

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

**“MONITOREO CON PERNOS EXTENSOMETROS PARA EL
CONTROL DE LA ESTABILIDAD EN LA GALERÍA 100 DE LA
MINA MONKEY BLUE – APURIMAC”**

PRESENTADO POR:

BACH. Uber Julian Bocangelino Valer

Para Optar al Título Profesional de Ingeniero
de Minas.

ASESOR: Máximo Victor Mayta Lino

CUSCO-PERÚ

2021

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mi familia que siempre me acompaña y me da su ayuda en las diferentes etapas de mi vida y sobre todo en esta última etapa tan importante para mi formación como profesional en ingeniería de Minas.

Agradecimientos

Agradezco al Ingeniero Fredy (Ingeniero Residente) y Jorge (Jefe de Guardia) equipo de la Mina Monkey Blue por la ayuda brindada en este trabajo de investigación

Índice

Dedicatoria	II
Agradecimientos.....	III
Índice de Gráficos	VII
Índice de Figuras	VIII
Índice de Cuadros.....	X
Índice de Fotografías	XII
Introducción.....	13
Resumen	15
Abstract	16
CAPÍTULO I.....	17
PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACION - MARCO METODOLOGICO.....	17
1.1.- Problema de investigación	17
1.1.1.- Problema General.....	18
1.1.2.- Problemas Específicos.....	18
1.2.- Objetivos de investigación	19
1.2.1.- Objetivo General	19
1.2.2.- Objetivos Específicos.....	19
1.3.- Justificación	19
1.3.1.- Justificación Teórica	19
1.3.2. - Justificación Practica.....	19
1.4.- Alcances	20
1.5.- Hipótesis.....	20
1.5.1.- Hipótesis General	20
1.5.2.- Hipótesis Específicas	20
1.6.- Variables e indicadores	20
1.7.- Metodología del Estudio	21

1.7.1.- Tipo de Investigación	21
1.7.2.- Nivel de Investigación.....	21
1.7.3.- Población y Muestra.....	21
1.7.4.- Delimitación de la investigación.....	22
1.8.- Matriz de consistencia.....	23
CAPÍTULO II.....	24
MARCO TEÓRICO	24
2.1.- Antecedentes de la investigación	24
2.2.- Bases teóricas	26
2.2.1.- Concepto de Monitoreo	26
2.2.2.- Estabilidad en mina	27
2.2.3.- Instrumentos de monitoreo de estabilidad.....	36
2.2.3.1.- Monitoreo de desplazamientos.....	36
2.2.3.2.- Monitoreo de esfuerzos	41
2.2.4.- Geomecánica	45
CAPÍTULO III	57
DESCRIPCION DE LA UNIDAD DE INVESTIGACION	57
3.1.- Ámbito de trabajo.....	57
3.2.- Descripción Geológica y Geomecánica del Ámbito de Trabajo	58
3.3.- Evaluación Geomecánica y Selección de sostenimiento Gal 100.....	64
3.4.- Logueo Geotécnico de Testigos de Perforación.....	70
CAPÍTULO IV	73
RECOLECCION PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS.....	73
4.1.- Recolección de datos con Perno extensómetro	73
4.2.- Aplicación de Perno extensómetro	78
4.3.- Procesamiento de datos y Monitoreo de Perno Extensómetro.....	81
3.8.- Aplicación de otros métodos de monitoreo de estabilidad.....	84

4.4.- Análisis de la Estabilidad en labores de minado	87
4.5.- Análisis Económico de los métodos de monitoreo de estabilidad	88
CAPÍTULO V	91
DEMOSTRACION DE OBJETIVOS Y LA HIPOTESIS	91
5.1.- Resultados de Evaluación con Perno Extensómetro	91
5.2.- Resultados de Evaluación con otros métodos de monitoreo	92
5.3.- Resultados de la Evaluación de Estabilidad	93
5.4.- Resultados de la Evaluación Económica del monitoreo	94
5.5.- Resultados modelamiento de tensiones con software Phase 2	94
5.6.-Propuesta Mejora	96
CONCLUSIONES.....	98
RECOMENDACIONES	100
BIBLIOGRAFÍA.....	101
ANEXOS.....	102
ANEXO N°1 PLANO GEOLOGICO	103
ANEXO N°2 PLANO GEOMECANICO.....	104
ANEXO N°3 FICHA TECNICA GALGA EXTENSOMETRA.....	105
ANEXO N°4 FICHA TECNICA EQUIPO DE MEDICION	111
ANEXO N°5 RESULTADOS EVALUACION PERNO EXTENSOMETRO	116
ANEXO N°6 RESULTADOS OTROS METODOS DE MONITOREO	121
ANEXO N°7 RESULTADOS EVALUACION ESTABILIDAD.....	125

Índice de Gráficos

Gráfico N° 1 Convergencia vs tiempo	38
Gráfico N° 2 Velocidad Convergencia vs Tiempo.....	39
Gráfico N° 3 Evolución de carga soportada en el concreto	43
Gráfico N° 4 Evolución de víctimas mortales por desprendimiento de roca	97

Índice de Figuras

Figura N° 1 Efecto escala desde roca intacta hasta un macizo rocoso muy fracturado	27
Figura N° 2 Relevancia del estado tensional en el diseño del sostenimiento en una galería	30
Figura N° 3 Efectos que contribuyen a separar el campo tensional	32
Figura N° 4 Tensión vertical en función a la profundidad	33
Figura N° 5 Valoración de la relación entre tensión horizontal y vertical	33
Figura N° 6 Tensiones principales inducidas alrededor de una galería	34
Figura N° 7 Trayectorias de las tensiones principales mayor y menor que se producen alrededor de una cavidad	35
Figura N° 8 Ubicación de los puntos de convergencia	38
Figura N° 9 Esquema de instalación de celdas de presión	43
Figura N° 10 Resistencia a la compresión uniaxial de la roca	46
Figura N° 11 Número de juntas por metro	47
Figura N° 12 Factor por influencia de la Plastificación (Fs).....	49
Figura N° 13 Cartilla GSI.....	51
Figura N° 14 Constante k (relación esfuerzo horizontal y vertical).....	54
Figura N° 15 Ratio del esfuerzo horizontal y vertical.....	55
Figura N° 16 Mecanismo de falla y comportamiento del macizo rocoso	56
Figura N° 17 Ubicación Mina Monkey Blue	58
Figura N° 18 Esquema fisiográfico de los cuadrángulos de Andahuaylas, Abancay y Cotabambas	59
Figura N° 19 Columna estratigráfica Mina Monkey Blue	62
Figura N° 20 Ploteo en Sistema Practico Minero (SPM).....	66
Figura N° 21 Ploteo Sistema Q	67
Figura N° 22 Detalle Ploteo Sistema Q.....	68
Figura N° 23 Ploteo en Sistema GSI	69
Figura N° 24 Sondaje de testigos de perforación	71
Figura N° 25 Empalme a galga extensómetra	75
Figura N° 26 Puente Wheatstone para galgas extensometras	76
Figura N° 27 Perno extensómetro tipo SPLIT SEt.....	78
Figura N° 28 Distribución Perno extensómetro	79
Figura N° 29 Nomenclatura de Riesgos en convergencia	84
Figura N° 30 Ploteo de relación tensiones gravitacionales	86

Figura N° 31 Ploteo Factor “k” tensiones gravitacionales	86
Figura N° 32 Inestabilidades típicas y modos de rotura en función al RMR, tensión mayor y UCS	87
Figura N° 33 Inserción de datos Phase 2.....	94
Figura N° 34 Inserción de data obtenida en pernos extensómetros	95
Figura N° 35 Simulación de esfuerzos con data de pernos extensómetros	95
Figura N° 36 Simulación de estabilidad (deformación).....	96

Índice de Cuadros

Cuadro N°: 1 Variables e indicadores	21
Cuadro N°: 2 Matriz de consistencia.....	23
Cuadro N°: 3 Equipos de monitoreo geotécnico	36
Cuadro N°: 4 Valores Rock Mass Rating (RMR)	46
Cuadro N°: 5 Puntaje por efecto del agua	47
Cuadro N°: 6 Puntaje por resistencia a las discontinuidades	47
Cuadro N°: 7 Puntaje por alterabilidad del agua.....	48
Cuadro N°: 8 Ajuste por orientación del túnel	48
Cuadro N°: 9 Interpretación índice Q.....	51
Cuadro N°: 10 Evaluación Geomecánica Gal 100	65
Cuadro N°: 11 Selección de sostenimiento en Gal 100.....	70
Cuadro N°: 12 Logueo de Sondajes Zona Mariela.....	72
Cuadro N°: 13 Detalle equipo de lectura perno extensómetro	78
Cuadro N°: 14 Características perno extensómetro SPLIT SET.....	80
Cuadro N°: 15 Puntos de Logueo Perno Extensómetro	83
Cuadro N°: 16 Puntos de Logueo Perno Extensómetro	84
Cuadro N°: 17 UCS de puntos de monitoreo Gal 100	88
Cuadro N°: 18 Costos Unitario por Perno Extensómetro.....	88
Cuadro N°: 19 Costos Unitario por Método de Monitoreo en Gal 100	89
Cuadro N°: 20 Costos Unitario Perno Extensómetro Instalación y Monitoreo	89
Cuadro N°: 21 Costos Unitarios Instrumentos de Medición Instalación y Monitoreo	90
Cuadro N°: 22 Costos Unitarios Instrumentos de Medición Instalación y Monitoreo	91
Cuadro N°: 23 Costos Unitarios Instrumentos de Medición Instalación y Monitoreo	92
Cuadro N°: 24 Resumen de Resultados Estabilidad	93
Cuadro N°: 25 Resumen Costos de Métodos de Monitoreo Gal 100.....	94
Cuadro N°: 26 Resultados Perno Extensómetro Gal 100 – BM +15	116
Cuadro N°: 27 Resultados Perno Extensómetro Gal 100 – BM +18	116
Cuadro N°: 28 Resultados Perno Extensómetro Gal 100 – BM + 21	117
Cuadro N°: 29 Resultados Perno Extensómetro Gal 100 – BM + 24(base).....	117
Cuadro N°: 30 Resultados Perno Extensómetro Gal 100 – BM + 24(hombro)	118
Cuadro N°: 31 Resultados Perno Extensómetro Gal 100 – BM + 24(corona).....	118
Cuadro N°: 32 Resultados Perno Extensómetro Gal 100 – BM + 27(base).....	119

Cuadro N°: 33 Resultados Perno Extensómetro Gal 100 – BM + 27(hombro)	119
Cuadro N°: 34 Resultados Perno Extensómetro Gal 100 – BM + 27(corona).....	120
Cuadro N°: 35 Resultados Perno Extensómetro Gal 100 – BM + 30	120
Cuadro N°: 36 Resultados Perno Extensómetro Gal 100 – BM + 33	121
Cuadro N°: 37 Resultados Convergencia Gal 100 – BM + 15.....	121
Cuadro N°: 38 Resultados Convergencia Gal 100 – BM + 18.....	122
Cuadro N°: 39 Resultados Convergencia Gal 100 – BM + 21.....	122
Cuadro N°: 40 Resultados Convergencia Gal 100 – BM + 24.....	123
Cuadro N°: 41 Resultados Convergencia Gal 100 – BM + 27.....	123
Cuadro N°: 42 Resultados Convergencia Gal 100 – BM + 30.....	124
Cuadro N°: 43 Resultados Convergencia Gal 100 – BM + 33.....	124
Cuadro N°: 44 Resultados Estabilidad Gal 100 – BM + 15	125
Cuadro N°: 45 Resultados Estabilidad Gal 100 – BM + 18.....	126
Cuadro N°: 46 Resultados Estabilidad Gal 100 – BM + 21	127
Cuadro N°: 47 Resultados Estabilidad Gal 100 – BM + 24 (base)	128
Cuadro N°: 48 Resultados Estabilidad Gal 100 – BM + 24 (hombro).....	129
Cuadro N°: 49 Resultados Estabilidad Gal 100 – BM + 24 (corona)	130
Cuadro N°: 50 Resultados Estabilidad Gal 100 – BM + 27 (base)	131
Cuadro N°: 51 Resultados Estabilidad Gal 100 – BM + 27 (hombro).....	132
Cuadro N°: 52 Resultados Estabilidad Gal 100 – BM + 27 (corona)	133
Cuadro N°: 53 Resultados Estabilidad Gal 100 – BM + 30.....	134
Cuadro N°: 54 Resultados Estabilidad Gal 100 – BM + 33.....	135

Índice de Fotografías

Fotografía N° 1 Falla en Perno de Anclaje.....	17
Fotografía N° 2 Perno Extensómetro	26
Fotografía N° 3 Extensómetro de cinta para mediciones de convergencia	37
Fotografía N° 4 Extensómetro simple y de varillas	39
Fotografía N° 5 Perno Extensómetro	40
Fotografía N° 6 Cable bolting inteligente o SMART cable	41
Fotografía N° 7 Celdas de presión total	42
Fotografía N° 8 Celdas de presión instaladas.....	42
Fotografía N° 9 Instalación de celdas de carga	44
Fotografía N° 10 Galga Extensómetra (120 ohm).....	75
Fotografía N° 11 Multímetro Belltron.....	77
Fotografía N° 12 Instalación Perno Extensométrico.....	79
Fotografía N° 13 Evaluación mecánica galgas.....	80
Fotografía N° 14 Calibración con galga extensómetra	81
Fotografía N° 15 Monitoreo perno extensómetro	82
Fotografía N° 16 Prueba Pull Test perno extensómetro.....	83
Fotografía N° 17 Monitoreo con cinta extensométrica	85

Introducción

La estabilidad en las labores mineras subterráneas es de suma importancia, porque de ella depende la seguridad de los trabajadores así como la producción en las labores de minado, es así y de acuerdo al Art. 214 del DS. 024-2016 –EM que se debe realizar monitoreos para así llegar a disponer de controles que eviten posibles incidentes en cuanto a estabilidad en mina.

Para mantener la estabilidad se debe realizar diferentes monitoreos, actualmente existen muchos métodos, tanto subsidencias, presiones en mina así como las convergencias (desplazamiento en las cavidades de la mina), estos métodos emplean instrumentos de precisión que actualmente se utilizan en mina, el objetivo de este trabajo de investigación es utilizar un método de monitoreo denominado “Perno Extensómetro”, que no es más que un método que combina el empleo galgas extensométricas y pernos de anclaje que ayudan a determinar las diferentes tensiones en mina en especial las tensiones in situ que son primordiales a la hora de determinar un punto de ruptura de la roca al ser comparada con el U.C.S. (Esfuerzo de Compresión sin Confinar), los pernos extensómetros son de mucha importancia porque determinar los esfuerzos in situ a diferencia de otros métodos que solo estiman una aproximación, así como es el caso de Hoek – Brown y sus diferentes ábacos sobre esfuerzos tensionales que no están cercanos a nuestra realidad.

Existen métodos similares como el Smart Cable que utiliza un Cable Bolt, estos son de más complejidad y costo es por eso que no se utilizaran, el objetivo de utilizar los Pernos Extensómetros es tener un monitoreo que interactúe entre las características de la mina y el sostenimiento en tiempo real no solamente porque se va determinar los esfuerzos tensionales si no porque se puede determinar cómo es la mecánica de nuestro sostenimiento, no solo las galgas extensométricas pueden ser aplicadas a los diferentes tipo de perno de anclaje si no también a sostenimientos pasivos como son cuadros de madera, Cerchas incluso en el shotcrete.

En el Primer Capítulo se explica cómo fue el proceso de la investigación, que métodos se usaron y como se desarrolló el proceso de investigación, exponemos la problemática y los objetivos relacionados.

En el Segundo Capítulo se da a conocer el estado del arte, la recopilación de las referencias e importante información que nos ayudara a mejorar y comprender de mejor manera como es el funcionamiento de los instrumentos de monitoreo, en especial dentro de las labores de minado.

En el Tercer Capítulo se explica la metodología utilizada en el trabajo de investigación, como se realizó el proceso y que métodos se utilizaron, se resalta la aplicación de las galgas extensométricas que son instrumentos que se utiliza en el área estructural y construcción civil, en este capítulo se explica cómo es la aplicación en minería.

En el Capítulo Cuarto se colocan los resultados de los trabajos realizados y se realiza el análisis respectivo para poder responder a las preguntas de la investigación, en esta parte hemos empleado el método de Lorig para estabilidad porque es el que más se adecua a este trabajo de investigación.

Con el presente trabajo se desea implementar nuevos métodos de instrumentalización digital en minería que nos ayude a cumplir nuestras funciones de mejor manera y también comprobar la eficacia del monitoreo con los pernos extensómetros, el aporte más importante de este trabajo de investigación no es solamente la aplicación de los pernos extensómetros, si no la importancia del monitoreo constante en labores subterráneas para evitar posibles incidentes relacionados a caída de roca e incluso estallido de roca.

Resumen

Se ha realizado la evaluación de la estabilidad con pernos extensómetros en la mina Monkey Blue – Galería 100, con esta evaluación se ha encontrado que las labores están oscilando un valor de 0 a 2MPa aproximadamente en tensiones in situ alrededor de las galerías, realizando el análisis con el método de Lorig (2009) hemos determinado que la mina es estable presentando bloques en desarrollo.

La mina en general presenta una roca de tipo regular con un R.M.R. que se encuentra en el rango de 30 a 50, con estos datos podemos indicar que la roca presenta una calidad de regular a mala, además la evaluación en laboratorio ha determinado un U.C.S. de 20 a 40 MPa, en este caso las tensiones in situ no son superiores a 2 MPa por lo tanto no representan un peligro inmediato.

Con los datos proporcionados por los pernos extensómetros hemos podido determinar la estabilidad en Galería 100 siguiendo el método de monitoreo en tiempo real usando como instrumento de medida de tensiones in situ a las galgas extensométricas que son instrumentos piezoresistivos que cambian sus resistencia al estar expuesto a presiones o tensión mecánica, estos instrumentos son mayormente utilizados en el análisis mecánico estructural en el rubro de la construcción.

Con la ayuda de los pernos extensómetros se ha podido realizar un monitoreo incluso se realizó la simulación con el software Phase 2, lo importante del uso de estos pernos es que nos brinda datos de importancia como las tensiones in situ y el comportamiento mecánico del sostenimiento.

Debemos rescatar que los pernos extensómetros son instrumentos de vital importancia porque nos brindan información sobre el comportamiento del macizo rocoso, incluso actúan como sensores ante cualquier caída y explosión de roca que se pueda producir en la mina.

Palabras Clave: extensómetro, galga, estabilidad, piezoresistivos y tensiones

Abstract

The stability evaluation with extensometer bolts has been carried out in the Monkey Blue mine - Gallery 100, with this evaluation it has been found that the workings are oscillating a value of approximately 0 to 2MPa in stresses in situ around the galleries, performing the analysis With the method of Lorig (2009) we have determined that the mine is stable presenting blocks in development.

The overall mine features a regular type rock with an R.M.R. which is in the range of 30 to 50, with these data we can indicate that the rock presents a quality from fair to poor, in addition the laboratory evaluation has determined a U.C.S. from 20 to 40 MPa, in this case the stresses in situ are not higher than 2 MPa therefore they do not represent an immediate danger.

With the data provided by the extensometer bolts, we have been able to determine the stability in Galería 100 following the real-time monitoring method using strain gauges as an instrument for measuring stresses in situ, which are piezoresistive instruments that change their resistance when exposed to pressure. or mechanical stress, these instruments are mostly used in structural mechanical analysis in the construction industry.

With the help of the extensometer bolts, it has been possible to carry out a monitoring, including the simulation with the Phase 2 software, the important thing about the use of these bolts is that it gives us important data such as the stresses in situ and the mechanical behavior of the support.

We must rescue that the extensometer bolts are instruments of vital importance because they provide us with information on the behavior of the rocky massif, they even act as sensors against any fall and rock explosion that may occur in the mine.

Keywords: extensometer, gauge, stability, piezoresistive and tensions

CAPÍTULO I

PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACION - MARCO METODOLOGICO

1.1.- Problema de investigación

Los problemas de estabilidad en la mina son la presencia de bloques, rocas sueltas y en algunos casos derrumbes que se producen en las labores de minado, es así que hay casos en donde las tensiones in situ han sobrepasado la resistencia de los pernos, estos casos de inestabilidad son el principal problema porque pueden provocar incidentes peligrosos que pueden concluir en pérdidas.

La Fotografía N°1 es el desprendimiento de roca del anclaje Split Set que se produjo en la mina Monkey Blue dejando desprendido y expuesto el perno, hay que considerar que es por acción de las tensiones in situ ya que la calidad de roca es Regular.

Fotografía N° 1 Falla en Perno de Anclaje



Fuente; Mina Monkey Blue (2018)

Determinar los esfuerzos en mina no tienen un grado de confianza adecuado, para determinar los esfuerzos se utiliza ábacos tales como el de Hoek Brown que no son del todo confiables, además se basan en investigaciones que se desarrollaron en otros países que no se encuentran en Sub América y no se ajustan a la realidad geotécnica, una manera de determinar los esfuerzos y que es sugerida por OSINERGMIN es el uso de pernos extensómetros, que por la acción de extensómetros y celdas de carga puede determinar los esfuerzos presentes en la mina, la determinación de estos esfuerzos es en tiempo real lo que nos permitirá tomar los controles necesarios.

Los esfuerzos in situ en la mina son de importancia porque nos indica el comportamiento del macizo rocoso, también nos indica si las labores se deformaran y que sostenimiento sería más útil, es por eso que debemos tener un monitoreo de estabilidad en tiempo real como se hace en otras minas, pero que sean confiables y de menor costo porque en la actualidad otros tipos de monitoreo demandan un costo adicional y especialistas, en el caso de pernos extensómetros el procedimiento es sencillo y de poco costo, sobretodo porque los pernos también servirán como parte del sostenimiento.

1.1.1.- Problema General

La estabilidad depende en su mayoría de los esfuerzos que se generen en la mina porque podemos observar una labor con una buena calidad de roca pero alrededor los esfuerzos in situ actúan y pueden provocar derrumbes caídas de roca y demás, es así que el problema será como identificar estos esfuerzos para poder controlar la estabilidad.

¿Cómo identificar los esfuerzos in situ para controlar la estabilidad de las labores subterráneas en la mina Monkey Blue?

1.1.2.- Problemas Específicos

- a) ¿Cuál es el comportamiento geomecánico de las rocas en la mina Monkey Blue y qué relación tiene con su estabilidad?
- b) ¿Cuál sería el método más confiable para determinar los esfuerzos in situ en la mina Monkey Blue?
- c) ¿Cómo monitorear en tiempo real los esfuerzos in situ para poder controlar la estabilidad en la mina Monkey Blue?

d) ¿Cuál sería el método menos costoso para monitorear los esfuerzos in situ para controlar la estabilidad en mina Monkey Blue?

1.2.- Objetivos de investigación

1.2.1.- Objetivo General

Determinar el método más adecuado para identificar los esfuerzos in situ y así controlar la estabilidad en la mina Monkey Blue

1.2.2.- Objetivos Específicos

- a. Determinar el comportamiento del macizo rocoso y la relación que tiene con la estabilidad en la mina Monkey Blue.
- b. Identificar el método más confiable para identificar los esfuerzos in situ en la mina Monkey Blue
- c. Determinar el método para monitorear los esfuerzos in situ en tiempo real y así controlar la estabilidad.
- d. Encontrar el método menos costoso para el monitoreo de esfuerzos in situ en la mina Monkey Blue.

1.3.- Justificación

1.3.1.- Justificación Teórica

No existen muchos estudios de la acción de esfuerzos en la mina y la relación que pueda tener con la estabilidad, mayormente solo se tiene estudios del comportamiento geomecánico que solo se limita a indicar una calidad de roca, es así que se justifica el estudio porque es necesario tener más información sobre la acción de esfuerzos.

1.3.2. .- Justificación Practica

Es necesario implementar sistemas que nos permitan determinar los esfuerzos in situ en tiempo real porque en su mayoría son las causas de los problemas de inestabilidad en la mina que pueden provocar accidentes de gravedad incluso mortales.

1.4.- Alcances

El alcance del estudio sería amplio para la mina Monkey Blue que espera abrir varias unidades y el control de la estabilidad con los pernos extensómetros sería de gran utilidad en especial porque los pernos servirían como parte del sostenimiento.

1.5.- Hipótesis

1.5.1.- Hipótesis General

Con los pernos extensómetros se puede monitorear los esfuerzos in situ y así controlar la estabilidad en la mina Monkey Blue.

1.5.2.- Hipótesis Específicas

- a) La estabilidad en la mina Monkey Blue dependerá del comportamiento geomecánico del macizo rocoso.
- b) El método más confiable para monitorear los esfuerzos in situ en la mina son los pernos extensómetros.
- c) El monitoreo de los esfuerzos in situ con los pernos extensómetros brinda datos en tiempo real que permite controlar la estabilidad en la mina Monkey Blue.
- d) El método menos costoso para monitorear los esfuerzos in situ en la mina son los pernos extensómetros.

1.6.- Variables e indicadores

En el Cuadro N°1 se muestran las variables dependientes e independientes del estudio que se realizó, para el monitoreo de la estabilidad se utilizara la metodología basada en Lorig (2019),

Cuadro N°: 1 Variables e indicadores

Variables	Factores	Indicadores
Variables dependientes		
Estabilidad de las labores subterráneas	Monitoreo de estabilidad	Mala
		Regular
		Buena
Variables Independientes		
Condiciones Geo mecánica de la Roca	RMR	0-100
	GSI	0-100
Esfuerzo de Compresión sin Confinamiento	UCS	MPA(Mega Pascales)
Características de Labores Subterráneas	Sección Labores Subterráneas	Pie x Pie (ft x ft)
	Profundización	Metros (m)

Fuente: Análisis Propio

1.7.- Metodología del Estudio

1.7.1.- Tipo de Investigación

Fue Descriptiva porque se puntualizó el estudio de la estabilidad mediante pernos extensómetros, describiendo el comportamiento del macizo rocos y su relación con el sostenimiento en la mina Monkey Blue.

1.7.2.- Nivel de Investigación

El nivel fue Exploratorio porque se evaluó el comportamiento de las tensiones in situ con pernos extensómetros y su efecto en la estabilidad de las labores de minado.

1.7.3.- Población y Muestra

- Universo: Todos los pernos extensómetros en la mina Monkey Blue
- Población: Pernos extensómetro en Galería 100 en la Mina Monkey Blue (N=12)
- Muestra: la muestra se determinó del total de la población que son 12 pernos en la Gal 100

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{(N - 1) \times i^2 + Z_a^2 \times p \times q} = \frac{12 \times 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5}{11 \times 0.1^2 + 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5} = \frac{11.52}{1.07} = 11$$

Donde:

- **n= muestra**
- **N= Población**
- **Z_a = valor correspondientes a la distribución de gauss = 1.96**
- **p= proporción esperada (0.5)**
- **q= 1-p = 0.5**
- **i= error que se prevé cometer si es del 10%, i=0.1**

Se realizara el estudio en 11 pernos extensómetros.

1.7.4.- Delimitación de la investigación.

Se delimito el estudio a las Galerías en la Mina Monkey Blue porque son las labores en donde se realiza el sostenimiento con pernos de anclaje.

El estudio fue Longitudinal porque se van a tomar las lecturas durante 1 año de estudio.

1.8.- Matriz de consistencia

El cuadro N°2 es la matriz de consistencia en donde se relaciona los objetivos que es el control de la estabilidad y el uso de pernos extensómetros.

Cuadro N°: 2 Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	FACTORES	INDICADORES
GENERAL	GENERAL	GENERAL	VARIABLES DEPENDIENTES		
¿Cómo controlar la estabilidad en la mina Monkey Blue?	Controlar la estabilidad en la mina Monkey Blue	Con los pernos extensómetros se podrían monitorear la estabilidad en la mina Monkey Blue	Estabilidad de las labores subterráneas	Monitoreo de estabilidad	Mala Regular Buena
ESPECIFICAS	ESPECIFICAS	ESPECIFICAS	VARIABLES INDEPENDIENTES		
a) ¿Cuál es el comportamiento geomecánico de las rocas en la mina Monkey Blue?	a) Evaluar el comportamiento geomecánico de las rocas presentes en la mina Monkey Blue.	a) El comportamiento geomecánico será determinante en la inestabilidad de la mina Monkey Blue	Condiciones Geomecánica de la Roca	RMR	0-100
b) ¿Cuál sería el método más confiable para el monitoreo de la inestabilidad en la mina Monkey Blue?	b) Identificar el método más confiable para el monitoreo de la inestabilidad en la mina Monkey Blue.	b) El método más confiable para monitorear la inestabilidad en la mina sería el de los pernos extensómetros.		GSI	0-100
c) ¿Cómo monitorear en tiempo real la estabilidad en la mina Monkey Blue?	c) Determinar el método para monitorear la estabilidad en tiempo real	c) El monitoreo de la inestabilidad con los pernos extensómetros sería en tiempo real.	Esfuerzo de Compresión sin Confinamiento	UCS	MPA(Mega Pascales)
d) ¿Cuál sería el método menos costoso para monitorear la estabilidad en mina Monkey Blue?	d) Encontrar el método de monitoreo menos costoso en la mina Monkey Blue.	d) El método menos costoso para monitorear la inestabilidad en la mina sería el de los pernos extensómetros.	Características de Labores Subterráneas	Sección Labores Subterráneas	Pie x Pie (ft x ft)
				Profundización	Metros (m)

Fuente: Análisis Propio

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.- Antecedentes de la investigación

Los antecedentes de la investigación son los siguientes:

Antecedente N°1:

Título de la Tesis: Instrumentacion para producir informacion geotecnica en proyectos de construccion de tuneles viales

Autor de la Tesis: Acuña , G. B.

Universidad: . *Universidad Catolica de Colombia* . Colombia.(2019).

Objetivo General:

- Conocer y describir el uso de la instrumentación empleada para la obtención de datos de tipo geotécnico en la construcción de túneles viales. (Acuña , 2019)

Conclusiones:

- Dentro de la instrumentación empleada en algunos proyectos está: Para medir desplazamientos: Inclínómetros, extensómetros e hitos de nivelación. Para medir deformaciones; Extensómetros y fibra óptica. → Para medir fuerzas y tensiones:

Células de presión Para medir la fuerza ejercida por el agua en el terreno:
Piezómetros de tubo abierto. (Acuña , 2019)

- Los extensómetros son empleados para medir los desplazamientos entre dos puntos permitiendo evaluar las convergencias de movimientos en el terreno alrededor del túnel. (Acuña , 2019).

Antecedente N°2:

Título de la Tesis: Instrumentacion y Monitorizacion Geotecnica del Nuevo Tunel "El Melon" .

Autor de la Tesis: Morera , G. d.

Universidad: . *Escuela Tecnica Superior de Ingenieros de Minas y Energia* . España.(2016).

Objetivo General:

- Los aspectos que interesa conocer en este caso son la reducción de dimensiones de la sección del túnel, los esfuerzos actuantes sobre el revestimiento, la distribución de las deformaciones en la masa del suelo debido a la excavación, la extensión de la zona plastificada y la altura de la zona de alteración sobre la clave. (Morera , 2016)

Conclusiones:

- La medida y control de presiones incluyendo presiones totales y distribución de esfuerzos en terraplenes y presas, presiones de contacto en pantallas, pilares y estribos, presiones en cimentación, presiones en y entre sostenimiento en excavaciones, esfuerzos en paredes rocosas de galerías y túneles se realiza mediante células de acero inoxidable rellenas de aceite y célula de presión total Push – in. (Morera , 2016).
- El perno de medición de carga es un extensómetro dispuesto en una perforación de anclaje. Los alambres de medida están fijados dentro de la barra de anclaje cada cuarto de su longitud de manera que la extensión del anclaje y las correspondientes fuerzas puedan ser medidas. El perno de medición de carga tendrá una longitud igual a la del perno de anclaje respectivo y deberá resistir una fuerza de ruptura mínima de 250 KN. (Morera , 2016)

La Fotografía N°2 muestra un modelo antiguo de perno extensómetro que consiste en un extensómetro más transductor y barómetro para medir la presión

Fotografía N° 2 Perno Extensómetro



Fuente: Geodata Perú

2.2.- Bases teóricas

2.2.1.- Concepto de Monitoreo

Según OSINERGMIN (2017), la instrumentación geotécnica es parte fundamental de la ingeniería de labores subterráneas. Su uso abarca desde los estudios de pre factibilidad hasta el cierre de la mina. El planeamiento de un programa de instrumentación es un proceso que se inicia con la definición de los objetivos y el uso que se le va a dar a la información recolectada. La definición de los objetivos dependerá de la fase en la que se encuentre el proyecto minero, ya que algunos parámetros serán más importantes que otros considerando la etapa en la que se encuentre la mina. De modo general se pueden definir los objetivos principales del monitoreo como:

- Obtener información del comportamiento del macizo.
- Controlar la ejecución de la excavación.
- Validar el modelo inicial de diseño y adaptarlo a las nuevas condiciones.
- Medir el comportamiento del sostenimiento durante y después de la excavación.
- Implementar un sistema de alerta ante evidencias de inseguridad.

- Predecir tendencias futuras de los parámetros monitoreados.

El planeamiento de un programa de instrumentación deber ser lógico y detallado porque la medición de un problema en particular podría requerir de diferentes tipos de instrumentos recolectando información a lo largo de un rango de escalas diferentes. Además, debido a limitaciones físicas y económicas todos los parámetros no podrán ser medidos con igual facilidad y éxito.

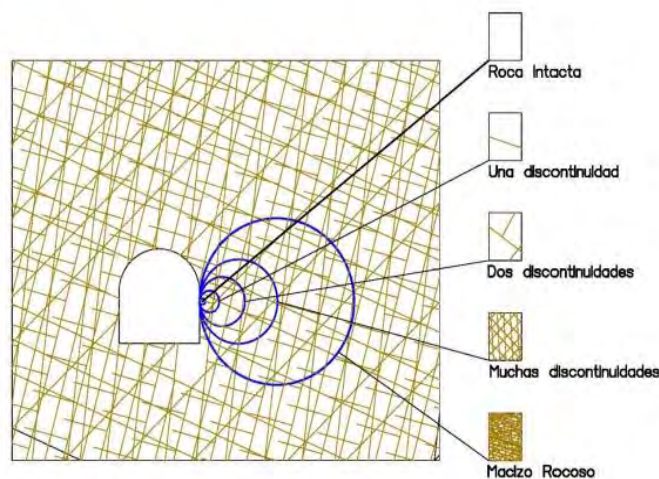
2.2.2.- Estabilidad en mina

El macizo rocoso es el conjunto de bloques de matriz rocosa y de las discontinuidades por las que se ve afectado como son fallas, juntas, pliegues, planos de estratificación etc. Los macizos rocosos son por tanto discontinuos y heterogéneos, siendo la consecuencia más importante de ello el efecto escala y que las propiedades tenso deformacionales de los macizos son de naturaleza anisótropa. (Cunha , 1990)

El efecto escala corresponde a una disminución de la resistencia y propiedades de deformación de la roca a medida que se incrementa el volumen de la muestra. La extrapolación de los resultados de los ensayos a escala de macizo sólo puede tener validez si el volumen de la muestra que se ensaya es representativo del conjunto.

La Figura N°1 muestra el efecto escala que se da en la excavación a medida que se va profundizando y aumentando la longitud de las labores en donde se ve el aumento de discontinuidades que reduce la estabilidad en las minas.

Figura N° 1 Efecto escala desde roca intacta hasta un macizo rocoso muy fracturado



Fuente: OSINERGMIN (2017)

Salvo para los casos de macizos rocosos muy competentes, en labores mineras en las que la estabilidad viene condicionada por las discontinuidades del macizo rocoso, la predicción de la respuesta del macizo a las excavaciones que se realicen, requiere unos conocimientos básicos de fuerzas, tensiones, deformaciones y desplazamientos.

“La resistencia de los macizos rocosos es función de la resistencia de la matriz rocosa y de las discontinuidades (ambas extremadamente variables) y de las condiciones geológicas ambientales a las que se encuentra sometido el macizo, como las tensiones naturales y las condiciones hidrogeológicas”. (Gonzales , 2003)

Las tensiones que actúan sobre una excavación subterránea pueden ser naturales e inducidas.

Previamente a la excavación en un macizo rocoso en cualquier punto de su interior existe un estado tensional inicial natural, que es el correspondiente a los procesos tectónicos y gravitacionales. Cuando se ejecuta una obra subterránea en el citado macizo rocoso el estado tensional final depende tanto del estado natural como de las tensiones inducidas por la excavación.

Al existir una relación directa entre las tensiones inducidas y las tensiones iniciales, es obvio que la determinación del estado tensional inicial es un condicionante previo al diseño de cualquier infraestructura subterránea.

Si sólo existieran las tensiones gravitacionales, la tensión vertical en un punto cualquiera de la corteza terrestre tendría una magnitud equivalente a la originada por el peso de los materiales supra yacentes y por tanto:

$$\sigma_V = \rho \cdot g \cdot h$$

Dónde:

- σ_V Componente vertical del estado tensional. (MPa)
- ρ Densidad media de los materiales supra yacentes (kg/m^3)
- g Aceleración de la gravedad. (m/s^2)
- h Profundidad respecto a la superficie. (m)

- γ Peso específico medio de los materiales supra yacentes. (kg/m^3)

Las tensiones horizontales que actúan en el seno de un macizo rocoso son mucho más difíciles de estimar, puesto que en general engloban la parte no gravitacional de las fuerzas que inducen el estado tensional y que responden a fenómenos geológico-tectónicos del macizo rocoso, con la correspondiente dificultad.

$$\sigma_H = k_0 \cdot \rho \cdot h$$

Siendo:

- σ_H : Componente horizontal del estado tensional. (MPa)

- k_0 : Coeficiente de reparto de tensiones-Coeficiente de empuje en reposo.

- ρ : Densidad media de los materiales supra yacentes. (Kg/m^3)

- h Profundidad respecto a la superficie. (m)

Para la estimación del valor del coeficiente k , existen varias formulaciones propuestas por distintos autores, como son (Terzaghi, 1955)

Si se supone que el macizo es elástico e isótropo y que se cumplen condiciones de deformación lateral nula:

$$k_0 = \frac{\sigma_H}{\sigma_V} = \frac{1-\nu}{1+\nu} \quad (1)$$

Se dice que es isótropo porque las propiedades del material en todas sus direcciones son similares y es elástico porque no hay esfuerzos que lleven al macizo a su punto de fluencia.

Considerando la curvatura de la corteza terrestre y la variación de las constantes elásticas, densidad y coeficiente de expansión térmica a lo largo de la corteza y del manto:

$$k_0 = \frac{\sigma_H}{\sigma_V} = 0,25 + 7 \frac{Eh}{Eh} (0,001 + 1z) \quad (2)$$

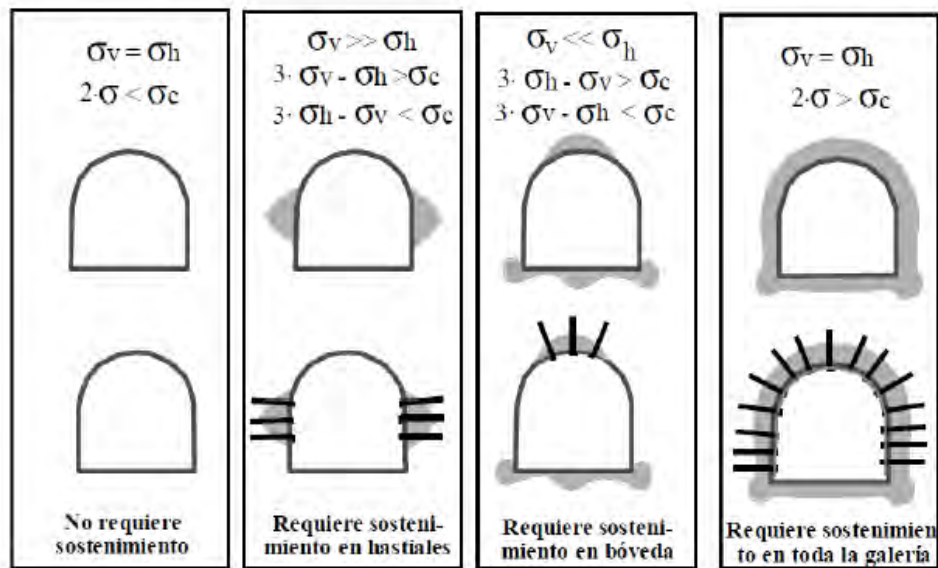
Siendo

Eh el módulo de deformación horizontal medio, en GPa, de la parte superior de la corteza, y z la profundidad en metros respecto a la superficie.

Existen muchos casos en los que la relevancia del estado tensional de la zona donde se excave es fundamental para el diseño del sostenimiento de una galería, tal y como se muestra en la siguiente figura.

La Figura N°2 Muestra los estados tensionales contrastados con el sostenimiento se debe considerar que primero se contrasta las tensiones verticales y horizontales (σ_v y σ_h) luego son contrastados con las tensiones in situ (σ) y al final con las tensiones de compresión (σ_c) que para nuestro caso será el U.C.S: de la roca.

Figura N° 2 Relevancia del estado tensional en el diseño del sostenimiento en una galería



Fuente: (Alejano, 2004)

En la mina Monkey Blue se aplica los casos donde las tensiones verticales y horizontales son mayores al U.C.S. de la roca todos esos casos son donde se requiere de un sostenimiento.

Según (OSINERGMIN , 2017) Existen además, otros factores que afectan de forma decisiva al estado tensional inicial, como son:

Topografía: En las cimas de las montañas se produce localmente una reducción del valor de k_0 , que se incrementa en los valles.

En zonas de topografía escarpada como pueden ser valles profundos, cañones o ríos encajados, el empuje de los materiales situados en los laterales hará que aumente de manera importante la tensión horizontal perpendicular a la estructura ($\sigma_H > \sigma_V$) en el fondo de la depresión.

Erosión: Si tras un equilibrio elástico inicial se produce una fase de erosión significativa y las tensiones horizontales se mantienen, entonces éstas tenderán a ser relativamente mayores de lo que inicialmente eran, produciéndose un aumento de k_0 .

Anisotropía: En una sucesión de niveles geológicos de rigideces diferentes, los niveles más rígidos concentran tensiones, mientras que los niveles más deformables aparecen más descargados. Los niveles más rígidos pueden crear puentes de tensiones hasta el punto que los niveles deformables infra yacentes pueden tener una tensión vertical significativamente inferior al peso de la columna litostática.

Tensiones residuales: Por enfriamiento de un magma en rocas ígneas, los minerales irán cristalizando a distintas condiciones tanto de presión como de temperatura. Así, según la zona del magma, se irán creando diferentes niveles de tensiones, que se disiparán lentamente, dando lugar a las denominadas tensiones residuales. También puede darse en rocas sedimentarias que hayan sufrido tectonismo en el pasado.

Efecto de las inclusiones o diques: Siempre que existan materiales de distinta capacidad de transmisión tensional, habrá heterogeneidades tensionales. Así, si en una serie sedimentaria se produce la intrusión de un dique y posteriormente tiene lugar un gran efecto de compresión, el dique al ser rígido tenderá a concentrar las tensiones horizontales.

Efecto de las discontinuidades: En las zonas con presencia de fallas, éstas tienden a convertir toda la energía en deformación. Así, en una zona muy comprimida tectónicamente ($\sigma_H > \sigma_V$) al producirse la rotura, se liberan las tensiones concentradas y se produce deformación, por lo que las tensiones horizontales y verticales variarán de manera significativa tendiendo a ser mínimas en dirección normal a la falla.

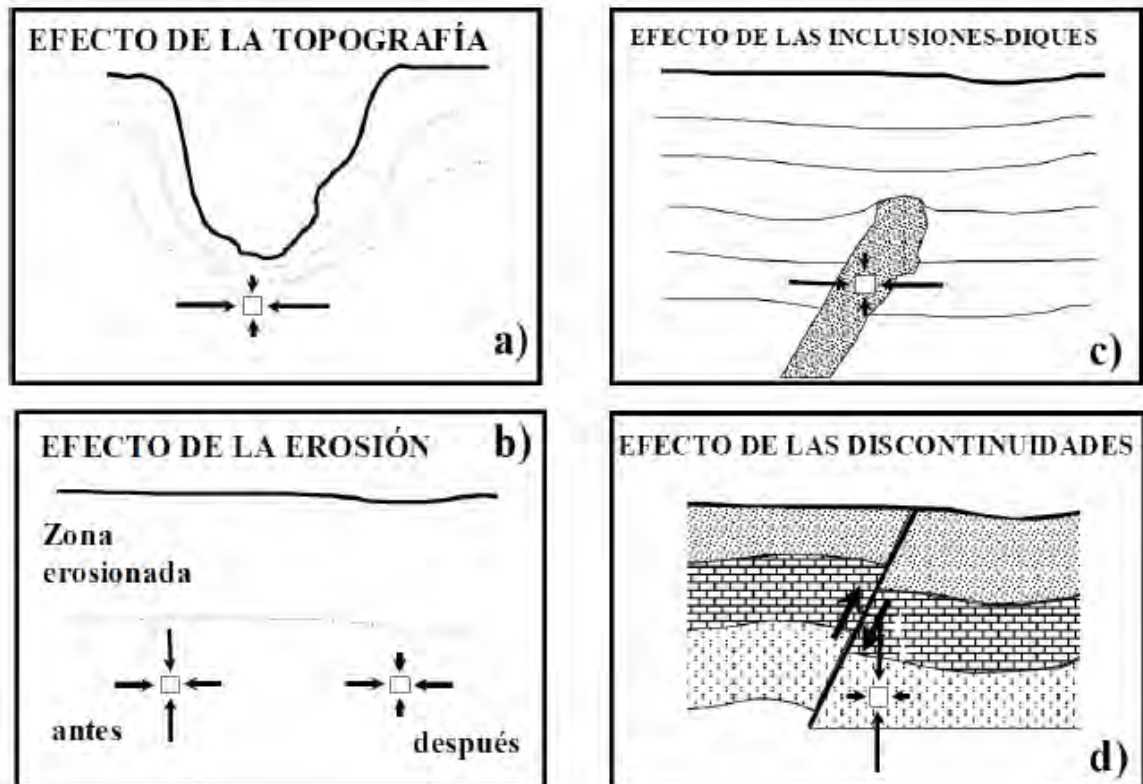
Efectos de la tectónica: Sin duda los efectos de la tectónica son los que mayor importancia suelen tener sobre el campo tensional, de entre todos los que se señalan. A partir de las características tectónicas observadas regionalmente en la zona a estudiar, se puede tener una idea aproximada de cómo es el campo tensional.

En función de lo anteriormente expuesto puede decirse que, no es posible cuantificar, a priori, el estado tensional de un macizo rocoso, por lo que debe ser determinado experimentalmente.

Una estimación preliminar del estado tensional inicial es suficiente para decidir la orientación de una estructura subterránea, alineando el eje mayor de la estructura con la tensión horizontal mayor, para así reducir los problemas tensionales.

En la Figura N° 3 se muestra los efectos de factores externos como erosión, desplazamientos y discontinuidades en la alteración del estado tensional.

Figura N° 3 Efectos que contribuyen a separar el campo tensional

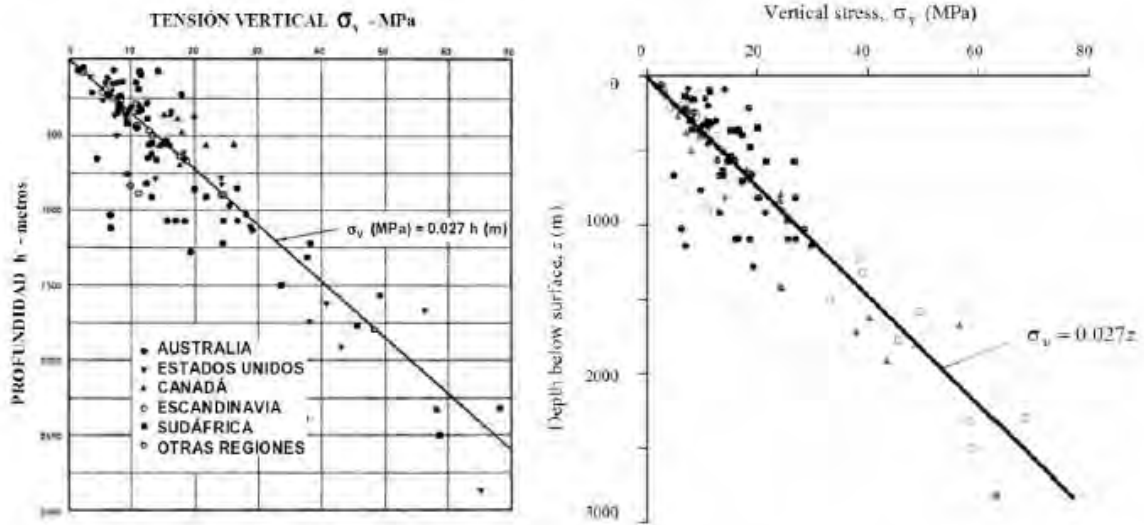


Fuente: (Alejano, 2004)

La estimación del campo tensional no resulta sencilla. Por ello algunos autores han venido recopilando datos reales, medidos "in situ", de los campos tensionales naturales de muy diversas zonas del mundo. Entre las referencias más comunes conviene destacar la recopilación de (Hoek E. , 1980), cuyos resultados más significativos se muestran en las siguientes figuras.

La Figura N°4 muestra los ábacos de tensiones en función a la profundidad que son la recopilación de estudios que se realizaron en diferentes continentes y factores.

Figura N° 4 Tensión vertical en función a la profundidad

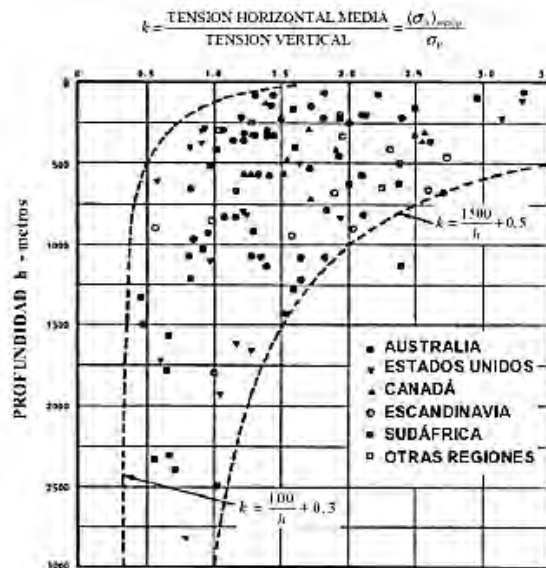


Fuente: (Brown , 1985)

De dichas gráficas se puede deducir que, en general, las tensiones verticales obtenidas en la mayor parte de los casos contemplados coinciden (+ ó - 20%) con la tensión correspondiente al peso de los materiales supra yacentes en cada una de las zonas.

En la Figura N°5 se presentan los valores del coeficiente k (relación de tensiones) frente a la profundidad, a partir de la recopilación de datos realizada por (Brown , 1985)

Figura N° 5 Valoración de la relación entre tensión horizontal y vertical



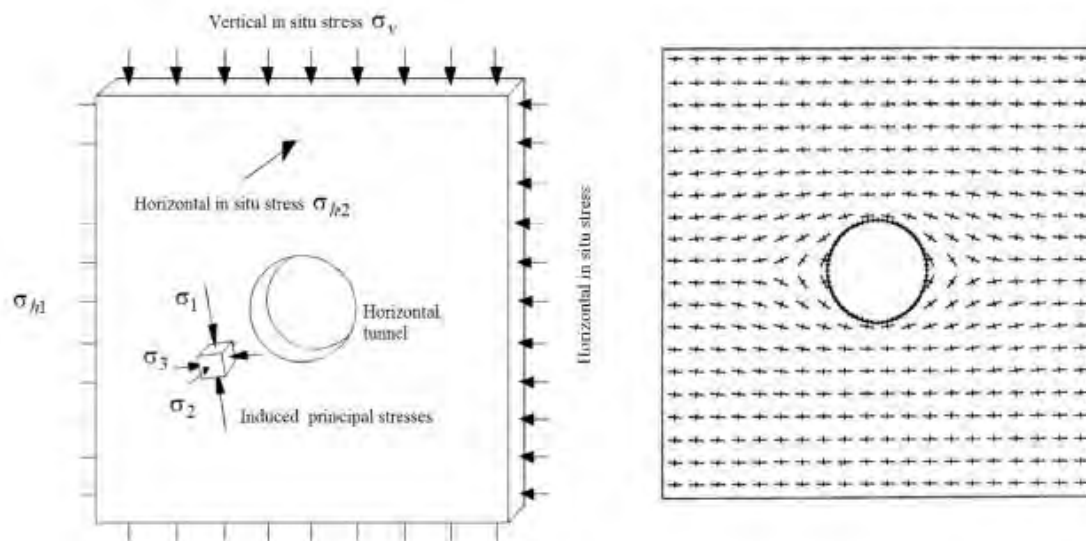
Fuente: (Brown , 1985)

Según (OSINERGMIN , 2017) las tensiones inducidas son las que se generan como consecuencia de la modificación del estado de esfuerzos naturales debido a un reajuste tensional alrededor de las excavaciones.

Cuando se realiza una excavación subterránea en un macizo rocoso sometido a un estado tensional de partida, las tensiones originales se redistribuyen alrededor del hueco creado. Las nuevas tensiones principales son perpendiculares entre sí pero estarán giradas respecto a las direcciones de aplicación de las tensiones de partida.

Por lo tanto, la redistribución de tensiones alrededor de una excavación subterránea implica que una de las tensiones principales gira, hasta ponerse en dirección radial al túnel, y se reduce hasta anularse. La otra tensión principal gira hasta la dirección circunferencial (puesto que ha de ser perpendicular a la anterior) y cambia su magnitud.

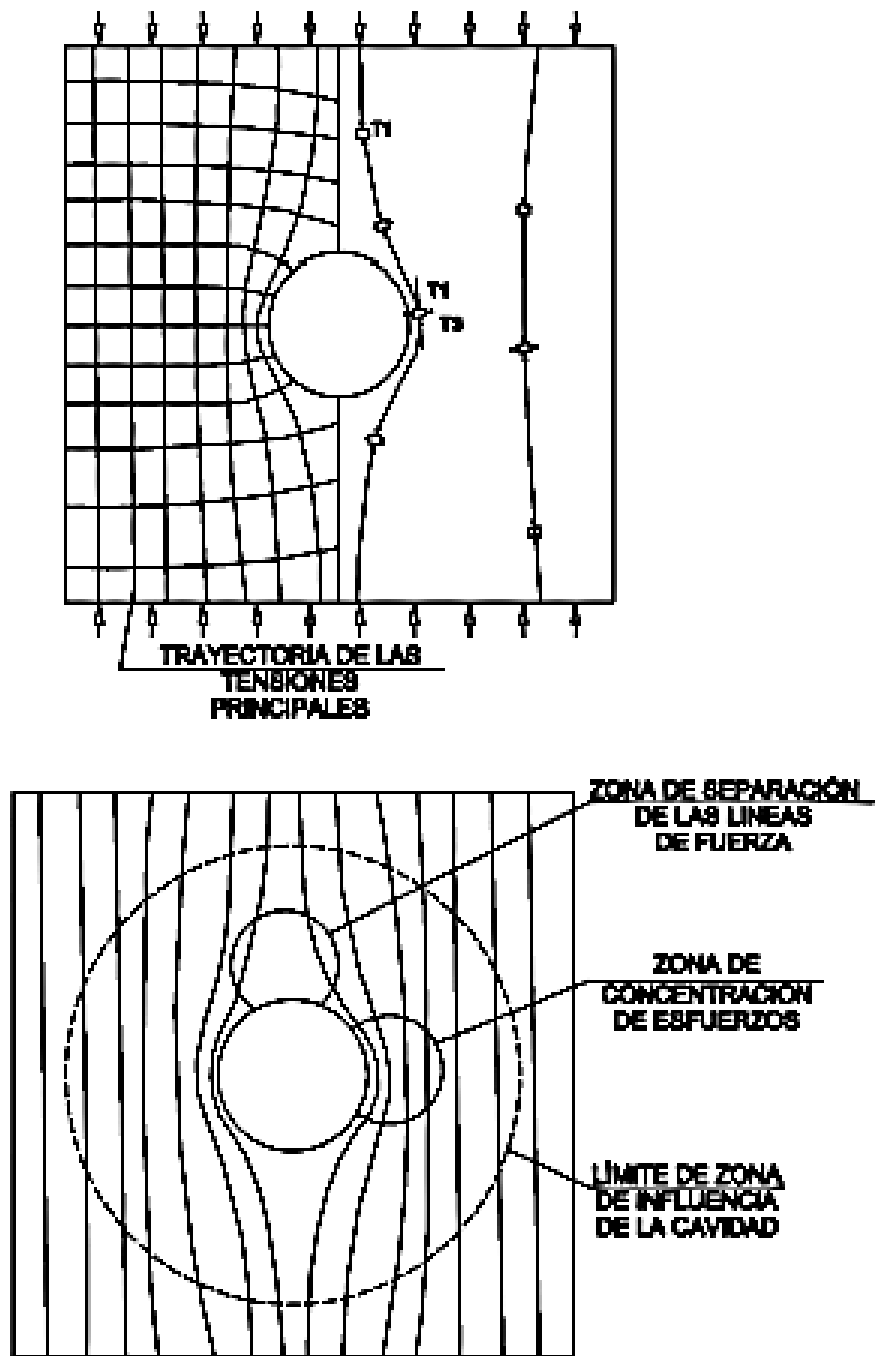
Figura N° 6 Tensiones principales inducidas alrededor de una galería



Fuente: (Hoek E. K., 1995)

La forma circular en un hueco es la óptima desde el punto de vista de nivel de tensiones, ya que es menor cuanto mayor es el grado de curvatura. En la medida que la forma se aleja de la circular las tensiones disminuyen en la cara paralela a la dimensión mayor (pudiendo llegar a aparecer tracciones).

Figura N° 7 Trayectorias de las tensiones principales mayor y menor que se producen alrededor de una cavidad



Fuente: (OSINERGMIN , 2017)

2.2.3.- Instrumentos de monitoreo de estabilidad

Según (OSINERGMIN , 2017), el monitoreo operativo realizado comúnmente en una operación minera subterránea puede separarse en dos grandes grupos:

- Monitoreo de desplazamientos: superficial y en el interior del macizo rocoso.
- Monitoreo de los esfuerzos y presión de poros.

Cuadro N°: 3 Equipos de monitoreo geotécnico

Variable	Equipo
Desplazamiento superficial	Estación Total
	Equipo Laser 3D
	Hitos de nivelación / Prismas
	GPS
	Clinómetros
	Fisurometros (Crackmeters)
	Distanciometros
	Cinta de convergencia
	Extensómetro de vara telescópica
Desplazamiento interior macizo rocoso	Extensómetro de varilla
	Perno extensómetro
	Smart Cable
	Sistema de monitoreo de convergencia
	Cables TDR
	Inclino metro
	Columna inclino extenso métricas
Esfuerzos	Celdas de presión
	Celda de presión en taladros
	Sistemas de micro sismicidad
Presión de poros y nivel de agua	Piezómetro de tubo abierto
	Piezómetro de cuerda vibrante

Fuente: (OSINERGMIN , 2017)

2.2.3.1.- Monitoreo de desplazamientos

a) Cinta extensométricas

La cinta extensométricas mide las variaciones de longitud entre dos puntos distribuidos en el perímetro de la excavación u otras zonas de interés. La medición de convergencia, sobre todo en lugares críticos en los cuales se esperan grandes movimientos, aporta datos valiosos sobre la necesidad de soporte adicional. La cinta extensométricas es una cinta métrica de acero

inoxidable con orificios equi espaciados de alta precisión y dos ganchos en cada uno de sus extremos. La cinta incorpora un dispositivo de tensado y un reloj comparador. Para realizar las mediciones se instalan pares de pernos con un anillo en su extremo y el otro anclado con cemento a los hastiales de túnel, luego se coloca la cinta y se tensa, midiéndose la distancia entre los puntos considerados. Las mediciones deberán realizarse lo más pronto posible después de realizada la excavación a fin de no perder deformaciones (que pueden llegar a ser hasta 50% de la deformación total).

En la Figura N°3 se tiene la cinta extensométrica que mayormente se utiliza para evaluar la convergencia y así también evaluar la estabilidad, este no es un instrumento que pueda determinar las tensiones in situ.

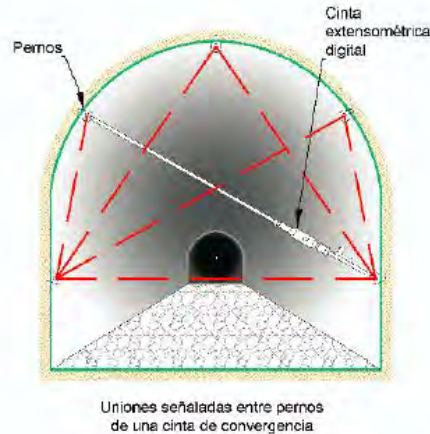
Fotografía N° 3 Extensómetro de cinta para mediciones de convergencia



Fuente: [www. Slope.indicator.com](http://www.Slope.indicator.com)

En la figura N°8 se tiene un esquema propuesto por OSINERGMIN para poder realizar las mediciones de convergencia con la cinta extensométrica, este esquema puede variar de acuerdo a las necesidades de la medición que se desee realizar.

Figura N° 8 Ubicación de los puntos de convergencia

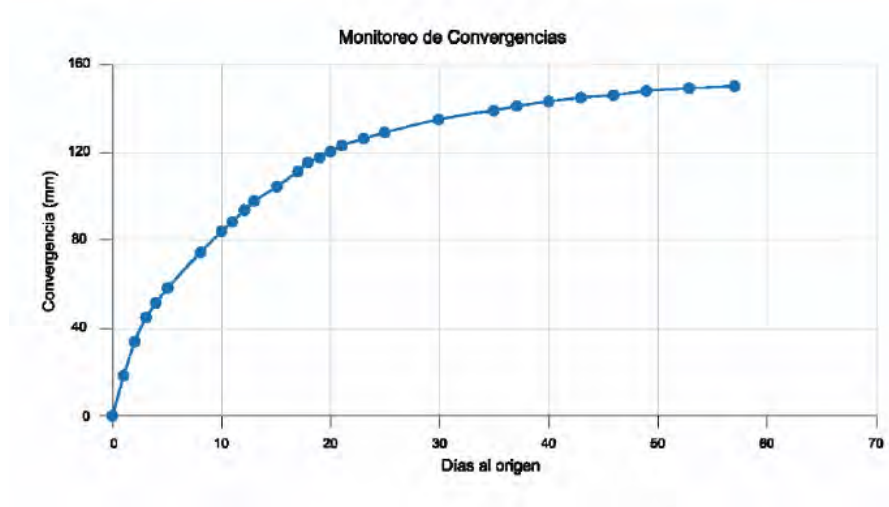


Fuente: (OSINERGMIN , 2017)

Las mediciones con la cinta extensometra se toman en milímetros y luego se hace una diferencia de lecturas para cada estación (o pares de puntos) para poder calcular la magnitud del movimiento. También se debe tomar la temperatura del ambiente en el que se hizo la medición, para poder aplicar la fórmula de corrección que se detalla en el manual de usuario de los equipos. Para poder interpretar los resultados, la convergencia se representa en términos de deformación vs tiempo. Este parámetro indica los desplazamientos que se están produciendo en la excavación.

El Grafico N°1 es la relación de convergencia y tiempo con estos gráficos podemos determinar una velocidad aproximada de la convergencia, con este dato podemos determinar un tiempo aproximado de deformación de la excavación.

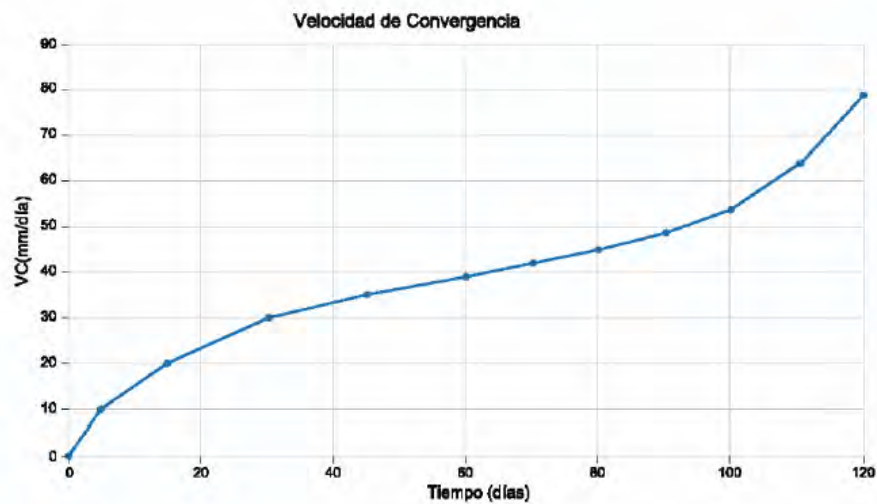
Gráfico N° 1 Convergencia vs tiempo



Fuente: (OSINERGMIN , 2017)

En el Grafico N°2 se observa la relación de velocidad de convergencia y tiempo estos datos nos permite determinar la aceleración y determinar si existe un incremento en la velocidad que pueda poner en peligro las labores de minado.

Gráfico N° 2 Velocidad Convergencia vs Tiempo



Fuente: (OSINERGMIN , 2017)

b) Extensómetro

Los extensómetros son instrumentos que miden el aumento o disminución de la longitud de un sistema de sensores que conectan varios puntos que están anclados dentro de una perforación y cuya distancia de separación es conocida. Esta instrumentación permite detectar las zonas comprimidas, zonas activas y planos de debilidad. El sistema es simple y permite mediciones frecuentes con facilidad. Los extensómetros pueden ser de tipo simple y de varillas. La diferencia entre ellos es el número de barras que admite cada cabezal.

Fotografía N° 4 Extensómetro simple y de varillas



Fuente: www.itmsoil.com

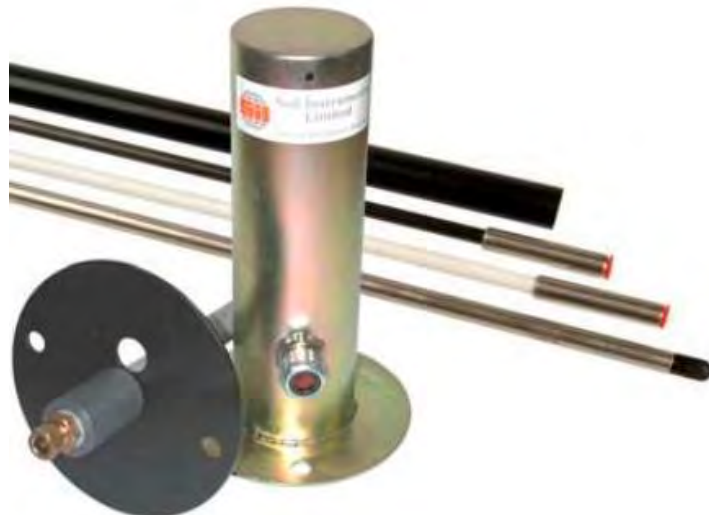
c) Perno extensómetro y cable bolting

El perno extensómetro es la combinación entre un anclaje y un instrumento de medición. Además de actuar como un perno de anclaje, también permite monitorear las deformaciones hasta en 4 posiciones a lo largo del perno en los puntos donde se tienen conectados los extensómetros. De modo similar se tienen los cables bolting inteligentes, o “*smart cable*”, los cuales combinan las características de un cable bolt de 7 hebras con un extensómetro miniatura de seis puntos. La deformación en el cable se determina a través del extensómetro, permitiendo calcular la diferencia de longitud entre los diferentes puntos de anclaje. Conociendo las propiedades de la interface cable-cementante, se puede inferir el perfil de carga a lo largo del cable.

Para nuestro caso de estudio no se utilizara el Cable Bolting por que se debe considerar el crear un subnivel encima de las galerías para poder realizar la instalación y las mediciones.

En la Fotografía N°5 se observa un pernos extensométrico de 4 varillas, en cada varilla se observa un extensómetro para poder determinar la deformación y convergencia en las labores de minado.

Fotografía N° 5 Perno Extensómetro



Fuente: www.itmsoil.com

La Fotografía N°6 es del Smart Cable o Cable Bolting, es un cable que tiene varios extensómetros en su extensión pero no lo utilizaremos en este estudio porque su instalación es demasiado costoso.

Fotografía N° 6 Cable bolting inteligente o SMART cable



Fuente: www.itmsoil.com

2.2.3.2.- Monitoreo de esfuerzos

a) Celdas de presión total

Las celdas de presión total miden las presiones, debidas a cargas o empujes tanto del macizo como de las estructuras. Las celdas de presión consisten en placas de acero soldadas y rellenas en su interior por un fluido de tipo aceite o mercurio. La presión que el macizo ejerce sobre las celdas es transmitida por el fluido hasta un transductor de presión que puede ser neumático, hidráulico o eléctrico. Estos aparatos se utilizan en estructuras de contención y revestimiento de túneles; se instalan entre el macizo y el sostenimiento y son cubiertas por el concreto, su posición será radial o tangencial.

La Fotografía N°7 muestra diferentes celdas de presión que llevan en su interior líquidos hidráulicos y con la ayuda de un transductor nos ayuda a determinar las cargas y/o presiones en las labores de minado.

Fotografía N° 7 Celdas de presión total



Fuente: www.sisgeo.com

La fotografía N°8 muestra celdas de presión que son colocadas en los hastiales de las labores para determinar los esfuerzos en la mina, estas celdas de presión están hechas de materiales piezoresistivos que ayudan a determinar las tensiones in situ en la mina.

Fotografía N° 8 Celdas de presión instaladas



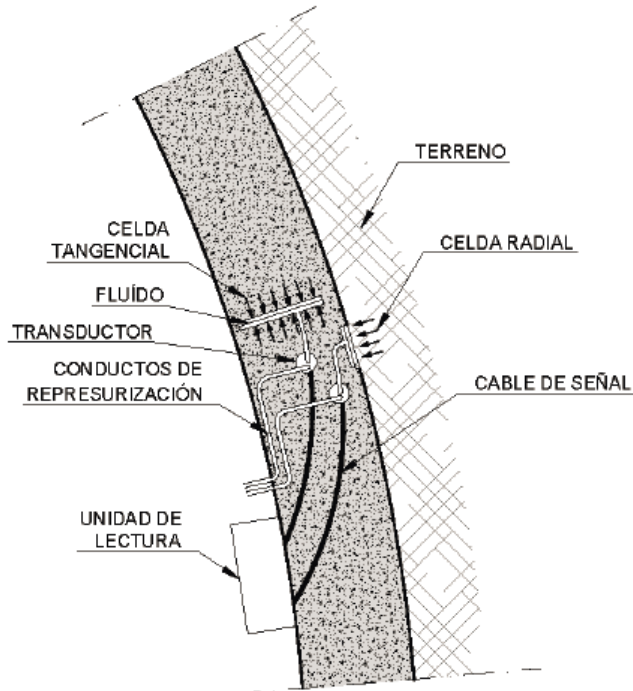
Celda de presión radial

Celda de presión tangencial

Fuente: www.sisgeo.com

La Figura N°9 es un esquema de instalación de celdas de presión, donde se ensambla un fluido hidráulico y los diferentes transductores.

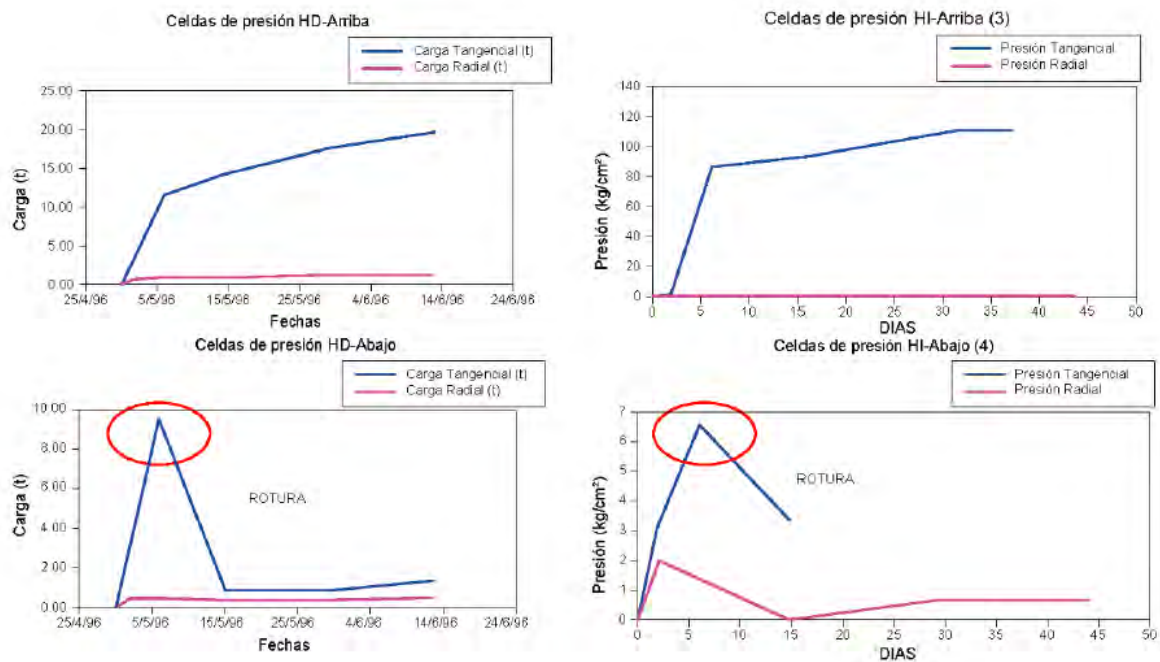
Figura N° 9 Esquema de instalación de celdas de presión



Fuente: (OSINERGMIN , 2017)

El Grafico N°3 es la relación de cargas y tiempo en las celdas de presión, en este grafico se observa como es la evolución de las cargas incluso se llega a observar cuando las celdas de carga llegan a fallar.

Gráfico N° 3 Evolución de carga soportada en el concreto



Fuente: (OSINERGMIN , 2017)

b) Celdas de carga

Las celdas de carga se usan para medir las fuerzas transmitidas a los anclajes. Se instalan en los pernos, cables y cimbras; estas miden las cargas transmitidas al macizo, medidas en el anclaje. La ubicación de la celda se sitúa entre la cabeza del anclaje y el macizo. Las celdas son de varios tipos:

- Mecánicas: Las deformaciones se miden directamente con un manómetro de aguja.
- Hidráulicas: Las deformaciones se miden con celdas que contienen cámaras de aire y que transmiten la carga al transductor.
- Eléctricas: Son celdas cilíndricas metálicas cuya deformación se transmite a sensores eléctricos.

La fotografía N°9 muestra la instalación de celdas de carga en cerchas, en su mayoría son colocadas en las articulación donde se registra mayor presión.

Fotografía N° 9 Instalación de celdas de carga



Fuente: www.sisgeo.com

2.2.4.- Geomecánica

El control de la estabilidad en el macizo rocoso de la mina Monkey Blue lo realiza el departamento de Geomecánica que se basa en criterios propuestos por diversas entidades entre ellas el **OSINERGMIN (2017)**, los criterios que proponen dicha entidad son los siguientes:

- **Recolección de información.** En esta parte se realiza el mapeo geológico, identificación de discontinuidades y estructuras geológicas además se realizara la evaluación de esfuerzos y clasificación del macizo de pre minado.
- **Dominio geo mecánico.** Se realizan las evaluaciones geo mecánicas considerando aspectos geológicos como es la presencia de discontinuidades y fallas que luego de la voladura generaran cuñas y los mecanismos que usaremos para su control.
- **Sostenimiento.** Se emplearan diversos criterios para su selección y se realizara el control mensual de acuerdo a la norma.

Para la clasificación geo mecánica se tomaran diversos parámetros que han sido propuestos por diferentes investigadores y que se aplican en la mina, las clasificaciones geo mecánicas que se consideran en la mina son:

- Sistema RMR (Rock Mass Rating)
- Sistema Q (Barton).
- Índice GSI

A continuación se detalla los diferentes parámetros que se usan para la clasificación del macizo rocoso.

Sistema RMR

En este sistema se clasifica al macizo rocoso de 0 a 100 puntos, siendo 0 para roca muy mala y 100 para roca buena, así como se indica en el siguiente cuadro.

Cuadro N°: 4 Valores Rock Mass Rating (RMR)

Descripción	RMR	Clase de Macizo Rocoso
Roca Muy Buena	81-100	I
Roca Buena	61-80	II
Roca Regular	41-60	III
Roca Mala	21-40	IV
Roca Muy Mala	0-20	V

Fuente: (OSINERGMIN , 2017)

Las versiones más usadas son el RMR_{76} y RMR_{89} , los parámetros que usan son:

- i. Resistencia a la Intacta
- ii. RQD
- iii. Espaciamiento de discontinuidades
- iv. Condición de discontinuidades
- v. Agua Subterránea

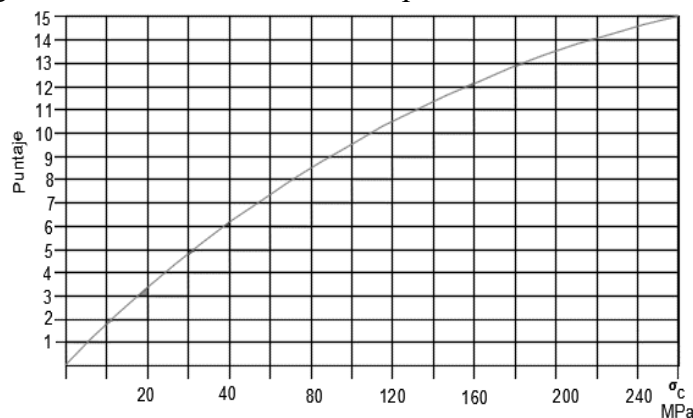
El puntaje será:

$$RMR = i + ii + iii + iv + v - \text{Ajuste por orientación de discontinuidades}$$

En la actualidad se usa con mayor frecuencia la modificatoria de los sistemas RMR_{76} y RMR_{89} . que es el sistema RMR_{14} y considera los siguientes parámetros:

- i. Resistencia a la compresión Uniaxial de la roca

Figura N° 10 Resistencia a la compresión uniaxial de la roca



Fuente: (OSINERGMIN , 2017)

ii. Numero de Juntas por metro

Figura N° 11 Número de juntas por metro



Fuente: (OSINERGMIN , 2017)

iii. Efecto del Agua

Cuadro N°: 5 Puntaje por efecto del agua

Estado del macizo rocoso	Seco	Ligeramente Húmedo	Húmedo	Goteando	Flujo de agua
Valoración	15	10	7	4	0

Fuente: (OSINERGMIN , 2017)

iv. Resistencia de las discontinuidades

Cuadro N°: 6 Puntaje por resistencia a las discontinuidades

Continuidad	<1m	1-3m	3-10m	>10m
	5	4	2	0
Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Suave	Superficies de deslizamientos
	5	3	1	0
Relleno	Duro		Blando	
	<5mm	>5mm	<5mm	>5mm
	5	2	2	0
Alteración	Sin alteración	Poco alterado	Muy alterado	Descompuesto
	5	3	1	0

Fuente: (OSINERGMIN , 2017)

v. Alterabilidad de la matriz rocosa por efecto del agua

Cuadro N°: 7 Puntaje por alterabilidad del agua

Alterabilidad Id2 (%)			
<85	60-85	30-60	<30
10	8	4	0

Fuente: (OSINERGMIN , 2017)

En la actualidad se utiliza el sistema RMR_{14} corregido que considera los siguientes aspectos.

$$RMR_{14} = (RMR_b + F_0) * F_e * F_s$$

El sistema RMR_{14} propone una corrección por orientación del túnel (F_0)

Cuadro N°: 8 Ajuste por orientación del túnel

Rumbo perpendicular al eje del túnel		Rumbo paralelo al eje del túnel		Buzamiento 0 -20 independiente del rumbo
Avance con el buzamiento	Avance en contra del buzamiento	Buz. 45 - 90	Buz. 20-45	
Buz. 45 -90	Buz. 20-45	Buz. 45-90	Buz. 20-45	
muy favorable	favorable	regular	Desfavorable	Regular
0	-2	-5	-10	-5

Fuente: (OSINERGMIN , 2017)

El sistema RMR_{14} propone una corrección por posible excavación mediante tuneladoras (F_e)

$$\text{Para } RMR < 40: F_e = 1 + 2 * \left(\frac{RMR}{100}\right)^2$$

$$\text{Para } RMR > 40: F_e = 1.32 - \frac{\sqrt{(RMR-10)}}{25}$$

El sistema RMR_{14} propone una corrección por influencia de la plastificación del frente (F_s)

$$\text{Para } k_0 \leq 1: ICE = \frac{3704 \times \sigma_{ci} \times e^{\frac{RMR-100}{24}}}{(3-k_0) \times H} * f$$

$$\text{Para } k_0 \geq 1: ICE = \frac{3704 \times \sigma_{ci} \times e^{\frac{RMR-100}{24}}}{(3k_0-1) \times H} * f$$

Donde:

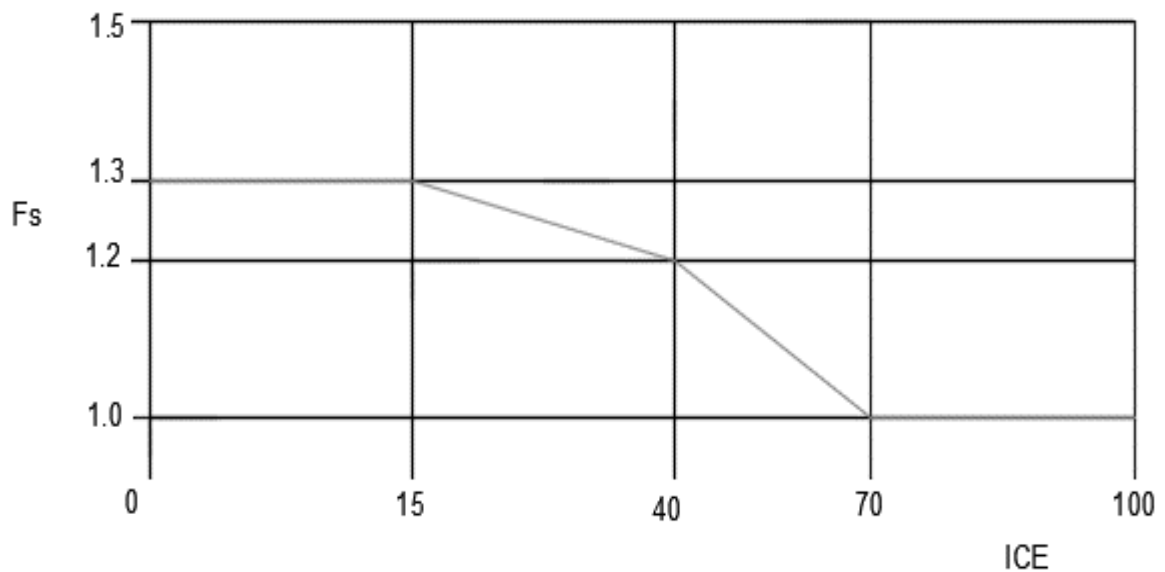
σ_{ci} = Resistencia a la compresión uniaxial de la roca (MPa)

k_0 = Coeficiente de reparto de los esfuerzos naturales

H : Profundidad a la que se encuentra el frente del túnel (m)

f = factor de forma de túnel (0.75 labor convencional).

Figura N° 12 Factor por influencia de la Plastificación (F_s)



Valores de F_s en función del ICE

Fuente: (OSINERGMIN, 2017)

Sistema Q

Este sistema se realizó en contexto al **NGI (Norwegian Geotechnical Institute)** por **Barton, Lien y Lunde (1974)**, para el diseño de excavaciones subterráneas, principalmente túneles. Este sistema ha sido mejorado y actualizado constantemente, siendo la última actualización del año 2007, la cual incluye investigaciones analíticas respecto al espesor, espaciamiento y reforzamiento de arcos armados reforzados con concreto lanzado como una función de la carga y de la calidad del macizo rocoso, así como la absorción de energía del concreto lanzado (**Normas EFNARC – European Federation of National Associations Representing for Concrete**).

Según (Barton , 1995)el Sistema Q es un sistema de clasificación del macizo rocoso con respecto a la estabilidad de excavaciones Subterráneas para brindar una descripción de la calidad del macizo rocoso. El Sistema Q se basa en la estimación de seis parámetros independientes y expresa la calidad de la roca Q, como función de esos parámetros.

$$Q = \frac{RQD}{J_n} * \frac{J_r}{J_a} * \frac{J_w}{SRF}$$

Donde:

RQD: índice de calidad de la roca

J_n: Parámetro basado en el número de familia de discontinuidades

J_r: Parámetro basado en la rugosidad de las discontinuidades

J_a: Parámetro basado en la alteración de discontinuidades

J_w: Parámetro basado en la presencia de agua

SRF: Factor de reducción de esfuerzos

En el cuadro siguiente se hace la interpretación del Sistema Q de Bartón donde relaciona valores con la calidad de roca, estos valores varían de 0.001 (roca excepcionalmente mala) a 400 (roca excepcionalmente buena).

Cuadro N°: 9 Interpretación índice Q

Descripción	Q
Roca Excepcionalmente Mala	0.001-0.01
Roca Extremadamente Mala	0.01-0.1
Roca Muy Mala	0.1-1
Roca Mala	1-4
Roca Regular	4-10
Roca Buena	10-40
Roca Muy Buena	40-100
Roca Extremadamente Buena	100-400
Roca Excepcionalmente Buena	400-1000

Fuente: (Barton , 1995)







Sistema GSI

Cabe señalar que el índice GSI fue originalmente desarrollado con la finalidad de obtener parámetros para el criterio de falla de Hoek & Brown, por lo que Vallejo recurre a las equivalencias del GSI con RMR para recomendar y dimensionar el sostenimiento.

$$RMR = 9 \ln Q + 44$$

$$GSI = RMR - 5$$

Figura N° 13 Cartilla GSI

<p>INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICO GSI (Hoek & Marino 2000) A partir de la litología estructural y la condición de superficie de las discontinuidades se estima el valor promedio GSI. No intente ser muy preciso. Escoger un rango de 33 a 37 es más realista que elegir GSI = 35 También notar que esta tabla no se aplica a mecanismos de falla controlado por estructuras. Donde se presentan planos estructuralmente débiles en una orientación desfavorable con respecto a la cara de la excavación, estos dominarán el comportamiento del macizo rocoso. La resistencia al corte de las superficies en rocas que son propensas a deteriorarse como resultado de cambios en la humedad, se reduce cuando exista presencia de agua. Cuando se trabaje con roca de categoría regular a muy mala, puede moverse hacia la derecha para condiciones húmedas. La presión de poro de menaje con un</p> <p>CONDICIONES SUPERFICIALES</p> <p>MUY BUENA Muy rugoso superficies frescas sin meteorización</p> <p>BUENA Rugoso ligeramente meteorizado superficies con ácido</p> <p>REGULAR Lisas moderadamente meteorizada y superficies alteradas</p> <p>MALA Espejo de Falla altamente meteorizada con recubrimiento compacto o rellenos o fragmentos</p> <p>MUY MALA Espejo de falla superficies altamente meteorizadas con recubrimiento de arcilla suave o rellenos</p> <p>ESTRUCTURA</p> <p>DISMINUYE CALIDAD SUPERFICIE</p>					
 <p>Intacta o Masivo: Especímenes de roca intacta o masivo en roca in situ con pocas discontinuidades especialmente espaciadas</p>	<p>95 90</p>			N/A	N/A
 <p>Levemente fracturado: Macizo rocoso no disturbado muy bien entrelazado constituido por bloques cúbicos formados por 3 familias de discontinuidades</p>	<p>85 80</p>				
 <p>Moderadamente fracturado: entrelazado, macizo rocoso parcialmente disturbado con bloques angulosos de varias caras formado por 4 o más familias de discontinuidades.</p>	<p>75 70 65 60</p>				
 <p>Muy Fracturado: disturbado anguloso foliada con bloques angulosos formados por la intersección de muchas familias de discontinuidades persistencia de planos de estratificación o esquistocidad.</p>	<p>55 50 45 40</p>				
 <p>Desintegrado: Pobremente entrelazado macizo altamente fracturado compuesto de una mezcla de pedazos de roca angulosos y redondeados.</p>	<p>35 30 25 20 15 10</p>				
 <p>Foliado Laminado Cizallado: alta deformación de bloques debido al pequeño espaciamiento o esquistocidad débil o planos de corte.</p>	<p>5</p>	N/A	N/A		

Fuente: (Hoek E. , 1980)

La determinación de esfuerzos se ha determinado utilizando la metodología de presiones litostáticas propuesta por (Hoek E. , 1980)según (OSINERGMIN , 2017)la determinación de esfuerzos con equipos de medición tales como Ensayos de sobre perforación (Overcoring) se realizan a partir de 600 metros en nuestro caso utilizaremos la siguiente formula.

$$\sigma_v = 0.027 Z$$

Donde:

σ_v = *esfuerzos verticales (MPa)*

Z =*profundidad de la labor (m)*

Para determinar la relación de esfuerzos horizontales y verticales utilizamos la metodología propuesta por (Hoek E. K., 1995)de acuerdo a nuestra ubicación seleccionaremos la siguiente formula:

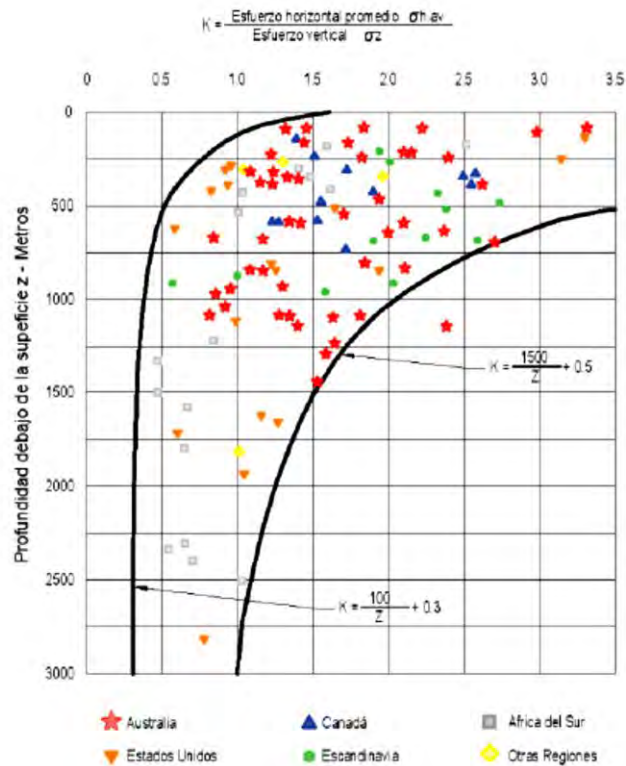
$$K = \frac{100}{z} + 0.3$$

Donde:

K = *Relación entre esfuerzos horizontal y vertical*

Z = *Profundidad excavación (m)*

Figura N° 14 Constante k (relación esfuerzo horizontal y vertical)



Fuente: (Hoek E. , 1980)

Sheorey (1994), propone una metodología basada en el módulo de elasticidad de la roca, esta metodología también es utilizada en la mina y también aplicaremos esta fórmula para la evaluación de los esfuerzos en nuestra área de estudio.

$$k_0 = 0.25 + 7 E_h(0.001 + \frac{1}{Z})$$

Donde:

k_0 = Relación de esfuerzos horizontal y vertical

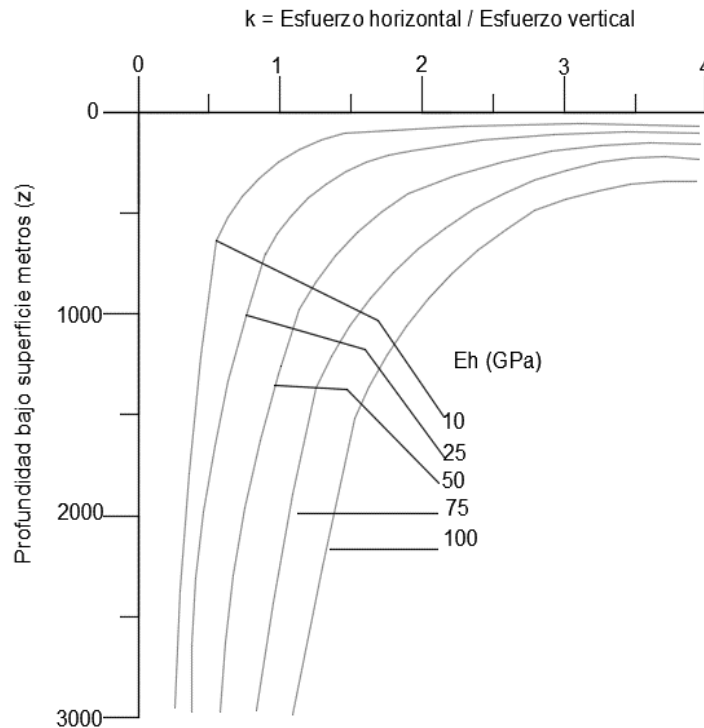
E_h = Modulo de Elasticidad de la Roca In Situ (MPa)

Z = Profundidad la labor (m)

La siguiente figura muestra la relación de **Sheorey (1994)**, que relaciona los módulos de elasticidad obtenidos en las evaluaciones mecánicas de la roca in situ y los relaciona con la

profundidad de la excavación para así obtener el ratio de los esfuerzos verticales y horizontales.

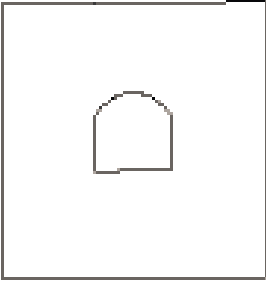
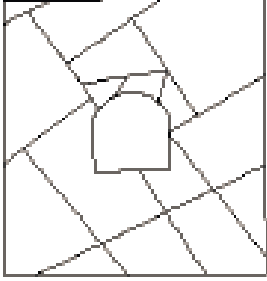
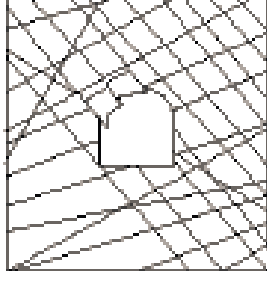
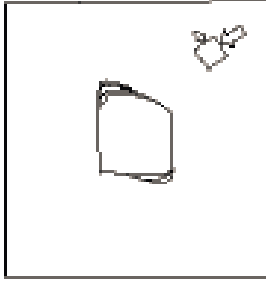
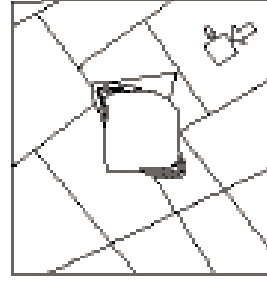
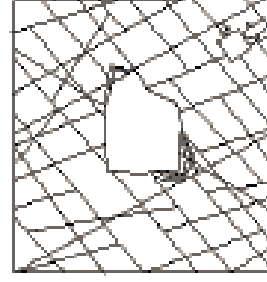
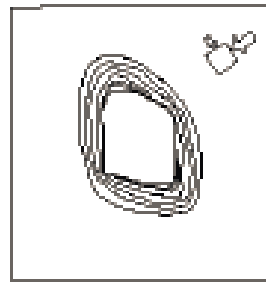
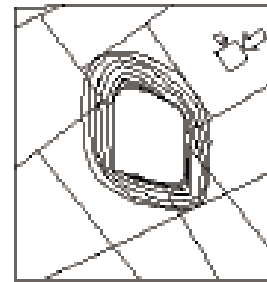
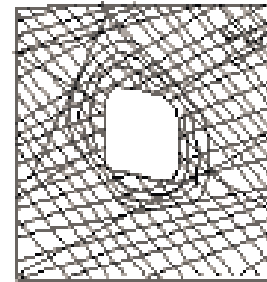
Figura N° 15 Ratio del esfuerzo horizontal y vertical



Fuente: Sheorey (1994)

A medida que se profundiza la operación, la presencia de volúmenes de roca (cuñas) es más constante por lo cual en la mina utilizamos un sistema que explica el comportamiento del macizo rocoso de acuerdo al RMR, propuesto por **Lorig (2009)**, en donde se plantea la relación de los esfuerzos con la calidad de roca y en conformidad se consolida la plasticidad, para el caso de la mina los esfuerzos in situ son bajos y el RMR varía de 50 a 75 por lo tanto se tiene la presencia y el desplazamiento de cuñas, otro aspecto que se observa es el comportamiento del macizo rocoso que no llega a ser plástico y la deformación de las labores no se da inmediatamente, por lo tanto de acuerdo al comportamiento del macizo rocoso se plantea el control del deslizamiento de los bloques y las cuñas mediante el empleo de sistemas de refuerzo o pernos de anclaje y shotcrete.

Figura N° 16 Mecanismo de falla y comportamiento del macizo rocoso

	Masivo (RMR>75)	Moderadamente fracturada (50>RMR<75)	Altamente fracturada (RMR<50)
Esfuerzos in situ bajos	 <p>Respuesta elástica lineal</p>	 <p>Deslizamiento o caída de bloques y cuñas</p>	 <p>Desplazamiento de bloques de la superficie de la excavación</p>
Esfuerzos in situ intermedios	 <p>Falla rígida adyacente al contorno de la excavación</p>	 <p>Falla rígida localizada de roca intacta y movimiento de bloques</p>	 <p>Falla rígida de roca intacta y desplazamiento a lo largo de las discontinuidades</p>
Esfuerzos in situ altos	 <p>Falla rígida alrededor de la excavación</p>	 <p>Falla rígida de roca intacta alrededor de la excavación y movimiento de bloques</p>	 <p>Roca deformable, comportamiento plástico</p>

Fuente: Lorig (2019)

CAPÍTULO III

DESCRIPCION DE LA UNIDAD DE INVESTIGACION

3.1.- Ámbito de trabajo

La Unidad Minera Monkey Blue se ubica en el departamento de Apurímac, provincia de Abancay, distrito de Curahuasi. Geográficamente se ubica en la sierra sur del Perú (zona 18) y coordenadas UTM: 762910.8 E, 8490393.8 N, a 90 km al sur de la ciudad de Curahuasi, a 80 km al suroeste de Abancay y 130 km al este de Cusco, a una altitud que varía de 2900 a 4500 msnm.

Para acceder a la mina se utiliza utiliza una trocha carrozable que parte de la ciudad de Curahuasi a 90 km de este, para llegar a Curahuasi se utiliza la Ruta Interoceánica que Parte de Lima a 965 km en dirección a la ciudad del Cusco, en el siguiente gráfico se muestra la Ubicación de la Mina Monkey Blue.

Figura N° 17 Ubicación Mina Monkey Blue



Fuente: Google Earth

3.2.- Descripción Geológica y Geomecánica del Ámbito de Trabajo

Geología Regional

La geología Regional se divide en 3 zonas geomorfológicas:

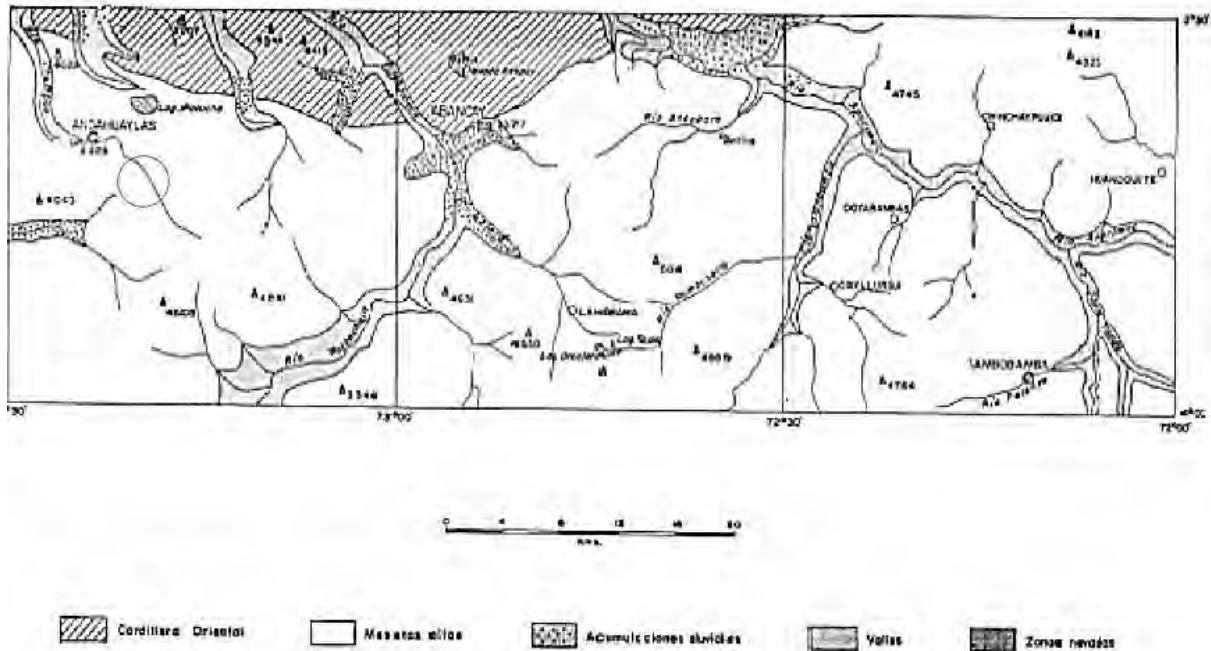
Altas Mesetas

Relieve suave truncada por una superficie de erosión que queda a un altura que varía de 4200 msnm a 4700 msnm esta superficie de erosión, esencialmente glaciaria, las huellas de las glaciaciones se observan por encima de los 3500 msnm(valles en U, depósitos morrenicos, etc.). Se puede distinguir por lo menos dos etapas de glaciaciones que posiblemente se correlacionen con las glaciaciones del centro del Perú. La sucesión de las fases glaciares se nota bien en las partes centrales de las hojas de Andahuaylas y Abancay, donde es frecuente observar valles glaciares y morrenas, cortando estructuras glaciares más antiguas. Esta disposición se nota en la laguna Antacochoa.

Los extensos afloramientos de calizas del Cretáceo medio (Formación Ferrobamba) de la parte centro- sur de la zona estudiada presenta huellas de erosión Kárstica.

Así como en el centro del Perú, notamos una fuerte disolución superficial (lapiez) pero poca acción erosiva en profundidad. Parece que factores climáticos y litológicos hacen que las aguas de escorrentía se saturen rápidamente y cuando se infiltran ya no tienen poder disolvente.

Figura N° 18 Esquema fisiográfico de los cuadrángulos de Andahuaylas, Abancay y Cotabambas



Fuente: Marocco (1975)

La potentes cuarcitas del grupo Yura (Jurásico superior Cretáceo Inferior), que afloran en los núcleos de anticlinales de gran radio de curvatura (hoja de Cotabambas), determinan zonas altas de relieve suave, debido a las casi horizontalidad de las capas en el eje anticlinal.

Generalmente las granodioritas, han resistido bien a la acción erosiva de la unidad “Altas Mesetas”. Muchas veces constituyen relieves residuales por encima de la superficie Puna (partes centrales de la hoja de Abancay por ejemplo)

Cordillera Oriental

La unidad Altas Mesetas y separada de ella por una zona de falla orientada Este – Oeste, queda la unidad “Cordillera Oriental” que corresponde a las estribaciones occidentales de la Cordillera Oriental del Sur del Perú.

La unidad Cordillera Oriental se diferencia de la precedente por su morfología, pues los relieves son muy agudos y ya no se notan colinas de formas suaves como en la unidad Altas Mesetas.

En la Cordillera Oriental la morfología se debe al juego reciente de la zona de fallas E-W (Falla de Abancay). El levantamiento Cuaternario de los Andes se realizó por intermedio de fallas de juego normal que cortaron la superficie Puna. En la región estudiada ciertas porciones de dicha superficie se levantaron más que otras. Las partes levantadas (Cordillera Oriental) sufrieron una reactivación de la erosión y se encuentra rejuvenecidas. La historia geológica muestra que desde fines del Paleozoico, la Cordillera Oriental fue a una zona móvil positiva y sufrió varias etapas de erosión seguidas de levantamiento.

Los Valles

Se encuentran disectadas por valles profundos y a menudo encañonados. Dentro de los valles de la región estudiada, los principales son los del río Apurímac y de sus tributarios (Río Santo Tomas, Río Antilla, Río Pachachaca, Río Pincos, etc.) Todos presentan un encañonamiento importante (más de 1000 m) en ciertas partes de su recorrido. Los flancos muestran una fuerte pendiente y frecuentemente están cubiertos por mantos gruesos de aluviones.

Los ríos no alcanzaron su perfil de equilibrio. En cuanto al río Apurímac, vemos que sus tributarios no han tenido el tiempo de regularizar su curso y tienen un nivel de base muy abrupto. Esto se traduce en el terreno por una zona de rápidos en las cercanías de confluencia. Ciertos valles muestran una exageración de este fenómeno: se trata de los valles colgados, cuyos mejores ejemplos son el vale de Curahuasi y el valle de Sahhuinto (8km al sur de la ciudad de Abancay).

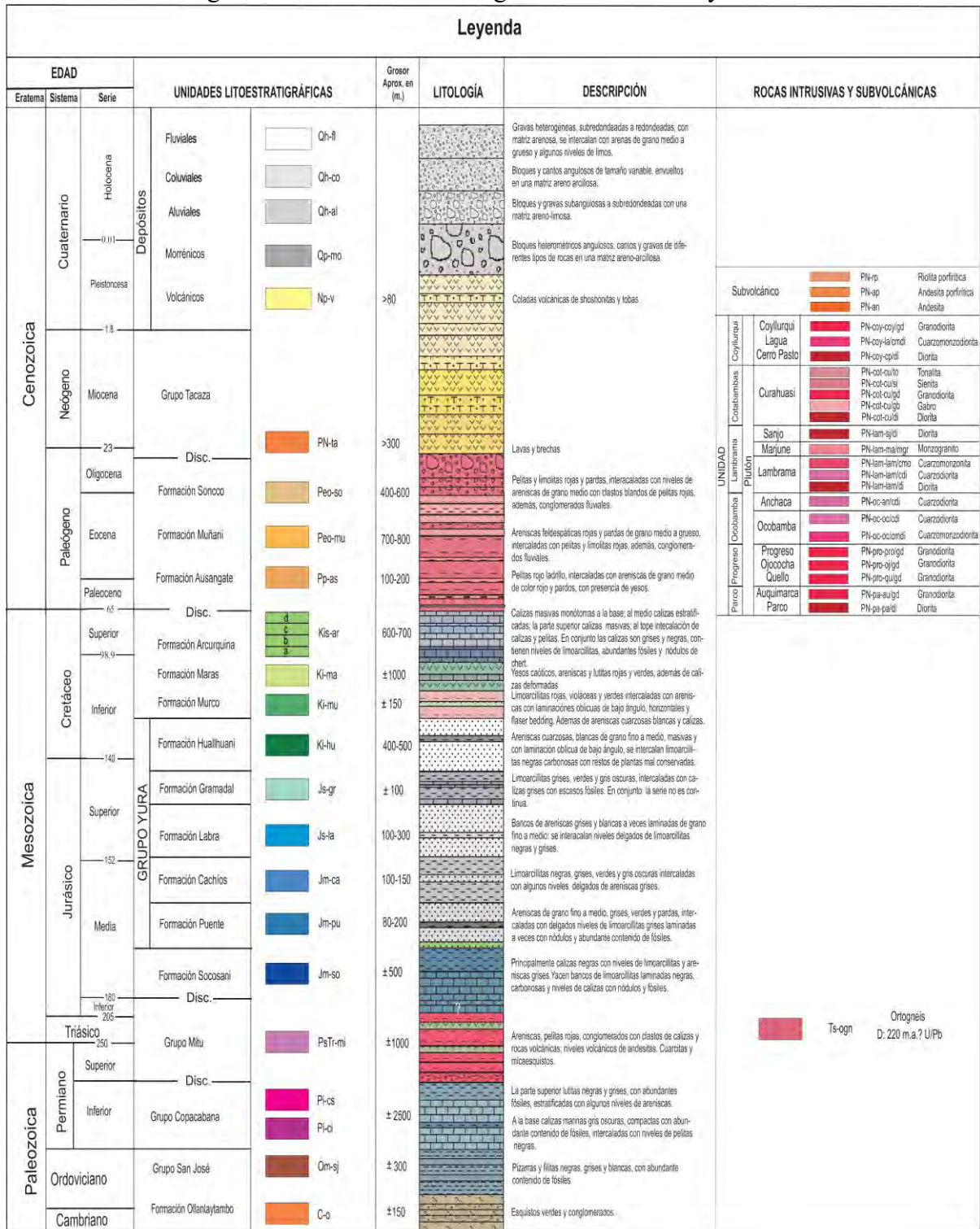
Durante el Cuaternario, el nivel de base de los ríos quedó sobrealzado y empozó una erosión regresiva (Esta es la explicación del encañonamiento de los ríos que son antecedentes).

Estratigrafía

La mina Monkey Blue pertenece al cuadrángulo de Abancay (28-q) se tienen unidades estratigráficas cuyas edades van del Paleozoico inferior (Cambriano), al Cuaternario. Paleozoico El Paleozoico inferior en el cuadrángulo estudiado, está representado por la Formación Ollantaytambo (Cambriano-Ordoviciano inferior), y por el Grupo San José (Arenigiano-Llanvirniano). Formación Ollantaytambo (C-o) Al noroeste del poblado de

Curahuasi en la quebrada de Lucma, se tiene un afloramiento de rocas metamórficas, anteriormente no reconocida. Está compuesta por conglomerados y esquistos de color verde, a veces alteradas a pardo rojizas. Las consideramos como rocas de la Formación Ollantaytambo por encontrarse fuertemente metamorfozadas y por la similitud con las rocas descritas en áreas vecinas. El grosor aflorante es de aproximadamente 150 m. Por el norte se encuentra en contacto fallado con los yesos de la Formación Maras y con un cuerpo intrusivo de composición diorítica. En conjunto, estas rocas metamórficas infrayacen en discordancia a las rocas de los grupos Mitú y Copacabana y rocas de la Formación Socosani. No se han encontrado fósiles, por lo que las conclusiones respecto a la edad son únicamente sobre la base de las observaciones de campo y los datos existentes y descritos por otros autores al norte de la zona en el cuadrángulo de Urubamba. atribuye a estas rocas metamórficas una edad Cámbrica por su posición estratigráfica. Carlotto et al (1996), por infrayacer a los conglomerados de la Formación Verónica y a la Formación San José del Ordoviciano, también le atribuye una edad del Cámbrico. Sin embargo estudios recientes realizados por le asignan una posible edad del Ordoviciano inferior. Grupo San José (Om-sj) El Grupo San José, no cartografiado anteriormente, aflora de manera muy restringida en el extremo norte del cuadrángulo, próximo al poblado de Cachora y se extiende hacia el cuadrángulo vecino de Machupicchu.

Figura N° 19 Columna estratigráfica Mina Monkey Blue



Fuente: Valdivia & Latorre (2003)

Geología Local

La geomorfología es determinada por agentes erosivos, el clima, lluvia, corrientes fluviales. Esta está constituida por unidades geomorfológicas como son: montañas, laderas, terrazas, fondos de valle y quebradas. En cuanto a los afloramientos rocosos que se presentan de nuestro proyecto van desde el Cretácico Inferior hasta el Neógeno, comprendido por las unidades geológicas como Fm. Arcurquina (Cretácico Sup.), Gp. Tacaza (Mioceno) y rocas ígneas del Plutón Cotabambas Curahuasi (diorita, granodioritas y tonalitas).

Geología Estructural

Las estructuras tienen una orientación predominante de E-O. En esta parte se encuentran los dos dispositivos paleogeográficos del Mesozoico, diferenciados por y separados por sistemas de fallas E-O a ONO-ESE. En la presente actualización geológica se han reconocido nuevas estructuras geológicas principalmente fallas que explican el comportamiento tectónico en la zona. Se hace una descripción de las estructuras geológicas más importantes a partir del mapa geológico.

La Falla Abancay-Curahuasi Esta estructura se ubica al norte del cuadrángulo de Abancay, cruza los cuadrantes I y II. Se trata de una falla regional inversa con vergencia al norte, con dirección E-O hasta la zona de Salhuite y de dirección de NO-SE por la zona de Abancay. Pone en contacto a la Formación Socosani y al Grupo Yura sobre las formaciones Maras y Arcurquina. En la parte de Salhuite esta falla hace repetir secuencias de la Formación Socosani. Hacia la zona de Abancay tiene un movimiento de rumbo diestro y parece controlar el emplazamiento de rocas metamórficas triásicas (ortogneis).

La Falla Estrella Se ubica al NE de la zona de estudio, cerca al puente Cunyac. La falla de dirección ENE-OSO es inversa con vergencia al SE. Pone en contacto a los yesos de la Formación Maras y las calizas de la Formación Arcurquina. Falla San Isidro Se ubica al SE del cuadrángulo, cruza cerca de los poblados de Circa y Chacohe. Se trata de una falla inversa de dirección NE-SO. Pone en contacto un cuerpo similar al ortogneis de Abancay con los intrusivos del plutón Auquimarca. Asimismo, pone en contacto las calizas de la Formación Arcurquina con las areniscas de la Formación Muñani.

Geología Económica

Yacimiento tipo Pórfido de Cobre -Molibdeno, se emplaza en forma de diques, lacolito, sills en un pórfido dacítico, y en unidades de las formaciones Chuquibambilla y Soraya. Presenta un sistema de estructura compleja, N65°O se ubica al oeste de la zona del proyecto, falla matara EO ubicado en el extremo sur del área de estudio, suaves pliegues. Presenta minerales de calcopirita, bornita y piritita. Se confirma mineralización supérgenica (sulfuros), enriquecida de Cu-Mo hacia el noroeste. Se estima en reservas (2008): 135 Millones Toneladas con ley de 0.61-0.75% Cu.

En el Anexo N°1 se Adjuntó el Plano Geológico.

3.3.- Evaluación Geomecánica y Selección de sostenimiento Gal 100

Se ha realizado la evaluación geomecánica de los puntos donde se van a utilizar los pernos extensómetros, se realiza esta evaluación con el fin de determinar y seleccionar el sostenimiento adecuado ya que para el monitoreo con pernos extensómetros el sostenimiento debería ser con pernos, en el cuadro siguiente se tiene el logueo de los diferentes puntos.

Cuadro N°: 10 Evaluación Geomecánica Gal 100

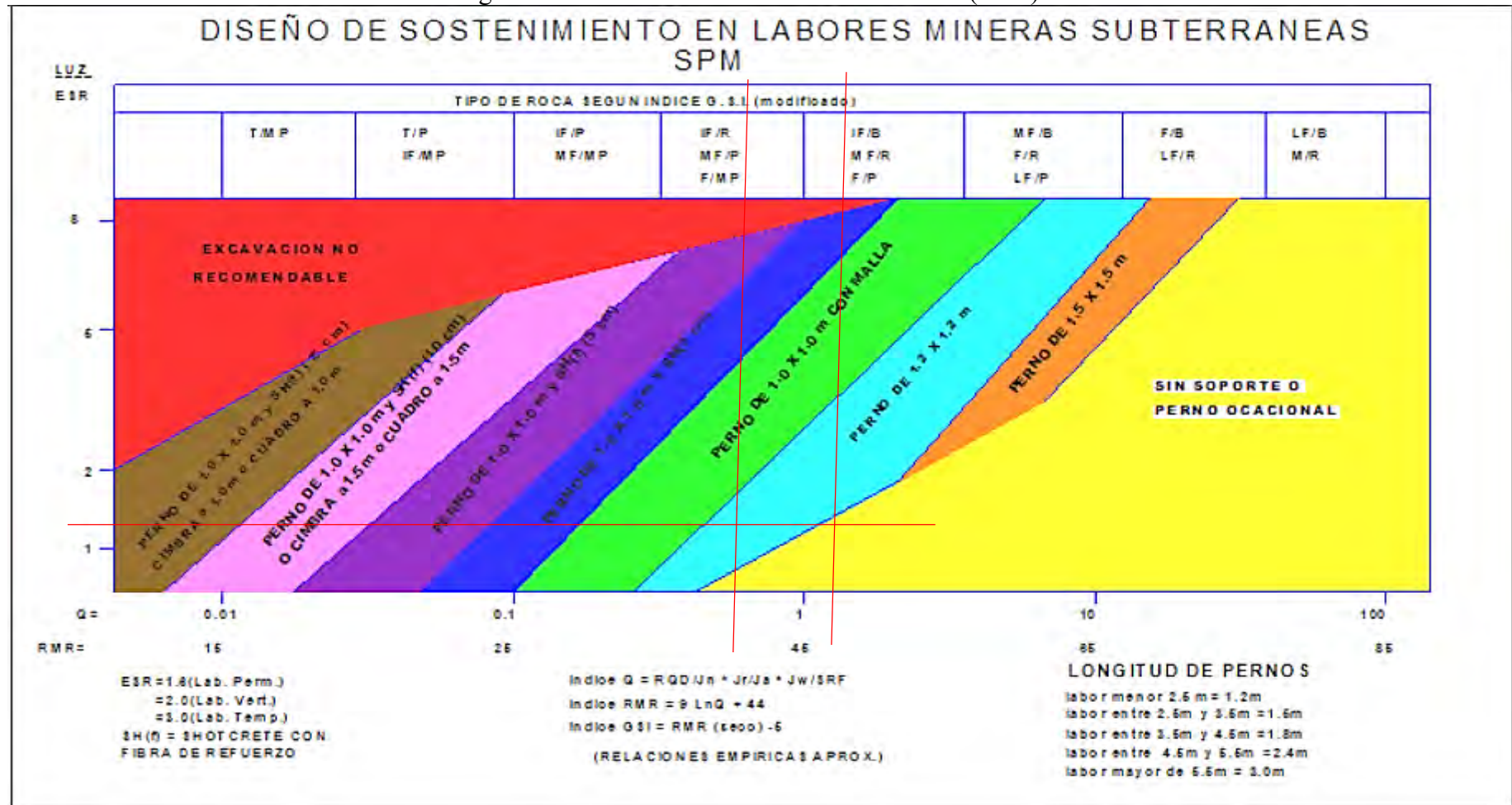
Puntos Monitoreo Gal 100	Resistencia Compresión Uniaxial de la Roca	Numero de juntas por metro	Efecto del agua	Puntaje por resistencia a las discontinuidades	Alterabilidad del Agua	Ajuste por orientación del túnel	Posible excavación por túneles	Factor por influencia de la plastificación	RMR = i + ii + iii + iv + v – Ajuste por orientación de discontinuidades	Tipo de roca	Índice Q	Índice GSI
BM +15	7	25	4	1	4	-10	1.47	1.2	48.33	Regular B	3.03	43.33
BM +18	7	25	4	1	4	-10	1.47	1.25	48.28	Regular B	2.99	43.28
BM +21	8	25	4	2	4	-10	1.52	1.2	50.28	Regular A	4.99	45.28
BM +24	9	26	0	1	4	-5	1.45	1.2	42.35	Regular B	0.66	37.35
BM +27	9	27	0	1	4	-5	1.47	1.2	43.33	Regular B	0.84	38.33
BM +30	8	27	0	2	4	-10	1.47	1.2	48.33	Regular B	3.03	43.33
BM +33	8	27	0	2	4	-10	1.47	1.2	48.33	Regular B	3.03	43.33

Fuente: Análisis Propio

En el cuadro anterior los puntos de logueo determinar en el sistema RMR una roca de tipo III A y B lo que nos indica que es una roca regular, además se han determinado los índices para los sistemas Q y GSI, en las siguientes figuras se realizara el ploteo para poder determinar el sostenimiento adecuado.

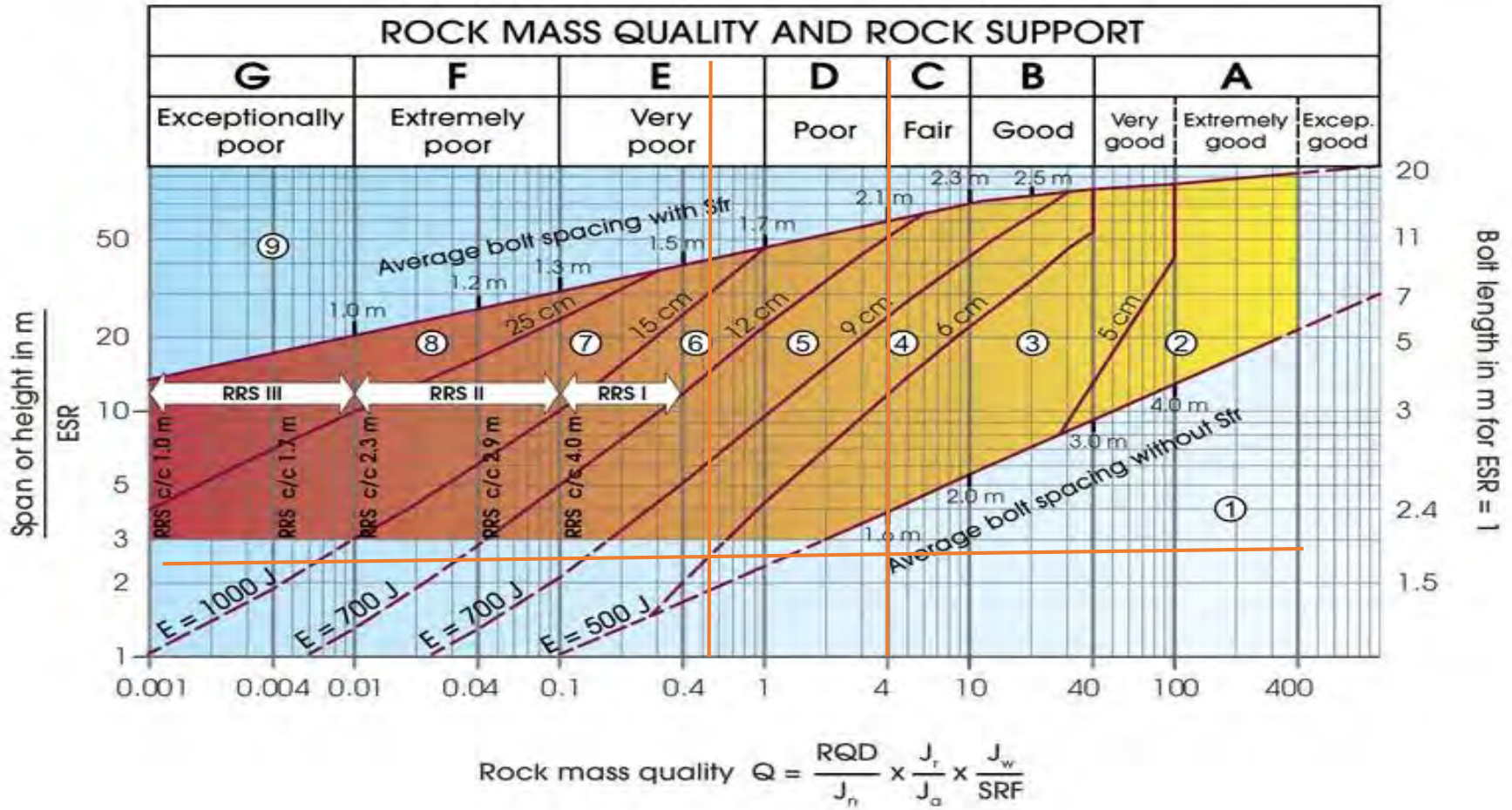
En el Anexo N°2 se Adjuntó el Plano Geomecanico

Figura N° 20 Ploteo en Sistema Practico Minero (SPM)






Fuente: Análisis Propio

Figura N° 21 Ploteo Sistema Q



Fuente: Análisis Propio

Figura N° 22 Detalle Ploteo Sistema Q

Support categories	RRS - spacing related to Q-value
① Unsupported or spot bolting	 Si30/6 Ø16 - Ø20 (span 10m) D40/6+2 Ø16-20 (span 20m)
② Spot bolting, SB	 Si35/6 Ø16-20 (span 5m) D45/6+2 Ø16-20 (span 10m) D55/6+4 Ø20 (span 20m)
③ Systematic bolting, fibre reinforced sprayed concrete, 5-6 cm, B+Sfr	 D40/6+4 Ø16-20 (span 5 m) D55/6+4 Ø20 (span 10 m) Special evaluation (span 20 m)
④ Fibre reinforced sprayed concrete and bolting, 6-9 cm, Sfr (E500)+B	
⑤ Fibre reinforced sprayed concrete and bolting, 9-12 cm, Sfr (E700)+B	
⑥ Fibre reinforced sprayed concrete and bolting, 12-15 cm + reinforced ribs of sprayed concrete and bolting, Sfr (E700)+RRS I +B	
⑦ Fibre reinforced sprayed concrete >15 cm + reinforced ribs of sprayed concrete and bolting, Sfr (E1000)+RRS II+B	
⑧ Cast concrete lining, CCA or Sfr (E1000)+RRS III+B	
⑨ Special evaluation	

Bolts spacing is mainly based on Ø20 mm

E = Energy absorption in fibre reinforced sprayed concrete

ESR = Excavation Support Ratio

Areas with dashed lines have no empirical data

Si30/6 = Single layer of 6 rebars,
30 cm thickness of sprayed concrete

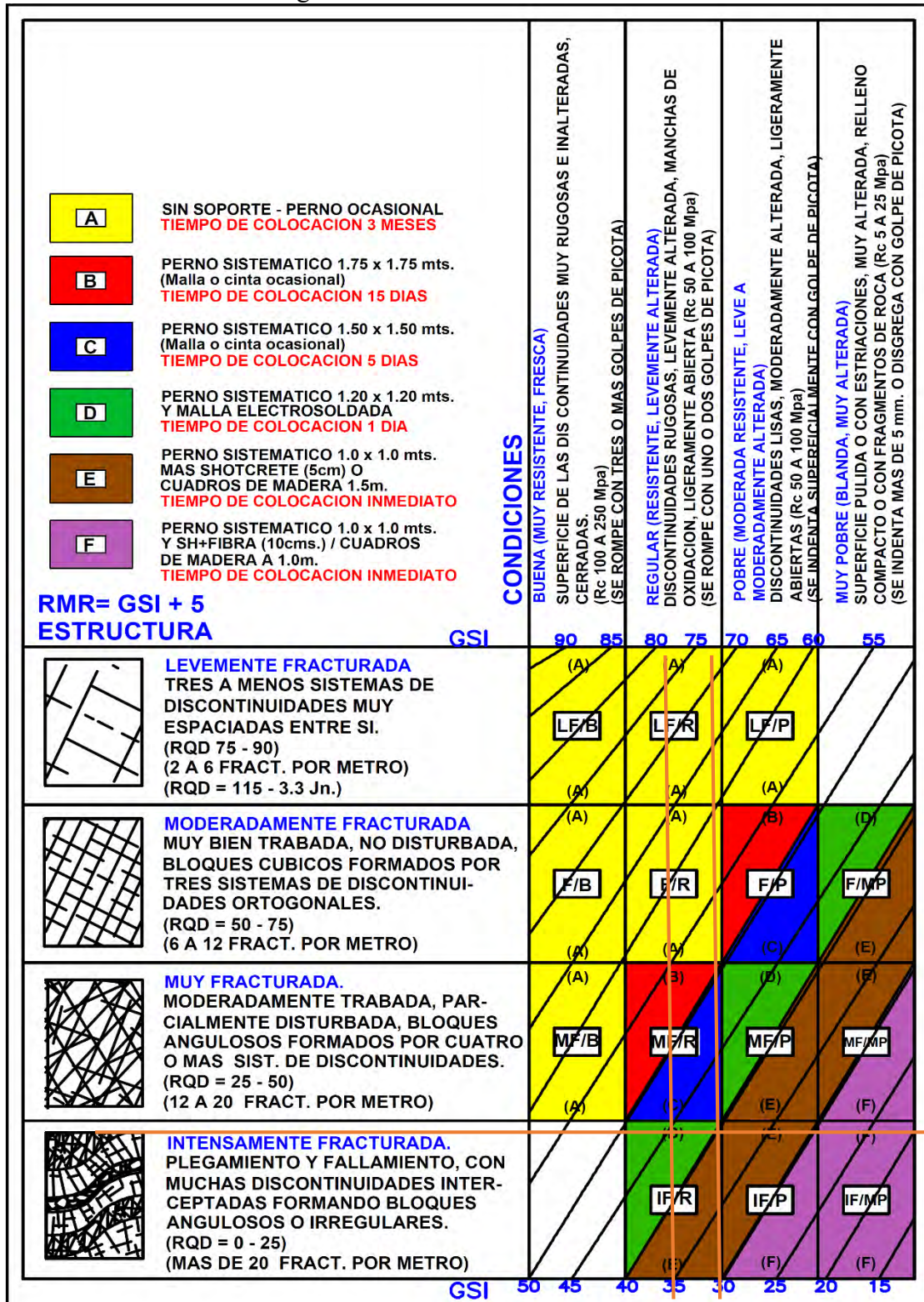
D = Double layer of rebars

Ø16 = Rebar diameter is 16 mm

c/c = RSS spacing, centre - centre

Fuente: Análisis Propio

Figura N° 23 Ploteo en Sistema GSI



Fuente: Análisis Propio

En resumen en el siguiente cuadro se tiene el sostenimiento que se deberá utilizar para los diferentes puntos en la Gal 100.

Cuadro N°: 11 Selección de sostenimiento en Gal 100

Puntos Monitoreo Gal 100	RMR	Tipo de roca	Índice Q	Índice GSI	Sostenimiento
BM +15	48.33	Regular B	3.03	43.33	Perno Puntual
BM +18	48.28	Regular B	2.99	43.28	Perno Puntual
BM +21	50.28	Regular A	4.99	45.28	Perno Puntual
BM +24	42.35	Regular B	0.66	37.35	Perno con espaciamiento 1.2 x 1.2 m
BM +27	43.33	Regular B	0.84	38.33	Perno con espaciamiento 1.2 x 1.2 m
BM +30	48.33	Regular B	3.03	43.33	Perno Puntual
BM +33	48.33	Regular B	3.03	43.33	Perno Puntual

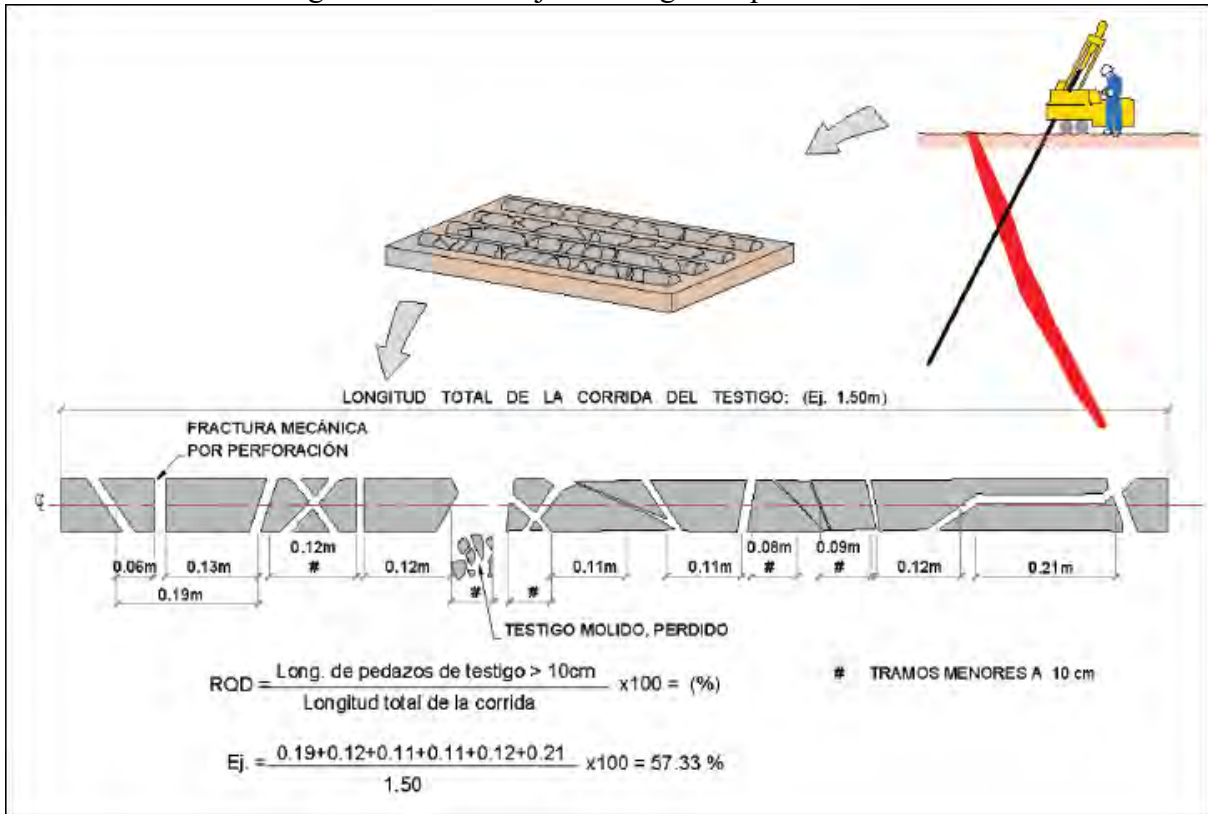
Fuente: Análisis Propio

La selección del sostenimiento se realizó en base a los ploteos de los diferentes criterios propuestos tales como Barton (Q), GSI y Sistema Prático Minero (SPM), en todos los casos el sostenimiento sugerido es con Pernos de Anclaje

3.4.- Logueo Geotécnico de Testigos de Perforación

En la etapa de exploración se han desarrollado perforaciones de sondaje para poder determinar el dimensionamiento del yacimiento, la mina Monkey Blue ha realizado un sondaje en la zona Mariela donde se encuentra la Galería 100, para la evaluación técnica del sondaje se ha utilizado el método sugerido por OSINERGMIN para determinar el R.Q.D.

Figura N° 24 Sondaje de testigos de perforación



Fuente: OSINERGMIN 2017

El sondaje realizado (D-2225), tiene el siguiente Logueo geotécnico, en donde se ha realizado la clasificación de acuerdo al R.Q.D.

Los testigos tomados tienen una longitud promedio de 1.5 metros, se uso tubería de 3 metros, en los sondajes muestra un grado medio de meteorización, en la mayoría los sondajes se realizó en roca encajonante, el sondaje geotécnico arrojó un R.Q.D. promedio de 52 % lo que significa que nos encontramos en una roca de calidad regular.

Cuadro N°: 12 Logueo de Sondajes Zona Mariela

Tramo (mts.)		Recuperación %	Descripción Litológica	Grado de Meteorización	Frecuencia de fracturas ff/m	RQD (%)	JRC	Observaciones
Desde	Hasta							
1	3	70	Caliza	III	3	50	12	
3	6	85	Caliza	III	3	50	12	
6	9	85	Caliza	III	4	55	10	
9	12	85	Caliza	III	2	60	18	
12	15	70	Caliza	III	3	65	12	
15	18	70	Caliza	III	3	65	10	
18	21	75	Caliza	III	2	65	12	
21	24	75	Caliza	III	3	60	10	
24	27	80	Caliza	III	3	60	11	
27	30	80	Caliza	III	3	55	11	
30	33	75	Caliza	III	2	50	12	
33	36	75	Caliza	III	3	50	18	
1	3	60	Caliza	IV	3	45	20	
3	6	60	Caliza	IV	3	45	18	
6	9	75	Caliza	IV	4	40	18	
9	12	75	Caliza	IV	2	55	18	
12	15	65	Caliza	IV	3	50	16	
15	18	65	Caliza	IV	3	40	20	
18	21	60	Caliza	IV	2	45	18	

Fuente: Monkey Blue

CAPÍTULO IV

RECOLECCION PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS

4.1.- Recolección de datos con Perno extensómetro

Para recolectar las tensiones in situ se va utilizar el instrumento de medición denominado perno extensómetro.

El Perno extensómetro es un concepto que combina el sistema de sostenimiento de anclaje con algún instrumento de medición, en el caso de sostenimiento de anclaje tenemos para evaluar diferentes pernos como son Split Set, Helicoidal, Swellex incluso los de auto perforación.

En la elección de un instrumento de medición se tiene varios desde extensómetros hasta células de carga, estos instrumentos pueden ser eléctricos, hidráulicos incluso pueden ser de fibra óptica, todo dependerá de los que se desee obtener.

En la mayoría de los casos los instrumentos de monitoreo serán para evaluar el sostenimiento en si, pero en nuestro caso deseamos hacer la evaluación de la estabilidad para ello debemos determinar las tensiones presentes en la mina y así poder contrastar con la resistencia del macizo rocoso.

Es así que se utilizaran instrumentos para medir cargas, el que escogimos es el método de células de cargas con galgas extensométricas, con estos instrumentos podemos determinar las tensiones in situ que soportaran los pernos.

Las galgas extensométricas son dispositivos eléctricos que al recibir una presión llegan a deformarse alterando su resistencia, este principio de funcionamiento se llama piezo resistivo, para las lecturas se toma en cuenta las deformaciones que se consiguen en el laboratorio y el factor de galga que se consigue en la ficha técnica además la variación de resistencia se toma durante el monitoreo, para el cálculo de las presiones será necesario considerar la siguiente formula:

$$GF = \frac{\delta R/R}{\epsilon} = \frac{R_f - R_o}{\epsilon}$$

Donde:

GF: Factor de Galga, en nuestro estudio se emplearon Galgas con un Factor de 2.6

$\delta R/R$: Variación de la resistencia (ohmios)

Rf: Resistencia Final (ohmios)

Ro : Resistencia Inicial (ohmios)

ϵ : Deformación Galga(mm/mm)

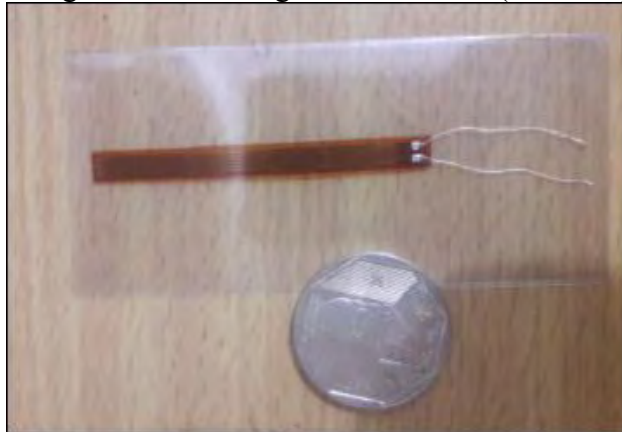
La galga extensómetra que se va utilizar para la medición es un medidor típico con factor de Galga 2.6, los detalles de la galga se muestran en el a continuación, hay que considerar que estas galgas pueden trabajar con normalidad hasta 150°C y tiene una variación negativa en cuanto a compresión y positiva en tracción. A continuación se enumera algunas de sus características.

- Modelo : BX 120- 3AA
- Resistencia 120 ohm
- Factor de Galga (Gauge Facto):2.6
- Material: Aldehido

- Longitud de Galga: 3 mm
- Dimensiones 7 x 4mm
- Longitud Cables: 33 mm

En el Anexo N° 3 se muestra la ficha técnica de las galgas que se han utilizado, en la siguiente fotografía se muestra las galgas utilizadas, como se observa las galgas no son de gran tamaño, son mayormente similares a las que se utilizan en estructuras tales como puentes y columnas de cargas que son propias de Ingeniería Civil.

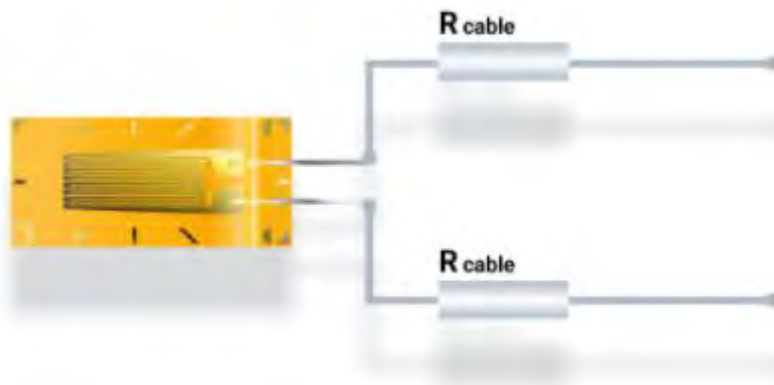
Fotografía N° 10 Galga Extensómetra (120 ohm)



Fuente: Observación Propia

La siguiente figura muestra el empalme que se hace a la galga para la célula de carga que se instalara en el perno , es necesario la implementación de un transductor para la lectura de las variaciones de la resistencia.

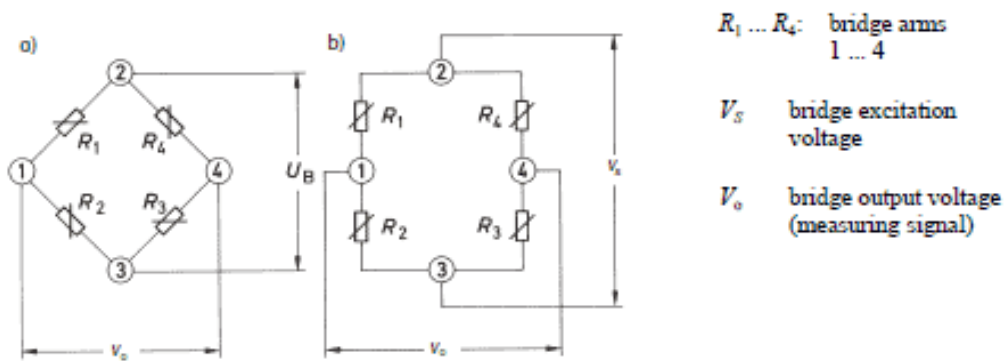
Figura N° 25 Empalme a galga extensómetra



Fuente: Análisis Propio

Para una mejor medida se puede utilizar un circuito de resistencias más conocido como puente Wheatstone, este circuito da en mayor detalle la presión que se ejerce en la cedula de carga en el siguiente grafico se tiene el detalle del puente Wheatstone.

Figura N° 26 Puente Wheatstone para galgas extensometras



Fuente: www.hbm.com

Si se va utilizar el puente Wheatstone, se debe considerar la siguiente formula que se basa en el voltaje, ya no se va considerar la resistencia de la galga.

$$\frac{V_0}{V_s} = \frac{k}{4} (\varepsilon_1 - \varepsilon_2 + \varepsilon_3 - \varepsilon_4)$$

Donde:

V_0 y V_s : Son los voltajes de entrada y salida respectivamente (voltio)

k : Factor de Galga

ε : Deformación Galga (mm/mm)

Debemos considerar que la anterior formula es referencial y se usara en caso las resistencias de las galgas necesiten de una mayor precisión el puente Wheatstone mayormente se utilizan en sistemas electrónicos donde se debe tener una mejor precisión.

Las especificaciones técnicas de los pernos extensómetros son las siguientes:

- Largo 1 feet
- Cantidad máximo de puntos fijos 2
- Diámetro de perforación 38 – 51 mm
- Cantidad de acero St 52 DIN 2448
 - Área de sección transversal 447 mm² 509 mm²
 - Capacidad de carga 250KN 350 KN

La recolección de datos fue de manera manual mediante el uso de medidores multímetros, se determinara las variaciones de resistencia en las galgas, desde un inicial de 120 ohm esta variación determinara las tensiones que se producen en el mismo lugar en la siguiente fotografía se observa el instrumento de lectura, se adjunta la fiche técnica en el Anexo N°4

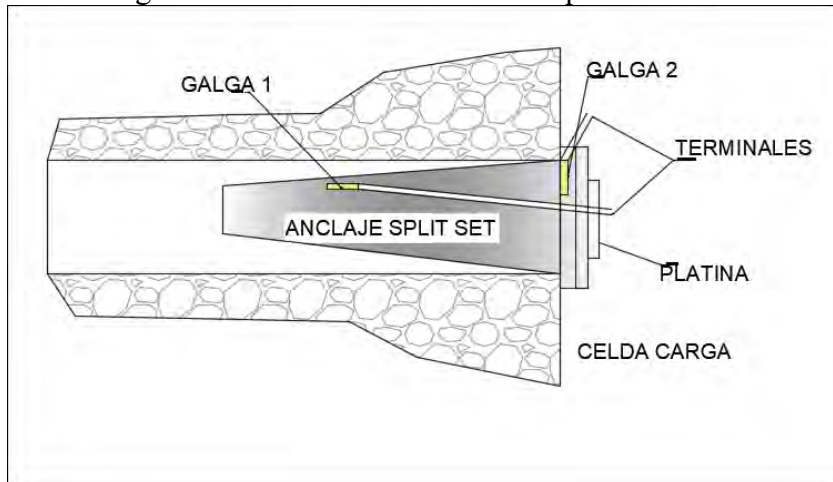
Fotografía N° 11 Multímetro Belltron



Fuente: Observación Propia

Los pernos de anclaje utilizados en este caso serán los Split Set de 1 feet de longitud, en la siguiente figura se muestra como es la distribución de las galgas para poder realizar las mediciones.

Figura N° 27 Perno extensómetro tipo SPLIT SET



Fuente: Mina Monkey Blue

En el siguiente cuadro se muestra las especificaciones técnicas del transductor.

Cuadro N°: 13 Detalle equipo de lectura perno extensómetro

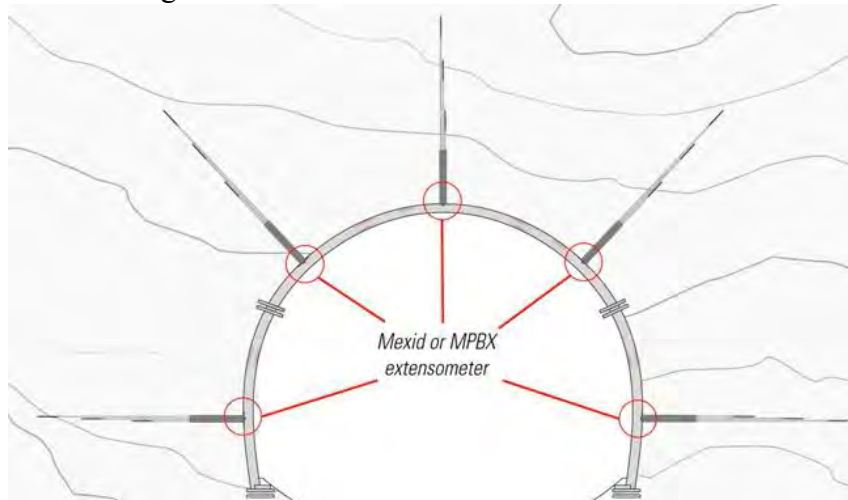
Equipo de Lectura Manual	
Código Producto	DT830L
Rango	0-10mm
Resolución	0.01mm
Transductor en base a variación de resistencia	
Código Producto	DT830L
Rango	+/- 5mm
Resolución	0.01 mm
Precisión	< 0.5% FS
Temperatura de utilización	-20°C + 80 °C
Señal de salida	Frecuencia
Dimensiones	Longitud 270 mm, OD

Fuente: GEODATA - PERÚ

4.2.- Aplicación de Perno extensómetro

La aplicación del perno extensómetro como instrumento de medición se realiza mediante la instalación de los pernos SPLIT SET a los cuales se les adapto las diferentes galgas para la medición de las tensiones, estos pernos se instalan de acuerdo al siguiente diagrama.

Figura N° 28 Distribución Perno extensómetro



Fuente: Sisgeo

La instalación se realiza en taladros de 38 mm, aunque existen pernos de diferentes tamaños, lo importante es que las galgas entren en contacto directo con la roca de una manera suave a diferencia de otros pernos que por su método de instalación pueden causar daños a los dispositivos de medida.

Fotografía N° 12 Instalación Perno Extensométrico



Fuente: Mina Monkey Blue (2018)

El perno extensómetro tiene las siguientes características hay que considerar que la presión máxima de instalación de los pernos debe ser 300 bar para así evitar cualquier impacto en los dispositivos de medición.

Cuadro N°: 14 Características perno extensómetro SPLIT SET

Carga mínima de rotura (KN)	> 120
Elongación mínima A5 (%)	25
Diámetro requerido de taladro	32-39
Diámetro óptimo de taladro (mm)	35 - 38
Diámetro original del tubo (mm)	41 x 2.0
Dimensión del casquillo de instalación (mm)	30/36
Dimensión del casquillo superior (mm)	28
Largos de suministro (m)	1-8m
Presión de instalación (bar)	300

Fuente: GEODATA - PERÚ 1

Para la aplicación del perno extensómetro ha sido necesario realizar la evaluación en laboratorio con diferentes probetas y los transductores necesarios, esto permitirá determinar las deformaciones para poder ser contrastadas una vez instalado los pernos en los diferentes puntos de monitoreo.

Fotografía N° 13 Evaluación mecánica galgas



Fuente: Análisis Propio (2018)

Para la aplicación de las galgas en los pernos se debe considerar la evaluación en laboratorio utilizando diferentes probetas tanto de acero, aluminio e incluso de caucho, debido a que las

cargas que se van a encontrar no son excesivas se utilizara probetas de acero y caucho para la calibración de galgas en laboratorio, en la siguiente fotografía se muestra la instalación y calibración en los pernos.

Fotografía N° 14 Calibración con galga extensómetra



Fuente: Observación Propia (2018)

4.3.- Procesamiento de datos y Monitoreo de Perno Extensómetro

El monitoreo con el perno extensómetro se realizara sobre las galgas, estas mediciones serán con un resistencia inicial de galga de 120 ohm para el monitoreo las variaciones puedan que se den en micro ohmios (μohm), para ello se utilizara un transductor de mayor precisión, es necesario tener en cuenta las calibraciones realizadas en laboratorio, las cuales serán importantes para determinar las tensiones in situ.

Fotografía N° 15 Monitoreo perno extensómetro



Fuente: Mina Monckey Blue (2018)

La importancia de monitorear la estabilidad con perno extensómetro radica en el hecho de que las mediciones son en tiempo real lo que nos permite actuar a tiempo en caso se pueda presentar algún tipo de problema con la estabilidad de las labores, además nos permite determinar en tiempo real las cargas que están interactuando con el perno y si hay desplazamiento de un bloque lo que es importante a la hora de controlar la estabilidad de las labores.

Los resultados más importantes que se obtendrán serán las presiones o tensiones que interactúan con el perno, estos datos se necesitarán para la aplicación del software Phase 2, que nos brindará una proyección de la estabilidad en las labores de minado.

Por último se va a realizar la prueba Pull Test, al mismo tiempo esta prueba nos ayudará a determinar si los resultados son válidos ya que las presiones obtenidas con las galgas tendrán que ser menores a las que se obtendrán con el Pull Test, en la siguiente fotografía se muestra la prueba Pull Test para Perno Extensómetro.

Fotografía N° 16 Prueba Pull Test perno extensómetro



Fuente: Mina Monkey Blue 2018

Las pruebas con perno extensómetro se han realizado de acuerdo a la evaluación geomecánica que se ha realizado en la Gal 100, es así que se ha considerado para los puntos que tienen un sostenimiento puntual un perno extensómetro en los hastiales, pero para los que necesitan perno sistemático con espaciamiento se ha considerado los pernos extensómetros en base, hombro y corona.

Cuadro N°: 15 Puntos de Logueo Perno Extensómetro

Puntos Monitoreo Gal 100	R M R	Tipo de roca	Índice Q	Índice GSI	Sostenimiento	Perno extensómetro
BM +15	48.33	Regular B	3.03	43.33	Perno Puntual	Puntual
BM +18	48.28	Regular B	2.99	43.28	Perno Puntual	
BM +21	50.28	Regular A	4.99	45.28	Perno Puntual	
BM +24	42.35	Regular B	0.66	37.35	Perno con espaciamiento 1.2 x 1.2 m	Base - Hombro - Corona
BM +27	43.33	Regular B	0.84	38.33	Perno con espaciamiento 1.2 x 1.2 m	
BM +30	48.33	Regular B	3.03	43.33	Perno Puntual	Puntual
BM +33	48.33	Regular B	3.03	43.33	Perno Puntual	

Fuente: Análisis Propio

Cuadro N°: 16 Puntos de Logeo Perno Extensómetro

Puntos Monitoreo Gal 100	Disposicion de los pernos extensómetros	Coordenadas		Nivel
BM +15	Puntual-Hastial	762910.8	8490408.8	100
BM +18	Puntual-Hastial	762910.8	8490411.8	100
BM +21	Puntual-Hastial	762910.8	8490414.8	100
BM +24	Base - Hombro - Corona	762910.8	8490417.8	100
BM +27		762910.8	8490420.8	100
BM +30	Puntual-Hastial	762910.8	8490423.8	100
BM +33	Puntual-Hastial	762910.8	8490426.8	100

Fuente: Análisis Propio

3.8.- Aplicación de otros métodos de monitoreo de estabilidad

Para poder encontrar el método de monitoreo más adecuado para la mina se han aplicado otros métodos de monitoreo como son el de convergencia medido con cinta extensométricas.

Este método nos permitirá conocer la convergencia de nuestras labores y así poder determinar si son de riesgo o no, para la evaluación de las convergencia tomaremos en cuenta la siguiente figura en donde nos indica el grado de riesgo de bajo a alto.

Figura N° 29 Nomenclatura de Riesgos en convergencia



Fuente: Mina Monkey Blue (2019)

Esta nomenclatura nos ayudara a determinar la estabilidad en la mina, con este método no podremos determinar de manera detallada como es el comportamiento de la estabilidad es más bien referencial. Las medidas de convergencia se realizaran tomando en cuenta los puntos de convergencia que son en total 5 (2 en los hastiales y 3 en la corona), en la siguiente fotografía se muestra la medida de convergencia que se realiza en la mina.

Fotografía N° 17 Monitoreo con cinta *extensométrica*

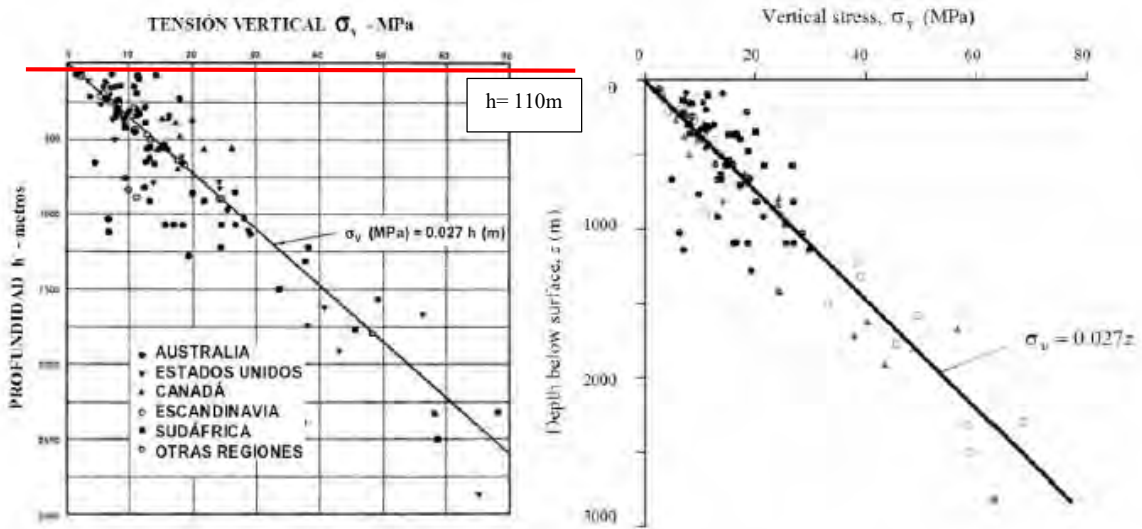


Fuente: Mina Monckey Blue (2018)

Los resultados de las medidas de convergencia se colocaran en el capítulo de resultados, en esta parte también se hará las comparaciones correspondientes con los pernos extensómetros.

Otro método que hemos utilizado es el determinación de tensiones por tensiones gravitacionales propuesta por Hoek, con este método se ha determinado las tensiones en las labores de minado, como se ha observado en mucho de los casos este método no es de confiabilidad ya que es referencial, para determinar este esfuerzo hemos utilizado el siguiente grafico donde hemos ploteado el esfuerzo vertical en base a la profundidad a las que están las labores, en nuestro caso la Galería 100 se encuentra 110 metros aproximadamente.

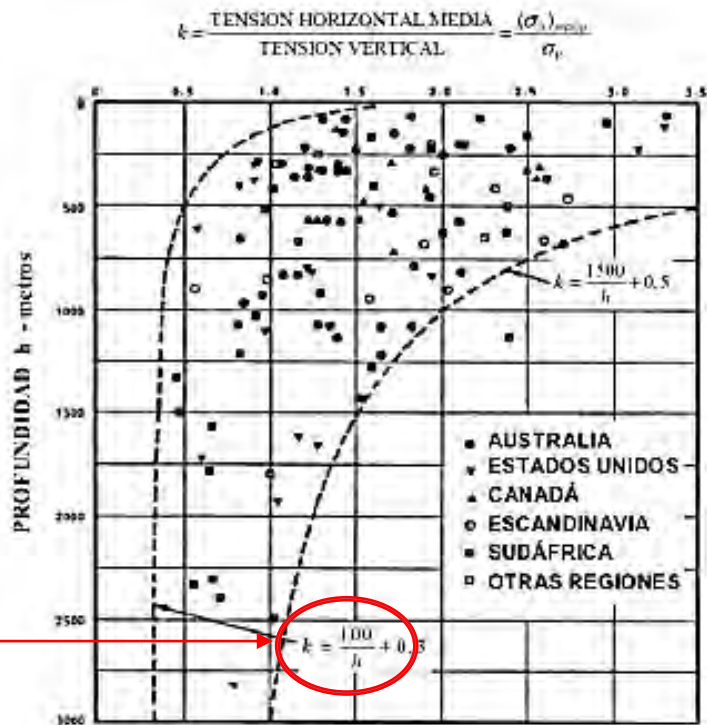
Figura N° 30 Ploteo de relación tensiones gravitacionales



Fuente: Análisis Propio

El resultado de las tensiones verticales es igual a 2.97 MPa, para obtener las tensiones horizontales tenemos que encontrar la relación “k” que se va determinar en el ploteo de la curva de relación de tensiones propuesta por Hoek.

Figura N° 31 Ploteo Factor “k” tensiones gravitacionales











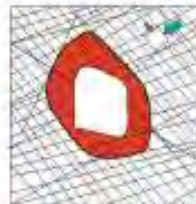
Fuente: Análisis Propio

Se ha determinado que la relación $k=1.2$ y las tensiones horizontales serán iguales a 2.56 MPa. Los resultados de estas evaluaciones se encuentran en el último capítulo y se van a realizar las respectivas contrastaciones.

4.4.- Análisis de la Estabilidad en labores de minado

Para evaluar la estabilidad en las labores de minado se va emplear el siguiente grafico propuesto por Hoek, este grafico nos muestra la inestabilidad en las labores de minado que contrasta las tensiones y las clasificaciones geomecánicas, para nuestra evaluación será necesario las tensiones in situ que nos va a brindar los pernos extensómetros, esta evaluación nos ayudara de manera rápida a realizar la evaluación de la estabilidad de una manera mas eficaz y más certera.

Figura N° 32 Inestabilidades típicas y modos de rotura en función al RMR, tensión mayor y UCS

	Massive ($GSI > 75$)	Moderately Fractured ($50 > GSI > 75$)	Highly Fractured ($GSI < 50$)
Low In-Situ Stress ($\sigma_1 / \sigma_3 < 0.15$)	 <p>Linear elastic response.</p>	 <p>Falling or sliding of blocks and wedges.</p>	 <p>Unraveling of blocks from the excavation surface.</p>
Intermediate In-Situ Stress ($0.15 > \sigma_1 / \sigma_3 > 0.4$)	 <p>Brittle failure adjacent to excavation boundary.</p>	 <p>Localized brittle failure of intact rock and movement of blocks.</p>	 <p>Localized brittle failure of intact rock and unravelling along discontinuities.</p>
High In-Situ Stress ($\sigma_1 / \sigma_3 > 0.4$)	 <p>Failure Zone</p> <p>Brittle failure around the excavation.</p>	 <p>Brittle failure of intact rock around the excavation and movement of blocks.</p>	 <p>Squeezing and swelling rocks. Elastic-plastic continuum.</p>

Fuente: Lorig (2009)

Para el ploteo en el grafico anterior será necesario la UCS (resistencia a la compresión), en las diferentes laboras evaluadas (Gal 100), en el siguiente cuadro se muestra las evaluaciones de la compresión realizadas, estos valores nos ayudaran a contrastar con las tensiones in situ del perno extensómetro y así poder determinar la estabilidad en las labores de minado.

Cuadro N°: 17 UCS de puntos de monitoreo Gal 100

Punto	Carga (KN)	D(mm)	UCS (MPa)
BM +15	4.96	45	55.77
BM +18	5.02	45	56.44
BM +21	6.28	45	70.61
BM +24	6.24	45	70.16
BM +27	8.12	45	91.3
BM +30	6.45	45	72.52
BM +33	6.24	45	71.25

Fuente: Monckey Blue S.A.C.

Los resultados de la evaluación de la estabilidad se van a mostrar en el capítulo de resultados.

4.5.- Análisis Económico de los métodos de monitoreo de estabilidad

Para aplicar los pernos extensómetros existe gran variedad de componentes que pueden ser aplicados desde extensómetros, galgas hasta las células de carga, esto dependerá de las disposición y de la funcionalidad del mismo, en nuestro caso solo se han implementado los extensómetros en los pernos, como se ha mencionado anteriormente los costos pueden ser variables dependiendo de la finalidad de los mismos, es así que para implementar un perno extensómetro completo para medir desplazamientos con extensómetros y cargas con galgas y cedulas de carga se tendrá.

Cuadro N°: 18 Costos Unitario por Perno Extensómetro

Ítem	Costo (\$ USD)
Perno Swellex	26
Perno Split Set	10
Celula de carga	30
Total con Perno Swellex	56
Total con Perno Split Set	40

Fuente: Monckey Blue S.A.C.

Se ha observado que los costos dependerán de la finalidad del monitoreo, en todo caso no se debería considerar al sostenimiento como parte del costo ya que no es un costo del monitoreo de la estabilidad si no del sostenimiento, para realizar las comparaciones respectivas con otros métodos de monitoreo de estabilidad se ha considerado el sostenimiento. En el siguiente cuadro se muestra la comparativa entre el método de convergencia con cinta extenso métrica y el de medición con perno extensómetro.

Cuadro N°: 19 Costos Unitario por Método de Monitoreo en Gal 100

Método de Monitoreo	Costo (\$ USD)
Perno Extensómetro	440
Convergencia	500

Fuente: Monckey Blue S.A.C.

Si no consideramos el costo del sostenimiento el precio del monitoreo seria de 330 USD solo en la Gal 100, además hay que considerar que la cinta extensométricas no es suficiente ya que no se podría determinar los costes del monitoreo de la tensiones en la mina y para ello tendríamos que aumentar otro método de monitoreo, lo que aumentaría los costos y seria aún más costoso que con el método de monitoreo con perno extensómetro.

Los costos unitarios para el perno extensómetro que vamos a emplear en el estudio, considerando los equipos de medición e instalación de los mismos son:

Cuadro N°: 20 Costos Unitario Perno Extensómetro Instalación y Monitoreo

Detalle	Cantidad	Unidad	Precio (\$)	Sub Total (\$)
Galga Extensómetra	2	Und.	10	20
Perno Split Set 1 ft	1	Und.	10	10
Transductor (Lectura)	1	Und.	7	7
Terminales	2	Und.	1	2
Cable Aleación Ni - Cu	1	Metros	1	1
Total (\$)				40

Fuente: Monckey Blue S.A.C.

Los costos unitarios de otros instrumentos de medición se detallan en el siguiente cuadro, los costos son considerados son por unidad.

Cuadro N°: 21 Costos Unitarios Instrumentos de Medición Instalación y Monitoreo

Método de Monitoreo	Costo Unidad	Costo Instalación	Costo Monitoreo	Costo Total (\$ USD)
Desplazamiento superficial Estación total	2000		500	2500
Equipo láser 3D	4000	500	1000	4000
Hitos de nivelación / prismas	2000	500	1000	2000
Clinómetros	3000	1000	1000	3000
Fisurómetros (Crackmeters)	4000	1000	1000	4000
Distanciómetro	1000		500	1000
Cinta de convergencia	500		100	500
Extensómetro de vara telescópica	3000	1000	1000	3000
Pernos extensométricos	40			40
Cable Bolt extensométrico (Smart cable)	2000	2000	1000	5000
Inclinómetros (fijos y portátiles)	3000	1000	500	4500
Esfuerzos Celdas de presión	500	250	250	1000

Fuente: Análisis Propio

CAPÍTULO V

DEMOSTRACION DE OBJETIVOS Y LA HIPOTESIS

5.1.- Resultados de Evaluación con Perno Extensómetro

En el siguiente cuadro se muestra el resumen de los resultados que se tomaron todo un año (2018 -2019), para mayor detalle los resultados de muestran en el Anexo N°5, el resumen de resultados demuestra que las tensiones en un año llegaron a 0.9 MPa que es el equivalente a decir que las labores soportan en promedio cargas de 900 kilogramos.

Cuadro N°: 22 Costos Unitarios Instrumentos de Medición Instalación y Monitoreo

Puntos de Monitoreo Gal 100	Disposición de los pernos extensómetros	Variación Resistencia ($\delta R/R$)(ohmios)	Deformación (ϵ)(mm/mm)	Tensión (MPa)
BM +15	Puntual-Hastial	0.00149	0.00057	0.76373494
BM +18	Puntual-Hastial	0.00157	0.0006	0.8059
BM +21	Puntual-Hastial	0.00152	0.00059	0.78181
BM +24	Base	0.00215	0.00083	1.1041
BM +24	Hombro	0.00223	0.00086	1.14325
BM +24	Corona	0.00231	0.00089	1.18542
BM +27	Base	0.00175	0.00067	0.89627
BM +27	Hombro	0.00183	0.0007	0.93843
BM +27	Corona	0.00192	0.00074	0.98361
BM +30	Puntual-Hastial	0.00175	0.00067	0.89928
BM +33	Puntual-Hastial	0.00189	0.00073	0.96855
PROMEDIO		0.001855455	0.000713636	0.951850449

Fuente: Análisis Propio

5.2.- Resultados de Evaluación con otros métodos de monitoreo

El otro método de evaluación de la estabilidad que se utilizaron en la mina y para realizar una comparativa fue el método de convergencia que se hizo simultáneamente con el método de pernos extensómetros en promedio se tiene una convergencia de 23 .55 mm que es un convergencia de riesgo medio para un año de evaluación.

Cuadro N°: 23 Costos Unitarios Instrumentos de Medición Instalación y Monitoreo

Puntos Monitoreo Gal 100	Convergencia (mm)	Velocidad(mm/mes)	Aceleración(mm/s ²)	Convergencia Acumulada (mm)
BM +15	12.2	0.41	0	22.5
BM +18	10.25	0.34	0	19.55
BM +21	10.52	0.35	0	20.32
BM +24	13.55	0.45	0	26.2
BM +24	13.55	0.45	0	26.2
BM +24	13.55	0.45	0	26.2
BM +27	13.85	0.46	0	26.15
BM +27	13.85	0.46	0	26.15
BM +27	13.85	0.46	0	26.15
BM +30	9.21	0.31	0	17.54
BM +33	11.65	0.39	0	22.1
PROMEDIO	12.366364	0.4118182	0	23.550909

Fuente: Análisis Propio

Hay que considerar que la velocidad de convergencia es de 0.41 mm/mes además se tiene una aceleración de 0 con lo que podemos afirmar que la estabilidad es regular pero hay que recordar que este método no tiene tanta certeza porque no indica los esfuerzos in situ que se pudieran estar desarrollando.

Los resultados a mayor detalle se muestra en el Anexo N°6.

5.3.- Resultados de la Evaluación de Estabilidad

La estabilidad en Gal 100 es REGULAR, esto quiere decir que las tensiones in situ contrastadas con la calidad de roca según Lorig (2009) son bajas y no se registran acumulación de tensiones en los alrededores de la excavación hay que recordar que la estabilidad no será lo mismo que la calidad de roca porque no considera las tensiones in situ en sus diferentes metodologías como son Q, GSI y RMR. los resultados a mayor detalle se muestran en el Anexo N° 7.

Cuadro N°: 24 Resumen de Resultados Estabilidad

Puntos Monitoreo Gal 100	Tensión in situ Perno Extensometro (MPa)	Tension in situ Hoek Brown (MPa)	UCS (MPa)	$\delta t/\delta ucs$ (Perno Extensometro)	$\delta t/\delta ucs$ (Hoek Brown)	GSI	Q	RMR	ESTABILIDAD (Perno Extensometro)	ESTABILIDAD (Hoek Brown)
BM +15	0.76373494	2.9	55.77	0.01369437	0.05199928	43.33	3.03	48.33	REGULAR	REGULAR
BM +18	0.8059	2.9	56.44	0.01427888	0.051382	43.28	2.99	48.28	REGULAR	REGULAR
BM +21	0.78181	2.9	70.61	0.01107223	0.04107067	45.28	4.99	50.28	REGULAR	REGULAR
BM +24	1.1041	2.9	70.16	0.01573689	0.04133409	37.35	0.66	42.35	REGULAR	REGULAR
BM +24	1.14325	2.9	70.16	0.0162949	0.04133409	37.35	0.66	42.35	REGULAR	REGULAR
BM +24	1.18542	2.9	70.16	0.01689595	0.04133409	37.35	0.66	42.35	REGULAR	REGULAR
BM +27	0.89627	2.9	91.3	0.00981676	0.03176342	38.33	0.84	43.33	REGULAR	REGULAR
BM +27	0.93843	2.9	91.3	0.01027853	0.03176342	38.33	0.84	43.33	REGULAR	REGULAR
BM +27	0.98361	2.9	91.3	0.01077338	0.03176342	38.33	0.84	43.33	REGULAR	REGULAR
BM +30	0.89928	2.9	72.52	0.01240044	0.03998897	43.33	3.03	48.33	REGULAR	REGULAR
BM +33	0.96855	2.9	71.25	0.01359368	0.04070175	43.33	3.03	48.33	REGULAR	REGULAR
PROMEDIO	0.951850449	2.9	73.7245455	0.01316691	0.0404032	40.5081818	1.96090909	45.5081818	REGULAR	REGULAR

Fuente: Análisis Propio

5.4.- Resultados de la Evaluación Económica del monitoreo

En el siguiente cuadro se muestra un resumen de los costos de diferentes instrumentos de monitoreo de estabilidad relacionados a nuestro trabajo de investigación, se debe notar que el costo con perno extensómetro es el menor de todos y de mayor facilidad de monitoreo.

Cuadro N°: 25 Resumen Costos de Métodos de Monitoreo Gal 100

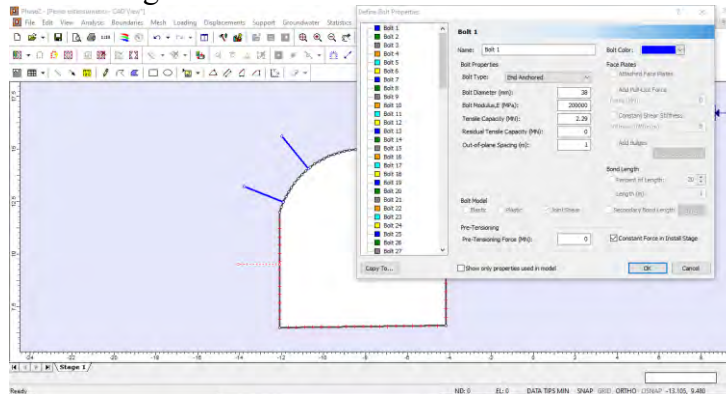
Método de Monitoreo	Costo (\$ USD)
Desplazamiento superficial Estación total	2000
Equipo láser 3D	4000
Hitos de nivelación / prismas	2000
Clinómetros	3000
Fisurómetros (Crackmeters)	4000
Distanciómetro	1000
Cinta de convergencia	500
Extensómetro de vara telescópica	3000
Pernos extensométricos	440
Cable bolt extensométrico (Smart cable)	5000
Inclinómetros (fijos y portátiles)	4500
Esfuerzos Celdas de presión	1000

Fuente: Monckey Blue S.A.C.

5.5.- Resultados modelamiento de tensiones con software Phase 2

Para la interpretación de los resultados se va utilizar el software Phase 2 que nos permite utilizar diferentes datos y variables, en primer lugar se va introducir los datos generales de los materiales propios del macizo rocoso, así también los esfuerzos que pudieran existir por influencia de otros factores tales como agua, esfuerzos in situ y profundización.

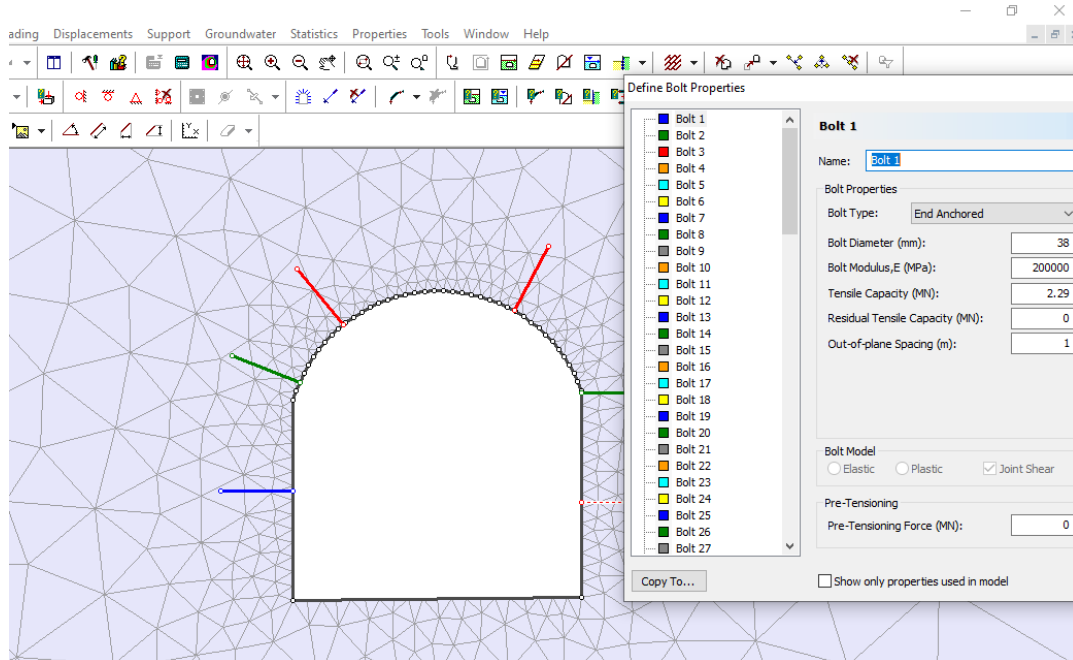
Figura N° 33 Inserción de datos Phase 2



Fuente: Análisis Propio - Phase 2

En segundo lugar se va introducir la data proporcionada por los pernos extensómetros hay que resaltar que no se están tomando en cuenta las convergencias si no las tensiones que se recolectaron al final del estudio.

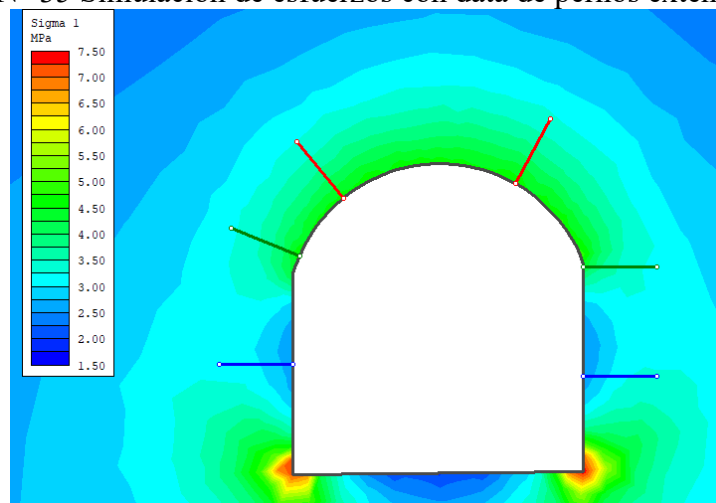
Figura N° 34 Inserción de data obtenida en pernos extensómetros



Fuente: Análisis Propio - Phase 2

En tercer lugar se realiza el cálculo correspondiente y se obtiene los esfuerzos que se generan en la labor monitoreada, en esta simulación se observa el rango de los contornos de la excavación y la variación de esfuerzos tanto en base, hombro y corona de la excavación.

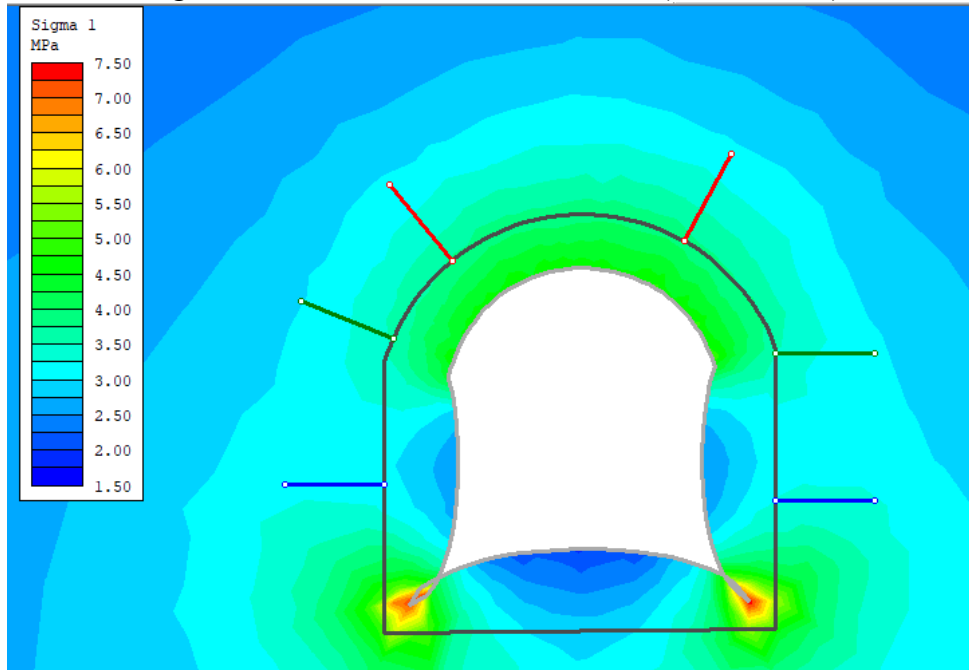
Figura N° 35 Simulación de esfuerzos con data de pernos extensómetros



Fuente: Análisis Propio - Phase 2

Por último se realiza la simulación de los desplazamientos que son producidos por los esfuerzos, es importante resaltar que el software Phase 2 utiliza un algoritmo basado en métodos numéricos de elementos infinitos, así que el desplazamiento será el final, no nos proporciona el tiempo en el que va suceder el desplazamiento de los hastiales.

Figura N° 36 Simulación de estabilidad (deformación)



Fuente: Análisis Propio – Phase 2

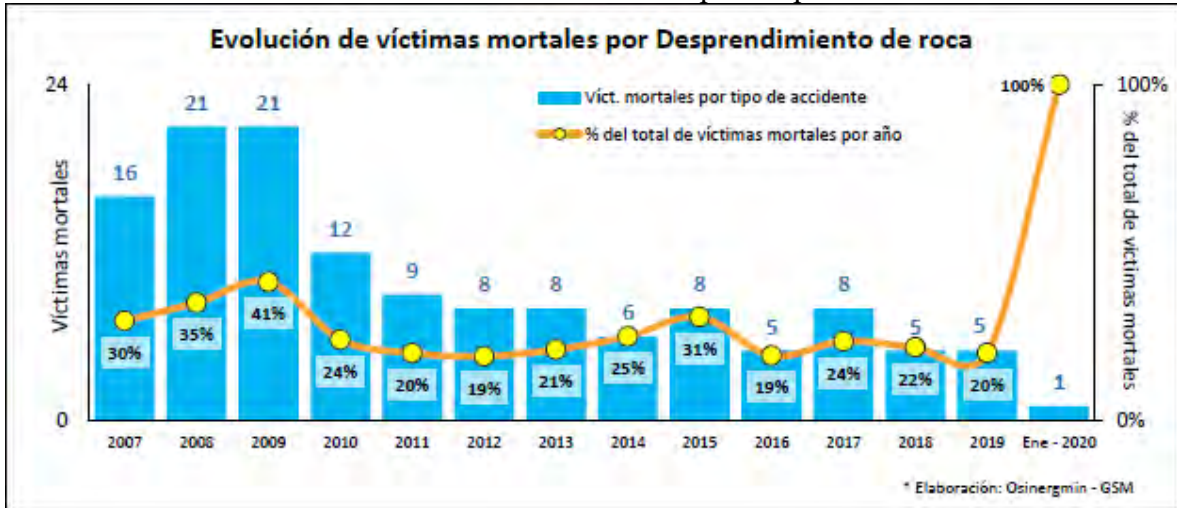
Para la interpretación de los resultados con pernos extensómetros se puede usar el software Phase 2, pero también se podría utilizar diferentes softwares tales como SETTLE y SWEDGE, con este último se podría analizar los pernos extensómetros puntuales, nos ayuda a determinar las cuñas que se podrían generar en la labores de minado.

5.6.-Propuesta Mejora

Con la aplicación de pernos extensómetros es posible conocer las tensiones in situ y conocer en tiempo real la estabilidad en las labores de trabajo la propuesta mejora se puede ver en el Anexo N°2 Plano Geomecánico en donde se desea implementar no solo una clasificación geomecánica si no además implementar un plano de estabilidad en tiempo real esto sería de gran ayuda ya que las tensiones in situ son los principales actores al momento que se produce derrumbes, caídas de roca e incluso explosión de roca, todo esto puede ayudar a evitar

accidentes mortales que como se sabe en su mayoría son causados por factores geomecánicos así como indica el siguiente gráfico.

Gráfico N° 4 Evolución de víctimas mortales por desprendimiento de roca



Fuente: OSINERGMIN - GSM

CONCLUSIONES

1. En control de la estabilidad en la mina Monkey Blue se da mediante el monitoreo con pernos extensómetros que nos permite encontrar los esfuerzos in – situ que oscilan en el rango de 0 a 2 MPa que están por debajo del esfuerzo de la roca en compresión (UCS) que esta entre 20 a 40 MPa, este control nos permite determinar el momento preciso en que el macizo rocoso podría fallar ya que los esfuerzos en in – situ tendrían que ser mayores a los esfuerzos de compresión de la roca.
2. El comportamiento geomecánico de acuerdo al sondeo que se realizó en la mina Monkey Blue es de un comportamiento de roca regular R.Q.D. promedio de 52% con un grado medio de meteorización, no se encontraron materiales de relleno tales como arcillas o yesos la continuidad de fracturas es regular de 3 fracturas por metro, la recuperación promedio de los sondajes es de 72%, todos los datos mencionados anteriormente se sacan del Cuadro N°12 que son el resumen del sondaje de Zona Mariela.
3. El método más confiable para monitorear la estabilidad en la mina Monckey Blue es el de pernos extensómetros, porque este método permite determinar los esfuerzos in situ para que puedan ser contrastados con los esfuerzos de compresión en la roca que van de 20 a 40 MPa, conjuntamente con la evaluación geomecánica del macizo rocoso que va de 30 a 50 en el caso de RMR, se utiliza la metodología de Lorig (2009) que permite de manera más confiable determinar el comportamiento de las labores subterráneas, a diferencia de otros métodos tales como la de cinta extensométrica y convergencia que no dan resultados de esfuerzos in – situ, solo nos dan resultados de convergencia que varían de 0 a 20 mm (Riesgo Medio), no podríamos determinar en qué momento podría fallar el macizo rocoso.
4. El monitoreo en tiempo real solo se puede dar con los pernos extensómetros porque nos dan resultados del incremento de los esfuerzos in – situ, comenzando de 0 MPa hasta un valor menor a 40 MPa en donde el macizo rocoso fallaría, a diferencia de otros métodos también se puede determinar cómo es la evolución de los esfuerzos y cómo interactúan con otros factores del macizo rocoso.
5. El método de monitoreo de estabilidad menos costoso es el de pernos extensómetros ya que es un método que incluye el sostenimiento y células de carga que nos permite conocer las tensiones in situ, en total el costo por perno seria de \$30 que en su mayoría serian el costo de las galgas extensométricas que son los instrumentos que miden los esfuerzos in situ, la aplicación en los pernos y en diferentes tipos de sostenimiento serian de costo “0”, en cambio

sí vamos a utilizar otros instrumentos para el control de la estabilidad estos oscilarían entre \$500 a \$5000 y se tendría que tener un equipo para su monitoreo a diferencia de los pernos 127 extensométricos estos instrumentos presentan dificultad para ser instalados en los diferentes sostenimiento que puede emplearse en la mina

RECOMENDACIONES

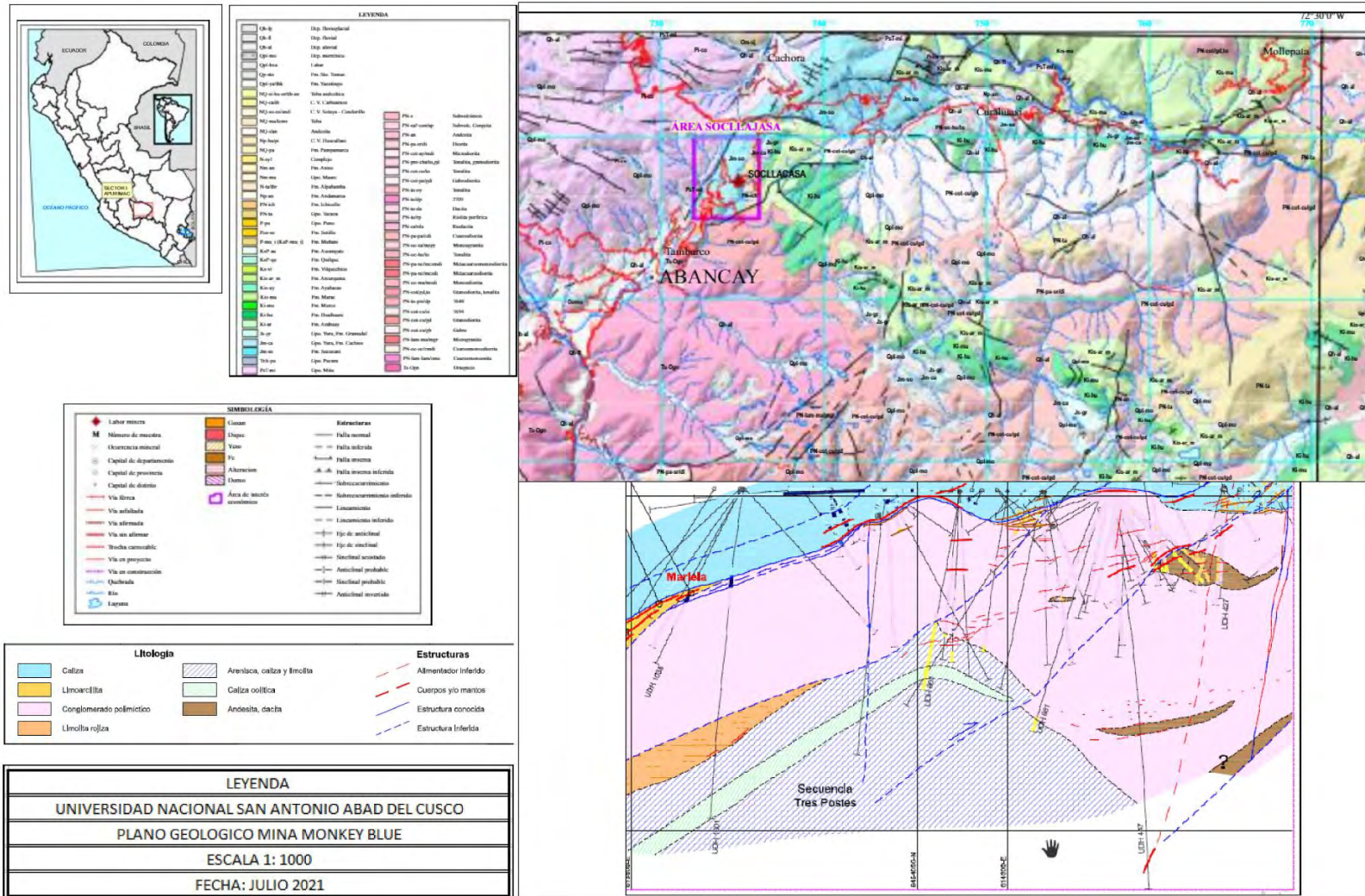
1. Se recomienda implementar medidas de acción para control de estabilidad en la mina basados en la información que nos brinda los pernos extensómetros que son instrumentos que nos dan las tensiones in situ y permiten conocer el comportamiento del macizo en especial en lugares donde existan anomalías geotécnicas que puedan poner en riesgos las operaciones de minado, además se recomienda de acuerdo a la evaluación con pernos extensómetros mejorar el sostenimiento o pasar de un sostenimiento activo a uno pasivo como es el caso de malla con shotcrete.
2. Se recomienda realizar sondeos en más zonas de explotación de la mina para así poder determinar de mejor manera un estudio de estabilidad global de acuerdo a la calidad de roca que se pudiera encontrar y de las discontinuidades presentes en la mina, la aplicación de un software para estudio geotécnico será necesario para poder dimensionar geomecánicamente la mina en general.
3. Se recomienda emplear el método de pernos extensómetros porque los datos de las tensiones in situ son confiables ya que son contrastados con evaluaciones hechas en laboratorio, con estos datos se puede hacer seguimiento al comportamiento del macizo rocoso incluso se puede realizar las respectivas predicciones utilizando los diferentes softwares como el de Phase 2.
4. Se recomienda el uso de instrumento de medición de fibra óptica porque son mas precisos y se podrían digitalizar de mejor manera, además el transductor seria en tiempo real mejorando el monitoreo de la estabilidad en la mina, considerar el empleo de sistema de alerta para el caso de caída de rocas y explosión de roca de acuerdo al incremento de las tensiones in situ dentro de la mina.
5. Se recomienda implementar monitoreos dentro de los sostenimientos para poder disminuir costos ya que en muchos casos los monitoreos se dan de manera global como es el caso de varillas extensómetras en donde se tiene que realizar perforaciones diamantinas de gran profundidad para su instalación subiendo los costos de operación.

BIBLIOGRAFÍA

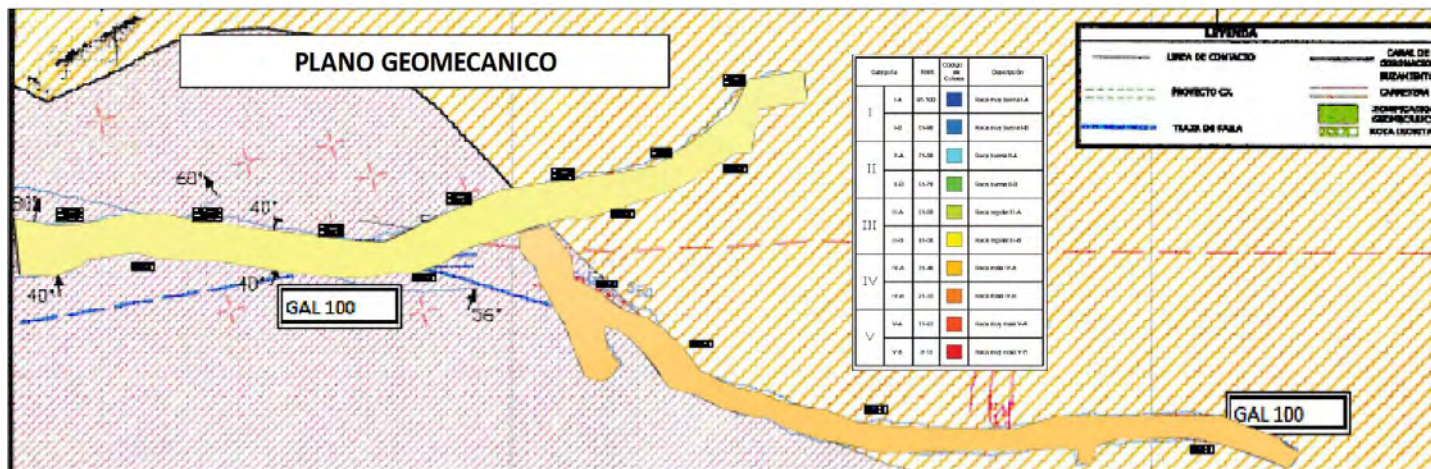
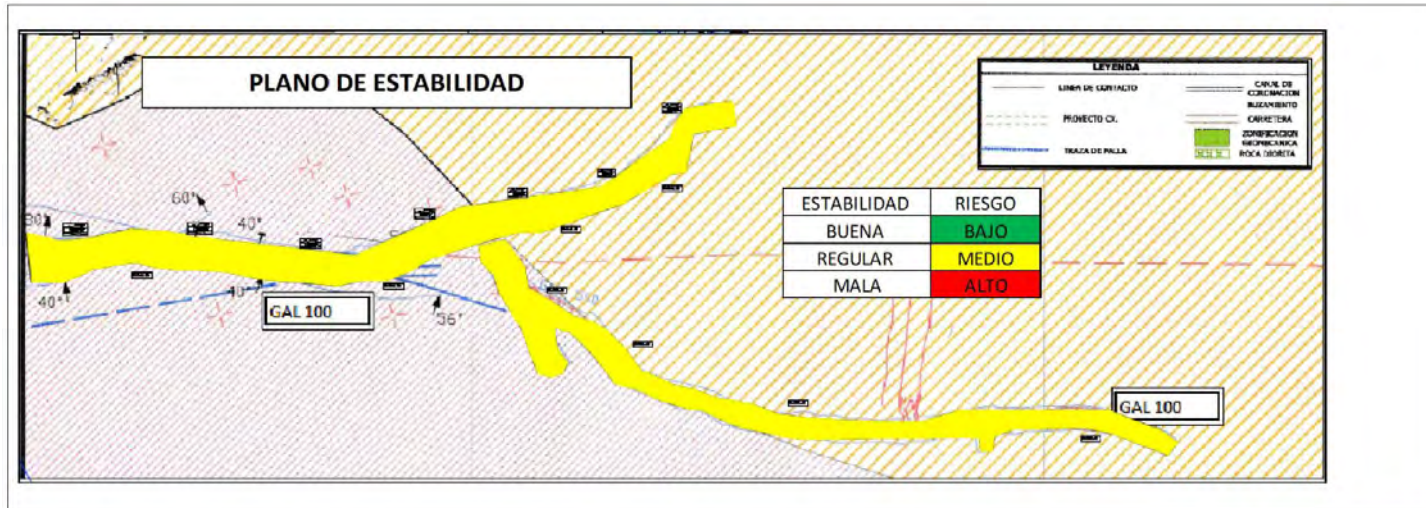
- Acuña , G. B. (2019). Instrumentacion para producir informacion geotecnica en proyectos de construccion de tuneles viales . *Universidad Catolica de Colombia* . Colombia.
- Alejano, L. M. (2004). "Mecanica de Rocas. Fundamentos e ingenieria de taludes". Madrid, España: Red DESIR.
- Barton , N. (1995). " The influence of joint properties in modelling jointed rock masses". London: Balkema.
- Bieniawski, Z. T. (1989). "Engineering Rock Mass Classification". Pennsylvania, USA: John Wiley & Sons.
- Brown , B. B. (1985). "Rock Mechanics for Underground Mining ". London: George Allen & Unwin.
- Cunha , C. (1990). Geologia de la Region del Triangulo Minero .
- Gonzales , L. V. (2003). "Ingenieria Geologica ". España: Isabel Capella.
- Hoek , E. (1980). "Underground Excavations in Rock . London : FN Spon.
- Hoek , E. K. (1995). "Support of Underground Excavation in Hard Rock". London: Rotterdam.
- Morera , G. d. (2016). Instrumentacion y Monitorizacion Geotecnica del Nuevo Tunel "El Melon" . *Escuela Tecnica Superior de Ingenieros de Minas y Energia* . España.
- Marocco Rene (1975) Geologia de los cuadrangulo de Andahuaylas, Abancay, Cotabambas *Instituto de Geologia y Minería* Lima Perú
- OSINERGMIN . (2017). "Guia de Criterios Geomecanicos para construccion, supervicion y cierre de labores subterranas". Lima, Peru: Osinergmin.
- Terzaghi, K. (1955). " Mecanica de Suelos". New York, EEUU: El Ateneo.
- Valdivia Waldir & Latorre Omar (2003) Memoria Descriptiva de la Revisión y Actualizacion Cuadrangulo de Abancay (28 - q) INGEMMET Lima Perú

ANEXOS

ANEXO N°1 PLANO GEOLOGICO



ANEXO N°2 PLANO GEOMECANICO



ANEXO N°3 FICHA TECNICA GALGA EXTENSOMETRA



Gage Series - Stress Analysis Gages



Micro-Measurements

Technical Data

GAGE SERIES

All Micro-Measurements strain gages incorporate precision foil grids mounted on organic backing materials. The strain-sensing alloys and backing materials cannot be arbitrarily combined in specifying a gage type. Instead, a selection must be made from among the available gage systems, or series, where each series generally incorporates special design or construction features, as well as a specific combination of alloy and backing material.

Descriptions of all standard gage series are given on the following pages, along with performance specifications and application notes. The information includes, in each case, the alloy and backing combination employed, as well as the principal construction features common to the series. The allowable strain range is specified, and operating temperature ranges are recommended for different types of applications.

The plots of cyclic strain level versus number of cycles shown for each series represent general guidelines for the nominal fatigue characteristics. This data is a function of gage size with the upper curve indicative of larger gage patterns, and the lower curve of smaller gage patterns. Since the fatigue life of a strain gage is subject to special interpretation, reference should be made to Micro-Measurements Tech Note TN-508, Fatigue Characteristics of Micro-Measurements Strain Gages, for a full understanding of the plotted data.

The fatigue curves on the following pages correspond to fully reversed strain levels. They can also be applied, approximately, to unidirectional strains and to combinations of mean and variable strains by derating the peak-to-peak amplitude by 10%. As an example, a fully reversed strain range of $\pm 1500\mu\epsilon$ is approximately equivalent in gage fatigue damage to strain levels of:

- 0 to $+2700\mu\epsilon$
- 0 to $-2700\mu\epsilon$
- -200 to $+2500\mu\epsilon$

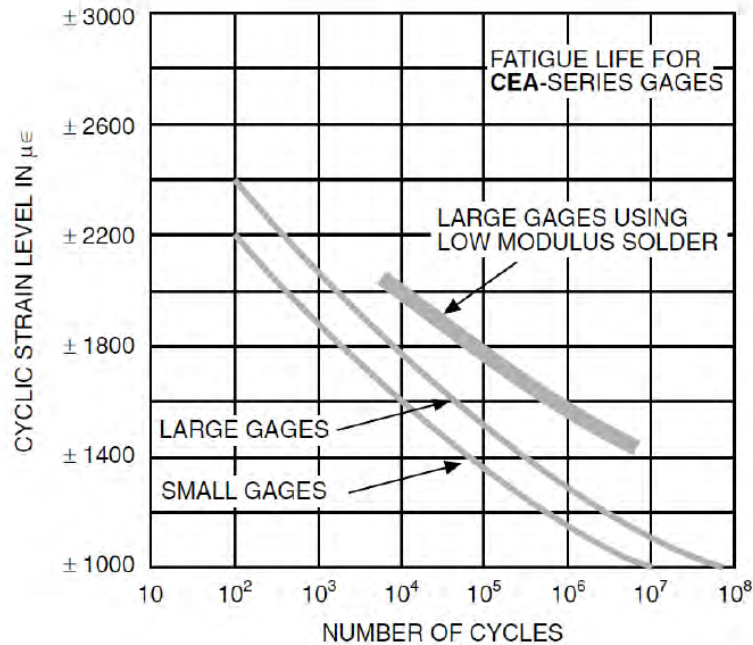
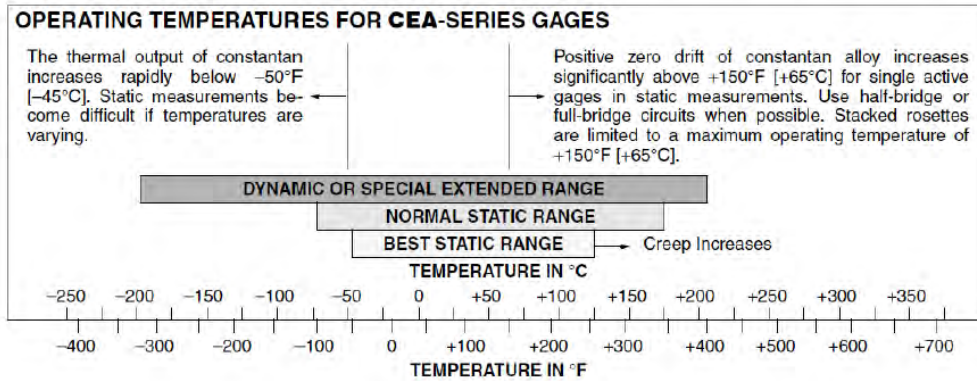
However, a mean strain which increases in the tensile direction during cycling will lead to much earlier failure.

It must be noted that all performance specifications for strain gages are nominal, since the behavior of a particular gage may be modified by installation or application circumstances. Moreover, the specifications apply primarily to gages of 0.125 in [3 mm] gage length and larger, and without optional features, unless otherwise indicated.

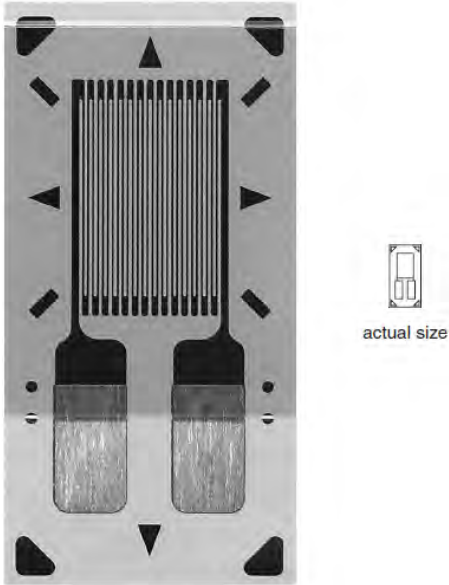
CEA	Universal general-purpose strain gages. Constantan grid completely encapsulated in polyimide, with large, rugged copper-coated tabs. Primarily used for general-purpose static and dynamic stress analysis.	Normal: -100° to $+350^{\circ}$ F [-75° to $+175^{\circ}$ C] Stacked rosettes limited to $+150^{\circ}$ F [$+65^{\circ}$ C]	$\pm 3\%$ for gage lengths under 1/8 in [3.2 mm] $\pm 5\%$ for 1/8 in and over	± 1500	10^5
				± 1500	10^6
				*Fatigue life improved using low-modulus solder.	

CEA Series

CEA-Series gages are the most widely accepted for use in general-purpose experimental stress analysis applications in the world today. These polyimide encapsulated constantan gages feature large, rugged, copper-coated tabs. This construction provides optimum capability for attaching leadwires directly to the tabs, eliminating the need for separate terminals. In most applications, the CEA Series is preferred over the EA Series with options such as E, L, LE and W. Nominal single-plane gage thickness is 0.0027 in [0.069 mm]; stacked rosettes, 0.0039 in [0.099 mm]. The extremely tough but flexible cast polyimide carrier can be contoured to almost any radius. Strain limits are approximately $\pm 5\%$ [50 000 $\mu\epsilon$] for gage lengths 1/8 in [3 mm] or greater, and $\pm 3\%$ for smaller sizes.



General Purpose Strain Gages - Linear Pattern

GAGE PATTERN DATA																	
				GAGE DESIGNATION See Note 1	RESISTANCE (OHMS)	OPTIONS AVAILABLE See Note 2											
				CEA-XX-125UN-120 CEA-XX-125UN-350	120 ± 0.3% 350 ± 0.3%	P2 P2											
DESCRIPTION General-purpose gage with narrow geometry. Exposed solder tab area 0.06 x 0.05 in [1.5 x 1.1 mm]. See also 125UW pattern.																	
GAGE DIMENSIONS																	
Legend: ES = Each Section S = Section (S1 = Sec 1)				CP = Complete Pattern M = Matrix													
<table border="1" style="width:100%; text-align:center;"> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">inch</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">millimeter</td> </tr> </table>										inch						millimeter	
				inch													
				millimeter													
Gage Length	Overall Length	Grid Width	Overall Width	Matrix Length	Matrix Width												
0.125	0.275	0.100	0.120	0.38	0.19												
3.18	6.99	2.54	3.05	9.7	4.8												

GAGE SERIES DATA			
See Gage Series data sheet for complete specifications.			
Series	Description	Strain Range	Temperature Range
CEA	Universal general-purpose strain gages.	±5%	-100° to +350°F [-75° to +175°C]

Note 1: Insert desired S-T-C number in spaces marked XX.

Note 2: Products with designations and options shown in bold are not RoHS compliant.

CALCULATION OF THERMAL OUTPUT FOR STRAIN GAGES

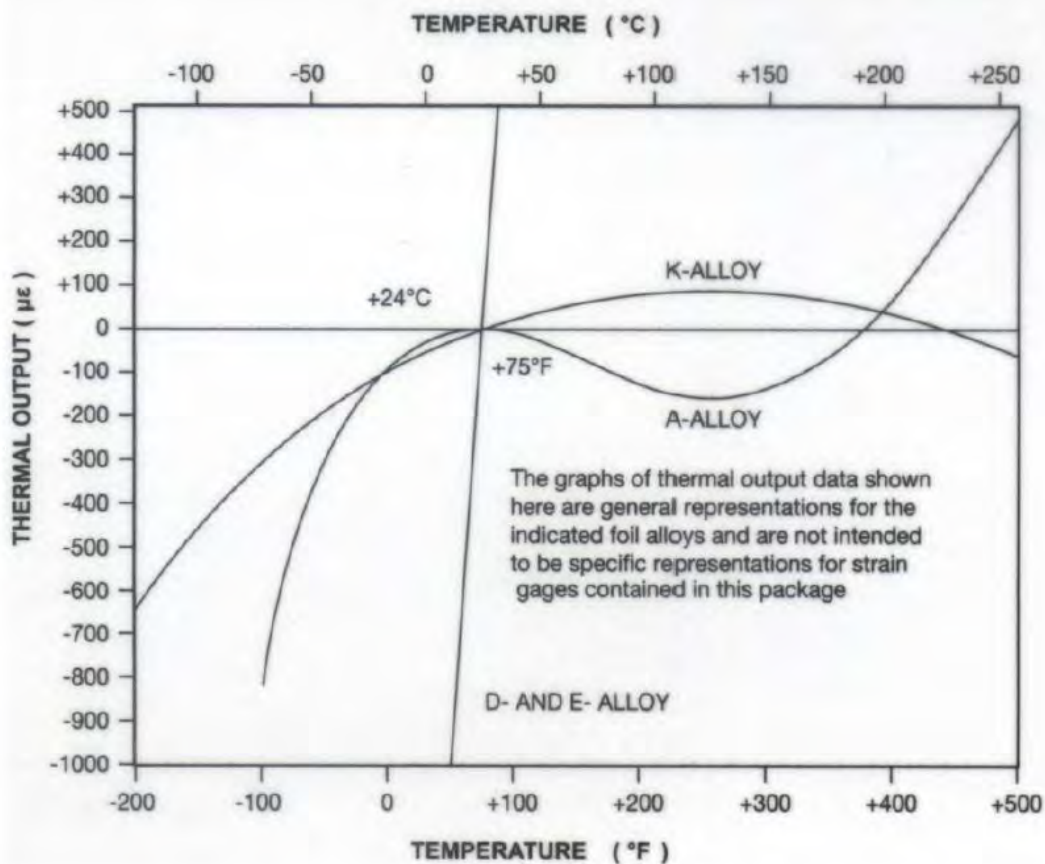
The thermal output of the gages contained in this package can be calculated from the following polynomial expression

$$a_0 + a_1 \cdot T + a_2 \cdot T^2 + a_3 \cdot T^3 + a_4 \cdot T^4$$

where a_N are the coefficients and T^N is temperature to the Nth power.

The coefficients for both Celsius and Fahrenheit temperature scales are provided on the data label affixed to this package for strain gages.

A-Alloy, D-Alloy, and E-Alloy will generally use all five coefficients (a_0 to a_4) but K-Alloy will generally use only the first four coefficients (a_0 to a_3) with the fifth (a_4) being zero.



Los coeficientes de respuesta térmica para algún material de ejemplo dependen del lote y están impresos en la parte trasera de cada caja. Si las galgas compradas son las últimas de su caja se la enviaremos, de lo contrario si necesita los coeficientes precisos del lote, solicítelos a nuestro email con su referencia de pedido y se los enviaremos.

Como referencia se presenta la información de alguno de los lotes:

CEA-06-125UN-350

MEME[®] MICRO-MEASUREMENTS
General Purpose
STRAIN GAGES

GRID RESISTANCE IN OHMS		TC OF GAGE FACTOR, %/100°C
350.0±0.3%		(+1.3±0.2)
GRID	GAGE FACTOR @ 24°C	TRANSVERSE SENSITIVITY
1	2.110±0.5%	(+0.3 ±0.2)%
2		
3		
NOM		
THERMAL OUTPUT COEFFICIENTS FOR 1018 Steel @ A G.F. OF 2.00		
ORDER	FAHRENHEIT	CELSIUS
0	-2.76E+2	-1.12E+2
1	+6.39E+0	+7.11E+0
2	-4.24E-2	-1.10E-1
3	+9.02E-5	+4.87E-4
4	-5.31E-8	-5.58E-7


CEA-13-125UN-350

MEME[®] MICRO-MEASUREMENTS

FOR COMPLETE TECHNICAL DATA, VISIT WWW.VISHAYPG.COM

GRID RESISTANCE IN OHMS		TC OF GAGE FACTOR, %/100°C
350.0±0.3%		(+1.3±0.2)
GRID	GAGE FACTOR @ 24°C	TRANSVERSE SENSITIVITY
1	2.125±0.5%	(+0.3±0.2)%
2		
3		
NOM		
THERMAL OUTPUT COEFFICIENTS FOR 2024-T4 ALUMINUM @ G.F. OF 2.00		
ORDER	FAHRENHEIT	CELSIUS
0	-1.05E+2	-3.27E+1
1	+3.06E+0	+2.75E+0
2	-2.71E-2	-6.72E-2
3	+6.93E-5	+3.74E-4
4	-4.08E-8	-4.28E-7
5		

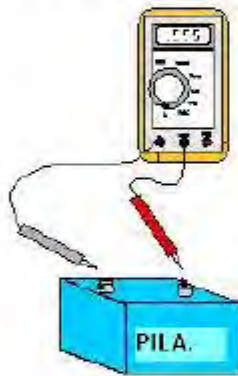
ANEXO N°4 FICHA TECNICA EQUIPO DE MEDICION

MASTER	FICHA No.28.
MODELO. MULTIMETRO M9508.	
Multímetro digital, pantalla LCD, llave selectora de medición, protector antiácidas, soporte para fácil lectura, punta para medición de temperatura (termopar), puntas para medición de corriente, voltaje, resistencia, etc.	
	CARACTERISTICAS / BENEFICIOS: <ul style="list-style-type: none">• Medición de Voltaje (C.A. y C.D.)• Medición de Corriente en (C.A. y C.D.)• Medición de resistencia (Ohms Ω)• Prueba de diodos.• Prueba de transistores (PNP, NPN).• Prueba de señal lógica (1, 0).• Continuidad audible.• Capacitancia.• Frecuencia.• Temperatura.• Lectura máxima de tres dígitos en pantalla.
TIP DE VENTA. <ul style="list-style-type: none">- Ideal para estudiantes, técnicos e ingenieros que practican y estudian electrónica.- Fácil de usar por su perilla selectora de medición y pantalla LCD para visualizar la medición.- Pantalla abatible para una mejor lectura.	
ESCALAS DE MEDICIÓN COMUNES. <ul style="list-style-type: none">- Voltaje directo (DCV), rango de medición 200mV, 2, 20, 200, 1000, volts.- Voltaje alterno (ACV), rango de medición 20, 200, 750 volts.- Corriente directo (DCA), rango de medición 20μ, 20m, 200m 20 amperes.- Corriente alterno (ACA), rango de medición 200m, 20 amperes.- Resistencia (Ohms), rango de medición 200, 2k, 20k, 200k, 2M, 20M, 200M Ω.- Capacitancia (farad), rango de medición 20μ, 2μ, 200n, 20n, 2n faradios.- Frecuencia (Herz), rango de medición 2k, 20k Hz.	
INFORMACION TECNICA. <ul style="list-style-type: none">- VOLTAJE: El voltaje es el impulso o fuerza que necesita un aparato o carga eléctrica para que pueda fluir por el conductor (cable) de un circuito eléctrico cerrado.- CORRIENTE: Es el flujo de cargas eléctricas o electrones através de un conductor o circuito cerrado.- RESISTENCIA: Oposición o barrera al paso de la corriente o cargas eléctricas.- CAPACITANCIA: Capacidad de un cuerpo o dispositivo para almacenar cargas eléctricas.- FRECUENCIA: El número de veces que puede suceder un evento o señal en forma de onda.- PRUEBA DE DIODOS: Esta opción nos permite saber si el diodo esta en buenas condiciones para su uso.	

- **PRUEBAS DE TRANSISTORES:** Esta opción nos permite saber si el transistor esta en buenas condiciones y la configuración de sus patitas o pines (base, emisor, colector) (PNP, NPN).
- **BOTÓN DE SEÑAL LOGICA:** Esta opción nos permite verificar si es un pulso alto (1) (5V) o un pulso bajo (0) (0V), en electrónica digital.
- **CONTINUIDAD AUDIBLE:** Esta opción nos permite saber si el conductor o cable se encuentra en buen estado para su uso en estado de conductor.
- **TEMPERATURA:** Esta opción nos permite saber la temperatura de los productos electrónicos, eléctricos.
- **LCD:** Pantalla para visualizar las mediciones hasta 3 ½ dígitos.

MODOS DE MEDICIÓN EN LOS MULTIMETROS.

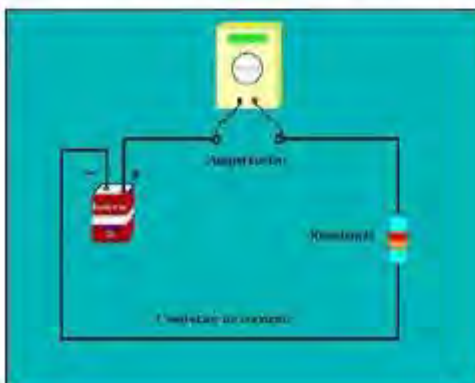
1.- Medicion Voltaje Directo DCV.



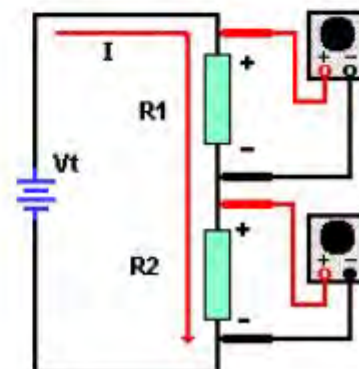
2.- Medicion Voltaje Alterno. ACV.



3.- Medicion de Corriente DC y AC.



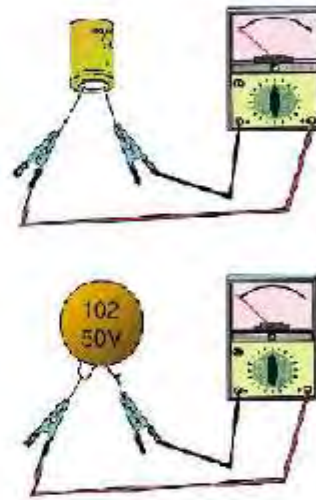
4.- Medicion de Resistencia.



5.- Medicion del diodo en directa e inversa.



6.- Medicion de capacitancia.



7.- Medicion de continuidad en fusible.



sanwa

YX360TRF MULTITESTER

INSTRUCTION MANUAL

SANWA ELECTRIC
INSTRUMENT CO.,LTD.
Dempa Bldg., 4-4 Sotokanda 2-Chome
Chiyoda-Ku, Tokyo, Japan



INTRODUCTION

Thank you for purchasing a SANWA tester Model YX360TRF. You are kindly requested to thoroughly read this manual before use for safety. Especially, "SAFETY INFORMATION" and "MEASURING PROCEDURE" are important. Keep this manual together with the tester so as no to lose it.

NAMES OF COMPONENTS

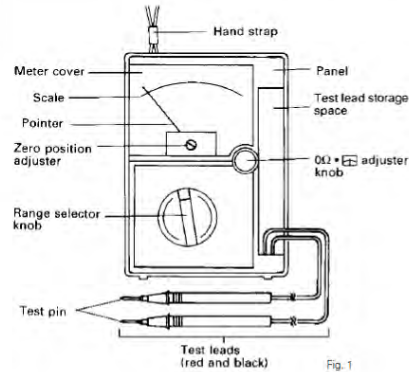


Fig. 1

SAFETY INFORMATION

The following are precautions to prevent accidents such as electrical shocks.
Be sure to read them before using the tester.

■ Symbols

The following cautionary signs appear on the multimeter and in this manual.

Disobedience to instructions with this sign may lead to trouble with the tester and accidents such as electrical shock.

This sign cautions that high voltage is applied to parts marked with it.

■ Precautions for Safety Measurement

WARNING

To ensure that the meter is used safely, follow all safety and operating instructions.

1. Never use the meter on the electric circuits that exceeds 3kVA.
2. Pay special attention when measuring the voltage of AC 33 Vrms (46.7V peak) or DC 70V or more to avoid injury.
3. Never apply input signals exceeding the maximum rating input value.
4. Never use the meter for measuring the line connected with equipment (i.e. motors) that generates induced or surge voltage since it may exceed the maximum allowable voltage.
5. Never use the meter if the meter or test leads are damaged or broken.
6. Never use an uncased meter.

7. Be sure to use a fuse of the specified rating or type. Never use a substitute of the fuse or make a short circuit of the fuse.
8. Always keep your fingers behind the finger guards on the probe when making measurements.
9. Be sure to disconnect the test pins from the circuit when changing the function or range.
10. Before starting measurement, make sure that the function and range are properly set in accordance with the measurement.
11. Never use the meter with wet hands or in a damp environment.
12. Never use test leads other than the specified type.
13. Never open the case except when replacing batteries or fuses. Do not attempt any alteration of original specifications.
14. To ensure safety and maintain accuracy, calibrate and check the meter at least once a year.
15. Indoor use only.

BODY COVER, TEST LEADS, HAND STRAP

■ Use of Cover (example for the body cover)

When this tester is out of use:
Attach the cover to the panel face for safekeeping.
When measuring:
Attach it either to the rear case side
or use it as a stand as shown below.

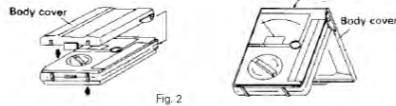
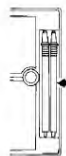


Fig. 2

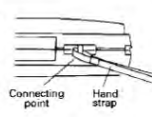
■ Storage of Test Leads

When placing the test leads in the storage space, roll it 3 times, then put in the test pin side first as shown below.

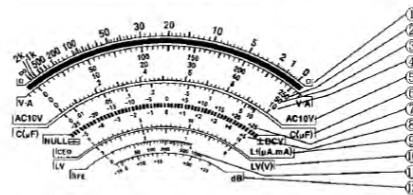


■ Attachment of Hand Strap

1. Loosen the screws fixing the rear case and remove it.
2. Hand strap is attached to connecting point.
3. Put back the rear case where it was and fix it with the screws.



SCALE READING



Range	Multiplied	Range	Multiplied
Ω X 100k	X 100k	DCV 10	X 1
Ω X 1k	X 1k	DCV 1000	X 100
Ω X 100	X 100	ACV 750	X 100
Ω X 10	X 10	ACV 10	X 1
Ω X 1	X 1	C (μF)	X 1
DCV 250	X 1	DCV ± 25	X 1
DCV 2.5	X 0.01	DCV ± 5	X 1
DCV 0.25	X 0.001	150mA at X 1	X 10
ACV 250	X 1	15mA at X 10	X 1
DCA 0.25	X 0.001	1.5mA at X 100	X 0.1
DCA 25m	X 0.1	150 μA at X 1k	X 10
DCA 2.5m	X 0.01	1.5 μA at X 100k	X 0.1
DCV 50	X 1	LV	X 1
ACV 50	X 1	Hz	X 1
DCA 50 μ	X 1	ACV 10	X 1
DCV 0.1	X 0.01	ACV 50	14dB added
		ACV 250	28dB added
		ACV 750	40dB added

SPECIFICATIONS

■ General Specifications

(Temperature : 23±2°C humidity 75% RH max. No condensation)

Items	Specification
Drop shock proof	A laut-band structure is adopted in the meter part. The meter part is designed to withstand shock.
Circuit protection	The circuit is protected by fuse even when voltage of up to AC 230V is impressed on each range for 5 seconds.
Internal battery	R6 (IEC) or UM-3 1.5V X 2
Internal fuse	F500mA/250V Ø5.2 X 20mm Fast acting fuse
Operating temperature and humidity range	5 ~ 31°C, 80%RH max. 31 < ~ 40°C, 80 ~ 50%RH (decreasing linearly)
Storage temperature/Humidity	-10 ~ 50°C 70%RH max. No condensation
Withstand voltage	6KV AC (1min.) between input terminal and case
Dimensions and weight	159.5 X 129 X 41.5 mm/ approx. 320g
Accessories	Instruction manual 1, Hand strap 1,

• HV probe, HV-10T • Hz probe, HFE-6T • Test lead for repair, TL-6IT

Note: The definition of installation category, i.e.
CAT II : Local level, appliances, portable equipment etc., with smaller transient overvoltages than installation category III.
CAT III : Distribution level, fixed installation, with smaller transient overvoltages than installation category IV.

APPLICATION

■ Application

This instrument is portable multimeter designated for measurement of weak current circuits.

The specifications described in this manual are subject to change without notice.

■ Measurement Range and Accuracy

Function	Full scale value	Accuracy	Remarks
DCV	0.1	±5% against full scale	Input impedance 20kΩ/V
	0.25/2.5/10/50	±3% against full scale	
	250/1000	±3% against full scale	
DCV (NULL)	±5/±25	±5% against full scale	Input impedance 40kΩ/V
ACV ~	10/50/250/750	±4% against full scale	Input impedance 9kΩ/V 30Hz ~ 100kHz within ±3% f.s. (AC10V range)
DCA	50μ	±3% against full scale	*1 Voltage drop 0.1V
	2.5m/25m/0.25	±3% against full scale	*1 Voltage drop 0.25V
Ω	2k/20k/200k/2M (X1/X10/X100/X1K)	±3% of arc	Center value 20Ω Max. value 2kΩ Release voltage 3V
	200M (X100K)	±5% of arc	
C	10μF	Approximate Value	*2
dB	-10dB ~ +22dB (for 10V(AC) ~ +62dB)	Approximate Value	Input impedance 9kΩ/V
LI	0 ~ 150mA at X1 range	Approximate Value	Current across test pins
	0 ~ 15mA at X10 range		
	0 ~ 1.5mA at X100 range		
	0 ~ 150 μA at X1K range		
	0 ~ 1.5 μA at X100K range		
Use the optional probe			
HV (DC high volt)	DC25kV		HV-10T probe
HFE	1000 at X10 range		HFE-6T probe

*1 Not including the resistance of fuse.
*2 The maximum value when the pointer was moved by charged current in the capacitor.

MEASURING PROCEDURE

WARNING
Confirm the range of use before measurement.

Preparation for Measurement

- Adjustment of meter zero position:
Turn the zero position adjuster so that the pointer may align right to the zero position.
- Range selection:
Select a proper range for the item to be measured and set the range selector knob accordingly.

NOTE

When determining a measuring range, select a one higher voltage than the value to be measured as well as where the pointer of a meter moves to a considerable extent. However, select the maximum range and measure in case the extent of value to be measured can not be predicted.

Measuring DCV

- Set the range selector knob to an appropriate DCV range.
- Apply the black test pin to the negative potential, and the red test pin to the positive potential of the circuit.
- Read the movement of the pointer by V and A scale.

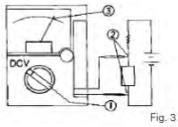
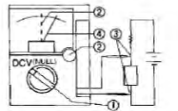


Fig. 3

Measuring ±DCV (NULL)

- Set the range selector knob to an appropriate ±DCV (NULL) range.
- Turn the 0Ω adjuster so that the pointer may align exactly to 0 by ±DCV scale.
- Apply the black test pin to the negative potential side, and the red test pin to the positive potential side of the circuit.
- Read the movement of the pointer by ±DCV scale.



MEASURING PROCEDURE

Measurement of I_{ceo} (Leak Current) for Transistor

- Adjust 0Ω by setting the range selector knob to a proper range from X1 - X1k.
- For NPN transistor, apply a black test lead to the collector and a red one to the emitter.
For PNP transistor, the red one to the collector and the black one to the emitter.
- Determine the leak current by ICEO scale indicated on the scale plate. (Unit in μA, mA)

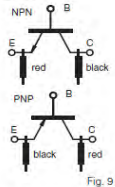


Fig. 9

Measurement of Diode (including LED)

- Adjust 0Ω by setting the range selector knob to a proper range from X1 (150mA) - X100k (1.5μA).
- Apply the black test lead to anode side and the red one to cathode side when measuring IF (forward current). Apply the black test lead to cathode side and the red one to anode side when measuring IR (reverse current).
- Read the indicated value by LI scale. (The pointer moves to a considerable extent for IF, and little extent for IR)
- The value indicated on LV scale during the measurement is the forward voltage of diode.

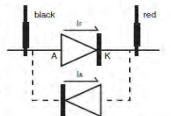


Fig. 10

Measuring ACV

- Turn the range selector knob to an appropriate ACV range.
- Apply the test leads to the circuit to be measured.
- Read the movement of the pointer by V and A scale. (Use AC 10V scale for 10V range only.)

- Since this instrument provides the mean value system for its AC voltage measurement circuit, AC waveform other than sine wave may cause an error.
- Errors occur under such frequencies other than those in the specification table.

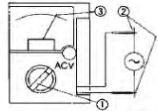


Fig. 4

Measuring DCA

WARNING
Connect the meter in series with the load.

- Turn the range selector knob to an appropriate DCA range.
- Take out the circuit to be measured and apply the black test pin to the negative potential, and the red test pin to the positive potential of the circuit.
- Read the movement of the pointer by V and A scale.

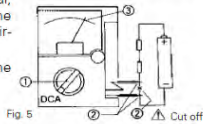


Fig. 5

USAGE OF OPTIONAL PROBES

Usage of High Voltage Probe (HV-10T)

Up to DC 25kV of CRT anode voltage can be measured by connecting optional HV-10T probe.

WARNING

- Keep the hand (finger) away from high voltage power supply. Electric shock may occur due to discharge.
- Measurement should be limited only to micro current circuits.

- Turn the range selector knob and set it to [HV] PROBE (DC 2.5V range).
- Connect the jack of the black lead of the probe to the black test pin, and the jack of the red lead to the red test pin.
- Apply the probe clip to the earth side and the measuring pin to the point to be measured.
- Read out measured value on 0 ~ 250 of V scale in kV unit after multiplying it by 0.1.

Usage of hFE PROBE (HFE-6T)

- Set the range selector knob to X10 range ([hFE] PROBE).
- Short circuit both the red and black test pins to adjust 0Ω.
- Connect the black test pin to the probe jack when a transistor to be measured is NPN, and the red pin to the probe jack for PNP transistor.
- Connect the black clip of the probe to the transistor base and the red clip to the collector.
- Connect the remaining test lead to the emitter and measure hFE.
- Read the indicated value of the meter on hFE scale.

Measuring Ω

WARNING
Do not measure the resistance in a circuit where a voltage is present.

- Turn the range selector knob to an appropriate Ω range.
- Short the red and black test pins and turn the 0Ω adjuster so that the pointer may align exactly to 0Ω. (If the pointer fails to swing up to 0Ω even when the 0Ω adjuster is turned clockwise fully, replace the internal battery with a fresh one.)
- Apply the test pin to measure resistance.
- Read the movement of the pointer by Ω scale.

- Note:** The polarity of + and - is reverse to that of the test leads when measurement is done in Ω range.

Note: How to replace battery.

- Loosen the screws fixing the rear case and remove it.
- Replace R6 (UM-3) to fresh dry battery.
- Put back the rear case where it was, and fix it with the screws.

Note: Be sure to use the same rated fuse. In case a fuse other than the same rate (see "SPECIFICATIONS") is used, an error in indication occurs and/or circuit protection is made unable.

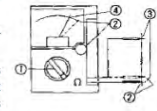


Fig. 6

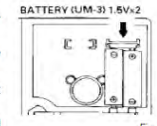


Fig. 7

MAINTENANCE

How to Replace the Fuse

If voltage over 100V is applied to DCA and Ω ranges, the fuse may blow out to protect the circuit.

- Loosen the screws fixing the rear case and remove it.
- Pull the fuse out of holder on the circuit board and replace it. (Fig. 11)
- Put back the rear case where it was and tighten the screws.
- Check and see whether or not indications of respective ranges are normal (check other parts for any failures).

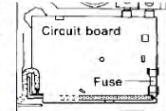


Fig. 11

Storage and Other Precautions

- Avoid giving the meter any excessive shock or vibration by loading it on the motorbike, for instance.
- Keep off dust and moisture from the meter.
- Do not leave the meter for a long time in places of a high temperature (higher than 55°C), a high humidity (higher than 80%), and dew condensation.
- The meter cover is treated with antistatic coating. Do not wipe it hard or clean it with volatile solvent. Use a soft brush to remove dust.

大豪电子
电话: 0755-83233025
<http://www.szdahao.com>
<http://www.very-tec.com>

Measuring Capacity (C)

- Set the range selector knob to C(μF).
- Measure the capacitance by applying the test pin to the capacitor to be measured after the 0Ω adjustment is made in the same manner as in the resistance measurement.
- The pointer moves full scale by the charge current to the capacitor. However, the pointer gradually starts returning to its original position. Read the indicated maximum value on C(μF) scale.

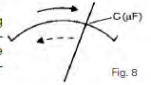


Fig. 8

Note: Be sure to short circuit the both ends of the capacitor for discharge prior to the initial measurement or in such case after the measurement is made.

Note: Pay due attention to the polarity (+ and -) of the capacitor. (Connect + side of the capacitor to + side of the meter.)

Measuring AF Output (dB)

dB (decibel) is measured in the same way as the ACV measurement, but by reading the dB scale instead.

For measurement on the 10V range, the dB scale (-10dB ~ +22dB) is read directly, but, when measured on the 50V range, 14dB is added. On the 250V range, 28dB is added to the reading on the scale, and on the 1000V range, 40dB is added.

Thus, the maximum dB readable is 22 + 40 = 62 (dB) measured on the 1000V range.

Note: Cut direct current with a capacitor of 0.1μF or more when measuring such signal as having direct current.

AFTER - SALES SERVICE

Warranty and Provision

Under Sanwa's general warranty policy, each instrument is warranted to be free from defects in workmanship or material under normal use for the period of one (1) year from the date of purchase.

This warranty policy is valid within the country of purchase only, and applied only to the product purchased from Sanwa authorized agent or distributor.

This warranty does not apply to fuses, disposables batteries, or any product or parts, which have been subject to one of the following causes:

- A failure due to improper handling or use that deviates the instruction manual.
- A failure due to inadequate repair or modification by people other than Sanwa service personnel.
- A failure due to causes not attributable to this product such as fire, flood and other natural disaster.
- Non-operation due to a discharged battery.
- A failure or damage due to transportation, relocation or dropping after the purchase.

Repair

Please contact Sanwa authorized agent/distributor/service provider, listed in our website, in your country with your information.

SANWA web site

<http://www.sanwa-meter.co.jp>
E-mail: exp_sales@sanwa-meter.co.jp

ANEXO N°5 RESULTADOS EVALUACION PERNO EXTENSOMETRO

Cuadro N°: 26 Resultados Perno Extensómetro Gal 100 – BM +15

Fecha	Variación Resistencia ($\delta R/R$)(ohmios)	Deformación (ϵ)(mm/mm)	Tensión (MPa)
21/12/2019	0.00149	0.00057	0.76373494
21/11/2019	0.00148	0.00057	0.760722892
21/10/2019	0.00148	0.00057	0.757710843
21/09/2019	0.00147	0.00057	0.754698795
21/08/2019	0.00147	0.00056	0.751686747
21/07/2019	0.00146	0.00056	0.748674699
21/06/2019	0.00145	0.00056	0.745662651
21/05/2019	0.00145	0.00056	0.742650602
21/04/2019	0.00144	0.00055	0.739638554
21/03/2019	0.00144	0.00055	0.736626506
21/02/2019	0.00143	0.00055	0.733614458
21/01/2019	0.00142	0.00055	0.73060241
21/12/2018	0.00142	0.00055	0.727590361

Fuente: Monckey Blue S.A.C.

Cuadro N°: 27 Resultados Perno Extensómetro Gal 100 – BM +18

Fecha	Variación Resistencia ($\delta R/R$)(ohmios)	Deformación (ϵ)(mm/mm)	Tensión (MPa)
21/12/2019	0.00157	0.00060	0.80590
21/11/2019	0.00156	0.00060	0.80289
21/10/2019	0.00156	0.00060	0.79988
21/09/2019	0.00155	0.00060	0.79687
21/08/2019	0.00155	0.00060	0.79386
21/07/2019	0.00154	0.00059	0.79084
21/06/2019	0.00154	0.00059	0.78783
21/05/2019	0.00153	0.00059	0.78482
21/04/2019	0.00152	0.00059	0.78181
21/03/2019	0.00152	0.00058	0.77880
21/02/2019	0.00151	0.00058	0.77578
21/01/2019	0.00151	0.00058	0.77277
21/12/2018	0.00150	0.00058	0.76976

Fuente: Monckey Blue S.A.C.

Cuadro N°: 28 Resultados Perno Extensómetro Gal 100 – BM + 21

Fecha	Variación Resistencia ($\delta R/R$)(ohmios)	Deformación (ϵ)(mm/mm)	Tensión (MPa)
21/12/2019	0.00152	0.00059	0.78181
21/11/2019	0.00152	0.00058	0.77880
21/10/2019	0.00151	0.00058	0.77578
21/09/2019	0.00151	0.00058	0.77277
21/08/2019	0.00150	0.00058	0.76976
21/07/2019	0.00149	0.00057	0.76675
21/06/2019	0.00149	0.00057	0.76373
21/05/2019	0.00148	0.00057	0.76072
21/04/2019	0.00148	0.00057	0.75771
21/03/2019	0.00147	0.00057	0.75470
21/02/2019	0.00147	0.00056	0.75169
21/01/2019	0.00146	0.00056	0.74867
21/12/2018	0.00145	0.00056	0.74566

Fuente: Monckey Blue S.A.C.**Cuadro N°: 29 Resultados Perno Extensómetro Gal 100 – BM + 24(base)**

Fecha	Variación Resistencia ($\delta R/R$)(ohmios)	Deformación (ϵ)(mm/mm)	Tensión (MPa)
21/12/2019	0.00215	0.00083	1.10410
21/11/2019	0.00214	0.00082	1.10108
21/10/2019	0.00214	0.00082	1.09807
21/09/2019	0.00213	0.00082	1.09506
21/08/2019	0.00213	0.00082	1.09205
21/07/2019	0.00212	0.00082	1.08904
21/06/2019	0.00211	0.00081	1.08602
21/05/2019	0.00211	0.00081	1.08301
21/04/2019	0.00210	0.00081	1.08000
21/03/2019	0.00210	0.00081	1.07699
21/02/2019	0.00209	0.00080	1.07398
21/01/2019	0.00208	0.00080	1.07096
21/12/2018	0.00208	0.00080	1.06795

Fuente: Monckey Blue S.A.C.

Cuadro N°: 30 Resultados Perno Extensómetro Gal 100 – BM + 24(hombro)

Fecha	Variación Resistencia ($\delta R/R$)(ohmios)	Deformación (ϵ)(mm/mm)	Tensión (MPa)
21/12/2019	0.00223	0.00086	1.14325
21/11/2019	0.00222	0.00085	1.14024
21/10/2019	0.00221	0.00085	1.13723
21/09/2019	0.00221	0.00085	1.13422
21/08/2019	0.00220	0.00085	1.13120
21/07/2019	0.00220	0.00084	1.12819
21/06/2019	0.00219	0.00084	1.12518
21/05/2019	0.00218	0.00084	1.12217
21/04/2019	0.00218	0.00084	1.11916
21/03/2019	0.00217	0.00084	1.11614
21/02/2019	0.00217	0.00083	1.11313
21/01/2019	0.00216	0.00083	1.11012
21/12/2018	0.00216	0.00083	1.10711

Fuente: Monckey Blue S.A.C.**Cuadro N°: 31 Resultados Perno Extensómetro Gal 100 – BM + 24(corona)**

Fecha	Variación Resistencia ($\delta R/R$)(ohmios)	Deformación (ϵ)(mm/mm)	Tensión (MPa)
21/12/2019	0.00231	0.00089	1.18542
21/11/2019	0.00230	0.00089	1.18241
21/10/2019	0.00230	0.00088	1.17940
21/09/2019	0.00229	0.00088	1.17639
21/08/2019	0.00228	0.00088	1.17337
21/07/2019	0.00228	0.00088	1.17036
21/06/2019	0.00227	0.00087	1.16735
21/05/2019	0.00227	0.00087	1.16434
21/04/2019	0.00226	0.00087	1.16133
21/03/2019	0.00225	0.00087	1.15831
21/02/2019	0.00225	0.00086	1.15530
21/01/2019	0.00224	0.00086	1.15229
21/12/2018	0.00224	0.00086	1.14928

Fuente: Monckey Blue S.A.C.

Cuadro N°: 32 Resultados Perno Extensómetro Gal 100 – BM + 27(base)

Fecha	Variación Resistencia ($\delta R/R$)(ohmios)	Deformación (ϵ)(mm/mm)	Tensión (MPa)
21/12/2019	0.00175	0.00067	0.89627
21/11/2019	0.00174	0.00067	0.89325
21/10/2019	0.00173	0.00067	0.89024
21/09/2019	0.00173	0.00066	0.88723
21/08/2019	0.00172	0.00066	0.88422
21/07/2019	0.00172	0.00066	0.88120
21/06/2019	0.00171	0.00066	0.87819
21/05/2019	0.00170	0.00066	0.87518
21/04/2019	0.00170	0.00065	0.87217
21/03/2019	0.00169	0.00065	0.86916
21/02/2019	0.00169	0.00065	0.86614
21/01/2019	0.00168	0.00065	0.86313
21/12/2018	0.00168	0.00064	0.86012

Fuente: Monckey Blue S.A.C.**Cuadro N°: 33 Resultados Perno Extensómetro Gal 100 – BM + 27(hombro)**

Fecha	Variación Resistencia ($\delta R/R$)(ohmios)	Deformación (ϵ)(mm/mm)	Tensión (MPa)
21/12/2019	0.00183	0.00070	0.93843
21/11/2019	0.00182	0.00070	0.93542
21/10/2019	0.00182	0.00070	0.93241
21/09/2019	0.00181	0.00070	0.92940
21/08/2019	0.00180	0.00069	0.92639
21/07/2019	0.00180	0.00069	0.92337
21/06/2019	0.00179	0.00069	0.92036
21/05/2019	0.00179	0.00069	0.91735
21/04/2019	0.00178	0.00068	0.91434
21/03/2019	0.00178	0.00068	0.91133
21/02/2019	0.00177	0.00068	0.90831
21/01/2019	0.00176	0.00068	0.90530
21/12/2018	0.00176	0.00068	0.90229

Fuente: Monckey Blue S.A.C.

Cuadro N°: 34 Resultados Perno Extensómetro Gal 100 – BM + 27(corona)

Fecha	Variación Resistencia ($\delta R/R$)(ohmios)	Deformación (ϵ)(mm/mm)	Tensión (MPa)
21/12/2019	0.00192	0.00074	0.98361
21/11/2019	0.00191	0.00073	0.98060
21/10/2019	0.00190	0.00073	0.97759
21/09/2019	0.00190	0.00073	0.97458
21/08/2019	0.00189	0.00073	0.97157
21/07/2019	0.00189	0.00073	0.96855
21/06/2019	0.00188	0.00072	0.96554
21/05/2019	0.00187	0.00072	0.96253
21/04/2019	0.00187	0.00072	0.95952
21/03/2019	0.00186	0.00072	0.95651
21/02/2019	0.00186	0.00071	0.95349
21/01/2019	0.00185	0.00071	0.95048
21/12/2018	0.00185	0.00071	0.94747

Fuente: Monckey Blue S.A.C.**Cuadro N°: 35 Resultados Perno Extensómetro Gal 100 – BM + 30**

Fecha	Variación Resistencia ($\delta R/R$)(ohmios)	Deformación (ϵ)(mm/mm)	Tensión (MPa)
21/12/2019	0.00175	0.00067	0.89928
21/11/2019	0.00175	0.00067	0.89627
21/10/2019	0.00174	0.00067	0.89325
21/09/2019	0.00173	0.00067	0.89024
21/08/2019	0.00173	0.00066	0.88723
21/07/2019	0.00172	0.00066	0.88422
21/06/2019	0.00172	0.00066	0.88120
21/05/2019	0.00171	0.00066	0.87819
21/04/2019	0.00170	0.00066	0.87518
21/03/2019	0.00170	0.00065	0.87217
21/02/2019	0.00169	0.00065	0.86916
21/01/2019	0.00169	0.00065	0.86614
21/12/2018	0.00168	0.00065	0.86313

Fuente: Monckey Blue S.A.C.

Cuadro N°: 36 Resultados Perno Extensómetro Gal 100 – BM + 33

Fecha	Variación Resistencia ($\delta R/R$)(ohmios)	Deformación (ϵ)(mm/mm)	Tensión (MPa)
21/12/2019	0.00189	0.00073	0.96855
21/11/2019	0.00188	0.00072	0.96554
21/10/2019	0.00187	0.00072	0.96253
21/09/2019	0.00187	0.00072	0.95952
21/08/2019	0.00186	0.00072	0.95651
21/07/2019	0.00186	0.00071	0.95349
21/06/2019	0.00185	0.00071	0.95048
21/05/2019	0.00185	0.00071	0.94747
21/04/2019	0.00184	0.00071	0.94446
21/03/2019	0.00183	0.00071	0.94145
21/02/2019	0.00183	0.00070	0.93843
21/01/2019	0.00182	0.00070	0.93542
21/12/2018	0.00182	0.00070	0.93241

Fuente: Monckey Blue S.A.C.

ANEXO N°6 RESULTADOS OTROS METODOS DE MONITOREO

Cuadro N°: 37 Resultados Convergencia Gal 100 – BM + 15

Fecha	Convergencia (mm)	Velocidad(mm/mes)	Aceleración(mm/s ²)	Convergencia Acumulada (mm)
21/12/2019	12.20	0.41	0.00	22.50
21/11/2019	10.30	0.34	0.00	19.50
21/10/2019	9.20	0.31	0.00	17.50
21/09/2019	8.30	0.28	0.00	14.50
21/08/2019	6.20	0.21	0.00	11.50
21/07/2019	5.30	0.18	0.00	9.80
21/06/2019	4.50	0.15	0.00	8.70
21/05/2019	4.20	0.14	0.00	9.40
21/04/2019	5.20	0.17	0.00	9.60
21/03/2019	4.40	0.15	0.00	7.42
21/02/2019	3.02	0.10	0.00	5.90
21/01/2019	2.88	0.10	0.00	2.88
21/12/2018	0.00	0.00	INICIAL	0

Fuente: Monckey Blue S.A.C.

Cuadro N°: 38 Resultados Convergencia Gal 100 – BM + 18

Fecha	Convergencia (mm)	Velocidad(mm/mes)	Aceleración(mm/s ²)	Convergencia Acumulada (mm)
21/12/2019	10.25	0.34	0.00	19.55
21/11/2019	9.30	0.31	0.00	17.80
21/10/2019	8.50	0.28	0.00	15.72
21/09/2019	7.22	0.24	0.00	13.10
21/08/2019	5.88	0.20	0.00	11.10
21/07/2019	5.22	0.17	0.00	10.02
21/06/2019	4.80	0.16	0.00	8.91
21/05/2019	4.11	0.14	0.00	7.77
21/04/2019	3.66	0.12	0.00	6.16
21/03/2019	2.50	0.08	0.00	4.83
21/02/2019	2.33	0.08	0.00	3.53
21/01/2019	1.20	0.04	0.00	1.20
21/12/2018	0.00	0.00	INICIAL	0

Fuente: Monckey Blue S.A.C.**Cuadro N°: 39 Resultados Convergencia Gal 100 – BM + 21**

Fecha	Convergencia (mm)	Velocidad(mm/mes)	Aceleración(mm/s ²)	Convergencia Acumulada (mm)
21/12/2019	10.52	0.35	0.00	20.32
21/11/2019	9.80	0.33	0.00	19.10
21/10/2019	9.30	0.31	0.00	18.00
21/09/2019	8.70	0.29	0.00	16.85
21/08/2019	8.15	0.27	0.00	15.35
21/07/2019	7.20	0.24	0.00	13.50
21/06/2019	6.30	0.21	0.00	11.50
21/05/2019	5.20	0.17	0.00	9.70
21/04/2019	4.50	0.15	0.00	8.08
21/03/2019	3.58	0.12	0.00	6.69
21/02/2019	3.11	0.10	0.00	5.61
21/01/2019	2.50	0.08	0.00	2.50
21/12/2018	0.00	0.00	INICIAL	0

Fuente: Monckey Blue S.A.C.

Cuadro N°: 40 Resultados Convergencia Gal 100 – BM + 24

Fecha	Convergencia (mm)	Velocidad(mm/mes)	Aceleración(mm/s ²)	Convergencia Acumulada (mm)
21/12/2019	13.55	0.45	0.00	26.20
21/11/2019	12.65	0.42	0.00	24.52
21/10/2019	11.87	0.40	0.00	22.43
21/09/2019	10.56	0.35	0.00	19.78
21/08/2019	9.22	0.31	0.00	17.72
21/07/2019	8.50	0.28	0.00	15.70
21/06/2019	7.20	0.24	0.00	13.70
21/05/2019	6.50	0.22	0.00	11.95
21/04/2019	5.45	0.18	0.00	10.30
21/03/2019	4.85	0.16	0.00	9.05
21/02/2019	4.20	0.14	0.00	7.60
21/01/2019	3.40	0.11	0.00	3.40
21/12/2018	0.00	0.00	INICIAL	0

Fuente: Monckey Blue S.A.C.**Cuadro N°: 41 Resultados Convergencia Gal 100 – BM + 27**

Fecha	Convergencia (mm)	Velocidad(mm/mes)	Aceleración(mm/s ²)	Convergencia Acumulada (mm)
21/12/2019	13.85	0.46	0.00	26.15
21/11/2019	12.30	0.41	0.00	23.50
21/10/2019	11.20	0.37	0.00	21.45
21/09/2019	10.25	0.34	0.00	19.70
21/08/2019	9.45	0.32	0.00	18.10
21/07/2019	8.65	0.29	0.00	16.45
21/06/2019	7.80	0.26	0.00	15.03
21/05/2019	7.23	0.24	0.00	14.04
21/04/2019	6.81	0.23	0.00	13.02
21/03/2019	6.21	0.21	0.00	11.41
21/02/2019	5.20	0.17	0.00	9.70
21/01/2019	4.50	0.15	0.00	4.50
21/12/2018	0.00	0.00	INICIAL	0

Fuente: Monckey Blue S.A.C.

Cuadro N°: 42 Resultados Convergencia Gal 100 – BM + 30

Fecha	Convergencia (mm)	Velocidad(mm/mes)	Aceleración(mm/s ²)	Convergencia Acumulada (mm)
21/12/2019	9.21	0.31	0.00	17.54
21/11/2019	8.33	0.28	0.00	15.83
21/10/2019	7.50	0.25	0.00	13.70
21/09/2019	6.20	0.21	0.00	11.90
21/08/2019	5.70	0.19	0.00	10.93
21/07/2019	5.23	0.17	0.00	10.10
21/06/2019	4.87	0.16	0.00	8.97
21/05/2019	4.10	0.14	0.00	7.34
21/04/2019	3.24	0.11	0.00	5.69
21/03/2019	2.45	0.08	0.00	4.60
21/02/2019	2.15	0.07	0.00	3.40
21/01/2019	1.25	0.04	0.00	1.25
21/12/2018	0.00	0.00	INICIAL	0

Fuente: Monckey Blue S.A.C.**Cuadro N°: 43 Resultados Convergencia Gal 100 – BM + 33**

Fecha	Convergencia (mm)	Velocidad(mm/mes)	Aceleración(mm/s ²)	Convergencia Acumulada (mm)
21/12/2019	11.65	0.39	0.00	22.10
21/11/2019	10.45	0.35	0.00	19.90
21/10/2019	9.45	0.32	0.00	17.80
21/09/2019	8.35	0.28	0.00	15.60
21/08/2019	7.25	0.24	0.00	13.57
21/07/2019	6.32	0.21	0.00	12.21
21/06/2019	5.89	0.20	0.00	11.01
21/05/2019	5.12	0.17	0.00	9.35
21/04/2019	4.23	0.14	0.00	7.68
21/03/2019	3.45	0.12	0.00	6.30
21/02/2019	2.85	0.10	0.00	5.38
21/01/2019	2.53	0.08	0.00	2.53
21/12/2018	0.00	0.00	INICIAL	0

Fuente: Monckey Blue S.A.C.

ANEXO N°7 RESULTADOS EVALUACION ESTABILIDAD

Cuadro N°: 44 Resultados Estabilidad Gal 100 – BM + 15

Fecha	Tensión (MPa)	UCS (MPa)	$\delta t/\delta ucs$	GSI	Estabilidad	Detalle
21/12/2019	0.764	55.77	0.014	43.30	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/11/2019	0.761	55.77	0.014	43.30	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/10/2019	0.758	55.77	0.014	43.30	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/09/2019	0.755	55.77	0.014	43.30	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/08/2019	0.752	55.77	0.013	43.30	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/07/2019	0.749	55.77	0.013	43.30	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/06/2019	0.746	55.77	0.013	43.30	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/05/2019	0.743	55.77	0.013	43.30	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/04/2019	0.740	55.77	0.013	43.30	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/03/2019	0.737	55.77	0.013	43.30	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/02/2019	0.734	55.77	0.013	43.30	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/01/2019	0.731	55.77	0.013	43.30	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/12/2018	0.728	55.77	0.013	43.30	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION

Fuente: Monckey Blue S.A.C.

Cuadro N°: 45 Resultados Estabilidad Gal 100 – BM + 18

Fecha	Tensión (MPa)	UCS (MPa)	$\delta t/\delta ucs$	GSI	Estabilidad	Detalle
21/12/2019	0.806	56.44	0.014	43.28	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/11/2019	0.803	56.44	0.014	43.28	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/10/2019	0.800	56.44	0.014	43.28	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/09/2019	0.797	56.44	0.014	43.28	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/08/2019	0.794	56.44	0.014	43.28	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/07/2019	0.791	56.44	0.014	43.28	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/06/2019	0.788	56.44	0.014	43.28	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/05/2019	0.785	56.44	0.014	43.28	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/04/2019	0.782	56.44	0.014	43.28	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/03/2019	0.779	56.44	0.014	43.28	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/02/2019	0.776	56.44	0.014	43.28	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/01/2019	0.773	56.44	0.014	43.28	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/12/2018	0.770	56.44	0.014	43.28	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION

Fuente: Monckey Blue S.A.C.

Cuadro N°: 46 Resultados Estabilidad Gal 100 – BM + 21

Fecha	Tensión (MPa)	UCS (MPa)	$\delta t/\delta ucs$	GSI	Estabilidad	Detalle
21/12/2019	0.782	70.61	0.011	45.28	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/11/2019	0.779	70.61	0.011	45.28	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/10/2019	0.776	70.61	0.011	45.28	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/09/2019	0.773	70.61	0.011	45.28	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/08/2019	0.770	70.61	0.011	45.28	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/07/2019	0.767	70.61	0.011	45.28	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/06/2019	0.764	70.61	0.011	45.28	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/05/2019	0.761	70.61	0.011	45.28	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/04/2019	0.758	70.61	0.011	45.28	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/03/2019	0.755	70.61	0.011	45.28	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/02/2019	0.752	70.61	0.011	45.28	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/01/2019	0.749	70.61	0.011	45.28	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/12/2018	0.746	70.61	0.011	45.28	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION

Fuente: Monckey Blue S.A.C.

Cuadro N°: 47 Resultados Estabilidad Gal 100 – BM + 24 (base)

Fecha	Tensión (MPa)	UCS (MPa)	$\delta t/\delta ucs$	GSI	Estabilidad	Detalle
21/12/2019	1.104	70.16	0.016	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/11/2019	1.101	70.16	0.016	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/10/2019	1.098	70.16	0.016	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/09/2019	1.095	70.16	0.016	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/08/2019	1.092	70.16	0.016	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/07/2019	1.089	70.16	0.016	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/06/2019	1.086	70.16	0.015	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/05/2019	1.083	70.16	0.015	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/04/2019	1.080	70.16	0.015	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/03/2019	1.077	70.16	0.015	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/02/2019	1.074	70.16	0.015	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/01/2019	1.071	70.16	0.015	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/12/2018	1.068	70.16	0.015	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION

Fuente: Monckey Blue S.A.C.

Cuadro N°: 48 Resultados Estabilidad Gal 100 – BM + 24 (hombro)

Fecha	Tensión (MPa)	UCS (MPa)	$\delta t/\delta ucs$	GSI	Estabilidad	Detalle
21/12/2019	1.143	70.16	0.016	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/11/2019	1.140	70.16	0.016	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/10/2019	1.137	70.16	0.016	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/09/2019	1.134	70.16	0.016	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/08/2019	1.131	70.16	0.016	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/07/2019	1.128	70.16	0.016	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/06/2019	1.125	70.16	0.016	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/05/2019	1.122	70.16	0.016	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/04/2019	1.119	70.16	0.016	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/03/2019	1.116	70.16	0.016	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/02/2019	1.113	70.16	0.016	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/01/2019	1.110	70.16	0.016	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/12/2018	1.107	70.16	0.016	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION

Fuente: Monckey Blue S.A.C.

Cuadro N°: 49 Resultados Estabilidad Gal 100 – BM + 24 (corona)

Fecha	Tensión (MPa)	UCS (MPa)	$\delta t/\delta ucs$	GSI	Estabilidad	Detalle
21/12/2019	1.185	70.16	0.017	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/11/2019	1.182	70.16	0.017	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/10/2019	1.179	70.16	0.017	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/09/2019	1.176	70.16	0.017	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/08/2019	1.173	70.16	0.017	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/07/2019	1.170	70.16	0.017	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/06/2019	1.167	70.16	0.017	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/05/2019	1.164	70.16	0.017	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/04/2019	1.161	70.16	0.017	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/03/2019	1.158	70.16	0.017	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/02/2019	1.155	70.16	0.016	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/01/2019	1.152	70.16	0.016	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/12/2018	1.149	70.16	0.016	37.35	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION

Fuente: Monckey Blue S.A.C.

Cuadro N°: 50 Resultados Estabilidad Gal 100 – BM + 27 (base)

Fecha	Tensión (MPa)	UCS (MPa)	$\delta t/\delta ucs$	GSI	Estabilidad	Detalle
21/12/2019	0.896	91.30	0.010	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/11/2019	0.893	91.30	0.010	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/10/2019	0.890	91.30	0.010	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/09/2019	0.887	91.30	0.010	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/08/2019	0.884	91.30	0.010	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/07/2019	0.881	91.30	0.010	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/06/2019	0.878	91.30	0.010	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/05/2019	0.875	91.30	0.010	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/04/2019	0.872	91.30	0.010	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/03/2019	0.869	91.30	0.010	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/02/2019	0.866	91.30	0.009	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/01/2019	0.863	91.30	0.009	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/12/2018	0.860	91.30	0.009	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION

Fuente: Monckey Blue S.A.C.

Cuadro N°: 51 Resultados Estabilidad Gal 100 – BM + 27 (hombro)

Fecha	Tensión (MPa)	UCS (MPa)	$\delta t/\delta ucs$	GSI	Estabilidad	Detalle
21/12/2019	0.938	91.30	0.010	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/11/2019	0.935	91.30	0.010	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/10/2019	0.932	91.30	0.010	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/09/2019	0.929	91.30	0.010	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/08/2019	0.926	91.30	0.010	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/07/2019	0.923	91.30	0.010	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/06/2019	0.920	91.30	0.010	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/05/2019	0.917	91.30	0.010	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/04/2019	0.914	91.30	0.010	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/03/2019	0.911	91.30	0.010	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/02/2019	0.908	91.30	0.010	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/01/2019	0.905	91.30	0.010	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/12/2018	0.902	91.30	0.010	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION

Fuente: Monckey Blue S.A.C.

Cuadro N°: 52 Resultados Estabilidad Gal 100 – BM + 27 (corona)

Fecha	Tensión (MPa)	UCS (MPa)	$\delta t/\delta ucs$	GSI	Estabilidad	Detalle
21/12/2019	0.984	91.30	0.011	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/11/2019	0.981	91.30	0.011	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/10/2019	0.978	91.30	0.011	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/09/2019	0.975	91.30	0.011	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/08/2019	0.972	91.30	0.011	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/07/2019	0.969	91.30	0.011	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/06/2019	0.966	91.30	0.011	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/05/2019	0.963	91.30	0.011	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/04/2019	0.960	91.30	0.011	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/03/2019	0.957	91.30	0.010	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/02/2019	0.953	91.30	0.010	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/01/2019	0.950	91.30	0.010	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/12/2018	0.947	91.30	0.010	38.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION

Fuente: Monckey Blue S.A.C.

Cuadro N°: 53 Resultados Estabilidad Gal 100 – BM + 30

Fecha	Tensión (MPa)	UCS (MPa)	$\delta t/\delta ucs$	GSI	Estabilidad	Detalle
21/12/2019	0.899	72.52	0.012	43.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/11/2019	0.896	72.52	0.012	43.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/10/2019	0.893	72.52	0.012	43.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/09/2019	0.890	72.52	0.012	43.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/08/2019	0.887	72.52	0.012	43.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/07/2019	0.884	72.52	0.012	43.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/06/2019	0.881	72.52	0.012	43.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/05/2019	0.878	72.52	0.012	43.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/04/2019	0.875	72.52	0.012	43.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/03/2019	0.872	72.52	0.012	43.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/02/2019	0.869	72.52	0.012	43.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/01/2019	0.866	72.52	0.012	43.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/12/2018	0.863	72.52	0.012	43.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION

Fuente: Monckey Blue S.A.C.

Cuadro N°: 54 Resultados Estabilidad Gal 100 – BM + 33

Fecha	Tensión (MPa)	UCS (MPa)	$\delta t/\delta ucs$	GSI	Estabilidad	Detalle
21/12/2019	0.969	71.25	0.014	43.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/11/2019	0.966	71.25	0.014	43.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/10/2019	0.963	71.25	0.014	43.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/09/2019	0.960	71.25	0.013	43.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/08/2019	0.957	71.25	0.013	43.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/07/2019	0.953	71.25	0.013	43.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/06/2019	0.950	71.25	0.013	43.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/05/2019	0.947	71.25	0.013	43.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/04/2019	0.944	71.25	0.013	43.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/03/2019	0.941	71.25	0.013	43.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/02/2019	0.938	71.25	0.013	43.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/01/2019	0.935	71.25	0.013	43.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION
21/12/2018	0.932	71.25	0.013	43.33	REGULAR	BLOQUES EN DESARROLLO DESDE LA SUPERFICIE DE LA EXCAVACION

Fuente: Monckey Blue S.A.C.