tiene aproximadamente de 50 -60 cm de altura en dependencia de las características del material. En ocasiones se utiliza geotextil tejido cuando la cola es muy blanda, este se coloca primero y después se le echa la primera capa, esto se realiza para mejorar las propiedades geomecánicas de las colas con mucho contenido de agua.

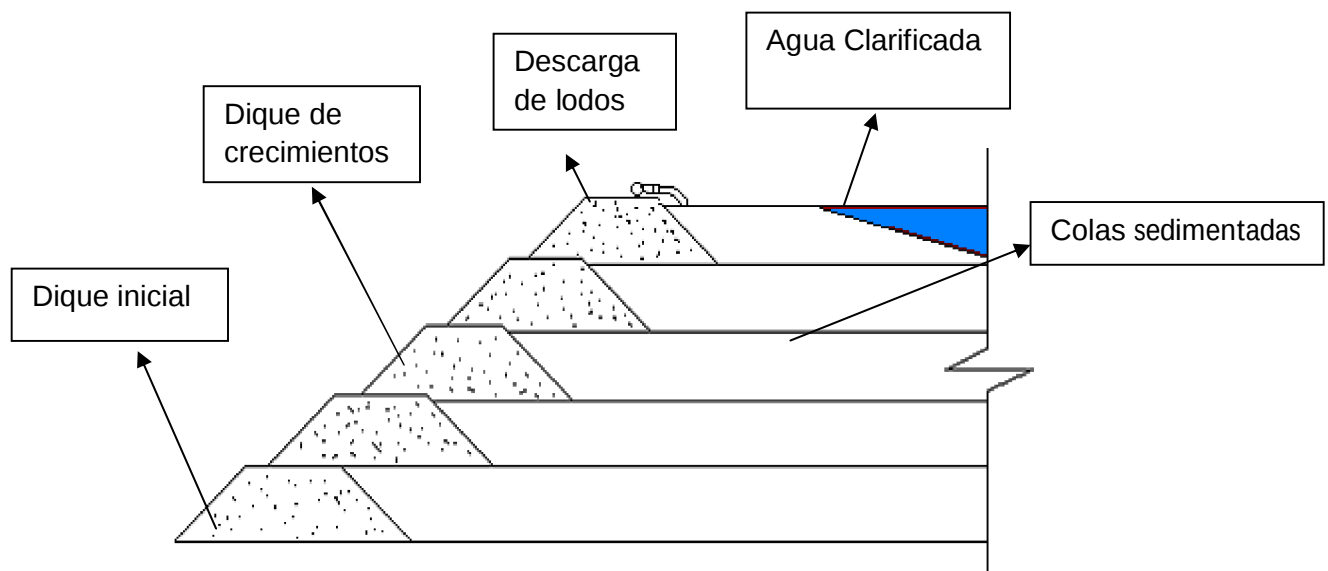


Figura 2. Sección transversal del método de construcción aguas arriba.

De acuerdo con la clasificación del Comité Internacional de Grandes Presas (ICOLI), una presa de residuos mineros a partir de los 15.0m de altura se considera como grande y la de la fábrica Pedro Sotillo Alba es clasificada como grande, pues alcanza 40.0m de altura.



Foto 3. Conformación de las capas.

Bases de diseño y criterios operativos de la presa de colas.

Las bases del diseño y criterios se apoyan en las normas internacionales y nacionales de Canadá para el diseño de presas. Los datos suministrados a la KPC (compañía de consultoría canadiense) por la Moa Níckel que se usaron en la determinación de las entradas del diseño para el plan de operaciones de la presa fueron:

- Ø El terraplén existente en la construcción desde principios del 2008 está en la cota 26, corresponde a la llamada Base 2 – Fase 2.
- Ø Los aliviaderos permiten el paso de flujos para eventos (tormentas, intensas lluvias) y el decantador está presente para recoger el escurrimiento del embalse y el agua sobredrenante (después de la decantación de los sólidos de las colas) que es reciclada y enviada a la planta para su aprovechamiento en el proceso de lavado a contra corriente.
- Ø La tasa de producción de residuos es de 10.320t secas/días desde el 2009 en adelante, lo cual es propio de las tasas de producción de 49 000 t de concentrado de níckel más cobalto.
- Ø Los residuos son depositados por grifado desde la cresta del terraplén principal.

- Ø La densidad específica de las partículas es de 3.8 t/m^3 .
- Ø El promedio in situ de la densidad seca de los residuos al consolidarse se estima de $1,6 \text{ t/m}^3$, basado en registros históricos.
- Ø La estructura de decantación localizada en el Estanque Sur de agua podrá suministrar agua (de las lluvias, el escurrimiento y el agua que se recupera de los residuos) a la planta de lavadero para su uso en el lavado a contracorriente de los residuos sólidos.

Plan de elevación del terraplén principal.

El programa de elevación del terraplén principal de la presa de colas, esta vinculado con el volumen de residuos asignados a la instalación, la capacidad de almacenamiento disponible (incluyendo gestión de las aguas pluviales) y la estabilidad de los terraplenes. Los diseños y las estimaciones de la construcción son previstos para que la presa trabaje desde el 2008 hasta el 2014, pues el programa para poner en servicio un nuevo depósito en tierra es a partir del 2014, por tanto la presa proyectada tendrá un año adicional de deposición de residuos para prever las contingencias en el caso que se demore el nuevo depósito. La vida operativa de la presa de colas será de seis años desde enero del 2008 hasta el 2014, con seis elevaciones o fases (fase 2 a la fase 7) en la que se construirán las elevaciones del terraplén principal.

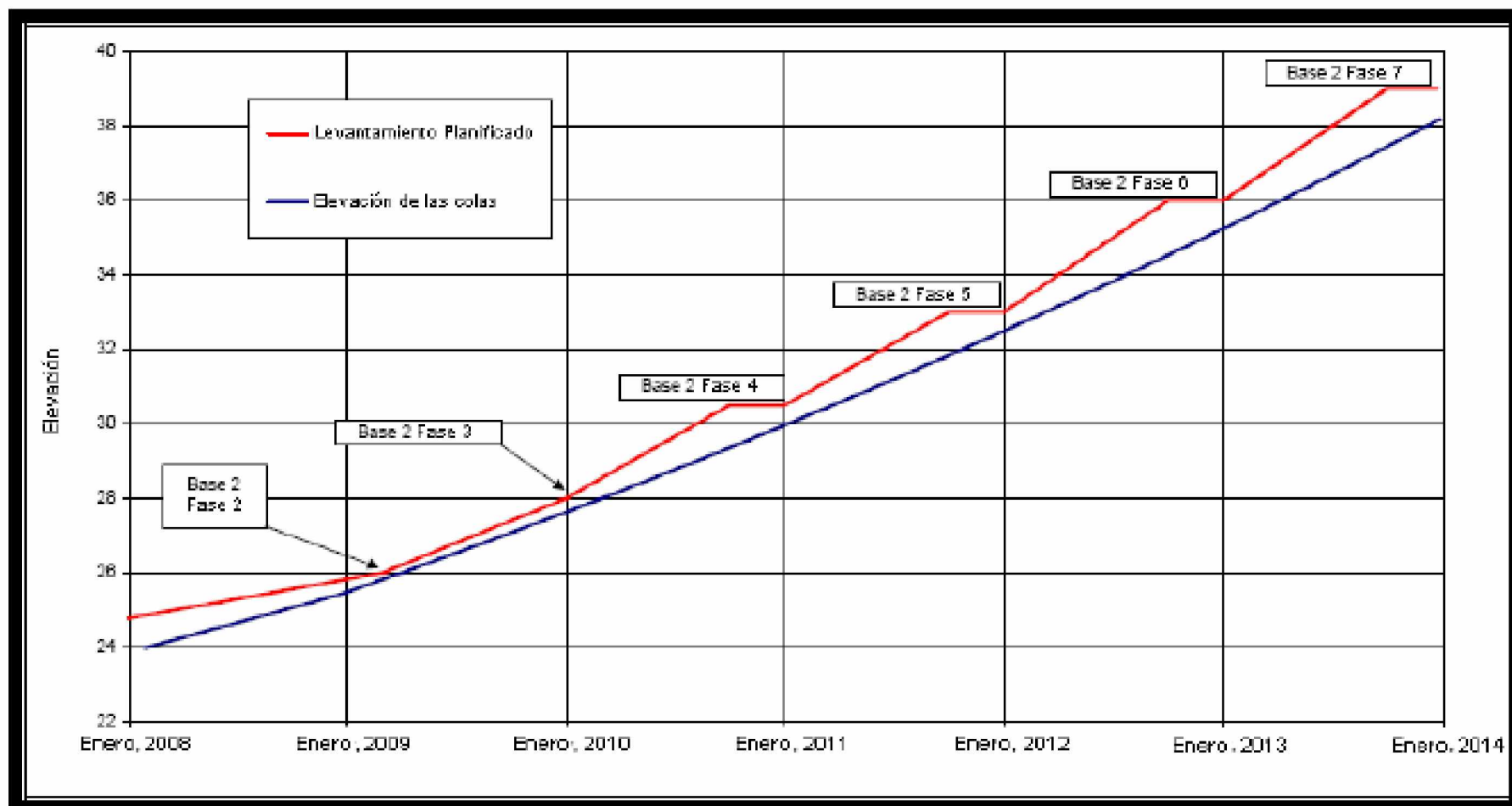


Grafico1. Crecimiento de los taludes de la presa de colas de la empresa Comandante Pedro Sotto Alba.

En el gráfico podemos apreciar el crecimiento mediante la base-fase de los taludes de la presa de colas. Esta obra para la fase final de su cierre (año 2014) estará en la cota 39.0 m, en la cual se almacenarán millones de metros cúbicos de residuos mineros, altamente contaminantes, esto trae como consecuencia la probabilidad de un mayor daño al medio ambiente, ante la probabilidad de colapsar, constituyendo un riesgo potencial para la población cercana de La Veguita por el cierre del cause del río Moa debido al depósito de las colas en el mismo.

Construcción hacia aguas abajo.

Este método de construcción consiste en la elevación de la presa mediante diques sucesivos de estériles que avanzan en la dirección de aguas abajo, el dique inicial se construye normalmente con materiales naturales, disponiendo en algunos casos de núcleos impermeables y elementos de drenaje para el control del nivel freático y filtraciones. Los recrecimientos, subsiguientes, se efectúan con arenas de los residuos ciclonadas, con suelos de recubrimiento con estériles de mina.

Este método, desde, el punto de vista de estabilidad, no depende de las características hidráulicas de los residuos o efluentes siendo por esto que permite el almacenamiento de cualquier tipo de residuo. Por esto, para los lodos con partículas muy finas y en áreas donde las precipitaciones superan a la evaporación este tipo de construcción es el más utilizado.

Construcción centrada.

Este método es una combinación de los otros métodos es decir combina algunas ventajas de los dos anteriores (con una mejor estabilidad sísmica que el método aguas arriba y con menos requerimientos de volumen de material en los recrecidos con el sistema aguas abajo), sin embargo, la capacidad de retención de agua no es tan buen como la del método aguas abajo.

II.6 Caracterización del estado actual de la presa de colas desde el punto de vista geotécnico.

La presa de colas actual presenta problemas relacionados con la baja capacidad portante de los suelos de cimentación por ello los problemas encontrados han sido: fallas de las laderas al N por deslaves y reboses de los perímetros del terraplén que ha traído como resultado derrames y liberación de residuos al medio.

A la entrada de esta obra se encuentra el punto de control de flujo por el que se hace la distribución de la cola a toda la presa por tuberías plásticas. Cada 25 metros se colocan los spigots (figura 2) uno de otro, por los cuales se deposita la cola de la forma siguiente, primeramente se abren 10 spigots por una semana, después se cierran estos y se abren 10 más y así sucesivamente alrededor de la presa, esto trae como ventaja, llevar una uniformidad a lo largo de la misma.

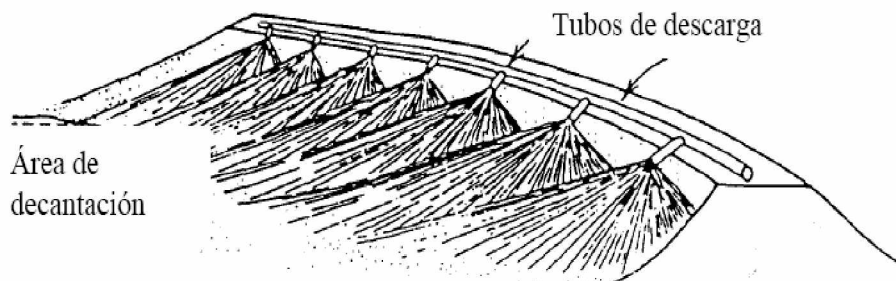


Figura 3. Distribución de los residuos mineros mediante spigots.

El resultado de investigaciones geotécnicas históricas y recientes muestran que las débiles cimentaciones en el lado NE están compuestas por arcillas marinas y orgánicas en estados suaves a firmes además de cienos. Estas funciones suaves restringen el desarrollo o crecimiento de la presa, que requerirán de significativas etapas en el crecimiento aguas arriba con la construcción de banquetas de refuerzos, consiste en

conformar grandes plataformas con dimensiones variables que dependen del grado de inestabilidad que pueden alcanzar esa zona durante el proceso de recrecimiento de los diques. Esto muestra que los suelos de la cimentación de la presa son débiles y exigen un detallado análisis de estabilidad de la estructura, pues los factores o eventos que inciden en su mal comportamiento son: elevados niveles freáticos, fuertes lluvias, falta de cobertura vegetal y movimiento de la corteza terrestre, infiltraciones en los diques perimetrales, operaciones incorrectas en la operación de deposición de la cola, espejos de agua concentradas en zonas inadecuadas (contra los diques perimetrales).

Granulometría.

Para construir las presas de residuos mineros se debe evaluar los suelos que sirven para la construcción de la cortina de la presa. El análisis granulométrico de los materiales que componen estas obras está condicionado al tipo de suelo, por lo general se presentan con un predominio de fracciones de grado muy fino a fino (0,02-0,5), más del 50% de las fracciones pasan por el tamiz 200. El análisis de las propiedades geotécnicas en los residuos mineros en la empresa Comandante Pedro Sotto Alba nos indica que son variables en dependencia del material. La granulometría es muy fina, con un contenido elevado de limo entre el 60-70%, arcilla 20-30% y arena 10-20%, convirtiéndose en un suelo limoso-arcilloso.

Licuefacción.

Es el fenómeno más preocupante que ocurre en una presa de colas, la cual es la pérdida total de la resistencia al corte de un suelo saturado por incremento de la presión de poros. EL caso más frecuente de licuefacción dentro de los residuos minero-metalúrgicos, es decir los que tienen una gran probabilidad de licuefactar son los que presentan una granulometría areno-limosa- saturados que puede ocurrir por una acción sísmica sobre estos materiales o por la acción de una presión fuerte sobre ellos (ejemplo: la circulación de equipos pesados sobre los diques de contención). Los relaves saturados son altamente susceptibles a licuefacción sísmica, en especial, si la permeabilidad y densidad son bajas. Para que no ocurran estos fenómenos es necesario que las zonas donde las arenas del

muro resistente se encuentren saturadas tengan la densidad (compactación) adecuada para garantizar un comportamiento dilatante, proporcionando resistencia a la presa.

CAPÍTULO III EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL PRODUCIDO EN LA ETAPAS DE EJECUCIÓN, EXPLOTACIÓN Y CIERRE DE LA PRESA DE COLAS.

III.1 Identificación de los impactos ambientales producidos en la zona de estudio.

La identificación y evaluación de los impactos ambientales, originados por cualquier obra, nunca está exenta de imprecisiones e incertidumbre, en ocasiones son motivadas por la falta de información precisa de alguna parte del proyecto que se quiere ejecutar o cambios que se introducen en el mismo durante el estudio del impacto ambiental. En otras ocasiones, la incertidumbre está dada por lo poco previsible, que constituyen las respuestas a los ecosistemas, ante las acciones impactantes ocasionadas por el proyecto, las cuales son extremadamente difíciles de predecir.

Por impacto se entiende a todo tipo de modificación sobre cualquier elemento del medio ambiente por causa de la realización de cualquier actividad del proyecto. Por lo tanto cada impacto es determinado por la interacción entre una actividad específica y algún elemento del medio ambiente.

Para lograr una identificación y evaluación de los impactos potenciales (IAP) lo más real posible, se necesita contar con un cúmulo de datos históricos ambientales, del lugar en cuestión, que permitan valorar correctamente el comportamiento de los flujos de sustancias, información y energía, así como, conocer las regulaciones de las variaciones temporales de las variables ambientales.

Desde el punto de vista metodológico, es necesario identificar los impactos ambientales potenciales (IAP), durante las diferentes etapas de ejecución del proyecto que se evalúa. Durante la investigación realizada en la presa de colas, se percibió, toda una serie de acciones impactantes sobre el medio ambiente, que derivarán en impactos potenciales, los cuales, son necesarios corregir y minimizar durante las diferentes etapas de la presa de colas

Como metodología para la identificación de los impactos generados por el emprendimiento en estudio se procede en primer término a la elaboración de un listado de las fases relacionadas con las distintas etapas del proyecto. En segundo lugar se elabora otro listado conteniendo todos los componentes ambientales (aire, agua, suelo, biótico y socioeconómico), susceptibles de verse afectados por algunas de las actividades del proyecto. Y en tercer lugar se realiza la identificación de los impactos a través del cruzamiento de ambos listados, a efectos de facilitar el cruzamiento de los listados se utiliza la técnica del sistema de matrices.

Esta técnica permite identificar de forma clara los impactos generados. Teniendo en cuenta las particularidades de la presa de colas, se empleó la siguiente metodología:

1. Identificar las acciones fundamentales, susceptibles de provocar impactos al medio.
2. Determinar los factores impactados por las etapas de la presa de colas.
3. Identificar los impactos generados por la interacción de la obra con el entorno.
4. Valorar los impactos ambientales.
5. Plan de medidas preventivas, correctoras y de mitigación de impactos negativos.

Determinación de las acciones impactantes.

Para la identificación de las acciones impactantes se empleó la metodología de consultas a expertos. Las acciones están enmarcadas en las fases de levantamiento de diques, operación y cierre que comprende la presa de colas y las distintas actividades o etapas de la misma. Ver tabla 2.

Tabla 2. Fases de la presa de colas relacionadas con las distintas etapas del proyecto.

Fase	Etapas
Levantamiento de diques.	1. Movimiento de equipos y maquinarias pesadas. 2. Arranque, carga y transporte del material de préstamo. 3. Rutiado y humedecimiento del terreno. 4. Conformación de las capas. 5. Compactación del material de préstamo. 6. Control topográfico. 7. Remodelación de la corona y el talud del dique. 8. Establecimiento de instrumento de auscultación (piezómetro, punto de referencia topográfico). 9. Infraestructura auxiliar (tuberías de residuos, canales, drenes, control de flujo y estación de bombeo).
Operación de la presa de colas.	10. Vertido y almacenamiento de las colas. 11. Operación y mantenimiento de los taludes de la presa de colas. 12. Mantenimiento de caminos (remodelado y riego). 13. Construcción de banquetas para fortalecer los taludes de la presa de colas. 14. Económico.
Cierre.	15. Rehabilitación de la presa de colas (camino de acceso, tuberías de residuos, diques, revegetación). 16. Estabilización de los taludes de la presa de colas.

	17. Monitoreo
--	---------------

Para la identificación de los factores impactados se empleó la misma metodología utilizada en la identificación de las acciones impactantes, los cuales permitieron determinar los siguientes factores ambientales que serán afectados durante la ejecución, explotación y cierre del proyecto.

A: Aire.

B: Agua.

C: Suelo.

D: Biótico.

E: Socioeconómico.

La presa de colas durante la ejecución de sus diferentes etapas provocará los siguientes impactos sobre los componentes ambientales. Ver tabla 3.

Tabla 3. Componentes ambientales e impactos causados por las diferentes acciones del proyecto.

Componentes	Impactos
A: Aire.	1. Emisión de polvo. 2. Calidad del aire (Valoración de todos los elementos del aire que se monitorean). 3. Contaminación por gases. 4. Disminución de la cantidad de polvo y gases en la atmosfera.
B: Agua.	5. Contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. 6. Contagio de los acuíferos subterráneos. 7. Modificación de la red hidrográfica. 8. Rebosamiento. 9. Disminución del nivel de sedimentos en el agua. 10. Creación de una nueva red de drenaje.
C: Suelo.	11. Inestabilidad de los taludes. 12 Aumento de las probabilidades de la licuefacción. 13. Incremento de la erosión. 14. Elevación de la compactación. 15. Destrucción de la geomorfología del área. 16. Aumento de la sismicidad de la zona. 17. Modificación del paisaje natural. 18. Afectación de la calidad de los suelos.
D: Biótico.	19. Modificación del hábitat. 20. Destrucción de la flora terrestre y acuática. 21. Destrucción de la fauna terrestre. 22. Destrucción del la fauna acuática. 23. Ahuyentamiento de la fauna. 24.Retorno parcial de la fauna y la flora
E: Socioeconómico.	25. Cambios en la economía regional. 26. Deterioro de la calidad de vida de los pobladores. 27. Conformación de un nuevo paisaje.

Descripción de los impactos

1. Emisión de polvo. Ver fotos 3 y 4.

El polvo atmosférico, es uno de los problemas actuales del área de estudio, la aparición de este impacto está unido fundamentalmente con las actividades de (movimiento de equipos y maquinarias pesadas, arranque, carga y transporte del material de préstamo, conformación de las capas, compactación del material de préstamo, remodelación de la corona y el talud del dique y construcción de banquetas). Los cuales durante la circulación de vehículos y la conformación de cada uno de ellos levantan nubes de partículas muy finas fundamentalmente en las épocas de sequías, es necesario señalar que en ello intervienen una serie de factores locales que están presentes en el área de estudio, que en ocasiones son de muy difícil predicción, los cuales se destacan a continuación.

- v Estado y textura del suelo, tipo de vehículo y equipo generador de polvo.
- v Estación del año.
- v Turbulencia del aire local.
- v Humedad y temperatura del suelo.
- v Relación que se establece entre la dirección del viento y los efectos de la lluvia caída en días anteriores.
- v Nivel de rugosidad del terreno, existencia de taludes producto de excavaciones y terraplenes artificiales.
- v Estado de la cubierta vegetal.
- v Existencia de apantallamiento natural o artificial.



Fotos 3 y 4. Contaminación por polvo.

2. Calidad del aire (Valoración de todos los elementos del aire que se monitorean).

La mayoría de las actividades de las etapas (levantamiento de dique y operación) en la presa de colas afectan la calidad del aire, influyen además la estación del año, hora del día, turbulencia del aire local, humedad y temperatura del suelo.

3. Contaminación por gases.

Este impacto está asociado a las emanaciones de gases de combustión interna de los vehículos que trabajan en el movimiento de tierra para la conformación de los diques.

4. Disminución de la contaminación de la cantidad de polvo y gases en la atmósfera.

Este impacto se genera en la etapa de cierre, con la rehabilitación de la presa de colas (siembra de árboles), en esta etapa existe la disminución del movimiento de vehículos y por consiguiente disminuye la contaminación.

5. Contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. Ver fotos 5 y 6.

Este impacto se genera durante las acciones de movimiento de tierras, como consecuencia directa se produce la erosión y el arrastre de sedimentos hacia las corrientes hídricas y por causa – efecto inevitablemente aumenta la cantidad de sedimentos en suspensión de ríos y arroyos de la cuenca de Moa. Además de las

partículas de polvo y pequeñas cantidades de cienos que son transportadas por el aire hacia el río Los Lirios. El uso de maquinarias y equipos que utilizan combustibles y lubricantes podría ocasionar un impacto negativo sobre la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.



Fotos 5 y 6. Río Los Lirios: Alto grado de colmatación por sedimentos en el cauce.

6. Contaminación de los acuíferos subterráneos.

La aparición de este impacto está relacionado con la posibilidad de manifestaciones de contaminación de las aguas subterráneas a partir de infiltración de la presa de colas, es de suponer que la impermeabilización prevista en el proyecto, disminuya notablemente los riesgos de infiltración, pero no se puede descartar la ocurrencia de roturas de fibra geotextil, durante la etapa operacional.

7. Alteración del drenaje. Ver fotos 7 y 8.

Este impacto esta relacionado con el levantamiento de diques, los cuales se ven afectados por el río Los Lirios en el período de intensas lluvias, por lo que el cauce de río ha sido desviado hacia otra área donde no interfiera con esta actividad.



Fotos 7 y 8. Desviación del río Los Lirios para ampliación de la presa de colas

8. Rebosamiento. Ver foto 9.

Este impacto ocurre en la fase de operación de esta obra, en tiempo de intensas lluvias donde gran cantidad de esta cae sobre la presa de colas y puede ocasionar el rebosamiento de la misma.



Foto 9. Rebosamiento de la presa de colas producido por intensas lluvias.

9. Disminución del nivel de sedimentos en el agua.

Este impacto se genera en la fase de cierre, cuando la superficie comienza a rehabilitarse la creación de una nueva cobertura vegetal produce una retención de las partículas, además se culminan las actividades de operación de la presa de colas.

10. Creación de una nueva red de drenaje.

Este impacto hace su aparición desde el levantamiento de diques, donde se construyen canales para el drenaje de las aguas que afecta a los extremos de algunos diques hasta el cierre de la presa de colas.

11. Inestabilidad de los taludes.

Este impacto aparece durante la operación de la presa de colas cuando se realiza el mantenimiento de los taludes y la construcción de banquetas con el objetivo de mantener un buen estado y funcionamiento de esta obra.

12. Aumento de las probabilidades de la licuefacción.

Este impacto está relacionado con la circulación de equipos pesados sobre los diques de la contención de la presa de colas y ocurre generalmente debido a una mala compactación de los diques.

13. Incremento de la erosión. Ver Fotos 10 y 11.

Este se manifiesta en los diques de la presa de colas, el origen esta dado por el impacto de las gotas de lluvias sobre la superficie desnuda fresca provocando una destrucción mecánica de los agregados del material de préstamo. Como en el territorio cae más lluvia de la que se infiltra, se produce entonces un exceso de escorrentía superficial, dando lugar a la formación de diferentes manifestaciones de la erosión hídrica, laminar, en surcos y en cárcavas o barrancos.



Fotos 10 y 11. Erosión en surcos y cárcavas en los diques de la presa de colas.

14. Compactación.

El material de préstamo de textura areno arcillosa que será utilizada en la etapa de levantamiento de los diques, necesariamente tendrá que ser fuertemente compactado, acción que provocará la pérdida de las propiedades originales de la estructura molecular del material de préstamo.

15. Destrucción de la geomorfología del área.

Este impacto es generado por las distintas acciones que se realizan durante la vida útil de la presa de colas, trayendo consigo un cambio importante en la geomorfología del área.

16. Aumento de la sismicidad de la zona.

Este impacto se manifiesta por la intensidad sísmica en la región de Moa debido a los movimientos recientes, los cuales condicionaron la desarticulación del territorio en un sistema de bloques tectónicos con un régimen peculiar de desarrollo, teniendo por lo general una naturaleza disyuntiva, donde han ocurrido más de 22 de los 28 sismos más fuertes conocidos en el territorio cubano.

17. Cambios en el paisaje.

Las modificaciones morfológicas se traducen en impactos paisajísticos considerables. Su aparición esta unida al movimiento de equipos y maquinarias pesadas, así como el vertido y almacenamiento de las colas los cuales proporcionan cambios significativos en el paisaje.

18. Afectación de la calidad de los suelos.

La calidad de los suelos es afectada en el movimiento de equipos, maquinarias pesadas y fundamentalmente en el vertido y almacenamiento de las colas.

19. Modificación del hábitat. Ver fotos 13 y 14.

En las etapas de levantamiento de diques y operación de la presa de colas se generan impactos que modifican el hábitat, debido al disturbio provocado por el constante movimiento de vehículos, durante un largo período de tiempo, a pesar de que la zona directa del proyecto no presenta una rica diversidad faunística, si existen espacios próximos más conservados donde pueden llegar estos efectos indeseados (valle del Río Los Lirios).



Fotos 12 y 13. Modificación de hábitat (pérdida de áreas de pastos).

20. Destrucción de la flora terrestre y acuática.

Este impacto aparece durante el arranque, carga y transporte del material de préstamo, vertido y almacenamiento de las colas y en la construcción de banquetas, este último cuando se realiza deja espacios totalmente deforestados ello trae como consecuencia la destrucción de los mismos.

21. Destrucción de la fauna terrestre.

Desde el levantamiento de los diques paulatinamente se generan impactos que causan la destrucción de la fauna terrestre.

22. Destrucción de la fauna acuática.

Este impacto esta relacionado con el vertido y almacenamiento de las colas y con el levantamiento de diques, donde la fauna acuática se encuentra afectada por la desviación del río Los Lirios.

23. Ahuyentamiento de la fauna. Ver Fotos 13 y 14.

La aparición de este impacto está relacionado cuando se realizan las labores más agresivas al medio, los cuales hace que cambien bruscamente los hábitats de las distintas especies, por lo que se ven obligados a migrar hacia áreas más favorables.



Fotos 13 y 14. Modificación del paisaje y de los ecosistemas de la zona.

24. Retorno parcial de la fauna y la flora.

Este impacto es generado durante el cierre de la presa de colas, al ir rehabilitando las áreas afectadas por esta obra y mejorando las condiciones del medio, los animales retornan a su territorio de origen.

25. Cambios en la economía regional. Ver Fotos 15 y 16.

Este impacto esta relacionado con la operación de la presa de colas, la cual trae consigo el aumento de los volúmenes de producción y de empleo, además brindan la posibilidad de mejorar la calidad de vida de la comunidad de La Veguita con el traslado de las viviendas afectadas por la ejecución del proyecto hacia otra zona residencial.



Fotos 15 y 16. Cambios en la economía regional (generación de empleos).

26. Deterioro de la calidad de vida de pobladores.

Este impacto se inicia desde el levantamiento de diques hasta el cierre de la presa de colas causándole cambios en la calidad de vida de los pobladores de La Veguita debido al ruido, tráfico de vehículos y principalmente incrementa las posibilidades de la aparición de enfermedades.



Fotos 17 y 18. Afectación a la calidad de vida de los pobladores.

27. Conformación de un nuevo paisaje.

Este impacto es generado durante la fase de cierre, a medida que se rehabilita la zona afectada, se va conformando un nuevo paisaje, además se crean condiciones que mejoran la calidad del mismo, tales como: remodelación de la superficie, introducción de especies propias de estas áreas.



Fotos 19 y 20. Creación de un nuevo paisaje.

III.2 Evaluación de los impactos ambientales.

A partir de la identificación de los impactos producidos por la construcción de la presa de colas, se procede a valorarlos tomando como base la matriz de impacto. Para esto se utilizó la metodología de los Criterios Relevantes Integrados (Buroz, 1998), la cual ha sido adaptada a los propósitos del proyecto con pequeñas modificaciones hechas por la autora. Esta metodología propone la elaboración de índices de impacto ambiental para cada impacto identificado en la matriz respectiva, (ver anexos de Matrices de Valoración de Impacto Ambiental).

La valoración sugerida por esta, considera inicialmente la calificación de siete variables que incidirán en la valoración final del índice ambiental del impacto analizado. Estas variables son:

Carácter del impacto o signo (+/-): Esta clasificación establece si el impacto de cada acción del proyecto es beneficiosa (signo positivo) o adversa (signo negativo). En caso de que la actividad no ocasione impactos o estos sean imperceptibles, entonces no recibe ninguna calificación.

Intensidad del impacto (I): La intensidad considera que tan grave puede ser la influencia de la actividad del proyecto sobre el componente ambiental analizado. La objetividad de la calificación dependerá del grado de conocimiento y experiencia del grupo evaluador. Para esta evaluación, se propone un valor numérico de intensidad que varía de 1 a 10 dependiendo de la severidad del impacto analizado. Un valor 10 indica que una actividad del proyecto potencialmente ocasionaría un impacto grave sobre el componente analizado. Por el contrario, un valor de 1 representa un impacto potencial muy bajo sobre el componente ambiental. Impactos leves o imperceptibles reciben una calificación nula.

Extensión o influencia espacial del tiempo (E): Esta variable considera la influencia del impacto sobre la delimitación espacial del componente ambiental. Es decir califica el impacto de acuerdo al tamaño de la superficie o extensión afectada por las actividades

propuestas por el proyecto, tanto directa como indirectamente. La escala de calificación de esta variable se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Escala de valoración de la extensión de los impactos

Extensión	Valoración
Puntual	1,0
Particular	2,5
Local	5,0
Regional	7,5
Generalizada	10,0

Duración del impacto ambiental (D): Esta variable considera el tiempo que durará el efecto

5
para

**Tabla 5.
los impactos**

Duración	Valoración
Esporádica	1,5
Temporal	2,5

de la actividad del proyecto sobre el componente ambiental analizado. La tabla muestra la escala de valores sugeridos calificar esta variable.

Escala de valoración de la duración de

Periódica	5,0
Recurrente	7,5
Permanente	10,0

Magnitud del Impacto Ambiental (M): Esta variable no necesita ser calificada ya que su valor es obtenido relacionando las variables anteriores (signo, intensidad, extensión y duración). Sin embargo, cada variable no influye de la misma manera sobre el resultado final de la magnitud, cuya ecuación es la siguiente:

$$M_i = + \cdot [(I_i \cdot W_I) + (E_i \cdot W_E) + (D_i \cdot W_D)]$$

Donde:

I: Intensidad.

E: Extensión.

D: Duración

En la referida ecuación (W_I , W_E y W_D), son factores adimensionales que representan el peso de incidencia de la variable considerada sobre la magnitud del impacto, y cuyo valor numérico individual es inferior a 1. La suma de los tres coeficientes de peso en conjunto, debe ser siempre igual a la unidad. La asignación de valores a los coeficientes de peso dependerá del criterio del grupo evaluador. En caso de duda, se asignará un valor de 1/3 a cada factor de peso. Para la presente evaluación ambiental, se asignaron los siguientes valores:

$$W_I=0.4$$

$$W_E=0.4$$

$$W_D=0.2$$

Reversibilidad (RV): Esta variable considera la capacidad del sistema de retornar a las condiciones originales una vez cesada la actividad generadora del impacto. La tabla 6 muestra la escala de valores asignados para calificar esta variable.

Tabla 6. Escala de valoración de la reversibilidad de los impactos.

Capacidad de reversibilidad.	Valoración.
Completamente reversible.	1,0
Medianamente reversible.	2,5
Parcialmente irreversible.	5,0
Medianamente irreversible.	7,5
Completamente irreversible.	10.0

Riesgo o probabilidad del suceso (RG): Finalmente, se valora la probabilidad de ocurrencia del impacto sobre el componente ambiental analizado. La tabla 7, muestra la escala de valores asignados.

Tabla 7. Escala de valoración de la probabilidad de ocurrencia de los impactos.

Probabilidad.	Rango de ocurrencia	Valoración.
---------------	---------------------	-------------

Alta.	Si el impacto tiene una probabilidad de ocurrencia mayor al 50%.	10
Media.	Si el impacto tiene una probabilidad de ocurrencia entre el 10 y el 50%.	5
Baja.	Si el impacto tiene una probabilidad de ocurrencia casi nula en un rango menor al 10%.	1

Una vez calificadas las siete variables de la valoración ambiental, se procede a calcular el valor del índice ambiental (VIA). Este valor considera la relación de la magnitud (M), reversibilidad (RV) y el riesgo (RG), mediante la siguiente expresión matemática.

$$VIA = RV^{WRV} \cdot RG^{WRG} \cdot M^{WM}$$

Donde:

RV: Reversibilidad.

RG: Riesgo.

WM: Magnitud.

En esta ecuación WRV, WRG, WM, también son factores adimensionales que representan el peso de incidencia de la Reversibilidad, Riesgo y la Magnitud respectivamente. Al igual que la ecuación de la magnitud, dichos coeficientes son menores que 1 y la suma de los mismos debe dar la unidad. Para la presente evaluación ambiental, se asignaron los siguientes valores.

WRV: 0,3

WRG: 0,3

WM: 0,4

Una vez obtenido el Valor del Índice Ambiental (VIA) de cada impacto evaluado se procesa y analiza los resultados. El procedimiento consiste en la sumatoria algebraica de las filas y las columnas respectivamente. Adicionalmente, se procede a contar los impactos negativos y positivos ocasionados por el proyecto.

El resultado de la evaluación ambiental empleando la metodología aquí descrita se presenta en este informe.

Significancia de los Impactos Ambientales Evaluados.

Para complementar la evaluación de impactos, se requiere de una fase de caracterización cualitativa de los impactos evaluados cuantitativamente. Esto se realiza con el fin de ayudar en la toma de decisiones respecto a las potenciales medidas de mitigación más prioritarias a ser implementadas. Para esto se elabora la matriz de significación de impactos, en la que se detallan en forma cualitativa las características de los mismos. La significancia del impacto se determina basándose en el Valor del Índice Ambiental de acuerdo con la siguiente tabla 8, y en el signo asignado a dicho impacto.

Tabla 8. Escala de significancia de los impactos evaluados.

Valor de Índice Ambiental (VIA)	Significancia del Impacto
0	Neutro.
0-4	Bajo.
4-7	Méδιο.
7-10	Alto.

Para la valoración de la matriz se han utilizado tres criterios, Carácter del impacto o signo, Valor del índice ambiental y Significancia de los impactos evaluados.

Las acciones que ocasionaron impactos negativos en la matriz de Carácter del impacto o signo son las siguientes (Ver anexo1):

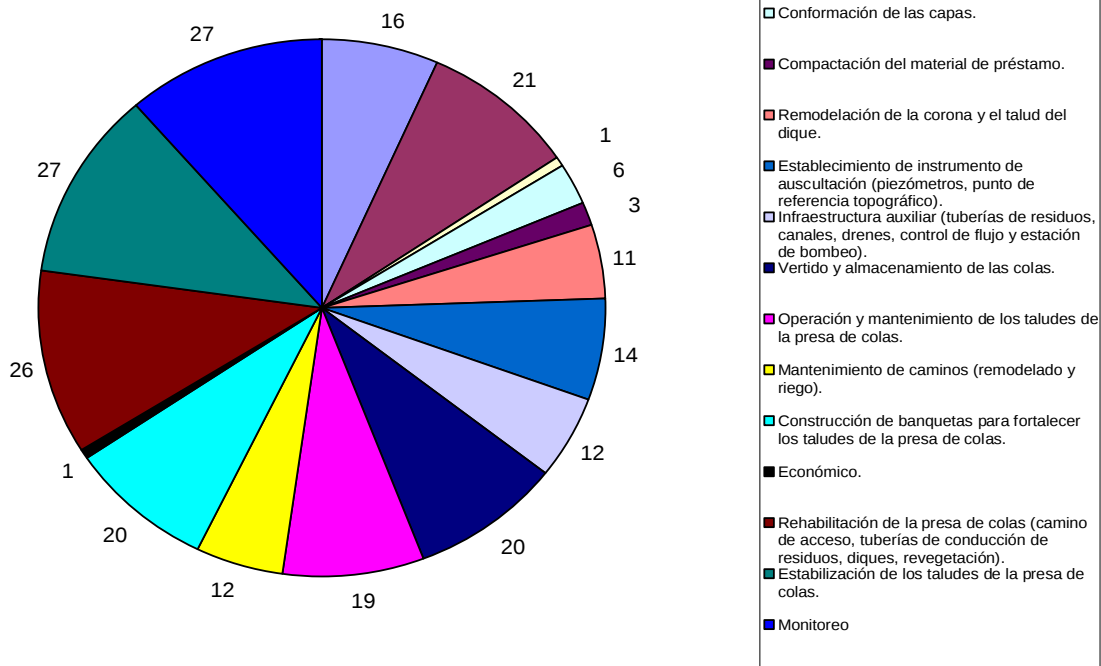
- ✚ Movimiento de equipos y maquinarias pesadas.
- ✚ Arranque carga y transporte del material de préstamo.
- ✚ Rutiado y humedecimiento del terreno.
- ✚ Conformación de las capas.
- ✚ Compactación del material de préstamo.
- ✚ Remodelación de la corona y el talud del dique.
- ✚ Infraestructura auxiliar (tuberías de residuos , canales, drenes, control de flujo y estación de bombeo).
- ✚ Vertido y almacenamiento de las colas.
- ✚ Operación y mantenimiento de los taludes de la presa de colas,
- ✚ Mantenimiento de caminos (remodelado y riego).
- ✚ Construcción de banquetas para fortalecer los taludes de la presa de colas.

Todas las acciones ocasionaron impactos positivos; Ver anexo 2.

En el gráfico 2 podemos apreciar el total de las acciones que ocasionaron impactos positivos y negativos.

Gráfico 2

Impactos totales por acciones



En la matriz Significancia de los Impactos Evaluados para cada etapa del proyecto tenemos los siguientes resultados de los elementos de la misma. Ver anexos 3, 4 y 5, en el siguiente gráfico tenemos las tres etapas del proyecto.

Para:

1. Levantamiento de diques: neutro 19, bajo 21, medio 27 y alto 17.
2. Operación de la presa de colas: neutro 11, bajo 12, medio 31 y alto 18.
3. Cierre: neutro 37, bajo 30, medio 12 y alto 1.

De acuerdo a la matriz del Valor del Índice Ambiental los impactos negativos por factor ambiental (Ver anexo 6), son los siguientes:

- ✚ Emisión de polvo.
- ✚ Calidad del aire (Valoración de todos los elementos del aire que se monitorean).
- ✚ Contaminación por gases.
- ✚ Afectación de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.
- ✚ Contaminación de los acuíferos subterráneos.
- ✚ Alteración del drenaje.
- ✚ Rebosamiento.
- ✚ Creación de una nueva red de drenaje.
- ✚ Inestabilidad de los taludes.
- ✚ Aumento de las probabilidades de la licuefacción.
- ✚ Incremento de la erosión.
- ✚ Compactación.
- ✚ Destrucción de la geomorfología del área.
- ✚ Aumento de la sismicidad de la zona.
- ✚ Cambios en el paisaje.
- ✚ Afectación de la calidad de los suelos
- ✚ Modificación del hábitat.
- ✚ Destrucción de la flora terrestre y acuática.
- ✚ Destrucción de la fauna terrestre.
- ✚ Destrucción de la fauna acuática.

- + Ahuyentamiento de la fauna.
- + Calidad de vida de pobladores.
- + Conformación de un nuevo paisaje.

Todos los impactos inciden positivamente sobre los factores ambientales. (Ver anexo 7). En el anexo 8 están presentes todos los impactos totales generados sobre los factores ambientales. En la misma, de forma general las acciones negativas son:

Alto:

- + Arranque carga y transporte del material de préstamo.
- + Vertido y almacenamiento de las colas.

Medio:

- + Movimiento de equipos y maquinarias pesadas.
- + Conformación de las capas.
- + Remodelación de la corona y el talud del dique.
- + Construcción de banquetas.

Bajo:

- + Compactación de material de préstamo.
- + Infraestructura auxiliar.
- + Operación y mantenimiento de los taludes de la presa de colas.
- + Mantenimientos de caminos.

III.3 Plan de medidas Preventivas, Correctoras y Mitigación.

Las medidas preventivas, correctoras y de mitigación en los estudios ambientales atenúan o eliminan los efectos negativos del proyecto de explotación minera y, constituye una etapa muy importante en la evaluación de los impactos, las de mitigación y control son aplicables a aquellos impactos cuyos efectos son inevitables e irreversibles pero se pueden ejecutar obras o actividades dirigidas a restaurar o reparar las condiciones del medio afectado, con posibilidad de dejarlo en condiciones similares a las encontradas con antelación a la intervención del proyecto mientras que las preventivas están encaminadas a prevenir y reducir la magnitud de las influencias negativas que tiene un proyecto determinado sobre el medio ambiente, la que se consigue limitando la intensidad de la acción que lo provoca.

Como resultado de lo analizado hasta el momento se considera de importancia la ejecución de diversas medidas generales y específicas para cada etapa del proyecto, es decir, es necesario implementar una serie de medidas que contribuyan a reducir y/o eliminar los efectos perjudiciales que provoca el hombre con su accionar sobre el medio ambiente (Ver tablas 10, 11 y 12), para lo cual se deberá tener presente la interrelación armónica de los aspectos ambientales y de interés humano. Se realiza con el fin de lograr una incorporación adecuada del proyecto con el entorno de tal manera que sea compatible con el desarrollo de la zona.

Impactos residuales

No es posible la aplicación de medidas correctoras, sobre todos los impactos generados por el proyecto. Por otra parte dichas medidas en algunos casos consiguen tan solo la reducción en cierto grado de la magnitud de las alteraciones previstas, pero pocas veces logran eliminar y evitar por completo los impactos ambientales negativos. Por tanto, todo proyecto que suponga una alteración importante del medio va a producir inevitablemente un impacto residual que persiste incluso tras la aplicación de las medidas correctoras oportunas. Los impactos residuales que en principio es posible prever durante la ejecución

y puesta en funcionamiento de este proyecto están relacionados con los siguientes aspectos:

- à Aumento de los procesos erosivos.
- à Disminución de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.
- à Contaminación atmosférica por emisiones de polvo.

Esta predicción de impactos ambientales residuales, deben estar considerados en el plan de monitoreo de variables ambientales que forma parte de este estudio.

Cuestiones que deben ser consideradas:

1. La ubicación del asentamiento rural de La Veguita, a escasos metros de la presa de colas, constituye un serio obstáculo, para la construcción del proyecto y para el buen funcionamiento durante la etapa de operaciones, sin embargo basado en la revisión que se ha realizado, no fue encontrada ninguna norma cubana ni regulación alguna que establezca una distancia determinada para la protección de la población residente, en los límites de una presa de colas.
2. Como segunda cuestión que debe ser considerada se encuentra la actual situación del río Los Lirios, cuyo cauce fue desviado hace algunos años para la construcción de la actual presa que está en funcionamiento, el arroyo es un serio peligro para la estabilidad de los taludes de la presa de colas en su sector noreste, ya que por datos suministrado por INRH la cota máxima de inundación puede llegar hasta 8m de altura con intensas lluvias.

Tabla 10. Levantamiento de diques.

Medidas	Tipo de medidas	Plazo	Costo
Crear una cortina de árboles entre la presa de colas y el poblado de La Veguita, ubicar un apantallamiento artificial, hasta tanto la cortina verde, tenga el tamaño suficiente para amortiguar los impactos indeseados provenientes del área del proyecto.	Preventiva	Largo	10 000 USD
Extraer la capa fértil del suelo.	Mitigable	Corto	
Realizar la correcta compactación del material de préstamo para la conformación de las capas.	Correctora	Mediano	
Mantener un riego sistemático de agua en los caminos.	Preventiva	Corto	
Realización de conferencias al personal sobre las afectaciones que provoca esta fase sobre el medio y cuales serían las acciones a tomar en el desempeño del trabajo para minimizar los daños.	Preventiva	Corto	
No afectar las franjas de protección de ríos y arroyos.	Preventiva	Permanente	
Cumplir con las medidas de protección e higiene del trabajo.	Preventiva	Permanente	

Tabla 11. Operación de la presa de colas.

Medidas	Tipo de medidas	Plazo	Costo
Rectificar los taludes artificiales inestables, suavizar el ángulo de las pendientes y garantizar un manejo correcto de las colas, con el fin de evitar rebozos de agua ácidas, para que no puedan llegar a la red hidrográfica.	Preventiva	Corto	3 200 USD
Realizar un estudio hidrogeológico detallado.	Mitigable	Corto	40 000 USD
Realizar seminarios al personal involucrado en esta fase sobre las medidas de mitigación.	Preventiva	Corto	

Tabla 12. Cierre.

Medidas	Tipo de medidas	Plazo	Costo
Comenzar la revegetación de los actuales diques que no están en funcionamiento, en el nordeste de la presa de colas, hacia la confluencia de los ríos Moa y los Lirios, teniendo como objetivo: Propiciar un buen drenaje, disminuir los efectos actuales de la erosión, aumentar la estabilidad de los taludes de la presa de colas en un sector vulnerable, la disminución de superficies desnudas y el mejoramiento de la calidad visual del paisaje.	Correctora	Mediano	
Remodelación y protección de los taludes de la presa de colas: para atenuar la acción de la erosión y favorecer la plantación de la cubierta vegetal.	Correctora	Corto	
Remodelar la topografía alterada de modo que se ajuste lo más posible a lo natural.	Correctora	Mediano	
Creación de viveros con plantas autóctonas.	Correctora		
Realizar un estudio detallado sobre la fauna con el objetivo de proteger las especies raras ó endémicas de la zona.	Mitigable	Mediano	
Crear pantallas vegetales para atenuar el impacto visual que provoca la presa de colas.	Mitigable	Corto	3000 USD

III.4 Educación Ambiental

La empresa Comandante Pedro Sotto Alba tiene implementado un Sistema de Gestión Ambiental, donde la educación ambiental de los trabajadores mineros posee un lugar importante dentro del sistema como medida de prevención, con el objetivo de mostrar cuales son las acciones potenciales que amenazan su medio y como pueden contribuir para mejorarlo, lográndose una actitud positiva de la misma.

La educación ambiental forma parte del plan de medidas preventivas que posee este estudio, las cuales serán ejecutadas en las tres etapas del proyecto. Dentro de la sección de capacitación se propone las siguientes tareas.

Tabla 13. Plan de Capacitación.

Actividades	Fecha de cumplimiento
Cursos sobre la situación ambiental del municipio.	Anual
Seminario sobre la protección ambiental.	Semestral
Concurso 5 de junio.	Anual
Conferencia sobre residuales.	Trimestral
Conferencia sobre la protección de los recursos hídricos.	Trimestral
Conferencia sobre la protección de los suelos.	Trimestral

III.5 Programa de seguimiento y control.

El plan de seguimiento y control se realiza con el objetivo de controlar el cumplimiento de todas las medidas que se hayan adoptado durante la evaluación ambiental, funciona como un instrumento a mediano plazo que establece controles que detectan las desviaciones de los efectos previstos o en las medidas indicadas en la evaluación. Ver tabla 14.

Para dar cumplimiento a este programa se realiza un plan de monitoreo a los principales factores ambientales que serán impactados en las diferentes fases de ejecución del proyecto, el cual consiste en lo siguiente:

1. Realizar muestreo de agua, en los diferentes ríos y arroyos de la zona de estudio.

Fecha de cumplimiento: Mensual.

Responsable: Departamento de Medio Ambiente.

Ejecuta: Departamento de Medio Ambiente.

2. Monitorear la emisión de gases y polvo a la atmósfera.

Fecha de cumplimiento: Trimestral.

Responsable: Departamento de Medio Ambiente.

Ejecuta: Departamento de Medio Ambiente.

3. Monitorear los diferentes elementos del paisaje, a través fotos panorámicas.

Fecha de cumplimiento: Trimestral.

Responsable: Departamento de Medio Ambiente.

Ejecuta: Departamento de Medio Ambiente.

4. Monitoreo de la fauna.

Fecha de cumplimiento: Trimestral.

Responsable: Departamento de Medio Ambiente.



Trabajo de Diploma
Grisel Martínez Hernández



Ejecuta: Departamento de Medio Ambiente.

Tabla 14. Seguimiento y Control.

Factor	Sustrato	Calidad del agua																															
Indicador	Erosión hídrica	Sólidos en suspensión y SST, pH, SO^{-2}_4 , conductividad, redox, temperatura.		Ni, Co, Fe, Zn, Cu, Mn, Ca, Na, K, Cr, Mg, Cd, Mo, V, Pb, Hg, Si, Al																													
Lugares de medición	Se seleccionaron las estaciones de control en las zonas definidas por las coordenadas.	Se tomarán muestras en los cuatro pozos de la terraza del río Moa.		Se tomarán muestras en los cuatro pozos de la terraza del río Moa.																													
	<table><tr><th>X</th><th>Y</th></tr><tr><td>699 632</td><td>221 400</td></tr><tr><td>699 596</td><td>221 359</td></tr><tr><td>700 047</td><td>220 466</td></tr><tr><td>701 499</td><td>221 675</td></tr></table>	X	Y	699 632	221 400	699 596	221 359	700 047	220 466	701 499	221 675	<table><tr><th>X</th><th>Y</th></tr><tr><td>699 200</td><td>221 000</td></tr><tr><td>698 900</td><td>220 600</td></tr><tr><td>699 300</td><td>221 300</td></tr><tr><td>699 250</td><td>221 700</td></tr></table>	X	Y	699 200	221 000	698 900	220 600	699 300	221 300	699 250	221 700	<table><tr><th>X</th><th>Y</th></tr><tr><td>699 200</td><td>221 000</td></tr><tr><td>698 900</td><td>220 600</td></tr><tr><td>699 300</td><td>221 300</td></tr><tr><td>699 250</td><td>221 700</td></tr></table>	X	Y	699 200	221 000	698 900	220 600	699 300	221 300	699 250	221 700
	X	Y																															
	699 632	221 400																															
	699 596	221 359																															
	700 047	220 466																															
	701 499	221 675																															
X	Y																																
699 200	221 000																																
698 900	220 600																																
699 300	221 300																																
699 250	221 700																																
X	Y																																
699 200	221 000																																
698 900	220 600																																
699 300	221 300																																
699 250	221 700																																
Frecuencia del monitoreo	Durante la ejecución del proyecto trimestralmente y en la etapa de cierre anualmente.	Durante el período de ejecución y explotación trimestralmente y en la etapa de cierre los muestreos deben ser anualmente.		Durante el período de ejecución y explotación trimestralmente y en la etapa de cierre los muestreos deben ser anualmente.																													
Método	Determinación de estaciones en los puntos propuestos mediante la ubicación de varillas graduadas en cm y mm.	Toma de muestras en los puntos seleccionados (coordenadas) y análisis espectrofotometría de absorción atómica y gravimétrico.		Toma de muestras en los puntos seleccionados (coordenadas) y análisis espectrofotometría de absorción atómica y gravimétrico.																													
Resp.	Gerente de presa de colas.	Gerente de presa de colas.		Gerente de presa de colas.																													
Costo	3 250 USD cada muestreo	4 000 USD cada muestreo		6 000 USD cada muestreo																													



Trabajo de Diploma
Grisel Martínez Hernández



Conclusiones.

1. A través de la evaluación de los impactos producidos por la construcción, operación y cierre de la presa de colas se demuestra el deterioro ambiental existente en el área de estudio.
2. De la evaluación de impacto ambiental se pudo demostrar que los componentes ambientales más afectados en la etapa de levantamiento de diques fueron los componentes, aire, suelo y el recurso biótico, en la de operación de la presa de colas todos los componentes ambientales se encuentran afectados, mientras que en la etapa de cierre la afectación de los componentes ambientales va disminuyendo.
3. El plan de medidas preventivas, correctoras y de mitigación, están en correspondencia a la magnitud de los problemas ambientales generados por el proyecto, y el plan de monitoreo propuesto garantiza un control de calidad de los factores ambientales del área del proyecto y su entorno.

Recomendaciones.

1. Elaborar el estudio hidrogeoquímico de las aguas contenidas en la presa de colas y su interrelación con el medio ambiente.
2. Vincular la siembra y la protección de los taludes de la presa de colas a la ejecución y recrecimiento de los diques.
3. Incrementar alrededor de los diques de la presa de colas la siembra de especies autóctonas.
4. El plan de medidas debe adecuarse a los cambios imprevistos que ocurran en el proyecto.
5. El proyecto de rehabilitación debe desarrollarse paralelamente al de explotación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Buroz. (1994). "Metologia de los Criterios Relevantes Integrados".
2. Buroz. (1998). "Metologia de los Criterios Relevantes Integrados".
3. Columbie, T. H., 2005. "Estudio de importancia ambiental del proyecto de explotacion de los años 2002-2005 del yacimiento Punta Gorda". Tesis de Maestría. ISMM, Moa.
5. Julio, Y.M., (1999). "Influencia de las presas de colas de la UPI Las Camariocas sobre el medio ambiente". Moa.
7. Matos., Y. G., 2006. "Diseño del Sistema de explotacion para la presa de rechazo Nueva ubicada en la empresa Cdte Pedro Soto Alba.Moa Nickel S.A". Moa.
8. Ralikariki., N. M. (2008). Evaluación de la estabilidad de la escombrera del area 2 del yacimiento Moa oriental de la Empresa Moa Nickel S.A Cdte Pedro Soto Alba. Moa.
9. Tamayo, Y. H., 2005. Evaluación de la Susceptibilidad a los deslizamientos de los taludes de la Presa de Rechazo Nueva de la Empresa Moa Nickel S.A Cdte Pedro Soto Alba. Moa.
12. Minera San Gregorio S.A. – Loryser S.A., 2006. Departamento de Rivera. Evaluacion Ambiental. Proyecto: Ampliación Mina Arenal.
13. Morandi., N. R., 2007. "Guía técnica de operación y control de depósitos de relave". Servivio Nacional de Minería y Geología. Chile.
14. Rivas, M., 2003. Construcción y operación de tranques de relaves. Guías de buenas prácticas ambientales para la pequeña minería. SERNAGEOMIN, SONAMI, BGR. ISBN: 956-8038-03-5. Santiago de Chile.
15. Chiu, J., 1996. "Influencia sobre el Medio Ambiente de la actividad minera en el Yacimiento de la planta Las Camariocas". Trabajo de Diploma. Ingeniera en minas. Moa. ISMM.
4. Geocuba Oriente. (2009). Estudio de Impacto Ambiental al proyecto de ampliación de la presa de colas de la Moa Nickel S.A. Moa.
16. Gaston Armel, E. 1996. Estudio de los impactos medioambientales en el Municipio de Moa. Trabajo de Diploma. 1996. p.40-56.
17. González de Vallejo, L. I., 2002. "Investigaciones in situ en Ingeniería Geológica". ISBN: 84-205-3104-9. Pearson Educación, Madrid. 715 Págs.

18. I.G.P., CENAI, GEOCUBA ORIENTE NORTE, 2008. "Valoración de la amenaza sísmica en la región minera del noreste de Holguín". Reporte Etapa I: Grado de estudio geólogo - geofísico, geodinámico y sismológico. Obtención del modelo sismotectónico preliminar. s.l. : 44 p.
19. Iturralde-Vinent, M.A., 1996: "Ofiolitas y arcos volcánicos de Cuba". I.G.C.P. Project 364, Special Contribution No. 1.
20. Lomtadze, V. D. 1977. "Geología aplicada a la ingeniería. Geodinámica aplicada a la ingeniería". Ed. Pueblo y Educación, 560 p.
21. Rodríguez A., 1998. "Estudio morfotectónico de Moa y áreas adyacentes para la evaluación de riesgos de génesis tectónica". Tesis doctoral. Departamento de geología, ISMM, Cuba. .
22. Rodríguez, R., 2002. "Estudio experimental de flujo y transporte de cromo, níquel y manganeso en residuos de la zona minera de Moa (Cuba): Influencia del comportamiento hidromecánico". Departamento de Ingeniería del Terreno y Cartográfica. Universidad Politécnica de Cataluña. Tesis doctoral. 459 p.
23. Sidimohamed, O., 2002: "Caracterización hídrica e hidroquímica del río Cayo Guam". ISMMM. Facultad de Geología. Trabajo de Diploma.

Anexos

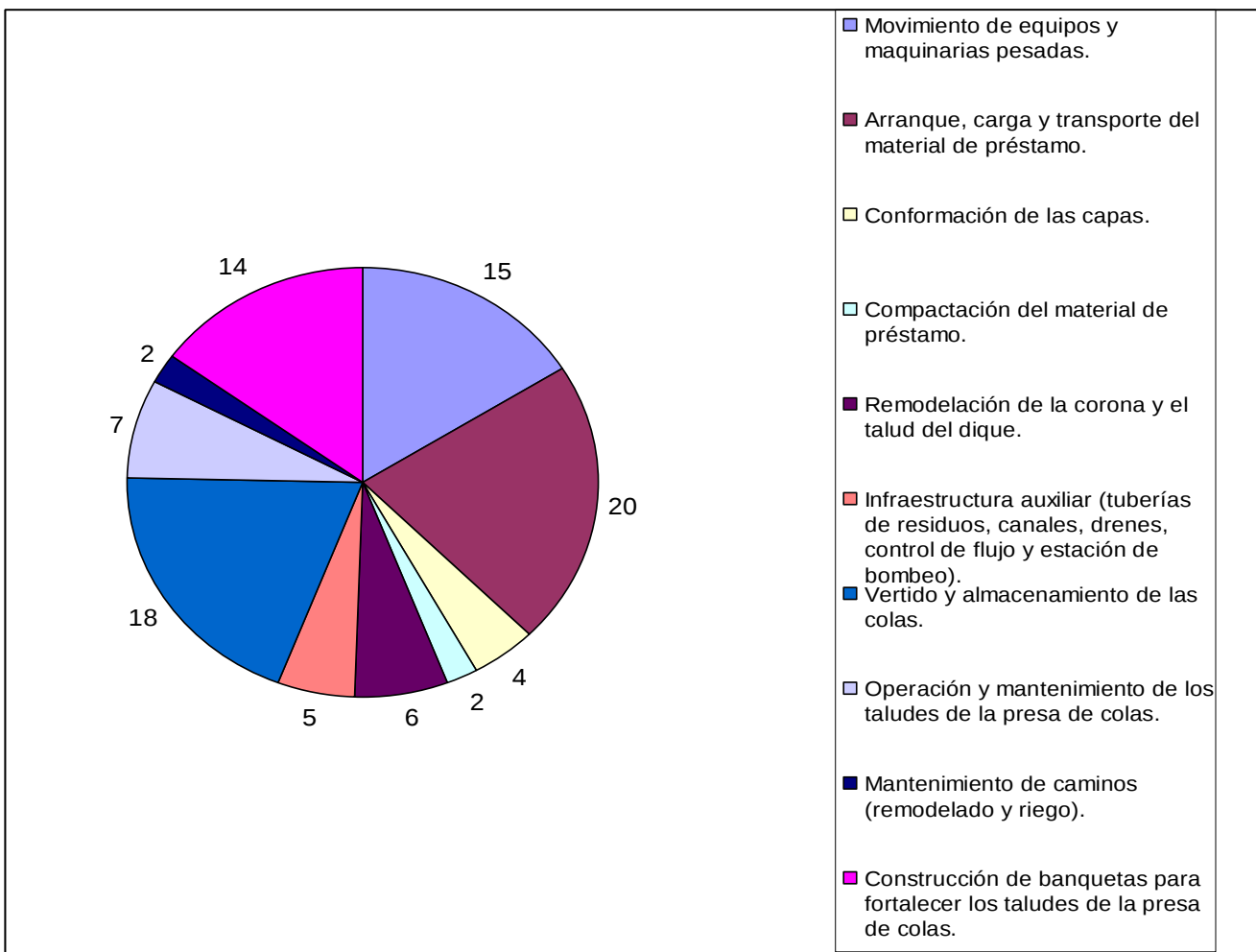


Trabajo de Diploma
Grisel Martínez Hernández



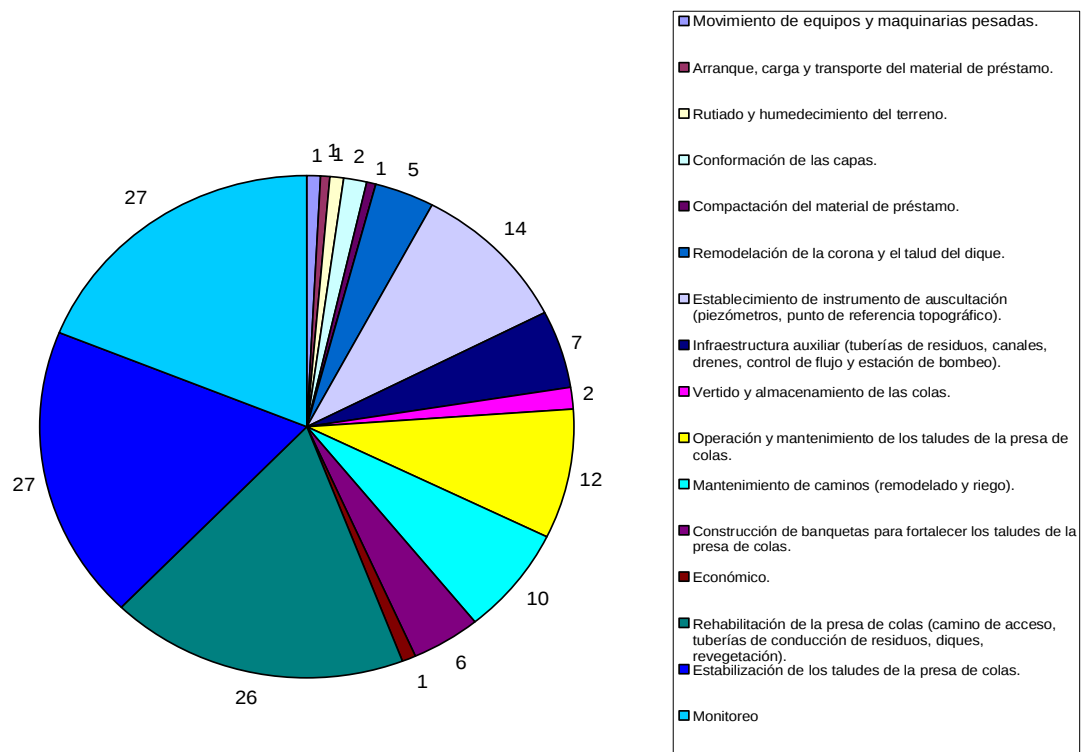
Anexo 1

Impactos negativos por acciones.



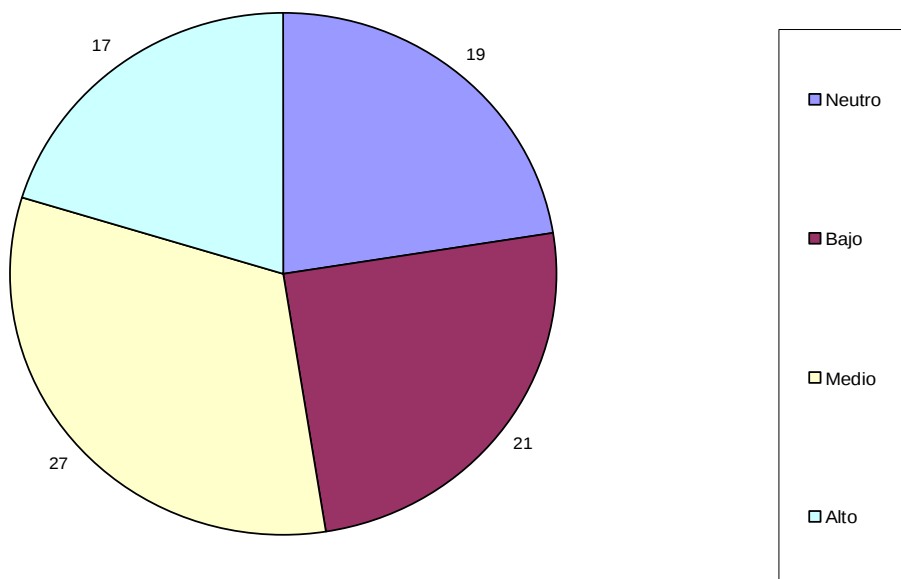
Anexo 2

Impactos positivos por acciones



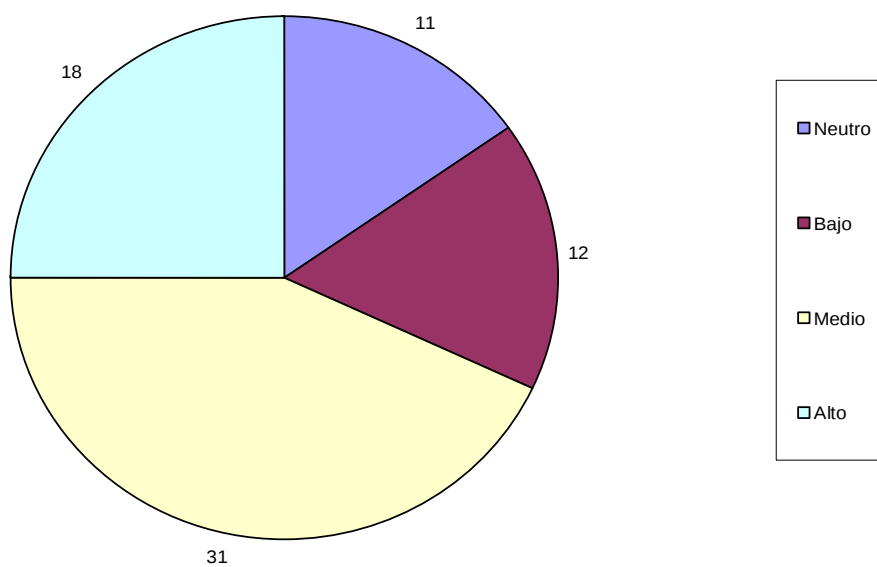
Anexo 3

Significancia de los Impactos Evaluados en la etapa de Levantamiento de diques



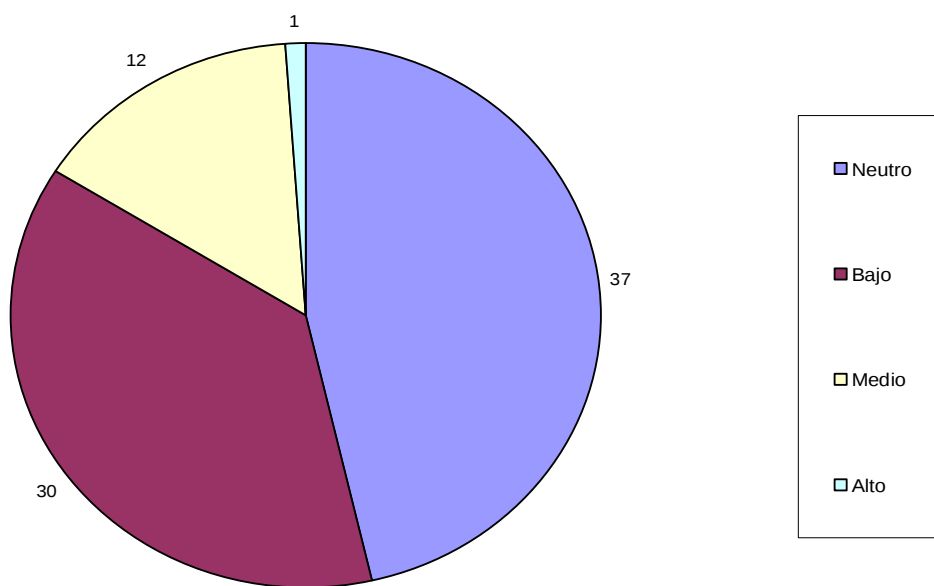
Anexo 4

Significancia de los Impactos Evaluados en la etapa de operación de la presa de colas



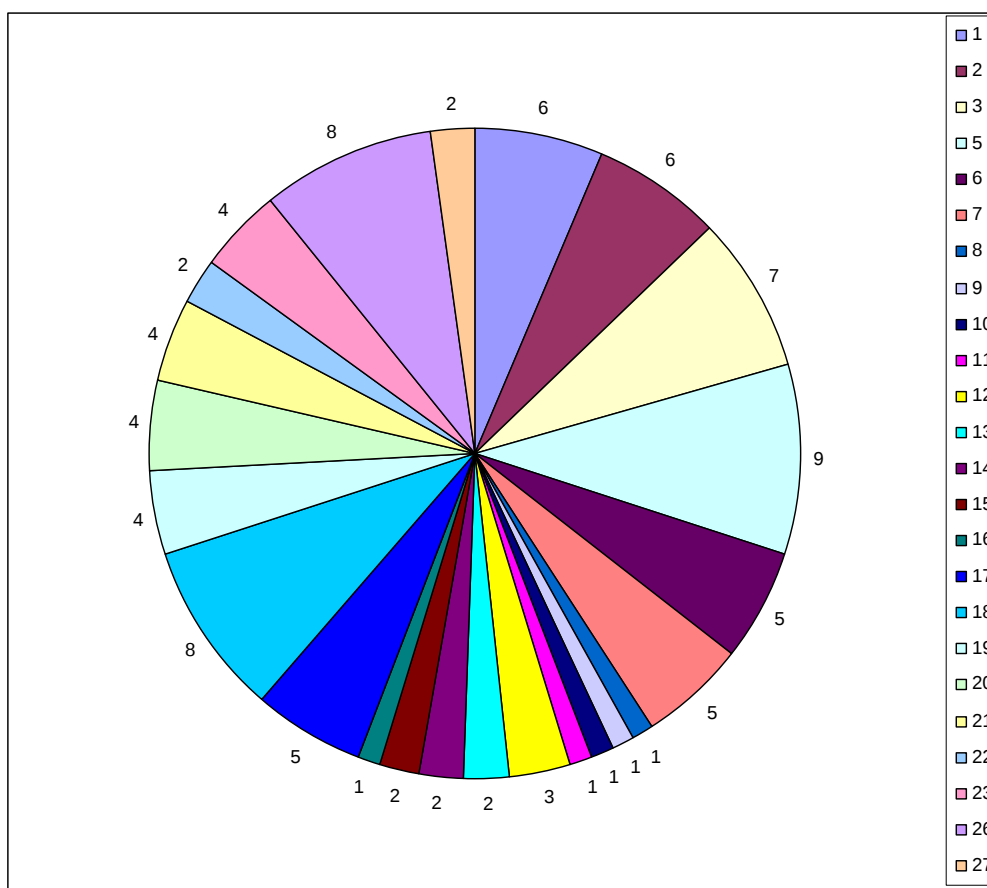
Anexo 5

**Significancia de los Impactos Evaluados en la etapa de cierre de la presa de
colas**



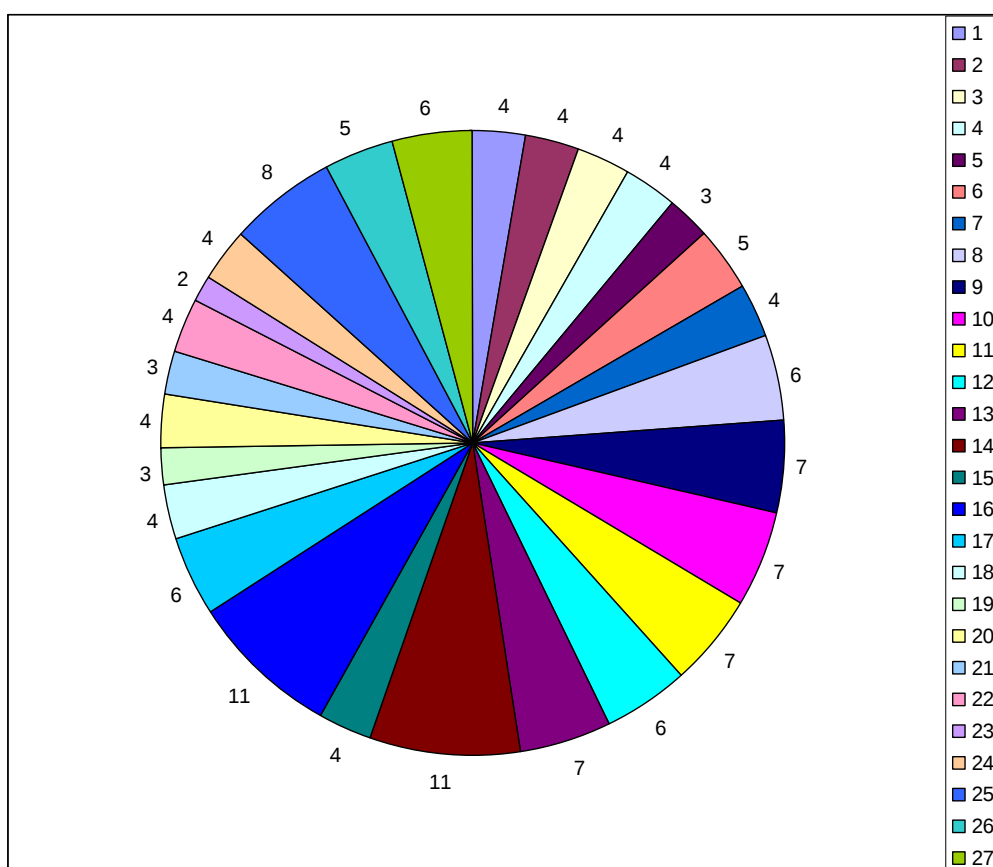
Anexo 6

Impactos negativos que inciden sobre los factores ambientales.



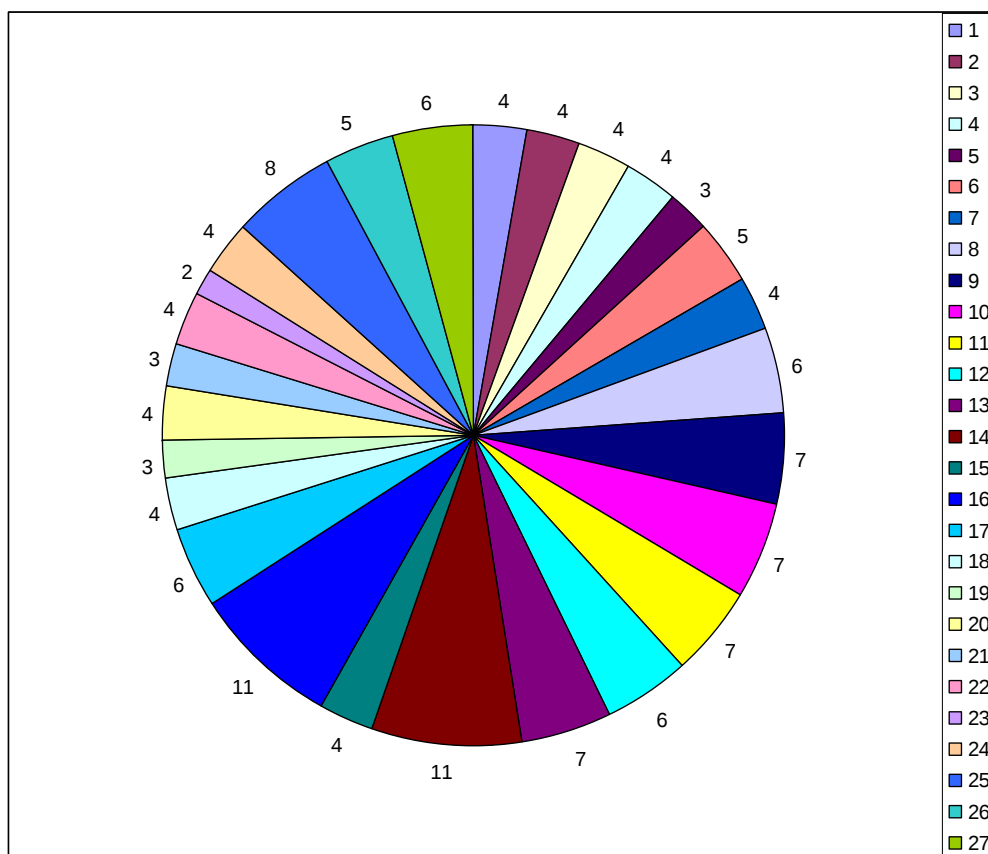
Anexo 7

Impactos positivos que inciden sobre los factores ambientales.



Anexo 8

Impactos totales que inciden sobre los factores ambientales





Trabajo de Diploma
Grisel Martínez Hernández

