

**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**

TESIS:

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MINADO PARA MEJORAR
LA PRODUCTIVIDAD EN LA CANTERA EL GAVILÁN, AL
SUR ESTE DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2017**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE MINAS**

**Presentada por el Bachiller:
GUEVARA BERCERA, JONATHAN**

Cajamarca – Perú

- 2017-

DEDICATORIA:

A Dios que ilumina mi camino en todo momento y me da salud y fuerza para salir adelante.

A María Natividad y Alex Duver mis padres; a mi hermano Emerson y a mi novia Mayra que han sido mi soporte en los momentos más difíciles y me apoyaron de una u otra manera en todo momento y hacer realidad todos mis sueños y cumplir mis metas trazadas y objetivos.

Jonathan

AGRADECIMIENTO

Le doy gracias a Dios por sus bendiciones, por permitirme llegar a este momento tan esperado, ha sido su voluntad que me ha hecho alcanzar este objetivo en el momento propicio.

A la Universidad Alas Peruanas y a todos los docentes de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura por su enseñanza y buenos consejos inculcándonos para ser cada día mejores personas en la vida.

A mis padres, a mi hermano y a mi novia, por su persistencia, apoyo y preocupación, quienes me dieron el empuje para seguir con la culminación del presente trabajo y obtener el Título Profesional de Ingeniería de Minas.

Jonathan

RESUMEN

El presente trabajo de investigación propone un plan de minado para mejorar la productividad en la cantera El Gavilán, ubicado al sur este de la ciudad de Cajamarca, 2017. Ejecutado desde el 15 de enero al 15 de abril del 2017. En el cual se logró proponer la mejora del plan de minado en la cantera El Gavilán, al sur este de la ciudad de Cajamarca, el cual permite incrementar la productividad de la cantera en un 22% durante el año 2007 (11%) y el año 2017 (33%).

Así como también se identificó los factores que contribuyen positivamente son la dureza de la roca: RQD (59% y 66%) y la obtención de materia prima de buena y regular calidad (RMR); por lo que los factores que afectan negativamente a la productividad de la cantera son el alto porcentaje de fracturamiento y la presencia de factores ambientales. Localizando el nivel de productividad antes de proponer el plan de minado en la cantera El Gavilán, era de 2097.6\$/día y el nivel de productividad después de proponer el plan de minado en la cantera El Gavilán, es de 2718 \$/día; esto implica que la productividad se incrementó en un 621\$/día.

Palabras claves: Productividad, producción, índice, costos, plan de minado, método de minado, maquinaria, herramientas, cantera.

ABSTRAC

The present research work proposes a mine plan to improve productivity in the El Gavilán quarry, located south of Cajamarca, in 2017. Executed from January 15 to April 15, 2017. In which it was achieved To propose the improvement of the mining plan at the El Gavilán quarry, in the south east of the city of Cajamarca, which will increase the productivity of the quarry by 22% in 2007 (11%) and in 2017 (33%).

As well as the factors that contribute positively are the hardness of the rock: RQD (59% and 66%) and the obtaining of good and regular quality raw material (RMR); So the factors that negatively affect the productivity of the quarry are the high percentage of fracturing and the presence of environmental factors. Locating the level of productivity before proposing the mine plan at the El Gavilán quarry was \$ 2097.6 / day and the productivity level after proposing the mine plan at the El Gavilán quarry is \$ 2718 / day; This implies that productivity increased by \$ 621 / day.

Key words: Productivity, production, index, costs, mining plan, mining method, machinery, tools, quarry.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis profesional basada en la propuesta de un plan de minado para mejorar la productividad en la cantera El Gavilán, al sur este de la ciudad de Cajamarca 2017, presenta el siguiente objetivo general de la presente investigación el cual es proponer un plan de minado para mejorar la productividad en la cantera El Gavilán, al sur este de la ciudad de Cajamarca, 2017.

Para lo cual presenta el siguiente problema principal ¿Cómo aplicar un plan de minado para mejorar la productividad en la cantera El Gavilán, al sur este de la ciudad de Cajamarca, 2017?

Esta investigación se justifica de la siguiente manera; en Cajamarca, en la cantera denominada El Gavilán, ubicada al sur este de la ciudad de Cajamarca, al costado derecho de la carretera Cajamarca Pacasmayo, no cuentan con un plan de minado adecuado, los empresarios aplican tecnología rudimentaria desde un pico, palana hasta pólvora y maquinaria de diferente orden, para extraer granito grueso y fino, constituido por gravas, gradillas y arenas en forma angular que durante su explotación altera el terreno, lo que presume la pérdida transitoria de la capa vegetal deteriorando el medio ambiente. Por lo que el trabajo de investigación consistirá en implementar un plan de minado adecuado durante la operación de la explotación y será corregido durante la fase de restauración de los terrenos con la finalidad de que no represente un peligro latente para los moradores de la zona, y que mejore la estabilidad física del suelo a corto plazo, que reduciría los costos económicos para la empresa explotadora de dicha cantera.

Los resultados del presente estudio dedican esta información a los trabajos de investigación ya realizados de una propuesta de un plan de minado para la mejora de la productividad en todos los trabajos de explotación en la cantera.

Así mismo consta de tres capítulos: **Primer Capítulo**; contiene la descripción de la realidad problemática, delimitación de la investigación, delimitación espacial, delimitación social, delimitación temporal, delimitación conceptual, problema principal, problemas secundarios, objetivo general, objetivos específicos, justificación, importancia, limitaciones. **Segundo Capítulo**; incluye antecedentes del problema, bases teóricas y definición de términos básicos. **Tercer Capítulo**; Se desarrollan los resultados del trabajo de investigación, Análisis estadístico y Análisis e interpretación de resultados. Finalmente las Conclusiones, Recomendaciones, Referencias bibliográficas, Anexos y Matriz de consistencia.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
CARÁTULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
INTRODUCCIÓN	vi

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1	Descripción de la realidad problemática	1
1.2	Delimitaciones de la investigación	3
1.2.1.	Delimitación espacial	3
1.2.2.	Delimitación social	3
1.2.3.	Delimitación temporal	3
1.2.4.	Delimitación conceptual	4
1.3	Problemas de investigación	4
1.3.1.	Problema principal	4
1.3.2.	Problemas secundarios	4
1.4	Objetivos de la investigación	5
1.4.1.	Objetivo general	5
1.4.2.	Objetivos específicos	5
1.5	Hipótesis y variables de la investigación	6
1.5.1.	Hipótesis General	6
1.5.2.	Hipótesis secundarias	6
1.5.3.	Variables de la investigación	6
1.6.	Metodología de la investigación	7

1.6.1. Tipo y nivel de investigación	7
a. Tipo de investigación	7
b. Nivel de investigación	8
1.6.2. Método y diseño de la investigación	8
a. Método de Investigación	8
b. Diseño de investigación	8
1.6.3. Población y muestra de la investigación	8
1.8.1. Población	8
1.8.2. Muestra	8
1.6.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	9
a. Técnicas	9
b. Instrumentos	9
1.6.5. Justificación e importancia de la investigación	9
a. Justificación	9
b. Importancia	11
c. Limitaciones	12
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de la investigación	13
2.2. Bases teóricas	16
2.3. Definición de términos básicos	50
CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	
3.1. Análisis de tablas y gráficos	54
Conclusiones	114
Recomendaciones	115
Fuentes de información	116
Anexos	117

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Operacionalización de variables	07
Tabla 2. Muestra de estudio	09
Tabla 3. Objetivos de la Planificación	17
Tabla 4. Objetivos de la planificación	18
Tabla 5. Preguntas básicas de un planeamiento	19
Tabla 6. Clase de trincheras	29
Tabla 7. Clase de dinamitas	32
Tabla 8. Clase de Emulsiones	34
Tabla 9. Clase de Anfos Pesados	34
Tabla 10. Clasificación del RMR	37
Tabla 11. Parámetros de Rock	37
Tabla 12. Clases del RMR	37
Tabla 13. Rango de valores del RMR	38
Tabla 14. Coordenadas de la cantera El Gavilán	55
Tabla 15. Factores geométricos del Yacimiento	75
Tabla 16. Factores operativos del diseño del Yacimiento	79
Tabla 17. Coordenadas de la Estación 1	86
Tabla 18. Valoración de discontinuidades	87
Tabla 19. Valoración de Macizo Rocoso - Estratos (Fam. 1)	88
Tabla 20. Valoración de Macizo Rocoso – Diaclasas (Fam. 2)	89
Tabla 21. Valoración de Macizo Rocoso – Diaclasas (Fam. 3)	90
Tabla 22. Coordenadas de la Estación 2	90
Tabla 23. Valoración de Discontinuidades E1	91
Tabla 24. Valoración de Macizo Rocoso RMR – Estratos (Fam. 2)	92
Tabla 25. Valoración de macizo rocoso RMR - Diaclasas 1 (Fam. 2)	93
Tabla 26. Valoración de macizo rocoso RMR - Diaclasas 2 (Fam. 3)	94
Tabla 27. Clasificación de material El Gavilán	95
Tabla 28. Calculo de volumen a extraer	100
Tabla 29. Calculo de volumen de Botadero	100
Tabla 30. Calculo de Capacidad de Botadero	103
Tabla 31. Costos de mano de Obra – Cantera El Gavilán	104
Tabla 32. Costos de Equipos Vehículos y Herramientas	104
Tabla 33. Costo de implementos de seguridad	105
Tabla 34. Gastos generales y administrativos	106
Tabla 35. Seguros y derechos de concesión	106
Tabla 36. Seguros y derechos de concesión	107
Tabla 37. Producción Total	107
Tabla 38. Costos unitarios – producción	108
Tabla 39. Calculo de la productividad del material agregado	109
Tabla 40. Estadística de incremento de producción	110

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ciclo de Minado	20
Figura 2. Salida de material para agregado - cantera El Gavilán	21
Figura 3. Explotación de una cantera	22
Figura 4. Explotación de una cantera por bancos	23
Figura 5. Elementos de un banco	24
Figura 6. Plataforma de Trabajo	24
Figura 7. Talud del banco	25
Figura 8. Angulo de talud del banco	25
Figura 9. Altura de la cantera	26
Figura 10. Altura del banco	26
Figura 11. Angulo de extinción de la cantera	27
Figura 12. Angulo de extinción de la cantera (1)	28
Figura 13. Clasificación del material	29
Figura 14. Borde de seguridad	30
Figura 15. Borde de seguridad	31
Figura 16. Gases producidos por la voladura	31
Figura 17. Dimensionamiento de sistemas y técnicas de drenaje	47
Figura 18. Plano de drenaje de la Cantera El Gavilán	49
Figura 19. Cantera El Gavilán	58
Figura 20. Columna estratigráfica	60
Figura 21. Suelos superficiales y pedregosos	61
Figura 22. Suelos de rocas areniscas	62
Figura 23. Vertientes de montaña	63
Figura 24. Fondos de valle	64
Figura 25. Fondos de cuenca	65
Figura 26. Altura de banco – Cantera El Gavilán	67
Figura 27. Calicata – Cantera El Gavilán	68
Figura 28. Clasificación del material primario	71
Figura 29. Transporte de material	72
Figura 30. Organigrama – Cantera El Gavilán	73
Figura 31. Almacenamiento de material grueso	74
Figura 32. Selección vertical de explotación con talud	81
Figura 33. Selección vertical de explotación con talud	81
Figura 34. Discontinuidad de macizo rocoso	82

Figura 35. Meteorización de la roca	83
Figura 36. Coloración blanquecina de la roca	84
Figura 37. Grado de meteorización de la roca	84
Figura 38. Clasificación de la resistencia del macizo rocoso	85
Figura 39. Orientación de las discontinuidades	86
Figura 40. Macizo rocoso de la Estación 1	87
Figura 41. Macizo Rocosos de la Estación 2	91
Figura 42. Índices productivos - 2017	97
Figura 43. Producción / día – Cantera El Gavilán	98
Figura 44. Producción / mes – Cantera El Gavilán	98
Figura 45. Producción / año de la cantera	99
Figura 46. Producción / mes de la cantera	101
Figura 47. Estadísticas de productividad – 2017 – Después	110
Figura 48. Índice de productividad de la cantera	111
Figura 49. Índice de productividad – 2017-DESPUÉS	112
Figura 50. Incremento de productividad Después 2017	113

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1. Descripción de la realidad problemática

La planificación de la explotación de canteras es evaluada y analizada teniendo en cuenta la información cualitativa y cuantitativa a fin de garantizar el desarrollo de una explotación sostenible del material identificado en las rocas. En la actualidad la demanda de los materiales de construcción está teniendo un gran auge, por lo que muchos empresarios optan por aperturar canteras para la explotación de estos materiales debido al crecimiento poblacional de la ciudad de Cajamarca, por lo que el desarrollo de un plan de minado ha venido siendo deficiente. Según los informes del MEM, se estima que de 30 planeamientos de minado el 4% son aprobados y de 40 a 10% son declarados improcedentes dado que a la vez no se actualizan.

Para realizar una actividad productiva en una cantera que aflora en la superficie, es necesario proponer un plan de minado programado y planificado en las operaciones de explotación, en forma controlada que no afecte el medio ambiente y que no produzca inestabilidad debido a la actividad extractiva de materiales de construcción que puedan afectar a las estructuras aledañas, sino más bien que origine rentabilidad económica para la empresa, sobre todo cuando es a cielo abierto por método de extracción mecánica.

Según el Ministerio de Energía y Minas del Perú, la estadística de accidentes mortales en el sector minero por explotación a cielo abierto es de 28 accidentes durante el año 2015, el cual es considerado de 4.31% de accidentes en todo el año.

Las explotaciones mineras a cielo abierto se desarrollan en un 35% en los alrededores de la ciudad de Cajamarca y en un 65% en las provincias y distritos de la ciudad. Según datos estadísticos de la MEM, señalan que un 75% de los pequeños productores por no estimar los costos ni la productividad de sus empresas o factores de diseño, entre otros, han generado pérdidas considerables y daños ambientales durante la explotación de canteras en la ciudad de Cajamarca.

En Cajamarca, en la cantera el Gavilán, ubicada al sur este de la provincia de Cajamarca, se extrae la roca de manera inadecuada sin contar con diseños estratégicos, lo que ha venido originando que se acceda al mercado una baja calidad de ley y hace que el negocio para la cantera el Gavilán no sea rentable, la cual cuenta con un bajo índice en productividad diaria, mensual y anual.

En la cantera El Gavilán, no se ejecuta una buena operación de explotación, por lo que no se emplea estrategias que se adapten al tipo de actividad que desarrollan, donde se ha venido trabajando de manera acelerada para abastecer al mercado, siendo esta de menor en cantidad y en calidad, que en el futuro generaría pérdida económica para la empresa minera no metálica, por lo que no cuenta con un buen estudio geomecánico. Por efecto de la extracción informal que se realiza tiende a producir deslizamientos de bancos por lo que hacen que el material sea menor cantidad y calidad; por lo que también tiende a ser un riesgo para los colaboradores y maquinaria en dicha cantera.

En este contexto, la presente tesis profesional se encaminó en proponer un plan de minado óptimo, para mejorar la productividad de la cantera El Gavilán y determinar las características físicas y mecánicas del macizo por lo que surge la necesidad de implementar un plan de minado óptimo, donde se cumpla con las expectativas acorde con el Decreto Supremo N° 024-2016-EM del Ministerio de Energía y Minas, que norma todas las actividades para la Explotación de Materiales No Metálicos y el trabajo sea eficiente para la empresa, la protección del medio ambiente y la seguridad de los colaboradores, así como no cause inestabilidad física del suelo e incremento de costos para las empresas ni afecta las estructuras aledañas de Huayllapampa, Aylambo Alto, Bajo y Cruz Blanca.

1.2. Delimitaciones de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial.

La presente tesis profesional se ejecutó al sur este de la ciudad de Cajamarca, carretera Cajamarca - Pacasmayo, en el Km 11, donde se encuentra la cantera “El Gavilán”.

1.2.2. Delimitación social

El grupo social objeto de estudio estuvo delimitado por todas las canteras ubicadas en el lado sur este de la ciudad de Cajamarca, carretera Cajamarca - Pacasmayo, y por los centros poblado de Pariamarca, Cruz blanca y Aylambo, durante el año 2017.

1.2.3. Delimitación temporal

La presente tesis profesional se realizó desde el 15 de enero al 15 de abril de 2017.

1.2.4. Delimitación conceptual

Para la propuesta del plan de minado que según la cantera es una explotación superficial de una roca bien clasificada y cuantificada. El planeamiento de minado es un plan que identifica el origen, la calidad de material a explotar, así como también las estrategias, tiempos y recursos requeridos para la materialización de lo programado y la mejora de la productividad. También es la relación entre la producción obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción. Se utilizó los métodos de explotación de canteras; como la explotación a cielo abierto, tomando en cuenta la descripción, explicación e interpretación de las estructuras y la eficacia del cumplimiento del Decreto Supremo N° 024-2016-EM del Ministerio de Energía y Minas el cual norma todas las actividades y procedimientos para la Explotación de Minerales No Metálicos.

1.3. Problemas de investigación

1.3.1. Problema principal

- ¿Cómo aplicar un plan de minado para mejorar la productividad en la cantera El Gavilán, al sur este de la ciudad de Cajamarca, 2017?

1.3.2. Problema secundarios

- ¿Cuáles son los factores que afectan la productividad en la cantera El Gavilán, al sur este de la ciudad de Cajamarca, 2017?

- ¿Cuál es el nivel de productividad antes de proponer el plan de minado en la cantera El Gavilán, al sur este de la ciudad de Cajamarca, 2017?
- ¿Cuál es el nivel de productividad después de proponer el plan de minado en la cantera El Gavilán, al sur este de la ciudad de Cajamarca, 2017?

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

- Proponer un plan de minado para mejorar la productividad en la cantera El Gavilán, al sur este de la ciudad de Cajamarca, 2017.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar los factores que afectan la productividad en la cantera El Gavilán, al sur este de la ciudad de Cajamarca, 2017.
- Determinar el nivel de productividad antes de proponer el plan de minado en la cantera El Gavilán, al sur este de la ciudad de Cajamarca, 2017.
- Determinar el nivel de productividad después de proponer el plan de minado en la cantera El Gavilán, al sur este de la ciudad de Cajamarca, 2017.

1.5. Hipótesis y variables de la investigación

1.5.1. Hipótesis general

- La propuesta de un plan minado influye significativamente en un 100% en la mejora de la productividad en la cantera El Gavilán, al sur este de la ciudad de Cajamarca.

1.5.2. Hipótesis secundarias

- El nivel de productividad antes de proponer el plan de minando es deficiente en la cantera El Gavilán, al sur este de la ciudad de Cajamarca.
- El nivel de productividad después de proponer el plan de minando mejora significativamente en un 75% en la cantera El Gavilán, al sur este de la ciudad de Cajamarca.

1.5.3. Variables

a) Variable independiente: Plan de minado.

b) Variable dependiente: Productividad en la cantera El Gavilán, al sur este de la ciudad de Cajamarca.

1.5.4. Operacionalización de las variables de la investigación

Tabla 1: Operacionalización de las variables de investigación

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICA
V.I: Plan de minado	Conjunto de actividades para controlar la extracción de mineral.	Operación óptima del minado.	Tipo de yacimiento.	Registro de datos
			Formación del macizo rocoso.	
			Dureza del macizo.	
			Fracturamiento del macizo rocoso.	
			Factores climáticos.	
			Inclinación del banco. Estaciones geomecánicas.	
V.D: Mejora de la Productividad de la Cantera el Gavilán	Es la relación entre la producción obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción en la empresa.	Planeamiento a corto plazo	1 año.	Guía de observación
		Planeamiento a mediano plazo	2 a 3 años.	
		Producción a largo plazo.	Producción por día 225 tn/día.	
		Índice de productividad.		
		Costo unitario.	Producción mensual	
		Costo de maquinaria.	Producción anual	
		Costo de Ganancia.	Cálculos geométricos.	
		Eficiencia del plan de minado ejecutado.	Incremento de ganancia en %.	

Fuente: Elaboración propia, 2017.

1.6. Metodología de la investigación

1.6.1. Tipo y nivel de Investigación

a. Tipo de investigación

En cuanto al tipo de investigación es aplicada, por lo que se ejecuta el análisis de operaciones en una cantera El Gavilán de producción directa e indirecta, consistió en la observación, descripción y análisis de datos obtenidos en campo mediante el cartografiado geológico que definen el tipo de yacimiento.

b. Nivel de investigación

La presente investigación es descriptiva - explicativa, porque describen fenómenos en su circunstancia real del trabajo en una cantera al sur de Cajamarca, en un tiempo y en un área geográfica determinada. Desde el punto de vista cognoscitivo su finalidad es describir variables en estudio.

1.6.2. Método y diseño de la investigación

a. Método de la investigación

El método que se utilizó en la presente tesis profesional fue deductivo.

b. Diseño de la investigación

Según el diseño de investigación fue Transversal.

1.6.3. Población y muestra de la investigación

a. Población

Establecida la población por todas las canteras ubicadas al sur este de la ciudad de Cajamarca, durante el año 2017.

b. Muestra

La muestra fueron todas las mediciones de los afloramientos dentro de la cantera El Gavilán en dos estaciones geomecánicas puntuales.

Ubicada a sur este de la ciudad de Cajamarca, durante el 15 de enero al 15 de abril de 2017.

Tabla 2: Muestra cantera el Gavilán

Cantera El Gavilán		
Predio	Zonas	Punto de muestreo
E ₁	Z ₁	A1 – 10
		A1 – 30
		A3 – 50
E ₂	Z ₂	A1 – 10
		A1 – 30
		A3 – 50

Fuente: Elaboración propia, 2017.

1.6.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

a. Técnicas

Para la recolección de la información, las técnicas empleadas serán: Observación Directa para identificar el área, estudio del terreno, reportes de equipos, Matriz, Iperc y encuestas.

b. Instrumentos

Los instrumentos a emplearse para la elaboración del presente estudio serán: una guía de observación in situ, contrastada con los datos históricos de la empresa y una encuesta.

1.6.5. Justificación, importancia y limitaciones de la investigación

a. Justificación

La importancia de la presente tesis profesional, establece que en la actualidad la actividad de explotación de minerales no metálicos como la explotación de canteras, en una actividad extractiva de gran auge, por lo que muchos empresarios optan por aperturar canteras en la ciudad de Cajamarca, debido al crecimiento poblacional de la ciudad y a la demanda de materiales de construcción, para una mejora de calidad de vida. En Perú el 16% de las concesiones mineras otorgadas conciernen a minerales no metálicos, destacando por su número las regiones de Piura, Cajamarca, La Libertad, Ancash, Lima, Junín, Ica, Arequipa, Cusco y Puno (Ingement, 2014).

El presente proyecto de investigación, justifica que la elaboración de un plan de minado mejoraría la productividad con gran eficacia en la cantera denominada El Gavilán, ubicada al sur este de la ciudad de Cajamarca, al costado derecho de la carretera Cajamarca Pacasmayo, por lo que no se explotan con un plan de minado adecuado y eficiente, sino que los empresarios aplican tecnología variada desde un pico, palana hasta pólvora y maquinaria de diferente orden, para extraer granito grueso y fino, debido a que no se aplican factores o herramientas ingenieriles que permitan producir un alto % de incremento de productividad en beneficio para la empresa minera no metálica.

Por lo que el trabajo de investigación consistió en proponer un plan de minado adecuado para identificar el control de la

producción, avances en el minado y tiempos. En cuanto a los controles operativos se realizó el control de la producción en campo, lo cual se plasmó en trabajos de equipos de carguío transporte así como también insumos para el incremento de los recursos económicos de una forma más organizada durante la operación de la explotación y será corregido durante la fase de restauración de los terrenos con la finalidad de que no represente un peligro latente para los moradores de la zona, y que mejore la estabilidad física del suelo a corto plazo, que reduciría los costos económicos de la empresa explotadora de la cantera.

Los resultados permitirán proponer un plan de minado para mejorar la productividad de la cantera El Gavilán, de tal manera que no perjudique el medio ambiente y que esté regido por el Decreto Supremo N° 024-2016-EM del Ministerio de Energía y Minas, que norma todas las actividades para la Explotación de Materiales No Metálicos y el trabajo sea en beneficio para la empresa encargada de la explotación de la cantera.

Además, los aportes del presente trabajo de investigación servirán de guía para otros investigadores interesados en el tema para mejorar la productividad en las canteras en todo el departamento de Cajamarca.

b. Importancia

La importancia del presente trabajo de investigación se orienta a proponer un plan de minado adecuado para mejorar la productividad de material de explotación y proyectar la vida de la cantera a lo largo del tiempo.

c. Limitaciones

En el desarrollo del presente trabajo de investigación se consideró las siguientes limitaciones:

- Falta de taludes.
- Horario concreto de trabajo en la cantera.
- El mal tiempo climático, factor lluvia, evita el trabajo.
- No cuenta con una disponibilidad máxima de equipos, pues no se pueden plantear estrategias operativas.
- Los moradores no brindan información del malestar que causa la cantera.
- No se cuenta con un software de simulación de minado para realizar las pruebas correspondientes y determinar el factor de error de la planificación.
- La realización de un plan de minado, menos detallado se realiza en un tiempo no menor de un año, pues es necesario evaluar las operaciones anuales para obtener un indicador exacto.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

En España, en la Universidad de Alcalá en la Tesis “Ecología de laderas restauradas de la minería a cielo abierto: interacciones ecohidrológicas”. Se concluyó que un umbral de volumen de escorrentía circulante que determina el predominio del control abiótico de las interrelaciones ecohidrológicas (por parte de la hidrología) o del control biótico del agua (por parte de la vegetación). El control biótico del agua aumenta según disminuye la escorrentía por el efecto de las manchas de matorral de *Genista scorpius*, que crea islas de intensa actividad hidrológica. El volumen de escorrentía que discurre por la ladera controla la "diversidad hidrológica". Cuando el volumen de escorrentía aumenta, la diversidad hidrológica disminuye, desarrollando comportamientos hidrológicos muy contrastados. (Merino, 2010).

En Perú, en la Universidad Nacional de San Martín de Tarapoto, en la Tesis “EIA, de Extracción de caliza, minería artesanal no metálica, en zona de amortiguamiento bosque de protección Alto Mayo, Rioja –2010”. Se concluyó que la metodología utilizada por el Titular Concesionario, específica como resultado final de la valoración y evaluación de los impactos ambientales potenciales que ocasionará el proyecto un valor de 0.6 de acuerdo a la Tabla Escalar utilizada lo que indica un nivel de

impacto de Óptimo bajo. De propuesta de evaluación ambiental aplicado al proyecto minero. La propuesta de medidas de mitigación, control y prevención I, están orientados principalmente a la recuperación del paisaje en concordancia con los objetivos especificados en el Plan Maestro de la Zona de Amortiguamiento de Bosque de Protección Alto Mayo - BPAM, para lo cual se tomarán las medidas pertinentes en las etapas de construcción y operación principalmente; del análisis realizado se determina que la ejecución del proyecto, cumple en parte con los requisitos y consideraciones técnicas presentados en las operaciones de extracción minera artesanal no metálica de acuerdo al Título III: Acuerdos y Contratos de Explotación. (Fuente: D.S. N° 013-2002-EM 21/04/02), debiendo reformular los criterios de evaluación ambiental con la finalidad de establecer medidas para minimizar los impactos negativos que se pueda generar producto de la intervención tal como lo determina la norma. (Delgado, 2011)

En Perú, en la Universidad Nacional de Piura, Facultad de Ingeniería de Minas en la Tesis “Optimización del sistema de minado empleando Raise Boring para reducir los costos en el tajeo 270 de la zona Jimena – Cía. Minera Raura SA.” Se concluyó que el relleno del tajeo empleando el actual sistema de minado de explotación por Corte y Relleno ascendente con Rampa positiva demora 17.92 horas, dependiendo si existe desmonte disponible del frente de la rampa, con la primera alternativa “Minado con corte y relleno ascendente mecanizado con material detrítico a través de una chimenea RB” demora 11.0 horas; además se descarta la segunda alternativa propuesta de “Minado con corte y relleno ascendente mecanizado con relleno hidráulico a través de una chimenea RB” por lo que demora 20.4 horas debido a que la altura debido a que tiene que emplearse una densidad del relleno hidráulico muy baja para que pueda recorrer los más de 3 km. y subir los 490 m. que hay entre el punto de bombeo y en punto donde se ubican las chimeneas Raise Boring. La ventilación en el tajeo 270 es deficiente debido a que no se tiene un circuito de ventilación definido, y la evacuación de los gases de la

voladura es muy lenta, por lo cual el personal que trabaja en la labor retrasa su ingreso, llegando a registrarse 6 horas netas operativas en promedio en una guardia de 10 horas. (García, 2010)

En Piura, en la Universidad Nacional de Piura, en la Tesis “Optimización del sistema de minado empleando Raise Boring para reducir los costos en el tajeo 270 de la Zona Jimena – CIA Minera Raura SA”; se concluyó que un buen plan de minado por Corte y Relleno ascendente con Rampa positiva demora 17.92 horas, dependiendo si existe desmante disponible del frente de la rampa, con la primera alternativa “Minado con corte y relleno ascendente mecanizado con material detrítico a través de una chimenea RB” demora 11.0 horas; además se descarta la segunda alternativa propuesta de “Minado con corte y relleno ascendente mecanizado con relleno hidráulico a través de una chimenea RB” por lo que demora 20.4 horas debido a que la altura debido a que tiene que emplearse una densidad del relleno hidráulico muy baja para que pueda recorrer los más de 3 km. y subir los 490 m. que hay entre el punto de bombeo y en punto donde se ubican las chimeneas Raise Boring.. (Gonzales, 2010).

En Huánuco, en la Universidad de Huánuco, en la Tesis “Plan de minado para desarrollar actividades de Explotación Minería Categoría I – Empresa Minera Sánchez S.A.”; se concluyó que el ciclo total en la etapa de producción es tiene un rendimiento de 10.13 TMH/maq.-día, considerando las tres máquinas a emplear, se proyecta una producción diaria de 30.40 TMH/día. Se trabajará 26 días/mes, la producción mensual se proyecta en: 790.40 TMH/mes La producción anual será de: 9,848.80 TMH/año. Se construirá en un mediano plazo al culminar las labores en el cruce, de acuerdo a la norma existirá un refugio cada 50 metros, abastecido para casos de siniestro, el personal tenga dónde aislarse y quede provisto de aire, agua potable y un sistema de comunicación adecuado para facilitar su salvataje. (Sánchez, 2010)

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Elementos de un plan de minado

a. Plan de Minado

Velásquez Mastretta: “Planear es definir los objetivos determinar los mejores medios para alcanzarlos. Es analizar los problemas en forma anticipada, planeando posibles soluciones e indicando los pasos necesarios para llegar eficientemente a los objetivos que la solución elegida señala. Planeamiento implica examinar el futuro, tratar de cuantificar y calificar el riesgo, la incertidumbre y prepararse para hacer frente a los problemas que se derivan”

El Plan de minado es un proceso de toma de decisiones, y se deben considerar los siguientes aspectos fundamentales:

- El Plan de minado es una toma de decisiones por anticipado. Es el proceso que determina que hacer y cómo hacerlo, antes de que se requiera la acción.
- El Plan de minado es un sistema de decisiones que surge cuando el estado futuro que se desea alcanzar implica un conjunto de decisiones interrelacionados.
- El Plan de minado es un proceso que se dirige a producir un estado que se desea y que no puede alcanzarse a menos que antes se emprenda la acción correcta.

b. Objetivos de la Planificación

El Planeamiento de Minado es una actividad orientada al futuro, cuyo propósito es proyectar la vida de una mina a lo largo del tiempo; no solo en una dirección, si no buscando nuevos caminos y adaptando su existencia a la de los sistemas actuales y se expresa a través de los siguientes objetivos:

Tabla 3. Objetivos de la Planificación

N°	Objetivo	características
1	Servir de fuerza impulsora de la actividad minera	Servir de fuerza impulsora de la actividad minera trazando el camino a seguir, en las operaciones en cada uno de los subsistemas de la Mina.
2	Regular adaptar el sistema a su medio.	El Planeamiento de Minado y el control debe formar como el regulador que permite adaptar el sistema a su medio, dentro de los márgenes que le son exigidos para mantener su equilibrio correcto.
3	Coordinar la acción de los miembros de la Mina en el cumplimiento de las funciones	El Planeamiento de Minado debe coordinar la acción de los miembros de la Mina en el cumplimiento de las funciones empresariales de producción, finanzas, comercialización, mantenimiento, personal, comunicaciones, etc.

Fuente: (Delgado, 2011).

c. Ciclo de planeamiento de minado

El ciclo del Planeamiento de Minado está constituido por etapas que hay que determinar para establecer un plan, llevarlo a la práctica y controlarlo. Estas etapas son:

Tabla 4. Objetivos de la Planificación

ETAPAS DEL CICLO DE PLANEAMIENTO DE MINADO				
ESTABLECIMIENTO DE PREDICIONES				
Es la realización de estudios preliminares basados en análisis estadísticos para descubrir variaciones del medio ambiente y en la empresa, en periodos de tiempo que considere el horizonte del planeamiento.	Informaciones de mercado.	Cuyas fuentes, son consideradas como nuevos precios, nuevos sustitutos, nuevos mercados, incremento de competencia, nuevos usos y aplicabilidad del producto.		
	Informaciones económicas.	Básicamente relacionadas con las utilidades, pérdidas, intereses, financiación de fondos, agencias financieras, tipos de cambio, políticas de prestaciones, etc.		
	Informaciones Técnicas.	Como adelantos técnicos en equipos, maquinarias en operación, nuevos métodos de explotación, nuevos métodos de planeamiento, programación y control, etc.		
	Informaciones Sociales.	Relacionados con problemas sociales, laborales, sindicales, bienestar del trabajador, relaciones con la comunidad, etc.		
	Informaciones Políticas	Política internacional, nacional, institucional o interna de la empresa, etc.		
	Informaciones del medio interno	Evolución de la rotación del personal. Tendencias de los costos de producción. Tendencias de los costos generales. Evolución de la capacidad de reacción de la empresa. Análisis de su capacidad de creación e innovación.		
ESPECIFICACIÓN PREVIA DE LOS OBJETIVOS				
Se debe especificar los objetivos esperados. Estos objetivos, se trazan en tres niveles.	Nivel Jerárquico	Directorio	Logística	Unidad Minera
	Nivel de Objetivos	Política Estratégico	1 a 5 años	Técnico
	Periodo del Plan	Más de 5 años	Gestión de las Operaciones	Hasta 1 año
	Actividad que se Planifico	Gobierno y fines de la empresa gerencia	Operaciones	Ejecución de las operaciones
ESTABLECER LÍNEAS DE ACCIÓN ALTERNATIVOS				
Los objetivos especificados en el paso anterior, pueden lograrse siguiendo diversos caminos que constituyen las alternativas más posibles en orden de prioridad y ventajas técnico-económicas.				
ELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA POSIBLE				
Determinada las diferentes alternativas, es necesario evaluarlas mediante el empleo de elementos intelectuales y/o técnicas modernas. Luego se toma la decisión sobre la utilización de una de las alternativas más convenientes.				
ESPECIFICACIÓN Y ASIGNACIÓN DE OBJETIVOS				
Si se tiene la alternativa que sugiere el proceso de planificación, los objetivos que se derivan de la decisión tomada, deben ser plasmadas de modo concreto, especificando los tiempos, asignando los recursos, los responsables en los diferentes niveles jerárquicos, etc., los que se traducen en metas y cuotas concretas.				
INCORPORACIÓN AL SISTEMA DE CONTROL				
La planificación cumple su objetivo sugiriendo la acción de la empresa. El conjunto Sistema Planificación-Sistema de Control, regulan las acciones del sistema total. Todo PLAN, debe contemplar cierta flexibilidad; y sobre todo una adaptabilidad a las circunstancias reales en concordancia con los objetivos logrados.				

Fuente: Plan de minado (Delgado, 2011).

d. Programación y control en planeamiento de minado

Es una función posterior al proceso de planificación y consiste en determinar cuándo se efectuará cada tarea o actividad; permite fijar con precisión la fecha de inicio y estimar la fecha de terminación de las actividades o de todo el proyecto.

La programación, tiene tres parámetros principales: **Cantidad, Calidad, y Tiempo**; a la programación, también se le conoce como la cronogramación de las actividades. Una de las técnicas más conocidas y alcance de todos es el:

Tabla 5. Ocho preguntas básicas de un planeamiento 2017

PROGRAMACION Y CONTROL EN PLANEAMIENTO DE MINADO			
PROGRAMACION	PARAMETROS PRINCIPALES	TECNICAS	IMPERFECCIONES DE LOS PLANES
Consiste en determinar cuándo se efectuara cada tarea o actividad; permite fijar con precisión la fecha de inicio y estimar la fecha de terminación de las actividades o de todo el proyecto.	Cuidar que sus planes se cumplan.	DIAGRAMA DE GANTT;	Las acciones que se describe no son las recomendables
	Distribuir económicamente la utilización de sus recursos.	CPM	Las acciones descritas no son las factibles debido a restricciones físicas que se ha pasado por desapercibido.
EL CONTROL EN EL PLANEAMIENTO DE MINA			CARÁCTERISTICA
El Control ha existido siempre en toda Empresa Minera desde el momento en que éstas han nacido para cumplir algún objetivo		Sistema de producción mina y control de operaciones	La interactividad del planeamiento, la programación como fase final o resumen del proceso de planeamiento. Teniendo conocimiento de la programación, es posible organizarse y ejecutar las operaciones en estrecha coordinación con todos los departamentos relacionados a la producción.
		Objetivos del control	
		Alcances del control	
		Clases de control	

Fuente: (Delgado, 2011).

2.2.2. Ciclo del Minado

El ciclo de minado de operaciones de explotación, considera las siguientes operaciones unitarias: Desbroce, perforación, voladura, limpieza, carguío y transporte de desmonte y beneficio de mineral, para el método de explotación de Explotación por banqueo, y se tiene en cuenta las siguientes características:

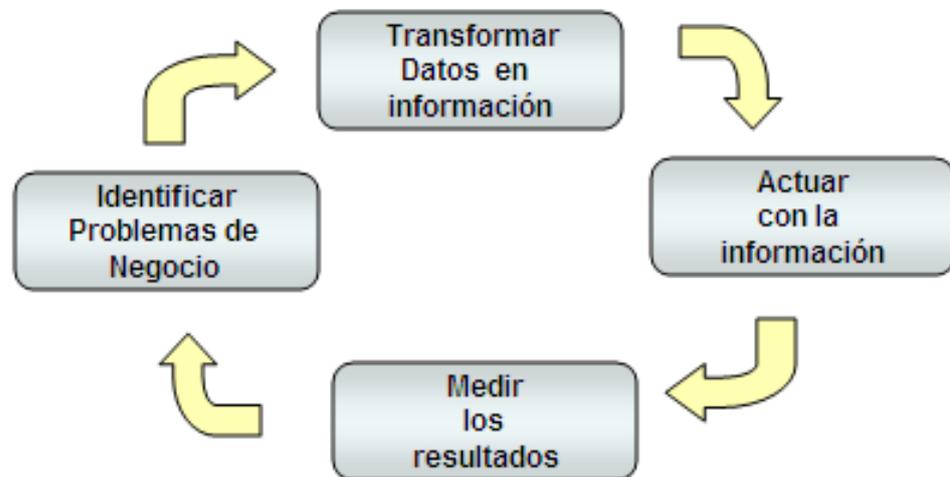


Figura 1. Ciclo del Minado.
Fuente: Chávez, 2013.

Perforación. De acuerdo a una simulación programada se establece el tipo y capacidad del equipo de perforación lo que dará como resultado la flota óptima para dicha etapa productiva.

Voladura. Se establece estándares para cálculos rápidos y establecer consumos de explosivos en función al radio de voladura y factor de carga. El propósito de la voladura es convertir una gran masa de roca en varios tamaños más pequeños, capaces de ser movidos o excavados por equipos. Para llevar a cabo este proceso, existen dos factores importantes a considerar:

- Fragmentación de la roca.
- Movimiento de la roca.

Carguío. Se establece la capacidad y tipo de equipo en función a la producción definida y frentes de explotación de acuerdo al tipo de material por extraer.

Acarreo. La flota es determinada mediante una simulación combinada con el equipo de carguío para establecer el equilibrio óptimo de carguío/ acarreo.

Operaciones Auxiliares. Se establece de acuerdo a la simulación que tiene como base los equipos de carguío, rutas de vías frentes operativos y otros que definirán las flotas óptimas de: tractores, cisternas, retroexcavadores, motoniveladoras.

Maquinarias y equipos para un Plan de Minado. Las maquinarias y equipos para el Plan de Minado.



Figura 2. Salida de material para agregado cantera El Gavilán.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

2.2.3. Métodos de explotación de una cantera

Una cantera es un depósito enriquecido de material no metálico, es el conjunto de labores que se llevan a cabo con la finalidad de explotar el material útil y recuperar las rocas duras para clasificarlas y transformarlas en arena, ripio, molones, material de base y sub base, etc. este vocablo etimológicamente viene del sustantivo “canto” y del sufijo “era” que asigna el sitio, lugar, paraje.

Es un lugar donde las rocas se separan de sus lechos naturales y se prepara para su utilización en construcciones. Existen canteras a cielo abierto y subterráneo.



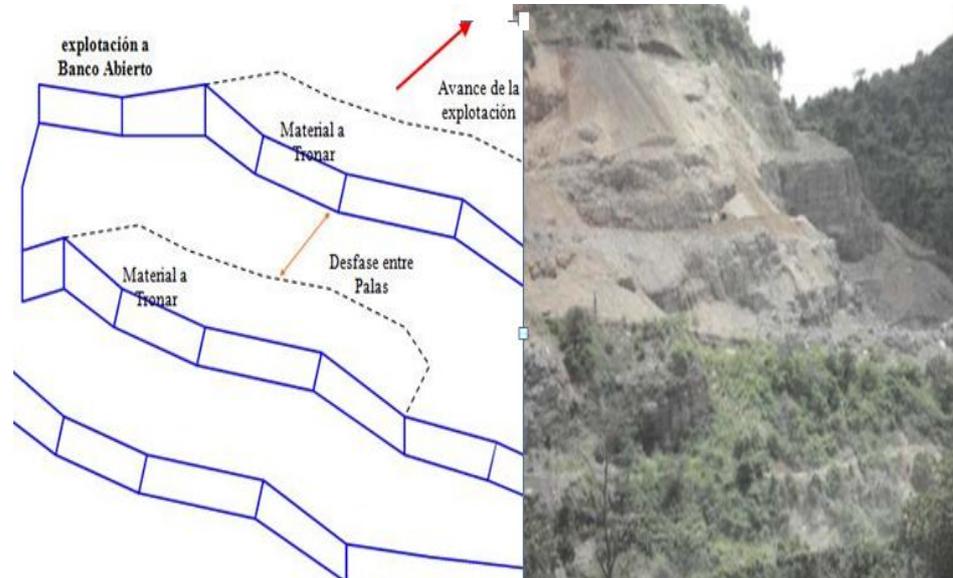
Figura 3. Explotación de una cantera de cerro.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

a. Explotación de una cantera

Para explotar una cantera se analiza la pendiente, el depósito de material calcáreo, se divide en capas horizontales, con la finalidad de explotar varias capas (Bancos¹) simultáneamente.

¹ **Banco:** Capas horizontales de la cantera.

Figura 4. Explotación de una cantera por bancos.
Fuente: (UNC, 2011).



Después de analizar la pendiente de una cantera y la superficie de cobertura, se tiene que identifican los elementos de la cantera, así como también los elementos de un banco, que se adjuntan a continuación en las siguientes figuras. (Ver Figura 4 y Figura 5)

b. Elementos de un banco

Es el escalón o unidad de explotación sobre la que se desarrolla el trabajo de extracción en las minas a cielo abierto en que se divide una explotación a cielo abierto para facilitar el trabajo de los equipos de perforación, cargue y transporte.

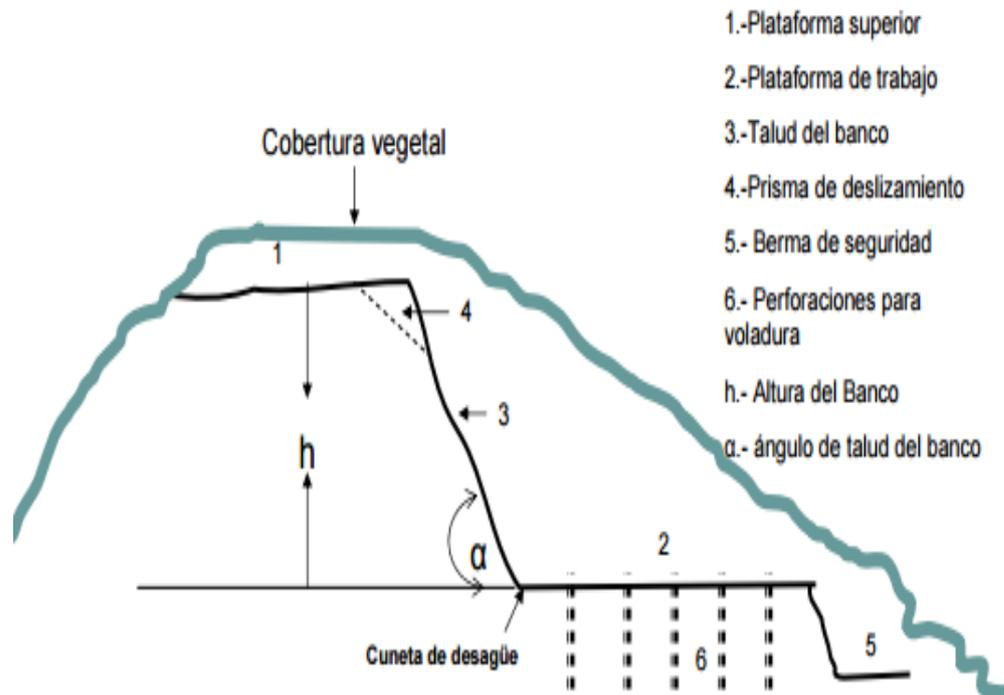


Figura 5. Elementos de un Banco.
Fuente: (UNC, 2011).

Plataforma de trabajo. Se denomina así a la superficie horizontal limitada por la altura del banco.

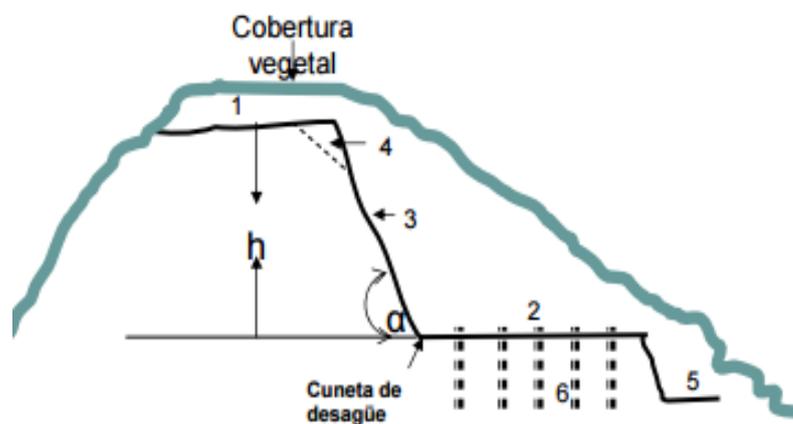


Figura 6. Plataforma de trabajo.
Fuente: Chávez, 2013.

Talud del Banco. Se denomina así a la superficie inclinada del banco delimitada por el un lado con el espacio explotado y por el otro por las planta superior e inferior.

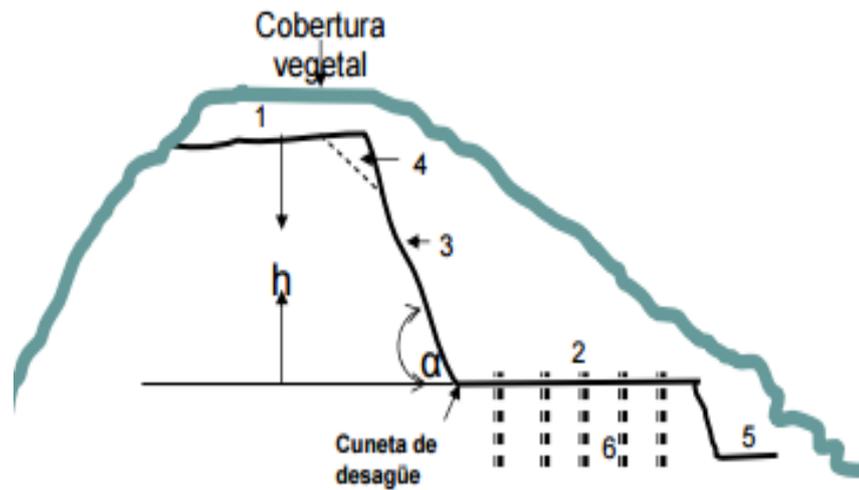


Figura 7. Talud del Banco
Fuente: (UNC, 2011).

Ángulo de talud del Banco. Es el ángulo que forma el talud del banco con el plano horizontal.

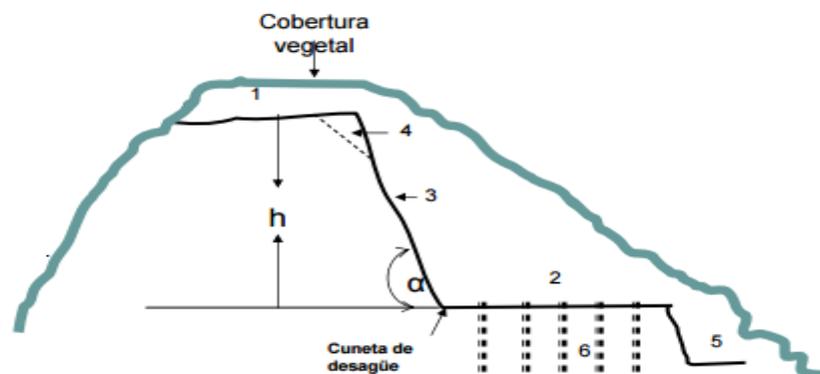


Figura 8. Angulo de talud del Banco
Fuente: (UNC, 2011).

Altura de la cantera (H): Es la distancia vertical comprendida entre la superficie de cobertura y el fondo de la misma.

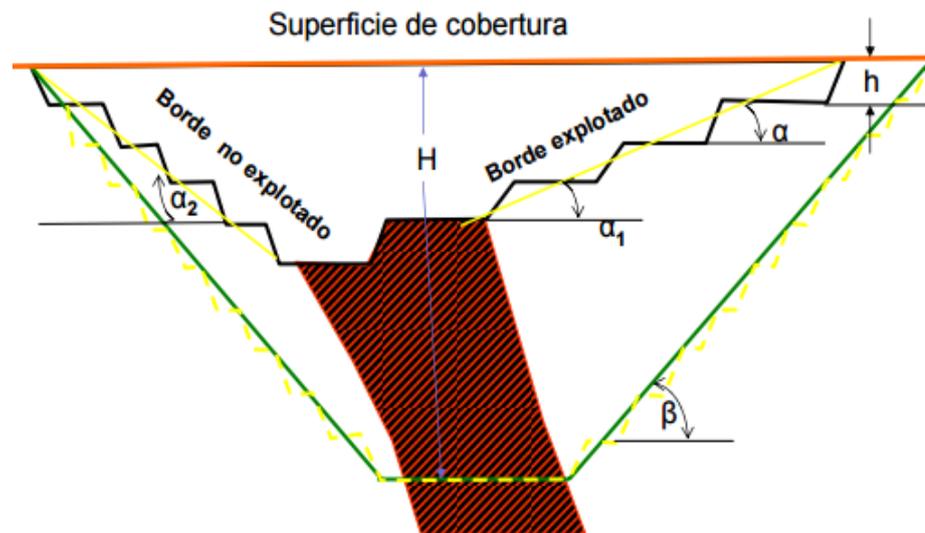


Figura 9. Altura de la cantera (H)
Fuente: (UNC, 2011).

Altura del Banco (H): Es la distancia vertical comprendida entre la plataforma superior e inferior.

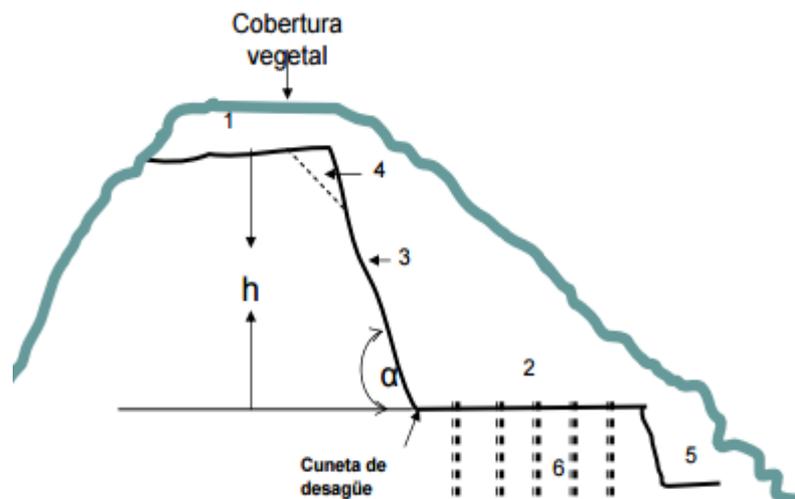


Figura 10. Altura del Banco (H)
Fuente: (UNC, 2011).

Extinción de la Cantera (β): Angulo formado por la línea de borde de extinción respecto al plano horizontal. Toma en cuenta la profundidad máxima de la cantera”.

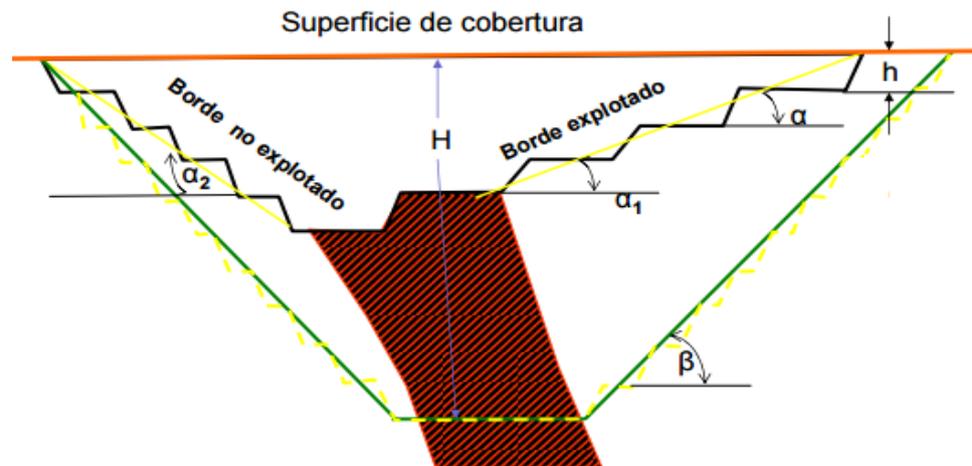


Figura 11. Ángulo de Extinción de la Cantera (β)
Fuente: (UNC, 2011).

2.2.7. Fases de la explotación a cielo abierto

Para la explotación de una mina a cielo abierto, es necesario excavar, con medios mecánicos o con explosivos, los terrenos que recubren o rodean la formación geológica que forma el yacimiento y desarrolla las siguientes fases:

Destape. Es la actividad que permite retirar todo el material de sobrecarga y dejar el material útil listo para que sea arrancado por cualquiera de los medios, sea por perforación o voladura (Rocas duras), o mediante retroexcavadora, buldózer con ripper (Rocas suaves). El destape se efectuará excavando trincheras de acceso (caminos en la cantera). Los parámetros básicos de una trinchera son:

- Largo
- Anchura de fondo Pendiente
- Ángulo de talud,
- Equipo de excavación

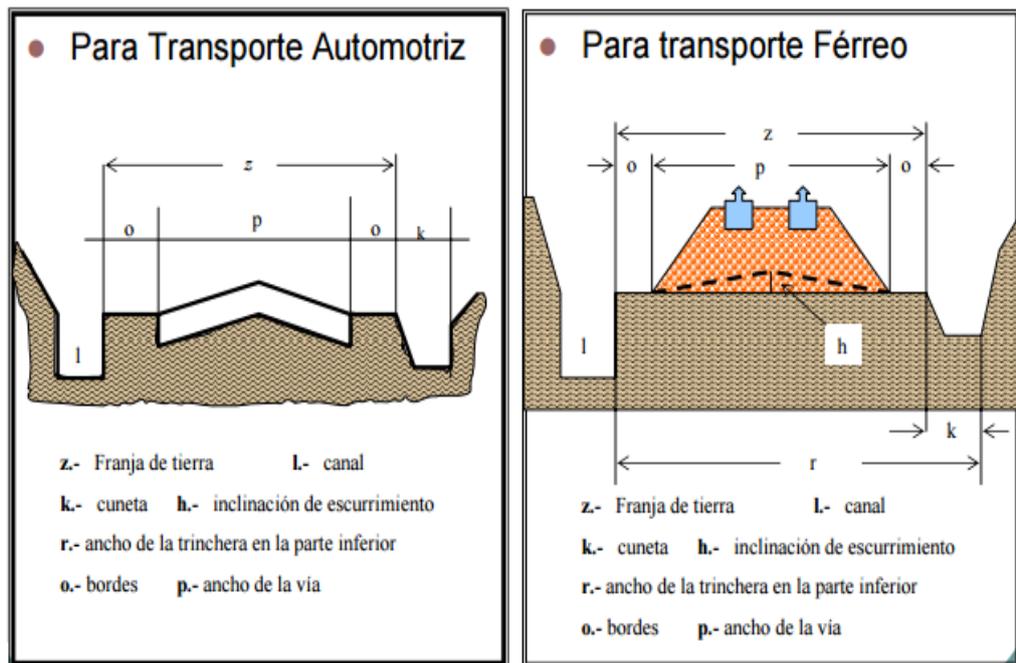


Figura 12. Ángulo de Extinción de la Cantera
Fuente: (UNC, 2011).

Arranque. Se procede a la perforación de Bancos con la ayuda de máquinas de perforación y proceder a la voladura con el uso de explosivos.

Tabla 6. Clase de trincheras.
Fuente: Elaboración propia 2017.

Clases de trinchera	característica	Rocas suaves
Malla de Disparo:	Consiste en caso de rocas duras, proceder a la perforación de Bancos descendente s con la ayuda de máquinas de perforación y proceder a la voladura con el uso de explosivos.	Manera directa
Voladura	Consiste en caso de rocas duras, proceder a la perforación de Bancos descendente s con la ayuda de máquinas de perforación y proceder a la voladura con el uso de explosivos.	Manera directa
Quebrado	Como efecto de la voladura, se obtiene material fragmentado en pedazos que se los puede cargar y transportar en volquetes hasta la fase de trituración.	Manera directa

Transporte interno. El material heterogéneo dispuesto en la plataforma de trabajo, con la ayuda de la retrocargadora, es alimentado a los camiones, los cuales llevan hasta la zaranda, que se encuentra ubicada fuera o dentro del área de la concesión, para su respectiva clasificación.



Figura 13: Clasificación del material.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Clasificación. El material que ha sido quebrado mediante voladura es llevado a un proceso de chancado donde se obtendrán los diferentes productos como: ripio, arena, chispa, etc, para la comercialización. El material suave obtenido de laboreo mediante excavadora es llevado hasta zarandas estacionarias en las cuales se obtienen los diferentes productos como: arena fina, arena gruesa y posteriormente serán comercializados.



Figura 14. Borde de Seguridad.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Comercialización. Los diferentes tipos de productos que se han preparado en la cantera son comercializados en función de las necesidades del consumidor, para lo cual empresas que no tienen relación con los titulares mineros se encargan de comercializar. Ocasionalmente los titulares disponen de volquetes y comercializan directamente. (Lezama, 1991)

Escombreras. Es el lugar en el cual se deposita de manera temporal o definitiva el suelo de cobertura o se deposita el material que no ha sido considerado útil o comercializable.



Figura 15. Borde de Seguridad.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

2.2.8. Particularidades de los explosivos.

Explosivo. Composición o mezcla de dos sustancias, una explosiva y otra no-explosiva. Son dos sustancias, una oxidante, y otra reductora. Cuando un cartucho explota los gases son aproximadamente 10.000 veces el volumen inicial del cartucho.

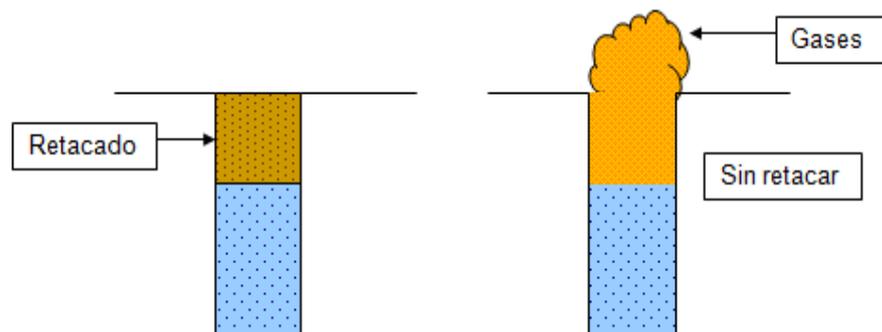


Figura 16. Gases producidos por reacción de voladura.
Fuente: (Lezama, 1991).

a. Características generales de los explosivos

Las características básicas son las siguientes: Estabilidad química, Sensibilidad, Velocidad de detonación, Potencia explosiva, Densidad de encartuchado, Resistencia al agua, Humos. (Lezama, 1991). Para elegir el adecuado en cada aplicación. Dividiremos los explosivos comerciales en dos grandes grupos:

Explosivos con nitroglicerina. Son sin duda los más potentes de los dos. Esta cualidad no es siempre la mejor, ya que en ocasiones se prefieren explosivos menos potentes, con el fin de conseguir una granulometría grande, necesitan mejores condiciones de almacenamiento.

Explosivos sin nitroglicerina. Son más seguros, algo más inestables y de una potencia apreciable como:

- **Dinamitas.** Se entiende como tales aquellas mezclas sensibles al detonador entre cuyos ingredientes contienen nitroglicerina.

Tabla 7. Clases de dinamitas.

Fuente: (Lezama, 1991).

CLASES DE DINAMITA	CARACTERÍSTICAS	INDICATIVOS
AMONGELATINA 60%	Es una dinamita amoniaca, de alta eficiencia para romper rocas tenaces y de gran dureza.	Dinamita amoniaca,
TRONEX PLUS	Es una dinamita de tipo semigelatina, Especialmente diseñada para trabajos de superficie y faenas subterráneas (excepto minas de carbón).	Dinamita de tipo semigelatina.
SOFTTRON	Es un explosivo de bajo poder rompedor, especialmente diseñado para trabajos de voladura controlada.	Explosivo de bajo poder rompedor
PERMICARB	La dinamita permisible PERMICARB ha sido formulada. especialmente para ser usada en la minería del carbón	Dinamita permisible PERMICARB
SAMSONITA	Es una dinamita de seguridad para la minería del carbón; es una dinamita pulverulenta de bajo poder rompedor.	Dinamita permisible PERMICARB

- **Agente explosivo de baja densidad. (anfo, nagolitas):** Se conocen con el nombre de explosivos polvulentos, siendo conocidos en España como nagolitas. Es un explosivo con unas características individuales malas, es el más utilizado hoy en día en minas a cielo abierto.
- **Emulsiones:** Sistema que contiene dos fases líquidas naturalmente inmiscibles entre sí, una de las cuales es dispersa como pequeñas gotas dentro de la otra.

Tipos de emulsiones:

- Emulsiones de Pequeño Diámetro (Emulex, Enaline)
- Emulsiones Diámetro Intermedio (Emultex E, Blastex)
- Emulsiones Gran Diámetro (Emultex, Blendex)

Propiedades principales

- Son altamente seguras a la fricción, impacto y fuego.
- Son muy resistentes al agua.
- Dependiendo de la consistencia pueden ser bombeadas.

Tabla 8. Clases de Emulsiones.

CLASES DE EMULSIONES	CARACTERÍSTICAS	INDICATIVOS
EMULEX®	Es una emulsión explosiva envasada de diámetro pequeño, sensible al fulminante N° 8, diseñada para un amplio rango de aplicaciones en tronaduras.	ANFO PREMIUN es un agente de tronadura
EMULEX CN®	Es una emulsión explosiva envasada de diámetro pequeño, sensible al fulminante N° 8, diseñada especialmente para cargar con disparador neumático de cartuchos.	Emulsión explosiva
ENALINE®	Emulsión explosiva envasada de diámetro pequeño, especial para trabajos de pre-corte en minería a cielo abierto y tiene aplicaciones en tronadura controlada de minería.	Emulsión explosiva
BLASTEX®	Es una emulsión explosiva envasada de diámetro intermedio, no sensible al fulminante N° 8, especialmente diseñada para cargar en diámetros intermedios en faenas con abundante agua donde no es posible desaguar o cargar en forma mecanizada. Consistencia rígida por tener cera parafínica.	Emulsión explosiva

Fuente: (Lezama, 1991)

- **Anfos pesados vaciables:** Son tipos de explosivos pesados **BLENDEX® S** Anfo Pesado Vaciable Sensibilizado agente de tronadura a granel para perforaciones de diámetros sobre 5½ pulgadas, fabricado en base a una mezcla anfo/emulsión, sensibilizada al momento del mezclado y carguío en las perforaciones.

Tabla 9. Clases de Anfos Pesados.

Clases - Anfos pesados	Características	Indicativos
BLENDEX® S Anfo Pesado Vaciable Sensibilizado	Se carga en forma mecanizada con equipos mezcladores móviles (camión fábrica tipo Auger o Quadra), cuando el volumen de consumo así lo justifica y se recomienda para perforaciones secas.	Anfo pesados Vaciables
BLENDEX®	AL Anfos Pesados Vaciables Aluminizados son mezclas de emulsión y anfo, que contienen aluminio en su formulación.	Apoyados por equipos desagüadores,
BLENDEX® ANFOS PESADOS VACIABLES	Serie BLENDEX, es una mezcla de Emulsión y Anfo, que reúne las principales propiedades de ambos componentes.	Voladuras de superficie

Fuente: (Lezama, 1991).

2.2.4. Clasificaciones geomecánicas

a. Índice de calidad de las rocas (RQD)

Se basa en la recuperación modificada de un testigo (El porcentaje de la recuperación del testigo de un sondeo). El cual depende del número de fracturas y del grado de la alteración del macizo rocoso, se cuenta solamente fragmentos iguales o superiores a 100 mm de longitud y el diámetro del testigo tiene que ser igual o superior a 57.4 mm y tiene que ser perforado con un doble tubo de extracción de testigo.

b. Clasificación de Bieniawski (RMR)

El sistema de clasificación RMR o Rock Mass Rating fue desarrollado por Z.T. Bieniawski durante los años 1972- 1973, y modificado posteriormente en 1976 y 1979, en base a más de 300 casos reales de túneles, cavernas, taludes y cimentaciones. Actualmente se usa la edición de 1989, que coincide esencialmente con la de 1979.

Para determinar el índice RMR de calidad de la roca se hace uso de los seis parámetros del terreno siguientes:

- La resistencia a compresión simple de la matriz rocosa.
- El RQD (Rock Quality Designation) Grado de fracturación del macizo rocoso.
- El espaciamiento de las discontinuidades
- Condiciones de las discontinuidades el cual consiste en considerar los siguientes parámetros:
 - Abertura de las caras de la discontinuidad.
 - Continuidad o persistencia de la discontinuidad.

- Rugosidad.
- Alteración de la discontinuidad.
- Relleno de las discontinuidades.

La presencia de agua en un macizo rocoso, el agua tiene gran influencia sobre su comportamiento, la descripción utilizada para este criterio es: completamente seco, húmedo, agua a presión moderada y agua a presión fuerte.

La orientación de las discontinuidades, según sea para cimentaciones, túneles o taludes. El RMR se obtiene como suma de unas puntuaciones que corresponden a los valores de cada uno de los seis parámetros y oscila entre 0 y 100, y que es mayor cuanto mejor es la calidad de la roca. Bieniawski distingue cinco tipos o clases de roca según el valor del RMR:

Para obtener el Índice RMR de Bieniawski se realiza lo siguiente:

- Se suma los 5 variables o parámetros calculados, eso da como resultado un valor índice (RMR básico).
- El parámetro 6 que se refiere a la orientación de las discontinuidades respecto a la excavación. El valor del RMR varía entre 0 a 100.

Tabla 10. Clasificación de RMR (oscila entre 0 y 100):

Clase	Calidad de roca	RMR
I	Muy buena	81 – 100
II	Buena	61 – 80
III	Regular	41 – 60
IV	Mala	21 – 40
V	Muy mala	0 - 20

Fuente: Elaboración propia, 2017.

En función de la clase obtenida, se puede establecer una estimación de las características geotécnicas (ángulo y cohesión) y de su comportamiento frente a excavaciones.

Tabla 11. Parámetros del Rock

N°	Serie	Parámetros
1	Resistencia del material intacto	valor máximo = 15
2	R.Q.D.	valor máximo = 20
3	Distancia entre las discontinuidades	valor máximo = 20
4	Condición de las discontinuidades	valor máximo = 30
5	Agua subterránea	valor máximo = 15

Fuente: "Rock Mass Rating" Z. T. Bieniawski (1979).

$$\text{RMR} = (1) + (2) + (3) + (4) + (5)$$

Relación entre RMR y propiedades geomecánicas.

Tabla 12. Clases de RMR

CLASE	CALIDAD DE ROCA	RMR	COHESIÓN (KPA)	ANGULO DE FRICCIÓN (°)
I	Muy buena	81 – 100	> 400	> 45
II	Buena	61 – 80	300 – 400	35 – 45
III	Regular	41 – 60	200 – 300	25 – 35
IV	Mala	21 – 40	100 – 200	15 – 25
V	Muy mala	0 - 20	< 100	< 15

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Esta clasificación proporciona una estimación inicial de los parámetros del macizo rocoso a bajo costo y de manera sencilla, no obstante, debe ser considerada como una simplificación, ya que no tiene en cuenta otros aspectos como la deformabilidad del macizo y debe ser aplicada con criterio y en base al conocimiento y experiencia previa.

Tabla 13. Rango de valores del Rock Mass Rating (Bieniawski, 1979)
Fuente: “Rock Quality Designation” Deree et al. (1967)

A. CLASSIFICATION PARAMETERS AND THEIR RATINGS									
Parameter			Range of values						
1	Strength of intact rock material	Point-load strength index	>10 MPa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	For this low range - uniaxial compressive test is preferred		
		Uniaxial comp. strength	>250 MPa	100 - 250 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa	< 1 MPa
	Rating	15	12	7	4	2	1	0	
2	Drill core Quality RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%		
	Rating		20	17	13	8	3		
3	Spacing of discontinuities		> 2 m	0.6 - 2 . m	200 - 600 mm	60 - 200 mm	< 60 mm		
	Rating		20	15	10	8	5		
4	Condition of discontinuities (See E)		Very rough surfaces Not continuous No separation Unweathered wall rock	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Slightly weathered walls	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Highly weathered walls	Slickensided surfaces or Gouge < 5 mm thick or Separation 1-5 mm Continuous	Soft gouge >5 mm thick or Separation > 5 mm Continuous		
	Rating		30	25	20	10	0		
5	Ground water	Inflow per 10 m tunnel length (l/m)	None	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		(Joint water press)/ (Major principal σ)	0	< 0.1	0.1, - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
	General conditions		Completely dry	Damp	Wet	Dripping	Flowing		
	Rating		15	10	7	4	0		

Técnicas de planeamiento

En la actualidad las técnicas de planificación se disponen de una serie de técnicas de planeación como herramienta para los ejecutivos encargados de planificar; analizar; cuantificar y seleccionar alternativas. Para programar los planes, organizar los recursos y controlar la ejecución de los mismos existen las técnicas como: el diagrama de Gantt, técnicas CPM, PERT, PERT/COSTO, PERT/LOB y otros métodos avanzados de Ruta Crítica. Y otros como las técnicas para el control de producción, para el manejo de personal, o el CPM RESOURCES, etc.

2.2.5. Agregados

Es un material que puede tener diversos tamaños, texturas, formas, gradaciones; es decir diversas características físico - químicas. Los agregados provienen de canteras ya sea de río o de cerro. Llamados también áridos son materiales inertes que combinan con los aglomerantes y el agua formando los concretos y morteros. La importancia de los agregados radica en que constituyen al rededor del 75% en volumen de una mezcla típica de concreto, por ello es importante que los agregados tengan buena resistencia, durabilidad, que su superficie esté libre de impurezas como barro, limo y materia orgánica factores perjudiciales que debilitan el enlace con la pasta de cemento. (Lezama, 1991).

Clasificación de los agregados:

Por su gradación

Los agregados pueden ser naturales o artificiales, siendo los naturales de uso frecuente, además los agregados utilizados en el concreto se pueden clasificar en: agregado grueso, fino y hormigón (agregado global). (Lezama, 2003)

- **Agregado Fino:** Se considera como agregados finos a la arena o piedra natural finamente triturada, de dimensiones reducidas y que pasan el tamiz 9.5mm (3/8") y que cumple con los requerimientos establecidos en la Norma Técnica Peruana N.T.P. 400.037.
 - Arena fina.
 - Arena gruesa.

- **Agregado grueso:** Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz A.S.T.M. 4.75mm (N° 4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumplen con los límites establecidos en la N.T.P. 400.037. (Lezama, 2003)
 - **Grava.** Es el conjunto de fragmentos pequeños de piedra provenientes de la disgregación natural de las rocas por acción del viento y otros agentes atmosféricos. Las gravas tienen pesos específicos de 1600 a 1700 Kg/m³.
 - **Piedra partida.** Se denomina así al agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas o gravas, Como agregado grueso se puede usar cualquier clase de piedra partida siempre que sea dura y resistente.

2.2.8. Reglamentos.

El Decreto Legislativo N°1040, Ley N° 27651: Ley de Formalización y Promoción de la Pequeña Minería y la Minería Artesanal - 2008: La pequeña minería y la minería artesanal comprenden las labores de extracción y recuperación de sustancias metálicas, no metálicas, así como de materiales de construcción, del suelo y subsuelo, desarrollándose únicamente por personas naturales o personas jurídicas. (RSSOM, 2016)

El capítulo 3, Artículo 27 de la Ley General del Ambiente: Ley N° 28611 – 2005. Los planes de cierre de actividades, los titulares de todas las actividades económicas deben garantizar que al cierre de actividades o instalaciones no subsistan impactos ambientales negativos de carácter significativo, debiendo considerar tal aspecto al diseñar y aplicar los instrumentos de gestión ambiental que les correspondan de conformidad con el marco legal vigente.

El artículo 11, capítulo II, sub - capítulo I, Atribuciones y obligaciones, del D.S. N°046-2005-EM Reglamento de Seguridad e Higiene Minera – 2005. Los titulares de la actividad minera que infrinjan las disposiciones del presente reglamento, las resoluciones directorales y demás disposiciones modificatorias y complementarias, retarden los avisos, informen o proporcionen datos falsos, incompletos o inexactos, serán sancionados con multas de una (1) a seiscientos (600) Unidades Impositivas Tributarias – UIT - que impondrá la Dirección General de Minería del Ministerio de Energía y Minas, según la gravedad de la falta, sobre la base de la evaluación de los informes de los fiscalizadores y/o funcionarios de dicha entidad, las visitas o inspecciones que se ordenen y el resultado de las mismas.

El capítulo VII, artículo 100 y 101 de la Ley General N° 26842 de Seguridad y Salud Ocupacional: Conducen o administran actividades de extracción, producción, transporte y comercio de bienes o servicios, cualesquiera que éstos sean, tienen la obligación de adoptar las medidas necesarias para garantizar la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores y de terceras personas en sus instalaciones o ambientes de trabajo. Las condiciones de higiene y seguridad que deben reunir los lugares de trabajo, los equipos, maquinarias, instalaciones, materiales y cualquier otro elemento relacionado con el desempeño de actividades de extracción, producción, transporte y comercio de bienes o servicios, se sujetan a las disposiciones que dicta la Autoridad de Salud competente, la que vigilará su cumplimiento.

2.3. Manejo de Aguas Superficiales

Las actividades mineras en general se encuentran estrechamente ligadas al agua, para ello es necesario que las soluciones estén fundamentadas a estudios hidrológicos suficientemente detallados y desarrollados desde el inicio del proyecto y destinados a permitir la gestión racional de la presencia del agua. Para ello se tiene que realizar la captación y conducción; así como asegurar la efectividad y la construcción de drenaje con elementos seguros y confiables.

Durante la realización de estudios hidrológicos e hidrogeológicos que permitan precisamente gestionar correctamente la presencia de aguas de distinto origen atreves de tres puntos de vista:

- El agua y su influencia en la estabilidad de taludes.
- El agua dentro de la planificación dentro de todas las operaciones de exploración y explotación de material útil.
- El agua y el medio ambiente asociados al cierre de la cantera.

El objetivo principal es conseguir que las aguas que entren en contacto con la cantera (tanto aguas superficiales como subterráneas) sean las mínimas posibles, así como el previsible contacto se realice de la mejor manera controlada. El drenaje de la cantera será de larga duración ya que los trabajos de drenaje deben haber iniciado antes del inicio de la explotación de la cantera; y así tener una larga vida en la explotación de mineral no metálico en la cantera. Las condiciones que favorecen a un buen drenaje de aguas superficiales son los siguientes:

- La compactación natural del macizo rocoso.
- La vegetación en la zona.
- El Fracturamiento dl macizo rocoso (infiltración del agua).
- La urbanización del área (canalización del agua).
- La pendiente de la zona.

2.3.1. Drenaje en Canteras

En el plano operativo de todas las explotaciones de canteras, el objetivo primordial es conseguir la eliminación total de las aguas superficiales que se encuentran en contactos con los taludes de bancos explotables, por lo que la eliminación de aguas superficiales tiende a un beneficio considerable en cuanto a la estabilidad de taludes, la calidad del material explotable y la reducción total de la contaminación física y química del mineral no metálico que se va a explotar.

El conjunto de afecciones exige disponer desde el inicio del proyecto de un exhaustivo estudio hidrológico previo, en el que:

- Se identifique y se caracterice detalladamente toda el área de funcionamiento y de afección hidrogeológica de la zona (área de recarga y descarga).
- Permita plantear un modelo conceptual de funcionamiento.
- Permita el desarrollo de un modelo de flujo que incluya la simulación de una serie de alternativas de drenaje.
- Finalmente, la elección y el diseño del sistema de drenaje que se considere más conveniente.

El control del agua en canteras requiere de equipos multidisciplinarios, especializados en las siguientes características:

- Climatología (estudio de las condiciones de precipitaciones estacionales).
- Hidrogeología.
- Estudio de la influencia del agua en la cantera y su estabilidad.
- Estudio de drenajes.
- Diseño de instalaciones de tuberías y bombeo.

Los factores más importantes para interrelacionar los estudios de aguas subterráneas son:

- La influencia de la geología (fallas, fracturas, discontinuidades, etc.).
- Método de explotación y el cuidado de su aplicación (la fracturación inducida por la propia explotación minera no metálica tiene influencia muy importante en la impermeabilidad).

Las actividades convencionales para el proceso de drenaje, se destaca lo siguiente:

- **Caracterización geología y estructural.** Litologías, geometría y estructuras de las formaciones y materiales relacionadas con el área de estudio y preferentemente las formaciones a drenar.
- **Hidrología superficial.** Identificación y caracterización de cuencas vertientes y el control de caudales.
- **Estudio Hidroclimático.** Estudio de las precipitaciones y temperaturas, cálculo de evapotranspiración potencial y lluvia útil y escurrimiento total.
- **Cálculo de volúmenes hídricos.** Ya sea superficiales o subterráneas.
- **Inventarios de puntos de agua.** Manantiales, posos y sondeos.

a. Evaluación de Escorrentías, determinación de las necesidades de drenaje.

Para determinar la capacidad de bombeo necesaria, como también para los canales de protección, debe partirse de los siguientes grupos de factores que inciden en el drenaje:

• **Factores Directos.**

- ✓ Topografía y morfología de las cuencas vertientes.
- ✓ Temperatura, estado de la superficie y grado de permeabilidad.
- ✓ La intensidad y la distribución espacial y temporal de las precipitaciones.

• **Factores Indirectos.**

- ✓ **Físicos.** Índice de pendiente, compacidad y perfil longitudinal.
- ✓ **Geomorfológicos.** Red de drenaje, densidad y permeabilidad de estratos.
- ✓ **Geológicos.**
- ✓ **Tipos de cubierta del terreno.**

b. Dimensionamiento de sistemas y técnicas de drenaje en canteras.

Un sistema de drenaje tiene como objetivo proporcionar una recogida, transporte y vertido final de las escorrentías superficial y las características de los cuerpos de agua, garantizando el control de la erosión, minimización de colmatación y conservación de la calidad física y química de los cuerpos de aguas receptores. Un sistema de drenaje tiene que ser capaz de funcionar satisfactoriamente todo el año y especialmente durante el tiempo del periodo lluvias.

Los métodos para controlar el drenaje superficial son bastante sencillos en su concepción. El control de drenaje de agua sub superficiales no ha sido reconocido como necesidad hasta hace relativamente pocos años como un problema serio y potencialmente económicamente costoso.

Es importante diseñar un sistema de drenaje adecuado y eficaz, por lo que primero se debe someter a una investigación climatológica, hidrogeológica, que aporte la información necesaria sobre las características del área de terreno a drenar.

Las medidas concretas de drenaje deben reunir las siguientes características:

- Se debe realizar el sistema de drenaje antes del inicio de la explotación de la cantera.
- Mantenerse durante el tiempo de explotación e incluso en las etapas de cierre de cantera y abandono.
- Deben ser de un alcance espacial considerable; es decir, influir importantemente en el funcionamiento hidrogeológico.

La selección del sistema de drenaje depende de los siguientes factores:

- Geología e hidrogeología de área a explotarse.
- Construcción de un buen drenaje.
- Método de explotación y consecuencias.
- Estudio de los costos.

Según la localización del sistema de drenaje, se clasifica de la siguiente manera:

Figura 17. Dimensionamiento de sistemas y técnicas de drenaje en canteras.
Fuente: Propia, 2017.

ACTUALICION	LOCALIZACION	
	EXTERIOR	INTERIOR
Preventiva	Desvíos de causes. Canaletas de guarda.	Cunetas de banco.
Pasiva		Bombas de fondo
Activa	Sondeos desde la superficie. Zanjas de coronación.	Sondeos en el interior. Zanjas en fondo de la cantera. Barrenos horizontales.

• **Sistemas exteriores de drenaje.**

Entre los sistemas a construir de manera periférica a la explotación de canteras, de forma que son diseñadas y construidas para tener una vida útil, larga y duradera; merecen destacarse los siguientes sistemas.

- ✓ **Sistema de causes.** Una de las primeras medidas a adoptar consiste en el desvío de los causes que transcurren sobre el área de explotación de las canteras y la canalización de las aguas superficiales.

Generalmente las obras de desvío y canalización de los causes están constituidas por zanjas o canales descubiertos en superficie, estando revertidos o no según las condiciones del macizo rocoso.

Cuando no es posible de una canalización por gravedad se recurre al bombeo de aguas superficiales desde presas o zonas de embalse hasta los canales perimetrales de la cantera.

- ✓ **Perforación de pozos de bombeo exteriores.** Los pozos perimetrales y los dispuestos dentro de la explotación de la cantera. El proyecto minero no metálico es viable cuando la permeabilidad es suficientemente alta y se basa en la perforación alrededor del perímetro de la cantera.

Las principales ventajas radican en el nivel freático el cual sufre un rebajamiento por debajo de los bancos de explotación, reduciendo problemas de estabilidad, la presencia de agua durante el proceso de perforación, utilización de explosivos económicamente bajos, etc.

Entre las principales ventajas de esta solución están:

- El nivel freático el cual sufre un rebajamiento por detrás de los taludes y pisos de explotación, reduciendo los problemas de estabilidad de taludes.
- No interfieren a las labores de explotación como sucede en el bombeo de labores interiores.
- No existen daños producto de voladuras o del transporte dentro de la cantera.
- Su costo de instalación en terrenos poco consolidados es frecuentemente compensado por los mayores caudales y mayores radios de influencia del nivel freático.

PLANO DE DRENAJE DE LA CANTERA “EL GAVILAN”

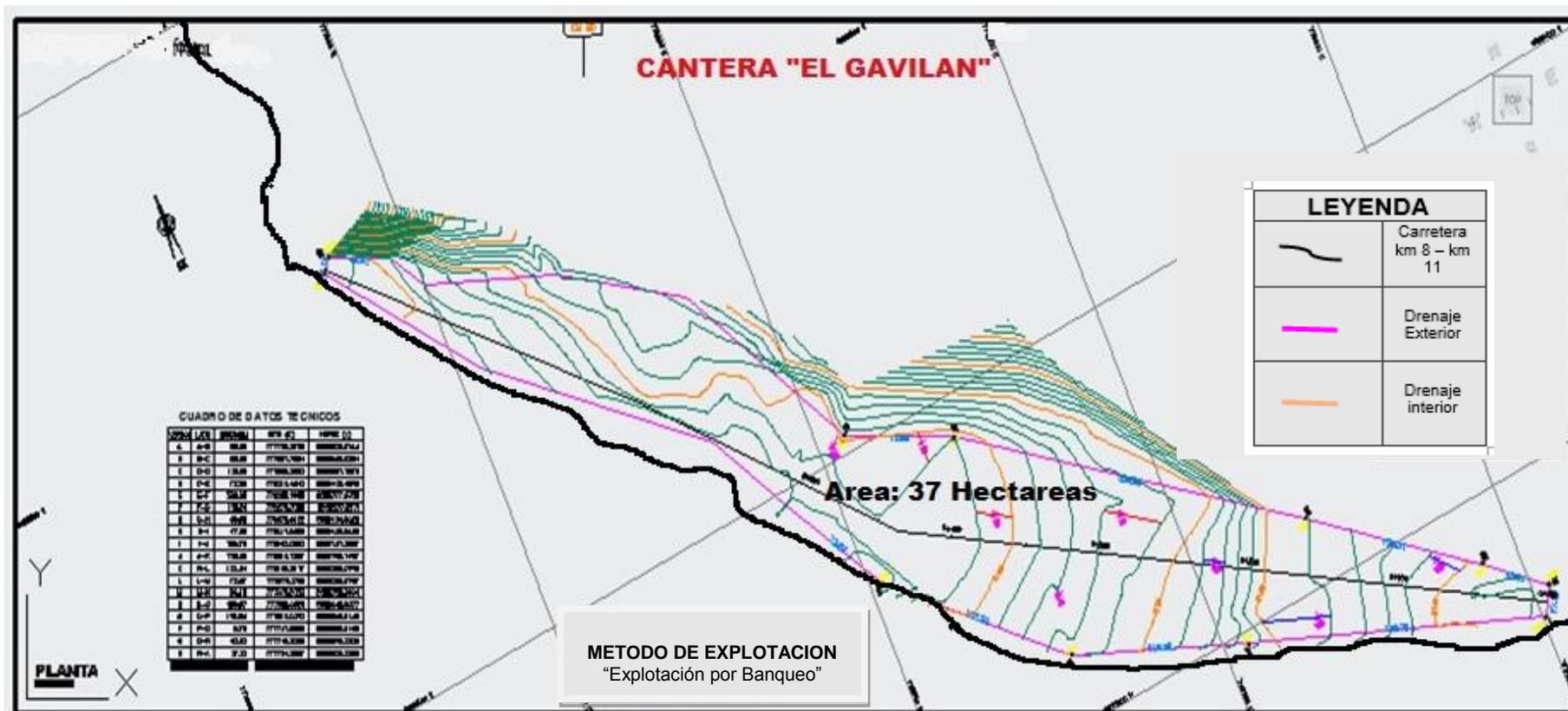


Figura 18. Plano de drenaje de la Cantera El Gavilán.
Fuente: UNC – 2014.

2.4. Definición de términos básicos

Acarreo: Proceso mediante el cual los equipos cargados con el material recorren distancias cortas con respecto a su origen de carga y descarga.

Actividad Minera. Actividad de exploración, explotación, labor general, beneficio, comercialización, y transporte minero, en concordancia con la normatividad vigente.

Altura del Banco. Es la distancia vertical comprendida entre la plataforma superior e inferior.

Ángulo de Extinción de la Cantera. Ángulo formado por la línea de borde de extinción respecto al plano horizontal. Toma en cuenta la profundidad máxima de la cantera.

Ángulo del Talud del Banco. Es el ángulo que forma el talud del banco con el plano horizontal.

Banco. Son los cortes se ven dos caras descubiertas: una cara superior horizontal y una vertical lateral. Estos horizontes es la altura de banco en CMC la altura es de 8m.

Berma. Es la cara superior del banco. Se utiliza para el carguío y para la circulación de los camiones. Es la franja de la cara horizontal de un banco, como un borde, que se deja especialmente para detener los derrames de material. Su ancho varía entre 8 y 12 m.

Borde de Seguridad. Cumple con la misión de prevenir accidentes, deteniéndose en ellas los trozos de roca que se desprenden del talud del banco.

Borde de Transporte. Sirve para disponer en ellos vías de transporte, sus dimensiones varían en dependencia del tipo de transporte rodante y el número de vías.

Carguío. Proceso productivo a través del cual el material volado es limpiado mediante excavadoras, cargadores y otros equipos que realicen el traslado del material hacia un equipo de acarreo o acarreo del material.

Control. Medidas legales y técnicas que se aplican para disminuir o evitar la alteración del entorno o consecuencias ambientales producidas por las actividades del hombre o por desastres naturales.

Certificación Ambiental. Declaración emitida por el organismo gubernamental con competencia ambiental (autoridad ambiental), como culminación del procedimiento de una Evaluación de Impacto Ambiental.

Concesión Minera. Figura jurídica donde el Estado da el derecho a un tercero (empresa o persona) de realizar actividades que permitan el aprovechamiento de los recursos naturales.

Depósitos de desmonte (DME). Son lugares especialmente destinados para recibir el material estéril de la mina a tajo abierto y los ripios que se obtienen al desarmar las pilas de lixiviación.

Depósitos de material estéril (DME). Son áreas destinadas a almacenar grandes cantidades de material que por su valor no son aptos para la explotación, pero sí para realizar actividades auxiliares la explotación.

Dilución: Es la disminución de la Ley de cubicación por la presencia de rocas estéril, mezcla de mineral con estéril producto de la voladura y/o carguío. Tiene consecuencia directa en la menor recuperación de mineral en los procesos de beneficio.

Cut Off. Es la ley de Mina explotable de una mina.

Declaración de Impacto Ambiental (DIA). Pronunciamento del organismo o autoridad competente en materia de medio ambiente, en base al EsIA, alegatos, objeciones y comunicaciones resultantes del proceso de participación pública y consulta institucional.

Destape. Es la actividad que permite retirar todo el material de sobrecarga y dejar el material útil listo para que sea arrancado por cualquiera de los medios, sea por perforación o voladura (Rocas duras).

Franja de Explotación. Se denomina a “La parte del banco a cuyo ancho, se explota sin cambiar de posición el transporte”.

Impacto Ambiental. Acción o actividad que produce una modificación o alteración en el medio, o en algunos componentes del medio.

Macizo rocoso. Es el conjunto de matriz rocosa y discontinuidades. Presenta carácter heterogéneo, comportamiento discontinuo y normalmente anisótropo, consecuencias de la naturaleza, frecuencia y orientación de los planos de discontinuidad que condicional su comportamiento geomecánica e hidráulico. (Rodríguez, 2007)

Mina de tajo abierto. Depósito mineral en que su explotación se hace mediante una excavación en superficie. La geometría de dicha excavación puede variar con las características del depósito.

Talud del Banco. Se denomina así a la superficie inclinada del banco delimitada por el un lado con el espacio explotado y por el otro por las planta superior e inferior.

Reserva de Mineral. Es la cantidad de Mineral económicamente explotable con leyes superiores al Cut Off.

Planeamiento a corto plazo. Comprende un periodo hasta de un año en los cuales es característico los planeamientos mensuales trimestrales y anuales.

Planeamiento a mediano plazo. Para las industrias mineras comprende un periodo de cinco años.

Planeamiento a largo plazo. Para minería especialmente las empresas subterráneas se considerarían que los planeamientos de minado se realizan de 5 a 15 años.

CAPÍTULO III: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Análisis de tablas y gráficos

La presente tesis profesional, se ejecutó en la cantera El Gavilán, ubicada al sur de la provincia de Cajamarca, dicha cantera no cuenta con un plan de minado para explotar sus recursos, así como presenta maquinaria deficiente, por lo que ha tenido un índice de producción regular en los últimos años, que no ha sido suficiente generar una buena rentabilidad reconociéndose como una empresa no competitiva en el mercado de los agregados. La cantera El Gavilán, reinició sus operaciones el año 2007 al no contar con un plan estratégico y no tener un alto índice de producción regular, propone elaborar un plan de minado óptimo, que cumpla con las expectativas acorde con el Decreto Supremo N° 024-2016-EM del Ministerio de Energía y Minas, que norma todas las actividades para la Explotación de Materiales No Metálicos.

El trabajo de investigación se elaboró desde el 15 de enero al 15 de abril de 2017. Los resultados permitieron mejorar la producción de materiales de agregados de manera efectiva y eficaz, optimizando los costos y tiempo de vida útil de la cantera preservando al medio ambiente, estructuras, geoformas, en su etapa de explotación, así como las

características geomecánicas del área de explotación con el fin de garantizar una mejor producción para la empresa en un ambiente seguro para los colaboradores. Previamente antes de interpretar los análisis y resultados hablaremos de la ubicación de la cantera:

3.1.1. Ubicación de la zona de estudio

a. Ubicación de la cantera El Gavilán

La cantera denominada "El Gavilán" se encuentra ubicada en el distrito de Cajamarca, provincia Cajamarca Sub Región: IV Cajamarca, en la Región Nor Oriental del Marañón Altitud, a una altura de 3250 m.s.n.m., al sur este de la ciudad de Cajamarca. Cota de 2,847.56 m.s.n.m.

Tabla 14. Coordenadas de la Cantera El Gavilán

Vértices	Coordenadas UTM – PSAD 56	
	Este	Norte
1	774822	9204666
2	774687	9193457
3	777686	9194785
4	776457	9199798

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

b. Generalidades de la cantera El Gavilán

La cantera denominada "El Gavilán" es una empresa constituida en el Perú cuyo representante legal es el Sr. Luis Alberto Becerra Cieza, el cual está domiciliado legalmente el Jr. Los Sauces N° 674, de la ciudad de Cajamarca. Mediante Resolución Ejecutiva Regional N° 3836-08-RPM de fecha 27 de septiembre de 2008, la Dirección Regional de Energía y Minas del Gobierno Regional de Cajamarca, otorga el título al derecho minero no metálico como productor minero artesanal a la cantera El Gavilán, con código N° 0300187601, ubicada en la Carta Nacional 15-F Cajamarca, comprendiendo 37 hectáreas

de extensión, ubicada en el centro poblado Aylambo Alto del distrito de Cajamarca. La Cantera el Gavilán, situada en las faldas del cerro Ventanilla cerca del Abra El Gavilán al costado derecho de la carretera Cajamarca Pacasmayo.

Ante la confirmación de reservas de material de agregado el titular de la concesión minera reinicia sus actividades de explotación en el año 2007, en el cual contempla la extracción de materiales para agregado no metálicos de manera artesanal a los depósitos del cliente final de la región de Cajamarca.

La finalidad de la propuesta del presente plan de minado es la explotación de materiales no metálicos de la cantera El Gavilán, aplicando el método de explotación que permite la excavación y extracción del cuerpo mineralizado de modo técnico y económico, en donde el programa de actividades propuesto para el titular de la concesión minera se basa en criterios técnicos entre los cuales podemos encontrar:

- Pureza y distribución de los materiales de agregado.
- Propiedades físicas y químicas tanto del mineral no metálico como de rocas supra e infra yacente.
- Factores económicos y facilidad de transporte
- Condiciones de seguridad de medio ambiente y legislación vigente.

Para la etapa de explotación se ha propuesto el siguiente plan de minado, tomando en cuenta que es una propuesta de plan a corto plazo, el cual se sustenta en las reservas cúbicas de 2500003 Tn programándose explotarla de eficiente durante 35 años y con una producción mensual de 5400 Tn mensuales.

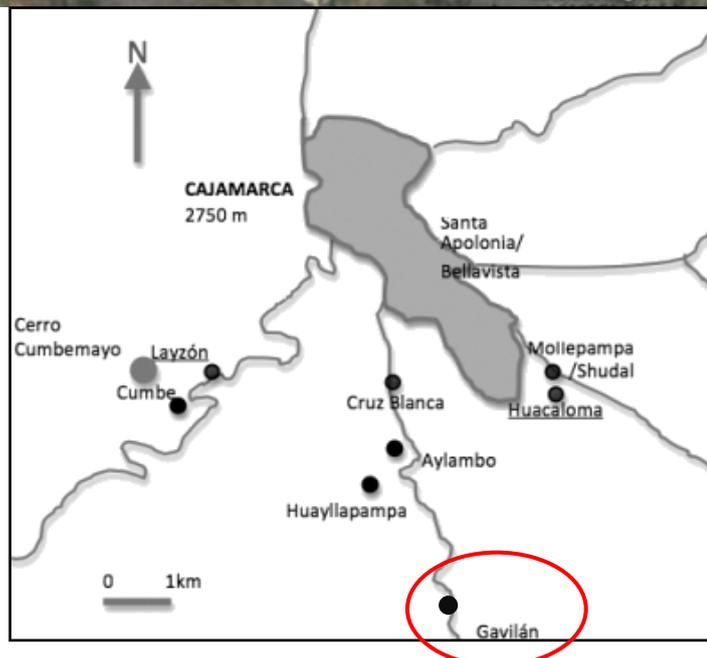
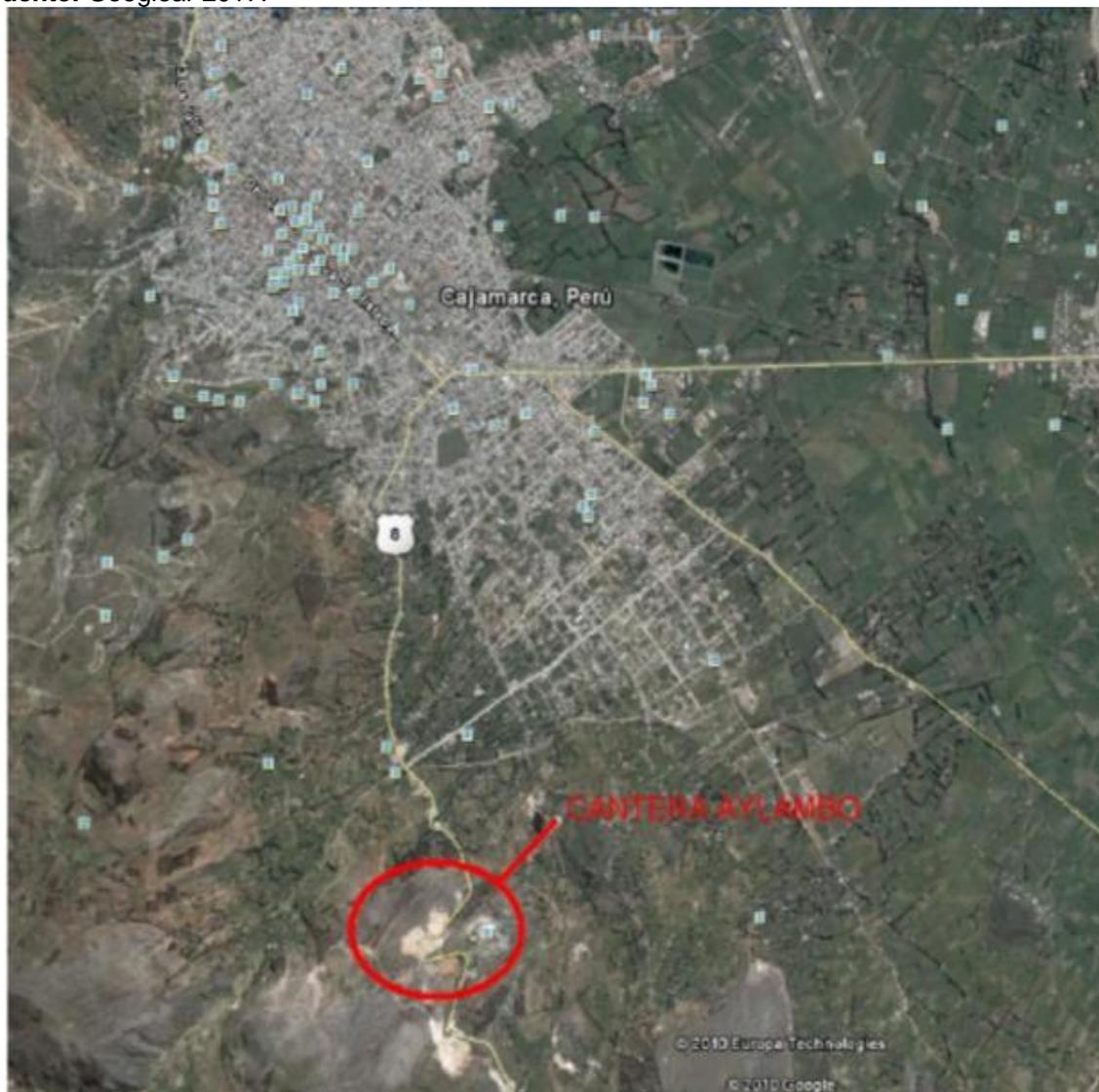
Es una cantera que cuenta con serias deficiencias al momento de ejecutar una operación puesto que no ha empleado estrategias que se adapten al tipo de actividad que desarrollan ha venido trabajando de manera acelerada y artesanal el recurso explotado ha sido elaborado de manera no coordinada.

Permisos obtenidos de la cantera El Gavilán

Mediante el Registro N° 2078, de fecha 31 de septiembre de 2007, se presentó ante la DREM de Cajamarca la Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto Minero no metálico de la cantera El Gavilán, el mismo que fue aprobado con Resolución Directoral N° 030-2007-GRA-GG-GRDE/DREMA, de fecha 06 de junio. Así como también:

- Autorización de Inicio de Actividades de Exploración, Desarrollo, Preparación Explotación de Concesiones Mineras.
- Certificado de Formalización de la Propiedad Rural.
- Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológico.
- Constancia de Pequeño Productor Minero No Metálico N° 1011 – 2007.
- Licencia de Apertura de Establecimiento.

Figura 19. Plano de la cantera El Gavilán, 2017.
Fuente: Googlear 2017.



c. Formaciones Geológicas

La geomorfología de la cantera El Gavilán, está relacionado al paisaje natural expuesto a la vista del investigador, que, desde la plaza de armas de Cajamarca, a 2750 m de altitud hasta la cumbre del cerro El Gavilán a 3214 m, el territorio muestra lugares de ligera pendiente categorizados en 2% y 7%, otros con pendientes más pronunciadas de fácil acceso por el hombre y los animales que van hasta el 25% y también los hay pendientes de difícil acceso valoradas en 70%. Existen lugares con pequeñas formaciones de cárcavas como consecuencia de la depredación de la cobertura vegetal, que se incrementa paulatinamente durante los periodos de lluvia.

La unidad litológica de la cantera El Gavilán es predominante es homogénea consiste en una alternancia de areniscas cuarzos en la parte inferior y cuartillas blancas en bancos gruesos en la parte superior de la roca. La roca se encuentra muy fracturada además hay presencia de oxidaciones de hierro que le da un color característico.

El material representativo de la cantera es una roca perteneciente a la formación Chimú: ubicado en el piso inferior del cretáceo. Las muestras correspondientes al primer estrato están construidas por arenas y gravas aluviales con material orgánico que le da un color gris oscuro, las muestras de los estratos más profundos son areniscas cuarzos bastante profundos de color blanquecino amarillento o rojizo.

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOSTRATIGRAFICA	Grosor (m)	LITOLOGIA	DESCRIPCION	
CENOZOICO	QUATERNARIO	HOLOCENO	Dep. fluviales y aluviales Dep. lacustres y glaciares			Arenas, gravas. Limos, arcillas. Conglomerados, areniscas y arcillas rojas.	
		PLEISTOCENO PLUOCENO	Formación Cordillera	20		Lutitas, lodolitas, areniscas finas blanco amarillentas.	
	Formación Caballero		20		Tobas dacíticas y traquandesíticas blanquecinas. Dac. arg.		
	NEOGENO	MIOCENO	Formación Bambaera	30		Tobas blancas amarillentas intercaladas con areniscas. rojizas, aglomerados y piroclastos. Dacito	
			Grupo Colpa	Formación Poruña	100		Intercalación de detritos andesíticos, tobas blanquecinas. areniscas tobáceas y conglomerados lenticulares. Diorita
	Formación Lina	40				Tobas blanquecinas intercaladas con delgados lechos de areniscas y lutitas tobáceas.	
	Formación Chata	100			Detritos y brechas andesíticas. Conglomerados con cantos de basalto.		
	PALEOGENO	EOCENO	Formación Chata	100		Conglomerados con cantos de calizas y areniscas rojizas. Calizas, margas y lutitas gris amarillentas.	
				CRETACEO	SUPERIOR	Formación Calandín	100
	Formación Garmena	100-150				Calizas nodulares macizas, margas y lutitas pardo-amarillentas fosilíferas.	
Grupo Oulquin	100		Calizas gris portuscas, fosilíferas, margas y escasos niveles de lutitas.				
Grupo Paluana	100		Lutitas grises o negras, calizas tinminosas nodulares.				
Formación Pucará	10-20		Calizas arenosas, lutitas calcáneas y margas.				
INFERIOR	Formación Chila	10-20			Areniscas calcáneas y limolitas ferruginosas.		
	Formación Ina	10			Cuarzitas y areniscas blancas.		
	Formación Ferial	10			Areniscas rojas y cuarzitas blancas intercaladas con lutitas grises.		
	Formación Cahual	100			Lutitas grises y calizas margosas.		
	Formación Santa	10-15			Areniscas, cuarzitas, lutitas y niveles de carbón en la parte inferior, principalmente cuarzitas en la parte superior.		
JURASICO	SUPERIOR	Formación Chicama	100		Lutitas negras, laminares y delizables, con intercalaciones de areniscas grises y horizontes arcillosos. Dac. arg.		
			MEDIO	Formación Oyón	100		Tobas, brechas y detritos andesíticos. Trasaltigranodita
					INFERIOR	Grupo Pucará	10-40
PALEOZOICO	PERMIANO	SUPERIOR	Grupo Mito	100			
				ORDOVICIANO	Formación Salas	?	
PRÓTEROZOICO			Complejo Omas			?	

Figura 20. Columna Estratigráfica.

Fuente: UNC – 2014.

La zona está conformada por una unidad litológica Sedimentaria representada por el cretáceo inferior perteneciente al grupo Yoyllarisquizga. Las rocas que se han observado en la zona de trabajo se agrupan en:

Formación Chimú que yace sobre la formación Chicama y subyace a la formación Santo. En base a esta información se jerarquizó la exposición estratigráfica y litológica, de acuerdo a la edad de la formación geológica del área. Con discordancia paralela a la Formación Cajamarca.



Figura 21. Suelos superficiales y pedregosos. Cashapampa, 2017.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Descripción de cuenca sedimentaria alrededor de Aylambo

El área de estudio se inicia con el grupo Goyllariquzga conformada por las formaciones chimú, santa Carhuaz y Farrat, seguida de la formación transgresiva inca, Chulex, Pariatambo, Yumagual, Quilquiñan Mujarrun, Cajamarca y Celendín. La formación Chimú Santa en ambiente marino somero (limo arcillitas y lutitas) y representa una transgresión marina de corta duración. La formación Carhuaz de ambiente típico lacustrino (limo arcillitas), abundante bioturbación, laminación cruzada y grietas de desecación.

Formación Farrat: Presenta areniscas grano creciente del tipo facies deltaicas. La formación inca; intercalación de arcillitas y limoarcillitas y escasos niveles de areniscas, hacia la parte superior, es una secuencia netamente transgresiva y somero. El cerro Shuytuloma o carnero Chayana y su ladera presenta de 60 a 90 % de pedregosidad superficial, destacando bloques de contenido de cuarzo (SiO_2), ideales para afirmados de carreteras y de construcción civil por su consistencia, también existe rocas areniscas.



Figura 22. Suelos rocas areniscas, 2017.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Vertientes de montaña

Estas vertientes son elevaciones en donde la pendiente que predomina a nivel regional es moderadamente accidentada, esto se debe a la acción erosiva del agua. La acción dinámica de los cursos de agua han disectado por largo periodos de tiempo durante el proceso formativo.



Figura 23. Vertientes de montaña, 2017.

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Fondos de valle:

Estas unidades se ubican en la base de las vertientes de montaña resultado de la acción hídrica, estas varían desde fondos relativamente amplios dominados por los ríos y encañonados en las quebradas. Estos ambientes generalmente tienen pendientes llanas en el caso de los valles amplios y agrestes en las quebradas.



Figura 24. Fondos de valle, 2017.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Geología local

La geología Local está conformada por una unidad litológica sedimentaria representada en el cretáceo inferior perteneciente al grupo Yoyllarisquizga.

La geomorfología del área ha sido definida teniendo en cuenta los diferentes agentes erosivos que han ocurrido en el lugar, destacando entre ellos la erosión afectada por los ríos, quebradas, y también a la meteorización física, química y biológica que modifican el relieve terrestre desde hace millones de años. Se observó cerros empinados de fuerte pendiente e con zonas agrestes, en las zonas bajas laderas de moderada inclinación, teniendo que resaltar el afloramiento rocoso de calizas, lutitas y margas, en la zona de estudio también se encuentran fósiles de Quilquiñan.

La tectónica ha jugado un papel importante en la morfología de la zona y es con la cual contamos hoy en día en el área de estudio se ha podido identificar las siguientes unidades geomorfológicas:

- Laderas de fuerte pendiente(La-Fp)
- Valles y quebradas glaciares (Va-Qg)
- Cerros Cordilleranos (Ce-Co)
- Cerros Menores y laderas (Cm-La)

Es predominante la presencia de valles que se encuentran en la quebrada Aylambo, los agentes meteorológicos mas predominantes de la zona son la lluvia vientos y los cambios de temperatura especialmente.

d. Ubicación Hidrográfica

La cantera pertenece a la **cuenca del Marañón**, la cual se divide en 6 unidades hidrográficas; siguiendo con la clasificación El Gavilán, se ubica en la **cuenca Alto Marañón**. Dividiendo a este departamento en una serie de cuencas u hoyas parciales como las formadas por el Chinchipe y el Tabaconas al norte, Huancabamba al centro, la del Chotano, que corre de sur a norte y el río Llaucano que pasa por Huancabamba.



Figura 25. Fondos de cuenca, 2017.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

e. Accesibilidad

La cantera El Gavilán, presenta buena accesibilidad con Cajamarca y alrededores para el transporte de los agregados. Conectándose a la ciudad por medio de la carretera interprovincial asfaltada a la costa. La distancia promedio es de 18 km. con respecto a la ciudad de Cajamarca para llegar a la cantera se sigue la carretera a la costa la cual se encuentra asfaltada todo el tramo de acceso a la cantera.

f. Extensión de la Cantera

Se hizo un reconocimiento de la zona inspeccionando in situ el afloramiento rocoso a lo largo de la carretera, faldas y cimas de los cerros. Tiene una extensión aproximada de 37 hectáreas.

g. Fisiografía

Los rasgos geográficos del área corresponden íntegramente a la Cordillera Occidental; caracterizada por una topografía variada con áreas fuertemente disectadas por quebradas. Los rasgos fisiográficos más saltantes son los largos valles interandinos de Cajamarca.

h. Clima y meteorología

Temperatura: Las épocas de precipitación pluvial en la zona de estudio se desarrollan en los meses de enero a diciembre y en los meses de abril a setiembre las lluvias son escasas siendo típicas en esta temporada las heladas con fuertes vientos. (EIA, 2008)

i. Características Litológicas:

La unidad litológica predominante es casi homogénea conformada por cuarcitas en la parte superior, es una roca muy fracturada, textura grano fino o grueso, su color varía de amarillento rojizo a amarillo claro con bastante oxido de fierro.

- **Textura.** La roca es de grano fino o grueso, constituido por grava, gravilla y arenas de forma semi redondeadas.
- **Estructura.** No tiene cohesión por eso tiende a formar una textura granular simple la cual puede ser densa y suelta encontrándose suelta en la parte supra yacente y más consistente a medida como se profundizan los estratos. La estructura de la estratificación es paralela y errática.



Figura 26. Altura de Banco de la cantera El Gavilán 2017.

Fuente: Propia 2017.

3.1.2. Hidrogeología de la zona en estudio

El análisis hidrogeológico para el área del proyecto está apoyado en los resultados de las investigaciones geotécnicas tanto directas (calicatas) como las indirectas (observaciones directas realizadas durante los trabajos de campo. Como resultado se consideró lo siguiente:

- Las investigaciones realizadas por medio de las calicatas hasta un promedio de 2.5 m, se aprecia la presencia de agua. el suelo muestra una estructura poco compactada que permite que el agua proveniente de las lluvias infiltre por las quebradas aledañas de la zona.



Figura 27. Calicata en terreno de cantera El Gavilán, 2017.

Fuente: Elaboración propia, 2017.

- Cursos de agua más próximos se encuentran a 1 km por el sur este y a 1.5 km por el Este. Estos cursos de agua son alimentados por cabeceras de cuenca. la zona se caracteriza por tener un invierno de precipitadas lluvias, los meses de verano registran marcada precipitación pluvial, excepto cuando hay fenómeno del niño, en la que es abundante.

3.1.3. Sismicidad

Geodinámica interna

El Perú está considerado como uno de los países con mayor actividad sísmica en el mundo debido a su ubicación en el “Cinturón de fuego”. Situado en las costas del Océano Pacífico, este anillo de fuego es famoso por concentrar el 75 % de volcanes activos e inactivos del mundo y porque han tenido lugar ahí el 80 % de los terremotos más poderosos de la historia.

En Perú se considera como el grupo que presenta sismicidad baja a las regiones en que la frecuencia de los sismos con intensidad IV es la escala MM son casi nulas. En esta lista se encuentran Amazonas, Apurímac, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huancavelica, Huánuco, Junín, Madre de Dios, Pasco.

Geodinámica Externa

Desde el punto de vista de la geodinámica externa, en el área del proyecto no se observa evidencia de este fenómeno que pondría en riesgo el proyecto, pero si existe el fenómeno de erosión laminar² y en forma de surco (cárcavas) ubicadas en las quebradas aledañas las cuales se intensifican en épocas de altas precipitaciones pluviales.

El área donde se emplazará el proyecto es una planicie sub vertical la información resulta insuficiente para definir acabadamente los procesos de la cantera y no muestra indicios de actividad geomecánica que pueden poner en riesgo las estructuras de la cantera El Gavilán. En la zona de interés las

² **Erosión laminar:** Las corrientes superficiales de agua pueden producir el desprendimiento de las capas más superficiales de suelo en un sistema de erosión por capas que se profundizan

sedimentitas terciarias subyacentes a los rodados presentan caracteres como disposición estructural vertical-horizontal a sub horizontal y escasa resistencia a la disgregación. La presencia de depósitos fluviales que en grado limitado se observan en los afloramientos no resulta incompatible con la definición conceptual de pedimento.

A continuación, se muestra las inspecciones realizadas en la cantera durante el periodo de estudio:

3.1.4. Inspecciones de campo en la cantera El Gavilán

Se realizó con el objetivo de determinar la situación actual de las condiciones reales existentes in situ en las actividades de explotación de los materiales de construcción de la cantera en estudio y determinar el grado de cumplimiento de las obligaciones de medio ambiente. Las clases de materiales de construcción que presenta la cantera El Gavilán: Los diferentes tipos de materiales de construcción que se obtienen tanto en la clasificación son los siguientes: Agregado grueso y agregado fino.

Método de explotación: El método de explotación usado para la extracción de los diferentes agregados es el de **Tajo Abierto**, en una primera fase se saca la cubierta detrítica o desbroce para llegar a los bancos de los materiales de construcción mediante el empleo de maquinaria cuyo material removido es trasladado mediante volquetes a la tolva para su clasificación.

Este tipo de explotación se realizó de acuerdo a un planeamiento de minado, pero no se cumple en la cantera El Gavilán, la explotación de los materiales de construcción se realiza de la siguiente manera:

a. Clasificación: El material removido de los bancos es trasladado por volquetes a la planta de zarandeo para dar inicio al proceso de clasificación mediante malla cuadrada. El material es elevado y es descargado sobre una zaranda con diferentes mallas de las cuales se obtienen la arena, piedra zarandeada que son almacenados en diferentes plataformas para su posterior comercialización, siendo pasado los agregados más grandes al circuito de chancado con ayuda de maquinaria.



Figura 28. Clasificación de material El Gavilán.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

b. Chancado: Los agregados de tamaño entre 1 1/2" y 6" son transportados y removidos por la retroexcavadora para obtener como productos finales la piedra chancada de 3/4", 1/2" y polvillo que son almacenados en diferentes plataformas para su posterior venta (Fig. 2).



Figura 29. Transporte de material. El Gavilán.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

3.2. Propuesta del Plan de minado de la cantera El Gavilán para mejorar la productividad

Para proponer un correcto plan de minado en mejora de la productividad de la cantera El Gavilán a cielo abierto, en primer lugar, se realizó la etapa de investigación geológica, luego el método eficaz para la explotación el cual es mediante bancos y la clasificación se realizará mediante mallas de zarandeo.

Según las consideraciones geológicas y geotécnicas de la cantera El Gavilán, utiliza el método de explotación considerado en una mina a cielo abierto de acuerdo al material a extraer realizado en la pared de un cerro se empleó el diseño de bancos superficiales en función a las normas D.S. N° 024, 2016. En base al siguiente organigrama:

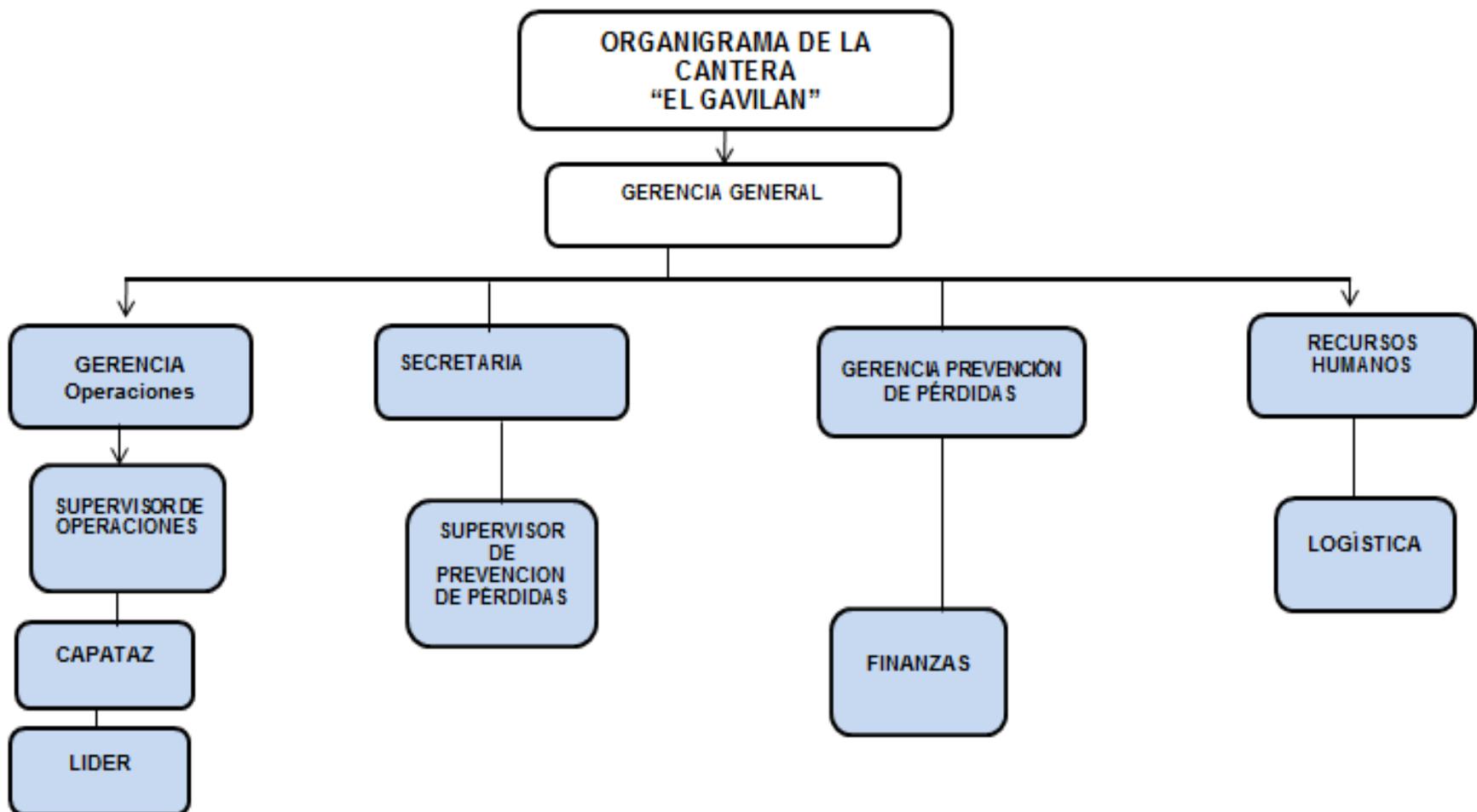


Figura 30. Organigrama de la cantera El Gavilán.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Para la fase de carguío y transporte se registró un control permanente de los tiempos empleados de acuerdo a la distancia recorrida como los puntos de descarga, estos datos se registraron en orden alfabético para procesarlos.



Figura 31. Almacenamiento de material grueso, cantera El Gavilán.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Para la etapa de descarga de material se consideró la granulometría de cada material para lo cual se seleccionó el número de tamiz correspondiente donde se dio énfasis a la seguridad de los colaboradores para la realización de este trabajo.

Se menciona los grupos de parámetros para el diseño de la explotación de la Cantera el Gavilán, los cuales son:

3.2.1. Factores geométricos de la cantera El Gavilán

El área de explotación se realiza en la forma de circo que en la actualidad presenta la cantera, los afloramientos de material de agregado se localizan desde el caserío Aylambo, ubicado al costado derecho de la zona de estudio, con buzamiento casi inclinado y horizontal. Las reservas del material del agregado son de vital importancia, las áreas que

circundan a la zona presentan el mismo tipo de material, por lo que en el trayecto del camino se conoce la presencia de nuevas canteras instaladas recientemente. Los límites del yacimiento con exactitud son de 37 hectáreas, pero en el diseño tomamos como referencia 30 metros de profundidad.

Tabla 15. Factores Geométricos del Yacimiento.

Factores Geométricos del Yacimiento	
Ancho del yacimiento	37 Has
Largo del yacimiento	37 Has
Potencia del yacimiento	30 m
Forma del yacimiento	Estratos
Inclinación del yacimiento	Subhorizontal

Fuente: Elaboración propia, 2017

3.2.2. Factores operativos de la cantera El Gavilán

La explotación en laderas, cuando la roca se arranca en la falda de un cerro la explotación en la cantera es de abajo hacia arriba, eso servirá para poder controlar los taludes en forma más eficiente y segura. Para minería de superficie en proyectos a cielo abierto, como en el caso de esta cantera, se emplea la perforación mecanizada del tipo de “perforación por banqueo”, que es el mejor método para la voladura de rocas ya que dispone de un frente libre para la salida y proyección del material, permitiendo una sistematización de las labores para material de agregado grueso y fino.

Si la cantera de materiales es de volumen considerable y de características físicas y mecánicas regularmente buenas de sus materiales de este depósito será considerado como cantera de explotación inmediata, para obras de construcción civil principalmente.

Modo de extracción

Se extrae en la actualidad la materia para agregado de forma rustica, los métodos de extracción son diversos, pero se conoce que el más eficaz sería en graderías en la cantera de manera que no se desestabilice la cantera para no tener problemas de derrumbes los cuales causarían accidentes y pérdidas económicas.

Posibilidades de uso

Las operaciones a gran escala de la explotación de canteras, no dependen necesariamente del trabajo en mayor magnitud o del uso de equipos de perforaciones sofisticados (lo que significa economía en la operación), sino de la posibilidad de que esta explotación requiera de una buena demanda respecto a los proyectos ingenieriles de la industria de la construcción.

Variedad de tamaño de los agregados

Este factor está referido a la heterogeneidad del yacimiento en cuanto a los diferentes tamaños de materiales que presente el depósito, es decir, que a fractura de sus materiales sea de regularmente buena hacia arriba.

Homogeneidad del yacimiento

Este criterio se refiere a las características físicas, mecánicas y geológicas de la roca, es decir la cantera debe ser en lo posible de una misma roca para no tener ningún problema con los aspectos antes mencionados.

Costo de explotación

Uno de los factores que pueden hacer económicamente prohibida la explotación es el costo del transporte del producto al lugar de consumo. Las entregas locales pueden hacerse en camiones y los transportes a larga distancia, si es posible, en barco, ya que los precios del transporte marino o fluvial son inferiores a los del ferrocarril.

Acceso a la cantera

Las canteras deberán tener libre acceso al lugar de explotación, con vías de comunicación interconectadas entre sí, ya que si el acceso es difícil para extraer los materiales estos tendrán tendencia a incrementar su costo, por lo difícil que será llegar a ellos o de caso contrario ser depreciados por inaccesibilidad al lugar de extracción.

Distancia de la cantera a la obra

Es necesario considerar la distancia de la cantera a la obra, porque el material a ser explotado estará en relación directa con el factor tiempo y costos de transporte, ya que si una cantera queda muy distante de la obra el precio de estos materiales será muy elevado por el incremento acarreado por el factor transporte y el mayor tiempo de mano de obra.

Posibilidades de negociar el material

La posibilidad de negociar el material de un depósito natural está ligada con los aspectos anteriores, como: calidad, cantidad; etc.

Método de explotación de las canteras

La explotación de materiales de la cantera El Gavilán se realiza a tajo abierto para evitar accidentes. La explotación se realiza con personal no calificado y sin ningún método racional, empleando para la extracción palas, picos, barretas si fuera necesario.

Se plantea el método más apropiado de explotación de canteras

Para la explotación de una cantera como El Gavilán es una cantera de cerro, para explotar los estratos de materiales que se diferencian por el contenido de finos y humedad natural, se realizó lo siguiente:

- Se efectuó un levantamiento topográfico de la zona donde se ubica la cantera.

- Se realizó un desbroce la cual se halló alterada por los agentes atmosféricos, no siendo tan compacta como las profundas. Esta operación se hizo a mano con picos, palas y se una excavadora. El transporte del material volado se lo realizó con un volquete de 15 cubos, cargado por una excavadora equipada con cucharón y picotón, se puede variar el ritmo de producción con incrementar la flota o los turnos de transporte.

- Después de realizado el desbroce se explotó de arriba hacia abajo penetrando en la ladera en forma escalonada de unos, con una sobre perforación de 30 cm cada barreno (vertical y

horizontal), aproximadamente. Suficiente para poder realizar los trabajos de extracción y transporte.

Estas plataformas tienen accesibilidad por los lados para poder sacar el material, pudiéndoles dar una pequeña pendiente y talud con el objeto de que no se estanque el agua de lluvia o se realicen filtraciones y así evitar desplomes.

Este método ofreció mayor seguridad a los trabajadores. El uso de mezclas de concreto las explotaciones en la cantera El Gavilán, se realizan con personal no calificado y sin ningún método racional, empleando para la extracción palas picos y barretas.

Tabla 16. Factores operativos en el diseño del Yacimiento

Factores operativos en el diseño de mina	
Método de explotación	Perforación por banqueo
Distancia de transporte	200 m
Altura de banco	2.4 m
Ancho de banco	2.5 m
Ángulo de talud de banco	65°
Talud final	60°
Dureza de roca	Regular y buena
Ratio piedra / desmorte	10/1
Factor de potencia	0.01 Kg/t
Factor de potencia con Anfo	0.03 Kg/t

Fuente: Elaboración propia, 2017

Factores operativos en el diseño de mina

A una altura de 2.4 m de banco final, se tienen las siguientes ventajas:

- Utilizar los equipos de carga para sanear el frente.
- Mantener condiciones de seguridad aceptables.
- Mayor control sobre la fragmentación en la voladura.
- Mayor rapidez en ejecución de rampas entre bancos.

- Menores niveles de vibraciones.
- Mejores condiciones para restauración y tratamiento de taludes finales.

El Ángulo de talud de la cantera El Gavilán, se encuentra en función de dos factores:

- a. Altura de banco:** Se utiliza durante el trabajo en roca dura, ángulos de talud entre 60° y 65°, para dejarlos con el ángulo definitivo y disponer de bermas de seguridad más prácticas.

Bermas (W): Según criterio de Ritchie (1963), modificadas por Evans y Call (1992):

$$W = 0.2 H + 2.0, \quad \text{para } H \leq 9.0 \text{ m}$$

H = altura de banco (m)

Para una altura de 2.4 m, el ancho de berma debería estar en 2.40 m, al estar cerca del límite establecido.

Para el Ancho de banco

El ancho del banco de la cantera está dado por la suma de los espacios precisos para el movimiento de la maquinaria que trabaja en ellos simultáneamente 4m.

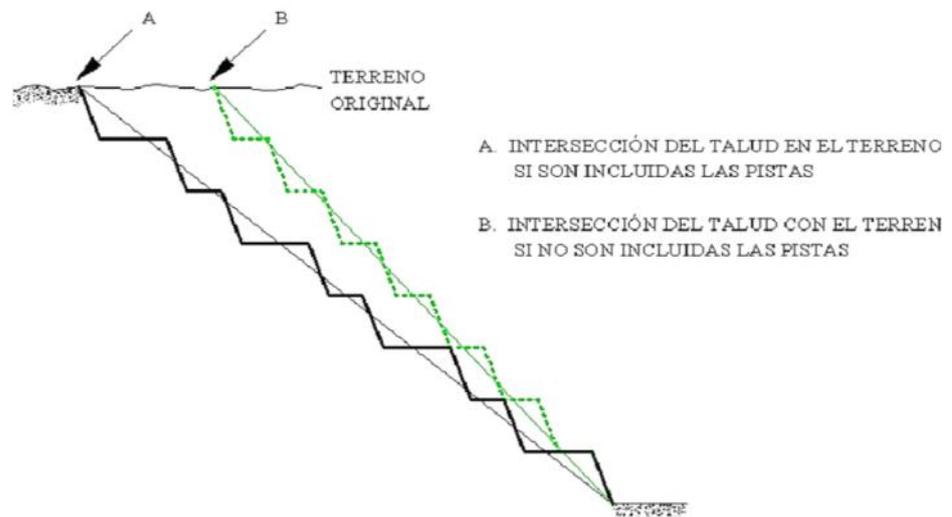


Figura 32: Sección Vertical de explotación con Talud Final.
Fuente: (Evans & Call, 1992).

Para el mejor control de los taludes en la cantera El Gavilán, se ejecutará un plan de monitoreo de taludes mediante levantamientos topográficos periódicos con curvas de nivel cada metro y mapeo geotécnico.

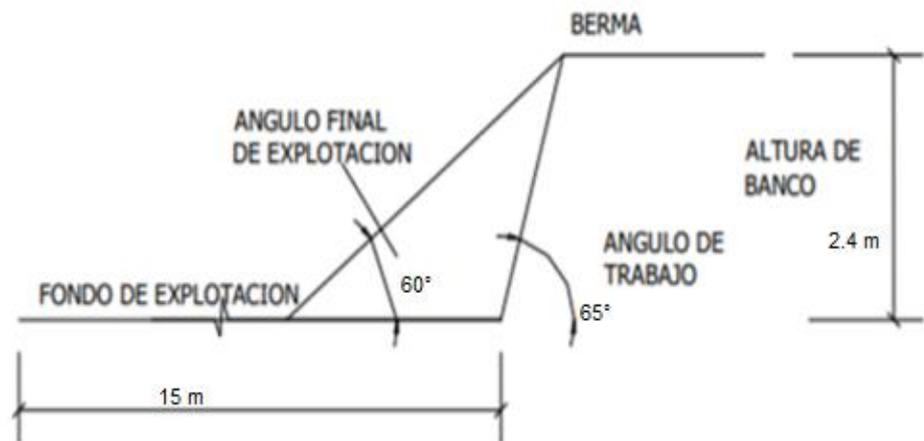


Figura 33: Sección Vertical de explotación con Talud Final.
Fuente: (Evans & Call, 1992).

3.2.3. Factores Geomecánicos

La determinación del comportamiento mecánico de la masa rocosa y sus componentes, se determinó mediante análisis de la zona, ensayos in-situ, mediante clasificaciones geomecánicas: como se encontró el RQD y el RMR por nivel de fracturamiento de la roca se realizó los ensayos in situ para cuantificar sus propiedades con el fin de emplearlas en el cálculo de diseño, basadas en factores que determinan su comportamiento mecánico como:

- Analizar las propiedades de la matriz rocosa
- Frecuencia y tipo de discontinuidades las cuales definen el grado de fracturamiento, el tamaño y la forma de los bloques del macizo, etc.
- Grado de meteorización o alteración
- Condiciones del agua subterránea, dado por las infiltraciones encontradas en la zona de estudio.



Figura 34. Discontinuidad del macizo rocoso cantera El Gavilán.
Fuente: Elaboración propia. (2017).

Meteorización

Para la descripción de la meteorización de la roca intacta se delimitó el dominio estructural, en la descripción de meteorización de la roca intacta la podemos ubicar en un término de ligeramente meteorizada debido a que la disolución presente es leve. Además, también se encuentran óxidos de hierro como se observa en la Figura 32. (Duque & Escobar, 1998)



Figura 35. Meteorización de la roca, cantera el Gavilán
Fuente: Elaboración propia. (2017).

Meteorización Física: Es visible el arranque directo de partículas debido la erosión; también existe la presencia de plantas provocando meteorización biológica.

Meteorización Química: el macizo rocoso presenta disolución de carbonatos esto se puede observar debido a la coloración blanquecina presente en la superficie de la roca.



Figura 36. Coloración blanquecina de la roca, cantera el Gavilán
Fuente: Elaboración propia. (2017).

Según el Grado de meteorización de ISRM, 1981, se clasificaría como ver figura 7:

Término	Descripción
FRESCA	No se observan signos de meteorización en la matriz rocosa.
DECOLORADA	Se observan cambios en el color original de la roca debidos a meteorización. Indicar el grado de cambio y si dicho cambio se limita a uno o varios minerales.
DESINTEGRADA*	Roca meteorizada a suelo, conservándose la fábrica original. <u>Los granos minerales están sin alterar, pero la roca es friable.</u>
DESCOMPUESTA*	Roca meteorizada a suelo, conservándose la fábrica original. Algunos o todos los granos minerales están descompuestos.

*Admiten grados: ligeramente (<10%), moderadamente (<35%), altamente (<75%), extremadamente (>75%)

Figura 37. Grado de Meteorización de la roca, cantera el Gavilán
Fuente: (ISRM, BS 5930: 1981).

Características de resistencia

Se realizó las pruebas de índices manuales sobre la roca intacta de la cantera El Gavilán previamente limpia de cualquier rastro de meteorización que dio como resultado una roca de grado: **R₃** cuyo rango de resistencia está entre 25 - 50 MPa.

Clase (a)	Calificación de la roca según su resistencia	Resistencia uniaxial (MPa)	Índice de carga puntual (MPa)	Estimación en terreno de la resistencia
R6	Extremadamente Resistente	> 250	> 10	Golpes de martillo geológico sólo causan descostramientos superficiales en la roca.
R5	Muy Resistente	100 – 250	4 – 10	Un trozo de roca requiere varios golpes de martillo geológico para fracturarse.
R4	Resistente	50 – 100	2 – 4	Un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse.
R3	Moderadamente Resistente	25 – 50	1 – 2	Un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible descostrar la roca con un cortaplumas.
R2	Débil	5 – 25	(b)	Un golpe con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial. La roca puede ser descostrada con una cortaplumas pero con dificultad.
R1	Muy Débil	1 – 5		La roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico. La roca puede ser descostrada con un cortaplumas.
R0	Extremadamente Débil	0,25 – 1		La roca puede ser indentada con la uña del pulgar.

Figura 38. Clasificación de la Resistencia., cantera el Gavilán
Fuente: (ISRM, BS 5930: 1981).



Figura 39. Orientación de las Discontinuidades, cantera El Gavilán
Fuente: Elaboración propia. (2017).

Según la figura 7 de valoración de la resistencia a la compresión uniaxial de la cantera el Gavilán, se encontró que presenta una valoración de 1 a 2 por la que la estructura del macizo rocoso presenta discontinuidades.

3.3. Caracterización del macizo rocoso cantera El Gavilán

3.3.1. Estación 1

Descripción del afloramiento

Tabla 17. Coordenadas de la Estación 1.

Zona	COORDENADAS GEODÉSICAS UTM (PSAD 56)	
E ₁	Norte	9204666
	Este	774822
	Cota	2847.56

Fuente: Elaboración propia, 2017.



Figura 40. Macizo Rocos de la Estación 1. Análisis Geomecánico
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Para el RQD “Rock Quality Designation”, (Palmstrom, 1982): Es un índice de estimación de la calidad del macizo rocoso a partir de perforaciones rotativas con extracción de testigos, pero al no contar con sondeos se puede calcular con la siguiente expresión dada por Palmstrom:

$$RQD = 115 - 3.3Jv$$

Dónde:

Jv = N° grietas/m³, que hace referencia al tamaño de grietas, en función del número de grietas por metro cúbico se obtiene Bloques Medianos. (Jv=17)

$$RQD = 115 - 3.3 \cdot 17$$

$$RQD = 59\%$$

Tabla 18. RQD, valoración de discontinuidades E1

ROCK QUALITY DESIGNATION	RQD	Estrato
Muy mala	0-25	
Mala	25-50	
Regular	50-75	59
Buena	75-90	
Excelente	90-100	

Fuente: Elaboración propia. (2017).

Según la figura 24, de valor de RQD en %, se concluye que la calidad de la roca de la cantera El Gavilán es de 59%.

Para determinar el RMR de Bieniawski (“Rock Mass Rating”)

Se obtiene por la suma de parámetros con una reducción que se establece en función de la disposición de las juntas.

Para determinar la clasificación del macizo rocoso, se determinó el RMR y se tomó en cuenta los sets: Estratos, Diaclasas 1 Diaclasas 2 (en dos estaciones Estación 1 y 2) que controla la estabilidad del talud natural. Los valores asignados a los distintos parámetros se han retocado, y se han definido de forma cuantitativa los adjetivos utilizados para la disposición de las juntas como se detalla ver Tabla 19:

Tabla 19. Valoración de macizo rocoso (RMR) - Estratos (Familia 1):

Valoración del Macizo Rocosó (R.M.R).Estratos (Cantera El Gavilán)										
Parámetro	Rango de Valores							Valoración		
R- Compre Uniaxial (Mpa)	>250 (15)		100-250(12)	X	50 - 100 (7)		25 - 50 (4)	<25 (2) - < 5 (1) < 1(0)	7	
RQD %	90-100 (20)	X	75-90 (17)		50 -75(13)		26 - 50 (8)	<25 (3)	16	
Espaciamento (m)	>2 (20)		0.6 - 2(15)	X	0.2 -0.6(10)		0.06-0.2(8)	<0.06(5)	10	
Condición de Juntas	Persistencia		>1m (6)		1-3 m(4)	X	3-10 m(2)	10-20 m(1)	>20 m(0)	2
	Apertura	X	Cerrada (6)		< 0.1mm(5)		0.1 - 1mm(4)	1 - 5 mm(1)	>5 mm(0)	5
	Rugosidad		Muy rugosa (6)		Rugosa(5)		Mod Rugosa(3)	X Lisa (1)	Muy Lisa (0)	2
	Relleno	X	Limpia (6)		Duro < 5mm(4)		Duro >5mm(4)	Blando < 5mm (2)	Blando > 5mm(0)	2
	Alteración	X	Sana (6)	X	Lev. Alterado (5)		Mod. Alterado(3)	Alta alteración(1)	Descompuesta (0)	3
Agua Subterránea		Seco (15)		Húmedo(10)		Mojado (7)		Goteo (7)	Flujo(0)	15
Valor total RMR (Suma de valoración de 1 a 5)									60	
Clase de Macizo Rocosó									CLASE III	
RMR	100-81		80-61		60-41		40-21	20-0		
Descripción	I MUY BUENA		II BUENA		III REGULAR		IV MALA	V MUY MALA		

Fuente: Elaboración propia, 2017.

En la Tabla 19, de aplicación de la Tabla de Bienamski, en la Estación 1, de los análisis de la cantera El Gavilán, se obtiene un promedio de 60 de RMR; del Valoración del Macizo Rocoso (R.M.R), para el Estratos de la Cantera El Gavilán, esto quiere decir que el macizo rocoso presenta regular condición y que corresponde al **Grado III** con la característica de **Roca Regular**.

Tabla 20 Valoración de macizo rocoso (RMR) - Diaclasas 1 (Familia 2)

Valoración del Macizo Rocoso (R.M.R), Diaclasa 1 (Cantera El Gavilán)										
Parámetro	Rango de Valores							Valoración		
R- Compre Uniaxial (Mpa)	>250 (15)		100-250(12)	X	50 - 100 (7)		25 - 50 (4)	<25 (2) - < 5 (1) < 1(0)	7	
RQD %	90-100 (20)	X	75-90 (17)		50 -75(13)		26 - 50 (8)	<25 (3)	12	
Espaciamiento (m)	>2 (20)		0.6 - 2(15)	X	0.2 -0.6(10)		0.06-0.2(8)	<0.06(5)	10	
Condición de Juntas	Persistencia		>1m (6)		1-3 m(4)	X	3-10 m(2)	10-20 m(1)	>20 m(0)	2
	Apertura		Cerrada (6)	X	< 0.1mm(5)		0.1 - 1mm(4)	1 -5 mm(1)	>5 mm(0)	5
	Rugosidad		Muy rugosa (6)		Rugosa(5)		Mod Rugosa(3)	X Lisa (1)	Muy Lisa (0)	2
	Relleno	X	Limpia (6)		Duro < 5mm(4)		Duro >5mm(4)	Blando < 5mm (2)	Blando > 5mm(0)	6
	Alteración		Sana (6)	X	Lev. Alterado (5)		Mod. Alterado(3)	Alta alteración(1)	Descompuesta (0)	5
Agua Subterránea	X	Seco (15)		Húmedo(10)		Mojado (7)		Goteo (7)	Flujo(0)	15
Valor total RMR (Suma de valoración de 1 a 5)									59	
Clase de Macizo Rocoso										
RMR	100-81		80-61		60-41		40-21	20-0	CLASE III	
Descripción	I MUJ BUENA		II BUENA		III REGULAR		IV MALA	V MUJ MALA		

Fuente: Elaboración propia, 2017.

En la Tabla 20, de aplicación de la Tabla de Bienamski, en la Estación 1, de los análisis de la cantera El Gavilán, se obtiene un promedio de 59 de RMR; del Valoración del Macizo Rocoso (R.M.R), para la diaclasa 1 de la Cantera El Gavilán, esto quiere decir que el macizo rocoso presenta regular condición y que corresponde al **Grado III** con la característica de **Roca Regular**.

Tabla 21. Valoración de macizo rocoso (RMR) - Diaclasas 2 (Familia 3)

Valoración del Macizo Rocosó (R.M.R.) Diaclasa 2 (Cantera El Gavilán)										
Parámetro	Rango de Valores							Valoración		
R- Compre Uniaxial (Mpa)	>250 (15)		100-250(12)	X	50 - 100 (7)		25 - 50 (4)	<25 (2) - <5 (1) < 1(0)	7	
RQD %	90-100 (20)	X	75-90 (17)		50 -75(13)		26 - 50 (8)	<25 (3)	11	
Espaciamiento (m)	>2 (20)		0.6 - 2(15)	X	0.2 -0.6(10)		0.06-0.2(8)	<0.06(5)	10	
Condición de Juntas	Persistencia		>1m (6)		1-3 m(4)	X	3-10 m(2)	10-20 m(1)	>20 m(0)	3
	Apertura	X	Cerrada (6)	X	< 0.1mm(5)		0.1 - 1mm(4)	1 -5 mm(1)	>5 mm(0)	3
	Rugosidad		Muy rugosa (6)		Rugosa(5)		Mod Rugosa(3)	X Lisa (1)	Muy Lisa (0)	3
	Relleno	X	Limpia (6)		Duro < 5mm(4)		Duro >5mm(4)	Blando < 5mm (2)	Blando > 5mm(0)	5
	Alteración		Sana (6)	X	Lev. Alterado (5)		Mod. Alterado(3)	Alta alteración(1)	Descompuesta (0)	3
Agua Subterránea	X	Seco (15)		Húmedo(10)		Mojado (7)		Goteo (7)	Flujo(0)	15
Valor total RMR (Suma de valoración de 1 a 5)									60	
Clase de Macizo Rocosó										
RMR	100-81		80-61		60-41		40-21	20-0	CLASE III	
Descripción	I MUJ BUENA		II BUENA		III REGULAR		IV MALA	V MUJ MALA		

Fuente: Elaboración propia, 2017.

En la Tabla 21, de aplicación de la Tabla de Bienamski, en la Estación 1, de los análisis de la cantera El Gavilán, se obtiene un promedio de 60 de RMR; del Valoración del Macizo Rocosó (R.M.R), para la diaclasa 2 de la Familia 3 de la Cantera El Gavilán, esto quiere decir que el macizo rocoso presenta **Clase III, o de Grado III** con la característica de calidad de **Roca Regular**.

Por lo tanto, del promedio de las 3 valoraciones de la Estación 1 es de **60 de RMR**, esto quiere decir que el macizo rocoso presenta regular condición y que corresponde al **Grado III** con la característica de **Roca Regular**.

3.3.2 Estación 2

Descripción del afloramiento

Tabla 22. Coordenadas de la Estación 2.

Zona	COORDENADAS GEODÉSICAS UTM (PSAD 56)	
A ₂	Norte	9193457
	Este	774687
	Cota	2847.56

Fuente: Elaboración propia, 2017.



Figura 41. Macizo Rocoso de la Estación 2. Análisis Geomecánico
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Para el RQD “Rock Quality Designation”, (Palmstrom, 1982):

Es un índice de estimación de la calidad del macizo rocoso a partir de perforaciones rotativas con extracción de testigos, pero al no contar con sondeos se puede calcular con la siguiente expresión dada por Palmstrom: $RQD = 115 - 3.3Jv$. (Deere, 1982).

Dónde:

$Jv = N^{\circ}$ grietas/ m^3 , que hace referencia al tamaño de grietas, en función del número de grietas por metro cúbico se obtiene Bloques Medianos. ($Jv=15$)

$$RQD = 115 - 3.3 \cdot 15$$

$$RQD = 66\%$$

Tabla 23. RQD, valoración de discontinuidades E1

ROCK QUALITY DESIGNATION	RQD	Estrato
Muy mala	0-25	
Mala	25-50	
Regular	50-75	66
Buena	75-90	
Excelente	90-100	

Fuente: Elaboración propia. (2017).

Según la figura 24, de valor de RQD en %, se concluye que la calidad de la roca de la cantera El Gavilán es de 66%.

Para determinar el RMR de Bieniawski (“Rock Mass Rating”)

Se obtiene por la suma de parámetros con una reducción que se establece en función de la disposición de las juntas.

Para determinar la clasificación del macizo rocoso, se determinó el RMR y se tomó en cuenta los sets: Estratos, Diaclasas 1 Diaclasas 2 que controla la estabilidad del talud natural. utilizados para la disposición de las juntas como se detalla ver Tabla 45:

Tabla 24. Valoración de macizo rocoso (RMR) - Estratos

Valoración del Macizo Rocosó (R.M.R).Estratos (Cantera El Gavilán)											
Parámetro		Rango de Valores					Valoración				
R- Compre Uniaxial (Mpa)		>250 (15)	X	100-250(12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25 (2) - < 5 (1) < 1(0)	7			
RQD %	X	90-100 (20)		75-90 (17)	50 -75(13)	26 - 50 (8)	<25 (3)	13			
Espaciamento (m)		>2 (20)		0.6 - 2(15)	X	0.2 -0.6(10)	0.06-0.2(8)	<0.06(5)	10		
Condición de Juntas	Persistencia			>1m(6)		1-3 m(4)	3-10 m(2)	10-20 m(1)	>20 m(0)	1	
	Apertura	X		Cerrada (6)		< 0.1mm(5)	0.1 - 1mm(4)	1 - 5 mm(1)	>5 mm(0)	3	
	Rugosidad			Muy rugosa (6)		Rugosa(5)	Mod Rugosa(3)	X	Lisa (1)	Muy Lisa (0)	3
	Relleno	X		Limpia (6)		Duro < 5mm(4)	Duro >5mm(4)	Blando < 5mm (2)	Blando > 5mm(0)	5	
	Alteración			Sana (6)	X	Lev. Alterado (5)	Mod. Alterado(3)	Alta alteración(1)	Descompuesta (0)	3	
Agua Subterránea	X			Seco (15)		Húmedo(10)	Mojado (7)	Goteo (7)	Flujo(0)	15	
Valor total RMR (Suma de valoración de 1 a 5)								60			
Clase de Macizo Rocosó											
RMR		100-81		80-61		60-41		40-21		20-0	CLASE III
Descripción		I MUJ BUENA		II BUENA		III REGULAR		IV MALA		V MUJ MALA	

Fuente: Elaboración propia, 2017.

En la Tabla 24, de aplicación de la Tabla de Bienamski, en la Estación 2, de los análisis de la cantera El Gavilán, se obtiene un promedio de 60 de RMR; del Valoración del Macizo Rocoso (R.M.R), para el Estratos de la Cantera El Gavilán, esto quiere decir que el macizo rocoso presenta regular condición y que corresponde al **Grado II** con la característica de **Roca Regular**.

Tabla 25. Valoración de macizo rocoso (RMR) - Diaclasas 1 (Familia 2)

Valoración del Macizo Rocoso (R.M.R). Diaclasa 1 (Cantera El Gavilán)											
Parámetro	Rango de Valores							Valoración			
R- Compre Uniaxial (Mpa)	>250 (15)	X	100-250(12)	X	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25 (2) - < 5 (1) < 1(0)	8			
RQD %	X	90-100 (20)	75-90 (17)		50 -75(13)	26 - 50 (8)	<25 (3)	13			
Espaciamiento (m)		>2 (20)	0.6 - 2(15)	X	0.2 -0.6(10)	0.06-0.2(8)	<0.06(5)	10			
Condición de Juntas	Persistencia		>1m (6)		1-3 m(4)	X	3-10 m(2)	10-20 m(1)	>20 m(0)	2	
	Apertura	X	Cerrada (6)		< 0.1mm(5)		0.1 - 1mm(4)	1 -5 mm(1)	>5 mm(0)	5	
	Rugosidad		Muy rugosa (6)		Rugosa(5)		Mod Rugosa(3)	X	Lisa (1)	Muy Lisa (0)	1
	Relleno	X	Limpia (6)		Duro < 5mm(4)		Duro >5mm(4)		Blando < 5mm (2)	Blando > 5mm(0)	2
	Alteración		Sana (6)	X	Lev. Alterado (5)		Mod. Alterado(3)		Alta alteración(1)	Descompuesta (0)	3
Agua Subterránea	X	Seco (15)		Húmedo(10)		Mojado (7)		Goteo (7)	Flujo(0)	15	
Valor total RMR (Suma de valoración de 1 a 5)								59			
Clase de Macizo Rocoso								CLASE III			
RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	20-0						
Descripción	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA						

Fuente: Elaboración propia, 2017.

En la Tabla 25, de aplicación de la Tabla de Bienamski, en la Estación 2, de los análisis de la cantera El Gavilán, se obtiene un promedio de 59 de RMR; del Valoración del Macizo Rocoso (R.M.R), para la diaclasa 1 de la Cantera El Gavilán, esto quiere decir que el macizo rocoso presenta regular condición y que corresponde al **Grado III** con la característica de **Roca Regular**.

Tabla 26. Valoración de macizo rocoso (RMR) - Diaclasas 2 (Familia 3)

Valoración del Macizo Rocosó (R.M.R). Diaclasa 2 (Cantera El Gavilán)									
Parámetro	Rango de Valores							Valoración	
R- Compre Uniaxial (Mpa)	>250 (15)	X	100-250(12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25 (2) - < 5 (1)	< 1(0)	8	
RQD %	X	90-100 (20)	75-90 (17)	50 -75(13)	26 - 50 (8)	<25 (3)		13	
Espaciamento (m)		>2 (20)	0.6 - 2(15)	X	0.2 -0.6(10)	0.06-0.2(8)	<0.06(5)	10	
Condición de Juntas	Persistencia		>1m (6)	1-3 m(4)	3-10 m(2)	X	10-20 m(1)	>20 m(0)	1
	Apertura	X	Cerrada (6)	< 0.1mm(5)	0.1 - 1mm(4)		1 -5 mm(1)	>5 mm(0)	3
	Rugosidad		Muy rugosa (6)	Rugosa(5)	Mod Rugosa(3)	X	Lisa (1)	Muy Lisa (0)	3
	Relleno	X	Limpia (6)	Duro < 5mm(4)	Duro >5mm(4)		Blando < 5mm (2)	Blando > 5mm(0)	5
	Alteración		Sana (6)	X	Lev. Alterado (5)	Mod. Alterado(3)	Alta alteración(1)	Descompuesta (0)	5
Agua Subterránea	X	Seco (15)	Húmedo(10)	Mojado (7)	Goteo (7)	Flujo(0)		15	
Valor total RMR (Suma de valoración de 1 a 5)								63	
Clase de Macizo Rocosó									
RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	20-0	CLASE II			
Descripción	I MUJ BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUJ MALA				

Fuente: Elaboración propia, 2017.

En la Tabla 26, de aplicación de la Tabla de Bienamski, en la Estación 2, de los análisis de la cantera El Gavilán, se obtiene un promedio de 63 de RMR; del Valoración del Macizo Rocosó (R.M.R), para la diaclasa 2 de la Cantera El Gavilán, esto quiere decir que el macizo rocoso presenta **Clase II, o de Grado II** con la característica de calidad de **Roca Buena**.

El promedio de las mediciones de la Estación 2 es de 61 de RMR presenta **Clase II, o de Grado II** con la característica de calidad de **Roca Buena**.

Por lo tanto, del promedio de las 2 valoraciones de la Estación 1 y 2 presentan de regular (Estación 1) y buena (Estación 2).

3.4. Etapas del Plan de minado

Se describe las actividades a desarrollar en el área del proyecto de explotación en la cantera El Gavilán cuenta con cinco etapas bien definidas que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 27. Clasificación de material El Gavilán.

N°	Etapas	Actividad
1	Planificación	-Petitorio minero -Levantamiento topográfico -Trámite DIA -Diseño de vías de acceso e infraestructura.
2	Construcción	- Limpieza del terreno y construcción - Afirmado de las vías de acceso - Movimiento y traslado del material de construcción - Infraestructura para guardianía, almacén servicios higiénicos. - Acondicionamiento de áreas de acopio - Acondicionamiento de instalaciones para la cantera de material de agregados.
3	Operación	-Desbroce -Excavación y extracción Acarreo para el botadero -Carguío -Transporte
4	Mantenimiento	-Mantenimiento de accesos -Limpieza de residuos solidos
5	Abandono	- Perfilado de taludes - Revegetación del área - Desmontaje de la infraestructura - limpieza del área.

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Planificación: En la etapa de planificación se consideró los trámites administrativos previos y necesarios para efectuar el trabajo de explotación, así como el diseño técnico necesario para el aprovechamiento del recurso minero no metálico, dentro de la cantera el Gavilán.

Construcción: Para la etapa de construcción se empezó con la limpieza del terreno para luego trazar, construir y afirmar las vías de acceso a la cantera proyectada, teniendo en cuenta el diseño de explotación del plan de minado, luego se construirá el ambiente para la guardianía, el almacén de materiales y el silo correspondiente. Posteriormente se procedió a limpiar un área que destinada al acopio del suelo orgánico o capa fértil recuperados del desbroce ubicándola cerca de la cantera para mayor eficiencia de operación y donde la principal actividad sea de proteger con plásticos el suelo, acopiando para evitar su dispersión.

Posteriormente se hizo el trazo del tajo, según el plan de minado la construcción de las cunetas de drenaje de aguas pluviales tanto de las vías de acceso como de la cantera El Gavilán y demás componentes del proyecto.

Operación: La etapa de operación se inició con el desbroce dado que el minería limpio y de características económicas se encuentra debajo del suelo con material orgánica en ladera, por consiguiente será necesario desbrozar este material y acumularlo temporalmente cerca del tajo en un lugar donde no altere el drenaje de aguas superficiales, posteriormente se procede a la extracción del material, según el diseño planteado en el plan de minado y se irá acumulando el material en la zona más baja del tajo en retirada para posteriormente sea cargado y transportado a los clientes.

Mantenimiento: La etapa de manteniendo se realizó durante toda la vida útil de la cantera y para eso se preparó un programa anual que contemplará y el de limpieza del programa de residuos sólidos generados por la operación.

Abandono: Para el abandono se procederá al cierre del tajo, dentro del cual se colocará el material sin valor económico en la zona más baja tratando de nivelarlo para evitar acumulación de aguas pluviales

posteriormente se colocará el suelo orgánico acumulado para este fin, quedando así el suelo apto para revegetarlo u otros fines.

A si mismo se pondrán en práctica acciones de protección de taludes en la cantera, se procederá a la excavación de huecos para la siembra de plántulas de especies nativas de la zona las plántulas serán definida teniendo en cuenta la altitud y la ubicación de la zona del lugar.

3.5. Proceso productivo de la cantera “El Gavilán”

Para la producción de la cantera se solicitó información al Representante de la calera Sr. Luis Alberto Becerra Cieza y se procedió analizar la data desde el año 2007 al 2015, así también informó que la cantera funcionaba desde hace años atrás pero que a partir del año 2007 compra la calera hasta la fecha. El análisis se realizó con el objeto de determinar la situación actual de las condiciones reales existentes in situ en las actividades del mineral que se explota en la cantera en estudio. Los materiales explotados son agregados de cerro y material estéril que se deposita en sedimentos de la cubierta vegetal de la cantera.

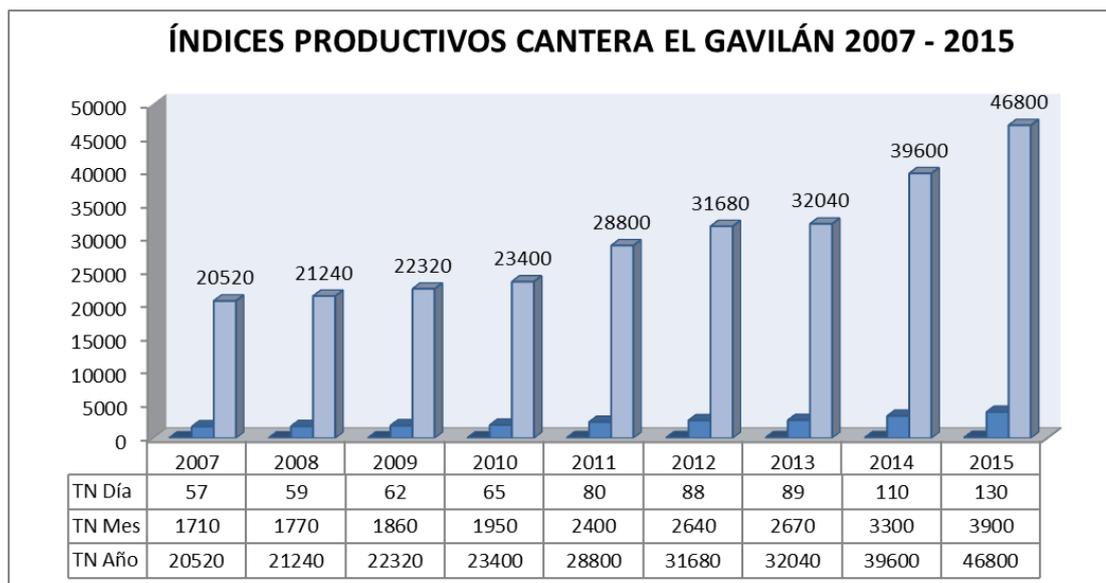


Figura 42. Índices productivos, 2017.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

En la Figura 39, de índices de productividad de mina 2017, desde el período 2007-2015 al analizar los resultados, se observa un incremento de producción desde el año 2010 al 2015 en la calera El Gavilán de 42%, se estima que los incrementos mayores se dan a partir del año 2011, por la compra de maquinaria como 2 retroexcavadoras y 1 cargador frontal que mejoró la eficiencia de producción en la calera. Se aprecia que la producción mensual estimada desde los años 2007 al 2010 es menor a 61 toneladas.



Figura 43. Productividad por día, cantera El Gavilán 2017.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

En la Figura 40, de índices de productividad de mina 2017, desde el período 2007 al analizar los resultados, se observa la productividad promedio por mes de 54.8 Tn.

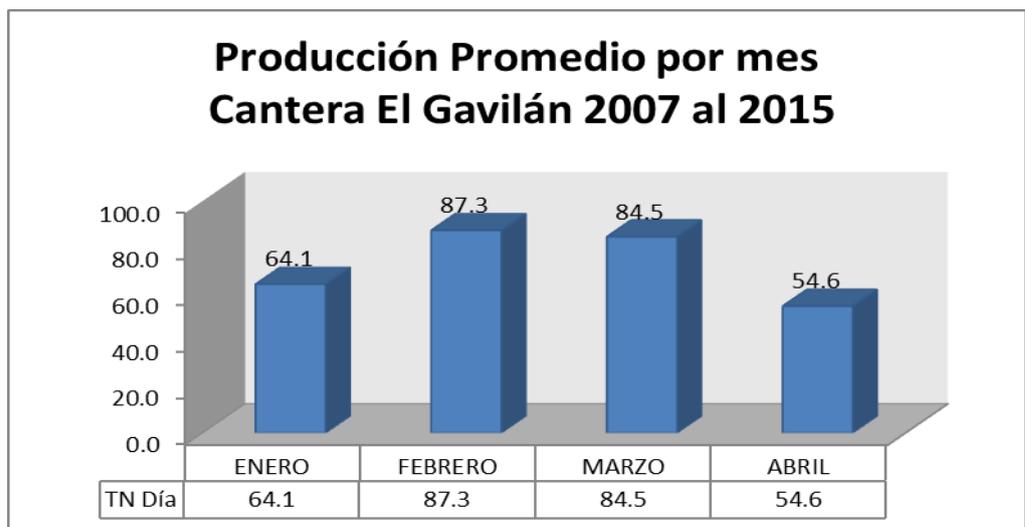


Figura 44. Producción por mes de la cantera El Gavilán 2017.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

En la Figura 41, de índices de producción promedio por mes se aprecia que durante el periodo el mes de febrero presenta la mayor producción con 87.3Tn seguido por el mes de marzo apreciando que abril es el mes con menor producción con 54.6Tn.

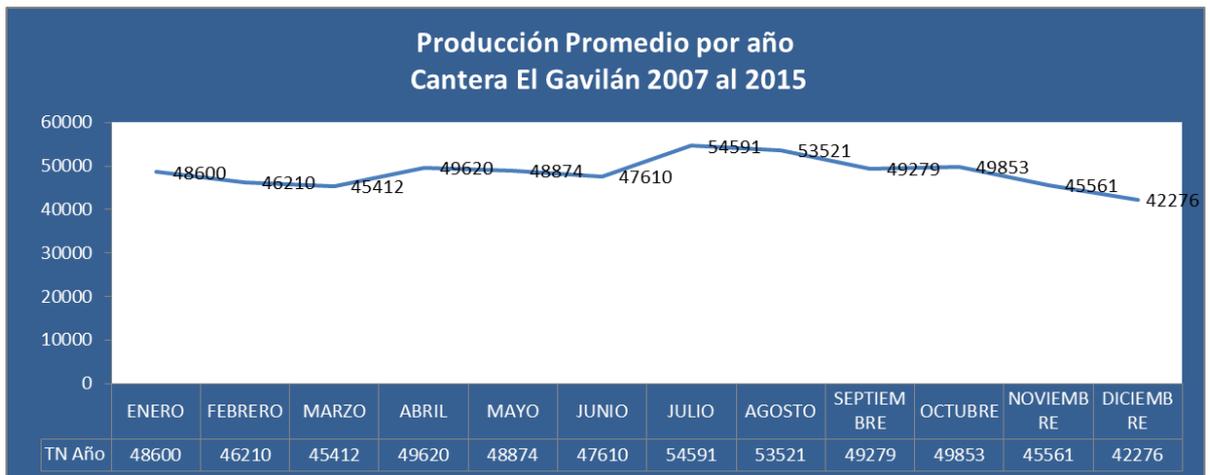


Figura 45. Producción por año de la cantera El Gavilán 2017.

Fuente: Elaboración propia, 2017.

En la Figura 42, de índices de producción promedio por año, se aprecia que durante el periodo el mes de febrero presenta la menor producción con 46210 Tn y el mes de julio se aprecia que presenta la mayor producción promedio con 54591 Tn, existiendo una disminución a 42276 Tn en el mes de diciembre, por lo que se deduce que en el mes de diciembre la baja producción se debe al inicio de fiestas navideñas.

3.5.1. Programación de producción

Para la propuesta de un plan de minado en la cantera El Gavilán se debe analizar las distintas alternativas como un cambio total en las políticas de manejo de personal y exigir un cambio de mentalidad y capacitación en el personal de la cantera para poder adaptarse a los cambios en los procesos.

Adicionalmente se debe indicar que en la actualidad la empresa cuenta con dos retroexcavadoras y un cargador frontal y 10 camiones. El estudio geológico realizado en la cantera El Gavilán estimó como recursos de material de agregado lo siguiente:

a. Volumen de la cantera a extraer

La cantera El Gavilán, cuenta con infraestructura apropiada para la correcta distribución de sus unidades: cantera, zona de desmonte, zarandeo, etc.

Los desmontes sobrantes, se llevan al botadero donde se almacenan para su posterior comercialización para pavimentación de carreteras. Por lo que de cada 10 toneladas de material producido una tonelada es considerada como material de desmonte.

Tabla 28. Cálculo de volumen a extraer

Cálculo Total del volumen - cantera El Gavilán				
N° Banco	Volumen (M ³)	P.e	Tonelaje	Desmonte 10%
1	9992.7	2.47	24682.0	2468.2
2	35250	2.47	87067.5	8706.8
3	55987	2.47	138287.9	13828.8
TOTAL			250037.4	25003.7

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Se ha dispuesto un área de 3500 m² al sur de la cantera para el funcionamiento de botadero.

Tabla 29. Cálculo de capacidad del botadero.

Área (M ²)	Altura (M)	Volumen	P. e.	Capacidad (Tm)
3500	2.4	23990	2.47	59255.3

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Si la producción anual de 70200 TM de material, de las cuales 10% irán como desmonte al botadero, es decir 70200.0 TM/ año, por lo que la vida útil del botadero será:

$$\text{Vida útil de botadero} = \frac{\text{Capacidad}}{\text{producción anual de desmonte}}$$

$$\text{Vida útil de botadero} = \frac{592505.3}{70200}$$

$$\text{Vida útil de botadero} = 8 \text{ años}$$

b. Estimado de producción

En la cantera El Gavilán se trabajará 08 horas/día, 24 días/mes y se estima la siguiente producción para el año 2017, durante el periodo de estudios de la presente tesis profesional.

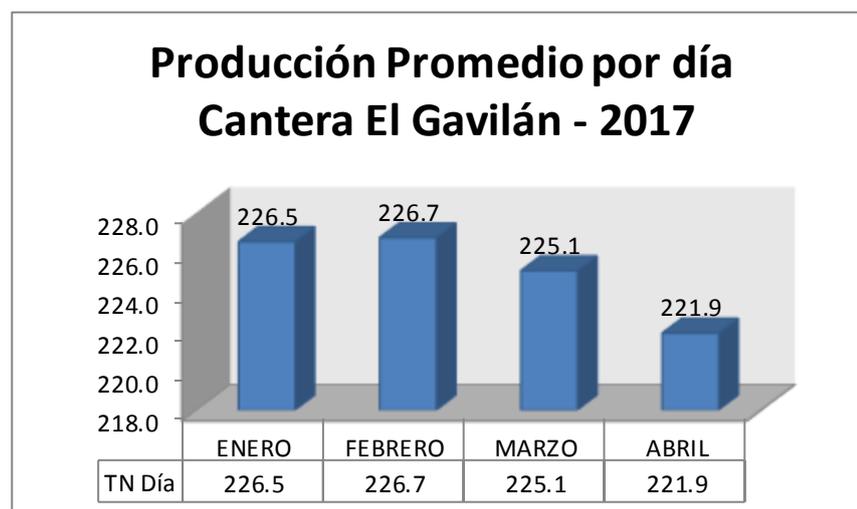


Figura 46. Producción por mes de la cantera El Gavilán 2017.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

En la Figura 24, de producción promedio por día del año 2017, se aprecia que la producción promedio programada es de 225 Tn por día durante los cuatro meses en estudio, se aprecia que en el mes de enero se incrementa la producción 226.6 Tn y el mes con menor producción es abril con 221.9 Tn. La producción programada por mes será de 5850Tn por mes con una producción programada anual de 70200 Tn.

Vida útil de la cantera:

Para el cálculo de la vida útil de la cantera es la siguiente:

$$\text{Vida útil de Mina} = \frac{\text{Reserva}}{\text{producción anual de Material}}$$

$$\text{Vida útil de botadero} = \frac{250003.7}{70200}$$

$$\text{Vida útil de Mina} = 35 \text{ años}$$

c. Plan de producción anual

La cantera El Gavilán se ha proyectado trabajar en los bancos señalados (Ver Tabla 16) en los cuales se han calculado extraer 250037.4 Tn de material para agregado que serán extraídos en menos de 12 meses los cuales tomando en consideración los meses de lluvias que no se han de trabajar dan como resultado un total de 2 a 3 años de operación.

Se considera que en la primera etapa de explotación el desmonte extraído del suelo orgánico producto del desbroce, se generará al momento de extraer los bancos.

Para la propuesta de un plan de minado para mejorar la productividad de la cantera el gavilán, al sur este de la ciudad de Cajamarca presenta el siguiente planeamiento de minado para un año.

Planteamiento para el año 1

Tabla 30. Cálculo de capacidad del botadero.

Volumen de producción anual Cantera El Gavilán													
N° Banco	Material de agregado (M ³)	Meses											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	9992.7	5850											
2	35250		5800	5800	6600	6600	1150						
3	55987						5400	6600	6600	6600	6600	6600	6600

Fuente: Elaboración propia, 2017.

d. Costos de producción

Los costos de producción de la cantera El Gavilán se fraccionan en costos variables y costos fijos, como se detallan:

Costos variables: Considerados como costos variables tenemos: costos de insumos, costos de mano de obra directa, costos de equipos/ vehículos y herramientas, costos en implementos de seguridad y otros costos que se utilizan en la cantera El Gavilán.

Tabla 31: Costos de mano de obra – cantera El Gavilán

Costos de mano de obra directa	Unidad	Cantidad (horas/mes)	Costo hora	Total personal	Importe mensual
Personal posiciones	Se consideró 8 horas día y 24 días mes de trabajo.				
1.- Cantera					
Maestro ayudante	HH	200	\$1,78	1	\$356.00
Obreros	HH	200	\$1.60	4	\$1280
Cargadores de material	HH	1200	\$1.60	3	\$576.00
\$3,876.00					
2.-zarandas (3)					
Operarios	HH	1200	\$1.60	1	\$1,920.00
3.- Almacenamiento y carguío de unidades					
Operarios	HH	1200	\$1.60	10	\$19,200.00
Total mano de obra global	HH	8000		40	\$23,332

Tabla 32. Costos de equipos, vehículos y herramientas.

Equipos, vehículos y herramientas	Unidad	Costo equipo	Cantidad	Vida útil (mes)	Depreciación de equipos y herramientas
Listado de Equipos					
Camiones	US\$	\$35,700.00	10	75	\$4760.00
Cargador frontal	US\$	\$48,059.00	1	120	\$400.496
Retroexcavadoras	US\$	\$70,500.00	2	150	\$940.00

1.- costo de recuperación de equipos para operación					\$6100.496
2.- costos de recuperación de vehículos	US\$	\$32,142.00	1	48	\$669.63
Listado de herramientas					
- Carretilla	US\$	\$100.00	20	6	\$333.33
- Palanas	US\$	\$16.00	20	4	\$80.00
- Picotas	US\$	\$16.00	20	6	\$53.33
- Barretas	US\$	\$53.60	12	6	\$107.20
-Combos	US\$	\$28.60	15	6	\$71.50
3.- costos de recuperación de herramientas					\$645.37
total costos de equipos/vehículos y herramientas					\$7,415.49

Fuente: Elaboración propia - 2017.

Tabla 33. Costos en implementos de seguridad y otros.

Costos en implementos de seguridad	Unidad	Cantidad	C.U.	Tiempo uso	Parcial
Implementos de seguridad					
Casco de Seguridad	US\$ /Mes.	10x	\$10.70/	0.06=	\$28.89
Zapatos de Seguridad	US\$ /Mes.	180	\$35.70	0.015	\$96.39
Chaleco Reflectivo	US\$ /Mes.	300	\$12.50	0.005	\$18.75
Traje Tivex	US\$ /Mes.	500	\$7.14	0.005	\$17.85
Guantes de Seguridad	US\$ /Mes.	250	\$2.50	0.00125	\$0.78
Lentes de Seguridad	US\$ /Mes.	600	\$1.40	0.00125	\$1.05
Tapones Auditivos	US\$ /Mes.	800	\$1.40	0.00125	\$1.40
Respiradores	US\$ /Mes.	90	\$21.40	0.0075	\$14.45
Filtros de Polvos	US\$ /Mes.	180	\$5.40	0.0025	\$2.43
Costo total de implementos de seguridad					\$181.99
Otros costos variables					\$780.00

Fuente: Elaboración propia - 2017.

Costos fijos: Dentro de los costos fijos de la cantera El Gavilán, tenemos: se cuenta con gastos generales y administrativos, servicios varios, seguros y derechos de concesión, personal técnico administrativo y otros costos fijos.

Tabla 34: Gastos generales y administrativos.

Gastos generales y administrativos cantera El Gavilán						
	unidad	cantidad	c.u.	tiempo uso	Parcial	Totales
Teléfonos	Glob.	4	\$17.85	1	\$71.40	
Papelería y útiles de escritorio	Glob.	1	\$53.60	1	\$53.60	
						\$125.00
Equipos, artículos varios			Costo	Tiempo. /Disp.		
Equipos de comunicación	Glob.	1	\$35.70	1	\$35.70	
						\$35.70
Total						\$160.70
Servicios varios	US\$					\$1,500.00

Fuente: Elaboración propia - 2017.

Tabla 35: Seguros, derechos de concesión.

Seguros, derechos de concesión - cantera El Gavilán						
Seguros	Unidad	Cantidad	Cost./Mes	%	Parcial	Totales
Seguros SCTR	US\$	1	\$71.42	1	\$71.42	
Seguro de salud	US\$	1	\$89.30	1	\$89.30	
						\$160.72
Concesión						
Pago vigencia y penalidad	US\$	1	\$150.00	1	\$150.00	
						\$150.00
Total						\$310.72

Fuente: Elaboración propia - 2017.

Tabla 36: Seguros y derechos de concesión.

Personal técnico administrativo - cantera El Gavilán						
	Unidad	Cantidad	Us\$	%	Parcial	Totales
Gerente general	US\$ /Mes.	1	\$1,200.00	1	\$1,200.00	
Gerente administrativo	US\$ /Mes.	1	\$1,000.00	1	\$1,000.00	
Asistente administrativo	US\$ /Mes.	1	\$800.00	1	\$800.00	
Prevencionista	US\$ /Mes.	1	\$1,200.00	1	\$1,200.00	
Otros costos fijos						\$3,500.00
Costo total de personal técnico administrativo						\$4,200.00

Fuente: Elaboración propia - 2017.

Procesamiento de datos

Para procesar los datos obtenidos se realizó durante los meses de marzo y abril se contrastaron diferentes costos anteriores con los actuales ya aplicados en el estudio de investigación en comparación costos anteriores de la cantera El Gavilán, como se detalla a continuación:

a. Para la producción del material de agregado

Después de procesar los datos obtenidos en campo obtenemos los siguientes resultados de producción de material de agregado como se detalla:

Tabla 37: Producción total día/mes/año.

Predio	ZONAS	TN Día	TN Mes	TN Año
E ₁	Z1	122	2928	35136
E ₂	Z2	103	2472	29664
Total	10	225	5400	64800

Fuente: Elaboración propia - 2017.

De la tabla 23, se menciona una producción de 225 Tn por día, 5400 Tn por mes y 64800 Tn por año de material de agregado de la cantera El Gavilán.

a. Costos unitarios de la producción de material de agregado

Se presenta los costos unitarios de producción del material de agregado (arena gruesa, arena fina y hormigón), estimados que afectan la parte de costos y presupuestos la cantera El Gavilán.

Tabla 38: Costos unitarios - producción

Estructura de costos de material de agregado				
	Unidad	Global	Unitario	
Producción mensual	TM	1000		
Costos variables				
1. Costo de mano de obra directa	US\$ /mes.	\$23332	\$23.33	
2. Costo de equipos/vehículos y herramientas	US\$ /mes.	\$7,415.49	\$7,15	
3. Implementos de seguridad	US\$ /mes.	\$181.99	\$1.8	
4. Otros costos variables	US\$ /mes.	\$780.00	\$7.8	
Total de costos variables		\$30929.48	\$30.92	
Costos fijos				
1. Gastos generales y administrativos	US\$ /mes.	\$160.70	\$1.6	
2. Servicios varios	US\$ /mes.	\$1,500.00	\$1.5	
3. Seguros, derechos de concesión	US\$ /mes.	\$310.72	3.1	
4. Personal técnico administrativo	US\$ /mes.	\$2,400.00	4	
5. Otros costos fijos	US\$ /mes.	\$3,500.00	\$3.5	
Total costos fijos	US\$ /mes.	\$7,871.42	\$7.87	
Total de costo de producción			\$82.31	0.12
Utilidad (%)			\$9.90	
Flete			\$ 35.7	

Fuente: Elaboración propia - 2017.

Cálculo de la productividad

Luego de obtener los resultados de las variables a investigar en un inicio, se procede a calcular la estimación de la productividad del año 2017, en función a la utilidad o ganancia que se obtiene del proceso y comercialización de los materiales de agregado de la cantera El Gavilán. Los resultados obtenidos son que realizando el trabajo operativo al 100% se produce 225 Tn por día generando así una utilidad de 2718.00 dólares por día, según lo programado. Como se detalla a continuación.

Tabla 39: Cálculo de la productividad de material de agregado

Año	Tn /día	Costo/unitario de producción(\$/Tn)	Precio unitario de ventas(\$/Tn)	Productividad (\$/Tn)	Total productividad/día (\$/día)
2017	225	112.92	125	12.08	2718

Fuente: Elaboración propia - 2017.

b. Para encontrar las estadísticas del índice de productividad incrementado.

Después de obtener información de la empresa en años anteriores según los registros de ventas, pedidos, control de operaciones y declaraciones en Sunat y los datos obtenidos en al año 2017, se registró lo siguiente:

Tabla 40: Estadística de incremento de productividad.

AÑO	Tn /día	Costo/unitario de producción(\$/Tn)	Precio unitario de ventas(\$/Tn)	Productividad (\$/Tn)	Total productividad/día (\$/día)
2017	225	112.92	125	12.08	2718
2016	138	109.8	125	15.2	2097.6
2015	130	110.9	127	16.1	2093
2014	110	107.2	125	17.8	1958
2013	89	101.3	121	19.7	1753.3
2012	88	110.4	123	12.6	1108.8
2011	80	109.8	121	11.2	896
2010	65	112.7	121	8.3	539.5
2009	62	115.3	123	7.7	477.4
2008	59	118.1	125	6.9	407.1
2007	57	119.4	125	5.6	319.2

Fuente: Elaboración propia - 2017.

En la Tabla 40, de estadísticas de incremento de productividad de material de agregado producido por día, desde el año 2007, al año 2017 se obtiene:

Figura 47: Estadística de incremento de productividad 2017.



Fuente: Elaboración propia - 2017.

El costo operativo de material de agregado producido es importante para el incremento de la productividad, por lo que se infiere que mientras el costo de producción del material de agregado sea menor en relación a las Tn de material producido según lo planificado, la productividad de la utilidad será mayor. Ver figura 19.

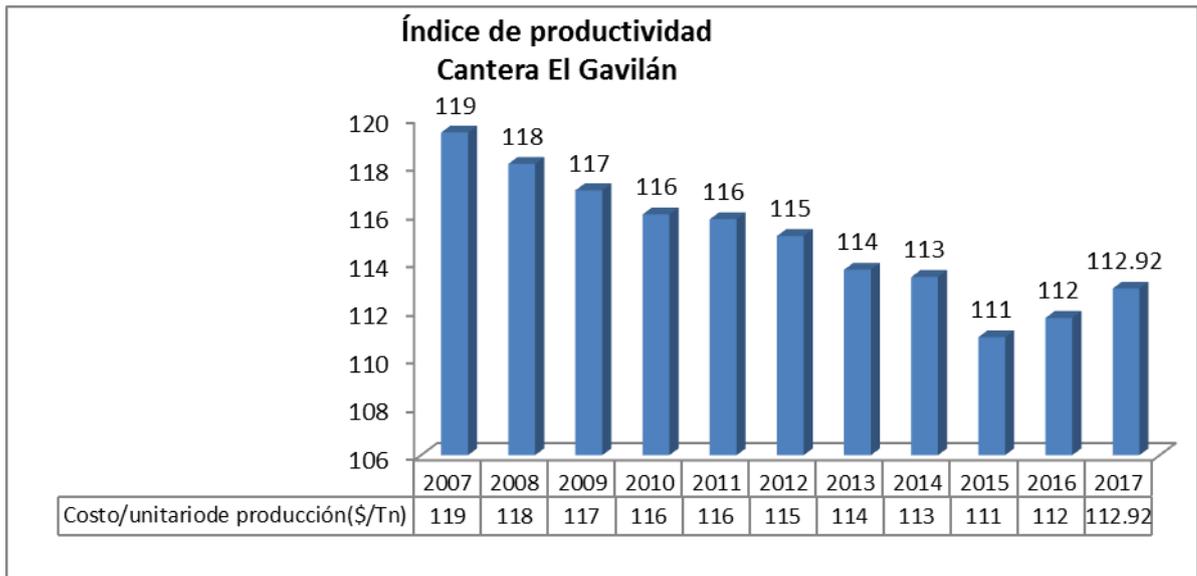


Figura 48. Índice de productividad cantera El Gavilán
Fuente: Elaboración propia - 2017.

Tomando como línea base la productividad programada de 2718 \$/Tn de material para agregado, el equivalente es al 100%, se presenta los resultados obtenidos con el factor de medida porcentual para el año 2017, en comparación con los años anteriores.

Logro alcanzado DESPUÉS

Tabla 41: Comparación de la productividad

AÑO	tota productividad/día (\$/día)	% productividad	% de incremento
2017	2718	100.0	33
2016	2097.6	67.0	30
2015	2093	63.7	27
2014	1958	63.0	29
2013	1753.3	61.3	23
2012	1108.8	58.0	20
2011	896	49.8	16
2010	539.5	37.0	16
2009	477.4	29.0	13
2008	407.1	26.0	12
2007	319.2	11.2	11

Fuente: Elaboración propia - 2017.

De la tabla se obtiene el índice de productividad del (logro alcanzado DESPUÉS) del material de agregado producido por día en el año 2017 es el siguiente:

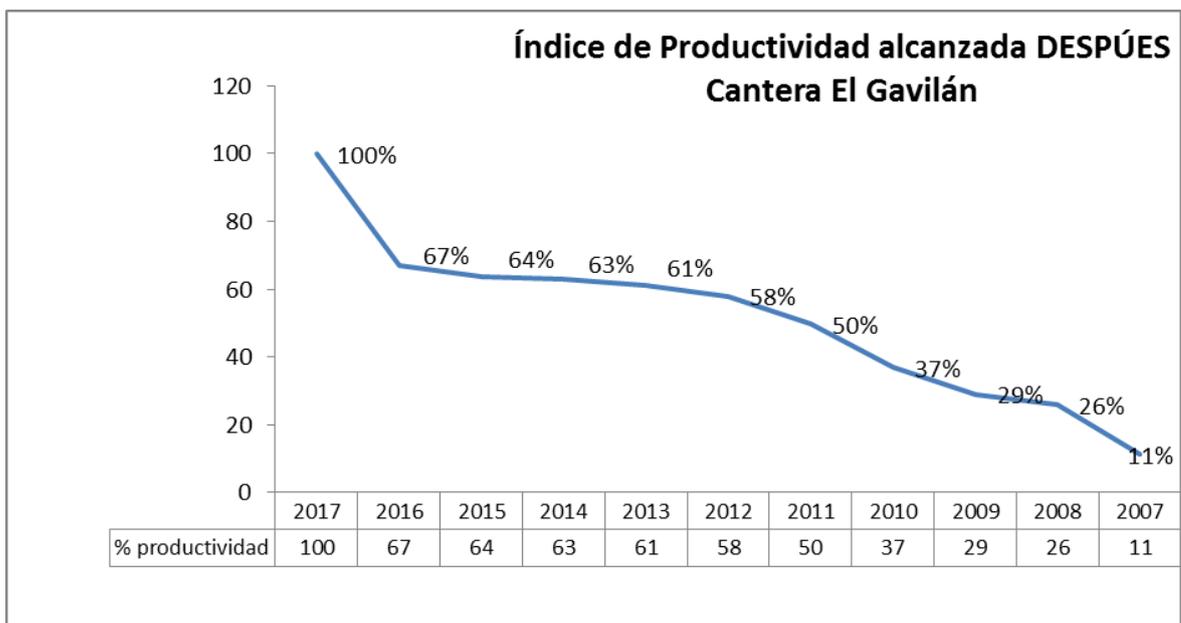


Figura 49: Índice de productividad – 2017-DESPUÉS.

Fuente: Elaboración propia - 2017.

De la tabla anterior se obtiene que el % de incremento de productividad del (logro alcanzado DESPUÉS), producida por día en el año 2017 se ha incrementado en:

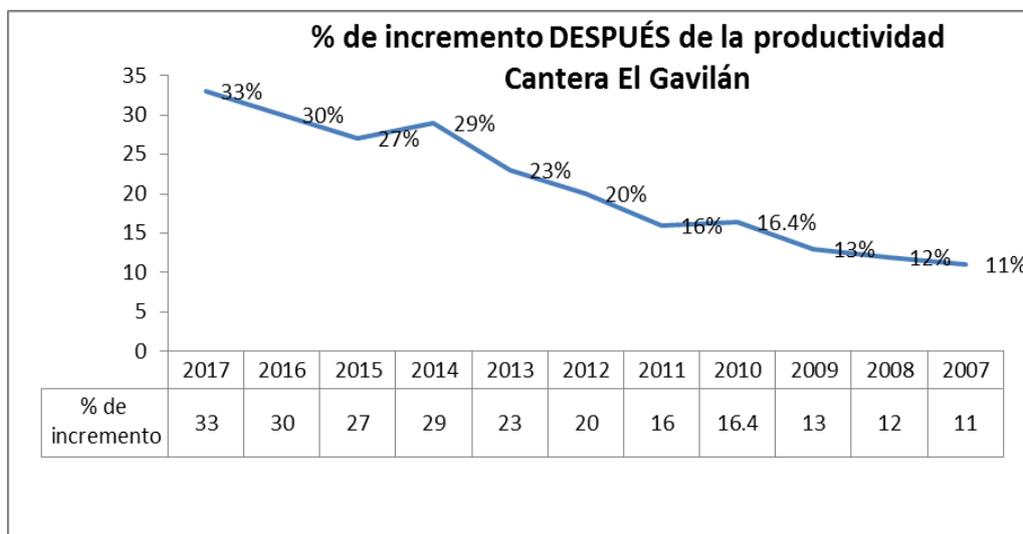


Figura 50. Incremento de productividad Después 2017.

Fuente: Elaboración propia - 2017.

Según el procesamiento de datos encontrados nos muestra que el índice de productividad en años anteriores es variables y lentos tendían a ascender o descender desconociendo los motivos por el cual, la propuesta del plan de minado se obtiene un incremento de 33% de la productividad, que benefició a la cantera El Gavilán. Por ende, se aprecia que el porcentaje de incremento DESPUÉS 2017, menciona que después de la propuesta del plan de minado se llegó realizar el control adecuado para cada estación y se logró un incremento de la productividad del material de agregado.

CONCLUSIONES

La propuesta de un plan de minado en la cantera El Gavilán, al sur este de la ciudad de Cajamarca, permite la mejora de la productividad de la cantera en un 22%, considerando el año de inicio 2007 donde hubo un incremento de 11% de productividad hasta el año 2017 33% de productividad.

Los factores que contribuyen positivamente son la dureza de la roca: RQD (59% y 66%) y la obtención de materia prima de buena y regular calidad (RMR) y los factores que afectan negativamente a la productividad de la cantera son el alto porcentaje de fracturamiento y la presencia de factores ambientales.

El nivel de productividad antes de proponer el plan de minado en la cantera El Gavilán, era de un 2097.6\$/día.

El nivel de productividad después de proponer el plan de minado en la cantera El Gavilán, es de 2718 \$/día. Esto implica que la productividad se incrementó en un 621\$/día.

RECOMENDACIONES

La maquinaria utilizada en la producción de materiales de agregados deberá ser elegidos dependiendo de las características de la cantera y considerando el rendimiento individual de cada uno.

Se recomienda el adecuado mantenimiento de los equipos, esto disminuirá costos y asegurará el buen funcionamiento de la maquinaria y evitará posibles fallas y eficiencia de horas de trabajo.

Se recomienda realizar la explotación en época seca, para evitar las consecuencias de los factores climáticos.

Realizar capacitaciones a los colaboradores de la cantera y evitar accidentes e incidentes en horas de trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Delgado G, A. (2011). “Extracción de material de agregado, minería artesanal no metálica, en zona de amortiguamiento bosque de protección Alto Mayo, Rioja”. Universidad Nacional de San Martín de Tarapoto. 73 p.

Estudio tecnológico de las canteras en Cajamarca, agregados y rocas ornamentales. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú. 169 p.

García A, G. (2010). Optimización del sistema de minado empleando Raise Boring para reducir los costos en el Tajeo. Piura, Perú. 202. p.

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico- Ingemmet. (2009). Boletín N° 31, Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba.

Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (Ingemmet). 2014.

Lezama, J. 1991. Tecnología y ensayo de materiales de construcción. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú. 141 p.

Merino L, 2010. Ecología de laderas restauradas de la minería de carbón a cielo abierto. Universidad Alcalá de Henares. Universidad de Alcalá. 176 p.

Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería (RSSOM). (2016). Decreto Supremo. N° 024-2016-EM. 56. p.

Bieniawski, N. (1979). RMR o Rock Mass Rating. Pág. 156. En línea. Fecha de Consulta C/01/02/2017. Disponible en [tps://es.scribd.com/document/Bieniawski](https://es.scribd.com/document/Bieniawski).

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia

Tabla 42 Propuesta de un plan de minado para mejorar la productividad en la cantera Gavilán, al sur este de la ciudad de Cajamarca 2017.

Problema	Hipótesis	Objetivo	Variables	Definición conceptual	Indicadores	Metodología	Fuente	Técnica	Instrumento
-¿Cómo aplicar un plan de minado para mejorar la productividad en la cantera El Gavilán, al sur este de la ciudad de Cajamarca, 2017?	La propuesta de un plan minado influye significativamente en un 100% en la mejora de la productividad en la cantera El Gavilán, al sur este de la ciudad de Cajamarca.	-Proponer un plan de minado para mejorar la productividad en la cantera El Gavilán, al sur este de la ciudad de Cajamarca, 2017.	V.I: Plan de minado.	Es analizar los problemas en forma anticipada, planeando posibles soluciones e indicando los pasos necesarios para llegar eficientemente a los objetivos.	-Tipo de yacimiento -Formación del macizo rocoso -Dureza del macizo -Fracturamiento del macizo rocoso -Factores climáticos -Inclinación del banco -Estaciones geomecánicas	TIPO DE INVESTIGACIÓN: Aplicativa.	Lectura directa	Formato de inspección de vehículos	Encuestas
- ¿Cuáles son los factores que afectan la productividad en la cantera El Gavilán, al sur este de la ciudad de Cajamarca, 2017?	-El nivel de productividad antes de proponer el plan de minado es deficiente en la cantera El Gavilán, al sur este de la ciudad de Cajamarca.	-Determinar los factores que afectan la productividad en la cantera El Gavilán, al sur este de la ciudad de Cajamarca, 2017.				NIVEL DE INVESTIGACION: Descriptiva – Explicativa			
- ¿Cuál es el nivel de productividad antes de proponer el plan de minado en la cantera El Gavilán, al sur este de la ciudad de Cajamarca, 2017?	-El nivel de productividad después de proponer el plan de minado mejora significativamente en un 75% en la cantera El Gavilán, al sur este de la ciudad de Cajamarca.	-Determinar el nivel de productividad antes de proponer el plan de minado en la cantera El Gavilán, al sur este de la ciudad de Cajamarca, 2017.	V.D: Productividad en la cantera El Gavilán, al sur este de la ciudad de Cajamarca.	Es la producción de concesión de la minera no metálica a desarrollar las actividades de exploración y explotación del área	- 2 a 3 años - Producción por día 225 tn/día.	POBLACION: Establecida por todas las canteras ubicadas al sur este de la ciudad de Cajamarca, durante el año 2017.	Lectura directa	Matriz Iperc	Fichas de Registro
- ¿Cuál es el nivel de productividad después de proponer el plan de minado en la cantera El Gavilán, al sur este de la ciudad de Cajamarca, 2017?		-Determinar el nivel de productividad después de proponer el plan de minado en la cantera El Gavilán, al sur este de la ciudad de Cajamarca, 2017.			-Producción por mensual -producción anual -Cálculos geométricos, -incremento de ganancia en %	MUESTRA: Son las mediciones de los afloramientos dentro de la cantera El Gavilán en dos estaciones geomecánicas puntuales.			

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Anexo 2: Cantera El Gavilán E1



Figura 51. Cantera El Gavilán E1.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Anexo 3. Material de agregado cantera El Gavilán



Figura 52. Cantera El Gavilán materia prima
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Anexo 4: Proceso de clasificación del material agregado



Figura 53. Cantera El Gavilán - Proceso de clasificación.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Anexo 5: Maquinaria Cantera El Gavilán



Figura 54. Ubicación y maquinaria Cantera El Gavilán
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Anexo 6. Formato de inspección de vehículos

Tabla 43. Formato interno de inspección de vehículos de cantera.

FORMATO INTERNO DE INSPECCIÓN DE VEHÍCULOS																							
EQUIPO:				MARCA:				MODELO:															
NOMBRE DEL PROPIETARIO:										NOMBRE DEL OPERARIO:													
NOMBRE DEL CONTRATISTA:										FECHA DE INGRESO AL PROYECTO:													
UBICACIÓN DEL PROYECTO:										FECHA SEMANA:													
INSPECCIÓN DIARIA DE LA MÁQUINA/VEHICULO																							
ÍTEM	LUNES			MARTES			MIÉRCOLES			JUEVES			VIERNES			SABADO			DOMINGO				
	B	M	N.A	B	M	N.A	B	M	N.A	B	M	N.A	B	M	N.A	B	M	N.A	B	M	N.A		
LUCES DELANTERAS																							
LUCES DE REVERSA																							
PITO DE REVERSA																							
ESTADO DE LOS FRENO																							
FREBO DE SEGURIDAD																							
ESTADO DE LAS LLANTAS																							
NIVELES DE ACEITE																							
LECTURA DIARIA DEL HORÓMETRO																							
FIRMA ALEATORIA DEL INSPECTOR																							
FECHA DE VENCIMIENTO SOAT :																							
FECHA DE VENCIMIENTO EXTINTOR :																							
OBSERVACION:																							
APellidos y nombres del operario :										CARGO:							FIRMA:						
APellidos y nombres del supervisor :										CARGO:							FIRMA:						

Fuente: Elaboración propia-2017.

Anexo 8: Planeamiento de minado

Planteamiento para el año 1: Cálculo de capacidad del botadero.

Volumen de producción anual Cantera El Gavilán													
N° Banco	Material de agregado (M ³)	meses											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	9992.7	5850											
2	35250		5800	5800	6600	6600	1150						
3	55987						5400	6600	6600	6600	6600	6600	6600

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Planteamiento para el año 2: Cálculo de capacidad del botadero.

Volumen de producción anual Cantera El Gavilán													
N° Banco	Material de agregado (M ³)	meses											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	9992.7												
5	35250										1000	5800	5800
6	55987	5800	5800	5800	5800	5800	5800	5800	5800	6600	5600		

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Planteamiento para el año 3: Cálculo de capacidad del botadero.

Volumen de producción anual Cantera El Gavilán													
N° Banco	Material de agregado (M ³)	meses											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7	9992.7												
8	35250							900	5800	5800	900		
9	55987	6600	5800	5800	5800	5800	5800	4800			4800	5800	5800

Figura 56. Planeamiento de minado.

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Anexo 9: Proceso de carguío



Figura 57. Cantera El Gavilán - Proceso de carguío. 2017.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Anexo 10: Equipo recomendado

Alimentación de LT's

- EX.: RECOMENDADOS: Modelos Pequeños y Medianos de CAT

MODELO	Peso(Ton)	Pot (HP)	Cuchara (m3)	Ancho de la cuchara (mm)
CAT 311D	12	80	0,63	1.082
CAT 315D	17	115	0,88	1.228
CAT 320D	20,3	148	1,00	1.072
CAT 321D	23,5	148	1,00	1.072

- EX.:NO RECOMENDADOS: Modelos Medianos de CAT

MODELO	Peso(Ton)	Pot (HP)	Cuchara (m3)	Ancho de la cuchara(mm)
CAT 324D	24,8	188	1,99	1.676
CAT 328D	32,9	204	1,99	1.676
CAT 329D	29,3	204	1,99	1.676
CAT 336D	36,5	268	2,34	1.829

© Metso Minerals, Inc. 2003



Figura 58. Maquinaria recomendada 2017.
Fuente: Elaboración propia, 2017

Anexo 11: Cantera El Gavilán - Tesista.

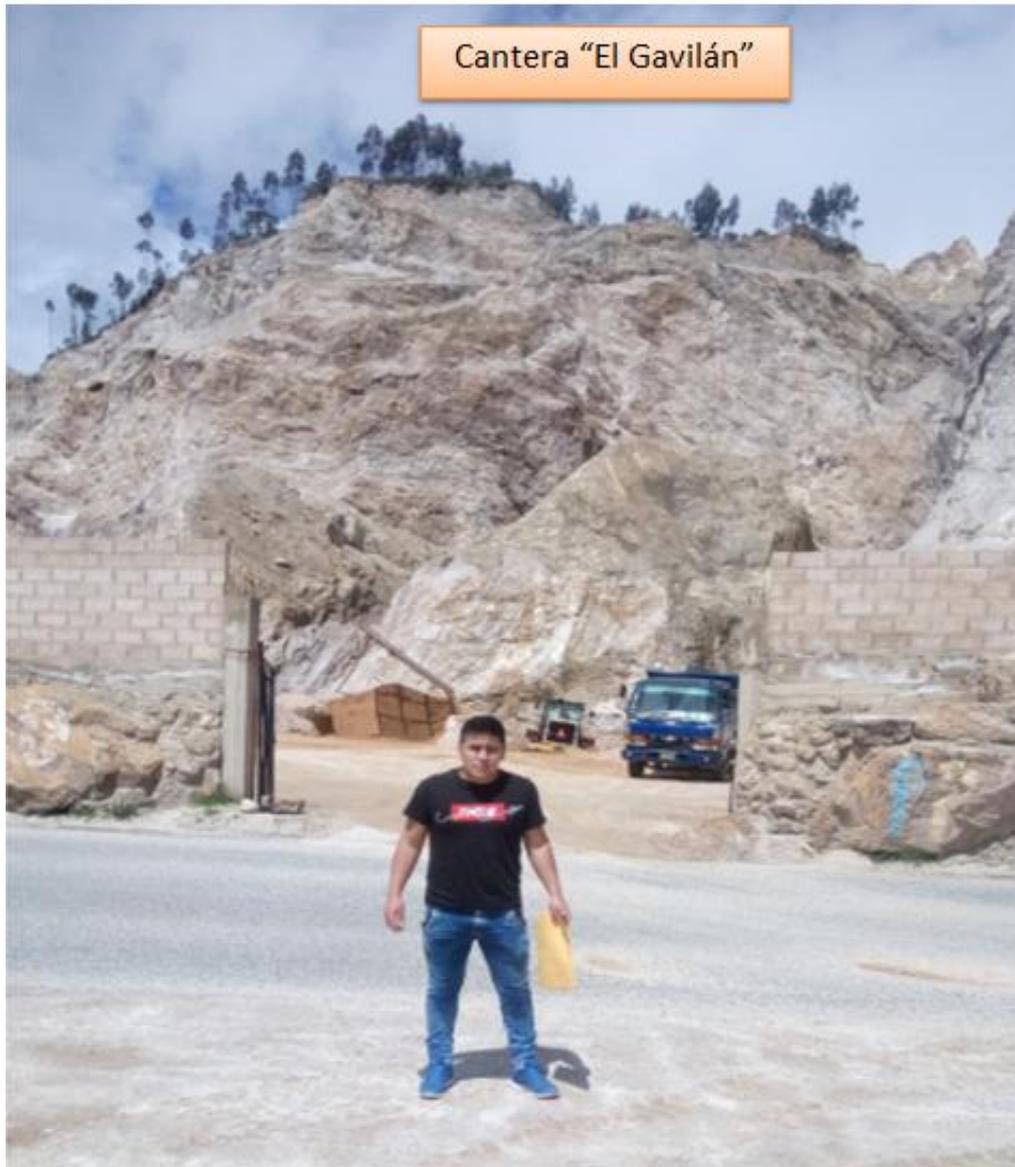


Figura 59. Cantera El Gavilán - Tesista.
Fuente: Elaboración propia, 2017.