



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARERA DE INGENIERIA CIVIL

“ESTUDIO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN MACIZOS ROCOSOS FRACTURADOS QUE PRESENTAN MECANISMO DE FALLA EN ZONA DE EXPLOTACIÓN MINERA DE LA EMPRESA ANTAMINA. DRACÓN PERÚ SAC”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Hector Hugo Vasquez Estrella

Asesor:

Ing. Máximo Huambachano Martel

Lima - Perú

2018

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico al señor mi Dios que es mi fuerza espiritual para continuar día a día y siempre seguir buscando salir adelante. También se la dedico a todos mis familiares y en especial a mis padres, que son las personas que han estado siempre apoyado me incondicionalmente siempre a mi lado, dándome todo lo que necesito, así como su tiempo, amor, cariño y confianza.

AGRADECIMIENTO

A mis padres que me han apoyado toda la vida y me han dado lo mejor, incluyendo su cariño y enseñanzas.

A mi familia.

A mi asesor Máximo Huambachano Martel por brindarme la atención y tiempo necesario para realizar esta tesis, así como su apoyo para realizarla de forma correcta.

Al Ing. Orlando Aguilar Aliaga y los docentes que brindaron sus conocimientos y apoyo en mi vida universitaria, para formarme como un gran profesional y poder representar en un futuro a mi carrera y a mi universidad

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTO.....	2
TABLA DE CONTENIDOS.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	10
RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	12
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Realidad problemática	13
1.2. Formulación del problema.....	17
1.2.1 Problema general.....	17
1.2.2 Problemas específicos	17
1.3. Objetivos.....	18
1.3.1 Objetivo general	18
1.3.2 Objetivos específicos.....	18
1.4. Hipótesis	19
1.4.1 Hipótesis general	19
1.4.2 Hipótesis específicas	19
1.5 Marco teórico.....	19
1.5.1. Antecedentes de investigación.....	19
1.5.1.1 Antecedentes Internacionales.....	19
1.5.1.2 Antecedentes Nacionales	22
1.5.2. Marco teórico	27

1.5.2.1 Resistencia Del Macizo Rocoso	27
1.5.2.2 Fallas de Taludes	27
1.5.2.3 Falla por el Pie del Talud. Una superficie de falla	28
1.5.2.4 Estabilidad de Taludes.....	29
1.5.2.5 Recolección de datos geológicos.....	32
1.5.2.6 Análisis Cuantitativo	64
1.5.2.8 El sismo	77
1.5.2.8.1 Conceptos	77
1.5.2.8.2 Fallas.....	83
1.5.2.9 Propiedades Ingenieriles de las Rocas.....	87
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	92
2.1 Tipo de investigación.....	92
2.2 Materiales, instrumentos y métodos	92
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	95
2.4. Procedimiento.....	96
CAPÍTULO III. RESULTADOS	99
3.1. Resultados del objetivo específico 1.....	99
3.1.1 Aspectos Generales	100
3.1.2 Descripción Del Proyecto - Geología Regional	105
3.1.3 Aplicación de la sujeción de la malla Steel Grid.....	108
3.1.4 Pruebas de Pull test.....	111
3.1.5 Análisis Topográfico	114
3.1.6 Instalación de Pernos para Anclajes de Malla.....	117
3.1.7 Inyección de Mortero para pernos (Malla).....	117
3.1.8 Fases del Levantamiento topográfico.....	122
3.2. Resultados del objetivo específico 2.....	124

3.3. Resultados del objetivo específico 3.....	133
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	157
4.1 Discusión	157
4.2 Conclusiones.....	163
REFERENCIAS	165
ANEXOS.....	170
Anexo N° 1. Taludes de explotación de minerales	171
Anexo N° 2 Servicio de suministro e instalación de malla de acero y perforación de anclajes en fase 5 norte Compañía Minera Antamina	172
Anexo N° 3. Fotos de los Ensayos Pull Test.....	174
Anexo N° 4 Informe mensual de seguridad – setiembre 2017	177
Anexo N° 5 Suministro e instalación de mallas de acero y perforación de anclajes.....	186

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Métodos numéricos para la estabilidad de taludes	65
Tabla 2. Valores de porosidad de diversos materiales.	91
Tabla 3 Unidades Lito estratigráficas y simbología.....	106
Tabla 4 Columna estratigráfica generalizada de la zona evaluada.....	107
Tabla 5 Resumen de avance de obra	127
Tabla 6 Resultados de las pruebas de arranque (PULL TEST).....	134
Tabla 7 Pernos Ensayados.....	138
Tabla 8 Resultados de los 14 ensayos así como la curva de desplazamiento.....	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zona Minera.....	16
Figura 2. Falla por el pie. Una superficie de deslizamiento	28
Figura 3. Planeamiento de la estabilidad de un talud	31
Figura 4. Proyección de igual ángulo.....	37
Figura 5. Bell dome of influence.....	38
Figura 6. Scanline.....	39
Figura 7. Ponderación de Terzagui	39
Figura 8. Guía sobre la altura y el ángulo del talud para casos normales.	41
Figura 9. Rol de las discontinuidades en el fallamiento de taludes.....	42
Figura 10. Propiedades geomecánicas de la masa rocosa	43
Figura 11. Deslizamiento debido a una carga gravitacional	44
Figura 12. Influencia de la presión de agua en la resistencia al corte	45
Figura 13. Efecto de la presión del agua en una grieta de tensión	46
Figura 14. Refuerzo para prevenir el deslizamiento.....	47
Figura 15. Condiciones generales de falla.....	49
Figura 16. Análisis bidimensional.....	50
Figura 17. Análisis bidimensional de tensiones	50
Figura 18. Resistencia al deslizamiento en las superficies perpendiculares al talud.....	51
Figura 19. Rumbo de la superficie de deslizamiento	52
Figura 20. Falla abarca el colapso de taludes	56
Figura 21. Deslizamiento de cuñas	62
Figura 22. Ejemplo de cálculo de deformaciones y tensiones aplicando métodos numéricos para en análisis de estabilidad de un tajo abierto (Lorig, L., 2008)	66
Figura 23. División de la geometría en una malla de elementos finitos.....	68

Figura 24. Cálculo de desplazamientos totales mediante el MEF utilizando el.....	68
Figura 25. Modelo de diferencias finitas mostrando la rotura para grandes deformaciones de un macizo rocoso homogéneo (Stead, D., et al., 2006).....	69
Figura 26. Esquema del análisis con elementos discretos de la rotura de un talud (Stead, D., et al., 2006)	71
Figura 27. Modelo de fracturas utilizando el Método de Elementos de Borde (Stead, D., et al., 2006)	72
Figura 28. Resultados de un modelo combinado de Elementos Finitos y Elementos	73
Figura 29. Generación del MRS a partir de la roca intacta y del sistema de fracturamiento (Sainsbury, B., et al., 2009).....	74
Figura 30. Bloques individuales formando un modelo bidimensional de Macizo Rocosos Sintético (Sainsbury, B., et al., 2009).....	74
Figura 31. Diagrama que muestra el tipo de modelo que se recomienda utilizar de acuerdo con la complejidad de los movimientos (Stead, D., et al., 2006).....	75
Figura 32. Dirección del deslizamiento y superficie de rotura crítica en un análisis de un tajo abierto en tres dimensiones (Yamagami, T. y Jiang, J.C., 1996)	76
Figura 33. Escala De Richter.....	79
Figura 34. Límites de Las Placas Litosféricas.....	82
Figura 35 Movimientos verticales.....	83
Figura 36. Teoría del Rebote Elástico. a) Concentración de esfuerzos en límites de las placas, b) Incremento de la deformación elástica, c) Falla de la roca (USGS, 1999).....	84
Figura 37. Notación para la descripción de la orientación de una falla (adaptado de kramer 1996).	85
Figura 38. Falla inversa.....	85
Figura 39. Falla normal.	86
Figura 40. Falla Transcurrente.	86

Figura 41. Tipos de rocas	90
Figura 42. Mapa geológico regional de las zonas evaluadas en general.	107
Figura 43. Perfil litológico del talud fase 5 Norte. Elaborado por Compañía Minera Antamina).....	114
Figura 44. Suministro e instalación de malla de acero.....	123
Figura 45. Graficas Del Ensayo PULL TEST.....	154

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Factor de seguridad	28
Ecuación 2. El factor de seguridad FS	29
Ecuación 3. Cohesión	43
Ecuación 4. Resistencia al corte	44
Ecuación 5. Influencia de la presión de agua en la resistencia al corte	45

RESUMEN

La presente tesis cumplió el objetivo de realizar el estudio de la estabilización de taludes que presentan mecanismos de falla en macizos rocosos fracturados en la zona de explotación minera de la empresa Antamina. La metodología seguida ha sido de tipo descriptivo – aplicada, se analizaron las principales teorías vinculadas a las estructuras planares se evidencian en el talud de una de las obras realizadas por la compañía minera. Para el acopio de información se emplearon fichas de tipo cuantitativo para tomar los resultados de las pruebas de arranque (Pull Test) y verificar la calidad de acero y capacidad de soporte de los pernos BAHE A6151-G752 D=25 mm L=3.00 mts. instalados en la Fase 5. Se mitigó y controló con el sistema de protección mallas, pernos de anclaje de esta manera se garantiza el desarrollo de los trabajos de manera segura y continua en la zona de operaciones tanto para el personal, equipos e infraestructura emplazada. Se concluyó el estudio de la siguiente manera: a) Como actividad principal del servicio, se instaló 19,060 m² de Malla Steel Grid, b) Se perforó e instaló 732 und de pernos helicoidales de 25 mm de diámetro por 3,0 m de largo, y, c) En el aspecto de Seguridad, Salud y Medio Ambiente, los índices de accidentabilidad es 0.

Palabras clave: Estabilización, Taludes, Falla, Macizos Rocosos Fracturados

ABSTRACT

This thesis fulfilled the objective of carrying out the study of the stabilization of slopes that present mechanisms of failure in rocky massifs fractured in the mining exploitation area of the company Antamina. The methodology followed has been descriptive - applied, the main theories linked to the planar structures were analyzed in the slope of one of the works carried out by the mining company. For the collection of information, quantitative cards were used to take the results of the pull tests and verify the steel quality and support capacity of the bolts BAHE A6151-G752 D = 25 mm L = 3.00 meters. installed in Phase 5. It was mitigated and controlled with the mesh protection system, anchor bolts in this way the development of the work is guaranteed in a safe and continuous way in the area of operations for both personnel, equipment and infrastructure. The study was concluded as follows: a) As a main service activity, 19,060 m² of Steel Grid Mesh was installed, b) 732 und of 25 mm diameter, 3.0 m long helicoidal bolts were drilled and installed, and, c) In the aspect of Safety, Health and Environment, the accident rate is 0.

Keywords: Stabilization, Slopes, Fault, Fractured Rock Massifs.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El empleo de los modelos numéricos en mecánica de rocas se ha hecho cada vez más importante como consecuencia del desarrollo rápido y continuo de la informática. Históricamente, el desarrollo de los métodos de modelización ha evolucionado partiendo de materiales de referencia simple y posible de caracterizar, y apoyándose en conceptos e hipótesis de base igual simples: roca homogénea, continua, isotrópica, con comportamiento linealmente elástico, etc. Esta fase inicial mantuvo algunas de las limitaciones de los cálculos analíticos y estos procedimientos hacían una simplificación excesiva de la realidad con el fin de hacer posibles los cálculos.

En la actualidad, gracias a la introducción de nuevos métodos de cálculos, ciertas complejidades estructurales de los problemas de mecánica de rocas son consideradas. Luego, la modelización numérica toma en cuenta, cada vez más fielmente, las características reales de los macizos rocosos. Haciendo de esta un útil muy importante de cálculo. En el presente estudio, se ha tomado como referencia base los conceptos vertidos en las siguientes bibliografías: ‘‘Algunas metodologías vienen siendo empleadas para la evaluación de la estabilidad y el comportamiento de taludes, como por ejemplo métodos de clasificación de macizos rocosos, método de equilibrio límite, métodos numéricos, análisis probabilísticos e instrumentación geotécnica (monitoreos).

De todas las categorías señaladas existe una significativa cantidad de investigaciones que abordan la estabilidad a partir de métodos de equilibrio límite a pesar de que los factores de seguridad son sensibles a pequeños cambios de los parámetros de resistencia y de que este tipo de metodología no llevan en cuenta el estado de tensiones iniciales, ni el mecanismo de rotura y ni la variación de tensiones a lo largo de la superficie potencial de rotura.

En el caso local, el presente estudio para la formulación de un trabajo de investigación en la modalidad de Mejoramiento Continuo acerca de la Estabilización de Taludes de Macizos Rocosos tiene como propósito enfocar un método alternativo de análisis, tal como la simulación numérica, que sirva como herramienta para lograr el objetivo propuesto.

Sabemos que desde hace años se han realizado estudios, pero la falta de ensayos adecuados y de estudios detallados, ha llevado a generalizar los parámetros de los suelos que conforman los acantilados. La importancia de la presente investigación se basa en la necesidad de demostrar a través de las teorías de estudio la metodología de estabilizar dicho talud para proyectos con tipos de suelos accidentados.

Con relación a la conceptualización, se comprende bajo el nombre genérico de talud cualesquier superficie inclinada respecto a la horizontal que haya de adoptar permanentemente las estructuras de tierra, bien sea en forma natural o como consecuencia de la intervención humana en una obra de ingeniería. Desde este primer punto de vista los taludes se dividen en naturales (laderas) o artificiales (cortes y terraplenes). En la naturaleza existe el riesgo de que ocurran fallas de grandes volúmenes de tierra y rocas.

El problema está vinculado a las condiciones topográficas, geológicas e hidrometeorológicas que imperan en una región determinada. Comúnmente, la evaluación de la estabilidad de taludes en macizos rocosos con estructura en bloques es realizada mediante técnicas empíricas y en menor frecuencia por métodos numéricos, tanto para las etapas de diseño como para su verificación in situ. Un método alternativo de análisis, tal como la simulación numérica, se muestra como una herramienta para lograr este objetivo.

En cuanto a la propuesta de solución, frente al problema de estudio y con la finalidad de controlar la caída de rocas y evitar las paralizaciones de la extracción del mineral, se propone un sistema de protección con mallas de alta resistencia (SteelGrid HR30, 170 KN/m) y pernos de anclaje. Por lo tanto, en relación con el caso de aplicación se propone que en coordinación con el área de Ingeniería & Proyectos de la Compañía Minera se escojan de manera estratégica la ubicación de la Instalación de 4 drenes californianos, de los cuales 01 es de 15 m de profundidad y 03 son de 10 m. de profundidad. Esta solución, permitirá mejorar el comportamiento de estabilización de los taludes ya que mitigaría el problema de filtraciones de agua. Con relación a las consecuencias, cada problema de estabilidad de taludes es diferente y es difícil establecer criterios generales sobre qué modelo se debe utilizar en cada caso. En algunas ocasiones, se pueden utilizar varios tipos de modelo y se debe escoger aquel con el cual se tenga mayor experiencia y familiaridad. Frente a ello se demostrará la existencia de métodos equilibrio límite que son muy útiles para el análisis sencillo de estabilidad de taludes, en términos del factor de seguridad.

Las estructuras planares se evidencian en el talud norte de la fase 5 en tajo Antamina, ocasionando la pérdida de banquetas, dejando expuesta la posibilidad del desprendimiento de rocas y al no contar con estas a la mitigación de su trayectoria se compromete operativa y sustancialmente la continuidad productiva de la extracción del mineral emplazado en dicha fase.



Figura 1. Zona Minera

Bajo estas limitaciones, la modelización numérica surge como una alternativa para el análisis de la estabilidad del talud, sobre todo considerando los avances tecnológicos ocurridos en la última década. La aplicación de esta técnica en obras civiles y de minería presenta varias ventajas, dentro de las cuales se pueden destacar: (i) previsión de los mecanismos de rotura, (ii) obtención de las tensiones y deformaciones en diferentes puntos a lo largo del talud, (iii) análisis de la estabilidad en función de diferentes modelos constitutivos, (iv) realización de estudios paramétricos de las propiedades elásticas y de resistencia de la roca” (Nunes, 2000)

Las estructuras planares se evidencian en el talud de una de las obras realizadas por la compañía minera, ocasionando la pérdida de banquetas, dejando expuesta la posibilidad del desprendimiento de rocas y al no contar con estas a la mitigación de su trayectoria se compromete operativa y sustancialmente la continuidad productiva de la extracción del mineral emplazado en dicha fase.

Por otro lado, las constantes filtraciones de agua en los nuevos taludes en el área del Taller de Soldadura y Laboratorio de Geología ocasionan un problema serio de inestabilidad permitiendo que el material en reposo caiga de manera sistemática.

También debido a la presencia alta de humedad ha ocasionado la alterabilidad de las propiedades del macizo rocoso circundante, provocando e induciendo al desprendimiento en forma de lascas, proporcionado por la estratificación de la roca 20° , en tal sentido los objetivos básicos es la de realizar el sostenimiento de esta área para evitar cualquier tipo de incidente a futuro que pueda afectar al personal, equipos y medio ambiente.

1.2. Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿En qué forma se pudo establecer el estudio de la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados que presenta mecanismos de en la zona de explotación minera de la empresa Antamina?

1.2.2 Problemas específicos

Problema específico 1

¿De qué forma se pudo establecer el estudio de la estabilización en macizos rocosos fracturados aplicando levantamientos topográficos en la zona de explotación minera de la empresa Antamina?

Problema específico 2

¿De qué forma se pudo establecer el estudio de la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados empleando el método de la simulación numérica en la zona de explotación minera de la empresa Antamina?

Problema específico 3

¿De qué forma se pudo establecer el estudio de la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados empleando el método de equilibrio límite en la zona de explotación minera de la empresa Antamina?

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Realizar el estudio de estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados que presenta mecanismos de falla en la zona de explotación minera de la empresa Antamina.

1.3.2 Objetivos específicos

Objetivo específico 1

Realizar el estudio de estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados aplicando levantamientos topográficos en la zona de explotación minera de la empresa Antamina.

Objetivo específico 2

Materializar un estudio de la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados empleando el método de la simulación numérica en la zona de explotación minera de la empresa Antamina.

Objetivo específico 3

Materializar un estudio de la estabilización de taludes en macizos rocoso-fracturados empleando el método de equilibrio limite en la zona de explotación minera de la empresa Antamina.

1.4. Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

El estudio determina las características técnicas de la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados que presentan mecanismos de falla en la zona de explotación Minera de la empresa Antamina.

1.4.2 Hipótesis específicas

Hipótesis específica 1

El estudio permitió determinar las características técnicas de la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados aplicando levantamientos topográficos en la zona de explotación minera de la empresa Antamina.

Hipótesis específica 2

El estudio permitió determinar las características técnicas de la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados empleando el método de la simulación numérica en la zona de explotación minera de la empresa Antamina.

Hipótesis específica 3

El estudio permitió significativa las características técnicas de la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados empleando el método de equilibrio limite en la zona de explotación minera de la empresa Antamina.

1.5 Marco teórico

1.5.1. Antecedentes de investigación

1.5.1.1 Antecedentes Internacionales

Sepúlveda (2011). En su investigación sobre el Comportamiento Sísmico de Taludes de Roca-Aplicación del Método Newmark. Tesis para optar el título de Maestro Ingeniero

Civil-Geotécnico. Lima. Universidad Politécnica de Madrid, escuela técnica superior de ingenieros de caminos, canales y puertos. Cuyo objetivo fue desarrollar una herramienta que permita aplicar el mencionado método a la estabilidad de taludes rocosos con parámetros geotécnicos sometidos a acción sísmica, en particular, bajo terremotos chilenos reales (p. 3), con respecto a la metodología el autor refiere los siguientes procedimientos: 1) Llevar a cabo el análisis de la estabilidad por equilibrio límite. 2) Analizar los datos de historia sísmica para determinar los movimientos sísmicos esperables en el sitio de proyecto. 3) Calcular los desplazamientos acumulados durante el sismo. (p. 28). Finalmente se ha elaborado una herramienta que permite calcular de manera sencilla los desplazamientos totales permanentes que se producirán en taludes que serán afectados por terremotos, siempre que se disponga de un acelerograma adecuadamente digitalizado. Se ha aplicado a dos terremotos registrados en Chile de magnitudes muy elevadas ($M_w > 8.0$) (Sepulveda, 2011). La investigación que acabamos de analizar, en opinión del suscrito se circunscribe al empleo necesario de acelerograma, así como el uso del método de Newmark cuando se trate de taludes con macizo rocoso. Así mismo sería conveniente disponer de una base de datos de registro de aceleraciones, tales que pudiera conocer la influencia de tipo de terremoto, mecanismo de rotura de falla, magnitud del terremoto, incorporar análisis probabilístico (pág. 3).

Angamarca (2010). En su investigación sobre “Modelación Numérica de Estabilidad de Taludes Controlados por la Presencia de Niveles de Despegue de Alta Plasticidad y Permeabilidad”. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil. Loja. Universidad Técnica Particular de Loja, Escuela de Ingeniería Civil. 2014 (pág. 112 pp). Cuyo objetivo general es la simulación de deslizamiento de taludes, a partir de modelación numérica utilizando

programas computacionales de estabilidad de taludes. La metodología usada fue la simulación y modelación numérica de taludes que presenten deslizamientos, utilizando software de estabilidad de taludes (PLAXIS y SLOPE), sometidos a variaciones de altura de nivel freático y permeabilidad. Para proceder al análisis y comparación de resultados se tomaron valores obtenidos por los dos programas propuestos. (p. 09-10).

En lo que respecta a la metodología de equilibrio límite (Slope), se toma como representativo el método Bishop; mientras que la metodología de elementos finitos (plaxis), se caracteriza por un análisis de reducción de constante de la resistencia cortante del suelo. Uno de los factores principales que ocasionan esta falla es la deficiencia característica geotécnica del suelo que no ayuda a dar soporte a la masa del suelo y produce fallas sistemáticas. Por otra parte, las lluvias constantes que en el sector ocurren provocan la saturación del suelo lo cual contribuye a un deslizamiento. (p. 67). El tipo de Investigación desarrollado es cuasi experimental.

El autor concluyó que entre las dos metodologías utilizadas dentro de su investigación sobresale el método de elementos finitos, ya que sus resultados de superficie de falla son semejantes a los que presentan actualmente el talud. Mientras que el método de equilibrio límite sobredimensiona tales superficies, ya que la superficie de falla es propuesta por el modelador (Angamarca, 2011). El programa Plaxis realiza el análisis por elementos finitos proporciona una superficie de falla más profunda que los círculos de falla analizados por el programa Slope perteneciente al método de equilibrio límite. (p. 75-76). La investigación que acabamos de analizar considera un número específico de herramientas que están relacionados con el desarrollo que se desea alcanzar, tales como al empleo de Elementos Finitos mediante el software PLAXIS y es concordante con las herramientas alternativas a usar en el presente estudio.

Garzón Iral y otros, (2012). En su investigación Evaluación de la Vulnerabilidad y Consecuencias por Deslizamientos en la Conexión Vial Aburra-Rio Cauca entre las Abscisas Km 04+000 y Km 39+00. Tesis para optar el título de Especialización en Vías y Transporte Medellín. Facultad de Ingeniería Civil. Medellín. Universidad de Medellín. Cuyo objetivo fue “Evaluar la Vulnerabilidad y Valorar las consecuencias económicas por deslizamientos en la vía conexión vial Aburrá-Rio Cauca entre las abscisas km 4+000 y 39+000” (Garzón Iral y otros, 2012 p.16). La metodología para cuantificar la vulnerabilidad debe estar asociada a los dineros que se han invertido en la vía, por concepto de rehabilitación, reparación y obras de mitigación. Tomando lo anterior como perdidas relacionadas a la vía. (p. 17). La investigación que acabamos de evaluar podemos observar aporta una herramienta de medir económicamente las consecuencias de los deslizamiento, el cual apoya en cierta medida a la presente investigación (Grazón, Valencia, & Muñoz, 2012).

1.5.1.2 Antecedentes Nacionales

Pozo (2011) desarrolló la investigación titulada “Aplicación del criterio de rotura no Lineal de Hoek y Brown a la estabilidad de taludes altos en Macizos Rocosos”. En la presente tesis se analiza la rotura global en taludes altos constituidos por macizos rocosos, considerándolo como un medio isótropo, elastoplástico, con dilatación nula, y aplicando la versión más reciente del criterio de rotura de Hoek y Brown (Hoek, 2002). Esta metodología de cálculo se enfrenta a un problema en la definición del factor de seguridad frente a rotura. Por ser el criterio de rotura no lineal, la técnica habitual de la reducción de la resistencia al corte del terreno no es inmediata. Una de las alternativas de cálculo utilizadas es linealizar previamente la envolvente de rotura y obtener un criterio equivalente de MOHR-COULOMB.

Cuando se aplica el criterio de rotura de Hoek y Brown, las incertidumbres provienen principalmente de errores producidos durante la caracterización geomecánica, o sea del índice GSI (Geological Strength Index). A partir de lo anterior, Puell (2003) ha definido un nuevo factor de seguridad para macizos rocosos, de aplicación junto con el criterio de Hoek y Brown y que se define como $F.S.Gsl = GSI/GSI0$ siendo GSI el valor de índice de resistencia geológica para el macizo rocoso y GSI0 el valor de índice de resistencia geológica para el macizo rocoso en situación de equilibrio límite. Para validar esta técnica, en la presente tesis, se ha comparado el nuevo factor de seguridad calculado (F.S.Gsl) en varios taludes hipotéticos con distintas alturas e inclinaciones en distintos tipos de terreno, con el factor de seguridad resultado de linealizar el criterio de Hoek y Brown y convertirlo en un criterio de Mohr-Coulomb (Pozo, 2014).

Pozo (2011), indicó que los “datos obtenidos han permitido realizar una propuesta de valores exigibles al factor de seguridad F.S. Gsl en función del índice GSI del terreno” (p. 126). Finalmente se ha aplicado la metodología propuesta en esta tesis a un caso real bajo distintas hipótesis, las cuales han servido como análisis paramétrico ante efectos externos que afectan a la estabilidad como el agua, los sismos o la relación entre el esfuerzo horizontal y vertical inicial en el plano de análisis, y otros internos como el factor de alteración D adoptado en la versión más reciente del criterio de Hoek y Brown.

Saenz (2017), sustentó la Tesis titulada “Análisis para Estabilidad de Taludes En Roca utilizando Mallas Galvanizadas Ancladas, Ciudad Nueva Fuerabamba Apurímac”; en los análisis de los taludes de roca, las inestabilidades están presentes debidos a las características geomecánicas del macizo rocoso, al estado de conservación del propio talud y a las condiciones de penetración del agua. Diferentes tipos de roturas están condicionados por el grado de fracturación del macizo rocoso y por la orientación y distribución de

discontinuidades con respecto al talud, quedando propensa la inestabilidad de los parámetros resistentes de las discontinuidades y de la matriz rocosa. El objetivo de la investigación es identificar, controlar y corregir los elementos que pueden ser inestables en un talud rocoso. Por el cual se tomó la muestra de un sector del talud que comprende desde la P.K 0+ 000 – P.K. 0+340, el cual se sectorizo a través de 3 secciones transversales, que a la vez han sido identificados y evaluados con 84 estaciones de mapeos geomecánicas en el sector Sur.

Se realizaron tomas de muestras en campo, mapeos geo mecánicos, identificación de tipo de rocas, ensayos de laboratorio, determinación de la compresión uniaxial de la roca, cálculos de cohesión, fricción y RMR; para así optar prevenir la caída de bloques sueltos mediante medidas de estabilidad. Al realizar el análisis para la estabilidad de taludes usando mallas galvanizadas ancladas ha sido determinantes y óptimos en los modelos comparativos resultando F.S. mayores 1.5 que son los mínimos permitidos según la Norma E050 de suelos y cimentaciones y que a la vez los cálculos se han realizado para condiciones estáticas (sin sismo) y para condiciones Pseudoestáticas (con sismo), considerando aceleración de diseño 0.15 g, que corresponde al 50% del valor de la aceleración máxima 0.30 g, indicada para la Zona del Proyecto en la Norma E030 “Diseño Sismorresistente”. Utilizando las mallas galvanizadas ancladas se pueden determinar una mejor estabilidad de taludes rocosos a largo plazo bajo los parámetros sísmicos y así obtener resultados de factores de seguridad con los métodos globales como son: $F.S = 2.5$ sin aceleración sísmica y $F.S = 1.9$ con aceleración sísmica, ya que con la utilización de mallas galvanizadas y pernos de anclaje valores por encima a $F.S = 5.24$ (con sismo y con refuerzo).

Pozo (2014) presentó el estudio titulado “Análisis numérico del mecanismo de falla en macizos rocosos fracturados considerando el efecto escala”, se desarrolló un método alternativo de análisis, tal como la simulación numérica, se muestra como una herramienta

para lograr este objetivo. La investigación muestra que la aplicación del Método de Elementos Finitos, con la representación explícita de las discontinuidades (denominado J-MEF), es una alternativa al uso del Método de los Elementos Discretos para el análisis del mecanismo de rotura en macizos rocosos con una estructura en bloques. Por otro lado, se comprobó que la utilización de modelos constitutivos, como el modelo elástico perfectamente plástico, permite evaluar el tipo de rotura de los taludes rocosos considerando el factor escala, además de calcular el factor de seguridad (FS) mediante la técnica de reducción de los parámetros (Método SSR). En la investigación, también se comparó el factor de seguridad obtenido por métodos convencionales de Equilibrio Límite y por el Método de Elementos Finitos, así como la comparación de resultados obtenidos aplicando el Método J-MEF y el Método de Elementos Discretos. Finalmente, aplicando la metodología de la proyección estereográfica, se diseñaron los taludes de un tajo abierto, para posteriormente analizar numéricamente la influencia del efecto escala considerando varias fases de excavación mediante el método J-MEF.

Rodríguez (2013) desarrolló la investigación titulada “Evaluación de la estabilidad de taludes en la mina Lourdes-Tacna”, la mina Lourdes, explota recursos no metálicos por el método de Canteras a cielo abierto, ocasionando grandes modificaciones al perfil original del terreno, con el fin de mejorar las explotaciones debe implementar un método de minado superficial por bancos que permita un mejor control de la estabilidad del terreno. Esto implica la necesidad de establecer los parámetros geo mecánicos y establecer los dominios geotécnicos del área de la explotación que permitan un diseño seguro de bancos y taludes en roca y en los botaderos de desmonte. Con el objeto de obtener resultados óptimos en el manejo de taludes en operaciones mineras, obras civiles o riesgos geodinámicos; se recomienda la aplicación de modelo de Gestión de Taludes. El cual constituye un

procedimiento organizado para el control económico y seguro de taludes que permitan mejorar la rentabilidad económica de una operación minera superficial; la vida útil de una obra civil o minimizar el riesgo geodinámico de un deslizamiento de suelos o rocas. Dado esto se procedió al análisis de estabilidad para la condición de máximo encampane, es decir de 60 m (98 pies) de alto; estimando las fuerzas que tienden a producir el deslizamiento y las fuerzas resistentes. Obteniéndose un Factor de Seguridad de 2.13, lo que manifiesta la estabilidad de diseño para cada banco final propuesto en la pared Sur de la cantera.

Ávila (2017) desarrolló el estudio titulado “Análisis sísmico - dinámico en taludes para aseguramiento de estructuras de irrigación Sangallaya – Huarochirí – Región Lima 2017”, el objetivo es evaluar que el análisis sísmico - dinámico en taludes contribuirá al aseguramiento de las estructuras de irrigación Sangallaya Huarochirí Región Lima 2017. Para el análisis sísmico dinámico en talud, se usó como referencia al autor M.G. Gerscovich (2015), y las dimensiones trabajadas en la presente investigación fueron trabajos de campo, ensayos estándares y ensayos especiales con las cuales contribuirá al aseguramiento de las estructuras de irrigación Sangallaya tal como lo define Suarez Díaz (2009 Vol. 2), siendo las dimensiones estabilidad de taludes en terreno natural, estabilidad en terreno saturado y coeficiente sísmico crítico. La Metodología que se aplicó a la presente investigación es la científica tipo aplicativa, de nivel explicativo y de diseño pre - experimental. Siendo la población las estructuras de irrigación Sangallaya y la muestra una estructura denominada rápida donde la pendiente es mayor, los instrumentos utilizados para la recolección de datos fueron las fichas técnicas, y los procedimientos normalizados de ensayo. Las conclusiones a las que se llegó en etapa investigación, son de que los taludes con mayores pendientes son más susceptibles al deslizamiento, así como el escenario en una posible saturación de suelo por efectos de precipitación pluvial en mayor tiempo y frecuencia desestabilizarían parte del

talud estudiado, así mismo se demostró que si hay un evento sísmico - dinámico el talud tiende a desestabilizarse debido a la pérdida de fuerzas resistentes, siendo en estado natural estable llegando a alcanzar un factor de seguridad de F.S. 1.426.

1.5.2. Marco teórico

1.5.2.1 Resistencia Del Macizo Rocos

El Efecto Escala en la Estabilidad de Taludes en Roca

Se ha observado que la influencia de las discontinuidades en la estabilidad de taludes en macizos rocosos no es la misma para diferentes escalas del problema (profundidad de la excavación). Generalmente, a pequeña escala las discontinuidades son más influyentes que las propiedades de la roca intacta, siendo comunes los mecanismos de roturas planas y cuñas, los cuales son controlados por las discontinuidades. Cuando la escala se incrementa, mecanismos de rotura más complejos son desarrollados, pudiendo producirse una rotura que combina el deslizamiento a través de las discontinuidades y la rotura por corte a través de la roca intacta. El vuelco y pandeo de estratos son otros mecanismos que pueden ocurrir al incrementar la escala del problema (Pozo, 2014).

1.5.2.2 Fallas de Taludes

Pérez (2015) señalan que en “ocasiones los suelos se encuentran fisurados; tal es el caso de arcillas preconsolidadas, que con frecuencia están fisuradas, o de tobas cementadas que exhiben grietas de tensión con un echado muy pronunciado hacia la cara del talud” (p.12). En estas condiciones se hace necesario, para el análisis de la estabilidad de un talud, se hace necesario considerar una falla por traslación a lo largo de las discontinuidades del suelo.

Aun en suelos homogéneos ocurren fallas de talud por traslación. Por ejemplo, en un suelo puramente friccionante la superficie de deslizamiento es través de un plano que pasa por el pie del talud.

Por lo tanto, para el análisis de estabilidad de taludes resulta conveniente contar con procedimientos que consideren que la falla se presenta a través de planos de deslizamiento.

Se presenta un procedimiento simplificado donde consideramos que el deslizamiento ocurre por traslación a través de superficies planas. Tratamos los siguientes casos: (a) falla por el pie del talud, una superficie de deslizamiento; (b) falla por el pie del talud, superficie de deslizamiento compuesta; y (c) falla de base, superficie de deslizamiento compuesta (Sanhueza & Rodríguez, 2018).

Debido a las hipótesis simplificadoras que establecemos, el análisis es aproximado, por lo que se recomienda aplicarlo con precaución, y calibrarlo con otros métodos de análisis.

1.5.2.3 Falla por el Pie del Talud. Una superficie de falla

Factor de seguridad

Este tipo de falla se muestra en la figura 1. Hagamos

$$V = W + Q - S_v \quad (1)$$

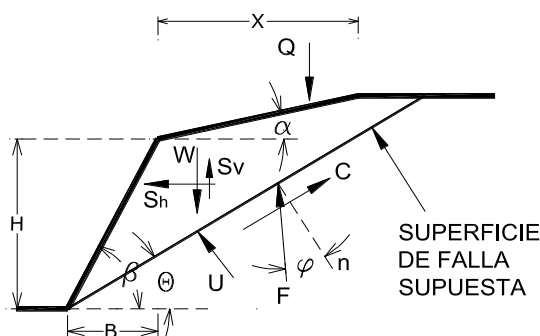


Figura 2. Falla por el pie. Una superficie de deslizamiento

El factor de seguridad FS se define como

$$FS = \frac{\Sigma F_R + AN}{\Sigma F_A} \quad (2)$$

donde

ΣF_R = sumatoria de fuerzas resistentes

$$\Sigma F_R = (V \cos \theta - S_h \sin \theta - U) \tan \phi + C \quad (3)$$

ΣF_A = sumatoria de fuerzas actuantes

$$\Sigma F_A = V \sin \theta + S_h \cos \theta \quad (4)$$

AN = fuerza de anclaje

1.5.2.4 Estabilidad de Taludes

Generalidades:

La estabilidad de taludes es una ciencia que permite determinar cuál es el ángulo del talud. Este es un dato de entrada para cualquier software de diseño de minas superficiales.

Se debe tener en cuenta consideraciones **económicas y de seguridad**.

Desde el punto de vista de **seguridad** es evitar que el talud se caiga, evitar las caídas de rocas y la caída de bancos.

Desde el punto de vista **económico** es diseñar el ángulo del talud para un factor de seguridad límite determinado, a fin de que la relación de desbroce sea el mínimo.

Aplicación:

- Diseño de tajos abiertos.
- Diseño de canchas de relave.
- Diseño de PATS de lixiviación.
- Análisis de taludes naturales.

- Diseño de carreteras.

Planeamiento de la estabilidad de un talud:

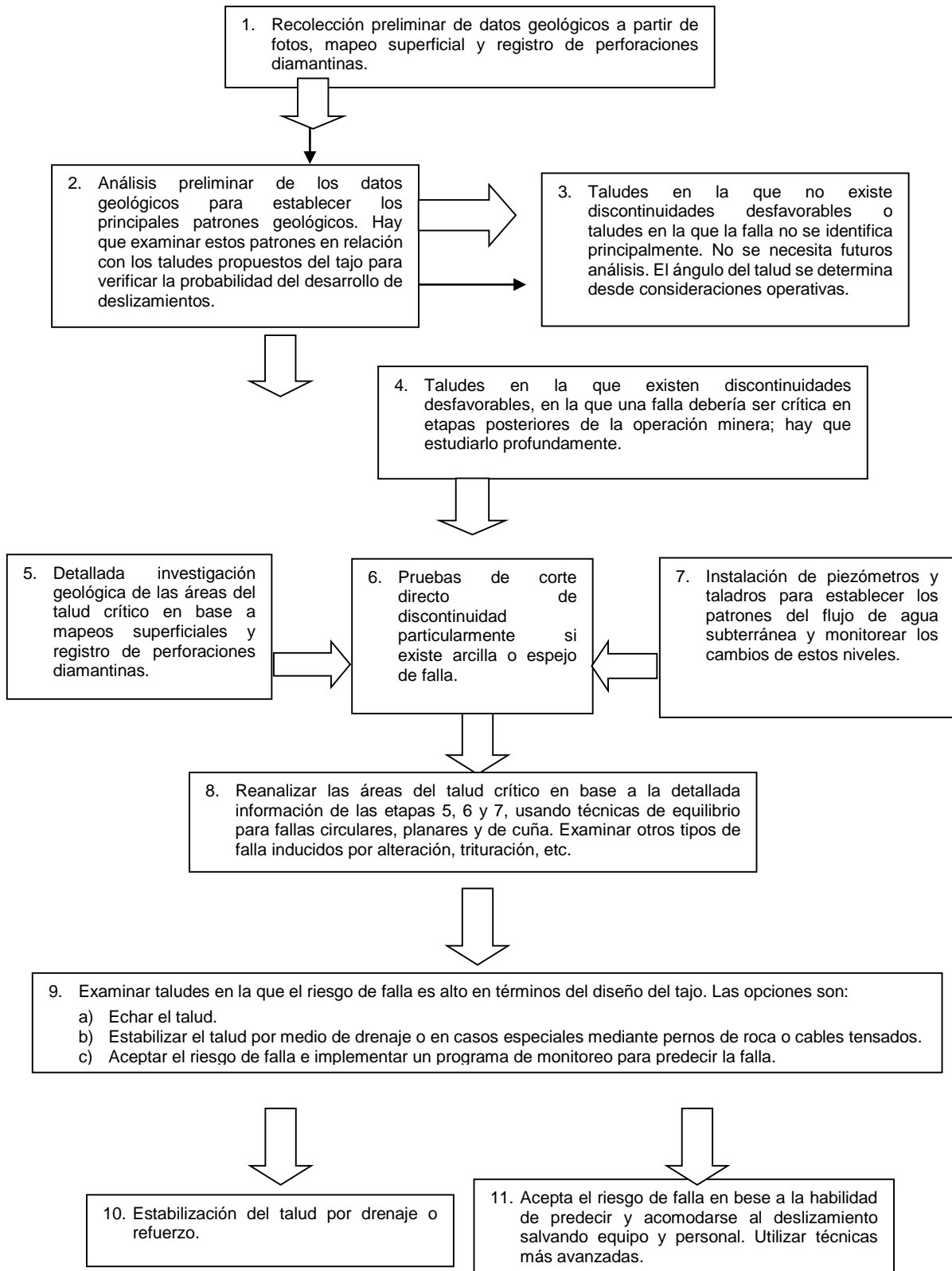


Figura 3. Planeamiento de la estabilidad de un talud

1.5.2.5 Recolección de datos geológicos

El mayor problema que se puede enfrentar es siempre el no previsto. Es difícil y peligroso tener que dar la solución a problemas de estabilidad o de agua en forma inesperada. En cambio, se puede encontrar una solución si se sabe con anticipación del problema, cambiando la localización o la geometría de la excavación, o instalando soportes o drenes, etc.

Aunque sea imposible prever todas las circunstancias geológicas que puedan dar lugar a problemas; esto implica que en todo proyecto de excavación subterránea habrá que conceder la cantidad suficiente de recursos (económicos y de trabajo), además del tiempo necesario para los estudios geológicos respectivos. De no ser así, no se tendrá la base adecuada para un buen diseño y por ende los costos elevados que se producirían por los problemas inesperados en las etapas posteriores.

Estudio de la geología regional:

La situación geológica estructural que se puede encontrar en cualquier sitio es el producto de la historia geológica de la región. Por lo tanto, el tipo de roca, pliegues, fallas y fracturas en el volumen relativamente reducido forma parte de un conjunto mucho más importante en el que reflejan los procesos geológicos a que fue sometida la región. También es de importancia que se haga el mayor uso posible de los conocimientos locales (información mediante mineros, trabajadores de canteras, fotografías aéreas, contratistas, aficionados a la geología y las Universidades).

Elaboración de mapas y planos de ingeniería geológica:

Estos se elaboran según los resultados de los estudios geológicos regionales, que se hacen generalmente en una escala entre 1:000 y 1:100000. Pero para proporcionar la información que se necesita para el diseño de una excavación subterránea se necesita planos

y mapas de 1:000 y aún 1:00. Además, el tipo de información que se da para estos planos, así como en los registros y notas que lo acompañan, debe permitir una clasificación del macizo rocoso.

Mapeo de afloramientos:

La roca que se manifiesta en la superficie será la que tiene que proporcionar la máxima información sobre los tipos de roca y sobre las características estructurales del macizo.

Los cauces de los arroyos generalmente proporcionan mucha información valiosa, ya que son los lugares donde el agua ha cortado la superficie dejando al descubierto la roca subyacente.

Cuando hay pocos afloramientos o cuando se piensa que las manifestaciones existentes han sido seriamente alteradas por la meteorización, una trinchera o un pozo pueden ser la solución de las incógnitas.

Los mapeos que se realizan para proyectos mineros, en su mayoría se realizan en galerías, cortadas, chimeneas, etc. Cuando se trata de proyectos importantes o cuando no se tenga labores subterráneas, los mapeos se realizarán a partir de los testigos de perforación diamantina.

Métodos de exploración:

Necesidad de las técnicas de exploración:

Una buena parte del éxito de un proyecto de mecánica de rocas reside en el amplio conocimiento, de las características estructurales, del macizo rocoso en el cual se va a realizar la excavación.

Ciertamente no se puede escatimar costos en esta parte del proyecto, ya que mucho más podría costar remediar un colapso.

Métodos de exploración:

Todo proyecto de Ingeniería debe iniciarse con una buena exploración del macizo rocoso previo a la etapa de diseño.

La exploración del macizo puede realizarse de varias formas, algunas de las cuales son las siguientes:

- Exploración Geológica
- Exploración Hidrológica
- Exploración Geofísica
- Exploración Termal
- Exploración en base a pruebas de laboratorio.

Exploración geofísica:

Es practicada para detectar cambios, en la roca, de algunas propiedades físicas, por ejemplo, gravedad específica, magnetismo, transmisión y reflexión de ondas sísmicas.

La exploración de rocas puede ser llevada a cabo, muy rápidamente, por medio del método sísmico. La exploración sísmica consiste en detectar, por medio de sismógrafos, el tiempo de viaje de las ondas, las cuales son producidas, artificialmente por una voladura controlada.

Exploración termal

La exploración termal e hidrotermal debe captar su información a través de temperaturas subterráneas y gradientes geotérmicas de la roca. Este sistema de exploración está más orientado hacia la ventilación de minas. Una variación de la temperatura puede inducir esfuerzos termales en la roca, especialmente en los granitos y otros tipos de roca.

Exploración en base a pruebas de laboratorio:

Son ampliamente utilizados para encontrar algunas propiedades de las rocas, tales como su resistencia a la compresión uniaxial, triaxial; resistencia al corte. Además, esta forma de exploración es la única que puede brindar datos tan importantes como el módulo de elasticidad y el módulo de Poisson.

Exploración geológica:

Para el caso de excavaciones subterráneas, la exploración geológica debe ser llevada a cabo por ingenieros de gran experiencia y confiabilidad.

La exploración geológica está relacionado a las condiciones geológicas como: estratificaciones, condiciones tectónicas, tales como fallas y sistemas de discontinuidades; petrografía y naturaleza de las rocas, efecto de las cargas de soporte, cambios de temperatura y presencia de agua (Rodríguez Copare, 2013).

La recuperación de testigos a partir de perforaciones diamantinas es uno de los métodos de exploración geológica más ampliamente usado en el mundo. En la actualidad existen numerosas empresas dedicadas a este fin, por lo que la adquisición de una de estas máquinas no es necesaria para una campaña minera, por los altos costos de posesión que incluye, únicamente basta con alquilar los servicios de empresas dedicadas a este fin, con lo que se logra eficiencia y calidad en el desarrollo del proyecto.

Cabe mencionar que, la perforación diamantina es la Diamec 250 de Atlas Copco, por su versatilidad en el manejo y rapidez en el cambio de las barras, este último detalle es muy importante cuando se tiene que usar gran cantidad de barras en un espacio reducido. El barril de obtención de las muestras debe ser de un diseño adecuado tal que permita la recuperación del testigo, tal cual se presente en la naturaleza. No se puede arriesgar a perder tanto dinero solamente por una mala elección de los útiles de perforación (Ávila, 2017).

Obtener la orientación de las discontinuidades y fallas menores a partir de los testigos de orientación diamantina, es un problema que ha sido ampliamente tratado y discutido. Una de las formas más utilizadas es la inclusión de una pequeña brújula al final del taladro con lo cual se logra obtener la orientación deseada. Otra forma de obtener estos datos es a partir de las fotografías tomadas desde el interior del barreno, con lo cual se logra muchas características adicionales. Los testigos recuperados son almacenados en unas cajas, en las cuales se intenta que se encuentren en las mismas condiciones atmosféricas originales (Cordova, 2017). Por su puesto, previamente se ha tenido que realizar el registro correspondiente, el cual consiste en vaciar, tramo a tramo todas las características de los testigos recuperados, en unos formatos previamente preparados, los cuales están de acuerdo al criterio del geólogo que realiza la exploración. Todos estos datos, posteriormente son representados gráficamente en un diagrama planar tridimensional.

Representación gráfica de los datos estructurales:

Para que la utilización de los datos geológicos resulte efectiva en un estudio, depende de la habilidad del ingeniero para comprenderlos, digerirlos e incorporarlos a su diseño. La relación geométrica tridimensional entre las características estructurales es muy importante sobre todo cuando se prevé que va a existir formación de cuñas en el techo y las cajas que van a caer o resbalar.

La mayoría de los ingenieros de diseño tienen los conocimientos suficientes sobre lo que son las representaciones estereográficas y el arduo trabajo que significa ejecutar una tarea de éstas; felizmente hoy existen herramientas computacionales que desarrollan estas labores muy rápida y eficazmente. Tal es el caso del software DIPS (Desarrollado por Rock Engineering Group, Universidad de Toronto - Canadá) (Ayala, 2015).

Fundamento teórico:

El software DIPS tiene una amplia gama de opciones de utilización. Gráfica: proyecciones de áreas iguales y planos iguales; distribuciones de Schmidt y Fisher; aplica funciones de ponderación para el método de recolección de datos por scanline; representa gráficamente planos, polos, curvas contorneadas y rosetas de distribución; además, tiene un apartado de ayuda estadística (Menchanical, 2013).

Proyección de igual ángulo:

La proyección de igual ángulo preserva solamente la geometría de las formas proyectadas. El área en la superficie de la esfera, representada por la proyección de una región, depende de su localización. El área proyectada de un círculo dado se incrementa hacia el ecuador. La proyección B de un punto A que se encuentra sobre la superficie de la esfera se define como el punto donde el plano horizontal que pasa por el centro de la esfera queda perforado por una línea que va de A al zenit de la esfera (Turpo, 2011).

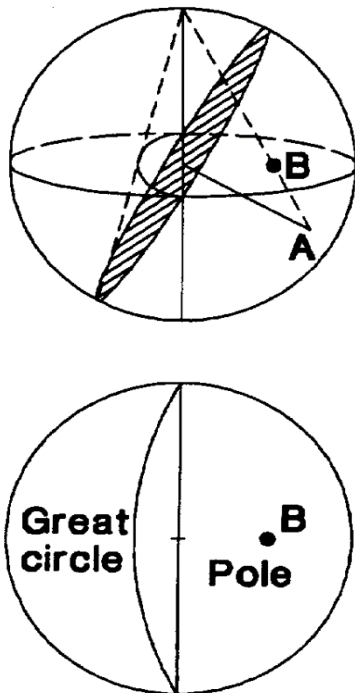


Figura 4. Proyección de igual ángulo

Distribución de Fisher:

En el método de Fisher, a cada polo se le asigna una influencia o distribución sobre la superficie de la esfera, en vez de un valor puntual, como es el caso de la distribución de Schmidt. La zona integrada de influencia es una campana de distribución con una máxima altura de 1, y un radio de base similar al radio del círculo de conteo (Melentijevic, 2015).

La influencia de contribución de una malla puntual es representada por la altura de la zona de influencia inmediatamente superior a la malla puntual. En este método, la influencia total de un polo individual es la misma que en la distribución de Schmidt, pero su distribución o influencia refleja una probabilidad asumida de medición de error (López, 2015).

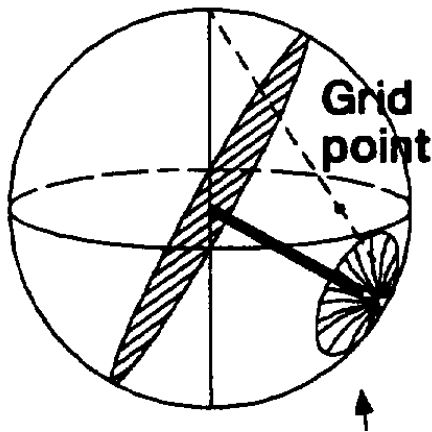


Figura 5. Bell dome of influence

Max. height = 1 coincident with polo vector.

Base radius = 2 * Schmidt cylinder radius.

Total volume of influence function is: Schmidt cylinder

Ponderación de Terzagui:

El software tiene configurado un ángulo Bias (error) límite de 15°. Este ángulo es usado por la corrección de Terzagui, en la cual un ponderado es aplicado a la orientación de los datos.

Cuando las mediciones son hechas, un error es introducido en favor de los cuadros que son perpendiculares a la dirección de afloramiento. Para ilustrar este concepto, grafiquemos 3 discontinuidades de idéntico espaciamiento a lo largo de un scanline.

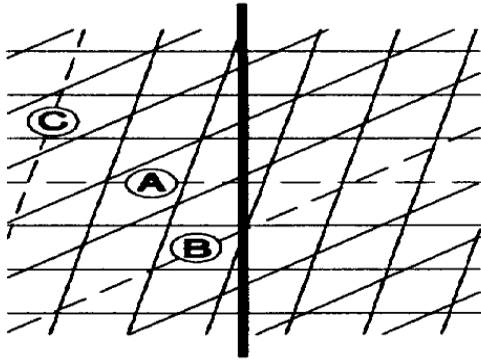


Figura 6. Scanline

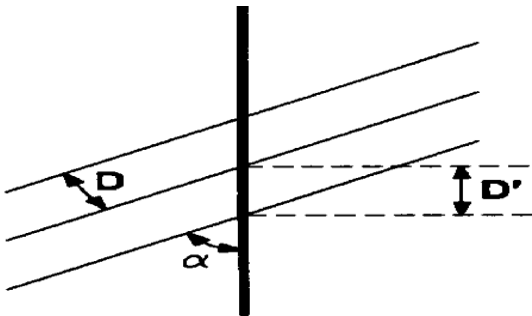


Figura 7. Ponderación de Terzagui

Muchas más anotaciones a lo largo del scanline van a ser ejecutadas para la familia A, mientras que para la familia C dada su paralelismo al scanline como máximo se anotará una medición. Esto implica un error de densidad en favor de la familia A. Para compensar este error, se utiliza una ponderación geométrica para cada uno de estos cuadros. Este ponderador W, debe ser usado en DIPS únicamente para mediciones lineales (Grazón, Valencia, & Muñoz, 2012).

El ponderador geométrico es calculado de la siguiente manera:

α		Minimum angle between plane traverse
D'		Apparent spacing along traverse
D	$= D' \sin \alpha = D' 1/W$	True spacing of discontinuity set
R'	$= 1/D'$	Apparent density of joint population
R	$= 1/D = 1/D' \sin \alpha$ $= D' \operatorname{cosec} \alpha$	True density of joint population
W	$= (1) \operatorname{cosec} \alpha$	Weighing applied to individual pole before density calculation

Consideraciones Geológicas Preliminares

La principal pregunta en el diseño de taludes es “*que tan alto y en cuantas etapas puede ser cortado un talud*”. Para responder esta pregunta, muchos investigadores han adoptado por considerar a la masa rocosa como continua y elástica. A raíz de ello, técnicas como el análisis de esfuerzos mediante fotoelástica o métodos de elementos finitos, antes usados en el diseño de excavaciones subterráneas, sean aplicados al diseño de taludes. Los resultados de estos estudios son interesantes, pero desde el punto de vista práctico tienen limitado uso. La razón de ello es el escaso conocimiento de las propiedades mecánicas de la masa rocosa y su continuo cambio. Todo ello hace que su uso, para este tipo de análisis, sea inadecuado. Por ejemplo, si calculamos la altura de un talud en relación con la resistencia de la roca intacta, se van a obtener alturas de diseño impresionantes. Ciertamente esto es irreal, y uno tendría que reducir el factor σ_c en, al menos, diez veces para poder llegar a alturas de talud razonables (López, 2015).

Investigadores europeos han enfatizado, por muchos años, que la masa rocosa no es continua y que su comportamiento es dominado por discontinuidades tales como fallas, juntas y planos de estratificación. Actualmente, todos los diseños de taludes se basan en esta técnica, sin embargo, se debe tener en cuenta que cuando exista flujo de agua o

desplazamientos globales, los resultados que se obtienen a partir de métodos numéricos pueden ser muy útiles.

Si partimos del hecho que la estabilidad de un talud es dominada por discontinuidades geológicas, podemos afirmar que existirán situaciones en la que no exista deslizamiento de tipo alguno. Entonces, la falla de este talud deberá abarcar una combinación de movimientos de discontinuidades y falla de roca intacta; en estos casos ¿cómo deberíamos anticipar la altura y el ángulo de talud que deberíamos utilizar? (Mendoza, 2018).

Se ha investigado sobre la estabilidad de taludes en rocas duras, para ello se ha analizado varios tipos y en el gráfico adjunto se muestra el ploteo de tales taludes estables e inestables.

Teniendo solamente en cuenta los taludes estables podemos apreciar que ellos se ubican a lo largo de una curvilínea punteada. Esta línea proporciona una práctica.

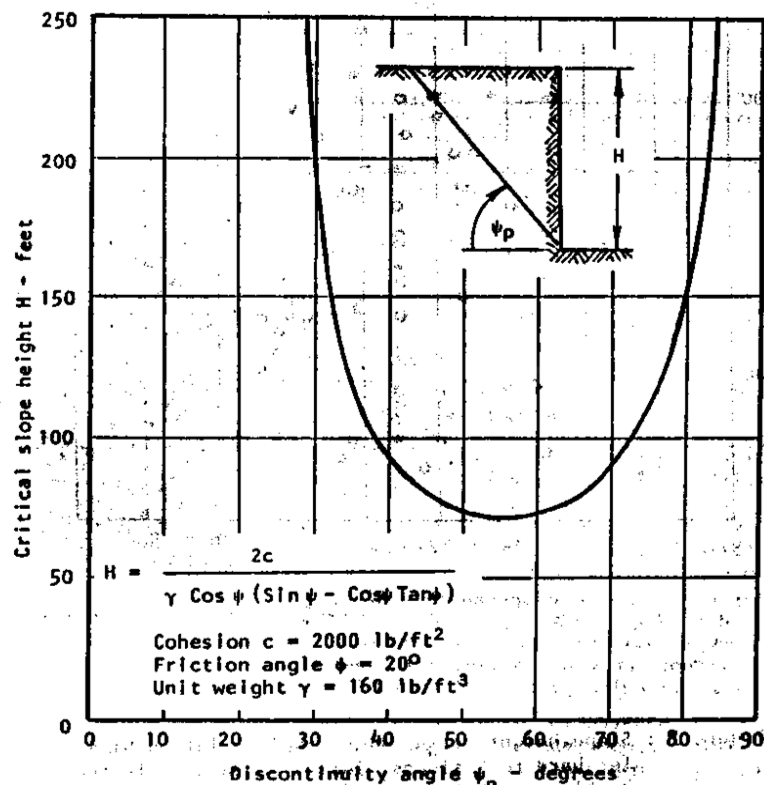


Figura 8. Guía sobre la altura y el ángulo del talud para casos normales.

Rol de las discontinuidades en el fallamiento de taludes:

Es claro apreciar en el gráfico que existen taludes altos y empinados que son estables; pero asimismo, hay taludes echados y bajos que son inestables. Esto se debe a que la estabilidad de un talud varía en función a la inclinación de la superficie de discontinuidades. Cuando las discontinuidades son verticales u horizontales no puede existir deslizamiento por lo que la falla del talud debe abarcar fractura de bloques de roca, así como movimientos a lo largo de las discontinuidades (Pozo, Análisis Numérico del Mecanismo de Falla en Macizos Rocosos Fracturados considerando el Efecto Escala, 2014).

Cuando la masa rocosa contiene discontinuidades inclinadas hacia la cara del talud con ángulos entre 30° y 70° los deslizamientos pueden ocurrir. Es de clara apreciación que la existencia o ausencia de discontinuidades ejerce una importante influencia en la estabilidad de taludes de roca y la detección de estos cuadros geológicos es uno de los pasos más críticos de un estudio de investigación de taludes.

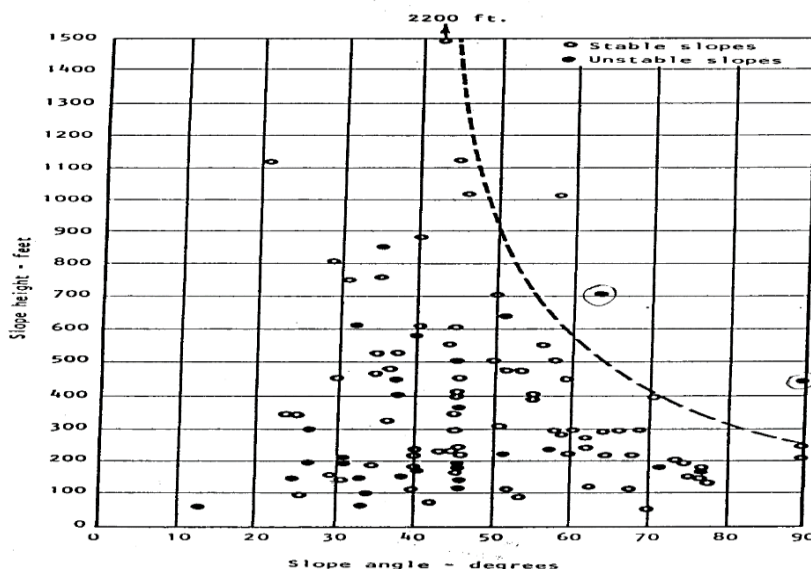


Figura 9. Rol de las discontinuidades en el fallamiento de taludes

Propiedades geomecánicas de la masa rocosa:

Ayala (2015) sostuvo que “Las propiedades más relevantes son: ángulo de fricción, resistencia cohesiva y densidad del suelo o roca” (p. 53).

La fricción y cohesión pueden ser definirse más claramente a partir del siguiente gráfico.

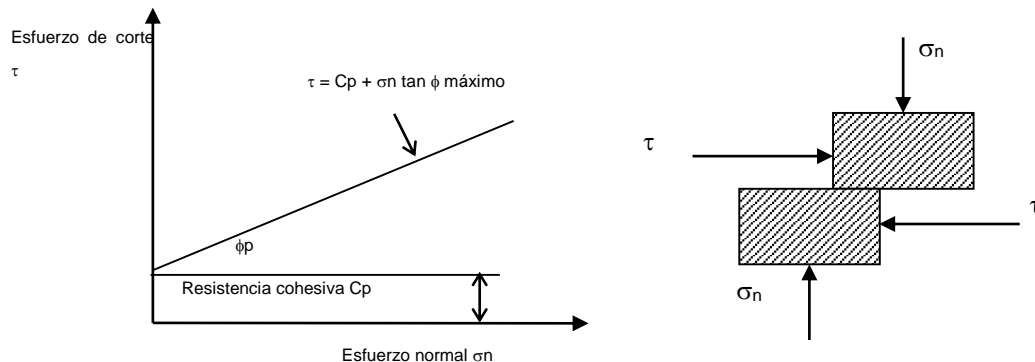


Figura 10. Propiedades geomecánicas de la masa rocosa

Ayala (2015) sostiene que “el esfuerzo de corte requerido para causar el deslizamiento aumenta cuando se incrementa el esfuerzo normal. La inclinación de la línea obtenida proporciona el ángulo de fricción” (p. 64). Si la superficie de la discontinuidad es cementada desde un principio, o si es rugosa, un valor finito de esfuerzo de corte debe requerirse a fin de causar el deslizamiento cuando el esfuerzo normal es cero. Esto se conoce como cohesión.

Ecuación 3. Cohesión

$$\tau = C_p + \sigma \tan \phi_p \dots\dots\dots(1)$$

Generalidades de estática:

Deslizamiento debido a una carga gravitacional:

Consideremos un bloque de roca de peso W que esta sobre un plano inclinado ϕ a la horizontal.

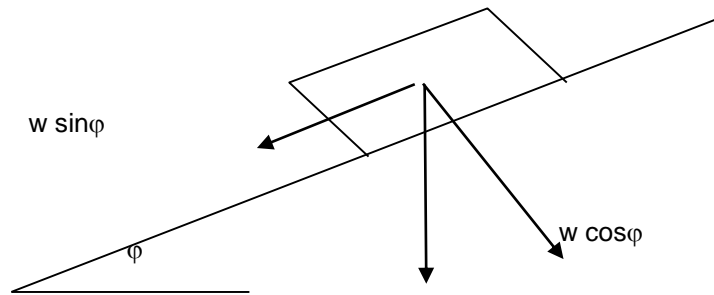


Figura 11. Deslizamiento debido a una carga gravitacional

El bloque actúa, únicamente, por gravedad, razón por la que W se dirige hacia el centro de gravedad terrestre.

El esfuerzo normal actuante será:

$$\sigma_n = \frac{w \cos \phi}{A} \dots\dots\dots(2)$$

Dónde:

A: Área de la base del bloque

Si asumimos que la resistencia al corte, de esta superficie, está dado por $\tau = +\sigma_n \tan \phi$

y sustituyendo (2) en (1) tenemos:

$$\tau = C + \frac{w \cos \phi}{A} \tan \phi$$

$$A \tau = AC + w \cos \phi \tan \phi$$

Ecuación 4. Resistencia al corte

Dónde:

$$R = A \tau$$

Fuerza de corte que resiste al deslizamiento hacia abajo del plano.

$$w \sin \phi = AC + w \cos \phi \tan \phi$$

En el punto de equilibrio límite (cuando la fuerza que actúa hacia el deslizamiento es igual a la fuerza de resistencia) se tendrá:

Y si no existe cohesión obtendremos que:

$$w \sin \varphi = w \cos \varphi \tan \phi$$

$$\frac{w \sin \varphi}{w \cos \varphi} = \tan \phi$$

$$\tan \varphi = \tan \phi$$

$$\varphi = \phi$$

Influencia de la presión de agua en la resistencia al corte:

El efecto de la presión de agua actuando en la superficie de corte de un espécimen, tal como se muestra, es reducir el efecto normal al llamado esfuerzo efectivo ($\sigma - \mu$), donde μ es la presión de poro de agua.

Por lo que la relación resistencia al corte queda definida por:

$$\tau = C + (\sigma - \mu) \tan \phi$$

Ecuación 5. Influencia de la presión de agua en la resistencia al corte

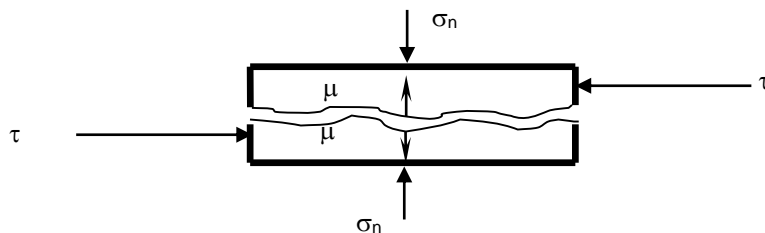


Figura 12. Influencia de la presión de agua en la resistencia al corte

En la mayoría de las rocas, suelos y gravas, la cohesión y fricción no son alterados significativamente por la presencia de agua y por lo tanto la reducción a la resistencia al corte, de estos materiales, es debido casi enteramente a la reducción del esfuerzo normal que

actúa perpendicular a la superficie de falla. Consecuentemente, la presión de agua es más importante que el contenido de humedad al momento de definir las características de resistencia de rocas duras, arenas y gravas (Mendoza, 2018).

En términos de estabilidad de taludes, la presencia de pequeños volúmenes de agua a alta presión, atrapado dentro de una masa rocosa, es más importante que gran cantidad de agua discurriendo libremente desde un acuífero.

En el caso de rocas suaves, arcillas y sales, la cohesión y fricción pueden cambiar marcadamente con los cambios del contenido de humedad y es necesario cuando se ensayan estos materiales asegurarse que el contenido de humedad del material durante la prueba sea lo más cercano posible a las condiciones existentes en el campo. En este caso la ecuación $\tau=C+(\sigma-\mu)\tan\phi$ se aplica, pero debe variarse los valores C y ϕ .

Efecto de la presión del agua en una grieta de tensión:

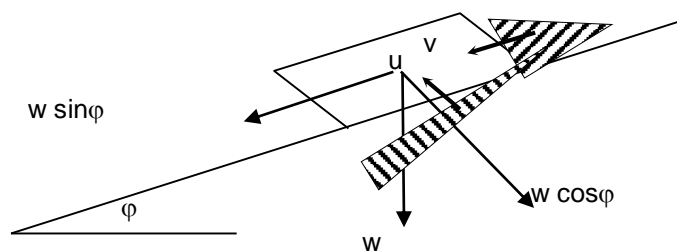


Figura 13. Efecto de la presión del agua en una grieta de tensión

Melentijevic (2015) sostiene que “la presión de agua en la grieta de tensión se incrementa linealmente con la profundidad; y una fuerza total “v”, debido a esta presión de agua, actúa en la parte posterior del bloque llevándolo hacia abajo del plano inclinado” (p. 42). Si asumimos que la presión del agua se transmite a través de la intersección de la grieta de tensión y la base del bloque, la distribución de la presión de agua ilustrado en el gráfico anterior ocurrirá a lo largo de la base del bloque. Esta distribución de presión de agua resulta

en una fuerza de levantamiento “u” que reduce la fuerza normal y que actúa a través de esta superficie.

$$w \sin \varphi + v = CA + (w \cos \varphi - u) \tan \phi$$

Analizando la ecuación anterior la fuerza que tiende a deslizar el bloque aumenta y las fuerzas resistentes disminuyen. Concluyendo “u” y “v” son perjudiciales para la estabilidad de taludes.

Aunque la presión de agua resultante es muy pequeña, éstas actúan sobre grandes áreas y por lo tanto pueden crecer grandemente (Cordova, 2017).

Refuerzo para prevenir el deslizamiento:

El medio más efectivo para estabilizar bloques de roca es instalar pernos de roca o cables tensionados.

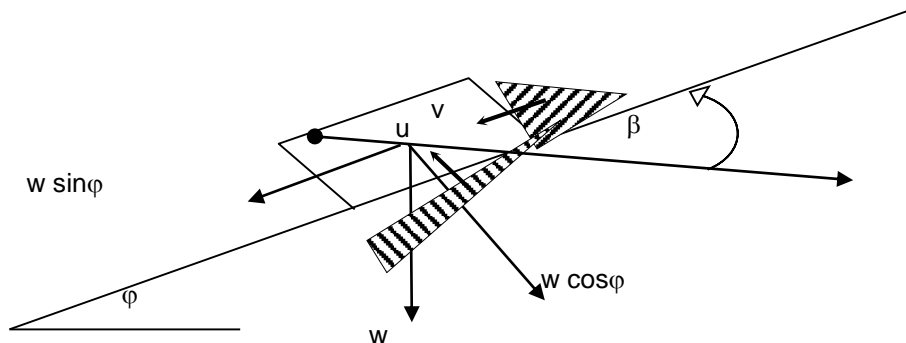


Figura 14. Refuerzo para prevenir el deslizamiento

Consideremos un perno de roca tensionado a una carga “T” y que es instalado a un ángulo β al plano inclinado. Al resolver los componentes del perno tensionado “T” actuando paralelo al plano obtenemos $T \cos \beta$, mientras que el componente perpendicular a la superficie de deslizamiento es $T \sin \beta$.

La condición de límite de equilibrio para este caso se define de la siguiente manera:

$$w \sin \varphi + v - T \cos \beta = CA + (w \cos \varphi - u + T \cos \beta) \tan \phi$$

La tensión del perno reduce la fuerza perturbante e incrementa la fuerza normal, por lo tanto, la fuerza friccional entre la base del bloque y el plano se eleva (Menchanical, 2013).

La mínima tensión del perno requerido para estabilizar el bloque se obtiene reagrupando la ecuación anterior y dando una expresión para la tensión “T” del perno y luego minimizando esta expresión con respecto a β .

$$\frac{\partial T}{\partial \beta} = 0 \Rightarrow \beta = \phi$$

Factor de seguridad como base general para la evaluación de la estabilidad:

Para comparar la estabilidad de taludes bajo condiciones que no sean las de equilibrio límite, se requiere de algún índice y el más común es el llamado Factor de Seguridad. Se define como la relación entre la fuerza total disponible para resistir el deslizamiento a la fuerza total que tiende a inducir el deslizamiento (Pozo, Análisis Numérico del Mecanismo de Falla en Macizos Rocosos Fracturados considerando el Efecto Escala, 2014).

$$F = \frac{CA + (w \cos \varphi - u + T \sin \beta)}{w \sin \varphi + v - T \cos \beta} \tan \phi$$

Cuando el talud está en un punto de falla o a punto de fallar $F=1$; cuando el talud es estable las fuerzas resistentes son más grandes que las perturbantes y F deberá ser mayor que 1.

En un hipotético caso en la que un talud está a punto de fallar y se decide estabilizarlo, entonces según la ecuación anterior F puede incrementarse mediante la reducción de “v” y “u” por medio de drenaje o incrementando “T” al instalar pernos de roca o cables tensionado.

La función de un ingeniero de diseño no es calcular bien, sino juzgar bien.

Estabilidad de Taludes en Rocas y Suelos

Falla Planar:

Es muy raro que se pueda presentar una falla planar en un macizo rocoso, ya que son varias las condiciones que se necesita para que se cumpla ello.

Este análisis es beneficioso para demostrar la sensibilidad del talud a los cambios de la resistencia al corte y condiciones de agua subterránea.

Condiciones generales de falla:

Las siguientes condiciones geométricas deben ser satisfechas.

- El plano en el cual debe ocurrir el deslizamiento debe tener un paralelismo de ± 20 con el rumbo del talud.
- El plano de falla debe mostrar su trazo en el talud.
- El buzamiento del plano de falla debe ser más grande que el ángulo de fricción de este plano. $\phi_p > \phi$
- Superficie libre que no proveen resistencia al deslizamiento deben estar presente en la masa rocosa para definir las condiciones laterales de deslizamiento.

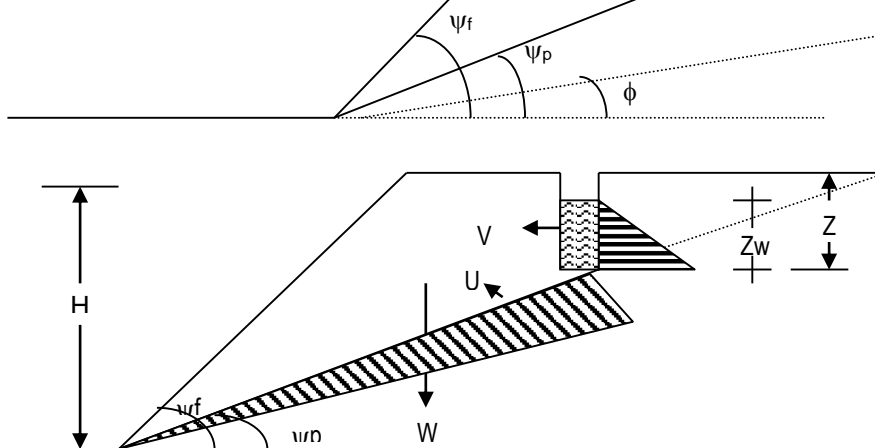


Figura 15. Condiciones generales de falla

En análisis bidimensionales de taludes es necesario considerar el espesor del deslizamiento como una unidad.

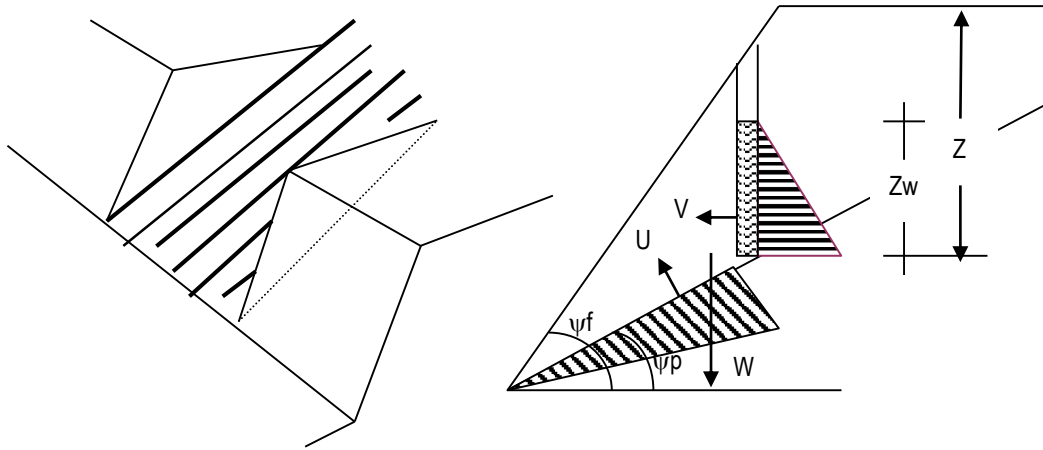
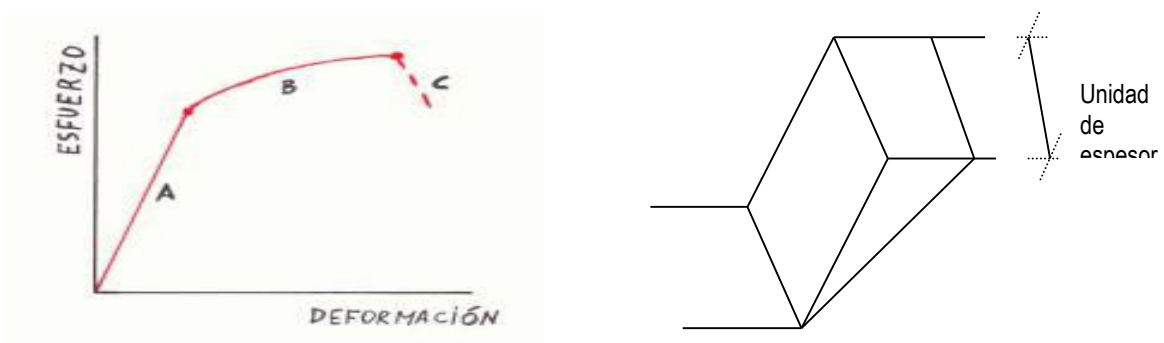


Figura 16. Análisis bidimensional



Talud con una grieta de tensión en la cara del talud.

Talud con las grietas de tensión en la superficie superior del talud.

Figura 17. Análisis bidimensional de tensiones

La transmisión de una u otra ocurre cuando la grieta de tracción coincide con la cresta del talud.

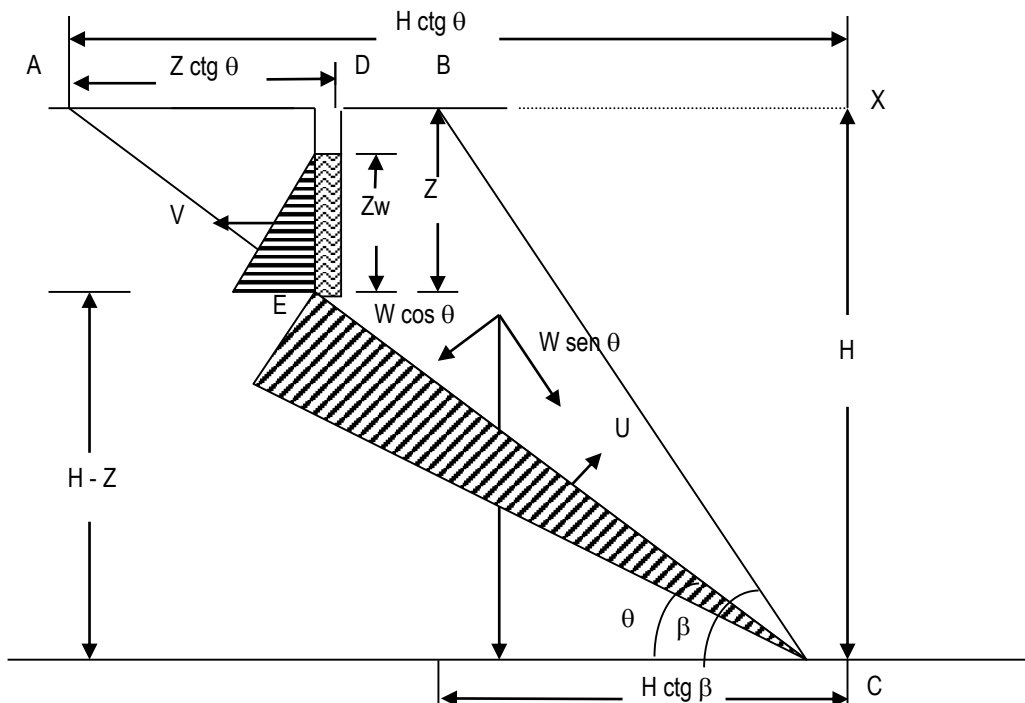
Condiciones Asumidas:

- El rumbo de la superficie de lanzamiento y la grieta de tracción son paralelos a la superficie del talud.
- Las grietas de tracción son verticales y están llenos o parcialmente llenos de agua.

- El agua ingresa a la superficie del deslizamiento a lo largo de la base de la grieta de tracción y se esparce desembocando por la traza. La presión que ejerce se visualiza en el gráfico.
- La fuerza W (peso del block deslizante), U (fuerza debido a la presión del agua en la superficie de deslizamiento) y V (fuerza debida a la presión del agua en la grieta de tracción) todos actuando a través del centro de masa deslizante. Se asume que no existe momentos (Turpo, 2011).
- La resistencia al corte de la superficie de falla se define por c y ϕ_r que se relaciona a la ecuación, si es rugosa y curvilíneo se utiliza cohesión y tracción aparente. $\tau = c + \sigma \tan \phi_r$.

Se asume que no hay resistencia al deslizamiento en las superficies perpendiculares

al talud.



$$\text{Peso} = V * \delta$$

Figura 18. Resistencia al deslizamiento en las superficies perpendiculares al talud.

$$\text{pero } V = A * l$$

y como $L = 1$

1. y $A = \text{Área que se va a deslizar } A DBCE$

Entonces:

$$A_{DBCE} = A_{ABC} - A_{ADE}$$

2. $= \text{Area } AXC - \text{Area } BXC - A ADE$

$$= \frac{H \text{ctg } \theta \cdot H}{2} - \frac{H \text{ctg } \beta \cdot H}{2} - \frac{Z \text{ctg } \theta \cdot Z}{2}$$

$$= \frac{1}{2} [H^2 \text{ctg } \theta - H^2 \text{ctg } \beta - Z^2 \text{ctg } \theta]$$

$$= \frac{1}{2} [(H^2 - Z^2) \text{ctg } \theta - H^2 \text{ctg } \beta]$$

$$= \frac{1}{2} [H^2 (1 - Z^2/H^2) \text{ctg } \theta - H^2 \text{ctg } \beta]$$

$$= \frac{1}{2} H^2 [(1 - (Z/H)^2) \text{ctg } \theta - \text{ctg } \beta]$$

$$W = \frac{1}{2} \gamma H^2 [(1 - (Z/H)^2) \text{ctg } \theta - \text{ctg } \beta]$$

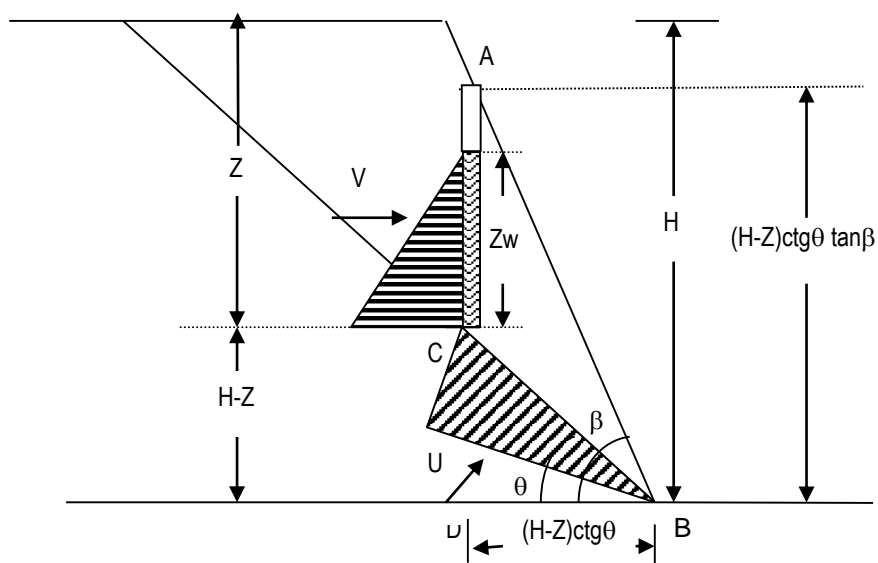


Figura 19. Rumbo de la superficie de lanzamiento

3. $\text{Peso} = V * \delta$

pero $V = A * l$

4. *y como $L = l$*

5. *y $A = \text{Área que se va a deslizar } A \text{ } ABC$*

Entonces:

$$\begin{aligned}
 A_{ABC} &= A_{ABD} - A_{CBD} \\
 &= \frac{(H-Z) \operatorname{ctg} \theta (H-Z) \operatorname{ctg} \theta \tan \beta}{2} - \frac{(H-Z) (H-Z) \operatorname{ctg} \theta}{2} \\
 &= \frac{1}{2} [(H-Z) \operatorname{ctg} \theta (H-Z) \operatorname{ctg} \theta \tan \beta - (H-Z)(H-Z) \operatorname{ctg} \theta] \\
 &= \frac{1}{2} [(H-Z) \operatorname{ctg} \theta (H-Z) [\operatorname{ctg} \theta \tan \beta - 1]] \\
 &= \frac{1}{2} [(H-Z)^2 \operatorname{ctg} \theta (\operatorname{ctg} \theta \tan \beta - 1)] \\
 &= \frac{1}{2} H^2 [(1 - Z/H)^2 \operatorname{ctg} \theta (\operatorname{ctg} \theta \tan \beta - 1)] \\
 w &= \frac{1}{2} \delta H^2 [(1 - Z/H)^2 \operatorname{ctg} \theta (\operatorname{ctg} \theta \tan \beta - 1)]
 \end{aligned}$$

Cálculo del factor de seguridad:

Viene a ser la relación existente entre el total de fuerzas resistentes sobre el total de fuerzas actuales

$$\beta = \phi_t \quad F = \frac{CA + (w \cos \phi_p - U - V \sin \phi_p) \tan \phi}{w \sin \phi_p + V \cos \phi_p}$$

$$\theta = \phi_p$$

6. *Ahora*

$$A = (H-Z) \operatorname{csc} \theta$$

$$U = \frac{1}{2} \gamma w Z w (H-Z) \operatorname{csc} \theta$$

$$V = \frac{1}{2} \gamma w Z w^2$$

Remplazando:

$$F = \frac{(2C/\delta H)^p}{\gamma} + [Q \operatorname{ctg} \theta - R (P + S)] \tan \phi$$

7. $Q + R. S. \operatorname{Ctg} \theta$

Dónde: $P = (1 - Z/H) \operatorname{csc} \theta$

$$Q = [(1 - (Z/H)^2) \operatorname{Ctg} \theta - \operatorname{Ctg} \beta] \sin \theta$$

Grieta de tracción en la sup. Superior

$$Q = [(1 - Z/H)^2 \cos \theta (\cot \theta \cdot \tan \beta - 1)]$$

Grieta de tracción en la cara del talud

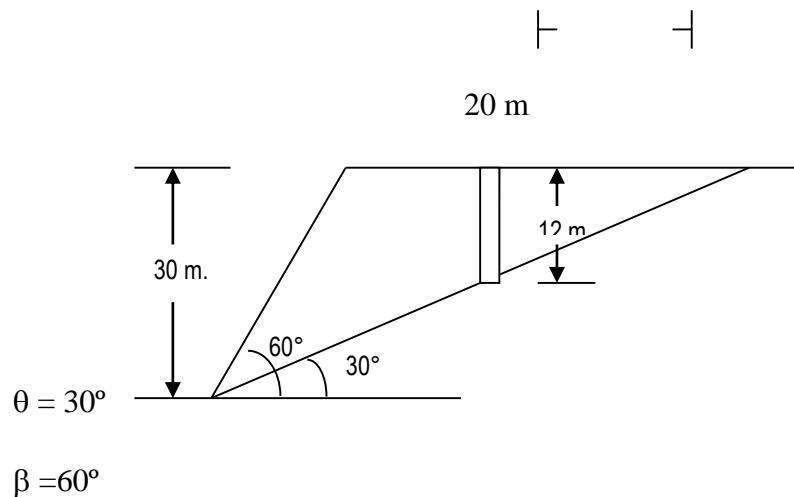
$$R = \gamma_w \cdot \frac{Z_w}{Z} \cdot \frac{Z}{H}$$

$$\gamma \quad Z \quad H$$

$$S = \frac{Z_w}{Z} \cdot \frac{Z}{H} \sin \theta.$$

$$Z \quad H$$

Ejercicio:



$$\gamma = 2.7 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_w = 1.0 \text{ t/m}^3$$

$$C = 500 \text{ Kg/m}^2$$

$$\phi = 30^\circ$$

Hallar la influencia que tendría el agua en la grieta sobre el factor de seguridad del talud.

Solución:

$$Z/H = 12/30 = 0.4 \text{ de la figura } P = 1.2$$

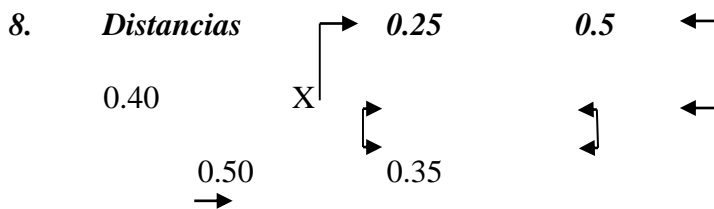
Para calcular Q no tenemos el gráfico para $Z/H = 0.4$ por lo que interpolamos.

$$\underline{Z} = 0.5 \quad Q = 0.35$$

H

$$\underline{Z} = 0.25 \quad Q = 0.50$$

H



0.25

0.15

0.10

X

$$X = 0.06$$

$$\implies 0.35 + 0.06 = 0.41$$

9. $Q = 0.41 \implies$

10. Con la fórmula $Q = 0.37$

Como necesitamos evaluar la influencia damos valores de Z_w/Z

Z_w/Z	R de la ecuación	S de la gráfica 12
0	0	0
0.5	0.074	0.12
1.0	0.15	0.23

$$F = \frac{0.124 P + [1.73Q - R(P + S)] 0.58}{Q + 1.73 R \cdot S}$$

$$Q + 1.73 R \cdot S$$

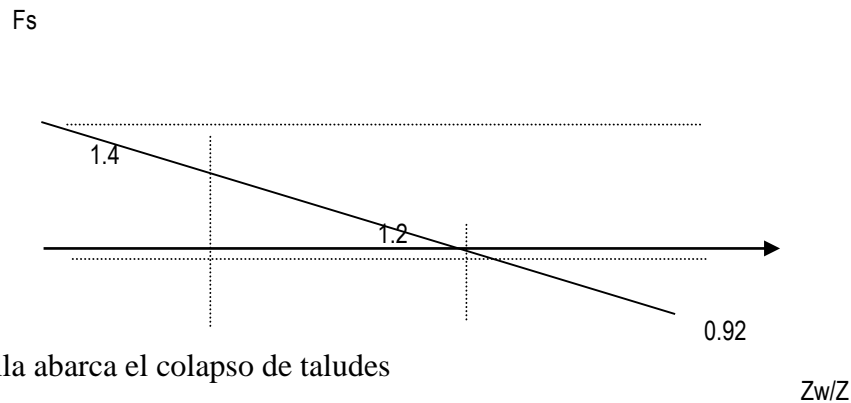


Figura 20. Falla abarca el colapso de taludes

Este tipo de falla abarca el colapso de taludes en el cual los cuadros estructurales hacen que el deslizamiento ocurra con un rumbo transversal a la cresta del talud, a lo largo de la línea de intersección de dos planos (Sepulveda, 2011).

La mecánica de falla que abarca el deslizamiento de una cuña a lo largo de la línea de intersección de dos familias de discontinuidades se presenta de una manera simple, desafortunadamente, las ecuaciones que se presentan para ilustrar dicha mecánica son de valor práctico limitado a causa de que las variables usados para definir la geometría de la cuña no son de fácil medición en el campo.

Principales tipos de ocurrencia:

Falla en un solo banco:

Son de ocurrencia frecuente e imposibles de eliminar completamente, se presentan como pequeños deslizamientos de roca que afectan a un solo banco. Usualmente no tienen influencia en las operaciones de minado (Rodríguez Copare, 2013).

Falla en varios bancos:

La presencia de dos o más familias de discontinuidades que se interceptan o combinan con estructuras mayores (fallas, plegamientos) representan mucho más peligro

que las fallas en un solo banco ya que pueden abarcan el movimiento de grandes masas rocosas.

A simple vista, la detección de la posible dirección de falla es difícil de realizar, es necesario ejecutar un análisis estereográfico a partir de los datos recogidos en el mapeo geotécnico.

Es de vital importancia incorporar un programa de mapeo sistemático de los bancos que conforman el talud a fin de determinar las principales estructuras que pueden ocasionar el deslizamiento.

Importancia de las estructuras geológicas:

Orientación de las estructuras y zonas de debilidad:

Las fallas, diaclasas, etc. conforman planos de debilidad preexistentes, por consiguiente es necesario localizarlas y establecer su orientación y buzamiento con respecto al talud (Ayala, 2015).

El especialista, debe investigar o explorar las zonas de falla, cizamiento y litología del área en que se va a diseñar o excavar el talud, para el reconocimiento geológico se debe tener en cuenta los siguientes criterios generales:

- a) Las fallas o fracturas subparalelas generalmente pertenecen a un alineamiento de las fallas regionales.
- b) Horizontes de rocas incompetentes intercaladas con rocas competentes pueden originar deslizamientos o formación de facturas.
- c) La foliación a lo largo de las bandas micáceas, esquistos, gneis, etc. son desfavorables al talud.
- d) La estratificación o estructuras que buzan hacia el talud, pueden constituirse como superficies potenciales de deslizamiento.

Variación de las fuerzas debido a las irregularidades a lo largo de las discontinuidades de la roca:

La fuerza de corte en roca intacta es mayor que en rocas perturbadas, las características geológicas en el campo han demostrado que cuanto mayor ha sido el desplazamiento inicial, más regular ha quedado la superficie, y por tanto menor será la resistencia al corte, en otros casos se han producido fracturas por tracción, en tales casos la superficie es más irregular ya que no se ha producido movimientos tangenciales. (Grazón, Valencia, & Muñoz, 2012)

Por efecto de las rugosidades u ondulaciones en las superficies de fracturas, se hace necesario introducir un factor de corrección (i) al ángulo de rozamiento de una superficie plana de roca sin pulir (ϕ), siendo el ángulo de rozamiento efectivo igual a ($\phi + i$). Patton, indica que un valor de (i) de 10° a 15° es razonable para las componentes de resistencia debido a las irregularidades de las discontinuidades in situ (Mendoza, 2018).

Importancia de las fallas y otras estructuras geológicas:

La importancia de las principales estructuras geológicas puede algunas veces ser olvidada, debido a la enorme cantidad de trabajo en la toma de datos, inspección de fallas y fracturas, ploteo y el análisis estadístico mediante proyecciones estereográficas (López, 2015).

Mendoza (2018), en una masa rocosa, generalmente las discontinuidades se encuentran formando sistemas, y no necesariamente los deslizamientos ocurren a lo largo de las principales estructuras, sino que estos usualmente suceden a lo largo de los pre-existentes conjuntos de fracturas. Esto sucede porque:

Continuamente el área de influencia de las estructuras aumente y por tanto la cohesión decrece.

- a) Las irregularidades decrecen, por consiguiente, el ángulo de fricción y la cohesión son reducidas.
- b) La permeabilidad es alterada disminuyendo la resistencia de corte.
- c) La acción atmosférica y la alteración se incrementa a lo largo de las discontinuidades.

Agua subterránea:

Lain (2018) indica que la presencia de las aguas subterráneas en las vecindades de un talud tiene efecto negativo en cuanto a su estabilidad, disminuyendo su resistencia, causando deterioro de la roca, lubricación de las diaclasas y de las superficies de fractura, cambios químicos y debilitamiento de los materiales que, rellenan las fallas, etc. o incrementando la presión intersticial en fallas y diaclasas.

Las fallas tienen diferentes efectos sobre la permeabilidad de la masa rocosa, ya que pueden actuar como barreras a las aguas subterráneas, resultando así zonas complejas, dando diferentes características al flujo de las aguas en el interior de la masa rocosa. Un comportamiento similar se produce ante la presencia de diaclasas, diques y cambios de litología.

La influencia de esta agua en la estabilidad de un talud se puede determinar evaluando sus características de flujo a través de la masa rocosa y determinando el nivel freático mediante la instalación de piezómetros.

Las condiciones de estabilidad se pueden mejorar conduciendo el agua fuera de la zona del talud, captándolas por medio de drenes superficiales y utilizando galerías subterráneas de drenaje, etc.

Alteración hidrotermal e intemperismo:

En los taludes de las minas se encuentran zonas descompuestas debido a la alteración hidrotermal que asociado con el intemperismo hacen que se produzca pequeños deslizamientos de roca, especialmente en las partes superiores del talud.

Por acción del intemperismo se produce la abertura de las rocas en las discontinuidades y las fuerzas de cohesión de los materiales que forman el relleno de estas estructuras queda reducida.

Las grandes áreas de intemperismo o alteración hidrotermal de las rocas pueden ser encontradas a lo largo de zonas de fallas, estas zonas tienen mayor influencia en el flujo de las aguas subterráneas causando unas excesivas presiones intersticiales adyacentes a las fallas y por tanto desfavorables al talud.

Variación de las condiciones geológicas:

Diferentes condiciones geológicas pueden estar presentes en determinadas áreas, dando como resultado una gran variedad en la falla de taludes, cada uno con un origen geológico diferente.

Se requiere pues una especial dedicación al estudio de deslizamiento, ya que la variedad de detalles geológicas es significativa para entender su origen y así poder anticiparnos a futuros deslizamientos.

Análisis de estabilidad de cuñas:

Resistencia al corte:

Este ensayo se realiza en laboratorio a partir de rocas que contengan muestras representativas de los planos de deslizamiento. Consiste en aplicar una carga normal σ_n y otra tangencial τ a la muestra rocosa hasta que se produzca el deslizamiento, momento en el

cual se registra el valor de τ . Dicho ensayo se realiza varias veces para distintos valores de

σ_n .

Seguidamente, haciendo uso de la ecuación de Mohr – Coulomb y la técnica de regresión lineal, obtenemos los valores de Cohesión C y el ángulo de fricción residual ϕ_r .

$$\tau = C + \sigma_n \tan \phi_r$$

Dónde:

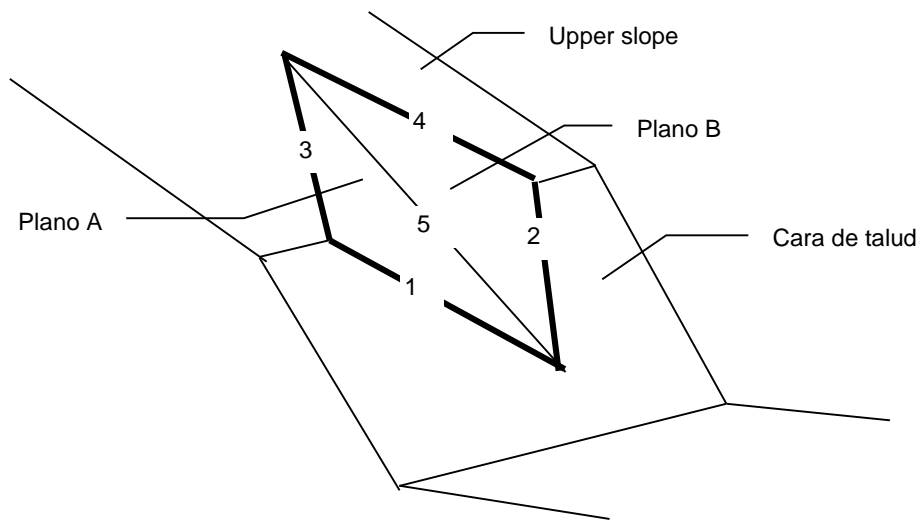
τ = Esfuerzo de corte a lo largo del plano de deslizamiento.

σ_n = Esfuerzo normal a lo largo del plano de deslizamiento.

C = Cohesión.

ϕ_r = Fricción residual.

- Deslizamiento de cuñas:



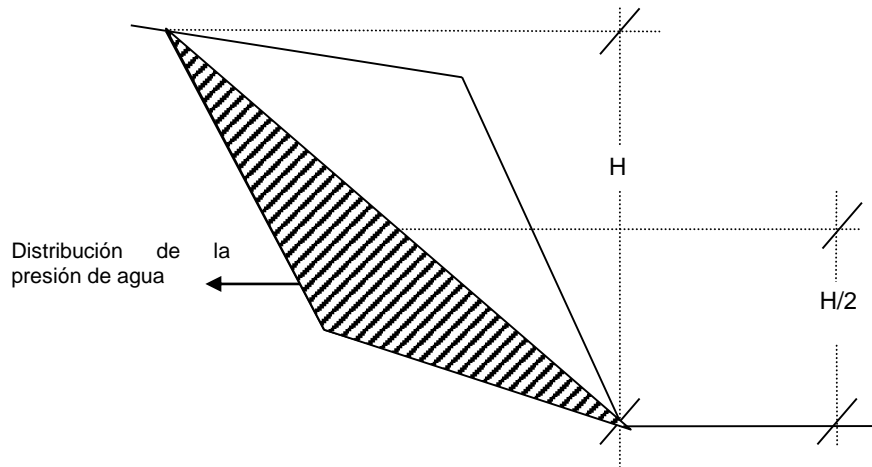


Figura 21. Deslizamiento de cuñas

Se debe hacer notar que el *upper slope surface* en este análisis puede ser inclinado con respecto a la cara del talud. La altura total del talud es la diferencia vertical entre los extremos más alto y más bajo de la línea de intersección a lo largo del cual se asume que podría ocurrir el deslizamiento.

La distribución del agua se asume, para este análisis, que está basado en la hipótesis de que la cuña es impermeable y que el agua ingresa por la parte superior de la cuña (líneas 3 y 4) y sale por (1 y 2). La máxima presión ocurre a lo largo de la línea de intersección (5) y que la presión debería ser cero en 1, 2, 3 y 4. Este cuadro de análisis es considerado como de extremas condiciones.

La numeración de líneas de intersección de los varios planos que intervienen en este problema es:

1. Intersección plano A con cara del talud.
2. Intersección plano B con cara del talud.
3. Intersección plano A con *upper slope surface*.
4. Intersección plano B con *upper slope surface*.
5. Intersección plano A y B.

Se asume que el deslizamiento de la cuña siempre toma lugar a lo largo de la línea de intersección 5. El factor de seguridad de este talud se deriva desde el detallado análisis que se presenta en la parte III del Apéndice I del libro *Rock Slope Engineering (Hoek & Bray)*.

$$FS = \frac{3}{\gamma H} (C_A X + C_B Y) + (A - \frac{\gamma_w}{2\gamma} X) \tan \phi_A + (B - \frac{\gamma_w}{2\gamma} Y) \tan \phi_B$$

Dónde:

C_A y C_B = Cohesión de los planos A y B.

ϕ_A y ϕ_B = Ángulos de fricción de los planos A y B

γ = Peso específico de la roca.

γ_w = Peso específico del agua

H = Altura total de la cuña

X, Y, A, y, B = Factores dimensionales que dependen de la geometría de la cuña.

$$X = \frac{\sin \theta_{24}}{\sin \theta_{45} \cos \theta_{2na}}$$

$$A = \frac{\cos \psi_a - \cos \psi_b * \cos \theta_{na.nb}}{\sin \psi_5 * \sin^2 \theta_{nanb}} \quad B = \frac{\cos \psi_b - \cos \psi_a * \cos \theta_{nanb}}{\sin \psi_5 * \sin^2 \theta_{nanb}}$$

Dónde:

ψ_a y ψ_b = Buzamiento de los planos A y B.

ψ_5 = Buzamientos de la línea de intersección 5.

Los ángulos requeridos para la solución de estas ecuaciones pueden ser medidos de las proyecciones estereográficas de los datos que definen la geometría de la cuña y el talud.

Otros factores de interés:

El Dr. E. Hoek del Royal School of Mines de Londres realizó estudios para varias empresas con el fin de determinar la máxima profundidad a la cual un talud se mantendría estable.

Para esta determinación asumió la existencia de taludes drenados que fallan a lo largo de un plano. Las ecuaciones que propuso son las siguientes:

$$\frac{\delta H}{C} = \frac{4 \operatorname{sen} \beta \cos \phi}{1 - \cos(\beta - \phi)} \qquad \frac{\delta H}{C} = \frac{2 \operatorname{sen} \beta \cos \phi}{\operatorname{sen}(\beta - I) \operatorname{sen}(I - \phi)}$$

Dónde:

- δ = Peso unitario del material rocoso
- H = Altura del talud.
- C = Cohesión.
- β = Angulo del talud.
- ϕ = Angulo de fricción residual.
- I = Angulo del plano potencial de falla.

1.5.2.6 Análisis Cuantitativo

Modelamiento Numérico de Macizos Rocosos

Para el análisis de estabilidad de taludes de macizos rocosos, los métodos numéricos constituyen una mejor aproximación que los métodos de equilibrio límite. Esta técnica se puede aplicar en análisis con situaciones complejas relacionadas con la geometría, anisotropía y comportamiento no lineal de los geomateriales, tensiones *in situ*, presión de poros, cargas externas y cargas sísmicas.

A través del modelamiento numérico es posible la solución de las ecuaciones gobernantes que consideran el comportamiento elástico y plástico, determinando valores de

deformación, desplazamientos y tensiones que se generan en el modelo analizado, de esta manera se determina el proceso de rotura.

Un resumen de las características y aplicaciones de cada método numérico se presenta en el Tabla 1, y un ejemplo de análisis numérico complejo de los taludes de un tajo abierto para la evaluación de deformaciones y tensiones se presenta en la Figura 21.

Tabla 1

Métodos numéricos para la estabilidad de taludes

MÉTODO	CARACTERÍSTICAS	UTILIZACIÓN
Elementos Finitos (MEF)	Se asume una malla de elementos con sus respectivos nodos y las propiedades elastoplásticas de los materiales.	Se aplica a taludes que puedan considerarse como masas continuas sin bloques.
Diferencias Finitas (MDF)	Se elabora una malla con una variedad de relación esfuerzo-deformación.	Se utiliza para modelar masa rocosa con un alto grado de fracturación.
Elementos Discretos (MED)	Se divide el talud en elementos con sus propiedades internas y de las uniones entre los elementos que se pueden mover libremente.	Se aplica para analizar inclinación de bloques.
Elementos de Borde (MEB)	Se discretizan las áreas para poder modelar la ocurrencia de agrietamientos en el talud.	Se utiliza para estudiar problemas de propagación de grietas.

Fuente: Deangeli, C. y Ferrero, A.M., 2000.

Según Lorig y Varona (Lorig, L. y Varona, P., 2001) las condiciones iniciales, condiciones de contorno, efecto de agua subterránea, la secuencia de excavación y la interpretación de resultados, son factores necesarios a tener en cuenta dentro del modelamiento numérico de estructuras geotécnicas.

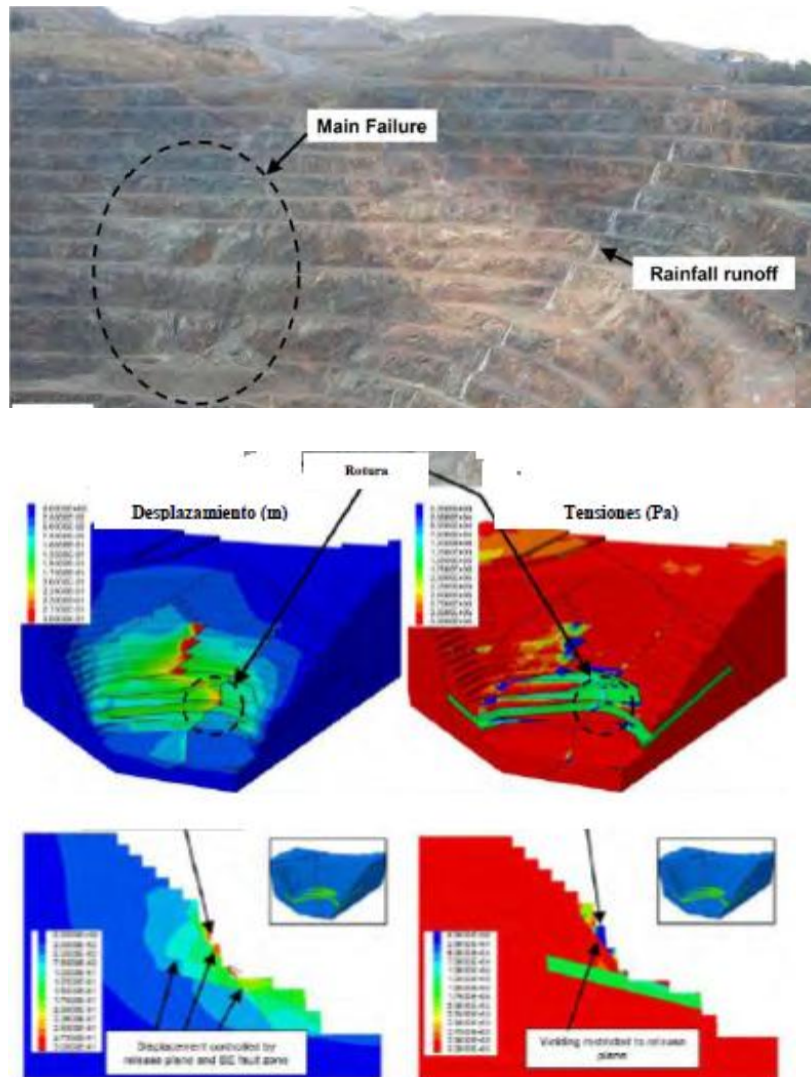


Figura 22. Ejemplo de cálculo de deformaciones y tensiones aplicando métodos numéricos para en análisis de estabilidad de un tajo abierto (Lorig, L., 2008)

Según Lorig y Varona (Lorig, L. y Varona, P., 2001) las condiciones iniciales, condiciones de contorno, efecto de agua subterránea, la secuencia de excavación y la interpretación de resultados, son factores necesarios a tener en cuenta dentro del modelamiento numérico de estructuras geotécnicas.

2.2.7 Aplicación de las Técnicas Numéricas en el Análisis De Macizos Rocosos

El cálculo de deformaciones y tensiones en macizos rocosos puede llevarse a cabo mediante modelos numéricos continuos o discontinuos. Los primeros consideran el macizo rocoso como un medio continuo en el cual se pueden introducir elementos tipo junta para simular los planos de las discontinuidades. Por otro lado, los modelos discontinuos suponen que el macizo rocoso está formado por un conjunto de bloques que interaccionan entre sí.

Modelos continuos

Mediante los modelos continuos se trata de resolver un sistema de ecuaciones diferenciales de acuerdo con las leyes de los medios continuos. Los métodos numéricos basados en modelos continuos más difundidos son los siguientes:

- Método de Elementos Finitos.
- Métodos de Diferencias Finitas.

A seguir se describen las principales características de los métodos mencionados:

Método de Elementos Finitos (MEF)

En el Método de Elementos Finitos, el medio continuo se modela mediante un número de elementos interconectados, denominados “elementos finitos”, cuyo comportamiento individual puede definirse con suficiente exactitud a partir de las ecuaciones diferenciales originales. Se subdivide un sistema completo a estudiar en un conjunto de elementos de un tamaño relativamente pequeño respecto al sistema como se observa en la Figura 22. La selección del tamaño y la forma del elemento depende mucho de la experiencia del usuario. Generalmente se diseña la malla con elementos de menor tamaño en la zona de concentración de tensiones. Cada “elemento finito” tiene una ecuación propia, la ecuación del sistema se obtiene ensamblando las ecuaciones de los elementos que lo forman.



Figura 23. División de la geometría en una malla de elementos finitos

El problema consiste en determinar la matriz de rigidez general del sistema, mediante las matrices de rigidez de los elementos, que relacionan las fuerzas que actúan sobre los nodos con los desplazamientos que se originan. La matriz general de rigidez del sistema se particulariza considerando todas las condiciones de contorno que se expresan a través de los nodos. La matriz particular del sistema proporciona la relación existente entre las fuerzas y los desplazamientos que se producen. En la Figura 23 se presenta una salida gráfica de los desplazamientos totales obtenidos en el análisis de un talud, aplicando el Método de Elementos Finitos.

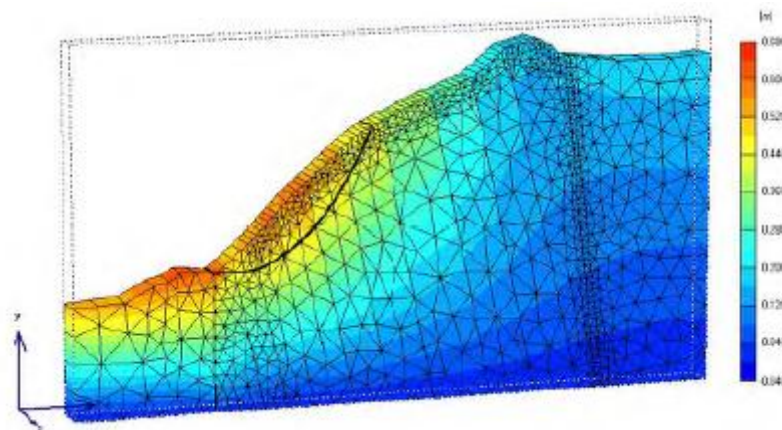


Figura 24. Cálculo de desplazamientos totales mediante el MEF utilizando el programa Plaxis

Método de Diferencias Finitas (MDF)

Este método consiste en una aproximación de las derivadas parciales por expresiones algebraicas, lo cual permite solucionar ecuaciones diferenciales que pueden representar el modelamiento de estructuras.

El Método de Diferencias Finitas es poco utilizado en la estabilidad de taludes (en comparación con respecto al MEF), con excepción de los análisis de flujo, consolidación y transporte de contaminantes. Sin embargo, el método puede manejarse en reemplazo o como complemento del Método de Elementos Finitos, por ejemplo en análisis dinámicos. Tiene la ventaja de que no requiere la solución de gran cantidad de ecuaciones. En el Método de Diferencias Finitas, cada grupo de ecuaciones es reemplazado directamente por una expresión algebraica en puntos discretos; por ejemplo, el programa FLAC (Itasca, 2004) está basado en este método de análisis. Un ejemplo de aplicación de este programa se presenta en la Figura 24.

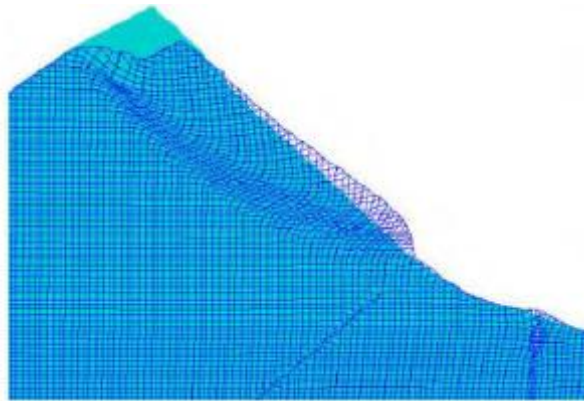


Figura 25. Modelo de diferencias finitas mostrando la rotura para grandes deformaciones de un macizo rocoso homogéneo (Stead, D., et al., 2006)

Modelos discontinuos

Los métodos numéricos discontinuos permiten modelar macizos rocosos donde el mecanismo de rotura está controlado por el comportamiento de las discontinuidades.

Hay diferentes tipos de análisis de los modelos discontinuos, tales como:

- Método de Elementos Discretos.
- Método de Análisis de Flujo de Partículas.
- Método de Elementos de Borde.

- Método de Macizo Rocosos Discontinuo.

A continuación, se describen las principales características de los métodos mencionados:

Método de Elementos Discretos (MED)

El método de Elementos Discretos es particularmente útil para el análisis de caídas, inclinaciones y deslizamientos diversos en los macizos rocosos (Stead, D., et al., 2006). Los elementos discretos se basan en la mecánica de medios discontinuos donde el comportamiento del talud está gobernado principalmente, por el efecto de las discontinuidades.

Este método está caracterizado por lo siguiente:

- Se calculan deformaciones finitas y rotaciones de cada uno de los bloques, suponiendo los bloques rígidos o deformables.
- Los bloques que originalmente se encuentran conectados, pueden separarse en el proceso de análisis.
- Se pueden desarrollar automáticamente contactos nuevos entre los bloques que se desplazan o rotan.

Los programas UDEC y 3-DEC, desarrollados por Itasca (Itasca, 2004), son los más utilizados, y ambos emplean esquemas de diferencias finitas. El esquema de análisis de este método se presenta en la Figura 25.

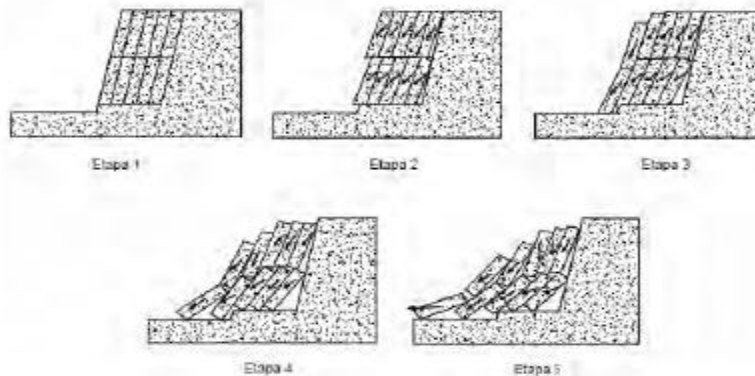


Figura 26. Esquema del análisis con elementos discretos de la rotura de un talud (Stead, D., et al., 2006)

Modelo de Flujo de Partículas (MFP)

Una variante de los Métodos de Elementos Discretos es el modelamiento de flujo de partículas. Esta metodología permite simular el flujo de partículas granulares debido a la fricción entre partículas. También, es posible simular materiales intactos o bloques dentro del flujo utilizando uniones entre partículas. Además, se pueden formar grupos de partículas para simular bloques intactos. Si las tensiones exceden la resistencia de las uniones, se produce la rotura de los elementos internos. Los métodos de flujo de partículas también permiten analizar casos de licuación de suelos.

Método de Elementos de Borde (MEB)

El Método de Elementos de Borde ha adquirido gran importancia en el análisis de estabilidad de taludes en materiales discontinuos o fracturados y es una alternativa al Método de Elementos Finitos. Igualmente, permite trabajarlo en forma conjunta (Beer, G. y Watson, J.O., 1992).

Este método presenta las siguientes ventajas:

- La discretización del área y no del volumen reduce los esfuerzos de procesamiento.

- La discretización de áreas conduce a los sistemas de menor número de ecuaciones y se requiere menos tiempo de cómputo y capacidad de disco.
- Se puede modelar fracturas e interfaces entre materiales localizados donde se requiera.

Las desventajas del Método de Elementos de Borde son:

- Sólo se pueden considerar comportamientos en materiales elásticos, con excepción de las interfases y discontinuidades.
- Los sistemas de ecuaciones generalmente son asimétricos.
- No es posible modelar secuencias de excavación ni estructuras de soporte.
- La formulación estándar no permite trabajar con gran cantidad de discontinuidades distribuidas en forma aleatoria en el macizo rocoso.
- Existe poca experiencia en comparación con el Método de Elementos Finitos.

La Figura 26 muestra cómo se inicia el proceso de deslizamiento en un talud rocoso empleando elementos de borde. Se puede observar cómo se van presentando y ampliando los agrietamientos a tensión para formar fracturas semi verticales normales a la dirección del movimiento. A medida que la densidad de estas fracturas aumenta, se va desarrollando una superficie de cortante o superficie de rotura semicircular (Eberhardt, E., et al., 2004).

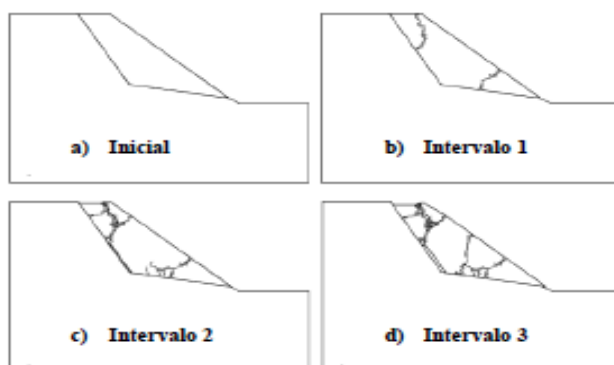


Figura 27. Modelo de fracturas utilizando el Método de Elementos de Borde (Stead, D., et al., 2006)

Modelo combinado de Elementos Finitos y Elementos de Borde

Estos modelos combinados se pueden obtener discretizando el suelo o macizo rocoso dentro de una determinada zona particular de interés, por ejemplo, alrededor de un túnel (Beer, G. y Watson, J.O., 1992). Sin embargo, el modelamiento de las discontinuidades importantes es complicado y se genera un sistema de ecuaciones no simétricas en el modelo combinado. Como este sistema es relativamente nuevo, todavía se deben resolver algunas dificultades, aunque ya existen ciertas experiencias positivas. La Figura 27 presenta el esquema de solución aplicando esta metodología.

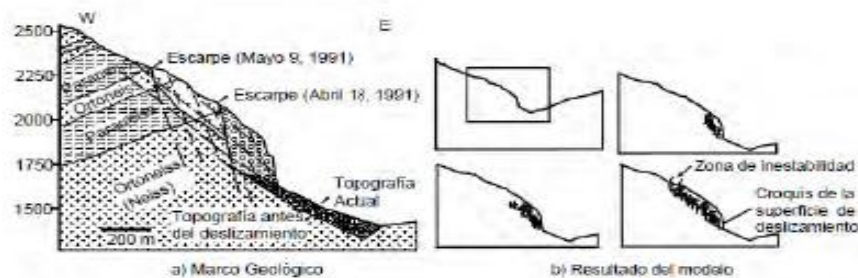


Figura 28. Resultados de un modelo combinado de Elementos Finitos y Elementos de Borde, a) Marco geológico y b) Resultado del modelo (Eberhardt, E., et al., 2004)

Modelo del Macizo Rocoso Sintético (MRS)

Este modelo intenta reproducir los efectos combinados de fractura de la roca intacta y el movimiento a través de los planos de las discontinuidades. Los principales datos de entrada son las propiedades de la roca intacta, las propiedades de las estructuras y una red discreta de fracturas denominada DFN (Discrete Fracture Network). La Figura 8 presenta un esquema de cómo el método idealiza el modelamiento de la roca intacta y de las discontinuidades, y la Figura 28 ilustra un ejemplo de la representación de un macizo rocoso de un talud bidimensional considerando el método del Macizo Rocosu Sintético.

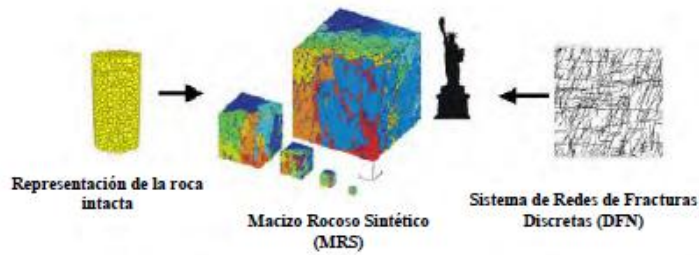


Figura 29. Generación del MRS a partir de la roca intacta y del sistema de fracturamiento (Sainsbury, B., et al., 2009)

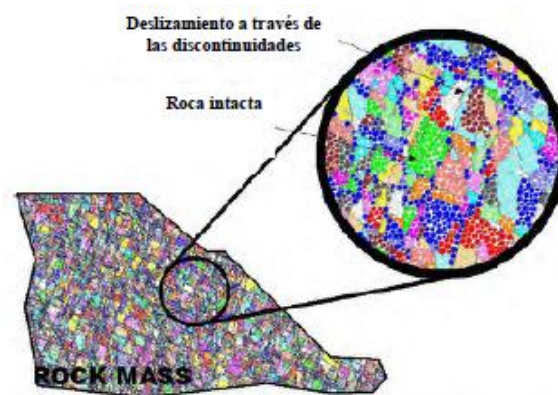


Figura 30. Bloques individuales formando un modelo bidimensional de Macizo Rocoso Sintético (Sainsbury, B., et al., 2009)

Criterios de selección del modelo y método de análisis

Cada problema de estabilidad de taludes es diferente y es difícil establecer criterios generales sobre qué modelo se debe utilizar en cada caso. En algunas ocasiones, se pueden utilizar varios tipos de modelo y se debe escoger aquel con el cual se tenga mayor experiencia y familiaridad. En la Figura 30 se muestra, en forma esquemática que los métodos equilibrio límite son muy útiles para el análisis sencillo de estabilidad de taludes, en términos del factor de seguridad.

Si los patrones de comportamiento del suelo o macizo rocoso son complejos, se requiere un Modelo de Elementos Finitos o Diferencias Finitas, y si los materiales se

encuentran fracturados, se recomienda utilizar un Modelo de Elementos Discretos o de Elementos de Borde.

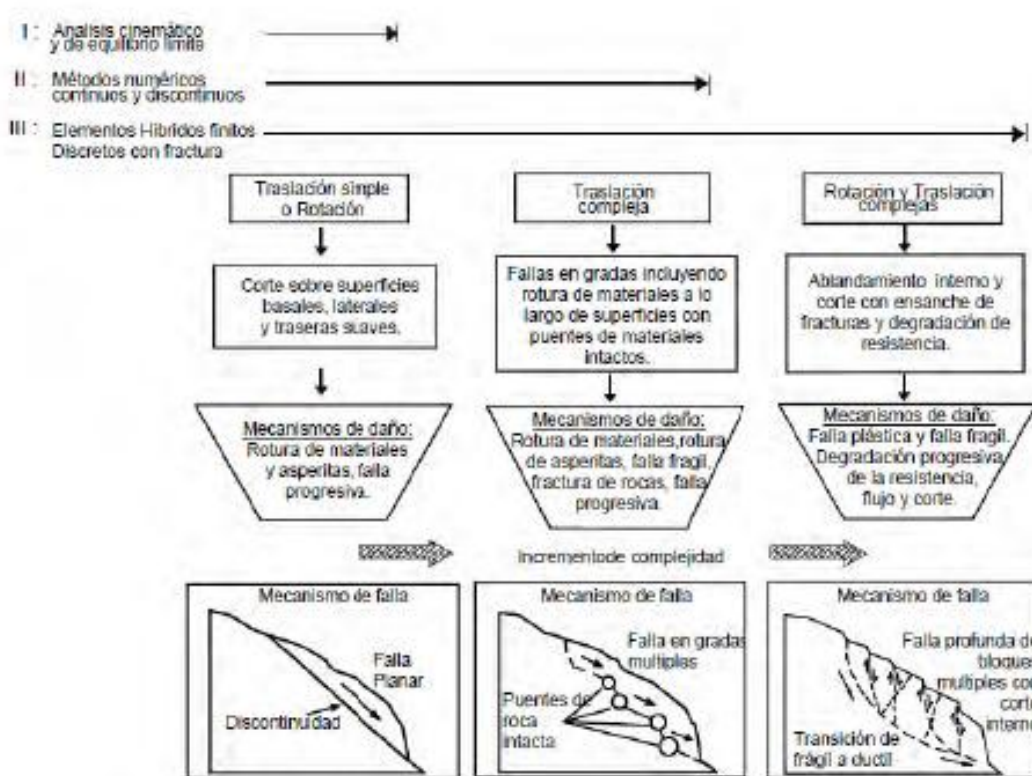


Figura 31. Diagrama que muestra el tipo de modelo que se recomienda utilizar de acuerdo con la complejidad de los movimientos (Stead, D., et al., 2006)

Ocasionalmente, se realizan análisis de estabilidad de equilibrio límite en tres dimensiones, como el que se muestra en la Figura 30. Al igual que con los métodos 2-D se requiere realizar una serie de suposiciones para que el problema sea estáticamente determinado. La mayoría de los métodos 3-D tiene limitaciones importantes y son útiles solamente para conocer el efecto de la situación 3-D sobre una determinada superficie de rotura. Los métodos de equilibrio límite 3-D se utilizan muy poco en diseño.

El Método de Elementos Finitos utiliza con frecuencia análisis 3-D. Estos modelos son muy útiles para la evaluación de la estabilidad en macizos rocosos donde el efecto de las discontinuidades actúa en tres dimensiones, situación que es muy difícil modelar usando modelos 2-D.

El análisis de Elementos Finitos 3-D tiene las siguientes desventajas:

- Es muy complejo discretizar el volumen total en 3-D.
- El tiempo de corrida del computador y el espacio requerido son muy grandes.
- No son viables para macizos rocosos muy fracturados, con fracturas en muchas direcciones.
- Se necesitan algoritmos muy sofisticados.

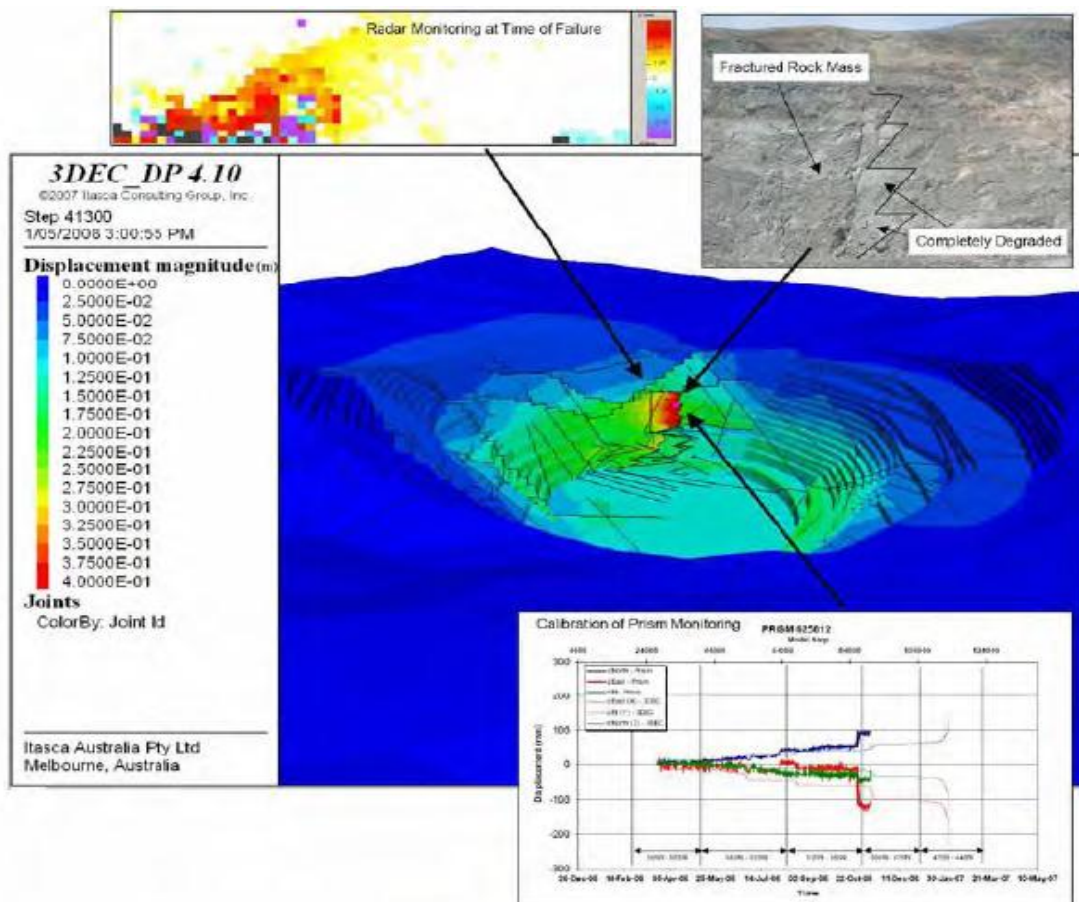


Figura 32. Dirección del deslizamiento y superficie de rotura crítica en un análisis de un tajo abierto en tres dimensiones (Yamagami, T. y Jiang, J.C., 1996)

Modelos discontinuos

Phase es un programa desarrollado por Rocscience para el análisis bidimensional de estructuras geotécnicas mediante el MEF. Este programa permite la generación de mallas bidimensionales de elementos finitos, ya sea con elementos triangulares cuadrangulares, e incluso la malla puede ser personalizada por el usuario.

El programa es útil para analizar modelos complejos en ingeniería geotécnica, como por ejemplo: túneles en roca débil, cavernas subterráneas, tajos abiertos, cimentaciones, taludes, etc., además incorpora modelos constitutivos como el Cam - Clay, Mohr - Coulomb y el Criterio Generalizado de Hoek y Brown.

Este programa permite realizar el análisis tensión - deformación por etapas de cálculo, además incluye las opciones de modelado por deformación plana y simetría axial, permite importar la geometría y propiedades de los materiales.

A partir de la versión 7.0, el programa incluye la alternativa de modelamiento explícito de los planos de las discontinuidades (Método J-MEF) y además incorpora la opción de calcular el factor de seguridad mediante la reducción de los parámetros de resistencia al corte (SSR), considerando los criterios de rotura de Mohr - Coulomb o el de Hoek y Brown.

1.5.2.8 El sismo

1.5.2.8.1 Conceptos

Un temblor, sismo o terremoto, consiste en una serie de vibraciones en las rocas que se propagan en todas direcciones en forma de ondas, conociendo el hombre aquellas ondas superficiales que afectan su hábitat, debido a la fuerte intensidad de algunos de ellos. Estas ondas sísmicas son producidas por la liberación de energía ocurrida en los movimientos de grandes bloques de roca, los que son generados en grandes fallas (límites de placas tectónicas

en separación, en colisión o en deslizamiento lateral); existen también temblores menores o locales (producidos por fallas pequeñas y por explosiones provocadas por volcanes o por el hombre).

La voz popular denomina Temblor a aquellos movimientos que son sentidos por el hombre (baja magnitud); Sismo, al temblor que se siente y que causa algunos destrozos en construcciones (mediana magnitud); Terremoto, a aquellos movimientos que son tan fuertes que producen graves daños al hábitat del hombre (gran magnitud). La "Sismología" estudia los temblores, sismos o terremotos y sus ondas sísmicas, registradas en forma precisa por instrumentos denominados sismógrafos.

La amplitud de las ondas sísmicas permite clasificar a los temblores dentro de una escala denominada "Escala de Richter" (de uso mundial). Su magnitud está basada en el logaritmo de la amplitud máxima de la onda sísmica, ajustada por un factor que toma en cuenta la intensidad o debilidad de las ondas y su dispersión a partir del foco (centro de dispersión de las vibraciones de un temblor). Debido a que estas magnitudes están basadas en una escala logarítmica, un incremento en magnitud de una unidad corresponde a un incremento de 10 veces, en el tamaño de un temblor, por ejemplo, un temblor de magnitud 8 será 10,000 veces mayor que un temblor de magnitud 4 (esto es $10^8/10^4$).

Cada año ocurren numerosos temblores registrados por sismógrafos, pequeños de magnitud inferior a 1 hasta magnitud 3.4, sin ser sentidos por el humano; a partir de la magnitud 5 empiezan a ocurrir daños y son sentidos prácticamente por todos, incrementándose estos daños en temblores de intensidad superior hasta llegar a 8 y más, con la casi destrucción total, siendo estos grandes temblores, que ocurren cada 5 a 10 años, registrados en la historia por los grandes disturbios provocados.

Escala De Richter

MAGNITUD	EFFECTOS EN AREAS POBLADAS	TEMBLORES POR AÑO
8.0 - o más	Daño casi total	0.1-0.2
7.4 - 7.9	Grandes daños	4
7.0 - 7.3	Serios daños	15
6.2 - 6.9	Daños considerables en construcciones	100
5.5 - 6.1	Ligeros daños en construcciones	500
4.9 - 5.4	Sentido por todos	1,400
4.3 - 4.8	Sentido por muchos	4,800
3.5 - 4.2	Sentido por algunos	30,000
menos de 1 - 3.4	No sentido, pero registrado	800,000

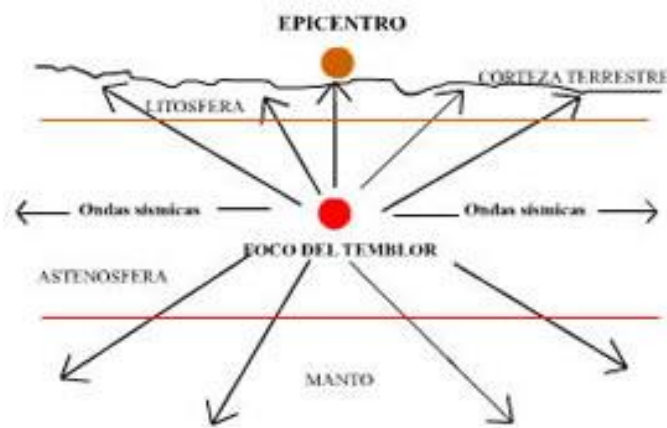


Figura 33. Escala De Richter

Son las primeras ondas de compresión y expansión alternada y debido a su superior velocidad, llegan primero a los puntos distantes del lugar en que se origina el temblor. Son ondas internas que se transmiten en todas direcciones.

“**Ondas S**” (ondas secundarias). Se transmiten solamente en materiales rígidos, en dirección transversal a la dirección de propagación (ángulo recto), se mueven con menor velocidad que las ondas P. Son también ondas internas transmitidas en todas direcciones pero no se transmiten en gases ni en líquidos.

“**Ondas L**” (ondas longitudinales o de superficie, también denominadas Ondas de Love o de Rayleigh).

Origen de los Sismos.

El origen de los temblores, expuesto al principio de manera muy sencilla, tomó muchos años de investigación y se basa en una teoría denominada Tectónica de Placas que no fue aceptada sino hasta después de la segunda guerra mundial en que se desarrolló una intensa exploración del fondo marino, especialmente con el mapeo de la llamada Dorsal Medio Oceánica y el descubrimiento de las trincheras profundas, que aportaron evidencias convincentes de los movimientos de las placas; debido a ello, en la década de los años sesenta, la teoría de la Tectónica de Placas fue generalmente aceptada.

La teoría de la Tectónica de Placas se ejemplifica de manera sencilla como sigue: El planeta tiene en su porción externa, una capa, dura, fría, llamada Litósfera que alcanza en promedio un espesor de 70 kilómetros; la parte externa de esta capa, como si fuera una delgada cáscara que la cubre, se denomina Corteza Terrestre y es la parte que habitan los seres vivos. Esta capa litosférica se partió en una serie de segmentos rígidos que se denominan Placas y que se mueven en diferentes direcciones, flotando sobre la siguiente capa, denominada Astenósfera, que se encuentra parcialmente fundida, lo que le da una consistencia plástica.

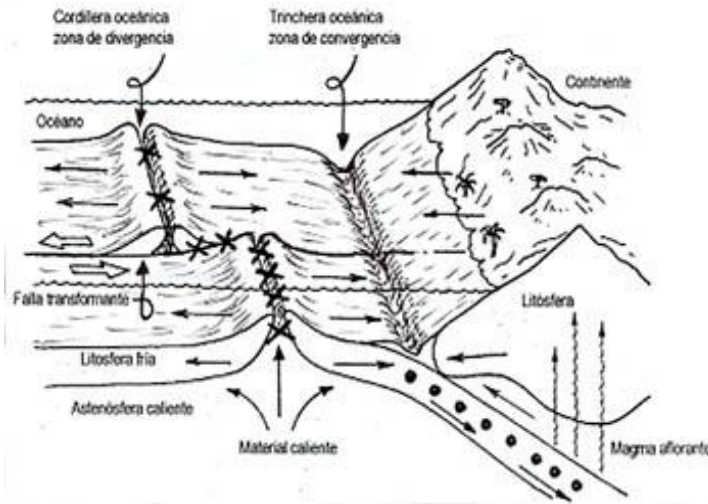
Al flotar las placas sobre la astenósfera, en algunas ocasiones éstas se separan entre sí, en otras ocasiones chocan y en otras, se deslizan en forma paralela pero en sentido contrario, definiéndose los límites entre ellas en tres tipos generales:

Zonas de Divergencia o de Apertura: Son aquellas en que dos placas se separan, formando las cordilleras oceánicas como la denominada Dorsal Medio Atlántica; estas cordilleras se forman por el material parcialmente fundido proveniente del manto y que sale

a través de la zona de separación de las placas y que a cada nueva separación se va acumulando a lo largo de la cordillera que va construyendo con la nueva litósfera formada.

Zonas de Convergencia o de Subducción: Son las que se forman cuando dos placas se encuentran en posición de choque y una de ellas se monta en la otra; la placa que queda debajo se le llama placa subsumida; ésta placa continúa su viaje introduciéndose en la Astenósfera o en el manto, formando una zanja o trinchera oceánica en el límite superior de las placas, la que dependiendo de la fuerza e inclinación con que se introduce, le proporciona mayor o menor profundidad a la trinchera. La parte de la placa que se va introduciendo a profundidad, empieza a adquirir una consistencia plástica o fluida debido en parte, a que la gran fricción generada durante su introducción funde a la roca sólida de dicha placa, siendo reabsorbida por la Astenósfera o por el manto, compensando así a la litósfera creada en las zonas de divergencia.

Zonas de Fallas Transformantes: Las llamadas fallas transformantes, son los límites típicos en que se deslizan dos placas, una en un sentido y la otra en sentido contrario, sin creación ni destrucción de litósfera; algunas veces estos límites están marcados por escarpes y se caracterizan generalmente por temblores ligeros, aunque excepcionalmente pueden ser muy fuertes (como el que destruyó a la Ciudad de San Francisco en 1906); ocasionalmente algo de vulcanismo se presenta acompañando a la separación de las placas.



Límites de Las Placas Litosféricas

Temblores ligeros.-
Ocurren en las zonas de divergencia (tensión) y en las zonas de fallas transformantes (deslizamiento lateral)

Temblores fuertes y profundos.
-
Ocurren en las zonas de convergencia (compresión)..

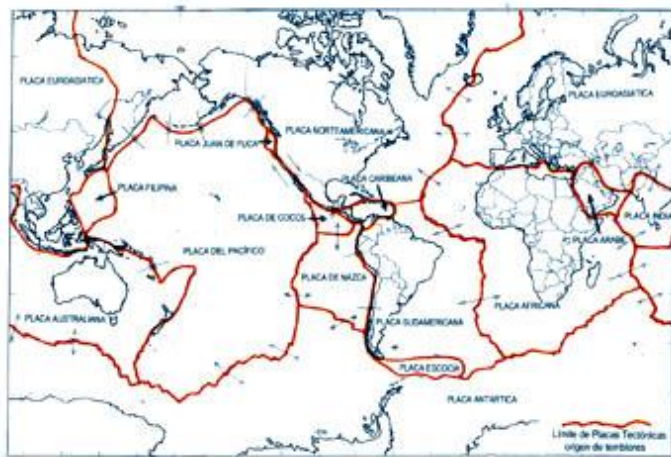


Figura 34. Límites de Las Placas Litosféricas

Fuente Sísmica

Los diferentes tipos de ondas sísmicas mencionados, se generan todos durante un temblor y la energía con que se manifiesta cada uno, depende entre otros factores, de las características de la falla que los genera (posición del plano de falla), de la profundidad del foco (punto en que se inician la ruptura de la falla y la propagación de las ondas) y de la consistencia de las rocas que atraviesan hasta llegar a superficie, debido a ello, y a la naturaleza y estructura del terreno (consistencia y espesor) por el que viajan las ondas

longitudinales, someten a las áreas superficiales a movimientos verticales y movimientos horizontales.

Cuando los movimientos verticales son generalmente más fuertes que los movimientos horizontales, el sismo se denomina sismo trepidatorio y, si por el contrario, los movimientos horizontales son los más fuertes, entonces se denomina sismo oscilatorio.

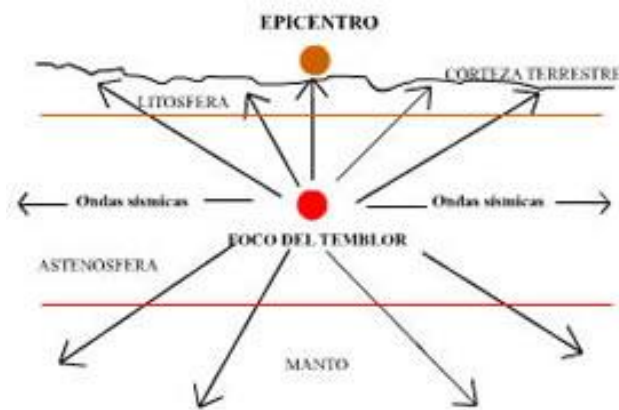


Figura 35 Movimientos verticales

1.5.2.8.2 Fallas

Las fallas son fracturas o dislocaciones que ocurren en las rocas de la corteza terrestre y producen desplazamiento de los bloques resultantes de la fracturación. Este movimiento puede producirse en cualquier dirección: vertical, horizontal, o una combinación de ambas.

Las fallas se producen cuando el esfuerzo ejercido debido al constante movimiento de las placas tectónicas supera la resistencia del material.

Cuando se produce una falla se libera la energía de deformación acumulada en forma de calor y en forma de ondas sísmicas.

Los pedazos de roca resultantes de la falla tienden a regresar a su estado inicial, produciendo un “rebote” repentino hasta alcanzar una posición de equilibrio. Este concepto fue introducido por Reid en 1911 en su teoría del rebote elástico (Reid 1911).

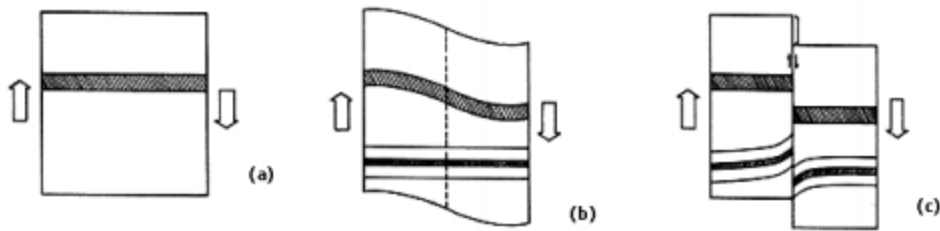


Figura 36. Teoría del Rebote Elástico. a) Concentración de esfuerzos en límites de las placas, b) Incremento de la deformación elástica, c) Falla de la roca (USGS, 1999).

Este proceso parece intuitivamente obvio, pero en realidad no lo es. Antes se creía que los movimientos sísmicos eran los que producían el fallamiento en las placas. No fue sino hasta 1906, en que se logró deducir el mecanismo de los terremotos al observar los efectos del sismo de San Francisco. Donde una zona de contacto entre las placas de la falla de San Andrés afloró a la superficie lográndose observar que era el fallamiento quien producía los sismos y no al revés.

Geometría de fallas

Para poder describir la orientación de una falla en el espacio se utiliza la nomenclatura geológica estándar. La geometría de una falla es generalmente irregular; sin embargo, su forma puede ser aproximada como un plano, por lo menos en distancias pequeñas. La orientación de un plano de falla esta descrita por su rumbo y por su buzamiento. El rumbo de una falla es la línea horizontal producida por la intersección del plano de falla y el plano horizontal. La pendiente inclinada del plano de falla es descrita por el ángulo de buzamiento, que es el ángulo entre el plano de falla y el plano horizontal, medido perpendicularmente al rumbo.

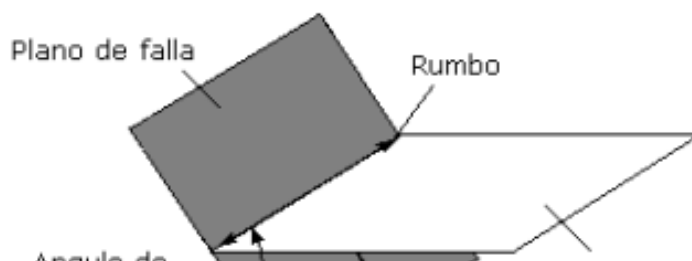


Figura 37. Notación para la descripción de la orientación de una falla (adaptado de Kramer 1996).

Tipos de fallas

El desplazamiento de las fallas se puede clasificar por su orientación e inclinación. Los principales tipos de fallas son: Falla Inversa. Este tipo de falla se caracteriza por el movimiento del bloque superior (1) hacia arriba con respecto al bloque inferior (2) y con un ángulo de buzamiento generalmente menor a 45° . Las fallas inversas están asociadas a esfuerzos de compresión que producen un acortamiento en la corteza. La figura 1.6 muestra el sentido del movimiento de una falla inversa.

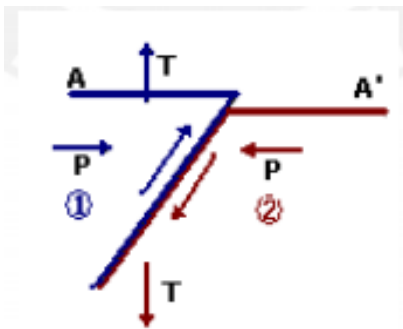


Figura 38. Falla inversa

Falla Normal. Este tipo de falla es producida por el movimiento del bloque superior (1) hacia abajo con respecto al bloque inferior (2) y suelen tener buzamientos de moderados a altos, con valores promedio de 60° . Las fallas normales están generalmente asociadas a

esfuerzos de tensión que generan un estiramiento de la corteza. La figura 1.7 muestra el sentido del movimiento de una falla normal.

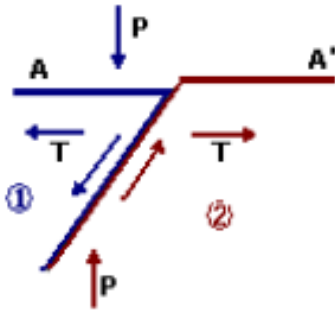


Figura 39. Falla normal.

Falla Transcurrente. Es aquella que se acomoda al movimiento horizontal de dos bloques adyacentes, dependiendo del movimiento relativo de un bloque con respecto al otro. Este tipo de falla presenta un buzamiento de 90° . La figura siguiente muestra la sección transversal de dos bloques adyacentes.



Figura 40. Falla Transcurrente.

Ondas sísmicas

La energía liberada en forma de ondas sísmicas durante el fallamiento se propaga a través del medio sólido de la tierra causando vibración y muchas veces destrucción en la superficie. Las ondas sísmicas aumentan y cambian notablemente sus velocidades y direcciones al atravesar la tierra, variando de acuerdo al medio por donde avanzan. La densidad y la elasticidad del medio son las propiedades físicas que determinan las características del movimiento de las ondas.

1.5.2.9 Propiedades Ingenieriles de las Rocas.

Las rocas, y otros materiales pétreos artificiales utilizados en la construcción, son sustancias heterogéneas caracterizadas por amplios rangos de variación composicional, textural y estructural. Esta variabilidad hace que las propiedades de los materiales, que son las que dictan sus campos de aplicación, sean también variables. Así, la adecuación de un material para un propósito concreto, tanto desde el punto de vista constructivo-ornamental como restaurador, debe basarse en determinadas propiedades que deben, a su vez, ser fácilmente medibles en el laboratorio.

Las propiedades de los materiales se clasifican generalmente como físicas y mecánicas, aunque en el campo de la construcción/ornamentación/restauración también pueden incluirse las propiedades relacionadas con su trabajabilidad. Es evidente que la lista de propiedades que pueden medirse en un material es muy extensa. Por ello en este tema se presentan aquellas que tienen más relevancia desde el punto de vista que nos interesa.

Los taludes en macizos rocosos se pueden encontrar tanto en obras de ingeniería civil vinculadas con obras lineales como en obras de minería, es decir en cortas mineras.

La geometría de los taludes en minería se define a priori, y con coeficientes de seguridad muy ajustados. En obras lineales, al contrario, la situación del desmonte puede cambiar de manera significativa, a lo largo de la vida de la obra e incluso se puede modificar variando la traza.

La ingeniería de taludes rocosos representa hoy en día uno de los factores principales en la optimización de obras lineales y en las explotaciones mineras a cielo abierto.

Los parámetros geométricos básicos que definen la superficie exterior del talud son el ángulo de inclinación del mismo, y en algunos casos la altura del talud. El diseño del

ángulo de la inclinación del talud tiene importancia; en grandes obras un pequeño cambio puede tener grandes consecuencias en la economía general de la excavación.

La mayoría de cortas mineras hacen frente a la excavación de taludes en rocas cada vez más profundos y más inclinados. Últimamente las profundidades de excavación de taludes mineros han aumentado enormemente debido al aumento de las posibilidades de su explotación.

Propiedades Físicas.

Isotropía y Anisotropía:

Estos conceptos se utilizan para calificar el comportamiento de los materiales respecto de las direcciones del espacio. Así, un material es isótropo respecto de una propiedad determinada cuando esa propiedad no varía al variar la dirección en la que se mida la propiedad. En este caso, se dice que la propiedad es escalar. Por el contrario, un material es anisótropo cuando la propiedad varía según la dirección considerada. En este caso, la propiedad es vectorial.

Densidad y Peso Específico:

Aunque se utilizan indistintamente, los términos de densidad y peso específico no son idénticos.

La densidad es la relación entre la masa y el volumen de la sustancia, midiéndose en unidades de masa/unidades de volumen.

Se le llama peso específico a la relación entre el peso de una sustancia y su volumen.

Su expresión de cálculo es:

$$\gamma = \frac{P}{V} = \frac{mg}{V} = \rho g$$

Unidades: gr/cm³, ton/m³, kg/m³, etc.

PESO ESPECIFICO DE ROCAS DE CONSTRUCCIÓN	
Material	Peso específico aparente Kg/m³
Rocas	
Arenisca	2.600
Arenisca porosa y caliza porosa	2.400
Basalto, diorita	3.000
Calizas compactas y mármoles	2.800
Granito, sienita, diabosa, pérfido	3.800
Gneis	3.000
Pizarra de tejados	2.800

Porosidad: Es el porcentaje del volumen total de un material que es espacio poroso o intersticial.

$$P = \left(\frac{V_p}{V_o} \right) \cdot 100 = \left(\frac{V_o - V_{sólidos}}{V_o} \right) \cdot 100$$

donde: P es la porosidad total (%)

V_p (m³) es el volumen de poros

$V_{sólidos}$ (m³) es el volumen agregado de las partículas sólidas y

V_o (m³) es el volumen total de la muestra.

Los poros son pequeños espacios abiertos existentes en los materiales rellenos por soluciones acuosas y/o gaseosas. La mayoría de las veces la porosidad consiste en los espacios entre las partículas del suelo, los sedimentos y las rocas sedimentarias; también hay otro tipo de porosidad que formado por grietas, fracturas, fallas y vesículas de rocas volcánicas como se ve en la figura siguiente:

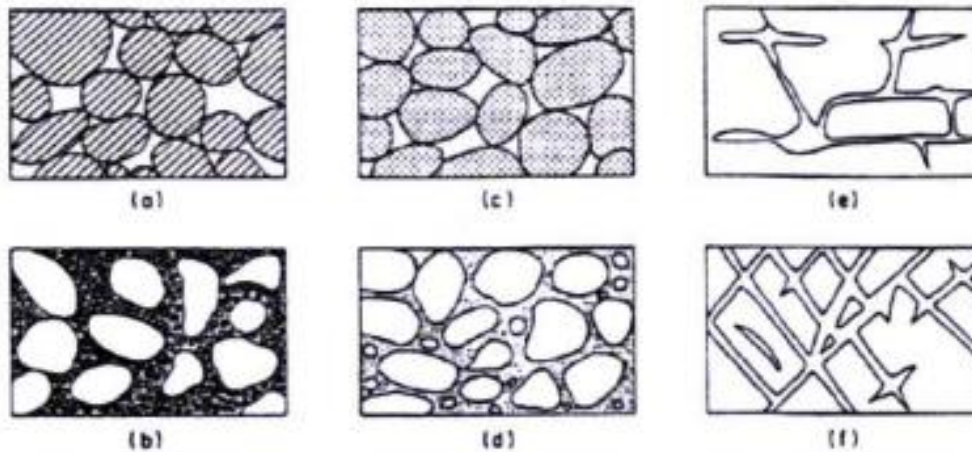


Figura 41. Tipos de rocas

Relación entre textura y porosidad. (a)-(d). Depósitos sedimentarios de distinta granulometría y porosidad: (a) uniforme y alta porosidad; (b) no uniforme y baja porosidad; (c) uniforme con piedras porosas y alta porosidad; (d) uniforme con porosidad reducida por mineral en los intersticios; (e) roca con porosidad debida a una solución; (f) roca con porosidad debido a fracturas.

La porosidad de una roca depende del tamaño, forma y disposición del material del que se compone.

- a) Una roca sedimentaria bien clasificada tiene una porosidad elevada, en tanto que
- b) una roca mal clasificada tiene poca porosidad.
- c) En las rocas solubles como las calizas, la porosidad puede aumentar por disolución, mientras que
- d) Las rocas metamórficas cristalinas y las ígneas se vuelven porosas por fracturamiento.

Valores de porosidad de diversos materiales.

Tabla 2.

Valores de porosidad de diversos materiales.

<i>Material</i>	<i>Porosidad (%)</i>
Sedimento no consolidado	
Suelo	55
Grava	20 – 40
Arena	25 – 50
Limo	35 – 50
Arcilla	50 – 70
Rocas	
Arenisca	5 - 30
Lutita	0 - 10
Actividad de solución en caliza y dolomía.	10 – 30
Basalto fracturado	5 - 40
Granito fracturado	10

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Tipo de investigación

La investigación ha sido de tipo descriptivo – explicativo y propositivo, incidiendo en el mejoramiento de las estructuras planares se evidencian en el talud de una de las obras realizadas por la compañía minera..

2.2 Materiales, instrumentos y métodos

Equipamiento

El equipamiento utilizado para el desarrollo de la obra consistió básicamente en equipos menores y de uso manual que permitió que las labores sean más versátiles en maniobrabilidad y desplazamiento, dado que el uso de los mismos se hace en el talud de la fase 5.

Equipos:

- 4 und Perforadoras Manuales RH 685
- 2 und Compresoras de aire
- 1 und Compresora de aire
- 4 und Canastillas para Perforación
- 1 und Inyectora tipo Pelicano
- 1 und Generador eléctrico
- 1 und Pull test

Herramientas:

- 3 Pistolas de impacto manuales (a batería)
- 3 Taladros manuales (a batería)

- 6 Thirfor de 3 Tn c/u.
- 12 Barretas de 5', 8'.

Materiales

A continuación se detallan los materiales esenciales que han sido suministrados para la obra, los cuales cumplen con los estándares y normas ofrecidos al cliente.

- 439 und de malla de Steel Grid de 2 x 25 m c/u,
- 285 m de Cable de acero de 12 mm de diámetro
- 567 m de Cable de 10 mm de diámetro
- 624 und de barra helicoidal de 25 mm de diámetro por 3.0 m c/u
- 166 und de barras helicoidales para pernos de corona de 2.0 m c/u
- 85 und de barras helicoidales para pernos de línea de vida de 2.0 m c/u.
- 34 und de barras helicoidales de 25 mm para pernos de pie de talud de 2.0 m c/u.

Barras helicoidales

Para la sujeción de la malla Steel Grid, se ha utilizado Pernos helicoidales de Aceros Arequipa de tipo BAHE A615-G75, que consisten en barras laminadas en caliente con resaltes en forma de rosca helicoidal, permite controlar las inestabilidades subterráneas y superficiales como elemento de refuerzo, las propiedades mecánicas según norma ASTM A615 –G75.

- Límite de Fluencia, min. (kg/cm^2) = 5,270,
- Resistencia a la tracción, min. (kg/cm^2) = 7,030.
- Alargamiento en 200 mm, min. (%) = 7

Tuerca de Fijación

La tuerca se utilizó como complemento de la barra helicoidal, fabricada de acero, este elemento permite un adecuado posicionamiento de la placa de sujeción sobre el macizo rocoso. En el cuadro y diagrama se indican las dimensiones de la tuerca de fijación.

Placa de Sujeción

La placa que se utilizó es de tipo Volcán A36, como elemento de sujeción, de acero estructural perforada por la cual se desplaza la Barra Helicoidal, actúa como elemento base para el posicionamiento de la Tuerca de Fijación, permaneciendo en contacto directo con el macizo rocoso.

Cable para Línea de Vida de 12 mm

Se utilizó cable acerado de 12.7 mm, con alma de fibra acero arado mejorado (Galvanizado) 6x19, sirvió como elemento de anclaje para las cuerdas del personal worker, y facilitar el ascenso y descenso en toda la longitud del talud donde se desarrolla las tareas de colocación de malla y pernos de anclaje, además de servir como elemento de anclaje para las canastillas de perforación en la colocación de pernos de anclaje.

Cable para Línea de Corona 10 mm

Se utilizó cable acerado de 10 mm, con alma de fibra acero arado mejorado (Galvanizado) 6x19, sirvió como elemento de anclaje para las mallas de Steel Grid y facilitar el tendido de la malla a lo largo y ancho del talud.

Inyección de Lechada de Cemento

Para fijar el perno de anclaje se ha utilizado cemento Portland Tipo I y agua que cumpla con la norma ASTM C150. La mezcla consiste generalmente en cemento sin contracción y agua en una relación agua-cemento que varía de 0.400.45 (Sabatini y otros, 1999) con cemento tipo I, la cual obtiene resistencias hasta de 21 MPa.

La lechada de cemento se considera válida como única protección anticorrosiva en la zona de bulbo del perno instalado.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

- Revisión de la información geológica – geomecánica, proporcionada por la compañía Minera Antamina.
- Evaluación de las características geológicas - geotécnicas del macizo rocoso, con el fin de proponer las medidas correctivas que minimizarán los riesgos de inestabilidad y caída de bloques sueltos.
- Realización del Sostenimiento de rocas y evitar la caída a niveles inferiores.
- Proceso constructivo acorde a los estándares del cliente y la satisfacción del mismo.

El cliente nos proporcionó información Geotécnica que se compiló, la misma que sirvió como punto de partida para formular y proponer el diseño de solución para el talud.

Durante el minado de Fase 5 Norte se fueron presentando ciertas estructuras geológicas, las cuales, al descender con el minado dieron lugar a la pérdida de todas las banquetas de captación para la caída de rocas, el resultado actual es un solo talud de 165 metros de altura aproximadamente y 80 metros de amplitud lateral promedio que da lugar a una área sin protección de 16,098 m² aproximadamente, ante tales condiciones, se ha estimado implementar un sistema de protección por medio del tendido e instalación de mallas de protección sobre la superficie del talud que aseguren la contención de la caída de rocas, también se ha estimado la instalación de anclajes para asegurar los bloques de roca suspendidos a lo largo de los planos estructurales con potencial a deslizar y las rocas que podrían desprenderse por efecto del deterioro del macizo producto de las actividades de minado.

El Macizo Rocoso es de Tipo III (RMR que varía de 50 a 55) y una resistencia a la compresión de la roca de 90 a 120 MPa, en consecuencia, se trata de un talud 100% rocoso en el cual se observan estructuras continuas, con un espaciamiento promedio de 1.0 metro, ligeramente rugosas y 46° de buzamiento hacia el pit, lo cual genera la aparición de grandes estructuras planares continuas.

2.4. Procedimiento

Los trabajos contratados y ejecutados estuvieron abocados a las actividades que se detallan a continuación:

- Replanteo Topográfico
- Desquinche y/o desatado de rocas sueltas.
- Instalación de mallas
- Colocación de pernos de anclajes
- Se realizaron controles de calidad respectivos para materiales y el sistema de sostenimiento colocado mediante pruebas de pull test.
- Instalación de instrumentación geotécnica prismas, para el monitoreo y control del talud.
- Instalación de Geófonos.
- Alineamiento de las actividades productivas bajo las condiciones operativas de mina.

Pruebas de Pull test

La prueba se desarrolla en pernos helicoidales de 25 mm de 3.0 m de longitud, se cargó en ciclos incrementales desde una carga de referencia (pudiéndose ser cero) hasta la carga máxima de ensayo (20 – 25 Tn).

Se midió el desplazamiento de la cabeza del anclaje durante un período de tiempo (3 minutos por ciclo) para la carga máxima de cada ciclo incremental.

En el caso de pernos helicoidales colocados y adheridos con lechada de cemento, los datos de elongación de los pernos son tomados aumentando cada 2.5 toneladas de carga aplicada, por ciclo.

La lectura en el manómetro se fue registrando cada (Tn) de carga y la correspondiente elongación con la ayuda de un vernier, hasta llegar a un valor pico de (20 – 25 Tn), a partir del cual, el perno empezara a salirse del taladro y lógicamente la carga en el manómetro dejara de subir por encima de ese valor.

La cantidad de pernos a ensayar equivale al 2% (14 und), del total de pernos colocados en obra 732 und de 3.0 m c/u, y fueron seleccionados de manera aleatoria.

Durante la fase de ejecución del proyecto se han formulado y presentado informes semanales, en ellos se detallan las actividades productivas desarrolladas en el día a día, así como los Daily report.

Debemos señalar que desde el 11 al 14 Mayo, en coordinación con la supervisión del área de Geotécnica Mina y la supervisión del área Operaciones Mina se ejecutan labores de habilitación de plataforma de trabajo en la cresta de la fase 5, a fin de tener un área para el acondicionamiento de nuestros equipos, materiales, herramientas para la ejecución de la obra.

Desde el 15 de Mayo hasta el 30 de Setiembre del 2015 se desarrollan labores productivas, que consistieron en,

- Perforación de pernos para línea de Vida
- Perforación para línea de Corona
- Limpieza del área y desatado de rocas en talud

- Colocación de Malla Steel Grid
- Colocación de Malla de Trabajo
- Ensayos de Pull test
- Colocación de Prismas

Durante este periodo se mantuvo coordinación con la supervisión del área de Geotecnia Mina de forma diaria para la ejecución de cada una de las tareas descritas líneas arriba, también se mantuvo coordinación con la supervisión de Operaciones Mina (O3), quien nos autoriza el ingreso del ovalo la tortita hasta la plataforma de Dracon Perú SAC, así como la autorización para el inicio de nuestras labores en el talud de fase 5.

Se manejó fluidamente la interacción de las labores de Dracon Perú SAC con las actividades de operaciones mina de la fase 5, teniendo y respetando siempre la prioridad de este último.

Las labores operativas de Dracon Perú SAC se han alineado con la interacción a la parte Operaciones Mina, cumpliendo con la implementación, ejecución y seguimiento de las herramientas de gestión del cliente Antamina, así como la de Dracon Perú SAC.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Resultados del objetivo específico 1

- **Estudio de estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados aplicando levantamientos topográficos en la zona de explotación minera de la empresa Antamina**

La mayoría de los estudios de estabilidad de taludes en macizos rocosos, tanto con hipótesis de deslizamiento plano como con deslizamiento circular, suelen considerar el criterio de rotura lineal de Mohr- Coulomb, o el criterio empírico no lineal de Hoek & Brown (Melentijevic, 2015). En general, todos estos, procedimientos suelen suponer una ley de fluencia asociada. Sin embargo, el valor del coeficiente de seguridad de un talud se sobreestima siempre que se emplea la hipótesis de la ley de fluencia asociada, tanto bajo criterios de rotura lineales, como bajo criterios de rotura no lineales.

Los resultados obtenidos mediante el método J-MEF en el análisis de los taludes del tajo abierto, utilizado como ejemplo de aplicación, mostraron que, en el análisis de estabilidad a nivel de bancos, las discontinuidades son más influyentes que las propiedades de la roca intacta, y la rotura está controlada por los sistemas de discontinuidades debido a que su espaciamiento y persistencia son del mismo orden de magnitud que las dimensiones del talud. Al incrementar la profundidad de la excavación se desarrollan mecanismos de rotura compuestos, se producen roturas producto de la combinación entre el deslizamiento a través de los planos de discontinuidades y la rotura por corte a través de los bloques de roca intacta. Mayores profundidades de excavación, hasta los taludes finales del tajo abierto, pueden producir roturas globales, que se desarrollan rompiendo el macizo rocoso. En este caso, debido a que el espaciamiento y persistencia de las discontinuidades son de magnitud muy pequeña con respecto a la altura del talud, el macizo rocoso se comportaría como un medio continuo, produciéndose la rotura similar a la que se produce en los suelos.

El presente estudio de levantamiento topográfico es inició del estudio técnico y descriptivo de un terreno. Consistió en investigar la superficie cuidadosamente teniendo en cuenta las características físicas, geológicas y geográficas del terreno, pero también rescatar información del terreno antes y después intervención del hombre para poder realizar los planos a detalle. De acuerdo a la investigación exploratoria y de campo realizada, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

3.1.1 Aspectos Generales

Ubicación

La mina se encuentra ubicada en el distrito de San Marcos, provincia de Huari en la Región Ancash, a 200 km. de la ciudad de Huaraz y a 8 horas de la ciudad de Lima; presenta una altitud promedio de 4,300 msnm.

Antecedentes. Antamina es un yacimiento polimetálico complejo, cuyo proceso extractivo se realiza a través de la explotación a cielo o tajo abierto, este tipo de explotación es realizada por medio de bancos o banquetas alrededor de las cuales se explota el mineral. En el sector denominado Fase 5 Norte, el cual se encuentra dentro del tajo de la mina, se ha observado la pérdida de estas banquetas a consecuencia del minado para la explotación del mineral; dicha pérdida está asociada a la presencia de familias de discontinuidades presentes en el talud de corte. Por tal motivo se ofrece una solución y la ejecución de la misma acorde a la problemática presente.

Objetivos

Las estructuras planares que se evidencian en el talud norte de la fase 5 que han ocasionado la pérdida de banquetas dejando expuesta la posibilidad del desprendimiento de rocas y al no contar con banquetas que contribuyan a mitigar la trayectoria de estas,

compromete operativa y sustancialmente la continuidad productiva del mineral emplazado en la fase 5.

En tal sentido el objetivo primordial es mitigar y controlar con el sistema de protección mallas, pernos de anclaje de esta manera se garantiza el desarrollo de los trabajos de manera segura y continua en la zona de operaciones tanto para el personal, equipos e infraestructura emplazada en el lugar además de:

- Revisión de la información geológica – geomecánica, proporcionada por la compañía Minera Antamina.
- Evaluar las características geológicas - geotécnicas del macizo rocoso, con el fin de proponer las medidas correctivas que minimizarán los riesgos de inestabilidad y caída de bloques sueltos.
- Realizar el Sostenimiento de rocas y evitar la caída a niveles inferiores.
- Garantizar un proceso constructivo acorde a los estándares del cliente y la satisfacción del mismo.
- Revisión de la información geológica – geomecánica, proporcionada por la compañía Minera Antamina.
- Evaluar las características geológicas - geotécnicas del macizo rocoso, con el fin de proponer las medidas correctivas que minimizarán los riesgos de inestabilidad y caída de bloques sueltos.
- Realizar el Sostenimiento de rocas y evitar la caída a niveles inferiores.
- Garantizar un proceso constructivo acorde a los estándares del cliente y la satisfacción del mismo.

Solución: Con la finalidad de controlar la caída de rocas y evitar las paralizaciones de la extracción del mineral, se propuso un sistema de protección con mallas de alta resistencia (SteelGrid HR30, 170 KN/m) y pernos de anclaje.

El área de instalación fue de 19,060.00 m² y 732 und. de pernos de anclaje (perforado e inyectado) de $\varnothing=25\text{mm}$ y $L=3\text{m}$.



Problema: Las constantes filtraciones de agua en los nuevos taludes en el área del Taller de Soldadura y Laboratorio de Geología – Truck Shop, ocasionan un problema serio de inestabilidad permitiendo que el material en reposo caiga de manera sistemática.



En coordinación con el área de Ingeniería & Proyectos de la Compañía Minera Antamina se escogieron de manera estratégica la ubicación de la Instalación de 4 drenes Californianos, de los cuales 01 es de 15 m de profundidad y 03 son de 10 m. de profundidad.

Esta solución, permitió mejorar el comportamiento de estabilización de los taludes ya que mitigo el problema de filtraciones de agua.



Debido a la presencia alta de humedad ha ocasionado la alterabilidad de las propiedades del macizo rocoso circundante, provocando e induciendo al desprendimiento en forma de lascas, proporcionado por la estratificación de la roca 20° , en tal sentido los objetivos básicos es la de realizar el sostenimiento de esta área para evitar cualquier tipo de incidente a futuro que pueda afectar al personal, equipos y medio ambiente.



Solución: Según los estudios realizados por el Área de Geotecnia Mina, se decide realizar el sostenimiento de los hastiales de la Estocada 5, juntamente con un tramo de 60 m de hastial en vía de túnel, los trabajos consistieron en instalar mallas de doble torsión 8x10, e=3m y pernos de anclaje de $\varnothing=25\text{mm}$ y $L=3\text{m}$, inyectados con cartuchos de resina y de cemento.

3.1.2 Descripción Del Proyecto - Geología Regional

a) Geomorfología regional

La Geomorfología regional desarrollada es el resultado de fenómenos geodinámicos, tectónica, erosión y transporte, etc., los cuales contribuyeron a la actual configuración de su relieve. En base a criterios litológicos, estratigráficos, morfológicos, geográficos se identificaron 3 unidades geomorfológicas principales mayores a nivel regional que se mencionan a continuación:

- Superficie Puna
- Estadios de valles
- Estadios de Cañón
- Glaciares

Durante el minado de Fase 5 Norte se fueron presentando ciertas estructuras geológicas que no se manifestaron en la fase anterior, las cuales, al descender con el minado dieron lugar a la pérdida de todas las banquetas de captación para la caída de rocas, el resultado actual es un solo talud de 165 metros de altura aproximadamente y 80 metros de amplitud lateral promedio que da lugar a una área sin protección de 16,098 m² aproximadamente, ante tales condiciones, se ha estimado implementar un sistema de protección por medio del tendido e instalación de mallas de protección sobre la superficie del talud que aseguren la contención de la caída de rocas, también se ha estimado la

instalación de anclajes para asegurar los bloques de roca suspendidos a lo largo de los planos estructurales con potencial a deslizar y las rocas que podrían desprenderse por efecto del deterioro del macizo producto de las actividades de minado.

El Macizo Rocosos es de Tipo III (RMR que varía de 50 a 55) y una resistencia a la compresión de la roca de 90 a 120 MPa, en consecuencia, se trata de un talud 100% rocoso en el cual se observan estructuras continuas, con un espaciado promedio de 1.0 metro, ligeramente rugosas y 46° de buzamiento hacia el pit, lo cual genera la aparición de grandes estructuras planares continuas.

b) **Estratigrafía regional**

La Estratigrafía Regional se desarrolló en la denominada Franja Sedimentaria Mesozoica de la Cordillera Interandina, la cual tiene una potente estratificación de calizas del Triásico (Jurásico – Cretáceo).

En esta franja se han emplazado cuerpos intrusivos (Stock) de composición intermedia del grupo de la diorita, diorita cuarcífera, granodiorita, monzonita y cuarzo monzonita. Como consecuencia de la presencia de estas calizas e intrusivos se han formado grandes yacimientos de tipo Skarn polimetálico de zinc, plomo, cobre, molibdeno, plata y hierro, teniendo como ejemplo de este tipo de yacimiento a Antamina.

Tabla 3

Unidades Lito estratigráficas y simbología

UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS		SIMBOLOGÍA
Formación Celendín		Ks-ce
Formación Jumasha		Ks-ju
Formación Pariatambo		KI-pt
Formación Parlahuanca		KI-ph
GRUPO GOYLLARISQUIZGA	Formación Carhuaz	KI-go
	Formación Santa	KI-ca
	Formación Chímú	KI-sa
Formación Oyón		KI-chi
Formación Chicama		KI-oy
		Js-chi

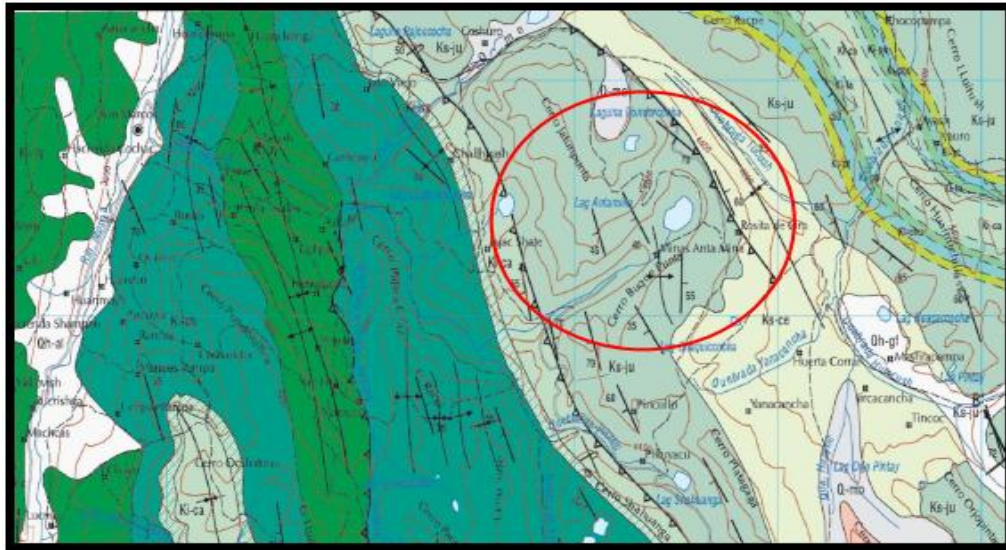


Figura 42. Mapa geológico regional de las zonas evaluadas en general.

Tabla 4

Columna estratigráfica generalizada de la zona evaluada.

Era	Sistema	Serie	Unidades Estratigráficas	Descripción	
M E Z O Z O I C A	CRETÁCEO	Superior	Formación Celendin	Calizas, Margas nodulares pobremente estratificadas, abundancia de fósiles.	
			Formación Jumasha	Calizas grises estratificadas, resistentes, formando farallones.	
		Inferior	Formación Pariatambo	Margas color marrón oscuro, olor feído. Calizas oscuras en lajas delgadas.	
			Formación Pariahuanca	calizas masivas de tono azul.	
			GRUPO GOYLLARISQUIZGA	Formación carhuaz	secuencia de Limoarcillitas color gris verdosa, capas de yeso en la parte inferior y en los niveles superiores Limoarcillitas rojizas.
				Formación Santa	calizas color azul grisáceas de delgada estratificación
	Formación Chimú	Areniscas Cuarzosas masivas de color blanquesino, en estratos.			
		Formación Oyón	areniscas en capas delgadas intercaladas con capas de carbón.		
JURÁSICO	Superior	Formación Chicama	Pizarras y areniscas grises, con inclusiones de pirita, los niveles de arenisca son masivos hacia la parte superior.		

Malla Steel Grid. El SteelGrid consiste en la asociación de cables de acero de 8.0mm de diámetro dispuestos longitudinalmente a cada 30 cm, a una malla hexagonal de doble

torsión del tipo 8x10 cm, con la finalidad de revestir taludes evitando el desprendimiento y la caída de rocas.

Con el anclaje de los cables de acero longitudinales en el tope del talud, el sistema es capaz de ofrecer una mayor resistencia, proporcionando una capacidad de fijación más eficaz.

Malla	Resistencia Longitudinal a la Tracción (kN/m)	Espaciamiento entre cables (m)	Diámetro del cable de acero (mm)	Tipo de Malla (cm)	Diámetro del alambre (mm)	Dimensiones de Rollo (m)
Steel Grid HR 30	170	0.30	8.0	8 x 10	2.7	2 x 25.0



3.1.3 Aplicación de la sujeción de la malla Steel Grid

Pernos de Anclaje de 3.0 m

Barras helicoidales

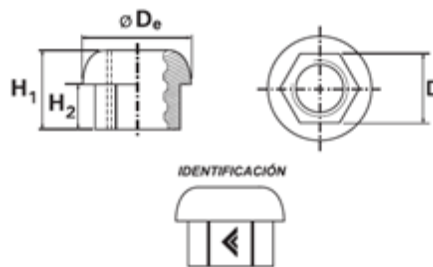
Para la sujeción de la malla Steel Grid, se ha utilizado Pernos helicoidales de Aceros Arequipa de tipo BAHE A615-G75, que consisten en barras laminadas en caliente con resaltes en forma de rosca helicoidal, permite controlar las inestabilidades subterráneas y superficiales como elemento de refuerzo, las propiedades mecánicas según norma ASTM A615 –G75.

- Límite de Fluencia, min. (kg/cm²) = 5,270,
- Resistencia a la tracción, min. (kg/cm²) = 7,030.
- Alargamiento en 200 mm, min. (%) = 7

Tuerca de Fijación

La tuerca se utilizó como complemento de la barra helicoidal, fabricada de acero, este elemento permite un adecuado posicionamiento de la placa de sujeción sobre el macizo rocoso. En el cuadro y diagrama se indican las dimensiones de la tuerca de fijación.

Diámetro Nominal	Norma de Fabricación	Dimensiones (mm)				Peso Unitario (gr)
		Diámetro Exterior (D _e)	Altura Total (H ₁)	Altura de Vástago (H ₂)	Distancia entre Caras (D)	
25	ASTMA198	55.1	44.5	28.0	38.1	380

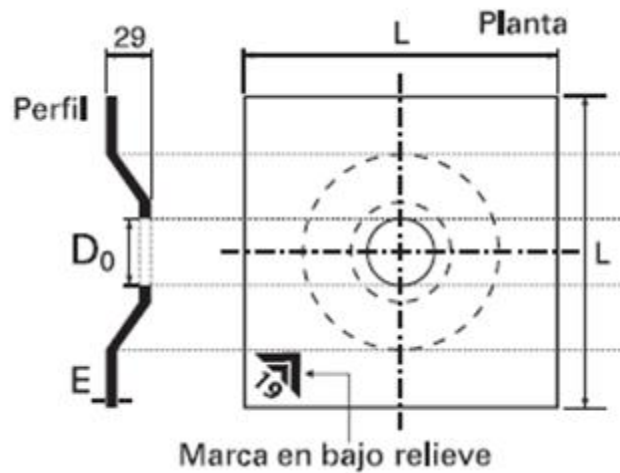


Placa de Sujeción

La placa que se utilizó es de tipo Volcán A36, como elemento de sujeción, de acero estructural perforada por la cual se desplaza la Barra Helicoidal, actúa como elemento base para el posicionamiento de la Tuerca de Fijación, permaneciendo en contacto directo con el macizo rocoso.

En el cuadro y diagrama se indican las dimensiones de la tuerca de fijación.

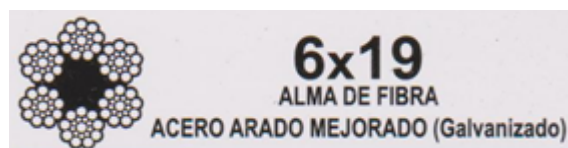
Diámetro nominal del perno de fortificación (mm)	Dimensiones en mm			
	Espesor E	Tipo	Diámetro de Orificio (D _o)	Lado (L)
25	9.5 +/-0.45	Volcán	44.0 +/-1.0	150 +/- 5.0



Cable para Línea de Vida de 12 mm

Se utilizó cable acerado de 12.7 mm, con alma de fibra acero arado mejorado (Galvanizado) 6x19, sirvió como elemento de anclaje para las cuerdas del personal worker, y facilitar el ascenso y descenso en toda la longitud del talud donde se desarrolla las tareas de colocación de malla y pernos de anclaje, además de servir como elemento de anclaje para las canastillas de perforación en la colocación de pernos de anclaje.

Diámetro		Peso aproximado en kg/m	Resistencia a la ruptura en Tn efectivas
mm	pulg.		
12	1/2"	0.600	8.70



Cable para Línea de Corona 10 mm

Se utilizó cable acerado de 10 mm, con alma de fibra acero arado mejorado (Galvanizado) 6x19, sirvió como elemento de anclaje para las mallas de Steel Grid y facilitar el tendido de la malla a lo largo y ancho del talud.

Inyección de Lechada de Cemento

Para fijar el perno de anclaje se ha utilizado cemento Portland Tipo I y agua que cumpla con la norma ASTM C150. La mezcla consiste generalmente en cemento sin contracción y agua en una relación agua-cemento que varía de 0.400.45 (Sabatini y otros, 1999) con cemento tipo I, la cual obtiene resistencias hasta de 21 MPa.

La lechada de cemento se considera válida como única protección anticorrosiva en la zona de bulbo del perno instalado.

3.1.4 Pruebas de Pull test

La prueba se desarrolló en pernos helicoidales de 25 mm de 3.0 m de longitud, se cargó en ciclos incrementales desde una carga de referencia (pudiéndose ser cero) hasta la carga máxima de ensayo (20 – 25 Tn). Se midió el desplazamiento de la cabeza del anclaje durante un período de tiempo (3 minutos por ciclo) para la carga máxima de cada ciclo incremental.

En el caso de pernos helicoidales colocados y adheridos con lechada de cemento, los datos de elongación de los pernos son tomados aumentando cada 2.5 toneladas de carga aplicada, por ciclo.

La lectura en el manómetro se fue registrando cada (Tn) de carga y la correspondiente elongación con la ayuda de un vernier, hasta llegar a un valor pico de (20 – 25 Tn), a partir del cual, el perno empezara a salirse del taladro y lógicamente la carga en el manómetro dejara de subir por encima de ese valor. La cantidad de pernos a ensayar equivale al 2% (14 und), del total de pernos colocados en obra 732 und de 3.0 m c/u, y fueron seleccionados de manera aleatoria.

Capacidad de Carga en (Tn)	
Tipo perno (mm)	Tn
Barra Helicoidal de 25	25.8

Carga de Prueba en (Tn)			
Tipo de perno	Diámetro (mm)	Longitud (m)	Carga Tn
Barra Helicoidal	25	3.0	20 - 25

A continuación, se analizó el aspecto geológico del lugar.

En cuanto a la geología local.

El resultado de la evaluación geológica local del área de estudio fue correlacionado con los boletines y mapas geológicos realizados por INGEMMET y la información geológica- geotécnica proporcionada por la Compañía Minera Antamina.

El yacimiento de Antamina se clasifica como un Skarn complejo polimetálico de cobre, zinc, plata, molibdeno y bismuto; formado por la intrusión de un stock cuarzo – monzonítico en calizas.

El intrusivo Antamina es un dique/stock de forma irregular y es generalmente un pórfido cuarzo monzonítico, caracterizado por una matriz de grano fino de cuarzo, feldespato potásico y la presencia de fenocristales de plagioclasa.

El desarrollo de la mineralización se da por un metamorfismo de contacto, ligado a diversos mecanismos estructurales.

Las Unidades litológicas del Skarn Antamina son:

- Hornfels

La homogenización que se puede observar en Antamina es de intensidad media y débil, se le ha identificado localmente cerca de las márgenes del depósito y parecen limitar el desarrollo de la mineralización. Presenta textura laminar – onduladas, es una roca de grano fino, de color gris.

- Mármol

Los mármoles de calcita, de aspecto sacaroideo se encuentran comúnmente cerca al eje del anticlinal.

- Mármol Diópsido

Se le da esta denominación cuando este tipo de roca presenta inclusiones de mineral diópsido, se caracteriza por contener micro venillas de esfalerita – calcopirita.

- Endoskarn

Es la principal roca que enmarca la presencia del mineral de Cobre (Cu) con bajo Bismuto (Bi) en el yacimiento.

- Exoskarn

Presenta variación de mineralización, desde granates, diópsido y wollastonita, de colores variados, desde verdosos a cafés, dependiendo de la asociación y contenido de mineral.

- Intrusivo

Es un dique/stock de forma irregular y es generalmente un pórfido cuarzo monzonítico, caracterizado por una matriz de grano fino de cuarzo y feldespatos potásico y la presencia de fenocristales de plagioclasa.

Del perfil litológico, se puede concluir que el área de estudio (Talud Fase 5 Norte), presenta variedad litológica, siendo las más predominantes el mármol y su variedad mármol-diópsido.

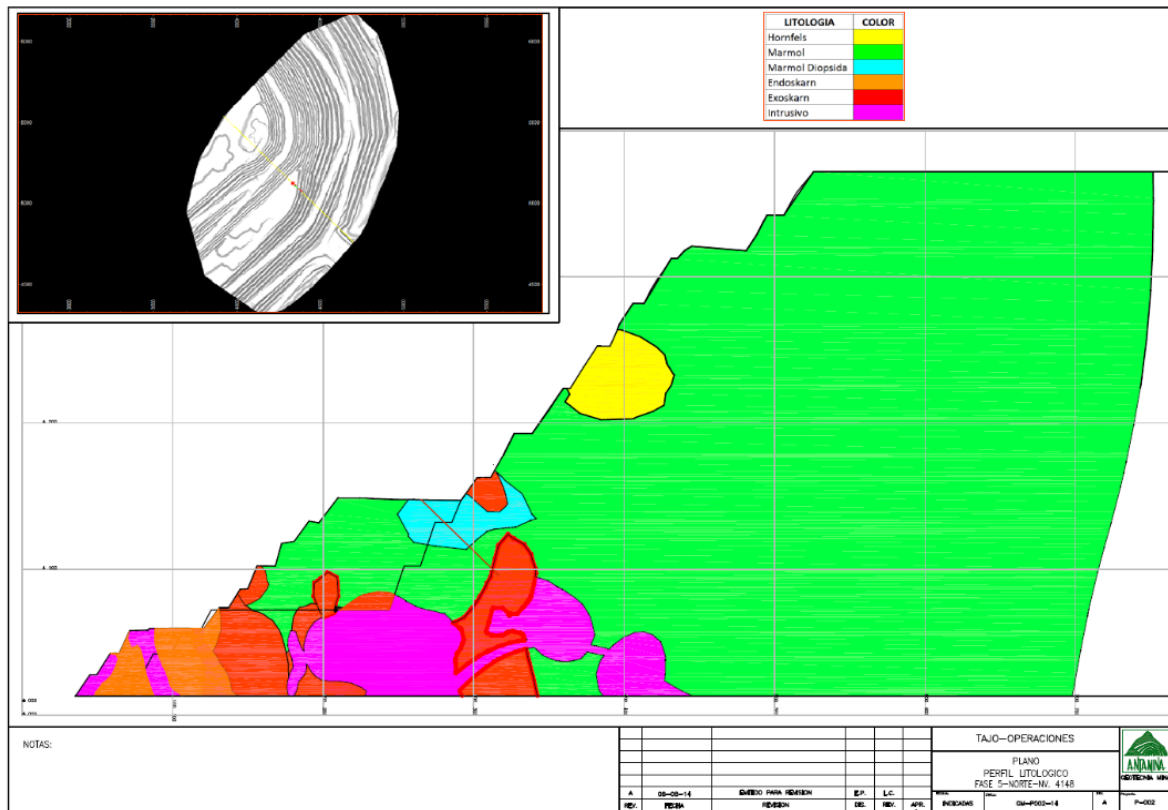


Figura 43. Perfil litológico del talud fase 5 Norte. Elaborado por Compañía Minera Antamina)

3.1.5 Análisis Topográfico

El proyecto contempló la ejecución de actividades diversas, tales como: Trazo y replanteos de áreas, Suministros de materiales e instalación de malla de acero galvanizado SteelGrid HR30; perforación, instalación e inyección de pernos de anclaje; instalación de instrumentación y ensayos de pull test.

Trazo y Replanteo

a) Descripción

Basados en los planos y levantamientos topográficos del proyecto, sus referencias y BM's, se procederá al replanteo general de la obra, en caso de encontrarse diferencias entre lo indicado en el proyecto y las condiciones reales encontradas en el terreno, se comunicará el hecho al Cliente, quién dará la indicación respectiva para ejecutar los ajustes correspondientes.

Se plantea el responsable del replanteo topográfico, así mismo es responsable del cuidado y resguardo de los puntos físicos de georreferenciación proporcionados por el mismo mientras duren los trabajos.

Para la ejecución de las actividades de trazo y replanteo se deberá implementar el equipo de topografía necesario, capaz de trabajar dentro de los rangos de tolerancia especificados. Asimismo, se deberá proveer el equipo de soporte para el cálculo, procesamiento y dibujo.

Finalmente, y de ser el caso se proveerá suficiente material adecuado para la cimentación, monumentación, estacado, pintura y herramientas adecuadas.

b) **Medición**

Los trabajos de Trazo y Replanteo se medirán en metros cuadrados (m²) de área replanteada para la instalación de malla y pernos.

Diseño De Solución

a) **Descripción**

El diseño de la solución consiste en la propuesta para estabilizar el talud, basado en los datos geotécnicos proporcionados en el área afectada, y serán fundamentales para la preparación de análisis de estabilidad y presentación del informe que incluirá un anexo con las memorias de cálculo, incluyendo archivos nativos.

b) **Medición**

Los trabajos de DISEÑO DE SOLUCIÓN serán cuantificados en global (GLB), sintetizado en el informe final.

Limpieza del Área (Desatado de Rocas)

a) **Descripción**

Estos trabajos incluyen la remoción de piedras y/o rocas que se encuentren sobre taludes naturales precarios y de equilibrio poco fiable y sean susceptibles de caerse.

Se eliminaron aquellas piedras o rocas que, a criterio, representaron peligro para las personas y equipo que laboren en la zona, es decir en el pie de talud. La empresa contratista deberá presentar a la supervisión, para su aprobación, el procedimiento de trabajo donde especifique el método a utilizar para la eliminación de las rocas. En general, se trata de retirar las piedras sueltas o casi desprendidas. No se deberá excavar para extraer aquellas que estén suficientemente firmes, pues se corre el peligro de desestabilizar toda su área. Estos trabajos se deben ejecutar lo más pronto posible luego de detectado el sitio crítico que represente una amenaza para la seguridad de las personas.

b) Medición

La unidad de medida para la Limpieza del área (desatado de rocas) será el metro cuadrado (m²), aproximado al metro cuadrado completo, medida el área de desquinche sobre la superficie inclinada.

Perforación para Pernos Para Malla

a) Descripción

La perforación para pernos para malla consiste en las actividades para la apertura de orificios, de 3.00 m de longitud, en el talud a donde irán colocados los pernos helicoidales, según la distribución indicada en los planos de proyecto para garantizar el sostenimiento y la prevención de caída de rocas al pie del talud.

En general, la perforación en rocas se puede concebir como la combinación de las acciones de percusión, rotación, empuje y barrido. Para la ejecución de estas actividades se empleará como fuente de energía a la neumática, proveniente de compresoras de aire.

b) Medición

El trabajo ejecutado se medirá por unidad (UND) de perno perforado, que cumpla con las indicaciones propuestas en el informe de solución para el sostenimiento de talud y aceptada por el cliente.

3.1.6 Instalación de Pernos para Anclajes de Malla

a) Descripción

La instalación de pernos para anclajes para malla consistió en el posicionamiento de barras helicoidales con longitud equivalente a 3.00 m y una longitud no empotrada (mecha) de 15 a 20 cm, en las perforaciones efectuadas que deben ser previamente limpiadas mediante aire o agua, y deben estar de acuerdo a la disposición en el talud según indicaciones del proyecto para garantizar el sostenimiento y la prevención de caída de rocas al pie del mismo.

b) Medición

El trabajo ejecutado se midió por unidad (UND) de perno instalado, que cumpla con la especificación anterior y aceptada por el cliente.

3.1.7 Inyección de Mortero para pernos (Malla)

a) Descripción

La inyección de los anclajes es un proceso fundamental para la eficiencia de todo el sistema. Se debe hacer inmediatamente después de la inserción del anclaje en el hoyo, se recomienda inyectar la mezcla de agua y cemento (relación igual a 0.45) desde el fondo hasta la parte superior para llenar todo el orificio.

Este tipo de operación se obtiene mediante la introducción de un tubo hasta el fondo de la perforación conectado a la bomba de inyección.

Línea de Vida con pernos

a) Descripción

La línea de vida con pernos consiste en los anclajes de 1.80 m y diámetro igual a 25 mm, que son elementos del sistema de parada de caídas. Pueden ser permanentes o temporales. En todos los casos están unidos sólidamente a una estructura de alojamiento, en este caso roca maciza, con la resistencia suficiente como para soportar los esfuerzos derivados de una caída (Ayala, 2015).

b) Medición

Lain (2018) indicó que “el trabajo deberá ser ejecutado se medirá por unidad (UND) de perno de línea de vida instalado, que cumpla con la especificación anterior y sea aceptada por el cliente” (p. 53).

Anclajes para malla de Alta Resistencia En Corona De Talud

a) Descripción

Turpo (2011) señaló que los “anclajes para malla de alta resistencia en corona de talud son aquellos elementos, constituidos de barras helicoidales con diámetro igual a 25 mm longitud de 2.00 m, que se ubican en la corona del talud, tal como lo indica su nombre, a una distancia no menor a 2.00 m del borde del talud y distanciadas una de otras entre 3.00 y 4.00 m como máximos”.

Para la ejecución de estos trabajos se emplearán los martillos del tipo Jack Leg RH 658L de Atlas Copco, que será abastecida de aire por una compresora para las perforaciones de las barras helicoidales y serán del tipo Atlas Copco XAS 375 JD6. Estas perforaciones deben estar a 90° respecto a la superficie.

Para la fijación de la barra helicoidal al terreno se utilizará concreto líquido o Group (lechada de cemento), cuya proporción agua/cemento será de 0.45. La inyección se realizará

por medio de una bomba manual (Melentijevic, 2015).

Para la fragua de la lechada de cemento se deberá esperar hasta 24 horas como mínimo y disponer del uso de cargas del perno, solo entonces se podrán colocar las placas y tuercas. Adicionalmente, se harán uso de capuchones para salvaguardar la integridad física de los colaboradores.

Anclajes para Malla de Alta Resistencia en Pie de Talud

Descripción

Los anclajes para malla de alta resistencia en pie de talud son aquellos elementos, constituidos de barras helicoidales con diámetro igual a 25 mm longitud de 2.00 m, que se ubican en el pie del talud, tal como lo indica su nombre, a una distancia no menor a 2.00 m del pie del talud y distanciadas una de otras entre 3.00 y 4.00 m como máximos.

Para la ejecución de estos trabajos se emplearon los martillos del tipo Jack Leg RH 658L de Atlas Copco, que será abastecida de aire por una compresora para las perforaciones de las barras helicoidales y serán del tipo Atlas Copco XAS 375 JD6. Estas perforaciones deben estar a 90° respecto a la superficie.

Para la fijación de la barra helicoidal al terreno se utilizó concreto líquido o Grout (lechada de cemento), cuya proporción agua/cemento será de 0.45. La inyección se realizará por medio de una bomba manual.

Para la fragua de la lechada de cemento se debió esperar hasta 24 horas como mínimo y disponer del uso de cargas del perno, solo entonces se podrán colocar las placas y tuercas. Adicionalmente, se harán uso de capuchones para salvaguardar la integridad física de los colaboradores.

b) Medición

El trabajo ejecutado se midió por unidad (UND) de anclaje para malla de alta

resistencia en pie de talud instalado, que cumpla con la especificación anterior y sea aceptada por el cliente.

Instalación De Malla Steel Grid Hr 30-170 Kn/M

a) Descripción

La colocación de un sistema de mallas galvanizadas, con refuerzo longitudinal de cables de acero (Steel Grid) en un talud de corte tiene por objeto proteger la plataforma de los eventuales desprendimientos de rocas.

b) Medición

La medición se realizará por metro cuadrado (m²) de malla para protección de desprendimientos Steel Grid.

Se medirá la malla realmente colocada en obra, considerando como límites los pernos ubicados en la corona de talud y el borde inferior de la malla definido por los pernos en pie de talud.

Instalación De Instrumentación (Prismas Y Geófonos)

a) Descripción

La instalación de instrumentación geotécnica (que comprende prismas y geófonos) son fundamentales para el monitoreo y control del talud, cuyos materiales serán suministrados por el cliente, así como su ubicación en campo.

b) Medición

El trabajo ejecutado se medirá por unidad (UND) de instrumentación geotécnica instalada y sea aceptada por el cliente.

Ensayos de Pull Test a Anclaje de Perno

a) Descripción

La capacidad de anclaje de un perno de roca; de anclaje puntual, repartido y

combinado, se determinará mediante el ensayo de tracción arranque de pernos, comúnmente conocido como ensayo pull test.

Para la realización de esta prueba, el anclaje deberá cargarse en ciclos incrementales desde una carga de referencia (pudiéndose ser cero) hasta una carga máxima de ensayo (carga de prueba).

Se midió el desplazamiento de la cabeza del anclaje durante un período de tiempo (3 -5 minutos por ciclo) para la carga máxima de cada ciclo incremental. En el caso de pernos helicoidales adheridos con lechada de cemento, los datos de elongación de los pernos serán tomados aumentando cada 2 ó 2.5 toneladas de carga aplicada, por ciclo.

La lectura en el manómetro se irá registrando cada tonelada de carga y la correspondiente elongación con la ayuda de un vernier, hasta llegar a un valor pico, a partir del cual, el perno empezará a salirse del taladro y lógicamente la carga en el manómetro dejará de subir por encima de ese valor.

Esta carga máxima de ensayo en pernos helicoidales ($\phi = 22$ mm y $\phi = 25$ mm) equivale al 80% de la carga de rotura. En el siguiente cuadro se muestran los valores de esta carga de rotura para los dos tipos de pernos presentes en el proyecto: la cantidad de pernos a ensayar equivaldrá al 3% del total de pernos puestos en obra y serán seleccionados de manera aleatoria.

- Capacidad de carga pernos de 22 mm = 20.00 ton
- Capacidad de carga pernos de 25 mm = 25.80 ton

Las pruebas se podrán realizar 5 días después de haber colocado la lechada de cemento tipo I.

b) Medición

El trabajo ejecutado se medirá por (UND) de perno de anclaje para malla ensayado,

que cumpla con la especificación anterior y sea aceptada por el cliente.

Desmontaje De Barrera Dinámica

a) Descripción

El desmontaje de barrera dinámica consiste en la acción del retiro de todos los elementos que conforman la estructura del sistema existente en la zona de la chancadora primaria.

b) Medición

El trabajo ejecutado se medirá por metro lineal (ml) de barrera dinámica desmontada.

3.1.8 Fases del Levantamiento topográfico

Las labores topográficas se dieron inicio el 14 de mayo del presente año, para ello se proporcionaron dos puntos topográficos referenciales para luego continuar con el levantamiento topográfico, los puntos habilitados están denominados como BM-1, BM-2 y estuvieron ubicados en la cresta del talud de la fase 5.

El equipo utilizado es una Estación Total, Marca TOPCON, Modelo ES-105, Serie BS2319, con certificado de Calibración N°1675.0515 emitido por GEODETIC SAC.

Teniendo las coordenadas de arranque topográfico proporcionado por cliente, se planifican las tareas de levantamiento topográfico inicial desde la cresta del talud de la fase 5, enfocándose en levantar las coordenadas de:

- Pernos de Corona.
- Pernos para Línea de Vida.
- Perímetro de instalación de Malla Steel Grid.
- Colocación de Cables de Acero.
- Pernos de Anclaje para Malla
- Pernos para Pie de Talud

- Accesos y Banquetas.

Debemos señalar que para el desarrollo del levantamiento topográfico en general se hicieron coordinaciones permanentes con el área de Geotecnia Mina y Operaciones Mina a fin de que nos den las facilidades de ingresar a la parte baja de la fase 5 así como a la fase 6, lugares desde nos permitió hacer el barrido Topográfico del Talud en la fase 5.

Finalmente, las coordenadas UTM y elevaciones, levantados de cada uno de los elementos colocados en el talud están debidamente documentadas y protocolizadas conjuntamente a los planos elaborados en gabinete. En la figura siguiente se aprecia el diseño del Suministro e instalación de malla de acero.

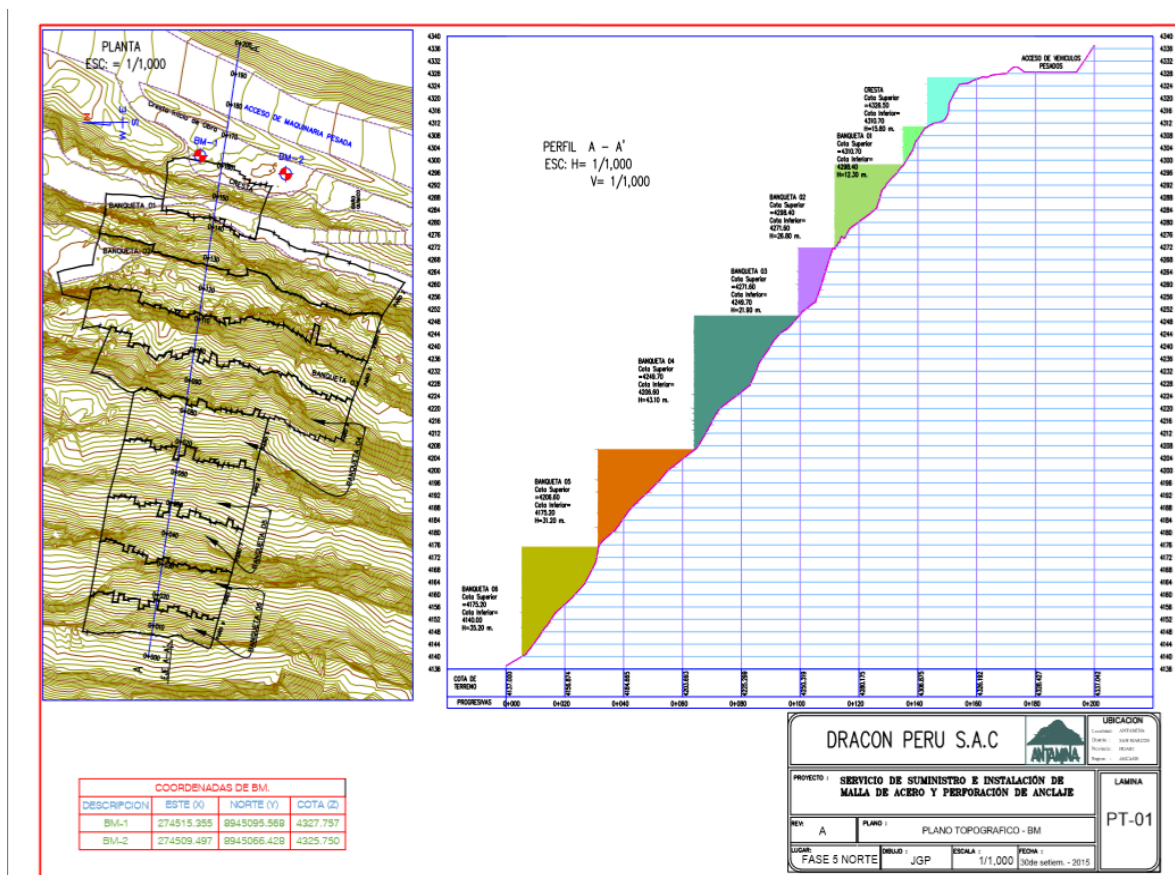


Figura 44. Suministro e instalación de malla de acero

3.2. Resultados del objetivo específico 2

- Materializar un estudio en la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados empleando el método de la simulación numérica en la zona de explotación minera de la empresa Antamina.

El presente procedimiento tuvo como finalidad establecer la metodología y requerimientos para el desarrollo de manera adecuada de la instalación de malla de alta resistencia sobre talud.

Definiciones y Abreviaturas

Para el desarrollo de la actividad y simulación numérica se detallaron las siguientes definiciones y abreviaturas:

- Línea de vida: Es un cable de acero de 12 mm de diámetro, sujeto por anclaje separado como mínimo 4 m – pernos helicoidales de 25mm - Sujetados por tres sujeta cables de 12 mm en cada extremo. Que sirve para el anclaje de personal o equipo-maquinaria que trabajarán de manera suspendida (trabajo vertical).
- Barras helicoidales para anclajes en corona y pie de talud: Son barras laminadas en caliente con resaltes en forma de rosca helicoidal de diámetro nominal de 25 mm. BAHE A615.G75.
- Sujeta cables: Son abrazaderas tipo “U” con 02 tuercas que sirve para sujeción de cables. Las medidas a utilizar son de ½” para la línea de anclaje y 5/8” para lo correspondiente al cable de acero en malla.
- Cables de acero de borde: El cable de sujeción de la malla de doble torsión, de diámetro 12 mm. La misma que será colocada a lo largo del contorno de toda la malla.
- Malla hexagonal doble torsión: Servirá para la contención de rocas y la estabilización de talud.

Es una red de alta resistencia que consiste en una malla hexagonal de doble torsión, producida a partir de alambre de acero con revestimiento Galfan. Esta malla de alta resistencia ofrece flexibilidad en todas las direcciones y aunque un hilo del alambre se rompa, la malla no se deshace, gracias a su sistema de doble torsión.

Las propiedades mecánicas de la malla a utilizarse son como sigue:

- Proceso Productivo. - Malla hexagonal de doble torsión, obtenida entrelazando los alambres tres veces media vuelta.
- Tipo de malla: 8x10 cm.
- Diámetro del alambre: 2.70 mm.
- Diámetro del alambre de borde: 3.4 mm.
- Resistencia longitudinal a la tracción de la malla: 43 KN/m.
- Resistencia mínima de borde: 17.5 KN/m.
- Perforadora manual y Barreno integral: Uso para la perforación y posterior colocación de anclajes.

Desarrollo del trabajo.

- El personal a desarrollar el trabajo deberá estar capacitado en trabajos en altura.
- El personal contará con Equipo de Protección Personal (EPP) básico y especial para trabajos en altura en talud; como arnés de cuerpo entero, ascensores, descensores, antiácidas deslizantes, etc.
- Cabe indicar que toda la zona de trabajo deberá ser aislada y señalizada, a fin de evitar accidentes; especialmente en la parte baja del talud de operaciones.
- Se deberá inspeccionar previo a las actividades: la información técnica, diseño y procedimiento debidamente aprobado, copia de los mismos estarán disponible en el

lugar de trabajo. Adicional a la parte documentaria se contará con personal, equipos, herramientas y materiales adecuados para el desarrollo de los trabajos.



Los pasos a seguir son los siguientes:

Líneas de vida y puntos de anclaje:

- Se procedió con la instalación de la línea de vida en la parte de la corona, con la finalidad de que se realice los trabajos de altura en talud.

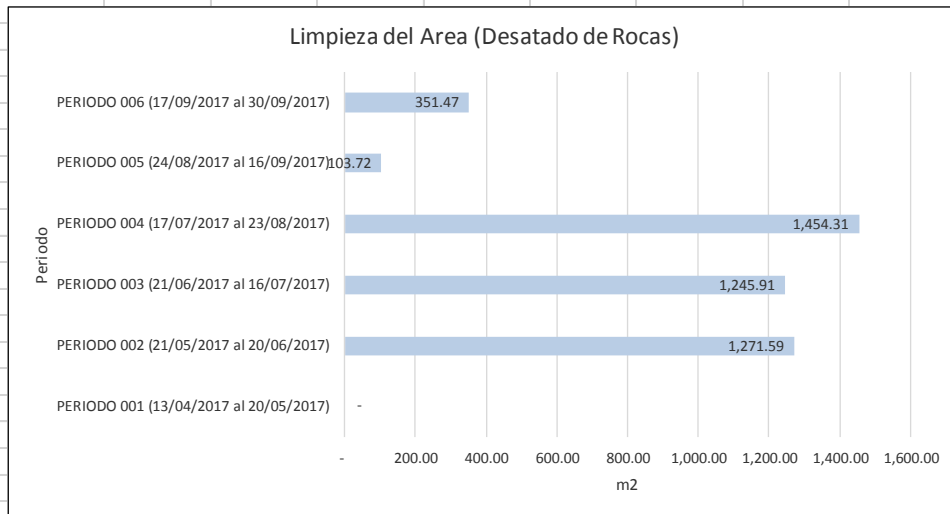
Tabla 5

Resumen de avance de obra

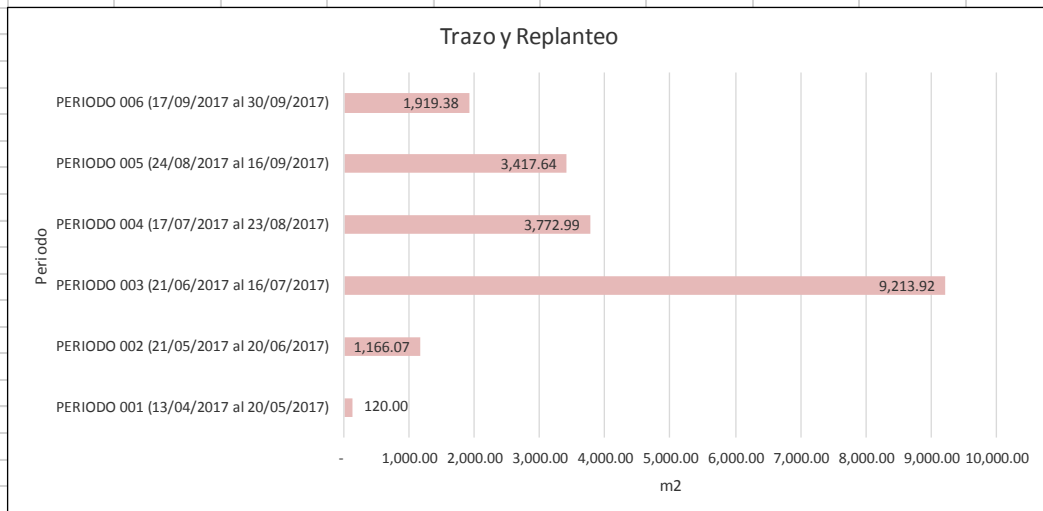
		RESUMEN AVANCE DE OBRA POR PERIODO							
		FECHA:	PAG. 1/1						
		PROYECTO: C.A. 9214 SERVICIO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MALLA DE ACERO Y PERFORACIÓN DE ANCLAJES							
		OBRA: ANTAMINA							
		PERIODO 001 (13/04/2017 al 20/05/2017)	PERIODO 002 (21/05/2017 al 20/06/2017)	PERIODO 003 (21/06/2017 al 16/07/2017)	PERIODO 004 (17/07/2017 al 23/08/2017)	PERIODO 005 (24/08/2017 al 16/09/2017)	PERIODO 006 (17/09/2017 al 30/09/2017)	TOTAL	
OBRAS PRELIMINARES									
Limpieza del Area (Desatado de Rocas)	m2	-	1,271.59	1,245.91	1,454.31	103.72	351.47	4,427.00	
Trazo y Replanteo	m2	120.00	1,166.07	9,213.92	3,772.99	3,417.64	1,919.38	19,610.00	
INSTALACION DE MALLA Y BARRAS HELICOIDALES									
Lineas de vida									
INSTALACION DE SISTEMA DE ANCLAJE P/LINEA VIDA L=2.00 m	und	-	30.00	32.00	18.00	5.00	-	85.00	
INSTALACION DE CABLE P/LINEA DE VIDA D=12mm	m	-	125.00	35.00	340.00	2.00	-	502.00	
Pernos de Anclaje									
PERFORACION PARA PERNOS DE ANCLAJE PARA MALLA	und	-	-	-	249.00	336.00	147.00	732.00	
PERFORACION PARA PERNOS DE ANCLAJE PARA SOSTENIMIENTO DE ROCAS	und	-	-	-	-	-	-	-	
INSTALACION DE PERAN PARA MALLA	und	-	-	-	249.00	336.00	147.00	732.00	
INSTALACION DE PERAN PARA SOSTENIMIENTO DE ROCA	und	-	-	-	-	-	-	-	
INSTALACION DE MORTERO PARA PERAN EN MALLA	und	-	-	-	212.00	296.00	224.00	732.00	
INSTALACION DE MORTERO PARA PERAN P/SOSTENIMIENTO DE ROCA	und	-	-	-	-	-	-	-	
Malla de Acero									
INSTALACION DE ANCLAJE PARA MALLA EN CORONA DE TALUD	und	-	44.00	91.00	31.00	-	-	166.00	
INSTALACION DE CABLE DE ACERO P/MALLA EN CORONA DE TALUD D=12mm	und	-	88.00	50.00	6.00	-	237.17	381.17	
INSTALACION DE ANCLAJE PARA MALLA EN PIE DE TALUD	und	-	-	-	-	-	33.00	33.00	
INSTALACION DE CABLE DE ACERO P/MALLA EN PIE DE TALUD D=12mm	und	-	-	-	-	-	87.65	87.65	
INSTALACION DE MALLA STEEL GRID HR 30 - 170 KN/M	m2	-	4,850.00	5,650.00	5,000.00	2,300.00	1,260.00	19,060.00	
INSTALACION DE PRISMA E INSTRUMENTACION	und	-	-	-	-	-	8.00	8.00	
PULL TEST	und	-	-	-	-	-	14.00	14.00	
		V.B Supervisión CONTRATISTA		V.B Supervisión Antamina		CUENTE			

RESUMEN AVANCE DE OBRA POR PERIODO								
DESCRIPCIÓN		PERIODO						TOTAL
		1	2	3	4	5	6	
		(13/04/2017 al 20/05/2017)	(21/05/2017 al 20/06/2017)	(21/06/2017 al 16/07/2017)	(17/07/2017 al 23/08/2017)	(27/08/2015 al 16/09/2017)	(17/09/2017 al 30/09/2017)	
OBRAS PRELIMINARES								
Limpieza del Area (Desatado de Rocas)	m2	-	1271.59	1245.91	1454.31	103.72	351.47	4,427.00
Trazo y Replanteo	m2	120.00	1,166.07	9,213.92	3,772.99	3,417.64	1,369.38	19,060.00
INSTALACION DE MALLA Y BARRAS HELICOIDALES								
Lineas de vida								
INSTALACION DE SISTEMA DE ANCLAJE P/LINEA VIDA L=2.00 m	und	-	30.00	32.00	18.00	5.00	-	85.00
INSTALACION DE CABLE P/LINEA DE VIDA D=12mm	m	-	125.00	35.00	340.00	2.00	-	502.00
Pernos de Anclaje								
PERFORACION PARA PERNOS DE ANCLAJE PARA MALLA	und	-	-	-	249.00	336.00	147.00	732.00
PERFORACION PARA PERNOS DE ANCLAJE PARA SOSTENIMIENTO DE ROCAS	und	-	-	-	-	-	-	-
INSTALACION DE PERNOS PARA MALLA	und	-	-	-	249.00	336.00	147.00	732.00
INSTALACION DE PERNOS PARA SOSTENIMIENTO DE ROCA	und	-	-	-	-	-	-	-
INSTALACION DE MORTERO PARA MALLA	und	-	-	-	212.00	296.00	224.00	732.00
INSTALACION DE MORTERO PARA PERAN P/SOSTENIMIENTO DE ROCA	und	-	-	-	-	-	-	-
Malla de Acero								
INSTALACION DE ANCLAJE PARA MALLA EN CORONA DE TALUD	und	-	44.00	91.00	31.00	-	-	166.00
INSTALACION DE CABLE DE ACERO P/MALLA EN CORONA DE TALUD D=12mm	und	-	88.00	50.00	6.00	-	237.17	381.17
INSTALACION DE ANCLAJE PARA MALLA EN PIE DE TALUD	und	-	-	-	-	-	33.00	33.00
INSTALACION DE CABLE DE ACERO P/MALLA EN PIE DE TALUD D=12mm	und	-	-	-	-	-	87.65	87.65
INSTALACION DE MALLA STEEL GRID HR 30 - 170 KN/M	m2	-	4,850.00	5,650.00	5,000.00	2,300.00	1,260.00	19,060.00
INSTALACION DE PRISMA E INSTRUMENTACION	und	-	-	-	-	-	8.00	8.00
PULL TEST	und	-	-	-	-	-	14.00	14.00

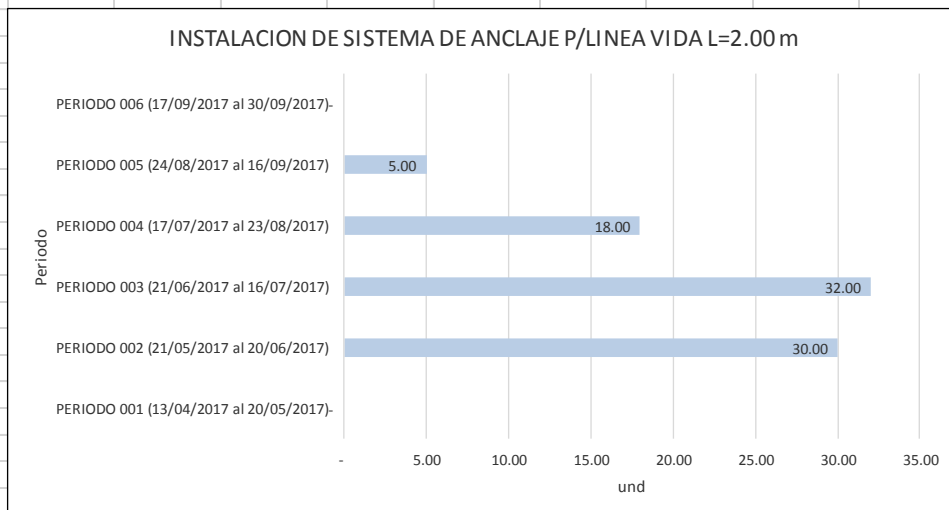
LIMPIEZA DE AREA



TRAZO Y REPLANTEO

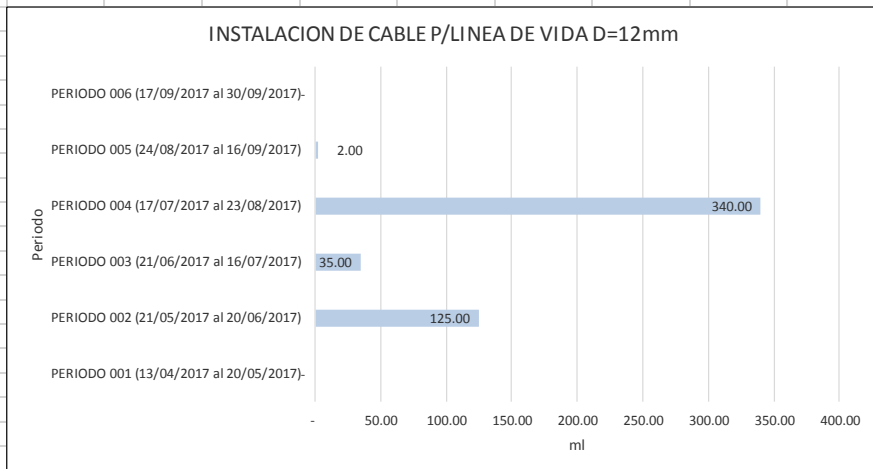


PERNOS DE LINEA DE VIDA

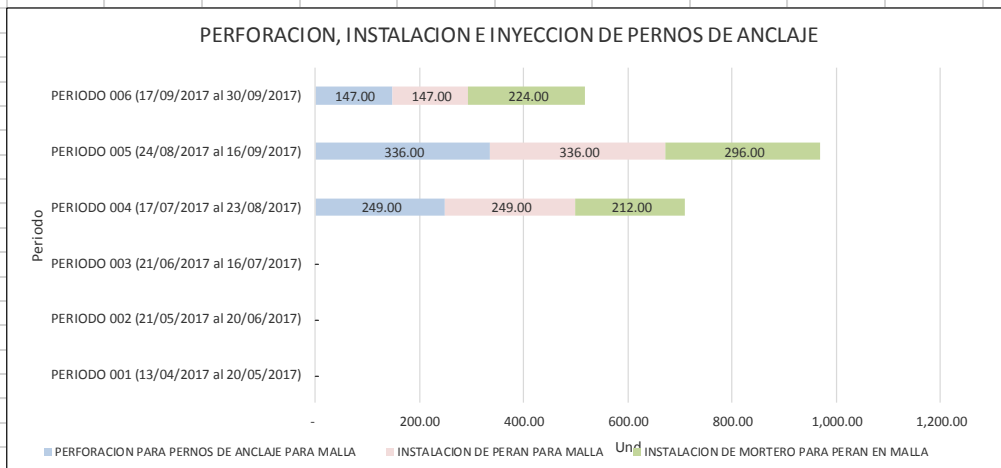


“Estudio de la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados que presentan mecanismo de falla en zona de explotación minera de la Empresa Antamina. Dracón Perú SAC”

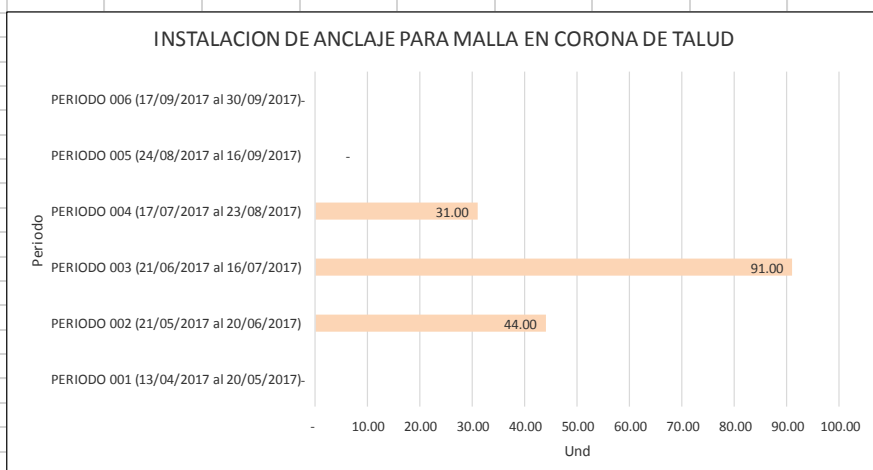
INSTALACION PARA CABLE DE LINEA DE VIDA



PERFORACION, INSTALACION E INYECCION DE PERNOS DE ANCLAJE

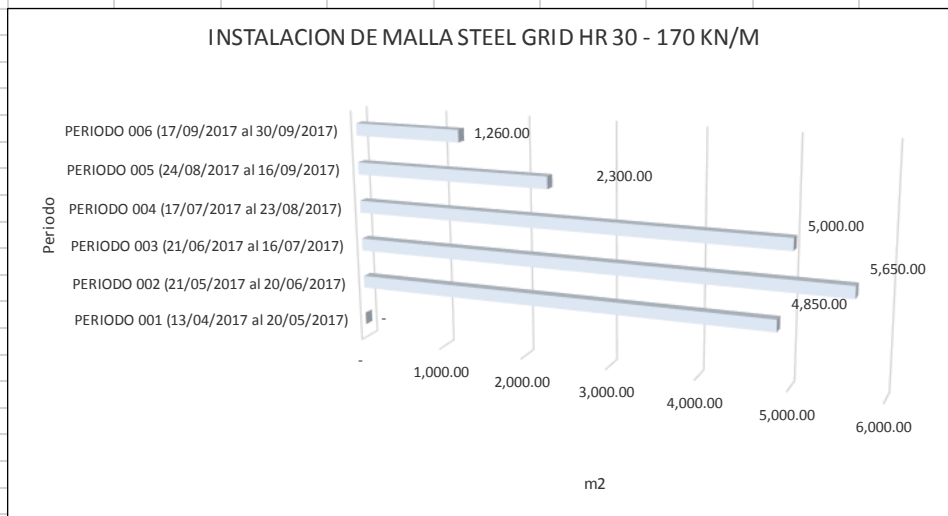


PERNOS DE CORONA

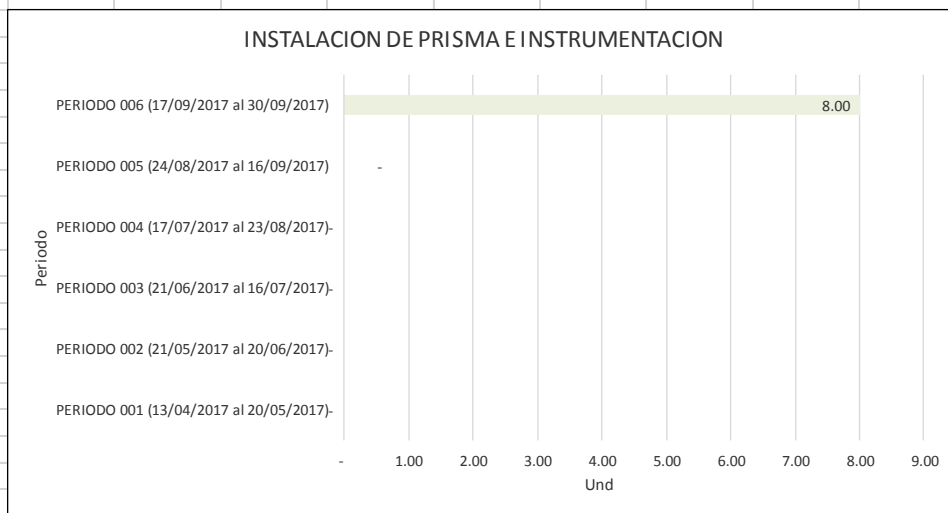


CABLE DE CORONA															
INSTALACION DE CABLE DE ACERO P/MALLA EN CORONA DE TALUD D=12mm															
Periodo	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Periodo</th> <th>Instalación (ml)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PERIODO 006 (17/09/2017 al 30/09/2017)</td> <td>237.17</td> </tr> <tr> <td>PERIODO 005 (24/08/2017 al 16/09/2017)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>PERIODO 004 (17/07/2017 al 23/08/2017)</td> <td>6.00</td> </tr> <tr> <td>PERIODO 003 (21/06/2017 al 16/07/2017)</td> <td>50.00</td> </tr> <tr> <td>PERIODO 002 (21/05/2017 al 20/06/2017)</td> <td>88.00</td> </tr> <tr> <td>PERIODO 001 (13/04/2017 al 20/05/2017)</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	Periodo	Instalación (ml)	PERIODO 006 (17/09/2017 al 30/09/2017)	237.17	PERIODO 005 (24/08/2017 al 16/09/2017)	-	PERIODO 004 (17/07/2017 al 23/08/2017)	6.00	PERIODO 003 (21/06/2017 al 16/07/2017)	50.00	PERIODO 002 (21/05/2017 al 20/06/2017)	88.00	PERIODO 001 (13/04/2017 al 20/05/2017)	-
Periodo	Instalación (ml)														
PERIODO 006 (17/09/2017 al 30/09/2017)	237.17														
PERIODO 005 (24/08/2017 al 16/09/2017)	-														
PERIODO 004 (17/07/2017 al 23/08/2017)	6.00														
PERIODO 003 (21/06/2017 al 16/07/2017)	50.00														
PERIODO 002 (21/05/2017 al 20/06/2017)	88.00														
PERIODO 001 (13/04/2017 al 20/05/2017)	-														
PIE DE TALUD															
INSTALACION DE ANCLAJE PARA MALLA EN PIE DE TALUD															
Periodo	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Periodo</th> <th>Instalación (Und)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PERIODO 006 (17/09/2017 al 30/09/2017)</td> <td>33.00</td> </tr> <tr> <td>PERIODO 005 (24/08/2017 al 16/09/2017)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>PERIODO 004 (17/07/2017 al 23/08/2017)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>PERIODO 003 (21/06/2017 al 16/07/2017)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>PERIODO 002 (21/05/2017 al 20/06/2017)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>PERIODO 001 (13/04/2017 al 20/05/2017)</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	Periodo	Instalación (Und)	PERIODO 006 (17/09/2017 al 30/09/2017)	33.00	PERIODO 005 (24/08/2017 al 16/09/2017)	-	PERIODO 004 (17/07/2017 al 23/08/2017)	-	PERIODO 003 (21/06/2017 al 16/07/2017)	-	PERIODO 002 (21/05/2017 al 20/06/2017)	-	PERIODO 001 (13/04/2017 al 20/05/2017)	-
Periodo	Instalación (Und)														
PERIODO 006 (17/09/2017 al 30/09/2017)	33.00														
PERIODO 005 (24/08/2017 al 16/09/2017)	-														
PERIODO 004 (17/07/2017 al 23/08/2017)	-														
PERIODO 003 (21/06/2017 al 16/07/2017)	-														
PERIODO 002 (21/05/2017 al 20/06/2017)	-														
PERIODO 001 (13/04/2017 al 20/05/2017)	-														
CABLE DE PIE DE TALUD															
INSTALACION DE CABLE DE ACERO P/MALLA EN PIE DE TALUD D=12mm															
Periodo	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Periodo</th> <th>Instalación (Und)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PERIODO 006 (17/09/2017 al 30/09/2017)</td> <td>87.65</td> </tr> <tr> <td>PERIODO 005 (24/08/2017 al 16/09/2017)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>PERIODO 004 (17/07/2017 al 23/08/2017)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>PERIODO 003 (21/06/2017 al 16/07/2017)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>PERIODO 002 (21/05/2017 al 20/06/2017)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>PERIODO 001 (13/04/2017 al 20/05/2017)</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	Periodo	Instalación (Und)	PERIODO 006 (17/09/2017 al 30/09/2017)	87.65	PERIODO 005 (24/08/2017 al 16/09/2017)	-	PERIODO 004 (17/07/2017 al 23/08/2017)	-	PERIODO 003 (21/06/2017 al 16/07/2017)	-	PERIODO 002 (21/05/2017 al 20/06/2017)	-	PERIODO 001 (13/04/2017 al 20/05/2017)	-
Periodo	Instalación (Und)														
PERIODO 006 (17/09/2017 al 30/09/2017)	87.65														
PERIODO 005 (24/08/2017 al 16/09/2017)	-														
PERIODO 004 (17/07/2017 al 23/08/2017)	-														
PERIODO 003 (21/06/2017 al 16/07/2017)	-														
PERIODO 002 (21/05/2017 al 20/06/2017)	-														
PERIODO 001 (13/04/2017 al 20/05/2017)	-														

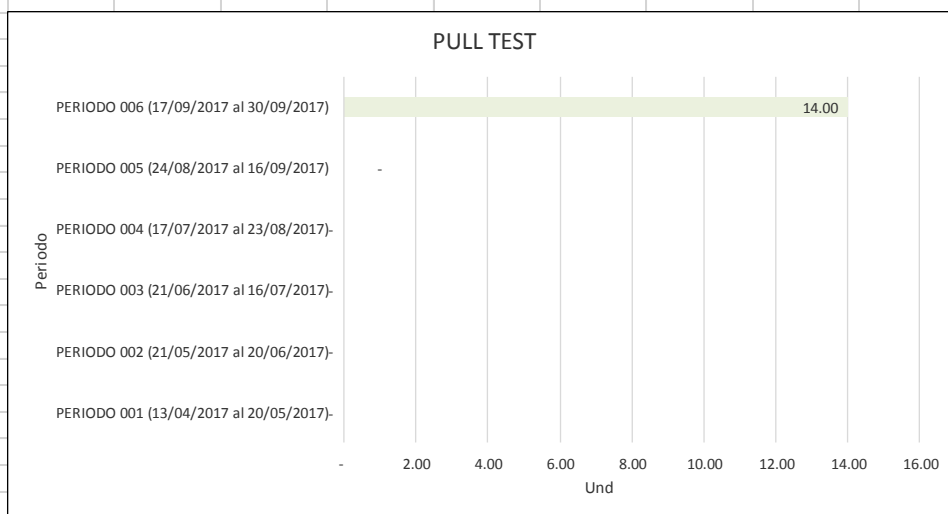
INSTALACION DE MALLA STEEL GRID



INSTALACION DE PRISMAS



PULL TEST



3.3. Resultados del objetivo específico 3

- Materializar un estudio en la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados empleando el método de equilibrio limite en la zona de explotación minera de la empresa Antamina

Este acápite tiene como fin dar a conocer los resultados de las pruebas de arranque (PULL TEST) de pernos de anclaje de 3.00 mts de longitud que están instalados en el talud de la Fase 5 norte.

El fin de las pruebas tiene por finalidad determinar la performance de los anclajes instalados para el sostenimiento de la malla Stell Grid.

Los resultados obtenidos mediante el método J-MEF en el análisis de los taludes del tajo abierto, utilizado como ejemplo de aplicación, mostraron que, en el análisis de estabilidad a nivel de bancos, las discontinuidades son más influyentes que las propiedades de la roca intacta, y la rotura está controlada por los sistemas de discontinuidades debido a que su espaciamiento y persistencia son del mismo orden de magnitud que las dimensiones del talud.

Al incrementar la profundidad de la excavación se desarrollan mecanismos de rotura compuestos, se producen roturas producto de la combinación entre el deslizamiento a través de los planos de discontinuidades y la rotura por corte a través de los bloques de roca intacta. Mayores profundidades de excavación, hasta los taludes finales del tajo abierto, pueden producir roturas globales, que se desarrollan rompiendo el macizo rocoso. En este caso, debido a que el espaciamiento y persistencia de las discontinuidades son de magnitud muy pequeña con respecto a la altura del talud, el macizo rocoso se comportaría como un medio continuo, produciéndose la rotura similar a la que se produce en los suelos.

En la tabla adjunta se muestra detalles de pernos ensayados.

Tabla 6

Resultados de las pruebas de arranque (PULL TEST)

CÓDIGO	TIPO DE ANCLAJE	DIAMETRO (mm)	LONGITUD (m)
B2-2-5	Helicoidal	25.00	3.00
B1-1-6	Helicoidal	25.00	3.00
B1-16-2	Helicoidal	25.00	3.00
B1-12-3	Helicoidal	25.00	3.00
B2-7-3	Helicoidal	25.00	3.00
B2-12-3	Helicoidal	25.00	3.00
B2-8-3	Helicoidal	25.00	3.00
B4-8-4	Helicoidal	25.00	3.00
B5-7-3	Helicoidal	25.00	3.00
B3-10-6	Helicoidal	25.00	3.00
B5-2-4	Helicoidal	25.00	3.00
B3-2-6	Helicoidal	25.00	3.00
B3-3-5	Helicoidal	25.00	3.00
B4-4-3	Helicoidal	25.00	3.00

Las pruebas de arranque (Pull Test) se realizan para verificar la calidad de acero y capacidad de soporte de los pernos BAHE A615¹-G75² D=25 mm L=3.00 mts. instalados en la Fase 5.

Dichas pruebas se realizaron previa coordinación con supervisor de Antamina y se efectuaron del 23 al 27 de setiembre del 2015, donde estuvieron por parte del tesista.

Objetivos.

- Comprobar si los pernos instalados por Dracón Perú SAC cumple con el estándar de capacidad de soporte según estudio previo.
- Capacitar al personal en la utilización e instalación de pernos de fricción.
- Recabar la información de las pruebas, realizadas con el equipo de Pull Test marca ENERPAC.

Procedimiento.

- Se inicia seleccionando el perno que se va a realizar el ensayo.
- Este debe de estar en un terreno que no presente un fuerte fracturamiento ya que al momento de realizar el ensayo se podría tener valores poco representativos o que induzcan al error.
- Luego se procede a colocar la placa que servirá como base del castillo de equipo de pull Test3.
- Una vez colocado y nivelado el castillo del equipo se procede a colocar el pistón perno extractor, asegurándolo con la tuerca trialeta, seguidamente se instala la bomba para iniciar el ensayo
- El ensayo propiamente se inicia con una carga de trabajo de 2.00 Tn, la cual es llevada hasta 25.00 tn. y se va tomando el desplazamiento en cada punto de carga sometida.
- Una vez realizado las diferente mediciones en las diferentes cargas ensayadas se procede a despresurizar la bomba y retirar el equipo de pull test del perno ensayado.

Barra Helicoidal

Norma Técnica.

La composición Química y propiedades mecánicas según norma ASTM A615 grado 75.

Propiedades mecánicas.

Según norma ASTM A615 grado 75.

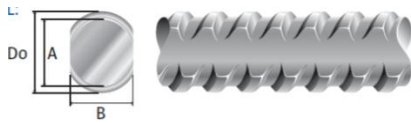
Límite de Fluencia, min. (kg/cm²) = 5,270

Resistencia a la tracción, mín. (kg/cm²) = 7,030

Alargamiento en 2000 mm (%) = 7

Dimensiones.

En el siguiente grafico se muestran las dimensiones de la barra helicoidal.



DIÁMETRO NOMINAL	DIÁMETRO EXTERIOR, mm	NÚCLEO, (mm)		CARGA MÍNIMA según ASTM A615		PESO NOMINAL (*) Kg/m
		Mayor	Menor	Fluencia	Tracción	
		DO	A	B	Lbs (KN)	
22	24.6	21.4	20.6	45,000 [200]	60,000 [270]	2.85
25	27.9	24.4	23	59,300 [263]	79,000 [350]	3.85

PERNO DE FIJACIÓN

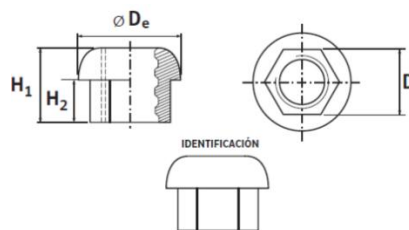
Normas Técnicas.

ASTM A536 – Grado 65 – 45 – 12 (tuerca fabricada de fundición nodular).

ASTM A194 Grado 7 (tuerca fabricada de acero)

Dimensiones.

En el siguiente grafico se muestran las dimensiones de la tuerca.



DIÁMETRO NOMINAL	NORMA DE FABRICACIÓN	DIMENSIONES (mm)				PESO UNITARIO (gr)
		Diámetro Exterior (De)	Altura Total (H1)	Altura de Vástago (H2)	Distancia entre caras (D)	
		DO	A	B	Lbs (KN)	
22	ASTM A194	49.3	41.3	25.0	34.9	226
	ASTM A536	49.0	37.0	21.0	32.0	226
25	ASTM A194	55.1	44.5	28.0	38.1	325

Placa de fijación

Normas técnicas.

ASTM A36/A36M

Composición Química.

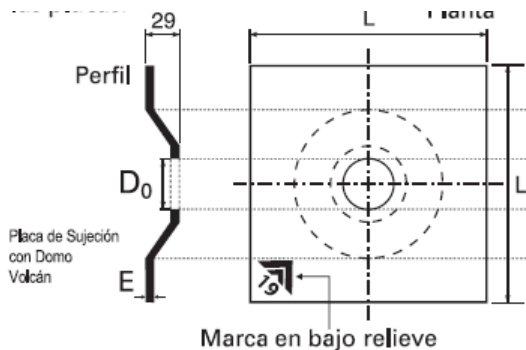
C: 0.26 % S: 0.050 % máx.

C: 0.040 % S: 0.040 % máx

Dimensiones.

En el siguiente diagrama se indican la dimensión de la placa.

Diámetro nominal del perno de fortificación (mm)	DIMENSIONES (mm)			
	Espesor (E)	Tipo	Diámetro de Orificio (Do)	Lado(L)
25	4.5+/-0.45	Normal y Volcán	44.0+/-1.0	200+/-5.0



Prueba de Pull Test.

Características Generales

Ubicación: Antamina

Lugar: Talud fase 5

Realizado por: DRACÓN PERÚ SAC

Supervisado por: Antamina – Geotecnia

DE PERNOS ENSAYADOS

Tabla 7

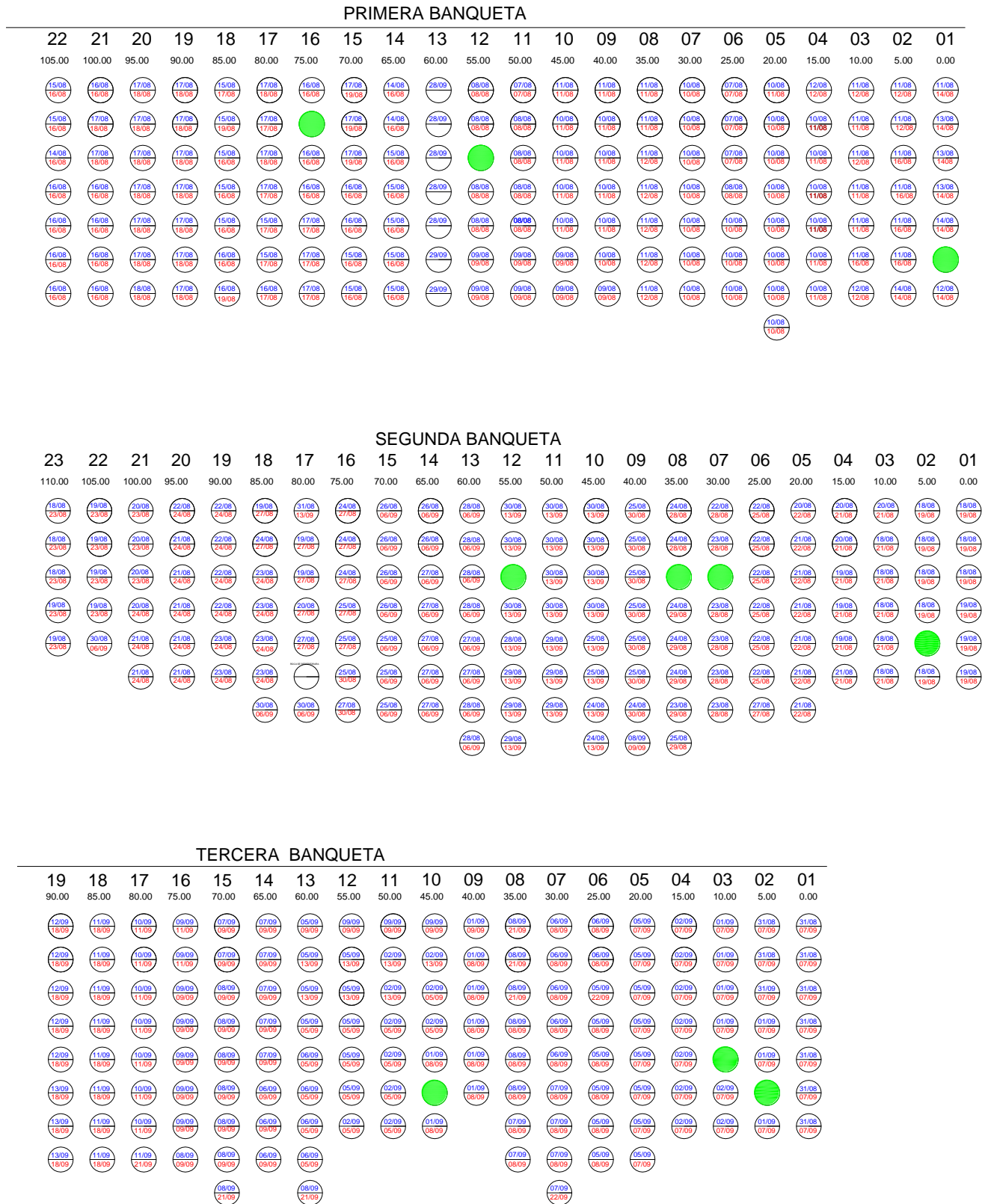
Pernos Ensayados

ENSAYOS ARRANQUE (PULL TEST)									
CARGA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	4.02	0.74	1.43	1.45	3.28	0.52	1.49	1.02	0.59
5.00	6.54	2.08	1.56	1.80	4.18	0.76	2.35	1.58	0.99
7.50	6.85	2.22	1.58	1.88	4.58	0.95	3.45	2.10	1.05
10.00	6.96	2.26	1.62	1.93	4.65	1.00	3.51	2.16	1.07
12.50	7.03	2.31	1.68	1.95	4.68	1.03	3.55	2.21	1.09
15.00	7.06	2.34	1.73	1.95	4.70	1.05	3.57	2.24	1.11
17.50	7.07	2.37	1.74	1.97	4.71	1.07	3.60	2.25	1.13
20.00	7.09	2.39	1.76	1.97	4.73	1.08	3.63	2.28	1.16

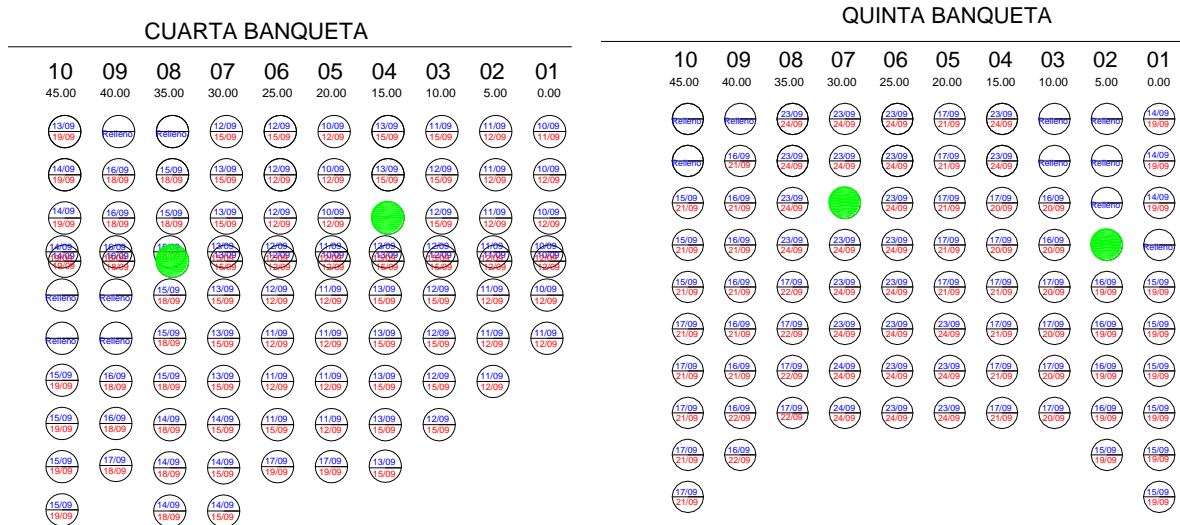
ENSAYOS ARRANQUE (PULL TEST)					
10	11	12	13	14	15
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	1.25	0.57	0.97	0.99	0.95
5.00	1.54	0.62	1.21	1.04	1.31
7.50	1.63	0.66	1.33	1.10	1.39
10.00	1.71	0.70	1.40	1.13	1.46
12.50	1.76	0.73	1.42	1.16	1.48
15.00	1.78	0.75	1.44	1.18	1.52
17.50	1.81	0.77	1.47	1.18	1.54
20.00	1.82	0.78	1.50	1.21	1.58
22.50	1.82	0.79	1.52	1.23	1.60
25.00	1.83	0.79	1.53	1.24	1.61

“Estudio de la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados que presentan mecanismo de falla en zona de explotación minera de la Empresa Antamina. Dragón Perú SAC”

DISTRIBUCIÓN



“Estudio de la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados que presentan mecanismo de falla en zona de explotación minera de la Empresa Antamina. Dragón Perú SAC”



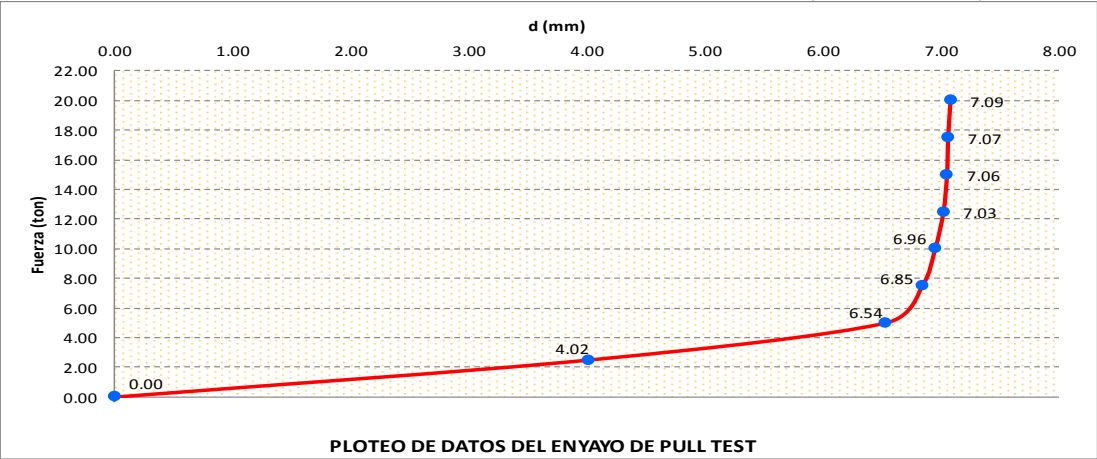


Resultados.



En los siguientes cuadros se muestra los resultados obtenidos en los 14 ensayos así como la curva de desplazamiento.

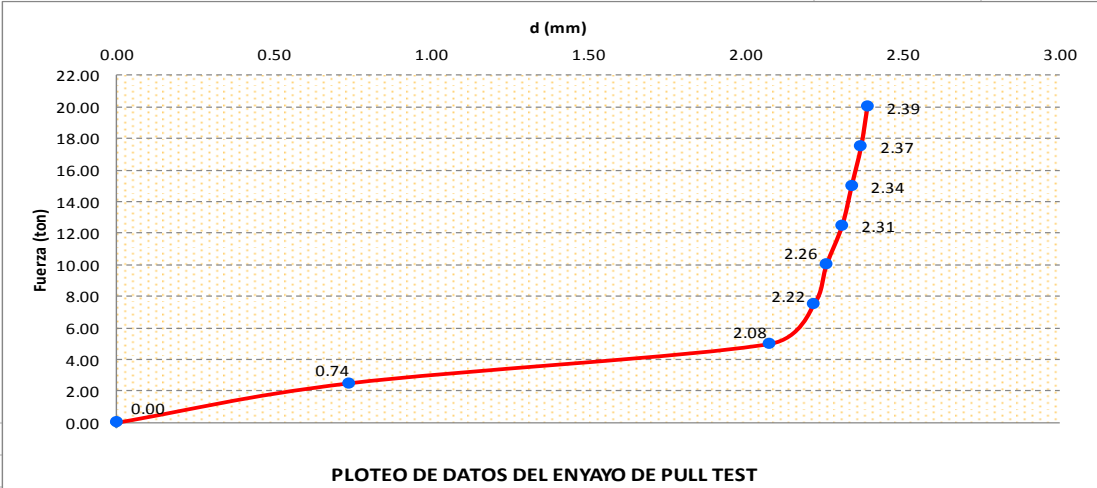
Tabla 8

Resultados de los 14 ensayos así como la curva de desplazamiento.

		REGISTRO DE PULL TEST					
PROYECTO: SERVICIO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MALLA DE ACERO Y PERFORACIÓN DE ANCLAJES					MOB0515-QA-RC-001		
EQUIPO DE TENSADO		UBICACIÓN: RAMPA FASE 5 - ANTAMINA			DATOS DEL ANCLAJE (m)		
BOMBA HIDRAULICA:	ENERPAC	COD. DE PERNOS:		B2-2-5	LONG. TOTAL	3.00	
MANOMETRO:	ENERPAC	FECHA PERF. E INSTALACION:		11/08/2017	LONG. EXTERNA	0.25	
ALTURA GATA (m):	0.17	FECHA DE INYECCION:		16/08/2017	LONG. ANCLADA	2.75	
CARGA DE TRABAJO (Ton)		25	TIPO DE ENSAYO:	TRACCIÓN	DIAMETRO DE PERNO \varnothing 25 mm		
CARGA DE ENSAYO (Ton)		20	FECHA DE ENSAYO:	24/09/2017	CORRELATIVO : MAC - EPT - 001		
HORA	INTERVALO TIEMPO (min)	PRESION MANOMETRO (PSI)	CARGA (ton)	DESPLAZAMIENTO DE PERNO HELICOIDAL			
				LECTURA (mm)	DP (mm)	TOTAL (mm)	
09:30:00	00:00:00	25.19	0.00	11.25	0.00	0.00	
09:33:00	00:03:00	289.88	2.50	15.27	4.02	4.02	
09:36:00	00:03:00	554.72	5.00	17.79	2.52	6.54	
09:39:00	00:03:00	819.70	7.50	18.10	0.31	6.85	
09:42:00	00:03:00	1084.84	10.00	18.21	0.11	6.96	
09:45:00	00:03:00	1350.12	12.50	18.28	0.07	7.03	
09:48:00	00:03:00	1615.55	15.00	18.31	0.03	7.06	
09:51:00	00:03:00	1881.13	17.50	18.32	0.01	7.07	
09:54:00	00:03:00	2146.85	20.00	18.34	0.02	7.09	
 <p style="text-align: center;">PLOTEO DE DATOS DEL ENYAYO DE PULL TEST</p>							
OBSERVACIONES:							
REGISTRO		SUP. PRODUCCIÓN		SUPERVISOR DE CALIDAD		SUPERVISOR ANTAMINA	
Firma							
Nombre							
Fecha (dd/mm/aa)							

“Estudio de la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados que presentan mecanismo de falla en zona de explotación minera de la Empresa Antamina. Dragón Perú SAC”



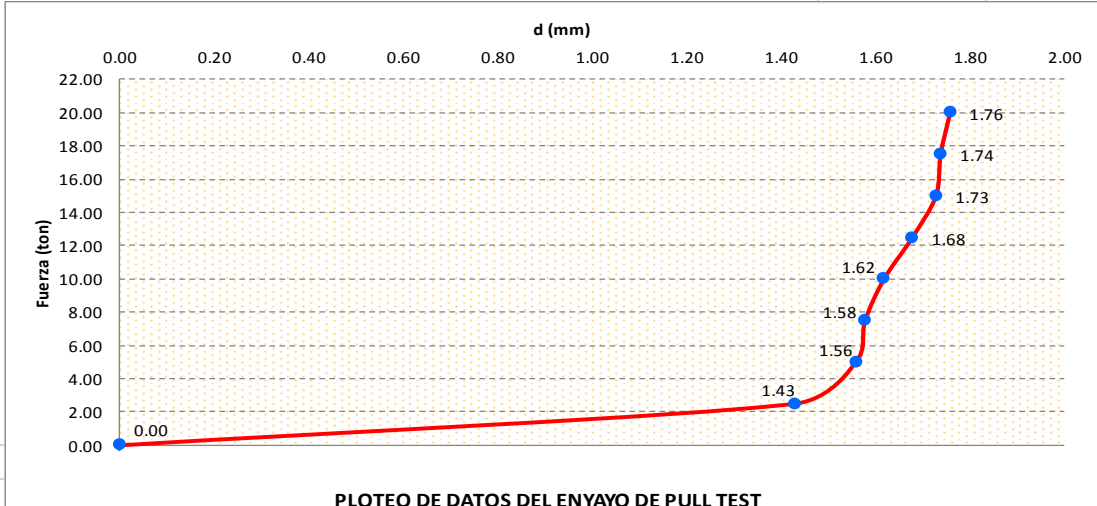
		REGISTRO DE PULL TEST				
PROYECTO: SERVICIO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MALLA DE ACERO Y PERFORACIÓN DE ANCLAJES				MOB0515-QA-RC-001		
EQUIPO DE TENSADO		UBICACIÓN: RANPA FASE 5 - ANTAMINA		DATOS DEL ANCLAJE (m)		
BOMBA HIDRAULICA:	ENERPAC	COD. DE PERNOS:	B1-1-6	LONG. TOTAL	3.00	
MANOMETRO:	ENERPAC	FECHA PERF. E INSTALACION:	14/08/2017	LONG. EXTERNA	0.25	
ALTURA GATA (m):	0.17	FECHA DE INYECCION:	14/08/2017	LONG. ANCLADA	2.75	
CARGA DE TRABAJO (Ton)	25	TIPO DE ENSAYO:	TRACCIÓN	DIAMETRO DE PERNO Ø 25 mm		
CARGA DE ENSAYO (Ton)	20	FECHA DE ENSAYO:	24/09/2017	CORRELATIVO : MAC - EPT - 002		
HORA	INTERVALO TIEMPO (min)	PRESION MANOMETRO (PSI)	CARGA (ton)	DESPLAZAMIENTO DE PERNO HELICOIDAL		
				LECTURA (mm)	DP (mm)	TOTAL (mm)
09:30:00	00:00:00	25.19	0.00	12.90	0.00	0.00
09:33:00	00:03:00	289.88	2.50	13.64	0.74	0.74
09:36:00	00:03:00	554.72	5.00	14.98	1.34	2.08
09:39:00	00:03:00	819.70	7.50	15.12	0.14	2.22
09:42:00	00:03:00	1084.84	10.00	15.16	0.04	2.26
09:45:00	00:03:00	1350.12	12.50	15.21	0.05	2.31
09:48:00	00:03:00	1615.55	15.00	15.24	0.03	2.34
09:51:00	00:03:00	1881.13	17.50	15.27	0.03	2.37
09:54:00	00:03:00	2146.85	20.00	15.29	0.02	2.39





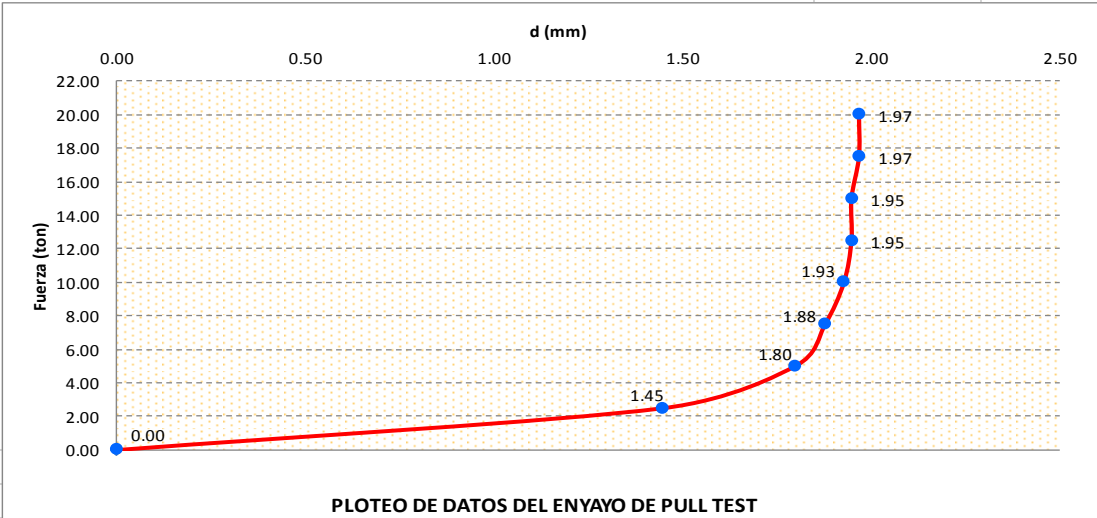
PLOTEO DE DATOS DEL ENSAYO DE PULL TEST

OBSERVACIONES:			
REGISTRO	SUP. PRODUCCIÓN	SUPERVISOR DE CALIDAD	SUPERVISOR ANTAMINA
Firma			
Nombre			
Fecha (dd/mm/aa)			



“Estudio de la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados que presentan mecanismo de falla en zona de explotación minera de la Empresa Antamina. Dragón Perú SAC”

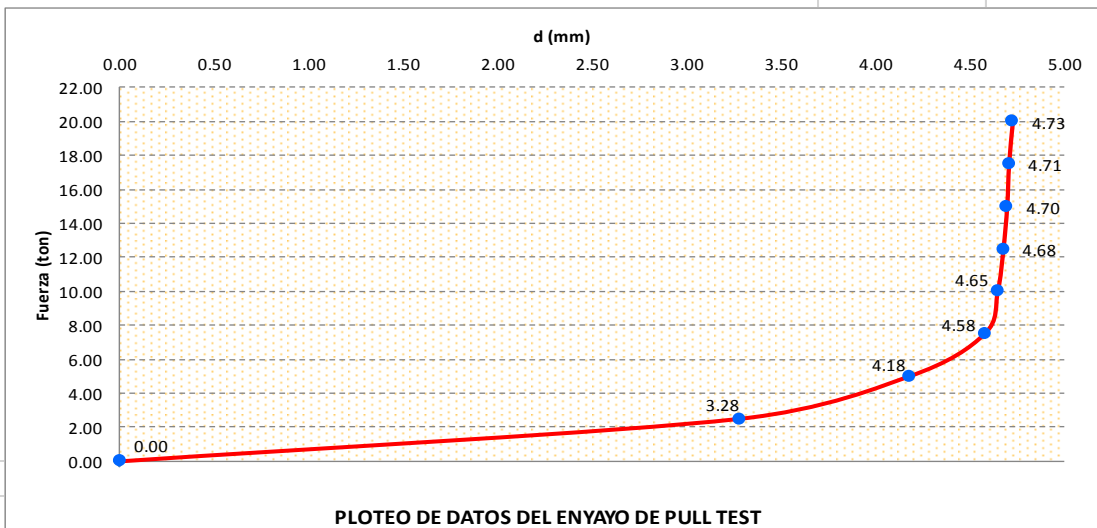
		REGISTRO DE PULL TEST				
PROYECTO: SERVICIO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MALLA DE ACERO Y PERFORACIÓN DE ANCLAJES				MOB0515-QA-RC-001		
EQUIPO DE TENSADO		UBICACIÓN: RAMPA FASE 5 - ANTAMINA		DATOS DEL ANCLAJE (m)		
BOMBA HIDRAULICA:	ENERPAC	COD. DE PERNOS:	B1-16-2	LONG. TOTAL	3.00	
MANOMETRO:	ENERPAC	FECHA PERF. E INSTALACION:	16/08/2017	LONG. EXTERNA	0.25	
ALTURA GATA (m):	0.17	FECHA DE INYECCION:	16/08/2017	LONG. ANCLADA	2.75	
CARGA DE TRABAJO (Ton)	25	TIPO DE ENSAYO:	TRACCIÓN	DIAMETRO DE PERNO \varnothing 25 mm		
CARGA DE ENSAYO (Ton)	20	FECHA DE ENSAYO:	24/09/2017	CORRELATIVO : MAC - EPT - 003		
HORA	INTERVALO TIEMPO (min)	PRESION MANOMETRO (PSI)	CARGA (ton)	DESPLAZAMIENTO DE PERNO HELICOIDAL		
				LECTURA (mm)	DP (mm)	TOTAL (mm)
09:30:00	00:00:00	25.19	0.00	12.22	0.00	0.00
09:33:00	00:03:00	289.88	2.50	13.65	1.43	1.43
09:36:00	00:03:00	554.72	5.00	13.78	0.13	1.56
09:39:00	00:03:00	819.70	7.50	13.80	0.02	1.58
09:42:00	00:03:00	1084.84	10.00	13.84	0.04	1.62
09:45:00	00:03:00	1350.12	12.50	13.90	0.06	1.68
09:48:00	00:03:00	1615.55	15.00	13.95	0.05	1.73
09:51:00	00:03:00	1881.13	17.50	13.96	0.01	1.74
09:54:00	00:03:00	2146.85	20.00	13.98	0.02	1.76
 <p align="center">PLOTEO DE DATOS DEL ENYAYO DE PULL TEST</p>						
OBSERVACIONES:						
REGISTRO	SUP. PRODUCCIÓN	SUPERVISOR DE CALIDAD		SUPERVISOR ANTAMINA		
Firma						
Nombre						
Fecha (dd/mm/aa)						

“Estudio de la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados que presentan mecanismo de falla en zona de explotación minera de la Empresa Antamina. Dragón Perú SAC”

		REGISTRO DE PULL TEST				
PROYECTO: SERVICIO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MALLA DE ACERO Y PERFORACIÓN DE ANCLAJES				MOB0515-QA-RC-001		
EQUIPO DE TENSADO		UBICACIÓN: RAMPA FASE 5 - ANTIMINA		DATOS DEL ANCLAJE (m)		
BOMBA HIDRAULICA:	ENERPAC	COD. DE PERNOS:	B1-12-3	LONG. TOTAL	3.00	
MANOMETRO:	ENERPAC	FECHA PERF. E INSTALACION:	08/08/2017	LONG. EXTERNA	0.25	
ALTURA GATA (m):	0.17	FECHA DE INYECCION:	08/08/2017	LONG. ANCLADA	2.75	
CARGA DE TRABAJO (Ton)	25	TIPO DE ENSAYO:	TRACCIÓN	DIAMETRO DE PERNO \varnothing 25 mm		
CARGA DE ENSAYO (Ton)	20	FECHA DE ENSAYO:	26/09/2017	CORRELATIVO : MAC - EPT - 004		
HORA	INTERVALO TIEMPO (min)	PRESION MANOMETRO (PSI)	CARGA (ton)	DESPLAZAMIENTO DE PERNO HELICOIDAL		
				LECTURA (mm)	DP (mm)	TOTAL (mm)
09:30:00	00:00:00	25.19	0.00	12.76	0.00	0.00
09:33:00	00:03:00	289.88	2.50	14.21	1.45	1.45
09:36:00	00:03:00	554.72	5.00	14.56	0.35	1.80
09:39:00	00:03:00	819.70	7.50	14.64	0.08	1.88
09:42:00	00:03:00	1084.84	10.00	14.69	0.05	1.93
09:45:00	00:03:00	1350.12	12.50	14.71	0.02	1.95
09:48:00	00:03:00	1615.55	15.00	14.71	0.00	1.95
09:51:00	00:03:00	1881.13	17.50	14.73	0.02	1.97
09:54:00	00:03:00	2146.85	20.00	14.73	0.00	1.97
 <p style="text-align: center;">PLOTEO DE DATOS DEL ENSAYO DE PULL TEST</p>						
OBSERVACIONES:						
REGISTRO	SUP. PRODUCCIÓN		SUPERVISOR DE CALIDAD		SUPERVISOR ANTIMINA	
Firma						
Nombre						
Fecha (dd/mm/aa)						

“Estudio de la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados que presentan mecanismo de falla en zona de explotación minera de la Empresa Antamina. Dragón Perú SAC”



		REGISTRO DE PULL TEST				
PROYECTO: SERVICIO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MALLA DE ACERO Y PERFORACIÓN DE ANCLAJES				MOB0515-QA-RC-001		
EQUIPO DE TENSADO		UBICACIÓN: RAMPA FASE 5 - ANTIMINA		DATOS DEL ANCLAJE (m)		
BOMBA HIDRAULICA:	ENERPAC	COD. DE PERNOS:	B2-7-3	LONG. TOTAL	3.00	
MANOMETRO:	ENERPAC	FECHA PERF. E INSTALACION:	23/08/2017	LONG. EXTERNA	0.25	
ALTURA GATA (m):	0.17	FECHA DE INYECCION:	28/08/2017	LONG. ANCLADA	2.75	
CARGA DE TRABAJO (Ton)	25	TIPO DE ENSAYO:	TRACCIÓN	DIAMETRO DE PERNO \varnothing 25 mm		
CARGA DE ENSAYO (Ton)	20	FECHA DE ENSAYO:	26/09/2017	CORRELATIVO : MAC - EPT - 005		
HORA	INTERVALO TIEMPO (min)	PRESION MANOMETRO (PSI)	CARGA (ton)	DESPLAZAMIENTO DE PERNO HELICOIDAL		
				LECTURA (mm)	DP (mm)	TOTAL (mm)
09:30:00	00:00:00	25.19	0.00	9.93	0.00	0.00
09:33:00	00:03:00	289.88	2.50	13.21	3.28	3.28
09:36:00	00:03:00	554.72	5.00	14.11	0.90	4.18
09:39:00	00:03:00	819.70	7.50	14.51	0.40	4.58
09:42:00	00:03:00	1084.84	10.00	14.58	0.07	4.65
09:45:00	00:03:00	1350.12	12.50	14.61	0.03	4.68
09:48:00	00:03:00	1615.55	15.00	14.63	0.02	4.70
09:51:00	00:03:00	1881.13	17.50	14.64	0.01	4.71
09:54:00	00:03:00	2146.85	20.00	14.66	0.02	4.73

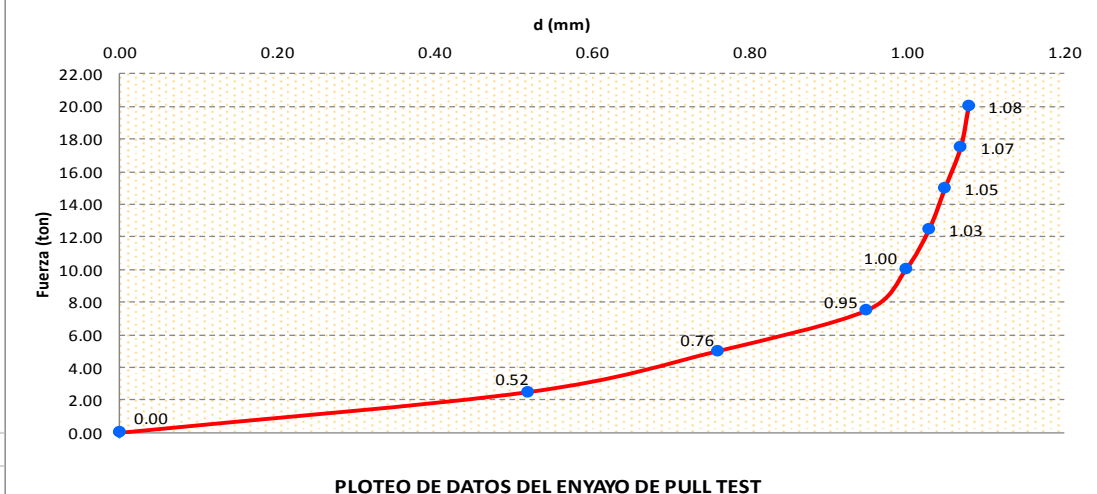


PLOTEO DE DATOS DEL ENYAYO DE PULL TEST

OBSERVACIONES:			
REGISTRO	SUP. PRODUCCIÓN	SUPERVISOR DE CALIDAD	SUPERVISOR ANTIMINA
Firma			
Nombre			
Fecha (dd/mm/aa)			

“Estudio de la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados que presentan mecanismo de falla en zona de explotación minera de la Empresa Antamina. Dragón Perú SAC”



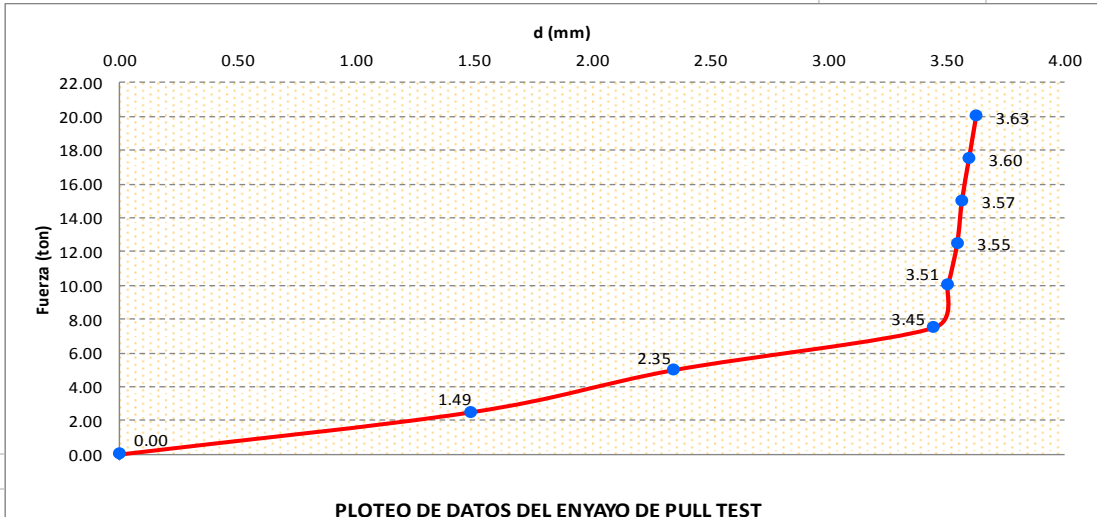
		REGISTRO DE PULL TEST				
PROYECTO: SERVICIO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MALLA DE ACERO Y PERFORACIÓN DE ANCLAJES				MOB0515-QA-RC-001		
EQUIPO DE TENSADO		UBICACIÓN: RAMPA FASE 5 - ANTAMINA		DATOS DEL ANCLAJE (m)		
BOMBA HIDRAULICA:	ENERPAC	COD. DE PERNOS:	B2-12-3	LONG. TOTAL	3.00	
MANOMETRO:	ENERPAC	FECHA PERF. E INSTALACION:	28/08/2017	LONG. EXTERNA	0.25	
ALTURA GATA (m):	0.17	FECHA DE INYECCION:	05/09/2017	LONG. ANCLADA	2.75	
CARGA DE TRABAJO (Ton)	25	TIPO DE ENSAYO:	TRACCIÓN	DIAMETRO DE PERNO \varnothing 25 mm		
CARGA DE ENSAYO (Ton)	20	FECHA DE ENSAYO:	28/09/2017	CORRELATIVO : MAC - EPT - 006		
HORA	INTERVALO TIEMPO (min)	PRESION MANOMETRO (PSI)	CARGA (ton)	DESPLAZAMIENTO DE PERNO HELICOIDAL		
				LECTURA (mm)	DP (mm)	TOTAL (mm)
09:30:00	00:00:00	25.19	0.00	10.21	0.00	0.00
09:33:00	00:03:00	289.88	2.50	10.73	0.52	0.52
09:36:00	00:03:00	554.72	5.00	10.97	0.24	0.76
09:39:00	00:03:00	819.70	7.50	11.16	0.19	0.95
09:42:00	00:03:00	1084.84	10.00	11.21	0.05	1.00
09:45:00	00:03:00	1350.12	12.50	11.24	0.03	1.03
09:48:00	00:03:00	1615.55	15.00	11.26	0.02	1.05
09:51:00	00:03:00	1881.13	17.50	11.28	0.02	1.07
09:54:00	00:03:00	2146.85	20.00	11.29	0.01	1.08





PLOTEO DE DATOS DEL ENYAYO DE PULL TEST

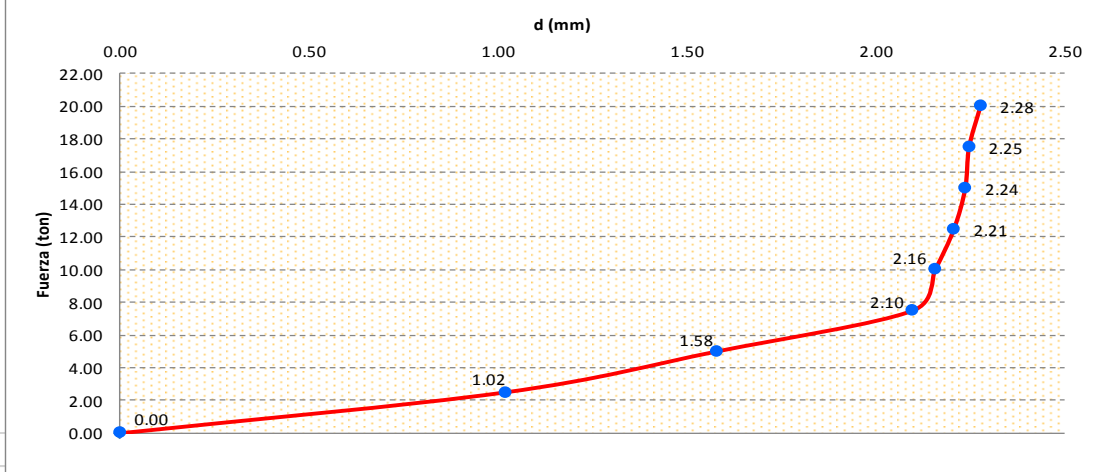
OBSERVACIONES:			
REGISTRO	SUP. PRODUCCIÓN	SUPERVISOR DE CALIDAD	SUPERVISOR ANTAMINA
Firma			
Nombre			
Fecha (dd/mm/aa)			

“Estudio de la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados que presentan mecanismo de falla en zona de explotación minera de la Empresa Antamina. Dragón Perú SAC”

		REGISTRO DE PULL TEST				
PROYECTO: SERVICIO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MALLA DE ACERO Y PERFORACIÓN DE ANCLAJES				MOB0515-QA-RC-001		
EQUIPO DE TENSADO		UBICACIÓN: RAMPA FASE 5 - ANTAMINA		DATOS DEL ANCLAJE (m)		
BOMBA HIDRAULICA:	ENERPAC	COD. DE PERNOS:	B2-8-3	LONG. TOTAL	3.00	
MANOMETRO:	ENERPAC	FECHA PERF. E INSTALACION:	24/08/2017	LONG. EXTERNA	0.25	
ALTURA GATA (m):	0.17	FECHA DE INYECCION:	29/08/2017	LONG. ANCLADA	2.75	
CARGA DE TRABAJO (Ton)	25	TIPO DE ENSAYO:	TRACCIÓN	DIAMETRO DE PERNO \varnothing 25 mm		
CARGA DE ENSAYO (Ton)	20	FECHA DE ENSAYO:	28/09/2017	CORRELATIVO : MAC - EPT - 007		
HORA	INTERVALO TIEMPO (min)	PRESION MANOMETRO (PSI)	CARGA (ton)	DESPLAZAMIENTO DE PERNO HELICOIDAL		
				LECTURA (mm)	DP (mm)	TOTAL (mm)
09:30:00	00:00:00	25.19	0.00	9.30	0.00	0.00
09:33:00	00:03:00	289.88	2.50	10.79	1.49	1.49
09:36:00	00:03:00	554.72	5.00	11.65	0.86	2.35
09:39:00	00:03:00	819.70	7.50	12.75	1.10	3.45
09:42:00	00:03:00	1084.84	10.00	12.81	0.06	3.51
09:45:00	00:03:00	1350.12	12.50	12.85	0.04	3.55
09:48:00	00:03:00	1615.55	15.00	12.87	0.02	3.57
09:51:00	00:03:00	1881.13	17.50	12.90	0.03	3.60
09:54:00	00:03:00	2146.85	20.00	12.93	0.03	3.63
 <p style="text-align: center;">PLOTEO DE DATOS DEL ENYAYO DE PULL TEST</p>						
OBSERVACIONES:						
REGISTRO	SUP. PRODUCCIÓN		SUPERVISOR DE CALIDAD		SUPERVISOR ANTAMINA	
Firma						
Nombre						
Fecha (dd/mm/aa)						

“Estudio de la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados que presentan mecanismo de falla en zona de explotación minera de la Empresa Antamina. Dragón Perú SAC”



		REGISTRO DE PULL TEST				
PROYECTO: SERVICIO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MALLA DE ACERO Y PERFORACIÓN DE ANCLAJES				MOB0515-QA-RC-001		
EQUIPO DE TENSADO		UBICACIÓN: RAMPA FASE 5 - ANTAMINA		DATOS DEL ANCLAJE (m)		
BOMBA HIDRAULICA:	ENERPAC	COD. DE PERNOS:	B4-8-4	LONG. TOTAL	3.00	
MANOMETRO:	ENERPAC	FECHA PERF. E INSTALACION:	15/09/2017	LONG. EXTERNA	0.25	
ALTURA GATA (m):	0.17	FECHA DE INYECCION:	18/09/2017	LONG. ANCLADA	2.75	
CARGA DE TRABAJO (Ton)	25	TIPO DE ENSAYO:	TRACCIÓN	DIAMETRO DE PERNO \varnothing 25 mm		
CARGA DE ENSAYO (Ton)	20	FECHA DE ENSAYO:	28/09/2017	CORRELATIVO : MAC - EPT - 008		
HORA	INTERVALO TIEMPO (min)	PRESION MANOMETRO (PSI)	CARGA (ton)	DESPLAZAMIENTO DE PERNO HELICOIDAL		
				LECTURA (mm)	DP (mm)	TOTAL (mm)
09:30:00	00:00:00	25.19	0.00	11.21	0.00	0.00
09:33:00	00:03:00	289.88	2.50	12.23	1.02	1.02
09:36:00	00:03:00	554.72	5.00	12.79	0.56	1.58
09:39:00	00:03:00	819.70	7.50	13.31	0.52	2.10
09:42:00	00:03:00	1084.84	10.00	13.37	0.06	2.16
09:45:00	00:03:00	1350.12	12.50	13.42	0.05	2.21
09:48:00	00:03:00	1615.55	15.00	13.45	0.03	2.24
09:51:00	00:03:00	1881.13	17.50	13.46	0.01	2.25
09:54:00	00:03:00	2146.85	20.00	13.49	0.03	2.28

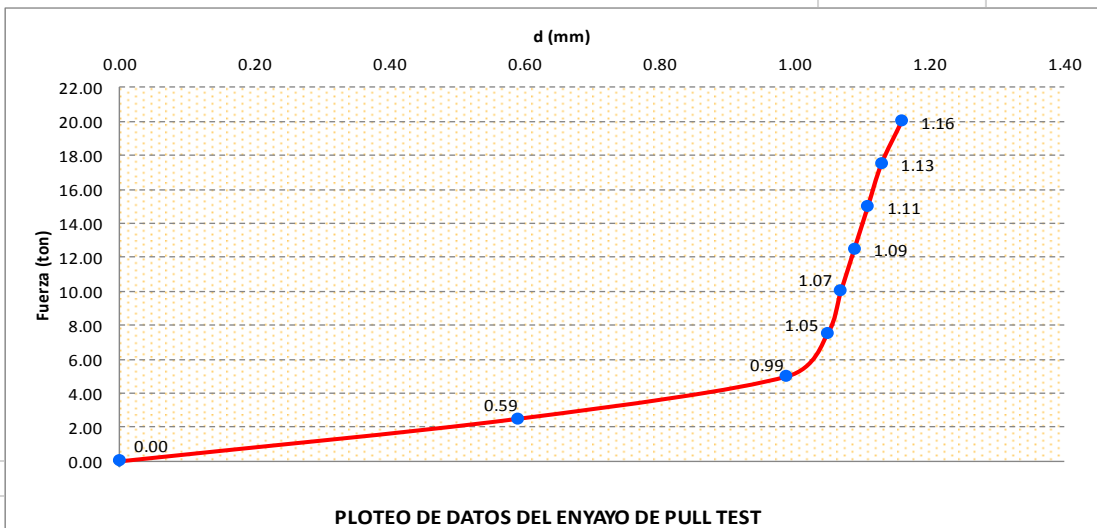


PLOTEO DE DATOS DEL ENYAYO DE PULL TEST

OBSERVACIONES:			
REGISTRO	SUP. PRODUCCIÓN	SUPERVISOR DE CALIDAD	SUPERVISOR ANTAMINA
Firma			
Nombre			
Fecha (dd/mm/aa)			

“Estudio de la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados que presentan mecanismo de falla en zona de explotación minera de la Empresa Antamina. Dragón Perú SAC”



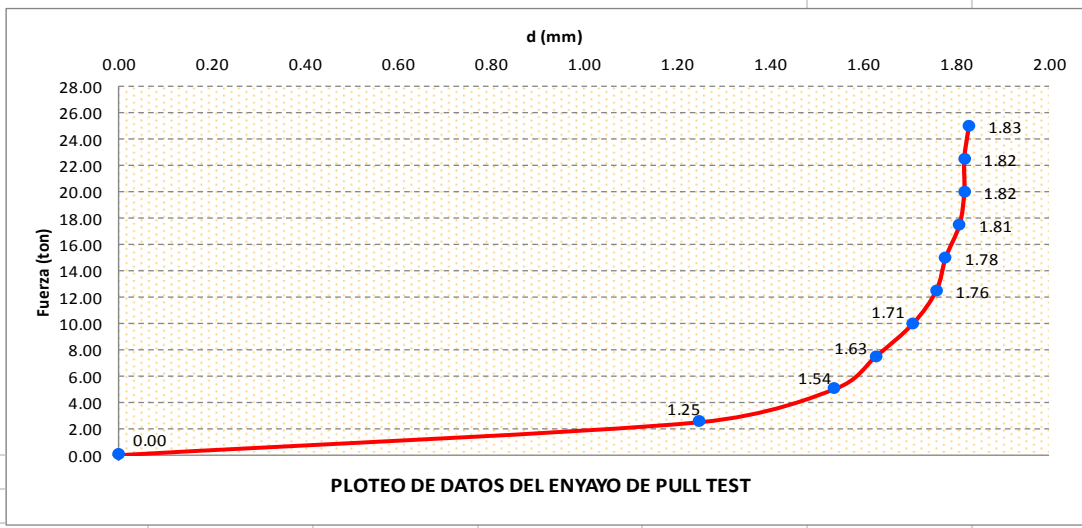
		REGISTRO DE PULL TEST				
PROYECTO: SERVICIO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MALLA DE ACERO Y PERFORACIÓN DE ANCLAJES				MOB0515-QA-RC-001		
EQUIPO DE TENSADO		UBICACIÓN: RAMPA FASE 5 - ANTAMINA		DATOS DEL ANCLAJE (m)		
BOMBA HIDRAULICA:	ENERPAC	COD. DE PERNOS:	B5-7-3	LONG. TOTAL	3.00	
MANOMETRO:	ENERPAC	FECHA PERF. E INSTALACION:	23/09/2017	LONG. EXTERNA	0.25	
ALTURA GATA (m):	0.17	FECHA DE INYECCION:	24/09/2017	LONG. ANCLADA	2.75	
CARGA DE TRABAJO (Ton)	25	TIPO DE ENSAYO:	TRACCIÓN	DIAMETRO DE PERNO \varnothing 25 mm		
CARGA DE ENSAYO (Ton)	20	FECHA DE ENSAYO:	28/09/2017	CORRELATIVO : MAC - EPT - 009		
HORA	INTERVALO TIEMPO (min)	PRESION MANOMETRO (PSI)	CARGA (ton)	DESPLAZAMIENTO DE PERNO HELICOIDAL		
				LECTURA (mm)	DP (mm)	TOTAL (mm)
09:30:00	00:00:00	25.19	0.00	9.65	0.00	0.00
09:33:00	00:03:00	289.88	2.50	10.24	0.59	0.59
09:36:00	00:03:00	554.72	5.00	10.64	0.40	0.99
09:39:00	00:03:00	819.70	7.50	10.70	0.06	1.05
09:42:00	00:03:00	1084.84	10.00	10.72	0.02	1.07
09:45:00	00:03:00	1350.12	12.50	10.74	0.02	1.09
09:48:00	00:03:00	1615.55	15.00	10.76	0.02	1.11
09:51:00	00:03:00	1881.13	17.50	10.78	0.02	1.13
09:54:00	00:03:00	2146.85	20.00	10.81	0.03	1.16





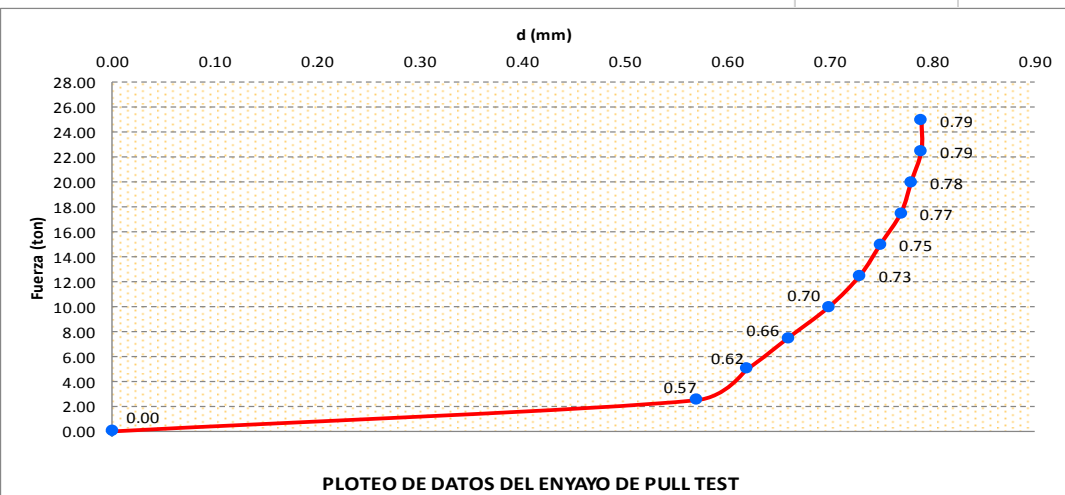
PLOTEO DE DATOS DEL ENYAYO DE PULL TEST

OBSERVACIONES:			
REGISTRO	SUP. PRODUCCIÓN	SUPERVISOR DE CALIDAD	SUPERVISOR ANTAMINA
Firma			
Nombre			
Fecha (dd/mm/aa)			



“Estudio de la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados que presentan mecanismo de falla en zona de explotación minera de la Empresa Antamina. Dragón Perú SAC”

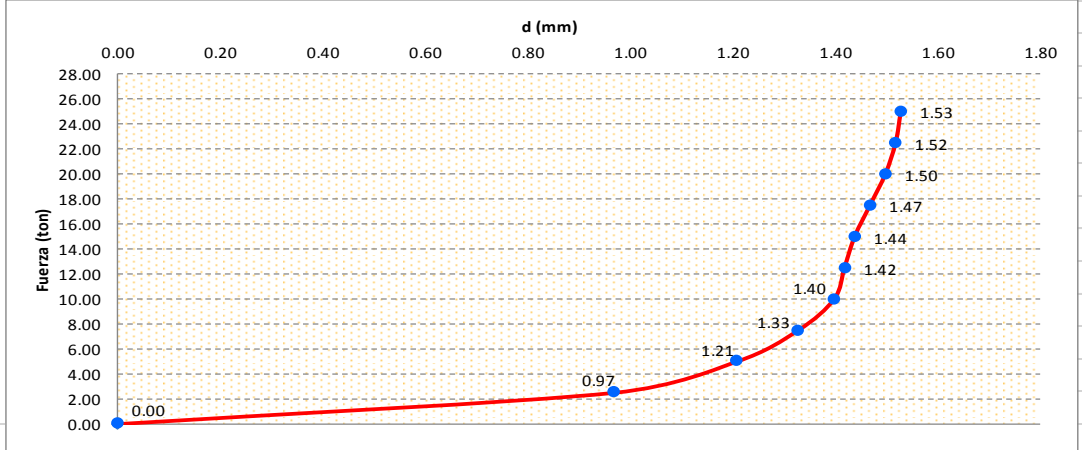
		REGISTRO DE PULL TEST				
PROYECTO: SERVICIO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MALLA DE ACERO Y PERFORACIÓN DE ANCLAJES				MOB0515-QA-RC-001		
EQUIPO DE TENSADO		UBICACIÓN: RAMPA FASE 5 - ANTIMINA		DATOS DEL ANCLAJE (m)		
BOMBA HIDRAULICA:	ENERPAC	COD. DE PERNOS:	B3-10-6	LONG. TOTAL	3.00	
MANOMETRO:	ENERPAC	FECHA PERF. E INSTALACION:	01/09/2017	LONG. EXTERNA	0.25	
ALTURA GATA (m):	0.17	FECHA DE INYECCION:	05/09/2017	LONG. ANCLADA	2.75	
CARGA DE TRABAJO (Ton)	25	TIPO DE ENSAYO:	TRACCIÓN	DIAMETRO DE PERNO Ø 25 mm		
CARGA DE ENSAYO (Ton)	20	FECHA DE ENSAYO:	02/10/2017	CORRELATIVO : MAC - EPT - 010		
HORA	INTERVALO TIEMPO (min)	PRESION MANOMETRO (PSI)	CARGA (ton)	DESPLAZAMIENTO DE PERNO HELICOIDAL		
				LECTURA (mm)	DP (mm)	TOTAL (mm)
09:30:00	00:00:00	25.19	0.00	8.38	0.00	0.00
09:33:00	00:03:00	289.88	2.50	9.63	1.25	1.25
09:36:00	00:03:00	554.72	5.00	9.92	0.29	1.54
09:39:00	00:03:00	819.70	7.50	10.01	0.09	1.63
09:42:00	00:03:00	1084.84	10.00	10.09	0.08	1.71
09:45:00	00:03:00	1350.12	12.50	10.14	0.05	1.76
09:48:00	00:03:00	1615.55	15.00	10.16	0.02	1.78
09:51:00	00:03:00	1881.13	17.50	10.19	0.03	1.81
09:54:00	00:03:00	2146.85	20.00	10.20	0.01	1.82
09:57:00	00:03:00	2412.73	22.50	10.20	0.00	1.82
10:00:00	00:03:00	2678.76	25.00	10.21	0.01	1.83
 <p style="text-align: center;">PLOTEO DE DATOS DEL ENYAYO DE PULL TEST</p>						
OBSERVACIONES:						
REGISTRO	SUP. PRODUCCIÓN	SUPERVISOR DE CALIDAD		SUPERVISOR ANTIMINA		
Firma						
Nombre						
Fecha (dd/mm/aa)						

“Estudio de la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados que presentan mecanismo de falla en zona de explotación minera de la Empresa Antamina. Dragón Perú SAC”

		REGISTRO DE PULL TEST				
PROYECTO: SERVICIO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MALLA DE ACERO Y PERFORACIÓN DE ANCLAJES				MOB0515-QA-RC-001		
EQUIPO DE TENSADO		UBICACIÓN: RAMPA FASE 5 - ANTIMINA		DATOS DEL ANCLAJE (m)		
BOMBA HIDRAULICA:	ENERPAC	COD. DE PERNOS:	B5-2-4	LONG. TOTAL	3.00	
MANOMETRO:	ENERPAC	FECHA PERF. E INSTALACION:	01/09/2017	LONG. EXTERNA	0.25	
ALTURA GATA (m):	0.17	FECHA DE INYECCION:	05/09/2017	LONG. ANCLADA	2.75	
CARGA DE TRABAJO (Ton)	25	TIPO DE ENSAYO:	TRACCIÓN	DIAMETRO DE PERNO \varnothing 25 mm		
CARGA DE ENSAYO (Ton)	20	FECHA DE ENSAYO:	02/10/2017	CORRELATIVO : MAC - EPT - 011		
HORA	INTERVALO TIEMPO (min)	PRESION MANOMETRO (PSI)	CARGA (ton)	DESPLAZAMIENTO DE PERNO HELICOIDAL		
				LECTURA (mm)	DP (mm)	TOTAL (mm)
09:30:00	00:00:00	25.19	0.00	9.87	0.00	0.00
09:33:00	00:03:00	289.88	2.50	10.44	0.57	0.57
09:36:00	00:03:00	554.72	5.00	10.49	0.05	0.62
09:39:00	00:03:00	819.70	7.50	10.53	0.04	0.66
09:42:00	00:03:00	1084.84	10.00	10.57	0.04	0.70
09:45:00	00:03:00	1350.12	12.50	10.60	0.03	0.73
09:48:00	00:03:00	1615.55	15.00	10.62	0.02	0.75
09:51:00	00:03:00	1881.13	17.50	10.64	0.02	0.77
09:48:00	00:03:00	2146.85	20.00	10.65	0.01	0.78
09:51:00	00:03:00	2412.73	22.50	10.66	0.01	0.79
09:54:00	00:03:00	2678.76	25.00	10.66	0.00	0.79
 <p>PLOTEO DE DATOS DEL ENSAYO DE PULL TEST</p>						
OBSERVACIONES:						
REGISTRO	SUP. PRODUCCIÓN		SUPERVISOR DE CALIDAD		SUPERVISOR ANTIMINA	
Firma						
Nombre						
Fecha (dd/mm/aa)						

“Estudio de la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados que presentan mecanismo de falla en zona de explotación minera de la Empresa Antamina. Dragón Perú SAC”



		REGISTRO DE PULL TEST				
PROYECTO: SERVICIO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MALLA DE ACERO Y PERFORACIÓN DE ANCLAJES				MOB0515-QA-RC-001		
EQUIPO DE TENSADO		UBICACIÓN: RANPA FASE 5 - ANTIMINA		DATOS DEL ANCLAJE (m)		
BOMBA HIDRAULICA:	ENERPAC	COD. DE PERNOS:	B3-2-6	LONG. TOTAL	3.00	
MANOMETRO:	ENERPAC	FECHA PERF. E INSTALACION:	24/08/2017	LONG. EXTERNA	0.25	
ALTURA GATA (m):	0.17	FECHA DE INYECCION:	29/08/2017	LONG. ANCLADA	2.75	
CARGA DE TRABAJO (Ton)	25	TIPO DE ENSAYO:	TRACCIÓN	DIAMETRO DE PERNO Ø 25 mm		
CARGA DE ENSAYO (Ton)	20	FECHA DE ENSAYO:	02/10/2017	CORRELATIVO : MAC - EPT - 012		
HORA	INTERVALO TIEMPO (min)	PRESION MANOMETRO (PSI)	CARGA (ton)	DESPLAZAMIENTO DE PERNO HELICOIDAL		
				LECTURA (mm)	DP (mm)	TOTAL (mm)
09:30:00	00:00:00	25.19	0.00	10.02	0.00	0.00
09:33:00	00:03:00	289.88	2.50	10.99	0.97	0.97
09:36:00	00:03:00	554.72	5.00	11.23	0.24	1.21
09:39:00	00:03:00	819.70	7.50	11.35	0.12	1.33
09:42:00	00:03:00	1084.84	10.00	11.42	0.07	1.40
09:45:00	00:03:00	1350.12	12.50	11.44	0.02	1.42
09:48:00	00:03:00	1615.55	15.00	11.46	0.02	1.44
09:51:00	00:03:00	1881.13	17.50	11.49	0.03	1.47
09:48:00	00:03:00	2146.85	20.00	11.52	0.03	1.50
09:51:00	00:03:00	2412.73	22.50	11.54	0.02	1.52
09:54:00	00:03:00	2678.76	25.00	11.55	0.01	1.53

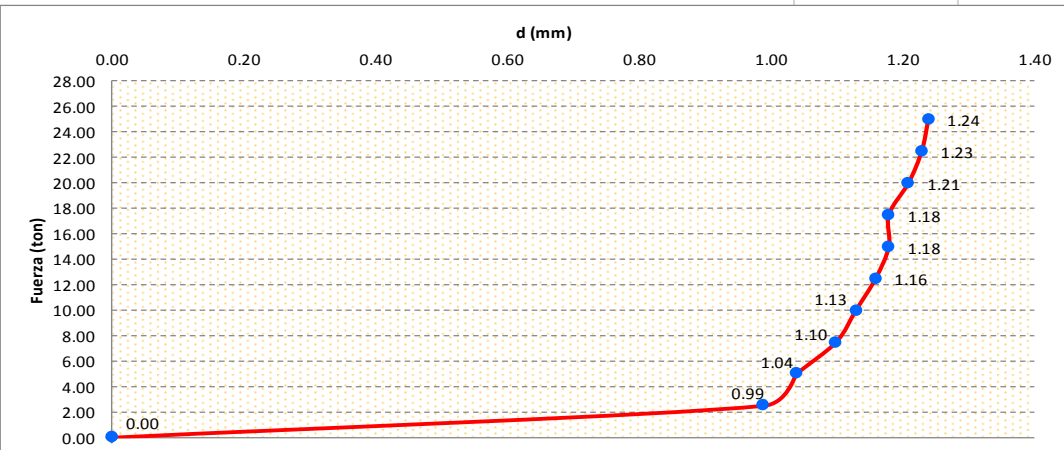


PLOTEO DE DATOS DEL ENSAYO DE PULL TEST

OBSERVACIONES:			
REGISTRO	SUP. PRODUCCIÓN	SUPERVISOR DE CALIDAD	SUPERVISOR ANTIMINA
Firma			
Nombre			
Fecha (dd/mm/aa)			

“Estudio de la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados que presentan mecanismo de falla en zona de explotación minera de la Empresa Antamina. Dragón Perú SAC”



		REGISTRO DE PULL TEST				
PROYECTO: SERVICIO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MALLA DE ACERO Y PERFORACIÓN DE ANCLAJES				MOB0515-QA-RC-001		
EQUIPO DE TENSADO		UBICACIÓN: RAMPA FASE 5 - ANTIMINA		DATOS DEL ANCLAJE (m)		
BOMBA HIDRAULICA:	ENERPAC	COD. DE PERNOS:	B3-3-5	LONG. TOTAL	3.00	
MANOMETRO:	ENERPAC	FECHA PERF. E INSTALACION:	02/09/2017	LONG. EXTERNA	0.25	
ALTURA GATA (m):	0.17	FECHA DE INYECCION:	07/09/2017	LONG. ANCLADA	2.75	
CARGA DE TRABAJO (Ton)	25	TIPO DE ENSAYO:	TRACCIÓN	DIAMETRO DE PERNO Ø 25 mm		
CARGA DE ENSAYO (Ton)	20	FECHA DE ENSAYO:	02/10/2017	CORRELATIVO : MAC - EPT - 013		
HORA	INTERVALO TIEMPO (min)	PRESION MANOMETRO (PSI)	CARGA (ton)	DESPLAZAMIENTO DE PERNO HELICOIDAL		
				LECTURA (mm)	DP (mm)	TOTAL (mm)
09:30:00	00:00:00	25.19	0.00	9.29	0.00	0.00
09:33:00	00:03:00	289.88	2.50	10.28	0.99	0.99
09:36:00	00:03:00	554.72	5.00	10.33	0.05	1.04
09:39:00	00:03:00	819.70	7.50	10.39	0.06	1.10
09:42:00	00:03:00	1084.84	10.00	10.42	0.03	1.13
09:45:00	00:03:00	1350.12	12.50	10.45	0.03	1.16
09:48:00	00:03:00	1615.55	15.00	10.47	0.02	1.18
09:51:00	00:03:00	1881.13	17.50	10.47	0.00	1.18
09:48:00	00:03:00	2146.85	20.00	10.50	0.03	1.21
09:51:00	00:03:00	2412.73	22.50	10.52	0.02	1.23
09:54:00	00:03:00	2678.76	25.00	10.53	0.01	1.24

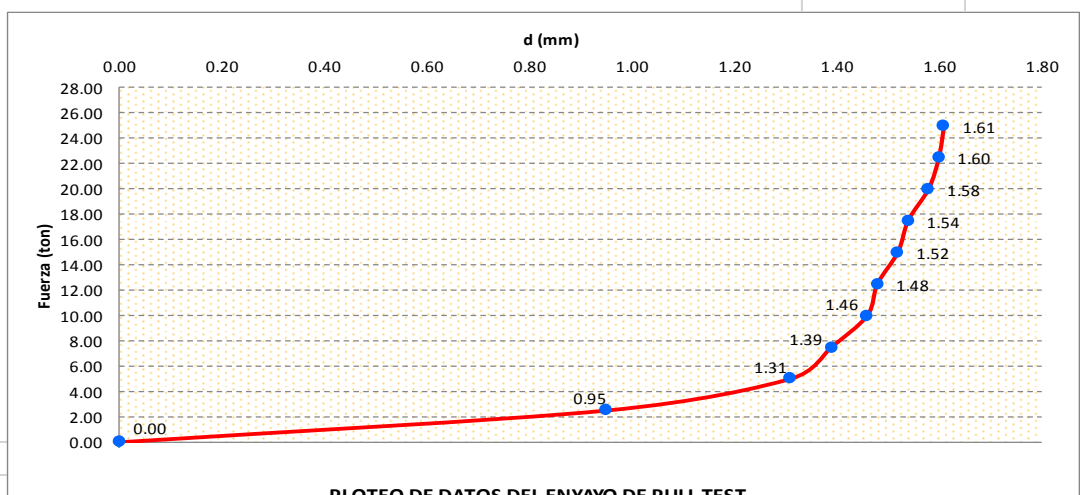


PLOTEO DE DATOS DEL ENYAYO DE PULL TEST

OBSERVACIONES:			
REGISTRO	SUP. PRODUCCIÓN	SUPERVISOR DE CALIDAD	SUPERVISOR ANTIMINA
Firma			
Nombre			
Fecha (dd/mm/aa)			

“Estudio de la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados que presentan mecanismo de falla en zona de explotación minera de la Empresa Antamina. Dragón Perú SAC”

		REGISTRO DE PULL TEST					
PROYECTO: SERVICIO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MALLA DE ACERO Y PERFORACIÓN DE ANCLAJES					MOB0515-QA-RC-001		
EQUIPO DE TENSADO		UBICACIÓN: RAMPA FASE 5 - ANTAMINA			DATOS DEL ANCLAJE (m)		
BOMBA HIDRAULICA:	ENERPAC	COD. DE PERNOS:		B4-4-3	LONG. TOTAL	3.00	
MANOMETRO:	ENERPAC	FECHA PERF. E INSTALACION:		02/09/2017	LONG. EXTERNA	0.25	
ALTURA GATA (m):	0.17	FECHA DE INYECCION:		07/09/2017	LONG. ANCLADA	2.75	
CARGA DE TRABAJO (Ton)	25	TIPO DE ENSAYO:	TRACCIÓN		DIAMETRO DE PERNO \varnothing 25 mm		
CARGA DE ENSAYO (Ton)	20	FECHA DE ENSAYO:	02/10/2017		CORRELATIVO : MAC - EPT - 014		
HORA	INTERVALO TIEMPO (min)	PRESION MANOMETRO (PSI)	CARGA (ton)	DESPLAZAMIENTO DE PERNO HELICOIDAL			
				LECTURA (mm)	DP (mm)	TOTAL (mm)	
09:30:00	00:00:00	25.19	0.00	11.03	0.00	0.00	
09:33:00	00:03:00	289.88	2.50	11.98	0.95	0.95	
09:36:00	00:03:00	554.72	5.00	12.34	0.36	1.31	
09:39:00	00:03:00	819.70	7.50	12.42	0.08	1.39	
09:42:00	00:03:00	1084.84	10.00	12.49	0.07	1.46	
09:45:00	00:03:00	1350.12	12.50	12.51	0.02	1.48	
09:48:00	00:03:00	1615.55	15.00	12.55	0.04	1.52	
09:51:00	00:03:00	1881.13	17.50	12.57	0.02	1.54	
09:48:00	00:03:00	2146.85	20.00	12.61	0.04	1.58	
09:51:00	00:03:00	2412.73	22.50	12.63	0.02	1.60	
09:54:00	00:03:00	2678.76	25.00	12.64	0.01	1.61	



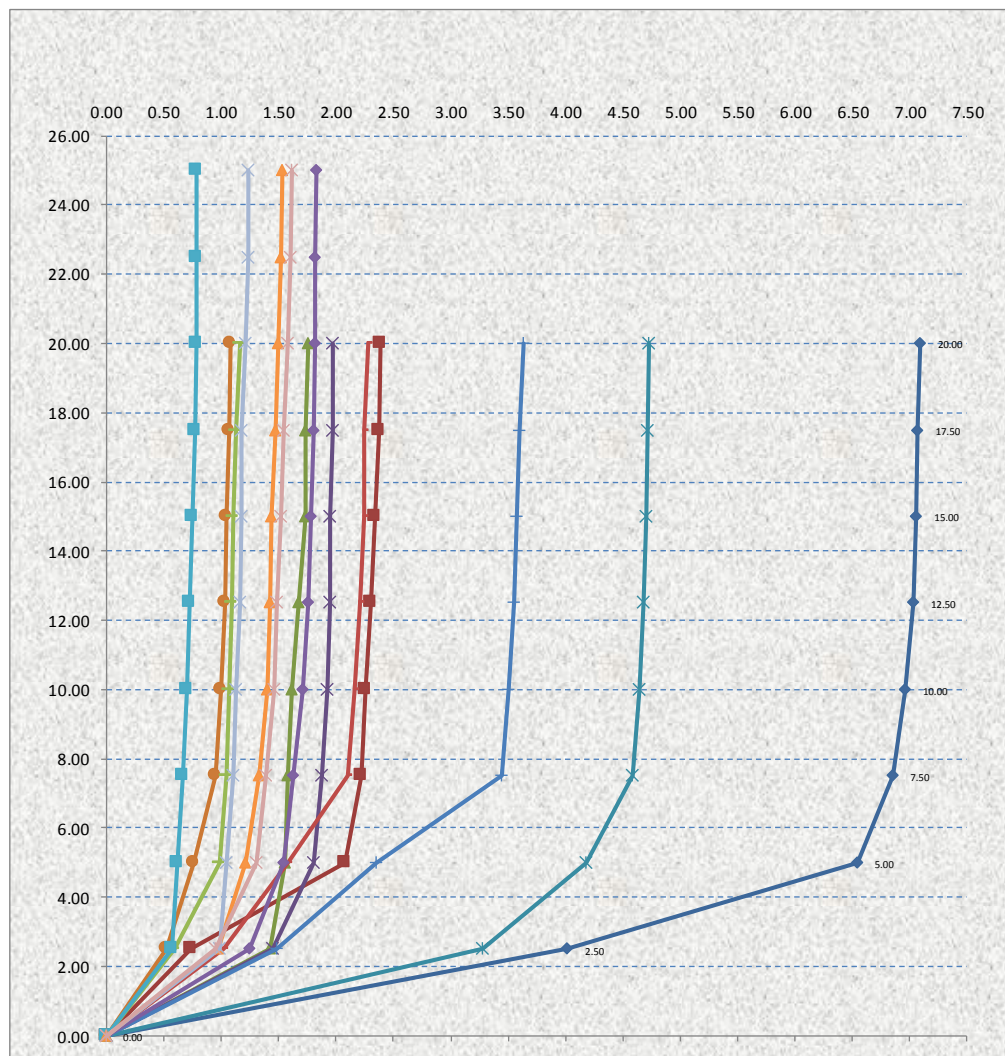
PLOTEO DE DATOS DEL ENSAYO DE PULL TEST

OBSERVACIONES:			
REGISTRO	SUP. PRODUCCIÓN	SUPERVISOR DE CALIDAD	SUPERVISOR ANTAMINA
Firma			
Nombre			
Fecha (dd/mm/aa)			

Figura 45. Graficas Del Ensayo PULL TEST

“Estudio de la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados que presentan mecanismo de falla en zona de explotación minera de la Empresa Antamina. Dragón Perú SAC”

ENSAYOS ARRANQUE (PULL TEST)										ENSAYOS ARRANQUE (PULL TEST)					
CARGA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	4.02	0.74	1.43	1.45	3.28	0.52	1.49	1.02	0.59	2.50	1.25	0.57	0.97	0.99	0.95
5.00	6.54	2.08	1.56	1.80	4.18	0.76	2.35	1.58	0.99	5.00	1.54	0.62	1.21	1.04	1.31
7.50	6.85	2.22	1.58	1.88	4.58	0.95	3.45	2.10	1.05	7.50	1.63	0.66	1.33	1.10	1.39
10.00	6.96	2.26	1.62	1.93	4.65	1.00	3.51	2.16	1.07	10.00	1.71	0.70	1.40	1.13	1.46
12.50	7.03	2.31	1.68	1.95	4.68	1.03	3.55	2.21	1.09	12.50	1.76	0.73	1.42	1.16	1.48
15.00	7.06	2.34	1.73	1.95	4.70	1.05	3.57	2.24	1.11	15.00	1.78	0.75	1.44	1.18	1.52
17.50	7.07	2.37	1.74	1.97	4.71	1.07	3.60	2.25	1.13	17.50	1.81	0.77	1.47	1.18	1.54
20.00	7.09	2.39	1.76	1.97	4.73	1.08	3.63	2.28	1.16	20.00	1.82	0.78	1.50	1.21	1.58
										22.50	1.82	0.79	1.52	1.23	1.60
										25.00	1.83	0.79	1.53	1.24	1.61



Fuente: elaboración propia

- En el talud se realizaron la perforación, instalación e inyección de barras helicoidales para anclajes en donde se procedió a realizar la prueba de arranque Pull Test.
- Los pernos helicoidales instalados cumplen con el sostenimiento requerido para para Antamina y con el tipo de litología existente en el área de trabajo.
- Realizado las pruebas de Pull Test se pudo observar el comportamiento los pernos helicoidales y como estos garantizan el anclaje de la malla.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Antamina es un yacimiento polimetálico complejo, cuyo proceso extractivo se realiza a través de la explotación a cielo o tajo abierto, este tipo de explotación es realizada por medio de bancos o banquetas alrededor de las cuales se explota el mineral. En el sector denominado Fase 5 Norte, el cual se encuentra dentro del tajo de la mina, se ha observado la pérdida de estas banquetas a consecuencia del minado para la explotación del mineral; dicha pérdida está asociada a la presencia de familias de discontinuidades presentes en el talud de corte. Por tal motivo se ofrece una solución y la ejecución de la misma acorde a la problemática.

Las evaluaciones se realizaron mediante la consolidación de lo siguiente: a) se realizó la revisión de la información geológica – geo mecánica, proporcionada por la compañía Minera Antamina, b) Evaluación de las características geológicas - geotécnicas del macizo rocoso, con el fin de proponer las medidas correctivas que minimizarán los riesgos de inestabilidad y caída de bloques sueltos, c) Realización del Sostenimiento de rocas y evitar la caída a niveles inferiores, y, d) Se logró un proceso constructivo acorde a los estándares del cliente y la satisfacción del mismo.

El **objetivo general** de la investigación fue realizar el estudio de la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados que presenta mecanismos de falla en la zona de explotación minera de la empresa Antamina. Se logró demostrar el objetivo mediante la aplicación de la evaluación geológica local del área de estudio, fue correlacionado con los boletines y mapas geológicos realizados por INGEMMET y la información geológica-geotécnica proporcionada por la Compañía Minera Antamina. El yacimiento de Antamina se clasifica como un Skarn complejo polimetálico de cobre, zinc, plata, molibdeno y

bismuto; formado por la intrusión de un stock cuarzo – monzonítico en calizas. Y cuyos resultados han coincidido con la propuesta de Sepúlveda Barraza (2011) quien concluyó que elaborando una herramienta que permitió calcular de manera sencilla los desplazamientos totales permanentes que se producirán en taludes que serán afectados por terremotos, disponiendo de un acelerograma adecuadamente digitalizado. También se dispuso de una base de datos de registro de aceleraciones, tales que pudiera conocer la influencia de tipo de terremoto, mecanismo de rotura de falla, magnitud del terremoto, incorporar análisis probabilístico.

El proyecto se justificó plenamente ya que es imperante asegurar las áreas de los taludes en Fase 5 Norte y evitar sucesos de caídas de rocas que puedan alterar la producción de operaciones mina. El proyecto contempló la ejecución de actividades diversas, tales como: Trazo y replanteos de áreas, Suministros de materiales e instalación de malla de acero galvanizado SteelGrid HR30; perforación, instalación e inyección de pernos de anclaje; instalación de instrumentación y ensayos de pull test.

En cuanto a los resultados del **Objetivo específico 1** ha sido realizar el estudio de la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados aplicando levantamientos topográficos en la zona de explotación minera de la empresa Antamina. Se corroboraron los resultados con la investigación de Angamarca, (2010), la metodología usada fue la simulación y modelación numérica de taludes que presenten deslizamientos, utilizando software de estabilidad de taludes (PLAXIS y SLOPE), sometidos a variaciones de altura de nivel freático y permeabilidad. Para proceder al análisis y comparación de resultados se tomaron valores obtenidos por los dos programas propuestos. (p. 09-10). En el caso de la investigación se propuso la metodología de equilibrio limite (Slope), se toma como

representativo el método Bishop; mientras que la metodología de elementos finitos (plaxis); en efecto, los resultados fueron positivos.

El diseño de la solución consistió en la propuesta del contratista para estabilizar el talud, basado en los datos geotécnicos proporcionados en el área afectada, y fueron fundamentales para la preparación de análisis de estabilidad y presentación del informe que incluirá un anexo con las memorias de cálculo, incluyendo archivos nativos.

El **Objetivo específico 2** fue materializar un estudio en la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados empleando el método de la simulación numérica en la zona de explotación minera de la empresa Antamina. Los resultados son congruentes con lo hallado por Garzón Iral y otros, (2012) en su investigación Evaluación de la Vulnerabilidad y Consecuencias por Deslizamientos en la Conexión Vial Aburra-Rio Cauca entre las Abscisas Km 04+000 y Km 39+00, se observa de aporte una herramienta de medir económicamente las consecuencias de los deslizamiento, el cual apoya en cierta medida a la presente investigación (Grazón, Valencia, & Muñoz, 2012).

En cuanto al **Objetivo específico 3** fue materializar un estudio en la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados empleando el método de equilibrio limite en la zona de explotación minera de la empresa Antamina, el objetivo logrado es congruente con la investigación de Pozo (2011), una de las alternativas de cálculo utilizadas es linealizar previamente la envolvente de rotura y obtener un criterio equivalente de MOHR-COULOMB. Puell (2003) definió un nuevo factor de seguridad para macizos rocosos, de aplicación junto con el criterio de Hoek y Brown y que se define como $F.S.Gsl = GSI/GSI0$ siendo GSI el valor de índice de resistencia geológica para el macizo rocoso y GSI0 el valor de índice de resistencia geológica para el macizo rocoso en situación de equilibrio límite. También los resultados son congruentes con el estudio de Sáenz (2017), se identificó,

controló y corrigieron los elementos que pueden ser inestables en un talud rocoso. Por el cual se tomó la muestra de un sector del talud que comprende desde la P.K 0+ 000 – P.K. 0+340, el cual se sectorizo a través de 3 secciones transversales, que a la vez han sido identificados y evaluados con 84 estaciones de mapeos geomecánicas en el sector Sur.

El estudio de Pozo (2014) también es congruente con el proyecto, se comprobó que la utilización de modelos constitutivos, como el modelo elástico perfectamente plástico, permite evaluar el tipo de rotura de los taludes rocosos considerando el factor escala, además de calcular el factor de seguridad (FS) mediante la técnica de reducción de los parámetros (Método SSR).

Es importante resaltar la investigación de Rodríguez Copare (2013) quien señaló la implicancia y necesidad de establecer los parámetros geo mecánicos y establecer los dominios geotécnicos del área de la explotación que permitan un diseño seguro de bancos y taludes en roca y en los botaderos de desmonte. Se obtuvieron resultados óptimos en el manejo de taludes en operaciones mineras, obras civiles o riesgos geodinámicos; se recomienda la aplicación de modelo de Gestión de Taludes. El cual constituye un procedimiento organizado para el control económico y seguro de taludes que permitan mejorar la rentabilidad económica de una operación minera superficial; la vida útil de una obra civil o minimizar el riesgo geodinámico de un deslizamiento de suelos o rocas. Las labores adicionales fueron elaboradas en tajo mina, en áreas donde no necesariamente sean en fase 5 norte y de acuerdo al requerimiento de Geotecnia Mina. Los trabajos comprenden: Instalación de prismas, desmontaje de barrera dinámica, perforación para geófonos (L=8m) y el reconocimiento de Stand by por interferencia con operaciones mina.

Se contempló los anclajes para malla de alta resistencia en corona de talud, los anclajes para malla de alta resistencia en corona de talud son aquellos elementos, constituidos de barras helicoidales con diámetro igual a 25 mm longitud de 2.00 m, que se ubican en la corona del talud, tal como lo indica su nombre, a una distancia no menor a 2.00 m del borde del talud y distanciadas una de otras entre 3.00 y 4.00 m como máximos.

Para la ejecución de estos trabajos se emplearon los martillos del tipo Jack Leg RH 658L de Atlas Copco, que será abastecida de aire por una compresora para las perforaciones de las barras helicoidales y serán del tipo Atlas Copco XAS 375 JD6. Estas perforaciones deben estar a 90° respecto a la superficie. Para la fijación de la barra helicoidal al terreno se utilizó concreto líquido o Grout (lechada de cemento), cuya proporción agua/cemento será de 0.45. La inyección se realizó por medio de una bomba manual. Para la fragua de la lechada de cemento se debió esperar hasta 24 horas como mínimo y disponer del uso de cargas del perno, solo entonces se podrán colocar las placas y tuercas. Adicionalmente, se harán uso de capuchones para salvaguardar la integridad física de los colaboradores.

En cuanto a los anclajes para malla de alta resistencia en pie de talud, los anclajes para malla de alta resistencia en pie de talud son aquellos elementos, constituidos de barras helicoidales con diámetro igual a 25 mm longitud de 2.00 m, que se ubican en el pie del talud, tal como lo indica su nombre, a una distancia no menor a 2.00 m del pie del talud y distanciadas una de otras entre 3.00 y 4.00 m como máximos.

Para la ejecución de estos trabajos se emplearán los martillos del tipo Jack Leg RH 658L de Atlas Copco, que será abastecida de aire por una compresora para las perforaciones de las barras helicoidales y serán del tipo Atlas Copco XAS 375 JD6. Estas perforaciones deben estar a 90° respecto a la superficie.

Para la fijación de la barra helicoidal al terreno se utilizará concreto líquido o Grout (lechada de cemento), cuya proporción agua/cemento será de 0.45. La inyección se realizó por medio de una bomba manual. Para la fragua de la lechada de cemento se deberá esperar hasta 24 horas como mínimo y disponer del uso de cargas del perno, solo entonces se podrán colocar las placas y tuercas. Adicionalmente, se hizo uso de capuchones para salvaguardar la integridad física de los colaboradores.

En cuanto a los ensayos de Pull test a anclaje de perno, la capacidad de anclaje de un perno de roca; de anclaje puntual, repartido y combinado, se determinará mediante el ensayo de tracción arranque de pernos, comúnmente conocido como ensayo pull test. Para la realización de esta prueba, el anclaje deberá cargarse en ciclos incrementales desde una carga de referencia (pudiéndose ser cero) hasta una carga máxima de ensayo (carga de prueba). Se midió el desplazamiento de la cabeza del anclaje durante un período de tiempo (3 -5 minutos por ciclo) para la carga máxima de cada ciclo incremental. En el caso de pernos helicoidales adheridos con lechada de cemento, los datos de elongación de los pernos serán tomados aumentando cada 2 ó 2.5 toneladas de carga aplicada, por ciclo.

La lectura en el manómetro se irá registrando cada tonelada de carga y la correspondiente elongación con la ayuda de un vernier, hasta llegar a un valor pico, a partir del cual, el perno empezará a salirse del taladro y lógicamente la carga en el manómetro dejará de subir por encima de ese valor. Esta carga máxima de ensayo en pernos helicoidales ($\phi = 22$ mm y $\phi = 25$ mm) equivale al 80% de la carga de rotura. En el siguiente cuadro se muestran los valores de esta carga de rotura para los dos tipos de pernos presentes en el proyecto: la cantidad de pernos a ensayar equivaldrá al 3% del total de pernos puestos en obra y serán seleccionados de manera aleatoria.

- Capacidad de carga pernos de 22 mm = 20.00 ton

- Capacidad de carga pernos de 25 mm = 25.80 ton

Las pruebas se realizaron 5 días después de haber colocado la lechada de cemento tipo I.

4.2 Conclusiones

- Se concluye la realización del estudio de estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados mediante el empleo de mecanismos de falla en la zona de explotación minera de la empresa Antamina. Se emplearon procedimientos automatizados para la generación de redes de fracturas, la formulación numérica del comportamiento conjunto roca intacta - discontinuidades, y con el amplio desarrollo de programas de cómputo, fue posible realizar el análisis de macizos rocosos que tome en cuenta el cambio del mecanismo de rotura cuando se considera un incremento de la altura del talud.
- Se logró realizar estudios de levantamientos topográficos tanto técnicos como descriptivo rescatando información previa y posterior de la intervención del hombre que sirvió para poder realizar los planos a detalle y los replanteos en campo sin ningún tipo de inconveniente. Por lo tanto, en virtud del cumplimiento del primer objetivo específico se demostró la aplicabilidad del método J-MEF que ha permitido analizar la variación de los mecanismos de rotura de los taludes con el cambio de escala. De esta forma, se concluye que, la combinación de la técnica SSR con el análisis J-MEF representan una potencial herramienta para ayudar a los ingenieros geomecánicos a entender mejor y predecir la estabilidad de taludes en macizos rocosos con estructura en bloques.

- En concordancia con la conclusión anterior, se demostró la materialización un estudio de la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados empleando el método de la simulación numérica en la zona de explotación minera de la empresa Antamina. Con el software MIDAS logramos identificar las fallas y realizar el reforzamiento adecuado en la instalación de mallas Steel Grid de alta resistencia solucionando los problemas de deslizamiento de rocas en el talud.
- Se logró concretar la materialización del estudio de la estabilización de taludes en macizos rocoso-fracturados empleando el método de equilibrio límite en la zona de explotación minera de la empresa Antamina, quedando demostrada la estabilización de taludes empleando el método de equilibrio límite en macizos rocosos fracturados en la zona de explotación minera de la empresa Antamina.
- Los resultados de los análisis en esta tesis demuestran que, a pesar de que el método J-MEF se basa en los principios de la mecánica de medios continuos, es una alternativa poderosa y creíble en el modelamiento de la estabilidad de taludes en macizos rocosos con estructura en bloques. Esto no excluye en modo alguno el uso de otros métodos de análisis numérico, como el Método de Elementos Discretos (MED), pues hay muchas situaciones, tales como las que implican grandes deformaciones o la separación completa de los bloques, lo que requeriría la aplicación del Método de Elementos Discretos y/o herramientas de modelado del Método de Deformaciones Discontinuas.

REFERENCIAS

- Angamarca, F. (2011). *Modelación Numérica de Estabilidad de Taludes Controlados por la Presencia de Niveles de Despegue de Alta Plasticidad y Permeabilidad*. Loja, Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja.
- Ávila, R. (2017). *Análisis sísmico - dinámico en taludes para aseguramiento de estructuras de irrigación Sangallaya – Huarochirí – Región Lima 2017*. Lima: UCV.
- Ayala, R. (21 de Enero de 2015). *Estabilidad De Taludes En Rocas Y Suelos*. Obtenido de <https://es.scribd.com/presentation/289293558/Trabajo-Final-Ingenieria-Civil-Taludes-2015>
- Cordova, R. (5 de Mayo de 2017). Obtenido de https://docuri.com/download/cordova-rn_59c1d07bf581710b28645a74_pdf
- Grazón, J., Valencia, E., & Muñoz, J. (2012). *Evaluación de la Vulnerabilidad y consecuencias por deslizamiento en la conexión vial Aburra-Rio Cauca entre las abscisas Km 04+000 y 39+000*. Medellín: Universidad de Medellín.
- Lain, R. (21 de Enero de 2018). *Rotura plana*. Obtenido de http://oa.upm.es/14183/2/MECANICA_DE_ROCAS_2.pdf
- López, S. (21 de Enero de 2015). *Taludes*. Obtenido de https://www.academia.edu/9473962/estabilidad_de_taludes
- Melentijevic, S. (14 de Enero de 2015). *Estabilidad de Taludes en Macizos Rocosos con Criterios de Rotura no Lineales Y Leyes De Fluencia No Asociada*. Obtenido de <http://oa.upm.es/722/1/04200507.pdf>
- Menchanical, R. (12 de Abril de 2013). *Estabilidad de taludes*. Obtenido de https://www.academia.edu/9473962/estabilidad_de_taludes
- Mendoza, L. (25 de Enero de 2018). *Taludez*.

- Pérez, E. (2015). *Estabilidad de Taludes*. <https://deca.upc.edu/es/el-departamento/secciones/itcg/docencia/asignaturas/geolquat/ejercicios/P2/analisis-estabilidad>: Departament d'Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica. Recuperado el 1 de Diciembre de 2018, de <https://deca.upc.edu/es/el-departamento/secciones/itcg/docencia/asignaturas/geolquat/ejercicios/P2/analisis-estabilidad>
- Pozo, R. (2011). *Aplicación del criterio de rotura no lineal de Hoek y Brown a la Estabilidad de Taludes Altos en Macizos Rocosos*. Lima: UNI.
- Pozo, R. (2014). *Análisis Numérico del Mecanismo de Falla en macizos rocosos fracturados considerando el efecto escala*. Lima: UNI.
- Pozo, R. (2014). *Análisis Numérico del Mecanismo de Falla en Macizos Rocosos Fracturados considerando el Efecto Escala*. Lima: UNI.
- Rodríguez Copare, J. (2013). *Evaluación de la estabilidad de taludes en la mina Lourdes Tacna*. Huancayo: UNAP.
- Saenz, A. (2017). *Análisis para Estabilidad de Taludes en roca utilizando mallas galvanizada ancladas, Ciudad Nueva FueraBamamba Apuarimac*. Huancayo: Tesis Universidad Nacional del Centro.
- Sanhueza, C., & Rodriguez, L. (14 de Setiembre de 2018). Análisis comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales. *Redalyc*. Obtenido de <http://www.redalyc.org/html/1276/127628890003/>
- Sepulveda, A. (2011). *Comportamiento Sísmico de Taludes de Roca*. Madrid - España: Universidad Politécnica de Madrid.

Turpo, M. (21 de Enero de 2011). *Aplicaciones de la Topografía y Geodesia en la Minería*

Superficial - Mina Marcona. Obtenido de

file:///C:/Users/LUIS%202/Downloads/turpo_cm.pdf

OTRAS FUENTES CONSULTADAS.

1. Barton, N. y Choubey, V. The Shear Strength of Rock Joints in Theory and Practice. Rock Mechanics, 2018.
2. Beer, G. y Watson, J.O. Introduction to Finite and Boundary Element Methods for Engineers, 2012.
3. Call, R.D. Monitoring Pit Slope Behavior. SME Mine Engineering Handbook. AIME, New York, pp. 860-882, 2000.
4. Crouse, R., Huamán C., Zuta, J. Análisis de la Fábrica Estructural y Diseño de la Berma de Seguridad en Tajos Abiertos. VII Congreso Nacional de Minería, Trujillo, 2008.
5. Cundall, P. Recent Advanced in Numerical Modelling for Large-Scale Mining Projects. Australian Centre for Geomechanics Newsletter, USA, 2008.
6. Dawson, E.M., Roth, W.H. y Drescher, A. Slope Stability Analysis by Strength Reduction, Geotechnique, vol. 49, no. 6, pp. 835-840, 1999.
7. Deangeli, C. y Ferrero, A.M. Analisi di Stabilità del Litorali Lagunari in Condizioni Dinamiche, In: La Ricerca Scientifica per Venezia- Progetto Sistema Lagunare Veneziano, CNR – Modellistica del sistema Lagunare, Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, pp. 8, 2000, Vol. II, Pagine da 975 a 982, ISBN: 8886166826, 2000.
8. Duncan, J.M. State of the Art: Limit Equilibrium and Finite Element Analysis of Slopes. ASCE, pp 577-596, 1996.

9. Eberhardt, E., Stead, D. y Coggan, J.S. Numerical Analysis of Initiation and Progressive Failure in Natural Rock Slopes - the 1991 Randa Rockslide. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.* 41 (1), 69– 87, 2004.
10. Gill, R.C. A Quick Analysis Tool to Show Cost Savings in Pit Wall Angle Changes. *Slope Stability 2009*, Santiago, 2009.
11. Gonzales de Vallejo, L.I., Ferrer, M., Ortuño, L. y Oteo, C. *Ingeniería Geológica*. Prentice Hall, 2012.
12. Goodman, R.E., Taylor, R.L. y Brekke, T.L. A Model for the Mechanics of Jointed Rock. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE*, 637-659, 1968.
13. Goodman, R.E. *Introduction to Rock Mechanics*, 2nd Edition. Willey, New York, 1989.
14. Griffiths, D.V. y Lane, P.A. Slope Stability Analysis by Finite Elements. *Geotechnique* 49, N°3, pp 387-403, 2015.
15. Hammah, R.E., Curran, J.H., Yacoub, T.E. y Corkum, B. Stability Analysis of Rock Slopes using the Finite Element Method. In *Proceedings of the ISRM Regional Symposium EUROCK 2004 and the 53rd Geomechanics Colloquy*. Salzburg, Austria, 2004.
16. Hoek, E., Read, J., Karzulovic, A. y Chen, Z.Y. Rock slopes in Civil and Mining Engineering Published in *Proceedings of the International Conference on Geotechnical and Geological Engineering, GeoEng2000*, 19-24 November, Melbourne, 2000.
17. Hoek, E., Carranza-Torres, C.T. y Corkum, B. *Hoek-Brown Failure Criterion-2002 Edition*, 2012.

18. Hoek, E. Fundamentals of Slope Design. Slope Stability 2009, Santiago, 2009.
19. Hoek, E. y Bray, J.W. Rock Slope Engineering. Institution of Mining and Metallurgy, Londres, 1981.
20. Stead, D., Eberhardt, E. y Coggan, J.S. Developments in the Characterization of Complex Rock Slope Deformation and Failure Using Numerical Modelling Techniques, 2016.

ANEXOS

Anexo N° 1. Taludes de explotación de minerales



Fig. 01 y 02 -Taludes de explotación de minerales



Fig. 03 y 04 - Sostenimiento de taludes

Anexo N° 2

Servicio de suministro e instalación de malla de acero y perforación de anclajes en fase 5 norte Compañía Minera Antamina

SERVICIO DE SUMINISTRO E INSTALACION DE MALLA DE ACERO Y PERFORACION DE ANCLAJES EN FASE 5 NORTE COMPAÑÍA MINERA ANTAMINA PERÚ, HUARAZ

Solución: PROTECCION CONTRA CAIDA DE ROCA

Productos: STEEL GRID HR 30

Problema

Las estructuras planares se evidencian en el talud norte de la fase 5 en tajo Antamina, ocasionando la perdida de banquetas, dejando expuesta la posibilidad del desprendimiento de rocas, al no contar con la mitigación de su trayectoria se compromete operativa y sustancialmente la continuidad-- productiva de la extracción del mineral emplazado en la fase.

Solución

Con la finalidad de controlar la caída de rocas y evitar las paralizaciones de la extracción del mineral, Dracon Perú S.A.C propone un sistema de protección con mallas de alta resistencia (SteelGrid HR30, 170 KN/m) y anclajes de pernos helicoidal

Se concluyó instalando un de 19,060.00 m², así mismo se instaló una cantidad de 732 und. Anclaje de pernos helicoidales (perforado e inyectado) de Ø=25mm y L=3m.

Esta es una de las obras más importantes de instalación de SteelGrid en Perú, debido a la complejidad de la zona y por ser un tajo vivo, en constante interacción con la producción minera del cliente, la instalación de las mallas y pernos fue llevado a cabo por Dracon Perú S.A.C y Supervisada por el área de Geotecnia Mina de Antamina, se alcanzó un rendimiento de 250 m² de malla por día.

Nombre del Cliente:

COMPAÑÍA MINERA ANTAMINA S.A.C.

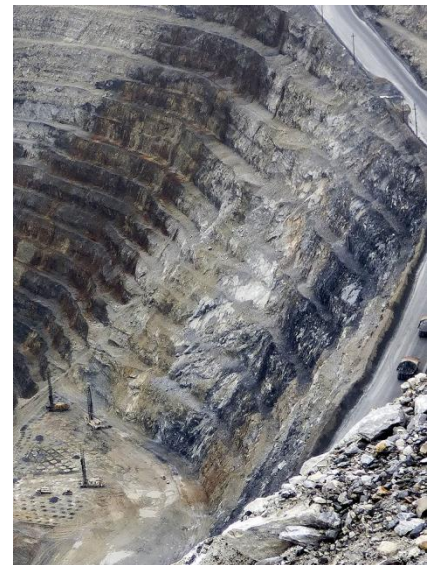
Productos usados y cantidades:

Steel Grid HR 30 – 19,060 m²

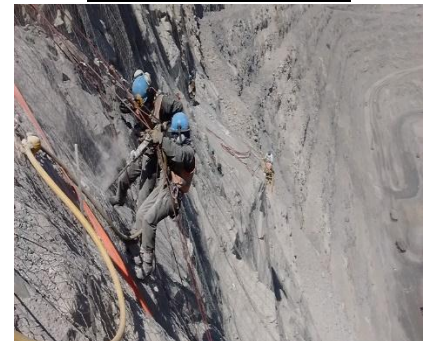
Fecha de la obra:

Inicio: Abril 2017

Fin: Septiembre 2017



Antes de la construcción



Durante la construcción



Durante la construcción



Esquema General De Malla Y Pernos Instalados



(Talud Fase 5 norte con mallas StacGrid, obra terminada)

Anexo N° 3. Fotos de los Ensayos Pull Test



**PERNOS DE ANCLAJE DE
3.00 m.**



**COLOCACIÓN DE PLACAS
PARA INSTALACIÓN DE
CASTILLO**



**COLOCACIÓN DE PLACAS
PARA INSTALACIÓN DE
CASTILLO**



INSTALACIÓN DE CASTILLO



INSTALACIÓN DE PISTÓN



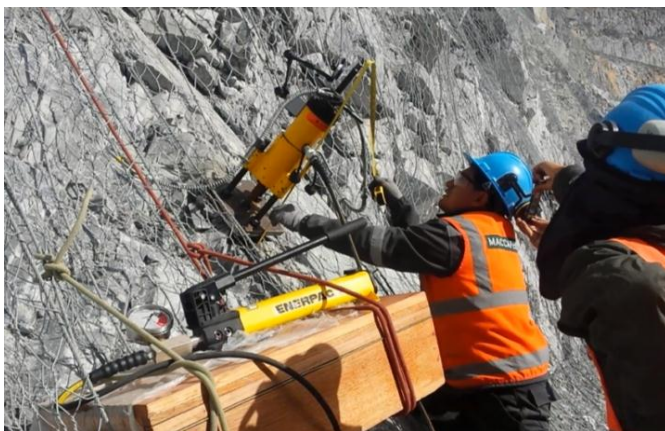
INSTALACIÓN DE MARIPOSA
EN TIRANTE EXTRACTOR



Desplazamiento



ENSAYOS PULL TEST



Anexo N° 4

Informe mensual de seguridad – setiembre 2017

DEL 01 AL 30 DE SETIEMBRE DEL 2017

Capítulo 1



***INFORME MENSUAL DE
SEGURIDAD – SETIEMBRE 2017***

DEL 01 AL 30 DE SETIEMBRE DEL 2017

RESUMEN EJECUTIVO

Los Trabajos de Suministro e Instalación de Malla de Acero y Perforación de pernos de Anclaje, celebrado mediante el contrato N° **MOB-0515**, contempló realizar actividades como instalación de malla de alta resistencia STEEL GRID, instalación de pernos de anclaje y desquinche de material en talud. Los Trabajos de estabilización se desarrollarán en el Talud de Fase 5 Norte, Todos los trabajos se realizarán en talud, entendiéndose que para las actividades previas y definitivas se desarrollara los procedimientos para aprobación de la supervisión.

1. SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE

1.1 Introducción

El presente Informe de Salud y Seguridad Ocupacional nos permitirá conocer las actividades mensuales realizadas por el Departamento de Seguridad y Salud Ocupacional de Dracon Perú S.A.C., así mismo este informe contendrá fotos, cuadros estadísticos, observaciones realizadas por el cliente, medidas de control, peligros, riesgos y seguimiento de la actividad de ser considerada peligrosa por el departamento de Seguridad y Salud Ocupacional de la empresa.

1.2 Objetivos del Departamento de Seguridad y Salud Ocupacional de Dracon Perú.

- ✓ Explicar que la salud y la seguridad laborales son algo más que la prevención de accidentes; que abarcan todos los aspectos de las condiciones de trabajo;
- ✓ Explicar por qué es esencial el empeño de la dirección de las empresas para proteger la salud y la seguridad de los trabajadores;
- ✓ Explicar por qué la formación es un elemento esencial de cualquier programa de salud y seguridad;

- ✓ Reconocer los distintos riesgos laborales y algunos de los tipos de trabajos que están asociados generalmente a esos riesgos;
- ✓ Analizar los riesgos que hay en sus lugares de trabajo.
- ✓ Inspeccionar el área de trabajo a fin de mejorar y optimizar el trabajo continuo.
- ✓ Concientizar a la línea de supervisión que los costos, avance y calidad no tienen prioridad sobre el Programa de Prevención de Riesgos.
- ✓ Verificará el cumplimiento de los Planes de Prevención de Riesgos con que cuenta la empresa.

1.3 Investigación de accidentes personales y de equipo / Incidentes.

Para el mes de Setiembre NO se reportaron incidentes en el proyecto..

1.4 Actividades realizadas durante el mes

Las actividades realizadas en el mes de Setiembre fueron el la instalación de malla y la perforación de pernos de anclaje, en lo que se refiere a malla se tenía que completar los 19,610 m², solo se pudo instalar 19,0606 m², se llegó a cubrir el 97.2% de lo contractual, en lo referente a instalación de pernos se colocaron 732, 166 pernos de corona y 33 pernos de pie de los 17632 contractualmente establecidos, ésta diferencia se presenta por un cambio de diseño.

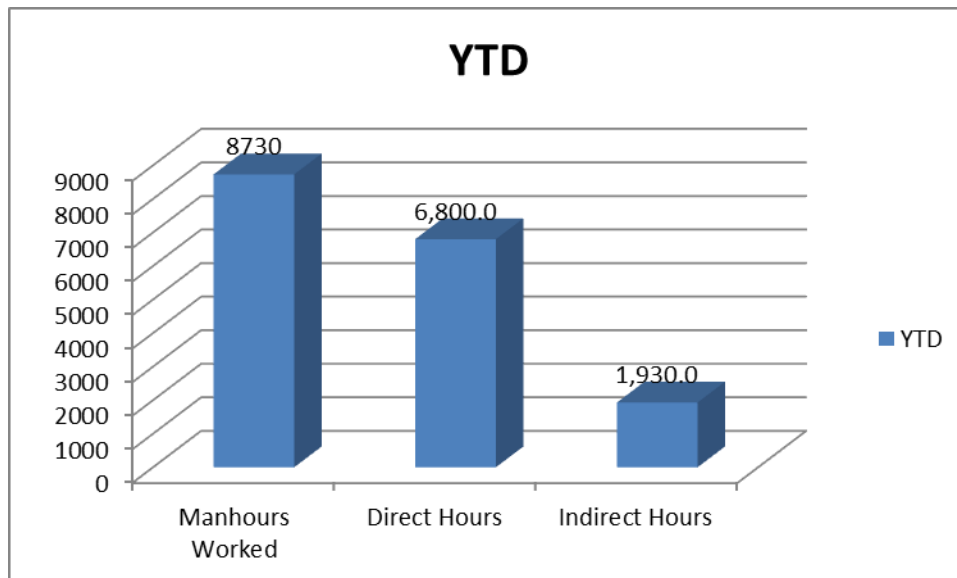
1.4.1 Estadísticas de seguridad del Proyecto

Para el mes de Setiembre se obtuvo 8730 Horas Hombre Trabajadas, de las cuales 6800 Horas Hombre correspondieron a la Mano de Obra Directa y 1930 a la Mano de Obra Indirecta. Esta información se detalla en los cuadros siguientes:

“Estudio de la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados que presentan mecanismo de falla en zona de explotación minera de la Empresa Antamina. Dragón Perú SAC”

WEEKLY REPORT										
Week: from September 27th to 30th, 2015										
N°	HS Statistics	27-sep	28-sep	29-sep	30-sep				Weekly	YTD
1	Manhours Worked								1310	8730
2	Direct Hours	260	260	260	260				1,040	6,800.0
3	Indirect Hours	60	70	70	70				270	1,930.0
4	Near Misses								0	0.0
5	Vehicle Accidents								0	0.0
6	Incidents								0	0.0
7	First Aid								0	0.0
8	Recordable								0	0.0

APRIL 13th-MONTHLY PROGRESS - ANTAMINA PROJECT



El cumplimiento en seguridad para el mes de Setiembre del 2017, fue del 100%, para el logro de éste porcentaje hubo el compromiso abierto no solo por parte de la supervisión, sino, lo más importante, el compromiso de nuestros colaboradores que consideran la **seguridad como el pilar fundamental para el logro de nuestros objetivos.**

“Estudio de la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados que presentan mecanismo de falla en zona de explotación minera de la Empresa Antamina. Dragón Perú SAC”

TRACKER: Cumplimientos Personalizados mensualmente-SETIEMBRE 2015

MACCAFERRI CONSTRUCTION SAC RUC: 20521749378








Trabajadores		
Obreros	Empleados	TOTAL
23	6	29

Responsables	Antitos			Inspeccion de R.CR.			Inspecciones			Revisión de AST			Observación de Tareas			Reporte de incidentes		
	Programado	Ejecutado	Cum. %	Programado	Ejecutado	Cum. %	Programado	Ejecutado	Cum. %	Programado	Ejecutado	Cum. %	Programado	Ejecutado	Cum. %	Programado	Ejecutado	Cum. %
Gerentes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Miguel Lucas Simón	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Residente	4	4	100	1	1	100	0	0	0	1	1	100	1	1	100	0	0	0
Alfredo Villanueva Sánchez	4	4	100	1	1	100	0	0	0	1	1	100	1	1	100	0	0	0
Supervisores	4	4	100	1	1	100	1	1	100	1	1	100	1	1	100	0	0	0
Samuel Pérez Godoy,	4	4	100	1	1	100	1	1	100	1	1	100	1	1	100	0	0	0
Marvin León Rosales	4	4	100	0	0	0	0	0	0	1	1	100	1	1	100	0	0	0
Supervisores SSOMA	4	4	100	0	0	0	1	1	100	1	1	100	1	1	100	0	0	0
Cabello Herrera Gustavo	4	4	100	0	0	0	1	1	100	1	1	100	1	1	100	0	0	0
Fernandez Urteaga Carlos	4	4	100	0	0	0	1	1	100	1	1	100	1	1	100	0	0	0
TOTAL	20	20	100	2	2	100	3	3	100	5	5	100	5	5	100	0	0	0

1.4.2 Inspecciones a las diferentes áreas de trabajo

Se realizaron inspecciones lideradas por la Residencia del proyecto, todas las observaciones fueron levantadas dentro de los tiempos solicitados por el área de seguridad.

Se adjuntan las evidencias del levantamiento de las observaciones así como el resumen de la calidad de inspección realizadas durante el mes (Ver cuadro de inspección).

MACCAFERRI									
REPORTE DE INSPECCION									
SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL									
Revisión									0
Fecha									22/09/2014
OBRA: Suministro e instalación de malla y perforación de anclajes					INSPECTOR				
UBICACION: Fase 5 Norte					MARVIN LEON ROSALES				
SECTOR: Talud superior.					FECHA		HORA		
					17/09/2015		10:30:00 a.m.		
Item	LUGAR	ACTO / CONDICION SUBESTANDAR	RIESGO	ACCION MITIGADORA	RESPONSABLE	FECHA DE CUMPLIMIENTO	EVIDENCIA FOTOGRAFICA ANTES	EVIDENCIA FOTOGRAFICA DESPUES	ESTADO
1	Fase 5	Canastilla de perforación se encuentra sobre el hombro de talud sin asegurar	3 2 1	Se coordina con la supervisión de operaciones a fin de corregir la observación.	Samuel Pérez	19/09/2015			CERRADO
2	Fase 5	Orden y limpieza deficiente en zona de almacenaje de piezas y partes	3 2 1	La supervisión de operaciones dispone el retiro de dicha canastilla de perforación.	Alfredo Villanueva	17/09/2015			CERRADO
3	Fase 5	Orden y limpieza deficiente en zona de almacenaje de piezas y partes	3 2 1	Se realiza mejoras en orden y limpieza, así mismo se hace una retroalimentación al personal de la cuadrilla de perforación norte.	Alfredo Villanueva	17/09/2015		SIN IMAGEN	CERRADO
4	BUS A60-957	Cuerda semi elástica en condiciones sub estándar, se encuentra cortada en varios sectores producto de la caída de piedras	3 2 1	Sealiza el corte de la parte afectada, y es retirada del frente de trabajo	Alfredo Villanueva	16/09/2015		SIN IMAGEN	CERRADO
5	BUS A60-957	Opas brazos de bus de transporte de personal (asientos 5 y 6), se encuentra roto.	3 2 1	Se coordinará con Administración del proyecto para coordinar su cambio.	Wilber Guerrero / Exser Atoche	22/09/2015		SIN IMAGEN	CERRADO

1.4.3 Observaciones de Tareas.

La Supervisión realizó las observaciones de tareas teniendo como base los procedimientos de Trabajo, estas OT's fueron ejecutadas aleatoriamente a los trabajadores.

1.4.4 Reuniones de coordinación semanal realizadas.

Internamente la supervisión de la empresa organiza reuniones de coordinación en donde se tratan aspectos de seguridad, logística, administrativos y operativos del proyecto.

1.4.5 Reuniones contractuales de coordinación con el Cliente

Las Reunión Contractuales se realizan de manera diaria tanto con la supervisión, Superintendencia de Geotecnia, planeamiento Mina y Voladura, para coordinar las actividades propias del contrato.

1.4.6 Programas de Capacitación Mensual.

Para el mes de Setiembre se obtuvo un total de 135.08 HHC. Se realizó Inducción Específica a trabajadores nuevos, así mismo se difundieron los procedimientos de trabajo, sensibilización, así como las Políticas de Seguridad y Salud de Antamina entre otros cursos de capacitación.

- ✓ CHARLAS DE 5 MINUTOS: En forma diaria se impartió antes del inicio de las actividades, Inducciones de 5 minutos las cuales contaron con la participación de todo el personal del proyecto.
- ✓ CAPACITACIONES SEMANALES: Durante la semana se impartieron capacitaciones con una duración mínima de 30 minutos.
- ✓ CAPACITACIONES AMBIENTALES: Durante el mes se impartieron capacitaciones dirigidas al cuidado y preservación del Medio Ambiente y se cumplió bajo los parámetros programados en el Plan de Manejo Ambiental Operativo

“Estudio de la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados que presentan mecanismo de falla en zona de explotación minera de la Empresa Antamina. Dragón Perú SAC”

PROGRAMA DE CAPACITACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN - SETIEMBRE 2015				Fecha:	01/06/2015	
OBRA :		CONTRATO MOB515: SERVICIO DE SUMINISTRO E INSTALACION DE MALLA DE ACERO Y PERFORACION DE ANCLAJES - ANTAMINA 2015				
B) INDUCCION ESPECIFICA						
FECHA	FRENTE	EXPOSITOR	TEMA	NÚMERO DE ASISTENTES	DURACION (HORAS)	H-H DE CAPACITACIÓN
02-sep	Fase 5	Gustavo Cabello Herrera	Induccion Especifica - Anexo 14-A	1	8.00	8.00
03-sep	Fase 5	Carlos Fernández Urteaga	Induccion Especifica - Anexo 14-A	1	8.00	8.00
04-sep	Fase 5	Carlos Fernández Urteaga	Induccion Especifica - Anexo 14-A	1	8.00	8.00
05-sep	Fase 5	Carlos Fernández Urteaga	Induccion Especifica - Anexo 14-A	1	8.00	8.00
						0.00
TOTAL HHC POR INDUCCION ESPECIFICA:						32.00
C) REUNIONES GRUPALES						
FECHA	FRENTE	EXPOSITOR	TEMA	NÚMERO DE ASISTENTES	DURACION (HORAS)	H-H DE CAPACITACIÓN
04-sep	Fase 5	Wylar Moyonero	Parada de Seguridad	18	0.50	9.00
06-sep	Fase 5	Marvin León Rosales	Reporte de Incidentes	19	0.83	15.83
10-sep	Fase 5	Alfredo Villanueva	Los accidentes no ocurren porque sí	23	0.83	19.17
13-sep	Fase 5	Marvin León Rosales	Procedimiento de Trabajo: Una defensa contra los accidentes	27	0.67	18.00
17-sep	Fase 5	Carlos Cordova Taza	Taller de Antitos	24	0.67	16.08
27-sep	Fase 5	Samuel Pérez Godoy	Controles ambientales	26	0.50	13.00
30-sep	Fase 5	Marvin León Rosales	Trabajo en equipo: Fin de proyecto	24	0.50	12.00
						0.00
						0.00
						0.00
						0.00
						0.00
						0.00
TOTAL HHC POR REUNIONES GRUPALES:						103.08
TOTAL DE HH MENSUAL					135.08	

1.4.7 EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL

MACCAFERRI CONSTRUCTION, de acuerdo a la naturaleza del proyecto, mantuvo una línea de control de EPP's, que abarcaba, el suministro, entrega y reemplazo del implemento, de acuerdo a los riesgos asociados a la labor que desempeñaba cada trabajador. El EPP distribuido considerable fueron: Guantes multiflex, guantes de badana, filtros, guantes de cuero, chalecos naranja, lentes oscuros y tapones de oídos.

1.4.8 No Conformidades

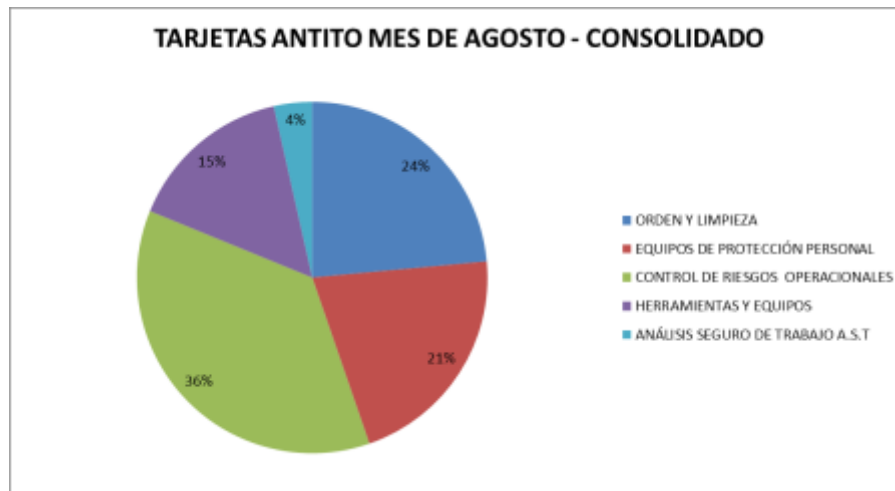
No se presentaron NO Conformidades

1.4.9 Reporte de Actos y Condiciones Sub Estándares “Antito Conversa”

Durante el proyecto en el mes de Setiembre se llegó a un cumplimiento del 92% de antitos. La mayor incidencia de actos y Condiciones sub estándar fueron en el rubro de Control de Riesgos Operacionales y dentro de ellos están los riesgos de caídas.

Cuadro de reporte de “ANTITOS” del mes de Setiembre-DRACON PERU S.A.C CONSTRUCTION

CUMPLIMIENTO DEL ÁREA			92.00%
LISTA DE CONTROL DE LAS OBSERVACIONES	AI		AS
ORDEN Y LIMPIEZA	20		4
EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL	18		1
CONTROL DE RIESGOS OPERACIONALES	31		0
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	13		0
ANÁLISIS SEGURO DE TRABAJO A.S.T	3		1
	86		6



N° 01: CUADRO DE RESUMEN ESTADÍSTICO

DESCRIPCION	Mes-Setiembre	Acumulado Proyecto
Cantidad de trabajadores promedio (D + I)	29	---
Horas / Hombres trabajadas (D + I)	8730	41,785
Accidentes Fatales	0	0
Accidentes con tiempo perdido (LTA)	0	0
Accidente con atención médica (MA)	0	0
Accidente Primeros Auxilios (FA)	0	0
Cantidad de días perdidos	0	0
Incidente con daños al Proceso / Material	0	0
Monto estimado de daños (US\$)	0	0
Índice de Frecuencia Acc. LTA. (IF)	0	0
Índice de Acci. Totales	0	0
Índice de Severidad (IS)	0	0
Tasa Incidentes Vehiculares	0	0
Índice de Accidentabilidad (*)	0	0
Participantes en Capacitación	29	0
H/H Capacitación	135.08	1124.20
Índice de Capacitación (**)	2.69	13.30

Anexo N° 5

Suministro e instalación de mallas de acero y perforación de anclajes

INDICE

- 1.0 INTRODUCCION**
- 2.0 ALCANCES**
- 3.0 OBJETIVO**
- 4.0 GENERALIDADES**
 - 4.1 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD**
 - 4.1.1 UBICACIÓN**
 - 4.1.2 ACCESIBILIDAD**
- 5.0 DESCRIPCION DEL PROYECTO**
 - 5.1 ASPECTOS GEOTECNICOS**
 - 5.2 DEFINICIONES**
 - 5.2.1 Malla Steel Grid**
 - 5.2.2 Pernos de Anclaje de 3.0 m**
 - 5.2.3 Cable para Línea de Vida**
 - 5.2.4 Cable para Línea de Corona**
 - 5.2.5 Inyección de Lechada de Cemento**
 - 5.2.6 Pruebas de Pull test**
- 6.0 EJECUCION DEL PROYECTO**
- 7.0 ESTADO DEL PROYECTO**
 - 7.1 Avance de Metrados en Periodos Valorizados.**
 - 7.2 Evolución de Curva “S”**
- 8.0 ESTRUCTURA DE CONSTRUCCIÓN**

- 8.1 Topografía**
- 8.2 Perforación para pernos de corona**
- 8.3 Perforación para pernos de línea de vida**
- 8.4 Perforación para pie de talud**
- 8.5 Colocación de cable de acero**
- 8.6 Colocación de malla Steel Grid**
- 8.7 Perforación de pernos de anclaje de 3.0 m**
- 8.8 Inyección de pernos de anclaje**
- 8.9 Pruebas de Pull test**
- 9.0 EQUIPOS Y MATERIALES**
- 9.1 Equipamiento**
- 9.2 Materiales**
- 10.0 PERSONAL EN OBRA**
- 11.0 CONTROL DE CALIDAD**
- 12.0 SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL Y MEDIO AMBIENTE**
- 12.1 Objetivos**
- 12.2 Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente**
- 12.3 Plan de acción**
- 12.4 Sub Comité de Seguridad**
- 12.5 Horas Hombre Trabajadas en Promedio**
- 12.6 Datos Estadísticos de Seguridad: Accidentes Personales**
- 12.7 Estadísticas de Seguridad: Incidentes Ambientales**
- 12.8 Estadísticas de Seguridad: Otros Accidentes**
- 13. Conclusiones**

ANEXOS

SECCION I: INFORME DE PRUEBAS PULL TEST

SECCION II: PLANOS AS BUILT

- **Lamina – Plano Topográfico - BM**
- **Lamina – Coordenadas Perimétricas**
- **Lamina – Planta General**
- **Lamina – Instalación de Malla Steel Grid**
- **Lamina – Instalación de pernos de Anclaje – L=3m**
- **Lamina – Instalación de Pernos de Corona y Cable de Acero de 12 mm**
- **Lamina – Instalación de Pernos de Pie de Talud y Cable de Acero de 12 mm**

SECCION III: PANEL FOTOGRAFICO

SECCION IV: CUADRO COMPARATIVO DE PRESUPUESTOS

SECCION V: DOSSIER DE CALIDAD

1. INTRODUCCION

Compañía Miera Antamina S.A, realiza los alcances y convocatoria a licitación CA-092/2016, y como resultado de ello firma contrato de los servicios de Dracon Perú SAC el 13 de Abril del 2017., para realizar el suministro e instalación de mallas de acero y perforación de anclajes en la fase 5 Norte. Con vigencia contractual del 13 de Abril 2017 al 24 de Setiembre del 2017 respectivamente, gestionándose una ampliación de plazo el mismo que fue ampliado por parte del cliente hasta el 30 de Setiembre del 2017.

En el presente informe se hace referencia de los trabajos ejecutados y los resultados alcanzados, durante la fase de construcción de la obra en referencia, de los procedimientos

seguidos, para los cual se adjunta la documentación técnica producida durante la ejecución así como fotografías de las actividades propias del trabajo.

El inicio de las labores de campo se registra a partir del 11 al 14 de Mayo donde el cliente desarrolla tareas de acondicionamiento de plataforma de trabajo para Dracon Perú SAC, dando inicio a operaciones de la obra en referencia el 15 de Mayo del 2017, Los trabajos se ejecutaron en forma continua y controlada bajo estrictas medidas de seguridad, normas y estándares de control de calidad, previa conformidad de las entidades supervisoras, en pleno cumplimiento de las especificaciones técnicas del proyecto.

Las entidades Supervisoras son:

- Supervisor de Construcción Dracon Perú SAC.
- Supervisor de Compañía Minera Antamina S.A - Área Geotécnica Mina
- Coordinación con Compañía Minera Antamina – Área Operaciones y Planificación Mina

2. ALCANCES

El alcance de los trabajos contratados y ejecutados por Dracon Perú SAC, están abocados a las actividades que se detallan a continuación:

- Replanteo Topográfico
- Desquinche y/o desatado de rocas sueltas.
- Instalación de mallas
- Colocación de pernos de anclajes

- Se realizaron controles de calidad respectivos para materiales y el sistema de sostenimiento colocado mediante pruebas de pull test.
- Instalación de instrumentación geotécnica prismas, para el monitoreo y control del talud.
- Instalación de Geófonos.
- Alineamiento de las actividades productivas bajo las condiciones operativas de mina.

3. OBJETIVO

Las estructuras planares que se evidencian en el talud norte de la fase 5 que han ocasionado la pérdida de banquetas dejando expuesta la posibilidad del desprendimiento de rocas y al no contar con banquetas que contribuyan a mitigar la trayectoria de las mismas, compromete operativamente y sustancialmente la continuidad productiva del mineral emplazado en la fase 5.

En tal sentido el objetivo primordial fue mitigar y controlar con el sistema de protección mallas, pernos de anclaje de esta manera se garantiza el desarrollo de los trabajos de manera segura y continua en la zona de operaciones tanto para el personal, equipos e infraestructura emplazada en el lugar además de:

- Revisión de la información geológica – geomecánica, proporcionada por la compañía Minera Antamina.
- Evaluar las características geológicas - geotécnicas del macizo rocoso, con el fin de proponer las medidas correctivas que minimizarán los riesgos de inestabilidad y caída de bloques sueltos.
- Realizar el Sostenimiento de rocas y evitar la caída a niveles inferiores.

- Garantizar un proceso constructivo acorde a los estándares del cliente y la satisfacción del mismo.

4. GENERALIDADES

4.1 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

4.1.1 UBICACIÓN

La Compañía Minera Antamina políticamente se encuentra ubicado en el distrito de San Marcos, provincia de Huari, departamento Ancash y región Ancash, aproximadamente a 4 km de la ciudad de San Marcos y a 200 km de la ciudad de Huaraz y a una altitud promedio de 4300 msnm. Exactamente el desarrollo de las labores de Dracon Perú SAC Construction SAC., se ubican en la zona de operaciones mina talud Fase 5 Norte.

4.1.2 ACCESIBILIDAD

Al complejo Minero Antamina se llega por carretera asfaltada desde la ciudad de Lima – Conococha – Campamento Antamina con un recorrido de 409 km aproximadamente. Para llegar a área de trabajo de Dracon Perú SAC Construction SAC., se desplaza dentro de las instalaciones de la compañía por vía principal afirmada, desde el nuevo campamento, pasando por main office, planta concentradora, truck shop, ovalo slot, zona de operaciones y finalmente talud fase 5 Norte.

5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

5.1 ASPECTOS GEOTECNICOS

El cliente nos proporciona información Geotécnica que a continuación compilamos, la misma que sirvió como punto de partida para formular y proponer el diseño de solución para el talud.

Durante el minado de Fase 5 Norte se fueron presentando ciertas estructuras geológicas que no se manifestaron en la fase anterior, las cuales, al descender con el minado dieron lugar a la pérdida de todas las banquetas de captación para la caída de rocas, el resultado actual es

un solo talud de 165 metros de altura aproximadamente y 80 metros de amplitud lateral promedio que da lugar a una área sin protección de 16,098 m² aproximadamente, ante tales condiciones, se ha estimado implementar un sistema de protección por medio del tendido e instalación de mallas de protección sobre la superficie del talud que aseguren la contención de la caída de rocas, también se ha estimado la instalación de anclajes para asegurar los bloques de roca suspendidos a lo largo de los planos estructurales con potencial a deslizar y las rocas que podrían desprenderse por efecto del deterioro del macizo producto de las actividades de minado.

El Macizo Rocoso es de Tipo III (RMR que varía de 50 a 55) y una resistencia a la compresión de la roca de 90 a 120 MPa, en consecuencia, se trata de un talud 100% rocoso en el cual se observan estructuras continuas, con un espaciamiento promedio de 1.0 metro, ligeramente rugosas y 46° de buzamiento hacia el pit, lo cual genera la aparición de grandes estructuras planares continuas.

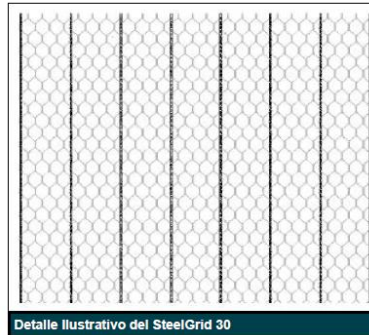
5.2 DEFINICIONES

5.2.1 Malla Steel Grid

El SteelGrid consiste en la asociación de cables de acero de 8.0mm de diámetro dispuestos longitudinalmente a cada 30 cm, a una malla hexagonal de doble torsión del tipo 8x10 cm, con la finalidad de revestir taludes evitando el desprendimiento y la caída de rocas.

Con el anclaje de los cables de acero longitudinales en el tope del talud, el sistema es capaz de ofrecer una mayor resistencia, proporcionando una capacidad de fijación más eficaz.

Malla	Resistencia Longitudinal a la Tracción (kN/m)	Espaciamiento entre cables (m)	Diámetro del cable de acero (mm)	Tipo de Malla (cm)	Diámetro del alambre (mm)	Dimensiones de Rollo (m)
Steel Grid HR 30	170	0.30	8.0	8 x 10	2.7	2 x 25.0



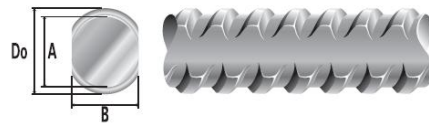
5.2.2 Pernos de Anclaje de 3.0 m

5.2.2.1 Barras helicoidales

Para la sujeción de la malla Steel Grid, se ha utilizado Pernos helicoidales de Aceros Arequipa de tipo BAHE A615-G75, que consisten en barras laminadas en caliente con resaltes en forma de rosca helicoidal, permite controlar las inestabilidades subterráneas y superficiales como elemento de refuerzo, las propiedades mecánicas según norma ASTM A615 –G75.

- Límite de Fluencia, min. (kg/cm^2) = 5,270,
- Resistencia a la tracción, min. (kg/cm^2) = 7,030.
- Alargamiento en 200 mm, min. (%) = 7

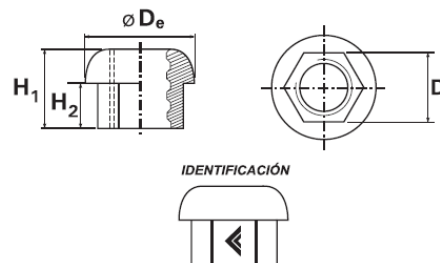
Designación	Diámetro Nominal	Diámetro Exterior (mm)	Núcleo, mm(*)		Carga Mínima Según ASTM A615		Peso Nominal (*)
			Mayor	Menor	Fluencia	Tracción	
			DO	A	B	Lbs (KN)	
# 8	25	27.9	24.4	23.0	59,300 (263)	79,000 (350)	3.85



5.2.2.2 Tuerca de Fijación

La tuerca se utilizó como complemento de la barra helicoidal, fabricada de acero, este elemento permite un adecuado posicionamiento de la placa de sujeción sobre el macizo rocoso. En el cuadro y diagrama se indican las dimensiones de la tuerca de fijación.

Diámetro Nominal	Norma de Fabricación	Dimensiones (mm)				Peso Unitario (gr)
		Diámetro Exterior (D_e)	Altura Total (H_1)	Altura de Vástago (H_2)	Distancia entre Caras (D)	
25	ASTMA198	55.1	44.5	28.0	38.1	380

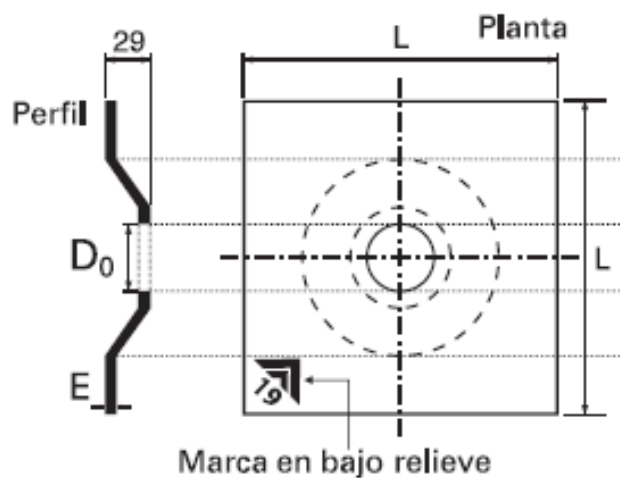


5.2.2.3 Placa de Sujeción

La placa que se utilizó es de tipo Volcán A36, como elemento de sujeción, de acero estructural perforada por la cual se desplaza la Barra Helicoidal, actúa como elemento base para el posicionamiento de la Tuerca de Fijación, permaneciendo en contacto directo con el macizo rocoso.

En el cuadro y diagrama se indican las dimensiones de la tuerca de fijación.

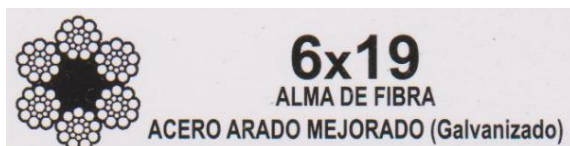
Diámetro nominal del perno de fortificación (mm)	Dimensiones en mm			
	Espesor E	Tipo	Diámetro de Orificio (D_0)	Lado (L)
25	9.5 +/-0.45	Volcán	44.0 +/-1.0	150 +/- 5.0



5.2.3 Cable para Línea de Vida de 12 mm

Se utilizó cable acerado de 12.7 mm, con alma de fibra acero arado mejorado (Galvanizado) 6x19, sirvió como elemento de anclaje para las cuerdas del personal worker, y facilitar el ascenso y descenso en toda la longitud del talud donde se desarrolla las tareas de colocación de malla y pernos de anclaje, además de servir como elemento de anclaje para las canastillas de perforación en la colocación de pernos de anclaje.

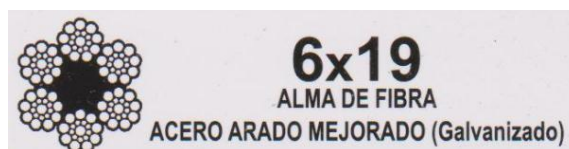
Diámetro		Peso aproximado en kg/m	Resistencia a la ruptura en Tn efectivas
mm	pulg.		
12	1/2"	0.600	8.70



5.2.4 Cable para Línea de Corona 10 mm

Se utilizó cable acerado de 10 mm, con alma de fibra acero arado mejorado (Galvanizado) 6x19, sirvió como elemento de anclaje para las mallas de Steel Grid y facilitar el tendido de la malla a lo largo y ancho del talud.

Diámetro		Peso aproximado en kg/m	Resistencia a la ruptura en Tn efectivas
mm	pulg.		
10	3/8"	0.340	4.82



5.2.5 Inyección de Lechada de Cemento

Para fijar el perno de anclaje se ha utilizado cemento Portland Tipo I y agua que cumpla con la norma ASTM C150. La mezcla consiste generalmente en cemento sin contracción y agua en una relación agua-cemento que varía de 0.400.45 (Sabatini y otros, 1999) con cemento tipo I, la cual obtiene resistencias hasta de 21 MPa.

La lechada de cemento se considera válida como única protección anticorrosiva en la zona de bulbo del perno instalado.

5.2.6 Pruebas de Pull test

La prueba se desarrolla en pernos helicoidales de 25 mm de 3.0 m de longitud, se cargó en ciclos incrementales desde una carga de referencia (pudiéndose ser cero) hasta la carga máxima de ensayo (20 – 25 Tn)

Se midió el desplazamiento de la cabeza del anclaje durante un período de tiempo (3 minutos por ciclo) para la carga máxima de cada ciclo incremental.

En el caso de pernos helicoidales colocados y adheridos con lechada de cemento, los datos de elongación de los pernos son tomados aumentando cada 2.5 toneladas de carga aplicada, por ciclo.

La lectura en el manómetro se fue registrando cada (Tn) de carga y la correspondiente elongación con la ayuda de un vernier, hasta llegar a un valor pico de (20 – 25 Tn), a partir del cual, el perno empezara a salirse del taladro y lógicamente la carga en el manómetro dejara de subir por encima de ese valor.

La cantidad de pernos a ensayar equivale al 2% (14 und), del total de pernos colocados en obra 732 und de 3.0 m c/u, y fueron seleccionados de manera aleatoria.

Capacidad de Carga en (Tn)	
Tipo perno (mm)	Tn
Barra Helicoidal de 25	25.8

Carga de Prueba en (Tn)			
Tipo de perno	Diámetro (mm)	Longitud (m)	Carga Tn
Barra Helicoidal	25	3.0	20 - 25

6. EJECUCION DEL PROYECTO

Durante la fase de ejecución del proyecto se han formulado y presentado informes semanales, en ellos se detallan las actividades productivas desarrolladas en el día a día, así como los Daily report.

Debemos señalar que desde el 11 al 14 Mayo, en coordinación con la supervisión del área de Geotécnica Mina y la supervisión del área Operaciones Mina se ejecutan labores de habilitación de plataforma de trabajo en la cresta de la fase 5, a fin de tener un área para el acondicionamiento de nuestros equipos, materiales, herramientas para la ejecución de la obra.

Desde el 15 de Mayo hasta el 30 de Setiembre del 2015 se desarrollan labores productivas, que consistieron en,

- Perforación de pernos para línea de Vida
- Perforación para línea de Corona
- Limpieza del área y desatado de rocas en talud
- Colocación de Malla Steel Grid
- Colocación de Malla de Trabajo
- Ensayos de Pull test
- Colocación de Prismas

Durante este periodo se mantuvo coordinación con la supervisión del área de Geotecnia Mina de forma diaria para la ejecución de cada una de las tareas descritas líneas arriba, también se mantuvo coordinación con la supervisión de Operaciones Mina (O3), quien nos autoriza el ingreso del ovalo la tortita hasta la plataforma de Dracon Perú SAC, así como la autorización para el inicio de nuestras labores en el talud de fase 5.

Se manejó fluidamente la interacción de las labores de Dracon Perú SAC con las actividades de operaciones mina de la fase 5, teniendo y respetando siempre la prioridad de este último. Las labores operativas de Dracon Perú SAC se han alineado con la interacción a la parte Operaciones Mina, cumpliendo con la implementación, ejecución y seguimiento de las herramientas de gestión del cliente Antamina así como la de Dracon Perú SAC.

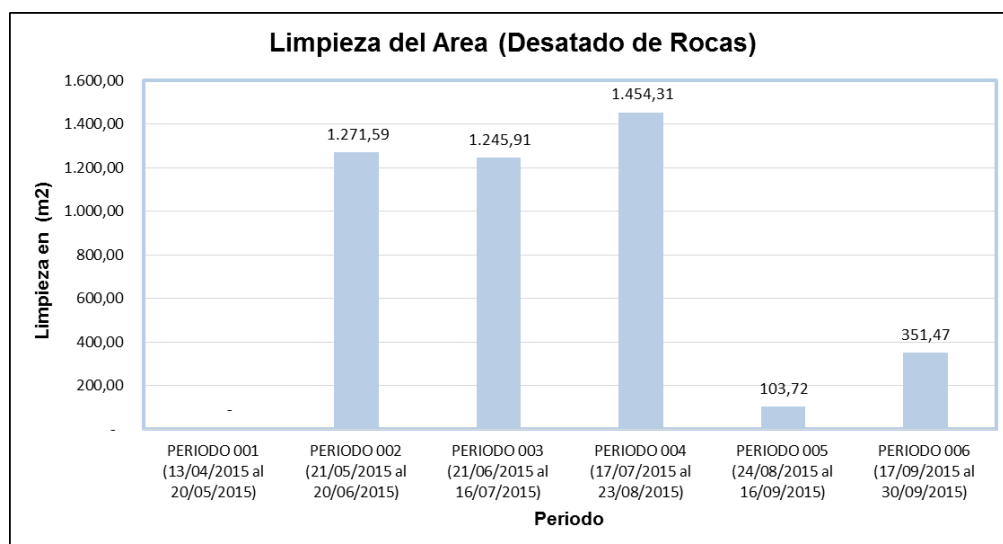
7. ESTADO DEL PROYECTO

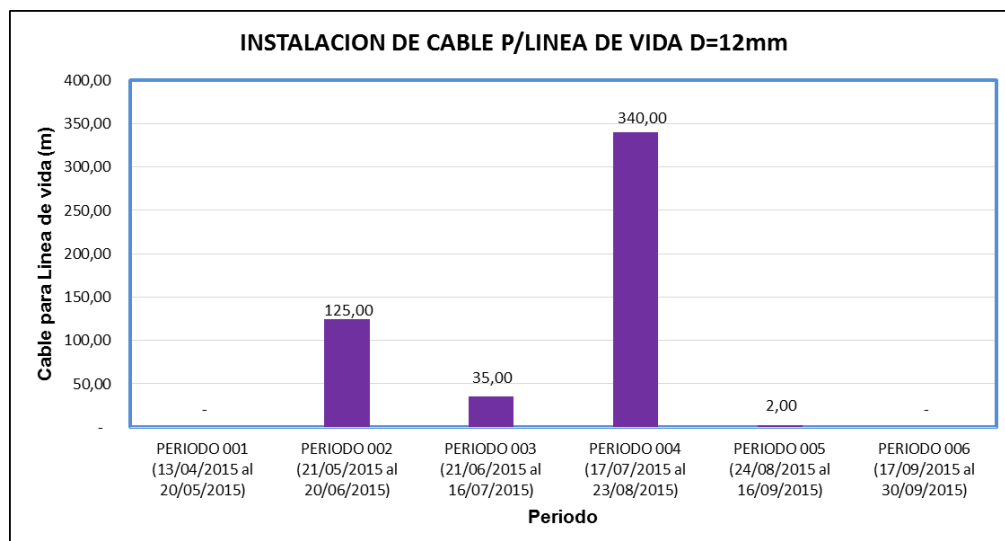
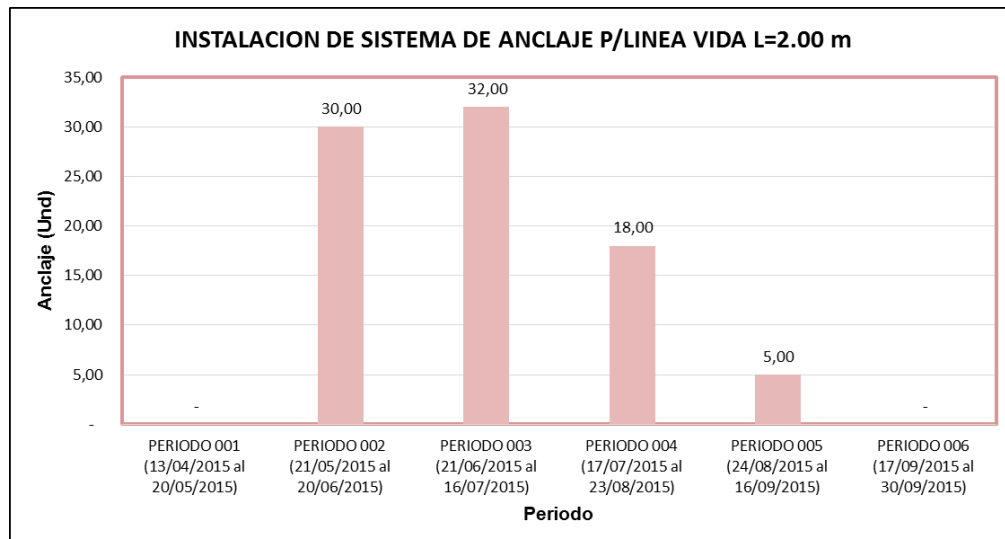
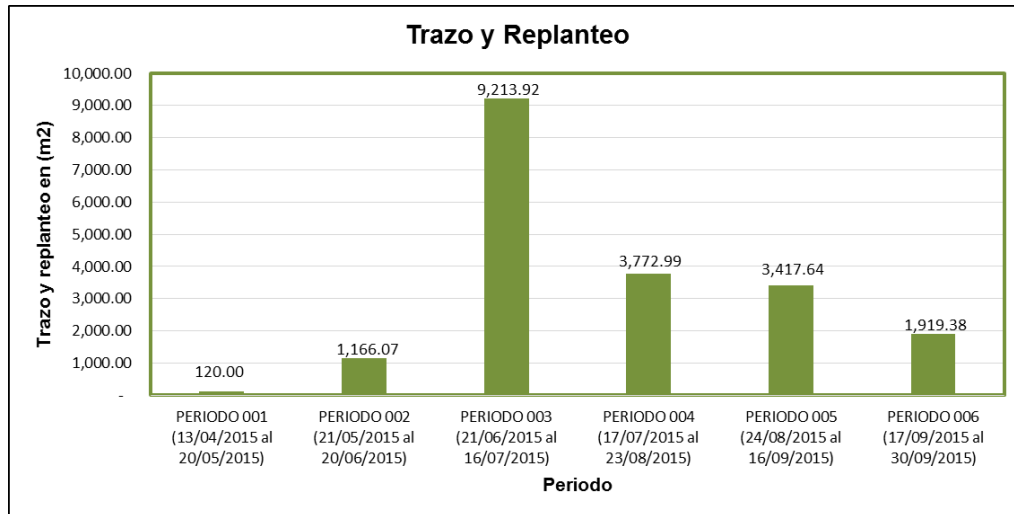
7.1 Avance de metrados por mes

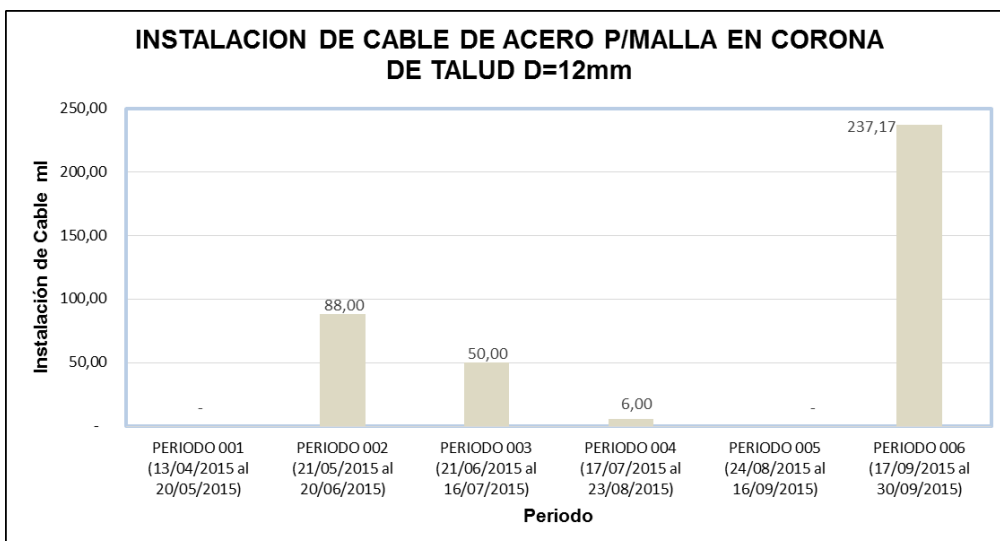
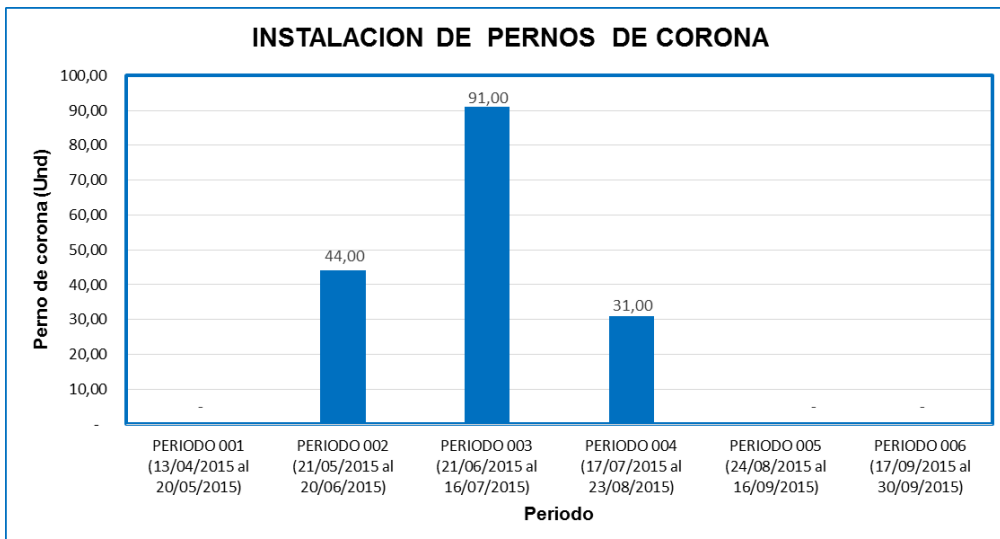
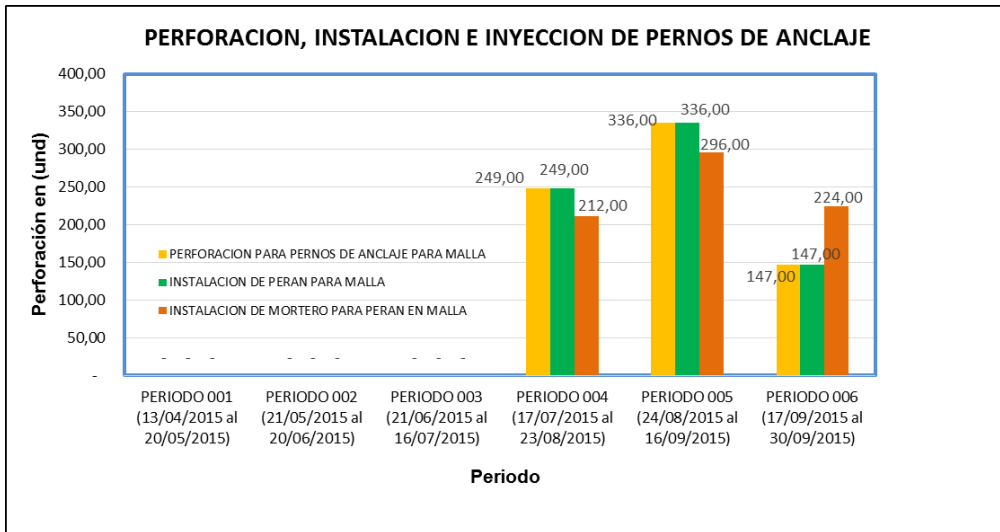
Se detalla el avance obtenido durante el periodo del 15 de Mayo al 30 de Setiembre, en ella se indican las unidades de metrado alcanzadas en cada periodo valorizado.

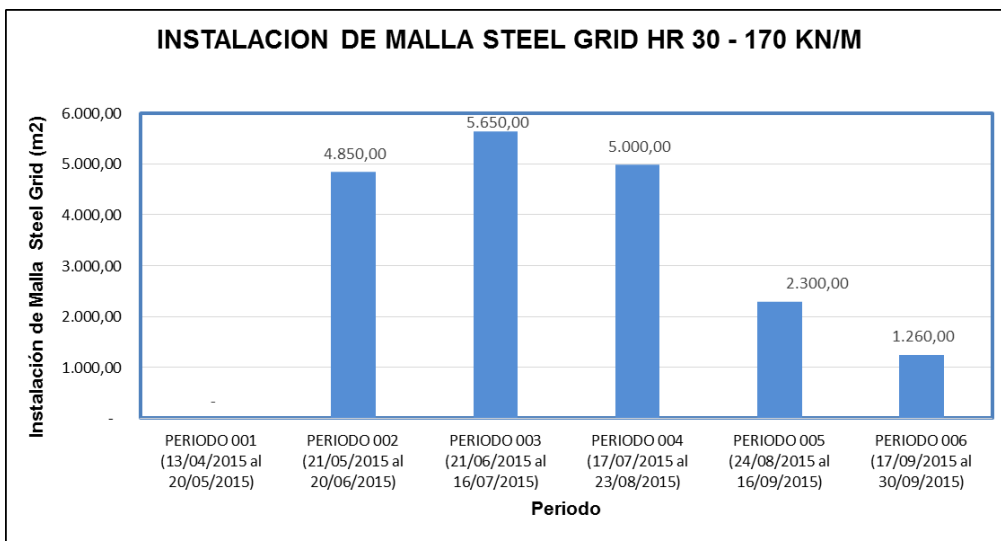
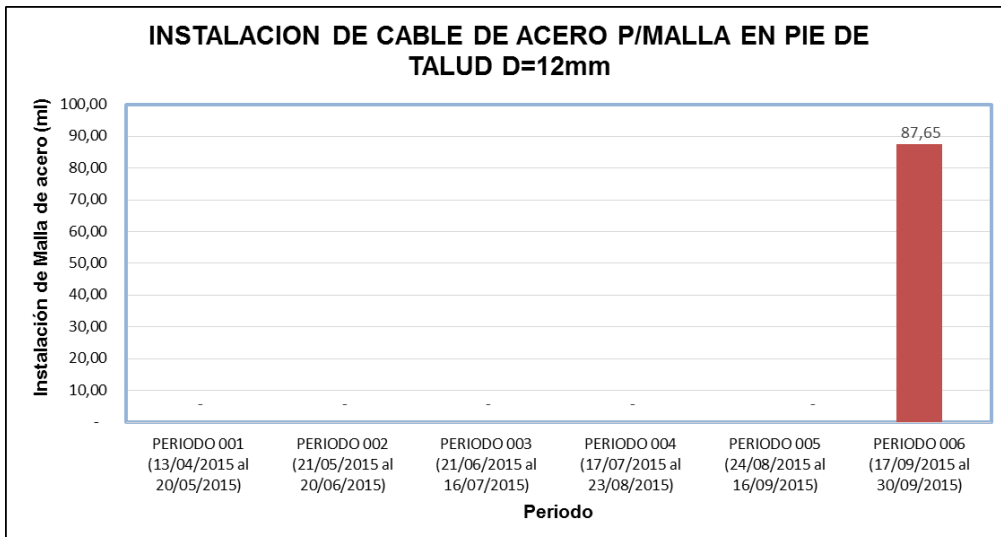
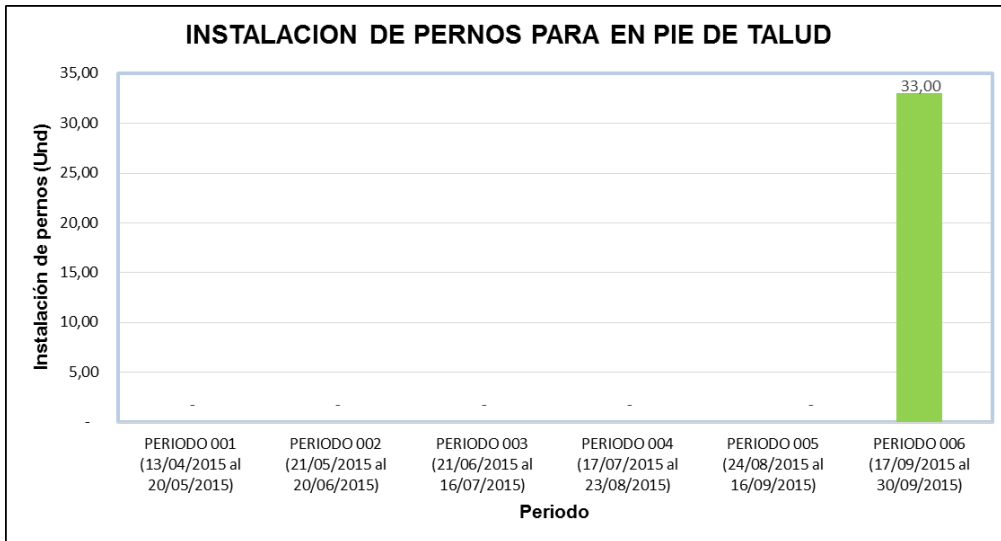
“Estudio de la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados que presentan mecanismo de falla en zona de explotación minera de la Empresa Antamina. Dragón Perú SAC”

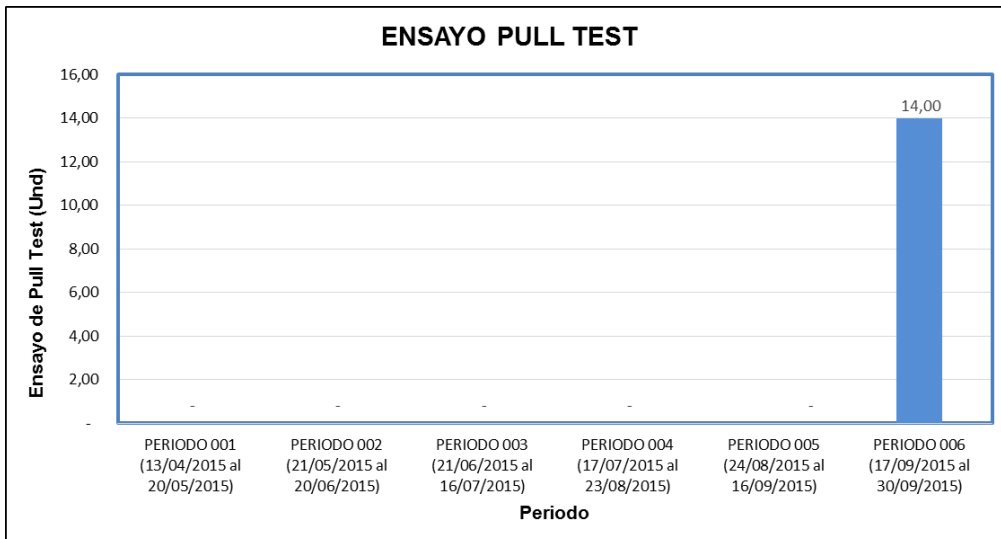
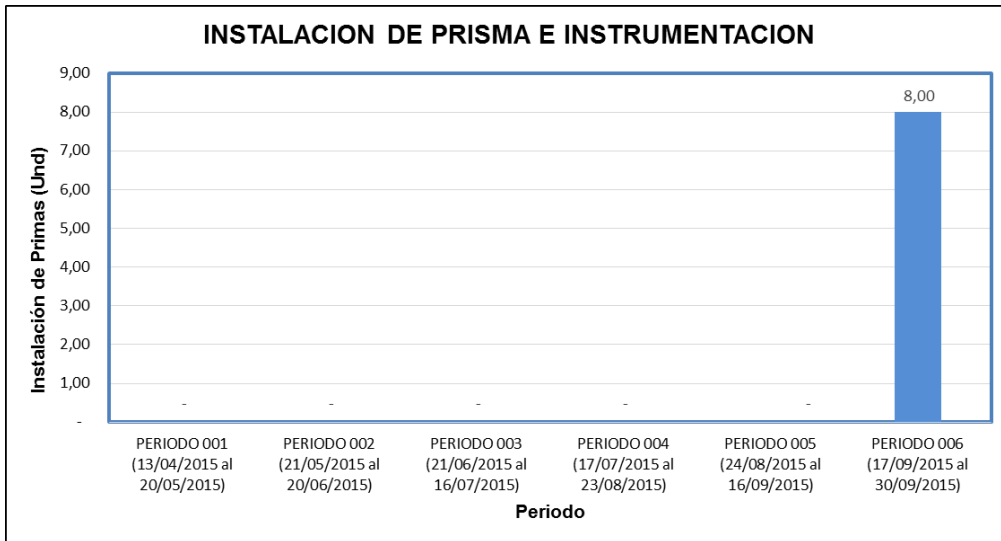
RESUMEN AVANCE DE OBRA POR PERIODO								
DESCRIPCIÓN		PERIODO						TOTAL
		1	2	3	4	5	6	
OBRAS PRELIMINARES								
Limpieza del Área (Desatado de Rocas)	m2	-	1.271,59	1.245,91	1.454,31	103,72	351,47	4.427,00
Trazo y Replanteo	m2	120,00	1.166,07	9.213,92	3.772,99	3.417,64	1919,38	19.060,00
INSTALACION DE MALLA Y BARRAS HELICOIDALES								
Líneas de vida								
INSTALACION DE SISTEMA DE ANCLAJE P/LINEA VIDA L=2.00 m	und	-	30,00	32,00	18,00	5,00	-	85,00
INSTALACION DE CABLE P/LINEA DE VIDA D=12mm	m	-	125,00	35,00	340,00	2,00	-	502,00
Pernos de Anclaje								
PERFORACION PARA PERNOS DE ANCLAJE PARA MALLA	und	-	-	-	249,00	336,00	147,00	732,00
PERFORACION PARA PERNOS DE ANCLAJE PARA SOSTENIMIENTO DE ROCAS	und	-	-	-	-	-	-	-
INSTALACION DE PERNOS PARA MALLA	und	-	-	-	249,00	336,00	147,00	732,00
INSTALACION DE PERNOS PARA SOSTENIMIENTO DE ROCA	und	-	-	-	-	-	-	-
INSTALACION DE MORTERO PARA MALLA	und	-	-	-	212,00	296,00	224,00	732,00
INSTALACION DE MORTERO PARA PERAN P/SOSTENIMIENO DE ROCA	und	-	-	-	-	-	-	-
Malla de Acero								
INSTALACION DE ANCLAJE PARA MALLA EN CORONA DE TALUD	und	-	44,00	91,00	31,00	-	-	166,00
INSTALACION DE CABLE DE ACERO P/MALLA EN CORONA DE TALUD D=12mm	und	-	88,00	50,00	6,00	-	237,17	381,17
INSTALACION DE ANCLAJE PARA MALLA EN PIE DE TALUD	und	-	-	-	-	-	33,00	33,00
INSTALACION DE CABLE DE ACERO P/MALLA EN PIE DE TALUD D=12mm	und	-	-	-	-	-	87,65	87,65
INSTALACION DE MALLA STEEL GRID HR 30 - 170 KN/M	m2	-	4.850,00	5.650,00	5.000,00	2.300,00	1.260,00	19.060,00
INSTALACION DE PRISMA E INSTRUMENTACION	und	-	-	-	-	-	8,00	8,00
PULL TEST	und	-	-	-	-	-	14,00	14,00









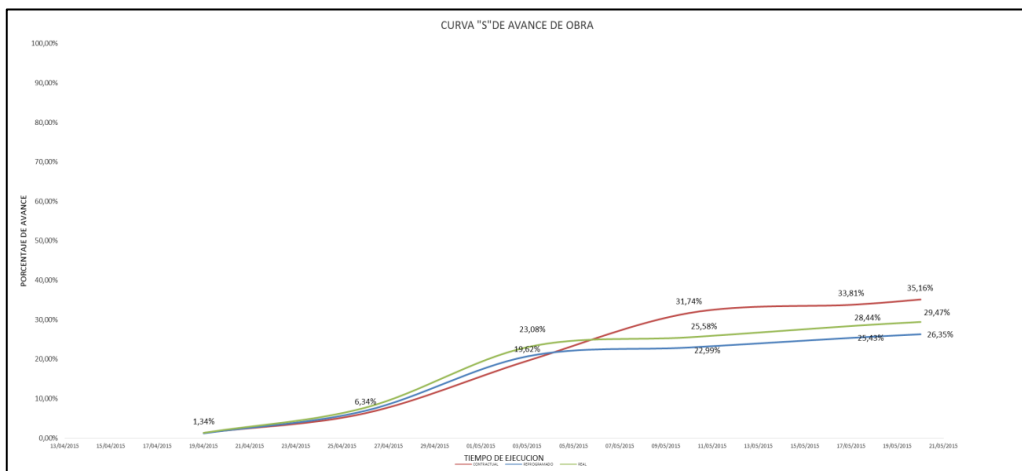
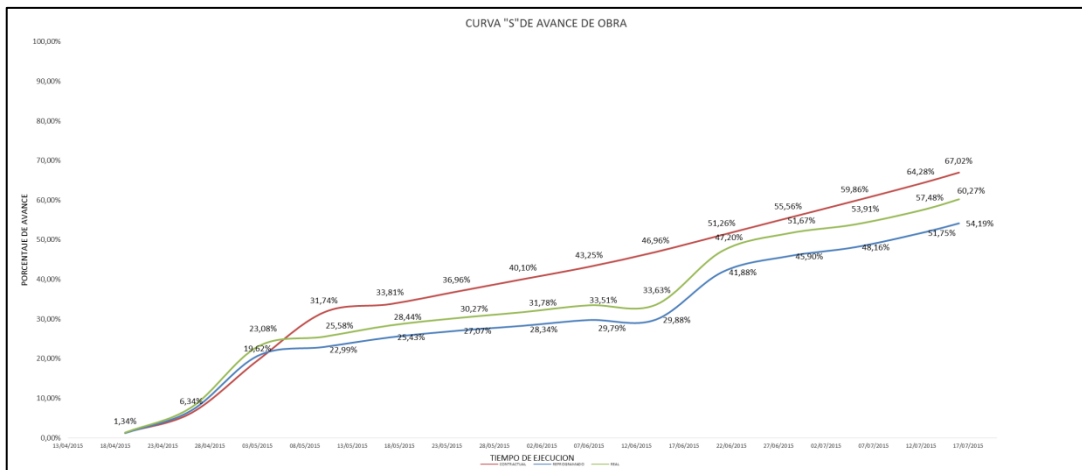
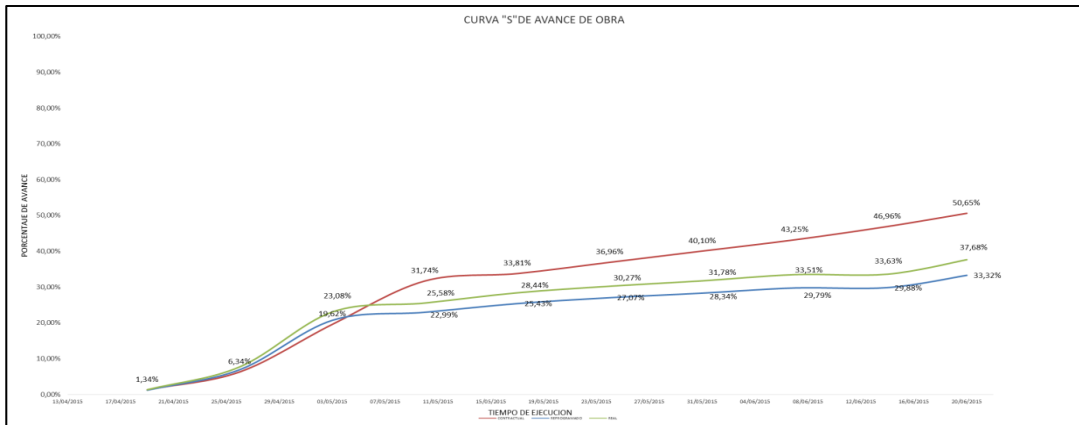


7.2 Evolución de curva “S”

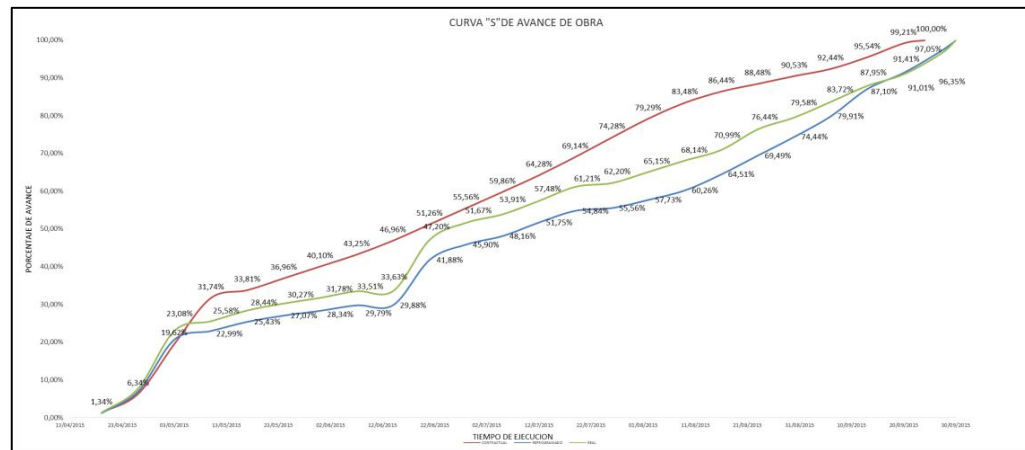
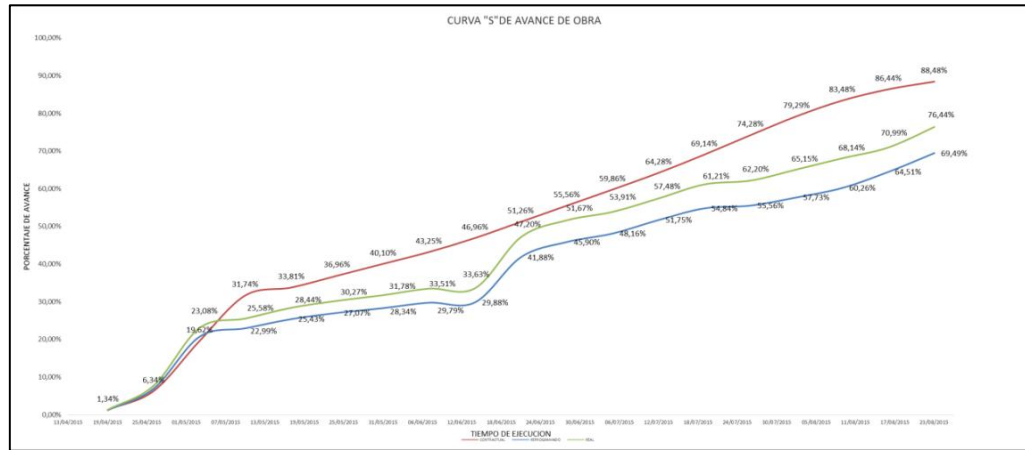
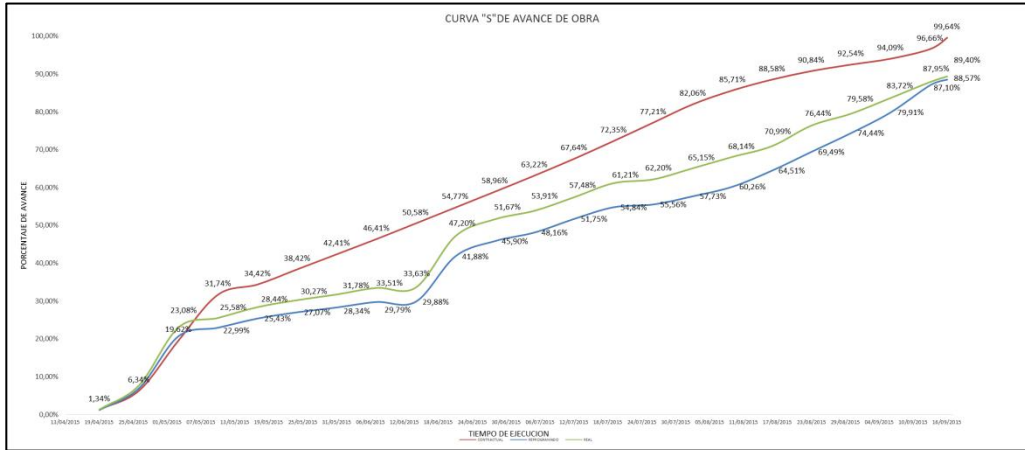
En las siguientes graficas se refleja el avance acumulado por cada periodo valorizado, respecto a la programación contractual, reprogramada vs lo ejecutado, expresado en %.

PERIODO	DEL 13-04-15 AL	% CONTRACTUAL	% REPROGRAMADO	% REAL EJECUTADO
1	21/05/2017	35.16	29.47	26.35
2	20/06/2017	50.65	33.32	37.68
3	17/07/2017	67.02	54.19	60.27
4	23/08/2017	88.48	69.49	76.44
5	16/09/2017	99.64	88.57	89.4
6	24/09/2017 30/09/2017	100	96.35	97.05

“Estudio de la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados que presentan mecanismo de falla en zona de explotación minera de la Empresa Antamina. Dragón Perú SAC”



“Estudio de la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados que presentan mecanismo de falla en zona de explotación minera de la Empresa Antamina. Dragón Perú SAC”



8. ESTRUCTURA DE CONSTRUCCIÓN

8.1 Topografía

Las labores topográficas se dieron inicio el 14 de mayo, para ello se solicitó al cliente nos proporcionen dos puntos topográficos referenciales para luego continuar con el levantamiento topográfico, los puntos habilitados están denominados como BM-1, BM-2 y estuvieron ubicados en la cresta del talud de la fase 5.

El equipo utilizado es una Estación Total, Marca TOPCON, Modelo ES-105, Serie BS2319, con certificado de Calibración N°1675.0515 emitido por GEODETIC SAC.

Punto	Coordenadas UTM		
	Norte	Este	Cota
BM-1	8945095,568	274515,355	4327,757
BM-2	8945066,428	274509,497	4325,75

Teniendo las coordenadas de arranque topográfico proporcionado por cliente, se planifican las tareas de levantamiento topográfico inicial desde la cresta del talud de la fase 5, enfocándose en levantar las coordenadas de;

- Pernos de Corona.
- Pernos para Linea de Vida.
- Perímetro de instalación de Malla Steel Grid.
- Colocación de Cables de Acero.
- Pernos de Anclaje para Malla
- Pernos para Pie de Talud
- Accesos y Banquetas.

Debemos señalar que para el desarrollo del levantamiento topográfico en general se hicieron coordinaciones permanentes con el área de Geotecnia Mina y Operaciones Mina a fin de que nos den las facilidades de ingresar a la parte baja de la fase 5 así como a la fase 6, lugares desde nos permitió hacer el barrido Topográfico del Talud en la fase 5.

Finalmente las coordenadas UTM y elevaciones, levantados de cada uno de los elementos colocados en el talud están debidamente documentadas y protocolizadas conjuntamente a los planos elaborados en gabinete, los mismos que se encuentran anexos en el Dossier de Calidad.

8.2 Perforación para pernos de corona

Los pernos de corona colocados son barras helicoidales de acero de 25 mm de diámetro y de 2.0 m de longitud, para colocar estos pernos en el talud, se realizan perforaciones de con equipo de perforación manual RH 685 con barras integrales.

A continuación se detalla la cantidad exacta de pernos de corona que fueron colocados así como su localización respecto a las banquetas.

PERNOS DE CORONA COLOCADOS						
Banqueta	Denominación según plano	Long. Perno (m)	Cant.	Inyección		Obs.
				Long. Perf.	Bls cement	
Cresta	Pc0	2	36	64,8	32,40	Pc0 (Perno de corona)
B1	Pc1	2	44	79,2	39,60	Pc1 (Perno de corona)
B2	Pc2	2	42	75,6	37,80	Pc2 (Perno de corona)
B3	Pc3	2		0	0,00	No se coloca
B4	Pc4	2	30	54	27,00	Pc4 (Perno de corona)
B5	Pc5	2	14	25,2	12,60	Pc5 (Perno de corona)
		TOTAL	152	273,6	149,40	

8.3 Perforación para pernos de línea de vida

Los pernos de corona colocados son barras helicoidales de acero de 25 mm de diámetro y de 2.0 m de longitud, para colocar estos pernos en el talud, se realizan perforaciones de con equipo de perforación manual RH 685 con barras integrales.

A continuación se detalla la cantidad exacta de pernos para línea de vida que fueron colocados así como su localización respecto a las banquetas.

PERNOS PARA LINEA DE VIDA						
Banqueta	Denominación según plano	Long. Perno (m)	Cant.	Inyección		Obs.
				Long. Perf. (m)	Bls cemento	
CRESTA	Pv1	2	11	19,8	9,9	Pv1 (Perno línea de vida)
B1	Pv2	2	10	18	9,0	Pv2 (Perno línea de vida)
B2	Pv3	2	10	18	9,0	Pv3 (Perno línea de vida)
		TOTAL	31	55,8	27,9	

8.4 Perforación para pie de talud

Se dispuso la colocación de pernos helicoidales de 25 mm de diámetro en pie de talud, para cerrar y embolsar la malla de Steel Grid, en la primera y sexta banqueta a manera de basta y obtener un acabado adecuado de la malla, a continuación se resume la cantidad de pernos de pie de talud colocados.

Ubicación	Long. (m)	Cantidad (Un)	Long. Perf. (m)	Inyec. (Bls) Cemento
1era Banqueta	2	16	32	19,2
6ta Banqueta	3	17	51	30,6
	Total	33	83	49,8

8.5 Colocación de cable de acero

Se dispuso la colocación de cables acerados para, pernos de corona de 12 mm, pernos de línea de vida de 10 mm, y finalmente para pernos de pie de talud de 12 mm, en el siguiente cuadro se resume la disposición y longitud de cable utilizado en el talud.

Denominación de Cable para	Ubicación	Diámetro de Cable (mm)	Long. (m)	Total (m)	Obs.
Pernos de Corona	Cresta	12	49,16	381,17	Colocado como definitivo
	1era Banqueta		73,20		
	2da Banqueta		121,39		
	4ta Banqueta		91,70		
	5ta Banqueta		45,72		
Pernos de Línea de vida	Global	10	502,00	502,00	Colocado provisionalmente y retirado
Pernos de Pie de Talud	1era Banqueta	12	42,89	87,65	Colocado como definitivo
	6ta Banqueta		44,76		

8.6 Colocación de malla Steel Grid

Previamente para la colocación de malla se cumplió con la instalación de pernos de línea de corona, pernos para línea de vida la limpieza y desatado de rocas en el talud, solo bajo esas condiciones se realiza el tendido de mallas de Steel Grid.

Para el empalme entre las mallas se utiliza grapas de 3/8” y Lapling, para adherir la malla a la superficie al relieve del talud y moldear la malla para ello se utiliza pernos expansivos de 1/2” de diámetro y 4” de largo.

MALLA STEEL GRID INSTALADA		
Ubicación	Nº de Paños	Area m2
Cresta	1	984,12
1era Banqueta	1	3055,16
2da Banqueta	1	3597,35
3era Banqueta	1	2857,14
4ta Banqueta	2	3866,42
5ta Banqueta	2	2628,40
6ta Banqueta	2	2071,41

8.7 Perforación de pernos de anclaje de 3.0 m

Se colocan pernos helicoidales de 25 mm de Ø por 3.0 m de longitud, la distribución mantiene una malla de perforación de 5.0 x 4.0 m. A continuación se resume la cantidad de pernos colocados en talud.

BANQUETA	Long./perno (m)	Diámetro (mm)	Cant./Banq.	Obs.
CRESTA	3.0	25	24	
B1	3.0	25	154	
B2	3.0	25	148	
B3	3.0	25	148	
B4	3.0	25	91	
B5	3.0	25	78	
B6	3.0	25	89	
		TOTAL	732	Pernos colocados

8.8 Inyección de pernos de anclaje

Los pernos colocados en el talud son inmediatamente inyectados con lechada de en proporción de cemento 0.45, en el siguiente cuadro se resume la cantidad de bolsas consumidas por metro perforado.

CONSUMO DE CEMENTO POR METRO DE PERFORACIÓN					
BANQUETA	Diámetro (mm)	Pernos (un)	Total Perf. (m)	bls. Cemento	Obs.
CRESTA	25	24	72	43,2	
B1	25	154	462	277,2	
B2	25	148	444	266,4	
B3	25	148	444	266,4	
B4	25	91	273	163,8	
B5	25	78	234	140,4	
B6	25	89	267	160,2	
	TOTAL	732		1318	

8.9 Pruebas de Pull test

Las pruebas de arranque (Pull Test) se realizan para verificar la calidad del acero y capacidad de soporte de los pernos BAHE A615¹-G75² D=25 mm L=3.00 mts. instalados en el talud de la Fase 5.

En coordinación con la supervisión del cliente Antamina se ejecutaron una cantidad de 14 ensayos, los pernos helicoidales colocados en el talud fueron elegidos de manera aleatoria y entre las banquetas B1, B2, B3, B4, B5, respectivamente, seleccionando siempre el perno que este colocado en una zona estructuralmente favorable para poder obtener datos reales de carga de los pernos, en el Anexo 1, se adjunta el Informe Técnico de las Pruebas de Pull Test.

- **Objetivo**

- Comprobar si los pernos instalados por Dracon Perú SAC Construcción SAC cumple con el estándar de Capacidad de soporte según el diseño.
- Capacitar al personal en la utilización e instalación de pernos de fricción.
- Recabar la información de las pruebas, realizadas con el equipo de Pull Test marca ENERPAC de 30 Tn de capacidad máxima de carga.

RESUMEN DE ENSAYO DE PULL TEST EJECUTADOS

PERNOS HELICOIDALES Ø 25 mm, L=3 m			CICLOS DE CARGA EN Tn ELONGACIÓN EN mm											OBS
Nº	CODIGO	FECHA	0,0	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0	
1	B2-2-5	24/09/2015	0,0	4,02	6,54	6,85	6,96	7,03	7,06	7,07	7,09			
2	B1-1-6	24/09/2015	0,0	0,74	2,08	2,22	2,26	2,31	2,34	2,37	2,39			
3	B1-16-2	24/09/2015	0,0	1,43	1,56	1,58	1,62	1,68	1,73	1,74	1,76			
4	B1-12-3	26/09/2015	0,0	1,45	1,80	1,88	1,93	1,95	1,95	1,97	1,97			
5	B2-7-3	26/09/2015	0,0	3,28	4,18	4,58	4,65	4,68	4,70	4,71	4,73			
6	B2-12-3	28/09/2015	0,0	0,52	0,76	0,95	1,00	1,03	1,05	1,07	1,08			
7	B2-8-3	28/09/2015	0,0	1,49	2,35	3,45	3,51	3,55	3,57	3,60	3,63			
8	B4-8-4	28/09/2015	0,0	1,02	1,58	2,10	2,16	2,21	2,24	2,25	2,28			
9	B5-7-3	28/09/2015	0,0	0,59	0,99	1,05	1,07	1,09	1,11	1,13	1,16			
10	B3-10-6	02/10/2015	0,0	1,25	1,54	1,63	1,71	1,76	1,78	1,81	1,82	1,82	1,83	Ensayos extraordinarios a 25 Tn solicitados por el cliente.
11	B5-2-4	02/10/2015	0,0	0,57	0,62	0,66	0,70	0,73	0,75	0,77	0,78	0,79	0,79	
12	B3-2-6	02/10/2015	0,0	0,97	1,21	1,33	1,40	1,42	1,44	1,47	1,50	1,52	1,53	
13	B3-3-5	02/10/2015	0,0	0,99	1,04	1,10	1,13	1,16	1,18	1,18	1,21	1,23	1,24	
14	B4-4-3	02/10/2015	0,0	0,95	1,31	1,39	1,46	1,48	1,52	1,54	1,58	1,60	1,61	

9. EQUIPOS Y MATERIALES

9.1 Equipamiento

El equipamiento utilizado para el desarrollo de la obra, consistió básicamente en equipos menores y de uso manual que permitió que las labores sean más versátiles en maniobrabilidad y desplazamiento, dado que el uso de los mismos se hace en el talud de la fase 5.

Equipos:

- 4 und Perforadoras Manuales RH 685
- 2 und Compresoras de aire
- 1 und Compresora de aire
- 4 und Canastillas para Perforación
- 1 und Inyectora tipo Pelicano
- 1 und Generador eléctrico
- 1 und Pull test

Herramientas:

- 3 Pistolas de impacto manuales (a batería)
- 3 Taladros manuales (a batería)
- 6 Thirfor de 3 Tn c/u.
- 12 Barretas de 5', 8'.

9.2 Materiales

A continuación se detallan los materiales esenciales que han sido suministrados para la obra, los cuales cumplen con los estándares y normas ofrecidos al cliente.

- 439 und de malla de Steel Grid de 2 x 25 m c/u,
- 285 m de Cable de acero de 12 mm de diámetro
- 567 m de Cable de 10 mm de diámetro
- 624 und de barra helicoidal de 25 mm de diámetro por 3.0 m c/u
- 166 und de barras helicoidales para pernos de corona de 2.0 m c/u
- 85 und de barras helicoidales para pernos de línea de vida de 2.0 m c/u.
- 34 und de barras helicoidales de 25 mm para pernos de pie de talud de 2.0 m c/u.

10 PERSONAL EN OBRA

El personal Staff y Worker dispuesto para la ejecución de los trabajos en el talud de la fase 5, son los que a continuación se detallan.

A. PERSONAL EMPLEADO

ITEM	APELLIDOS Y NOMBRES	CARGO
1	ANGULO VILCA, GABRIEL RUPERTO	COORDINADOR. DE OBRA
2	VILLANUEVA SANCHEZ, ANGEL ALFREDO	RESIDENTE DE OBRA
3	LEON ROSALES, MARVIN JACK	ING. DE CALIDAD
4	PEREZ GODOY, SAMUEL ELI	SUPERVISOR DE CAMPO
5	LIRA CHIOCK ADOLFO FELIPE	SUPERVISOR DE CAMPO
6	FERNANDEZ URTEAGA, CARLOS ALBERTO	SUP. SEGURIDAD
7	CABELLO HERRERA, GUSTAVO ELMER	SUP. SEGURIDAD
8	CORDOVA TAZA, CARLOS GUSTAVO	ASISTENTE DE PRODUCCION
9	SALAS ZUMAETA, ANDREI JHONATAN	ASISTENTE DE OF. TECNICA
10	PAGNINI STEFANO MARIA	ESPECILISTA ROCK FALL
11	GUERRERO RUEDA, WILBER	ADM. DE OBRA
12	ATOCHÉ DAVILA, EXCER ANTONIO	ASISTENTE ADMINISTRATIVO

B. PERSONAL WORKER

PERSONAL WORKER			
I T E M	EQUIPO	APELLIDOS Y NOMBRES	CATEGORIA
1	Compresorista	MANRIQUE ATIS, FELIX ALEJANDRO	OPERARIO
2		QUIHUI CARDENAS, JUAN YURI	OPERARIO
3	PERF. Y MALLA	FRIAS PUICON, JONATHAN RICARDO	OPERARIO
4		CARBAJAL BARRERA, WILMER	OPERARIO
5		TELLO GARCIA, JULIO CESAR	PEON
5		SARAVIA RAMIREZ, DAVID DANIEL	PEON
7	PERF. Y MALLA	BECERRA MELENDREZ, NELSON	OPERARIO
8		JALLO TORRES, RONALD RICHARD	OPERARIO
9		VARGAS RIPAS, PEDRO JOSUEE	PEON
10		PEREZ RENDON, ALFREDO	PEON
11	MALLA 1	CARBAJAL GOMEZ, FRANCISCO	OPERARIO
12		BECERRA MELENDREZ, ALIN FREDY	OPERARIO
13		MORI OLIVAS, OVER EUGENIO	OFICIAL
15	MALLA 2	BECERRA MELENDREZ, TITO	OPERARIO
16		JULCA GONZALES, DELFIN	OPERARIO
17		VALDIVIA JULCA, HYIELSON	OFICIAL
18	MALLA 3	JULCA GONZALO, AQUILEO	OPERARIO
19		CALERO DE LA O, EUGENIO	OPERARIO
20		CORZO PAUCAR, EDSON ROY	OFICIAL
21		ZAMORA AUCCASI, JONATAN ALBERTO	PEON
22	PERF. Y MALLA	FLORES ESPINOZA, JASMIR ELVIS	OFICIAL
23		HIDALGO GONZALES WILDER ALVIS	OFICIAL
24		QUISPE YAURI, JAIME	PEON
25	PERF. Y MALLA	DIAZ VALERIO, JAELEVI	OFICIAL
26		GAMARRA TRINIDAD, DAVID EDWIN	PEON
27		ESPINOZA HUAMANI, KLEIBER	PEON
28	ALMACEN	CAVERO LEVANO, JUAN PABLO ENRIQUE	PEON
29		ALEJOS RODRIGUEZ JOSMELL	PEON
30	CONDUCTORES	DELGADO LUYO, FRANK STEVE	OPERARIO
31		MARCELO GOMEZ, PERCY WILLIAMS	OPERARIO
32		CAVERO PORRAS, RICHARD LUIS	OPERARIO

11. CONTROL DE CALIDAD

La exigencia misma de Dracon Perú SAC ha determinado la implantación como norma general para sus proyectos el área de Control de Calidad (QA-QC), para obtener como éxito del servicio la satisfacción y conformidad de nuestro cliente, contemplando este control bajo tres pilares con aspectos diferentes:

- Control de Calidad del Proyecto
- Control de Calidad de los Materiales
- Control de Calidad de la Ejecución

Los mismos que están administrados bajo la denominación de DOSSIER DE CALIDAD, para este proyecto se ha elaborado la documentación necesaria que sustenta el control realizado durante el periodo constructivo del 13 de abril al 30 de Setiembre del 2017.

En el presente Informe Final de Construcción se Anexa los volúmenes correspondientes al Dossier de Calidad.

12. SEGURIDAD SALUD Y MEDIO AMBIENTE

DRACON PERÚ SAC, hace propio el compromiso y se preocupa por la satisfacción del cliente, en el que se asume el desarrollo de las actividades durante el proceso productivo, cumpliendo a cabalidad las leyes, normas y estándares establecidos por el cliente, durante la ejecución del proyecto “SERVICIO DE SUMINISTRO E INSTALACION DE MALLA DE ACERO Y PERFORACIÓN DE ANCLAJES”

En DRACON PERÚ SAC CONSTRUCTION tuvimos el deber por ley y convicción, de priorizar la seguridad y salud de nuestros colaboradores, así mismo hemos sido conscientes del impacto que ocasiona nuestras actividades durante el proceso, haciendo también propio el compromiso de todo el personal con el medio ambiente.

Por ello, se ha trabajado arduamente para prevenir cualquier accidente que pudiese suceder dentro de nuestras actividades de producción, impulsando siempre la mejora continua.

Como parte del alcance del proyecto fue la instalación de malla STEEL GRID de alta resistencia, desquinche de rocas en talud, perforación e instalación de barras helicoidales de 25mm. y 3 mts de longitud y colocación de placas y tuercas, todo esto en el talud de Fase 5 Norte del Tajo, a una profundidad aproximada de 185 mts desde la plataforma superior.

12.1 Objetivos

Prevenir los riesgos asociados a las actividades críticas en el proceso constructivo a su vez concientizar al personal formando la cultura de seguridad, no solo en trabajo si no también que forme parte de nuestra vida cotidiana.

A: Objetivo general

Fijar una visión de prevención de riesgos en todo el personal, en aquellas conductas que no forman parte de la seguridad, ligada a la normatividad y código de conducta de nuestra empresa, estipulada en el Reglamento Interno de Trabajo.

B: Objetivos Específicos

El control de riesgos inminentes que existieron en las diferentes actividades usando las herramientas de gestión evitando cualquier suceso lamentable que pudo ocasionarse durante la etapa de ejecución del proyecto.

12.2 Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente

El Sistema de Gestión de Seguridad, Salud, y Medio Ambiente, comprende el cumplimiento del planeamiento, organización, dirección, ejecución y control de las actividades encaminadas que pudieran afectar la salud o la integridad física de los trabajadores, daños a la propiedad, interrupción de los procesos productivos, degradación del medio ambiente y a las comunidades ubicadas en el área de influencia del proyecto.

El compromiso de todos los colaboradores que formaron parte de DRACON PERÚ SAC fue **cumplir** con los estándares y normas establecidas por el cliente ANTAMINA, para ello se monitoreo, se asesoró, se capacito y se apoyó en el plan de actividades, efectuando un acompañamiento permanente e intensivo en todas las actividades relacionadas a la Prevención y Protección del Medio Ambiente.

12.3 Planes de acción

Los planes de acción tomados de acuerdo a la necesidad de mejorar las condiciones de seguridad para nuestros trabajadores, tales como capacitaciones en campo, talleres de AST que fue el pilar fundamental para la ejecución de nuestro trabajo. Nuestro staff de supervisores de operaciones y de Seguridad tuvo una participación activa en la ejecución de nuestros planes de acción.

Para el presente proyecto no se presentaron planes de acción toda vez que no se evidenciaron desviaciones a los procedimientos de trabajo presentados a Antamina.

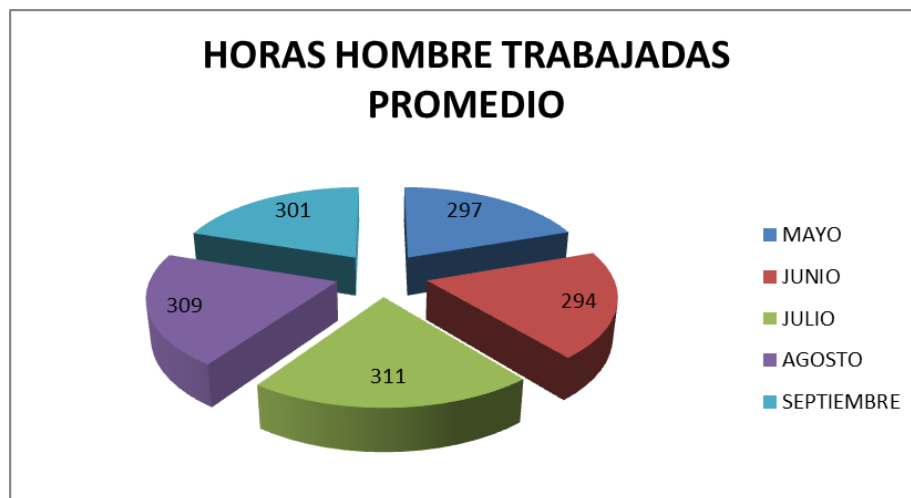
12.4 Sub Comité de seguridad de obra

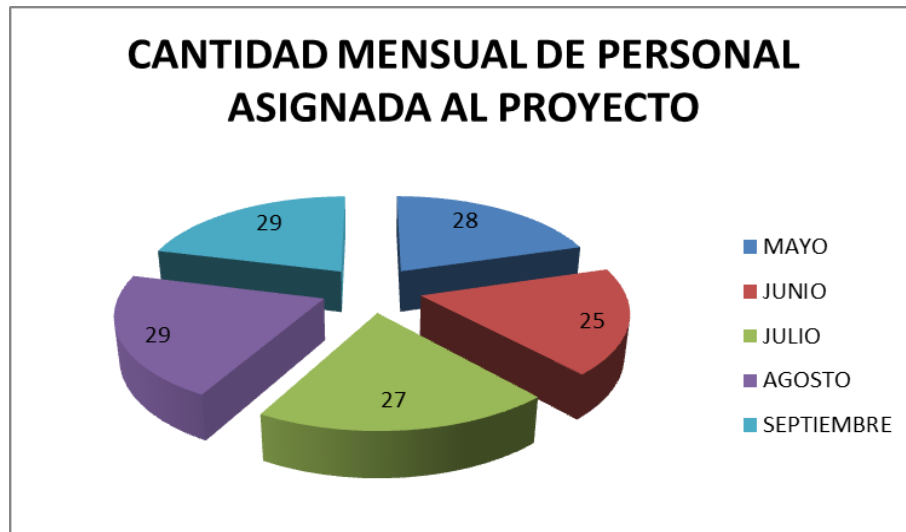
Se constituyó el COMITÉ DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO en cumplimiento al D.S. 055-2010 EM, con fecha 5 de Junio del 2015, estuvo conformado por

el Ing. Alfredo Villanueva Sánchez - Presidente, Ing. Carlos Fernández Urteaga – Secretario, Sr. Wilmer Carbajal Barrera – Representante de los Trabajadores y el Sr. Juan Pablo Enrique Cavero Lévano – Representante de los Trabajadores. Durante el periodo de trabajo se realizaron 04 reuniones en las cuales se trataron diversos temas que preocupaban a los trabajadores, los mismos que tuvieron una solución por parte de la Supervisión, Residencia y Gerencia de Obras de la empresa.

12.5 Horas hombre trabajadas promedio.

De acuerdo a lo consignado en el cuadro N° 17, la mayor cantidad de HHT promedio en el proyecto fue en el mes de Julio con un total de 311 HHT, seguido del mes de mayo con 301 HHT.





12.6 Datos Estadísticos de Seguridad: Accidentes Personales.

Durante la ejecución del proyecto no se presentaron ningún tipo de accidentes.

Cuadro Resumen accidentes Personales - Mensual

Cuadro Resumen – Incidentes con lesión														
Mes	HHT	N° DE COLABORADORES	ACCIDENTE CON TIEMPO PERDIDO		LESIÓN CON TRABAJO RESTRINGIDO		LESIÓN CON TRATAMIENTO MÉDICO		PRIMEROS AUXILIOS		DÍAS PERDIDOS		DÍAS CON TRABAJO RESTRINGIDO	
			Mes	Acumulado	Mes	Acumulado	Mes	Acumulado	Mes	Acumulado	Mes	Acumulado	Mes	Acumulado
MAYO	8325	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JUNIO	7350	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JULIO	8410	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AGOSTO	8970	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SEPTIEMBRE	8730	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total HH Proyecto*	41,785	138	0	----	0	----	0	----	0	----	0	----	0	----
Promedio	8,357	28	0		0		0		0		0		0	



12.7 Estadísticas de Seguridad: Incidentes Ambientales

Durante el período de trabajo Mayo-Setiembre, DRACON PERÚ SAC no tuvo ningún Incidente Ambiental.



12.8 Estadística de Seguridad: Otros Accidentes

Durante el período de trabajo Mayo - Setiembre, NO ocurrieron accidentes en la operación.

Cuadro resumen de Otros Incidentes

Cuadro Resumen- Otros incidentes								
EMPRESA	ALTO POTENCIAL		DAÑO MATERIAL		FALLA OPERACIONAL		CUASI ACCIDENTE	
MACCAFERRI	Mes	Acumulado	Mes	Acumulado	Mes	Acumulado	Mes	Acumulado
MAYO	0	0	0	0	0	0	0	0
JUNIO	0	0	0	0	0	0	0	0
JULIO	0	0	0	0	0	0	0	0
AGOSTO	0	0	0	0	0	0	0	0
SETIEMBRE	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	0	0	0	0	0	0	0	0

Numero de Otros Incidentes - mensual



CONCLUSIONES

- El periodo de vigencia contractual para la ejecución del servicio **MOB -0515** fue del **13 de Abril al 24 de Setiembre.**
- Con ampliación de plazo del 25 al 30 de Setiembre del 2017
- Como actividad principal del servicio, se instaló **19,060 m²** de Malla Steel Grid
- Se perforó e instaló **732 und** de pernos helicoidales de 25 mm de diámetro por 3,0 m de largo.
- En el aspecto de Seguridad, Salud y Medio Ambiente, los índices de accidentabilidad es **0.**

ANEXO N° 7

ARRIBO DE OFICINA, ALMACEN, EQUIPOS Y MATERIALES

A CAMPAMENTO ANTAMINA



Descargando Generador para el suministro de energía para almacén y oficina



Descargando Mallas Steel Grid

REUNIONES AFIANZAMIENTO CON PERSONAL WORKER Y CLIENTE ANTAMINA



Reuniones con el personal para difundir los PETS



Reunión de inicio con la Súper intendencia de Geotécnia Mina

JUNTO A SUPERVISION ANTAMINA VERIFICANDO SUMINISTRO DE MATERIALES



Suministro de cables de acero de 12 y 10 mm



Suministro de barras helicoidales de 25 mm de
diámetro x 3.0 m



Suministro de Malla Steel Grid



Grapas de 3/8” para el empalme de malla Steel
Grid.



Placas y tuercas para perno helicoidal
de 25 mm



Suministro de malla Steel Grid y malla Galfan
de trabajo

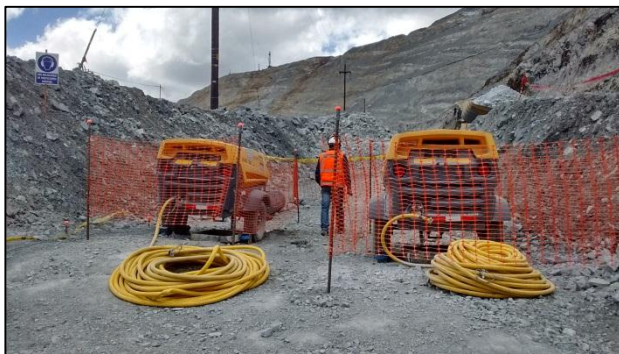
HABILITACIÓN DE AREA DE TRABAJO PARA MACCAFERRI



HACIENDO PRUEBA DE EQUIPOS



SEGURIDAD



Señalización de área de Trabajo



Personal con equipo completo de Arnés y accesorios para ascenso y descenso



Cuerdas semi estáticas utilizadas como parte del equipo de ascenso y descenso de persona en el talud





Desactivación por parte del cliente de algunos tiros cortados encontrados



Equipo detector de tormentas, habilitado de modo permanente en el frente de trabajo



Excavación de zanjas y poza para el aterramiento de nuestro almacén y oficina



Rellenado de la excavación de puesta a tierra en almacén y oficinas Maccaferri

Limpieza de banqueta con apoyo de excavadora



Limpieza manual de banquetas

REPLANTEO TOPOGRAFICO



ABASTECIMIENTO DE MALLAS EN PLATAFORMA FASE 5



SECUENCIA DE TRABAJO EN COLOCACIÓN DE MALLAS Y

PERFORACIÓN DE ANCLAJES EN TALUD FASE 5



Perforación de pernos de corona



Colocación de pernos de corona



Tipo de amarre de cuerdas para descenso de personal



Cable de Línea de vida anclada a perno para Línea de vida



Instalación de cable para línea de vida



Personal realiza descenso, guiando a la malla Steel Grid.



Descenso de personal en talud



Descenso en talud de malla Steel Grid



Colocación de grapas de 3/8” en el empalme de las mallas de Steel Grid



Colocación de Lap ling en empalme longitudinal de malla Steel Grid



Colocación de pernos expansivos de 4” para pegar la malla al relieve de la roca



Malla Steel Grid, moldeada al relieve de la roca por los pernos expansivos colocados



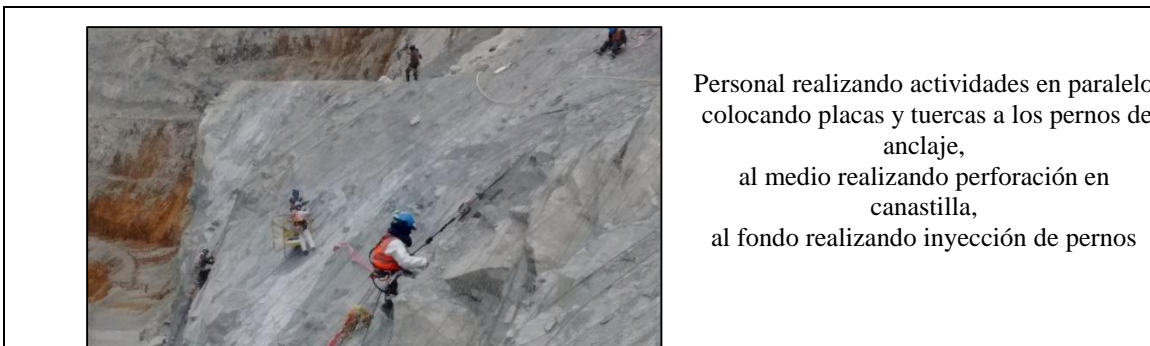
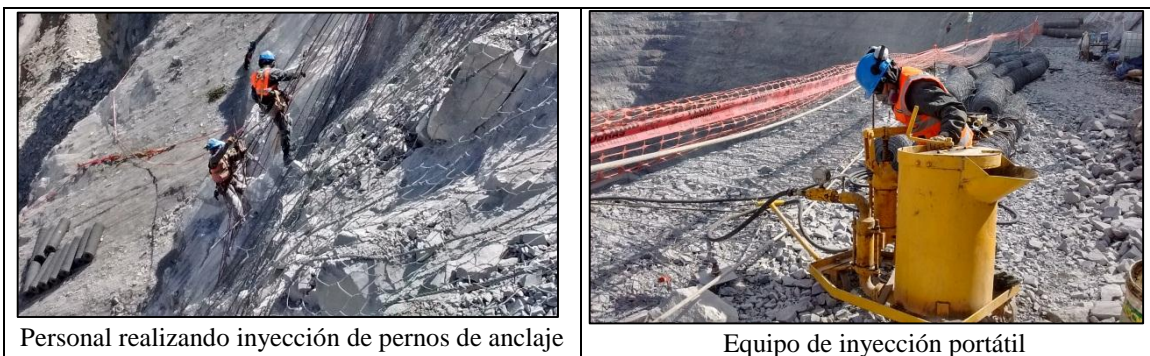
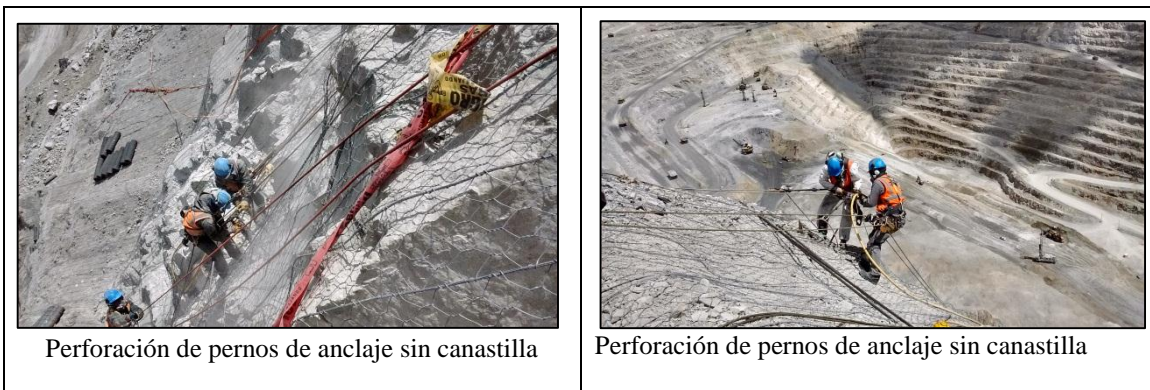
Disposición final de la malla colocada con los traslapes entre mallas con grapas de 3/8”



Tendido de Malla Steel Grid en talud



Tendido de Malla Steel Grid



PRUEBAS DE PULL TEST



Realizando pruebas de Pull Test a los pernos de anclaje colocados en talud



Lectura de elongación con pie de rey digital

TRABAJOS ADICIONALES

COLOCACION DE PRISMAS EN BANQUETAS DEL TAJO





**DESARMADO DE BARRERA DINAMICA EN ZONA DE
CHANCADORA PRIMARIA**



ANEXO 8

FORMATOS

FASE DEL PROYECTO							
CONCEPTO		PRE FACTIBILIDAD		FACTIBILIDAD		EJECUCION	PIR
1. EVALUACIÓN DE MEDIO AMBIENTE							
Ítem de Evaluación				Comentarios			
Orden y Limpieza							
Evacuación de Residuos							
Ausencia de Derrames							
Presencia de Zanjas							
Otros (especificar)							
Declaración							
Se certifica que el terreno y demás facilidades han sido devueltas por el Contratista a Antamina en las condiciones en que fueron recibidas y cumpliendo los estándares medio ambientales de Antamina. Así mismo han sido cerradas las observaciones medio ambientales.							
Representante Medio Ambiente Antamina				Firma		Fecha	
Representante Contratista				Firma		Fecha	

2. EVALUACIÓN DE SEGURIDAD							
Comentarios							
Declaración							
Se certifica que el Contratista no tiene ningún pendiente por levantar referente a incidentes de seguridad.							
Representante Salud y Seguridad Industrial Antamina				Firma		Fecha	
Representante Contratista				Firma		Fecha	

CONCEPTUAL		PRE FACTIBILIDAD		FACTIBILIDAD		EJECUCION	PIR
------------	--	------------------	--	--------------	--	-----------	-----

1. DATOS GENERALES	
Orden de Servicio y/o Contrato	
Contratista	

2. DEVOLUCIÓN DE FACILIDADES				
<input type="checkbox"/> MINA	<input type="checkbox"/> HUARMEY	<input type="checkbox"/> PINAR	<input type="checkbox"/> LIMA	<input type="checkbox"/> OTROS

“Estudio de la estabilización de taludes en macizos rocosos fracturados que presentan mecanismo de falla en zona de explotación minera de la Empresa Antamina. Dracón Perú SAC”

Se certifica que las facilidades entregadas por Antamina al Contratista MACCAFERRI CONSTRUCTION, han sido devueltas de manera conforme.

3. FIRMAS			
Nombre (Representante Contratista):		Firma:	
Nombre (Representante Antamina):		Firma:	

CONCEPTO		PRE FACTIBILIDAD		FACTIBILIDAD		EJECUCION		PIR	
----------	--	------------------	--	--------------	--	-----------	--	-----	--

1. DATOS GENERALES	
Código Contrato/Orden de Servicio	
Contratista	

2. DESCRIPCION DEL SERVICIO REALIZADO

3. OBSERVACIONES PENDIENTES DE LEVANTAR

4. FIRMAS					
Nombre (Representante Antamina)		Firma		Fecha	
Nombre (Representante Contratista)		Firma		Fecha	

El ARS sólo certifica la culminación de la obra más no significa el término del servicio o del contrato (para el término del servicio se requiere la emisión de los Entregables Finales y el levantamiento de observaciones – si las hubiera).

FASE DEL PROYECTO							
CONCEPTUAL		PRE FACTIBILIDAD		FACTIBILIDAD		EJECUCION	PIR

1. 1. CERTIFICADO DE TÉRMINO DE CONSTRUCCIÓN
<p>Este documento permite el traspaso de las instalaciones, del sistema o subsistema indicado, por parte del grupo de construcción al grupo de precomisionamiento, se emite para certificar por los que suscriben, que la construcción ha sido completada a cabalidad de acuerdo a las necesidades del cliente, especificaciones técnicas, las instrucciones del proveedor y a los procedimientos.</p>

2. FIRMAS					
Nombre (Representante de Contratista)		Firma		Fecha	
Nombre (Representante Antamina)		Firma		Fecha	
Nombre (Representante Antamina)		Firma		Fecha	

ANEXO 9

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO



Avance Panorámico al 31 de Julio.



Trabajos de Levantamiento Topográfico



Trabajos de instalación de mallas



Desmontaje de Barrera Dinámica en Chancadora Primaria



Inicio de Perforación de pernos de anclajes de 3.00 m entre la cresta y primera banqueta.

ANEXO 10

INSTALACIÓN DE MALLA DE PERFORACIÓN



PERFORACIÓN CON EQUIPO

ELABORADO	REVISADO	APROBADO
Firma	Firma	Firma

INFORME DE PERFORACIÓN DE ANCLAJES CON EQUIPO MINITRONER PARA LA INSTALACIÓN Y SOSTENIMIENTO DE MALLA STEEL GRID

Resumen:

El día 26 de junio llegó a obra el equipo minitroner

El día 31 de junio hace traslado del equipo a la primera banqueta por la rampa de acceso y con apoyo de 08 personas, luego se procede hacer una prueba de perforación en vertical, observándose que al perforar en posición vertical los rodajes que controlan el avance del carro choca con los soportes del equipo al patin, se procede a invertir los soportes y corregir el inconveniente.

El día 01 de junio se inicia el descenso del equipo con apoyo de tecles y personas de piso.

PERFORACIÓN:

Instalación y posicionamiento.

Para esta primera perforación se programa una perforación de 6.00 metros de profundidad, el área de trabajo se encuentra conformador por diferentes tipos de roca tales como mármol, horflens, exoskarn, e intrusivos, de moderado a fuerte fracturamiento con rumbos u buzamientos favorables al deslizamiento del talud.

El día 01 de julio se inicia el descenso del equipo a 3.50 metros de la primera hacia la parte inferior en un tiempo de 25 minutos con ayuda de 03 tecles con sus respectivos accesorios y 07 personas, teniendo como principal problema la topografía abrupta y el fuerte fracturamiento de hasta 2.00 metros de espesor.

Para el traslado y perforación se utiliza las siguientes herramientas y/o materiales:

- Barras R32.
- Broca de diámetro 2 ½”.
- 03 tífors para anclaje (02 en la parte delantera del trineo y 01 en la parte superior de la lanza).

PERSONAL:

- 01 Supervisor (Sr. Felipe Lira)
- 01 operadores
- 02 oficiales.
- 03 ayudantes (maniobras del equipo).

ACTIVIDAD	DURACIÓN
Traslado descenso y Posicionamiento a 3.50 metros de la cresta de la banqueta	35 min.
Perforación de taladro para anclaje de longitud de 6.00 metros	55 min.
Retiro de línea de perforación	25 min.
Traslado al siguiente punto 3.00 mts más abajo del punto anterior.	30 min.
Perforación de Taladro N° 2 longitud 6.00 metros	25 min.
Retiro de línea de perforación	20 min.
TIEMPO TOTAL ESTIMADO	03 h 10 min

CONCLUSIONES:

- Las perforaciones se realizaron cercanas al borde del talud
- Se necesita un promedio de 7 a 8 personas para el traslado del equipo de un punto a otro.
- Hay lugares donde es extremadamente difícil el posicionamiento del equipo.
- El promedio del talud a perforar es de 70°.
- Hay que tener en cuenta que también hay lugares con 105° con respecto a la horizontal del terreno lo que deja colgado al equipo y sería de gran dificultad su traslado y posicionamiento para poder perforar.





MINITRONER EN PRIMERA BANQUETA Y LISTO PARA INICIAR TRASLADO AL TALUD



INICIO DE TRASLADO A LA PARTE INFERIOR (3.00 MTS DE LA BANQUETA)



DESCENSO CON AYUDAR DE TIRFORS (03) Y 7 PERSONAS



EQUIPO LISTO Y POSICIONADO PARA INICIAR PERFORACIÓN



**PERFORACIÓN DE TALADRO A 3.00 MTS DEL BORDE DE LA BANQUETA Y UNA
PROFUNDIDAD DE 6.00 MTS**



POLVO PRODUCTO DE LA PERFORACIÓN.



POLVO PRODUCTO DE LA PERORACIÓN A 3.00 MTS DE LA PRIMERA BANQUETA



**TRASLADO AL SIGUIENTE PUNTO DE PERFORACIÓN A 6.00 MTS DEL BORDE DE LA
BANQUETA HACIA LA PARTE INFERIOR**



PERFORACIÓN DEL SEGUNDO TALADRO DE 6.00 MTS DE PROFUNDIDAD



POLVO PRODUCTO DE LA PERFORACIÓN DEL SEGUNDO TALADRO



ANEXO 10. FUNCIONES REALIZADAS

DESCRIPCION	Mes-Julio	Acumulado Año
Cantidad de trabajadores promedio (D + I)	25	25
Horas / Hombres trabajadas (D + I)	7550	21754
Accidentes Fatales	0	0
Accidentes con tiempo perdido (LTA)	0	0
Accidente con atención médica (MA)	0	0
Accidente Primeros Auxilios (FA)	0	0
Cantidad de días perdidos	0	0
Incidente con daños al Proceso / Material	0	0
Monto estimado de daños (US\$)	0	0
Índice de Frecuencia Acc. LTA. (IF)	0	0
Índice de Acci. Totales	0	0
Índice de Severidad (IS)	0	0
Tasa Incidentes Vehiculares	0	0
Índice de Accidentabilidad (*)	0	0
Participantes en Capacitación	22	22
H/H Capacitación	279	612
Índice de Capacitación (**)	3.69	2.81

1. Aspectos de seguridad y medio ambiente

a. Índices de Seguridad:

- 1.1.
- 1.2.

b. Accidentes Ocurridos.

Ninguno.

2. Avance del Contrato

a. Estado del Proyecto (Fecha: Al 31/07/2018)

Avance Real del Proyecto : 43.51%

Avance Real respecto al Contractual (ARC): 53.02%

Avance Real (AR) respecto al Reprogramado (ARR) : 82.54%

Porcentaje de atraso respecto al Contractual: 38.55 %

Porcentaje de atraso respecto al Reprogramado : 9.20 %

b. Avance del Proyecto

Actividades realizadas:

➤ Semana 27 (De 01//07/2018 al 05/07/2018)

- Se realiza 3 perforaciones e inyecciones para corona y 24 perforaciones e inyecciones para línea de vida en el lado Norte y Sur.
- Se instala 9 rollos (450 m²) de malla SteelGrid y 4 rollos (400 m²) de malla de trabajo.
- Se realiza el tendido de cable para línea de corona (34 m) y cable para línea de vida (80 m) en la segunda banqueta del lado norte y sur.
- Se realiza el desquinche de la segunda banqueta en un área aproximada de 195 m².
- Se realiza 2 perforaciones de 6 m. con equipo Minitroner para prueba y evaluación en la primera banqueta del lado Sur.

➤ Semana 28 (De 06//07/2018 al 12/07/2018)

- Se realiza 17 perforaciones e inyecciones para línea de vida en el lado Norte y Sur.
- Se instala 42 rollos (2100 m²) de malla SteelGrid.
- Se realiza el tendido de cable para línea de corona (50 m) y cable para línea de vida (42 m) en la segunda banqueta del lado norte y sur.
- Se realiza el desquinche de la segunda banqueta en un área aproximada de 437.50 m².

➤ Semana 29 (De 13//07/2018 al 19/07/2018)

- Se realiza 7 perforaciones e inyecciones para corona.
- Se instala 15 rollos (750 m²) de malla SteelGrid.

- Se realiza el desquinche de la segunda banqueta en un área aproximada de 188 m².

➤ **Semana 30 (De 20//07/2018 al 26/07/2018)**

- Se instala 7 rollos (350 m²) de malla SteelGrid.
- Se realiza el tendido de cable para línea de vida (140 m) en la segunda banqueta del lado norte.
- Se realiza el desquinche de la segunda banqueta en un área aproximada de 369 m².
- Inicio de Stand by del día 23 al 26 de julio, elaborándose actividades adicionales de Desmontaje de Barrera Dinámica durante estos días.

➤ **Semana 31 (De 27//07/2018 al 31/07/2018)**

- Se realiza 21 perforaciones instalaciones e inyecciones de pernos helicoidales de 3.00 m. en el talud entre la cresta y la primera banqueta de lado norte.
- Se instala 7 rollos (350 m²) de malla SteelGrid.
- Los días 27 y 28 de julio de stand by, se elaboran actividades adicionales de Desmontaje de Barrera Dinámica, concluyéndose las actividades de desmontaje para su posterior almacenamiento y elaboración de su inventario.
- Los días 28, 29 y 31 se realiza la perforación, instalación y señalización de 13 prismas en la FASE 6, segunda banqueta.

Nota: Desmovilización de compresora XAS185 -008 el día 17 de julio del 2018.

RESUMEN MES DE JULIO			
OBRAS PRELIMINARES		AVANCE DEL MES	AVANCE ACUMULADO
Limpieza del Área (Desatado de Rocas)	m²	1149	2884
INSTALACION DE MALLA Y BARRAS HELICOIDALES			
Lineas de vida			
INSTALACION DE SISTEMA DE ANCLAJE P/LINEA VIDA L=2.00 m	und	32	70
INSTALACION DE CABLE P/LINEA DE VIDA D=12mm	m	262	452
Pernos de Anclaje			
PERFORACION PARA PERNOS DE ANCLAJE PARA MALLA	und	21	21
PERFORACION PARA PERNOS DE ANCLAJE PARA SOSTENIMIENTO DE ROCAS	und	0	0
INSTALACION DE PERNOS DE ANCLAJE PARA MALLA	und	21	21
INSTALACION DE PERNOS DE ANCLAJE PARA SOSTENIMIENTO DE ROCA	und	0	0
INSTALACION DE MORTERO PARA PERNOS DE ANCLAJE EN MALLA	und	21	21
INSTALACION DE MORTERO PARA PERNOS DE ANCLAJE P/SOSTENIMIENTO DE ROCA	und	0	0
Malla de Acero			
INSTALACION DE ANCLAJE PARA MALLA EN CORONA DE TALUD	und	27	135

INSTALACION DE CABLE DE ACERO P/MALLA EN CORONA DE TALUD D=12mm	m	84	144
INSTALACION DE ANCLAJE PARA MALLA EN PIE DE TALUD	und	0	0
INSTALACION DE CABLE DE ACERO P/MALLA EN PIE DE TALUD D=12mm	m	0	0
INSTALACION DE MALLA STEEL GRID HR 30 - 170 KN/M	m2	4000	11350
INSTALACION DE MALLA DE TRABAJO	m2	400	2000

3. Curva “S”

a. Curva “S”

4. Avance de Servicios Adicionales

- Desmontaje de barrera dinámica

El día jueves 23 de julio se realiza el PETS e IPERC para los trabajos de Desmontaje de Barrera Dinámica en Chancadora Primaria, presentándose al Ing. Richard Laura para su revisión y aprobación.

En coordinación con el Ing. Carlos Aguirre y el Ing. Linder Carnero se inicia los trabajos de desmontaje de barrera dinámica a las 3:00 pm. del mismo día.

Se realizan actividades de señalización y delimitación de perímetro de trabajo en la Chancadora Primaria para luego realizar actividades como desatadas de grilletes, desatadas de mallas de doble torsión y redes de Geobrugg.

El día viernes 24 de julio, se continúan las actividades de desmontaje de Barrera Dinámica en Chancadora Primaria. Se realizó el desatado de 20 mallas de doble torsión.

El día sábado 25 de Julio, se continúan las actividades de desmontaje de barrera dinámica en Chancadora Primaria. Se realizó el desatado de 10 redes de Geobrugg ROCCO RX150 de 4 m x 8.5 m.

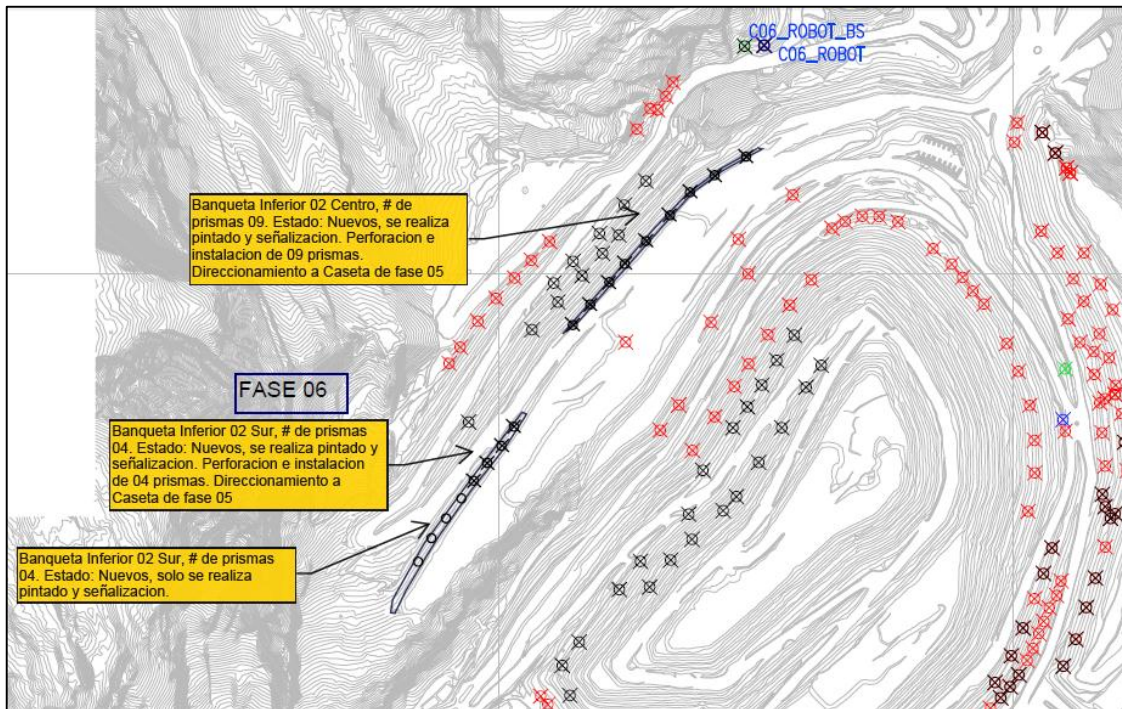
El día domingo 26 de Julio, se continúa las actividades de desmontaje de barrera dinámica en Chancadora Primaria. Se realizó el desatado de 4 redes de Geobrugg ROCCO RX150 de 4 m x 8.5 m., desmontaje de 4 Postes HEB 200 Galvanizado y desinstalación de Cable de tensión lateral.

El día lunes 27 de julio, se desinstala 2 Postes HEB 200 Galvanizado, no se continua con actividades por haber un cable de fibra óptica que se encuentra adosado en uno de los postes. Se deja la coordinación con el cliente el retiro de este cable.

El miércoles 29 de julio, se desinstala los 2 Postes HEB 200 Galvanizado restantes y accesorios, concluyéndose con el desmontaje total de esta tarea, se presenta al cliente con carta cons088-mac-009-2018 de fecha 29-07-2018, anexando el inventario final de los elementos de la barrera dinámica.

ITEM	DESCRIPCION	Unidad	23- jul	24- jul	25- jul	26- jul	27- jul	28- jul	29- jul	Cantidad
1	MALLA DE DOBLE TORSION	und	-	20	-	-	-	-	-	20
2	RED TIPO GEOBRUGG ROCCO RX150	und	-	-	10	4	-	-	-	14
3	POSTE HEB 200	und	-	-	-	4	2	-	2	8
4	CABLES DE SOPORTE INFERIOR DE 60 m.	rollo	-	-	-	1	1	-	-	2
5	CABLES DE SOPORTE SUPERIOR DE 60 m.	rollo	-	-	1	1	-	-	-	2
6	CABLE DE TENSION LATERAL	und	-	2	2	2	2	-	-	8
7	TENSORES	und	-	1	1	4	1	-	1	8
8	GRILLETES DE 5/8"	und	-	110	100	130	-	-	-	340
9	GRILLETES DE 1/2"	und	-	120	-	150	48	-	-	318
10	PLACAS	und	-	2	1	2	3	-	-	8
11	TUERCAS DE 35 mm.	und	-	-	1	3	2	-	-	6
12	CANDADOS DE 22 mm.	und	-	30	48	-	20	-	-	98

INSTALACIÓN DE PRISMAS



MAPEO DE PRISMAS DEL DIA 28, 29 Y 31 DE JULIO

Día 28 de Julio

Previa coordinación del ing. Alfredo Villanueva con el ing. Iker Quispe se da inicio a los trabajos para la instalación de geófonos en fase 5.

Se realizó la perforación, instalación y señalización de 03 prismas ubicados en la segunda banqueta inferior centro.

Día 29 de Julio

Se realizó la perforación, instalación y señalización de 04 prismas ubicados en la segunda banqueta inferior centro.

Día 31 de Julio

Se realizó la perforación, instalación y señalización de 02 prismas ubicados en la segunda banqueta inferior centro.

Se realizó la perforación, instalación y señalización de 04 prismas ubicados en la segunda banqueta inferior sur.

Se realizó la señalización de 04 prismas ubicados en la segunda banqueta inferior sur.