

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**TESIS**

**Consolidación e Impermeabilización del BP - 713 Y BP - 680,  
Nivel 12, para cruzar una brecha de falla de 20 metros en  
la Mina Ticlio, 2019**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero de Minas**

**Autor: Bach. Yudi Shaida PINO RAVELO**

**Asesor: Mg. Julio César SANTIAGO RIVERA**

**Cerro de Pasco – Perú - 2022**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**TESIS**

**Consolidación e Impermeabilización del BP - 713 Y BP - 680,  
Nivel 12, para cruzar una brecha de falla de 20 metros en  
la Mina Ticlio, 2019**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado**

---

Mg. Nieves Oswaldo GORA TUFINO  
PRESIDENTE

---

Mg. Luis Alfonso UGARTE GUILLERMO  
MIEMBRO

---

Ing. Toribio GARCIA CONTRERAS  
MIEMBRO

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo se lo dedico a **Dios**

por brindarme sabiduría,

A mis padres **Ana María Ravelo y Fidel Pino Quispe,**

por el darme el aliento de seguir adelante y no perder su

confianza en mí, brindándome su apoyo moral para

poder culminar el presente trabajo de investigación.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis queridos padres, quienes son guía en mi camino, el motivo que me impulsa a seguir luchando por mis metas.

Al ingeniero Alexis Echevarría Franco por su valioso apoyo para dar inicio al proyecto de investigación.

## RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo concretar la consolidación e impermeabilización del BP\_713 y BP\_680 nivel 12, para cruzar una brecha de falla de 20 metros en la mina Ticlio, 2019.

Gracias a esta tecnología, el suelo y las rocas se consolidan y se impermeabilizan. Esto incluye bombear mortero de cemento, lechada o soluciones químicas a través de las perforaciones, su profundidad y espaciamiento dependerán de las características geotécnicas y de ingeniería de cada proyecto.

La investigación se enfocó bajo una investigación aplicada, un nivel descriptivo y analítico, se optó por un diseño NO EXPERIMENTAL, La muestra para la presente investigación está conformada por el BP\_713 y BP\_680 nivel 12, de la mina Ticlio.

Las principales conclusiones son:

El problema principal, es el Bay pass que se ejecuta para llegar a Zona mineralizada, tiene problemas graves de estabilidad geomecánica debido a que el macizo rocoso es de calidad Muy Mala Tipo V RMR 20

Se tiene un tipo de roca de muy mala resistencia (caliza gris con alta des carbonatación) con un comportamiento de fallamiento paralelo al contacto con plegamientos desfavorable con venilleos de calcita con persistencia menores de 1m. y húmedo (IF/P-MP), roca tipo IVB

La solución Técnica que se propone consiste básicamente en la realización de consolidación e impermeabilización, para el tratamiento de Bp\_713 y Bp\_680, con Sección de 4.50 m x 4.50 m, previo antes de sus correspondientes aseguramientos mediante la ejecución de lanzado de Shotcrete y colocado de pernos, luego se realizarán perforaciones con autoperforantes L= 3.00m, BIT Ø 52mm, en el perímetro del frente de gradiente a gradiente y, posterior inyección de resinas GEOFLEX, para la consolidación del macizo rocoso.

El costo que significa la ejecución es de US\$ 57,780.00 que representa el Costo Actividades preliminares y aplicación de resina, el costo de la resina es de US\$ 113,345.00, Costo de accesorios para la inyección US\$ 28954.00, costo de servicio de inyección de resina US\$ 9,500.00.

**Palabras Clave:** consolidación, impermeabilización, pernos autoperforantes, resinas autoflex.

## ABSTRACT

The objective of this thesis is to specify the consolidation and waterproofing of BP\_713 and BP\_680 level 12, to cross a fault gap of 20 meters in the Ticlio mine, 2019.

Thanks to this technology, the soil and rocks are consolidated and waterproofed. This includes pumping cement mortar, grout or chemical solutions through the boreholes, their depth and spacing will depend on the geotechnical and engineering characteristics of each project.

The research was focused on applied research, a descriptive and analytical level, a NON-EXPERIMENTAL design was chosen. The sample for this research is made up of BP\_713 and BP\_680 level 12, from the Ticlio mine.

The main conclusions are:

The main problem, is the Bay pass that runs to reach the mineralized zone, it has serious problems of geomechanical stability due to the fact that the rock mass is of Very Bad Quality Type V RMR 20

There is a type of rock with very poor resistance (gray limestone with high decarbonation) with a fault behavior parallel to contact with unfavorable folding with calcite venules with persistence of less than 1m. and wet (IF / P-MP), rock type IVB

The proposed Technical solution basically consists of the carrying out consolidation and waterproofing, for the treatment of Bp\_713 and Bp\_680, with a section of 4.50 mx 4.50 m, prior to their corresponding assurance by executing shotcrete casting and bolting, then drilling with self-drilling L = 3.00m , BIT Ø 52mm, on the perimeter of the front from gradient to gradient and, subsequent injection of GEOFLEX resins, for the consolidation of the rock massif.

The cost of the execution is US \$ 57,580.00 which represents the Cost of preliminary activities and resin application, the cost of the resin is US \$ 113,345.00, Cost of accessories for the injection US \$ 28,954.00, cost of resin injection service US \$ 9,500.00.

**Keywords:** consolidation, waterproofing, self-drilling bolts, autoflex resins.

## **PRESENTACIÓN**

Bien sabemos que la minería es una de las actividades mas importantes en la economía de nuestro país, su ejercicio conlleva a realizar procesos con la responsabilidad y la seguridad que se requiere conservando la salud de los trabajadores y el cuidado del medio ambiente.

Teniendo la necesidad de seguir explotando los recursos mineros, la Empresa Minera Ticlio se ha visto en la necesidad de resolver una serie de problemas y uno de ello es en el nivel 12 donde se tuvo dificultades en atravesar zonas inestables (zona de falla), de acuerdo a los antecedentes nos dicen que existen un problema fundamental que dificultan los trabajos en la Bp\_713 y Bp\_680 por la estabilidad del terreno que tiene un Tipo de Roca IVB, RMR 20-30.

Para lo cual se presento una alternativa de solución que pretende consolidar e impermeabiliza del bp\_713 y bp\_680 nivel 12, para cruzar una brecha de falla de 20 metros y continuar la explotación en otra zona por lo cual es indispensable cruzar la brecha de falla.

Motivo por el cual nos permitimos realizar la presente investigación, esperando que sea una solución satisfactoria para seguir explotando.

Finalmente, y una vez más mi reconocimiento y agradecimiento a todas las personas y a la Empresa Minera Ticlio que hicieron realidad esta investigación.

## ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
PRESENTACIÓN	
ÍNDICE	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	

### CAPITULO I

INTRODUCCIÓN .....	1
--------------------	---

### CAPITULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio .....	4
2.1.1. Primer antecedente .....	4
2.1.2. Segundo antecedente .....	4
2.1.3. Tercer antecedente .....	5
2.1.4. Cuarto antecedente .....	5
2.1.5. Quinto antecedente .....	6
2.2. Bases teóricas – científicas .....	6
2.2.1. Pernos autoperforantes .....	6
2.2.2. Aplicaciones y usos .....	7
2.2.3. Resina inyectable: Geoflex .....	8
2.3. Definición de Términos conceptuales .....	9
2.4. Enfoque filosófico – epistémico .....	10

### CAPÍTULO III

#### METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación .....	11
3.2. Nivel de investigación .....	11
3.3. Características de la investigación .....	11
3.4. Métodos de investigación .....	12
3.5. Diseño de investigación .....	12
3.6. Procedimiento del muestreo .....	12



3.7. Técnicas e instrumento de recolección de datos.....	12
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	12
3.9. Orientación ética .....	12

## CAPÍTULO IV

### PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados .....	14
4.1.1. Aspectos generales de la mina, Ubicación y accesibilidad .....	14
4.1.2. Antecedentes históricos .....	16
4.1.3. Diagnóstico de la zona de estudio.....	16
4.1.4. Objetivo.....	17
4.1.5. Procedimiento de consolidación e impermeabilización de la zona de derrumbe .....	17
4.1.6. Geomecánica del macizo rocoso- Zona Ariana .....	23
4.1.7. Clasificación geomecánica del macizo rocoso.....	25
4.1.8. Propuesta técnica consolidación e impermeabilización de terreno en bp – 713 .....	26
4.1.9. Acciones a realizar .....	27
4.1.10. Sistemas de estabilización con pernos autoperforantes .....	28
4.1.11. Consideraciones para la inyección .....	29
4.1.12. Comportamiento de la resina en roca fracturada.....	30
4.1.13. Técnica de estabilización con pernos autoperforantes .....	30
4.1.14. Utilización de pernos autoperforantes .....	32
4.1.15. Cronograma .....	37
4.1.16. Otras experiencias de consolidación en Perú.....	37
4.1.17. Cronograma de trabajo .....	38
4.1.18. Equipos y materiales.....	39
4.1.19. Propuesta Económica .....	43
4.1.20. Costo de resinas .....	44
4.1.20.1. Costo de accesorios para Inyección.....	44
4.1.20.2. Costo de servicio de inyección de resina .....	45
4.2. Discusión de resultados .....	55

CONCLUSIONES  
RECOMENDACIONES  
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS  
ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones técnicas perno autoperforante.....	7
Tabla 2. Especificaciones técnicas resina Geoflex.....	8
Tabla 3. Accesibilidad a la Unidad minera Ticlio .....	15
Tabla 4. Criterio para la clasificación de la masa rocosa.....	24
Tabla 5. Recomendados para el sostenimiento por tipo de roca .....	24
Tabla 6. Tipo de sostenimiento zona de Ariana .....	25
Tabla 7. Cronograma de trabajo .....	37
Tabla 9. Costo Actividades preliminares y aplicación de resina .....	43
Tabla 10. Costo de resinas .....	44
Tabla 11. Costo de accesorios para inyección .....	44
Tabla 12. Costo de servicio de inyección de resina.....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Falla geológica del bp_713 y bp_680 nivel 12.....	2
Figura 6. Ubicación de la mina.....	15
Figura 7. Nivel 12 Zona E labor Bp_713, Bp_680, .....	17
Figura 8. Perno autoperforante .....	18
Figura 9. Disposición de los pernos autoperforantes.....	18
Figura 10. Roca con alto fracturamiento .....	19
Figura 11. Perforación de taladros .....	19
Figura 12. Taladros autoperforantes .....	19
Figura 13. Colocación de los taladros autoperforantes .....	20
Figura 14. Inyección de la resina al taladro .....	20
Figura 15. Taladro rellenado con resina.....	20
Figura 16. La resina comienza a desplazarse por las fracturas.....	21
Figura 17. Las fracturas completamente rellenado con la resina.....	21
Figura 18. Perforaciones formando el paraguas .....	21
Figura 19. Inclinación de los taladros 12 °.....	22
Figura 20. Taponeo de la zona anular.....	22
Figura 21. Inyección corta de resina para el taponeo.....	23
Figura 22. Inyección de resina a presión.....	23
Figura 23. Tabla geomecánica de la zona de estudio .....	26
Figura 24. Sistema Barra Autoperforante .....	28
Figura 25. Plano Geomecánico Bp_713 y Bp_680, Nivel 12 – Mina Ticlio .....	29
Figura 26. Consolidación de diferentes tipos de terrenos tipo suelo y roca con microfracturas, mediante técnicas de estabilización con resinas líquidas propuestas.	30
Figura 27. Método Spilling Bar o Sistema Paraguas .....	32
Figura 28. Autoperforante dentro de la roca.....	34
Figura 29. Bulbo generado por el autoperforante inyectado.....	34
Figura 30. Autoperforante protegido en un aro de roca.....	35
Figura 31. Consolidación con autoperforantes en Consorcio Minero Horizonte S.A...	36
Figura 32. Consolidación con tubos post-voladura.....	36
Figura 33. Consolidación con autoperforantes en Sociedad Minera Catalina Huanca S.A.....	37
Figura 34. Consolidación con autoperforante.....	38
Figura 35. Cronograma de trabajos:.....	38
Figura 36. Resina Geoflex .....	39
Figura 37. Roca consolidada con Geoflex.....	39

Figura 38. Diseño de un perno autoperforante .....	40
Figura 39. Equipo de inyección .....	41
Figura 40. Problema cruzar la falla regional .....	47
Figura 41. Impermeabilización y consolidación con paraguas de resina .....	48
Figura 42. Impermeabilización más sostenimiento forzado .....	48
Figura 43. Trabajo de avance de la zona de falla.....	49
Figura 44. Inicio de la Perforación con taladros autoperforantes.....	49
Figura 45. Finalización de la Perforación con taladros autoperforantes .....	50
Figura 46. Preparación para la inyección de resina.....	50
Figura 47. Conexión de la bomba de inyección.....	51
Figura 48. Inyección de la resina .....	51
Figura 49. Labor consolidado e impermeabilizado .....	52
Figura 50. Perforación de taladros de drenaje .....	53
Figura 51. Vista del drenaje del frente.....	53
Figura 52. Frente para terminar el sostenimiento .....	54
Figura 53. Inicio del sostenimiento con cimbras y shotcrete.....	54
Figura 54. Labor estable después de la consolidación e impermeabilización y armado de 2 cimbras .....	55

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

La Empresa Minera Volcán en su unidad Ticlio viene trabajando desde hace muchos años todas sus labores en forma subterránea. Para poder seguir explotando en el nivel 12 se tuvo dificultades en atravesar zonas inestables (zona de falla), de acuerdo a los antecedentes nos dicen que existen un problema fundamental que dificultan los trabajos en la Bp\_713 y Bp\_680 de la Unidad Minera. Problemas de estabilidad Bp\_713 y Bp\_680 NV. 12 Tipo de Roca IVB, RMR 20-30

En nuestra visita a interior de mina al NV. 12 Zona E labor Bp\_713, Bp\_680, pudimos ver que el problema principal, es el Bay pass que se ejecuta para llegar a Zona mineralizada, tiene problemas graves de estabilidad geomecánica debido a que el macizo rocoso es de calidad Muy Mala Tipo V RMR 20.

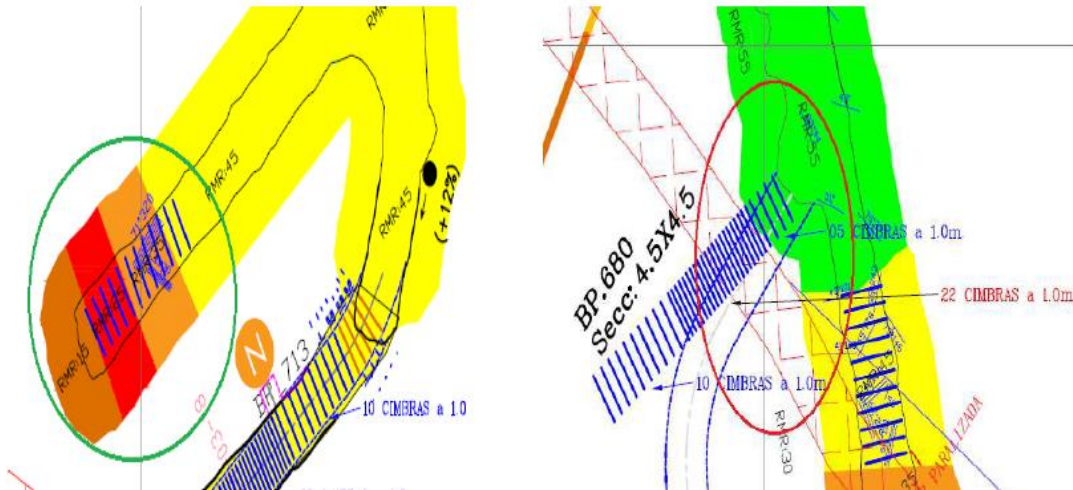
Al analizar desde el punto de vista geomecánico vemos que Hacia la caja techo del contacto se tiene un tipo de roca de muy mala resistencia (caliza gris con alta des carbonatación) con un comportamiento de fallamiento paralelo al contacto con plegamientos desfavorable con venilleos de calcita con persistencia menores de 1m. y húmedo (IF/P-MP), roca tipo IVB

Como contacto se tiene mineralización con reemplazamientos de spy, ga, py ca, tipo brechado, estructura asociada a la falla del techo, formando pequeños bloques

tanto en apertura como en persistencia, en algunos tramos la sección de corona es irregular por lo que tiende a elevarse, además de tener resistencia la compresión baja. (T/P), tipo de roca V, el área de influencia alcanza unos 20 metros aproximadamente

**Figura 1.**

*Falla geológica del bp\_713 y bp\_680 nivel 12*



El presente estudio pretende consolidar e impermeabiliza del bp\_713 y bp\_680 nivel 12, para cruzar una brecha de falla de 20 metros en la mina ticlio, para continuar la explotación en otra zona por lo cual es indispensable cursar la brecha de falla,

Hoy en día, para cruzar una brecha de falla de 20 metros es necesario contratar servicios especializados de empresas extranjeros, es de suma importancia el monto que se tiene que invertir por las asesorías recibidas en estos ámbitos de aplicación; es necesario así mismo ejecutar una revisión descriptiva de los hechos y actividades realizados, así como los cálculos realizados.

El cruzar una brecha de falla de esta longitud conlleva alquilar bombas, el cual tiene un costo, y esto afecta en gran medida las decisiones tomadas por la mina y a su vez, en materia de seguridad, salud ocupacional, pues la abundancia de agua pone en riesgo las demás operaciones.

La volatilidad de esos indicadores y las dificultades de cuantificación de los mismos han obstaculizado el desarrollo de reglas estrictas y esquemas precisos para determinar el éxito. No obstante, el presente estudio es cual es íntegramente descriptivo permitirá obtener resultados fiables y realizar un seguimiento constante a las acciones y sus resultados del proyecto consolidación e impermeabilización del BP\_713 y BP\_680 nivel 12, para cruzar una brecha de falla de 20 metros en la mina Ticlio, 2019.



## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

La información que podemos contar de acuerdo a la investigación que se lleva acabo y a nuestras variables tenemos los siguientes:

##### **2.1.1. Primer antecedente**

La tesis que lleva por título “IMPLEMENTACIÓN DE GEOFLEX PARA MEJORAR EL SISTEMA DE REFORZAMIENTO EN LAS LABORES PERMANENTES DE CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A.” (Alvarez, 2020). El objetivo de la tesis es el uso de resina denominada Geoflex, para poder mejorar el sostenimiento en la mina horizonte y a largo plazo se puede disminuir el uso de cimbras y cantidad de shotcrete, su aplicación se realizó en zonas alteradas, fracturadas, zonas de falla; consiguiendo disminuir los costos de sostenimiento, durante el estudio se combino las resinas con los pernos autoperforantes, un monitoreo mensual y control de las deformaciones.

##### **2.1.2. Segundo antecedente**

La tesis titulada “DISEÑO Y SOSTENIMIENTO DEL BYPASS 942 (NIVEL 3340) PARA OPTIMIZAR LA SEGURIDAD DE LAS OPERACIONES EN LA MINA CHIPMO” (Calcina, 2018). Se enfoca sobre la investigación del

sostenimiento en una labor subterránea (by pass) en base a la geomecánica aplicando todos los parámetros de esta ciencia en la determinación de las características del macizo rocoso, su zonificación geomecánica y poder sugerir el tipo de sostenimiento que debe tener dicho by pass.

Como conclusión más saltante se tiene:

- El tipo de roca del by pass es de tipo IV que requiere sostenimiento
- Implementado el sostenimiento se redujeron los desplazamientos de la roca en la zona de falla
- Con el sostenimiento empleado el desprendimiento de la roca fue bajando.

### **2.1.3. Tercer antecedente**

La tesis “DISEÑO DE SOSTENIMIENTO EN EL CRUCERO 2130 PARA EVITAR EL DESPRENDIMIENTO DE ROCAS EN LA UNIDAD MINERA ESPAÑOLITA S.A” (Herrera, 2020). Cuyo objetivo fue el de estudiar la geomecánica de la roca, para lo cual se realizó pruebas insitu, de gabinete y el uso de software, obteniendo los parámetros geomecánicos que servirán para determinar el tipo de sostenimiento del cruceo 2130, como conclusión tenemos:

Con el estudio geomecánico se determinó tres tipos de familias de discontinuidades donde hay riesgo de deslizamiento de cuñas.

El tipo de roca del cruceo 2130 es de roca media y mala de tipo IIIA, IIIB, IVA que requiere sostenimiento.

El tipo de sostenimiento a emplearse es el de pernos hidrabolt sistematizado.

Con el sostenimiento empleado se incrementó el factor de seguridad, que aseguran la seguridad del personal y equipos.

### **2.1.4. Cuarto antecedente**

La tesis “aplicación de resina geoflex y perno autoperforante para mejorar la confiabilidad del sostenimiento en labores inestables y zonas de intersección en la unidad acumulación Parcoy n°1 - C.M.H.S.A – Pataz – La Libertad” (Llusca, 2018). cuyo objetivo principal es el de contar con un

sostenimiento seguro en las labores inestables y zonas de intersección; para la investigación se empleo pernos autoperforantes resinas geoflex, cimbras metálicas, shotcrete y pernos hidrabolt, como conclusión se determino que el uso de los pernos autoperforantes tiene un mejor rendimiento, mayor capacidad de autosoporte, menores costos y un buen tiempo de auto soporte.

#### **2.1.5. Quinto antecedente**

En la tesis “MAPEO GEOTÉCNICO PARA DISEÑAR LA FORTIFICACIÓN A APLICARSE EN LA FALLA LOS RATONES UBICADA EN LA MINA SOMINUR, SECTOR LA CASCADA, NIVEL PRINCIPAL, LOCALIZADA EN EL CANTÓN CAMILO PONCE ENRÍQUEZ, PROVINCIA DEL AZUAY” (Lopez , 2017). se trazó como objetivo determinar la geomecánica de la roca encajonante, para poder determinar el sostenimiento adecuado en las galerías puesto en estudio principalmente en la intersección de la falla.

Como conclusión se tiene:

Se logro determinar los parámetros geomecanicos de las galerías, se diseñó el tipo de sostenimiento para los 6 sectores de la galería, también se determinó que la zona de falla es bastante inestable por las discontinuidades existentes.

## **2.2. Bases teóricas – científicas**

### **2.2.1. Pernos autoperforantes**

“Perno autoperforante consiste en una barra hueca con hilo grueso similar al diseño de una barra de perforación. La barra, al ser hueca en su interior, permite el paso de agua/aire de barrido durante la perforación; así como, la inyección de la lechada de cemento o de resina. Esta barra lleva en su extremo un bit o herramienta de corte con varias perforaciones de barrido, la que se pierde en el proceso de perforación, La barra al ser roscada en toda su longitud permite el acoplamiento sucesivo de barras mediante el uso de conectores o coplas” (PRODIMIN, s/f, pág. 12)

## 2.2.2. Aplicaciones y usos

“Su uso es adecuado en rocas extremadamente malas, terrenos sueltos y susceptibles al colapso como una alternativa a la perforación con revestimiento. entre las aplicaciones se incluyen micropilotes, soil nailing, estabilización de taludes, consolidación, marchavantes, etc” (PRODIMIN, s/f, pág. 12).

### Elementos de un perno autoperforante

“Tuerca hexagonal,

Placa de soporte,

Acoplamiento de extensión,

Pernos de anclaje hueco,

Varilla de sacrificio” (PRODIMIN, s/f, pág. 12).

## Especificaciones técnicas

**Tabla 1.**

*Especificaciones técnicas perno autoperforante*

	Diámetro exterior	Diámetro interior promedio	Diámetro exterior efectivo	Sección	Carga de rotura	Carga en limite elástico	Resistencia a la tracción	peso	Limite elástico
	mm	mm	mm	mm <sup>2</sup>	Kn	Kn	N/mm <sup>2</sup>	Kg/m	N/mm <sup>2</sup>
R25N	25	14	23	244	210	150	805	2.3	680
R32N	32	18.5	29.1	398	280	230	720	3.0	560
R32S	32	15	29.1	488	380	280	740	3.5	570
R38N	38	19	35.7	717	500	400	700	4.8	540
R51L	51	36	47.8	776	550	450	690	5.6	580
R51N	51	33	47.8	939	800	630	840	7.6	670
T76N	76	51	76	1835	1600	1200	880	16.5	660
T76S	76	46	76	2400	1900	1500	790	19.0	630
Long	1m, 1.5m, 2m, 2.5m, 3m, 3.5m, 4m, 4.5m, 5m, 5.5m, 6m								

### 2.2.3. Resina inyectable: Geoflex

“Geoflex es una resina de silicato, no expansiva, de dos componentes, no espumante elastizada, con una excelente adhesión, Se puede aplicar en grietas con grosores mayores que 0,15 mm, Este sistema de inyección ha demostrado su idoneidad para la confinación del macizo rocoso fracturado y la consolidación de áreas inestables.

En combinación con los pernos autoperforantes, el sistema de inyección ha contribuido a una mayor seguridad en tunelería” (PRODIMIN, s/f, pág. 17).

#### Aplicaciones y usos

“La mezcla de los dos componentes de Geoflex forma una resina que no absorbe el agua y no se combina con ella, La resina curada es resistente al ácido, soluciones salinas y a muchos solventes orgánicos” (PRODIMIN, s/f).

#### Especificaciones Técnicas

**Tabla 2.**

*Especificaciones técnicas resina Geoflex*

<b>DATOS MATERIALES DE LOS COMPONENTES</b>			
<b>DATOS TÉCNICOS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>A</b>	<b>B</b>
Densidad a 25°C	Kg/m <sup>3</sup>	1480+-30	1140+- 15
Pto. de combustión	°C	-	>200
Viscosidad a 25°C	mPas(cps)	260+- 60	140 +- 40
<b>DATOS DE REACCIÓN A 25°C</b>			
<b>Inicio de Reacción</b>		<b>1´40” +- 30”</b>	
<b>Fin de Reacción</b>		<b>3´15” +- 30”</b>	
<b>Factor Espumante</b>		<b>D 60</b>	

## **2.3. Definición de Términos conceptuales**

### **Brecha de falla**

Viene a ser la zona de la falla que se encuentra completamente triturados en estado pastoso, descompuesto o muy alterado, humedecidos.

### **Geomecánica**

Parte de la geología, que comprende el estudio de las rocas desde el punto de vista mecánico, dinámico o en movimiento, determinando sus propiedades, clases, tipos, etc.

### **Falla geológica**

Es un proceso geológico estructural debido a los movimientos geodinámicos en la formación de la corteza terrestre hace miles de años

### **Jumbo Raptor**

Son parte de las maquinarias de perforación empleadas en la realización de taladros en minería subterránea, equipos mecanizados que van instalados en un soporte o chasis.

### **Pernos autoperforantes**

Los pernos autoperforantes son parte de los elementos de sostenimiento que realizan la perforación de los taladros, y se fijan a la roca como sostenimiento conjuntamente con cemento o resinas.

### **Paso de derrumbes**

Son trabajos mineros subterráneos de sostenimiento muy especiales realizados cuando en una labor el terreno es completamente fracturado o hay zonas inestables como fallas geológicas, hay necesidad de usar cuadros de madera, cimbras metálicas, marchavantes, etc.

### **Resinas**

Son sustancias químicas, formado por dos compuestos que al mezclarse se consolidan, usado en minería para consolidar a las rocas fracturadas, ayudan a su cohesión y evitando se desprendimiento

## **2.4. Enfoque filosófico – epistémico**

La base de la presente investigación se sustenta en el paradigma pragmático, denominado también cualitativo, ya que posee un fundamento inductivo, existiendo un interés por parte de mi persona de comprender la realidad existente en el NV. 12 Zona E labor Bp\_713, Bp\_680, donde se ve que el problema principal, es el Bay pass que se ejecuta para llegar a Zona mineralizada, que tiene problemas graves de estabilidad geomecánica debido a que el macizo rocoso es de calidad Muy Mala Tipo V RMR 20; y como se debe solucionar esta inestabilidad y establecer una vía de acceso libre de obstáculos. La idea es desarrollar procedimientos creativos innovadores a través de las alternativas planteadas y aplicar conocimientos sobre minería en el área de sostenimiento y geomecánica, bien sabemos que en minería sobre estos aspectos hay conocimientos, teorías y autores que podemos aplicar en estos casos.

Como la presente investigación trata de encontrar una alternativa de solución al problema de inestabilidad y llegar a la zona mineralizada y de esta manera mejorar las condiciones de transitabilidad por la rampa, lo cual sería de gran utilidad para el normal desarrollo de las operaciones mineras en dicha zona, la investigación se inscribe en la corriente filosófica pragmática.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de Investigación**

El presente estudio se realizó considerando que el tipo de investigación será aplicado.

#### **3.2. Nivel de investigación**

El nivel de nuestra investigación estará enmarcado en:

##### **Descriptiva**

Se describirá la consolidación e impermeabilización del BP\_713 y BP\_680 nivel 12, para cruzar una brecha de falla de 20 metros en la mina Ticlio, 2019. Así lograremos continuar con el programa de producción.

##### **Analítica**

Se realizará un análisis del estudio de ingeniería, especificaciones técnicas, control de procesos explicando el plan de trabajo planificado y el análisis técnico - económico que involucran el proyecto.

#### **3.3. Características de la investigación**

La característica de la investigación es flexible y evolucionaria, nos adaptaremos a las realidades estudiadas.



### **3.4. Métodos de investigación**

El método que emplearemos en nuestra investigación es el método científico, apoyado por los métodos, análisis y síntesis y observación insitu.

### **3.5. Diseño de investigación**

Para el presente estudio se optó por un diseño NO EXPERIMENTAL debido a que es el más adecuado para la presente investigación, y TRANSVERSAL debido a que el proyecto se llevara a cabo en un solo momento.

### **3.6. Procedimiento del muestreo**

#### **Población**

La población está constituida por todos los niveles de preparación de la mina Ticlio.

#### **Muestra**

La muestra para la presente investigación está conformada por el BP\_713 y BP\_680 nivel 12, de la mina Ticlio.

### **3.7. Técnicas e instrumento de recolección de datos**

Para la recolección de datos y posteriormente la evaluación del análisis de costos, se tomó en cuenta: los siguientes rubros:

Como técnica tenemos: Análisis documentario, observación, medición, clasificación de archivos, etc.

Como instrumentos: Observación dirigida, repositorios, etc.

### **3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Se realizará una revisión sistemática de la información recopilada con el propósito de determinar la calidad y la alternativa a plantear.

### **3.9. Orientación ética**

La presente investigación se llevó a cabo respetando los principios de la ética, conservando los valores de la verdad el respeto a las personas,

confidencialidad de información de la empresa, a lo largo del desarrollo de la tesis.

## **CAPÍTULO IV**

### **PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados**

##### **4.1.1. Aspectos generales de la mina, Ubicación y accesibilidad**

“Mina Ticlio ubicada en la región central del Perú en los distritos de Chicla y Morococha, departamentos de Lima y Junín respectivamente. Está estratégicamente ubicada en el distrito minero de Morococha y se tiene infraestructura de carreteras, energía, ferrocarril, fundición, comunicaciones, suministros, etc., se encuentra a altitudes de 4,600 a 5,000 msnm, dista 130 Km. de la ciudad de Lima y 40 Km. de la ciudad de La Oroya, interconectados mediante una carretera asfaltada y vía férrea” (Jaco, 2020).

“Es accesible desde Lima por la carretera central hasta el km 132.5 (abra de Anticona) y por vía férrea con el ferrocarril central hasta la estación de Ticlio”(Jaco, 2020).

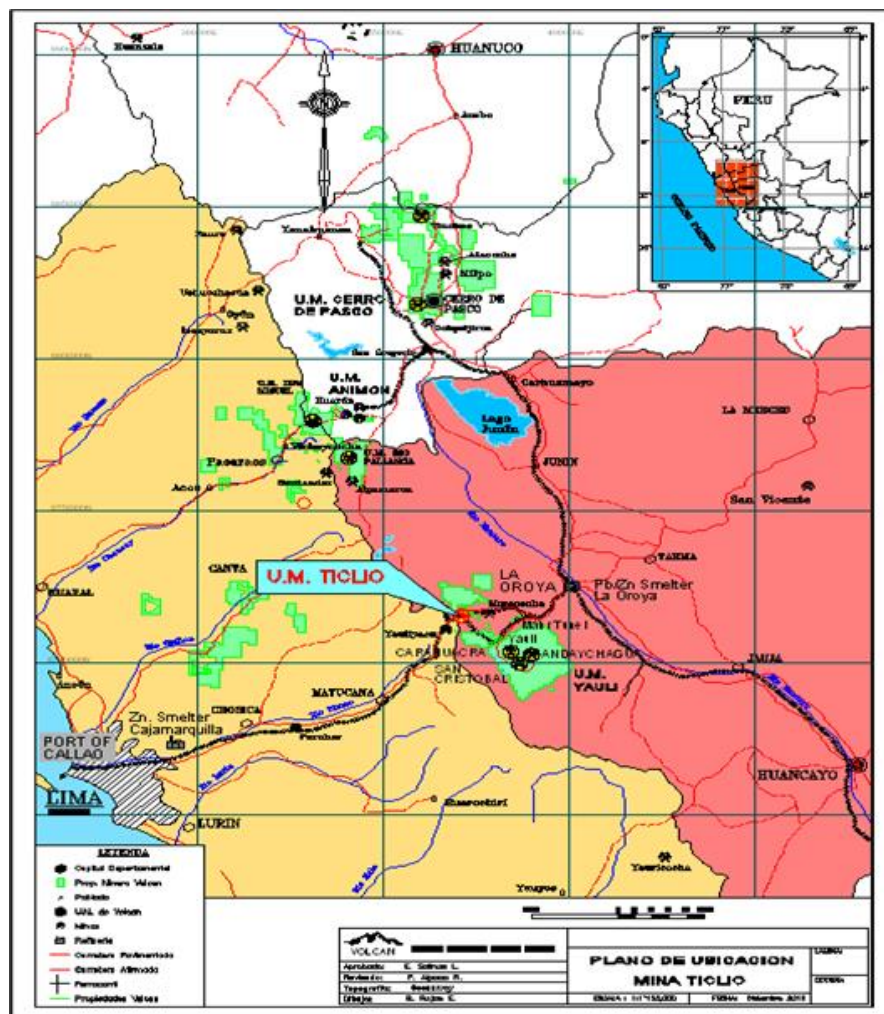
**Tabla 3.**

*Accesibilidad a la Unidad minera Ticlio*

Rutas	Km	Tiempo	Vías de Acceso
Huancayo – La Oroya – Mina ticlio	163	2h, 40 min	Carretera central asfaltada, 400 m (aprox de carretera afirmada hasta la mina)
Lima - San Mateo – Mina Ticlio	133	2h, 10 min	(aprox) de carretera afirmada hasta la mina
Cerro de Pasco – La Oroya – Mina Ticlio	170	2h, 45 min	Carretera central asfaltada, 400 m (aprox de carretera afirmada hasta la mina)

**Figura 6.**

*Ubicación de la mina*



#### **4.1.2. Antecedentes históricos**

“El inicio de la Historia de Volcan se remonta al año 1943, en las alturas del abra de Ticlio, donde se iniciaron las primeras labores mineras que, a la fecha, después de más de medio siglo de aporte para la minería, siguen en franco crecimiento operativo, La mina Ticlio estuvo conformada por un grupo de 30 concesiones mineras que fueron otorgadas por el Estado Peruano para que las trabaje su titular, Volcan Mines Co, En 1944 Volcan inició la producción de la mina Ticlio y el mineral fue vendido a la concentradora Mahr Túnel, en ese entonces de Cerro de Pasco Copper Corporation (Misra, 1983)

En el distrito de Morococha y colindantes con la mina Ticlio operan las empresas, Minera Argentum SAC (Panamerican Silver S.A.), Minera Chinalco-Peru S.A., y Minera Austria Duvaz” (Jaco, 2020).

#### **4.1.3. Diagnóstico de la zona de estudio**

##### **4.1.3.1. Antecedentes**

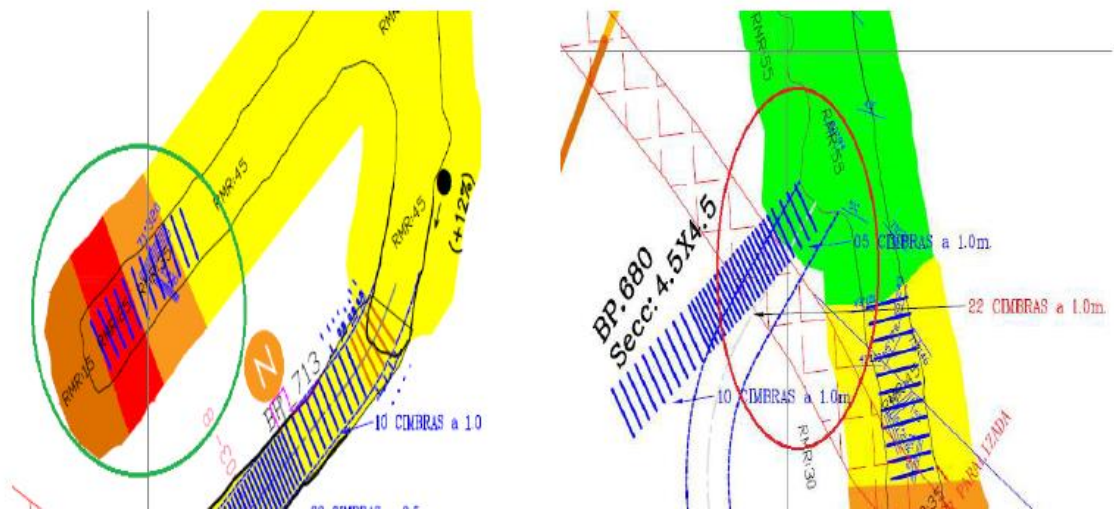
En Mina Ticlio, existen un problema fundamental que dificultan los trabajos en la Bp\_713 y Bp\_680 de la Unidad Minera.

##### **4.1.3.2. Diagnóstico de la Zona y procedimiento a consolidar e impermeabilizar**

Al realizar la visita a la zona perturbada del interior de mina al NV. 12 Zona E labor Bp\_713, Bp\_680, pudimos ver que el problema principal, es el Bay pass que se ejecuta para llegar a Zona mineralizada, tiene problemas graves de estabilidad geomecánica debido a que el macizo rocoso es de calidad Muy Mala Tipo V RMR 20.

**Figura 7.**

Nivel 12 Zona E labor Bp\_713, Bp\_680,



#### **4.1.4. Objetivo**

La solución Técnica que se podría dar consiste básicamente en la realización para el tratamiento de Bp\_713 y Bp\_680, con Sección de 4.50 m x 4.50 m, previo antes de sus correspondientes aseguramientos mediante la ejecución de lanzado de Shotcrete y colocado de pernos, luego se realizarán perforaciones con autoperforantes L= 3.00m, BIT Ø 52mm, en el perímetro del frente de gradiente a gradiente y, posterior inyección de resinas GEOFLEX, para la consolidación del macizo rocoso.

#### **4.1.5. Procedimiento de consolidación e impermeabilización de la zona de derrumbe**

En cuanto a la solución de la Rp. 402, creemos que nuestras propuestas Técnicas, es factible con la realización de paraguas o piperooting o también llamado spiling bar por delante del frente de avance de los Bay Pass. En este caso las perforaciones se pueden realizar mediante equipos como jumbo Raptor etc. con pernos autoperforantes R32N de longitud 3 metros y con un diámetro de perforación de 51 mm. Estas barras de perforación quedarán introducidas en

el terreno y por medio de las cuales se realizarán las inyecciones correspondientes de resinas.

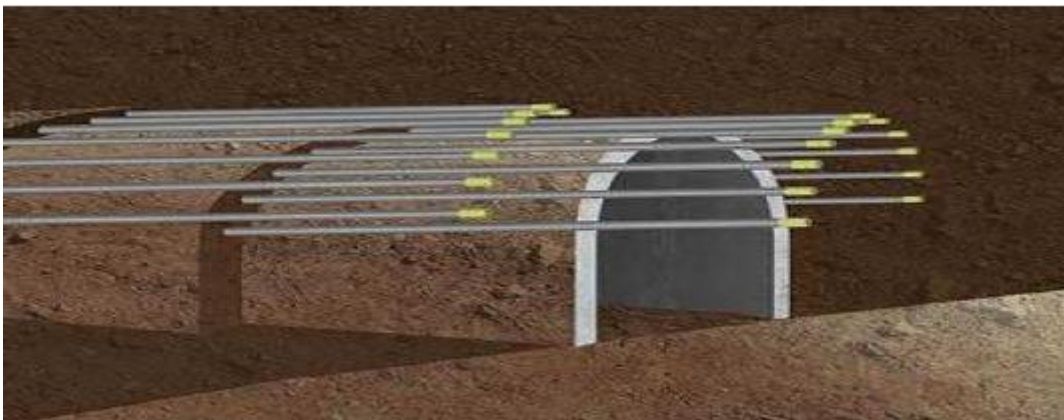
**Figura 8.**

*Perno auto perforante*



**Figura 9.**

*Disposición de los pernos auto perforantes*



### **Tratamiento en terreno Suelo en condiciones secas.**

La teoría de la consolidación del terreno se trata de introducir mediante bombeo a presión una resina en estado líquido que viaja a través de la fracturación de la roca (porosidad secundaria) y que al cabo de un tiempo determinado tiempo solidifica y consolida la roca por efecto del relleno de las fracturas haciendo un “pegado” de las rocas, dependiendo de las propiedades mecánicas de esta resina en estado sólido va a configurar a la roca una consolidación determinada.

Las imágenes que se muestra nos dan la idea de cómo se realiza el tratamiento del terreno suelto.

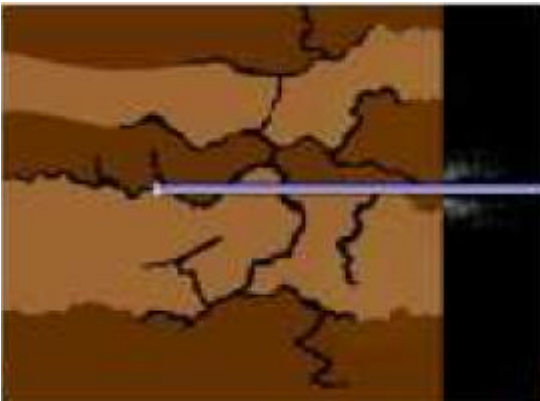
**Figura 10.**

*Roca con alto fracturamiento*



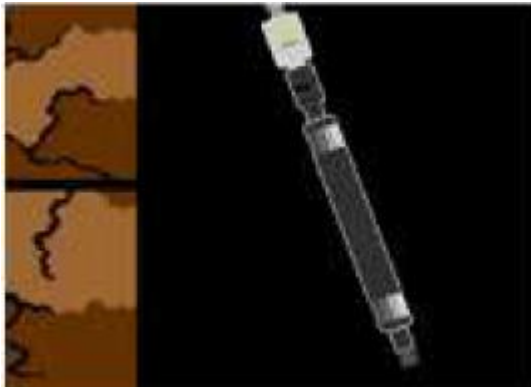
**Figura 11.**

*Perforación de taladros*



**Figura 12.**

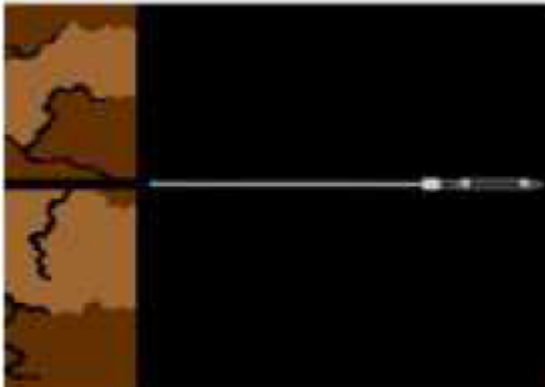
*Taladros autoperforantes*





**Figura 13.**

*Colocación de los taladros autopercutores*



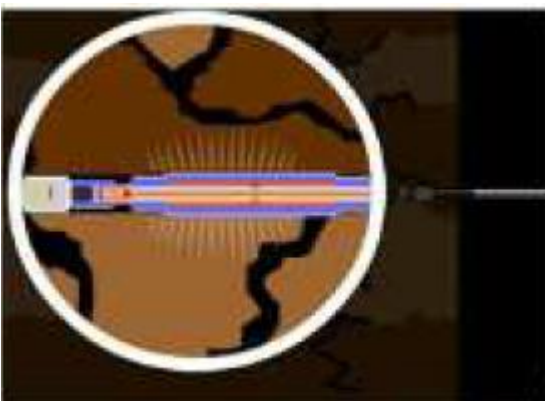
**Figura 14.**

*Inyección de la resina al taladro*



**Figura 15.**

*Taladro relleno con resina*



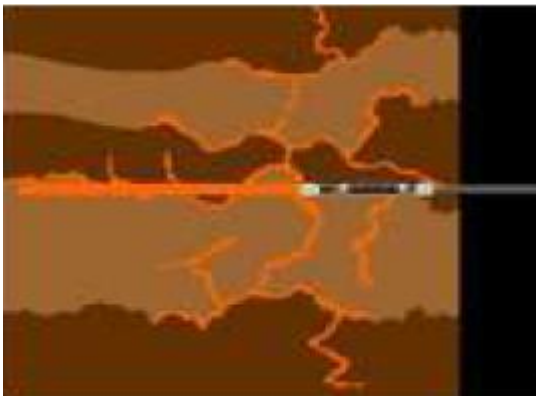
**Figura 16.**

*La resina comienza a desplazarse por las fracturas*



**Figura 17.**

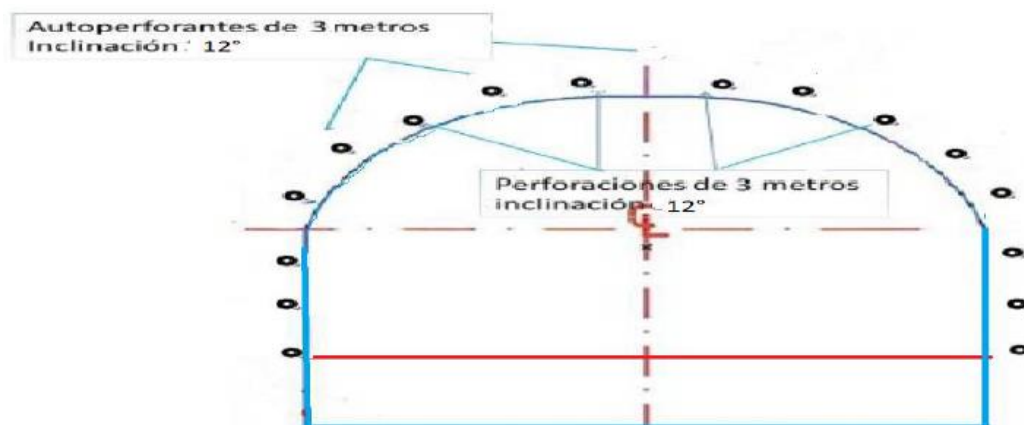
*Las fracturas completamente relleno con la resina*



La configuración de las perforaciones para el paraguas se hará de acuerdo con el esquema siguiente:

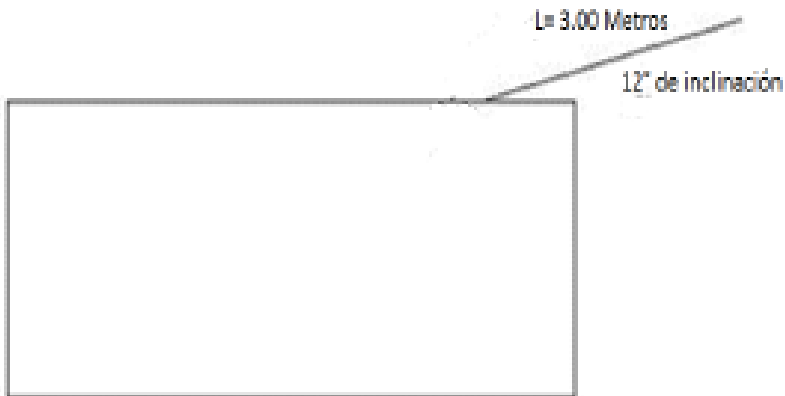
**Figura 18.**

*Perforaciones formando el paraguas*



**Figura 19.**

*Inclinación de los taladros 12 °*



Se realizarán perforaciones, con una inclinación de  $12^\circ$  con respecto al eje de la Galería Ventana. Se estima aproximadamente un total de 50 a 55 perforaciones en una sección completa.

**Figura 20.**

*Taponeo de la zona anular*



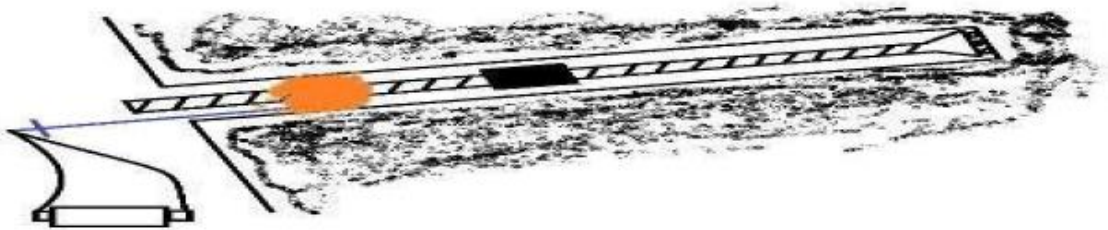
Una vez realizadas las perforaciones e instaladas todos los pernos, se procede a realizar el taponado de la zona anular de cada una de las perforaciones.

Este tapón se puede construir:

Se puede hacer una inyección en el interior de la perforación, pero exterior al perno autoperforante mediante una lanza de inyección corta una inyección de resina que se va a inyectar que genere un tapón en la zona anular.

**Figura 21.**

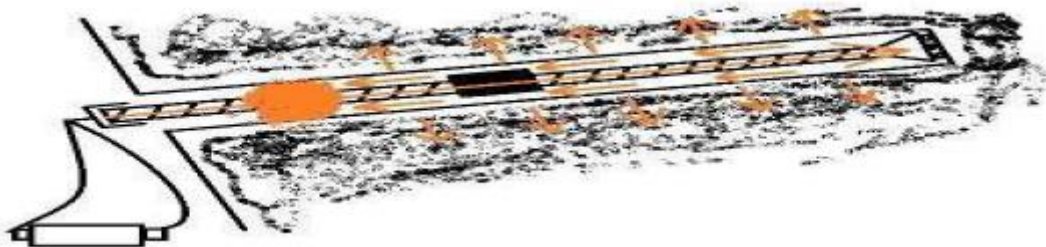
*Inyección corta de resina para el taponeo*



Esta operación es fundamental para poder realizar a posteriori las inyecciones de resina a presión para que la misma penetre en el terreno y realice así de la mejor manera posible su función de cohesión, consolidación e impermeabilización.

**Figura 22.**

*Inyección de resina a presión*



Una vez realizado el abanico paraguas con los pernos autoperforantes, por dentro de los cuales se procederá a inyectar a presión la resina GEOFLEX, con la cual, se va a hacer la consolidación del terreno.

#### **4.1.6. Geomecánica del macizo rocoso- Zona Ariana**

##### **Análisis del macizo rocoso – zona Ariana y RP- 714**

La caja techo presenta un tipo de roca pobre siendo (60%) teniendo un rango de 40-45 RMR, siendo descrita como una Diorita fuertemente fracturada y

alterada (50-80%), teniendo también la caja techo, como el contacto entre la mineralización y no mineralización del macizo rocoso.

**Tabla 4.**

*Criterio para la clasificación de la masa rocosa*

<b>Tipo de roca</b>	<b>Rango RMR</b>	<b>Calidad según RMR</b>
<b>II</b>	<b>&gt;60</b>	<b>BUENA</b>
<b>IIIA</b>	<b>51 - 60</b>	<b>REGULAR A</b>
<b>IIIB</b>	<b>41 - 50</b>	<b>REGULAR B</b>
<b>IVA</b>	<b>31 - 40</b>	<b>MALA A</b>
<b>IVB</b>	<b>21 - 30</b>	<b>MALA B</b>
<b>V</b>	<b>&lt;21</b>	<b>MUY MALA</b>

**Tabla 5.**

*Recomendados para el sostenimiento por tipo de roca*

<b>Dominio</b>	<b>Elemento</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Sostenimiento</b>
<b>estructural</b>			<b>recomendado</b>
DE-IIIA	Perno	Longitud (m)	2.1
		Espaciamiento (m)	1.8
		Diámetro (mm)	22
	Shotcrete	Espesor (mm)	--
DE- IIIB	Perno	Resistencia compresiva (Mpa)	--
		Longitud (m)	2.1
	Shotcrete	Espaciamiento (m)	1.3
		Diámetro (mm)	22
	Perno	Espesor (mm)	50
		Resistencia compresiva (Mpa)	25
Perno	Longitud (m)	2.1	
	Espaciamiento (m)	1.0	

DE - IVA		Diámetro (mm)	22
	Shotcrete	Espesor (mm)	50
		Resistencia compresiva (Mpa)	35
DE - IVB	Perno	Longitud (m)	2.4
		Espaciamiento (m)	1.0
		Diámetro (mm)	22
	Shotcrete	Espesor (mm)	100
		Resistencia compresiva (Mpa)	35

### **Tipo de sostenimiento zona Ariana**

En las zonas de desarrollo y preparación de los diferentes niveles de la zona de Ariana se realiza la recomendación de geomecánica.

**Tabla 6.**

*Tipo de sostenimiento zona de Ariana*

<b>Tipo de sostenimiento zona Ariana</b>
<b>Shotcrete 2" + perno de anclaje sistemáticos a 1.2m x 1.2m o 1.5m x 1.5m</b>
<b>Shotcrete 2" + malla + pernos sistemáticos + Shotcrete</b>

#### **4.1.7. Clasificación geomecánica del macizo rocoso**

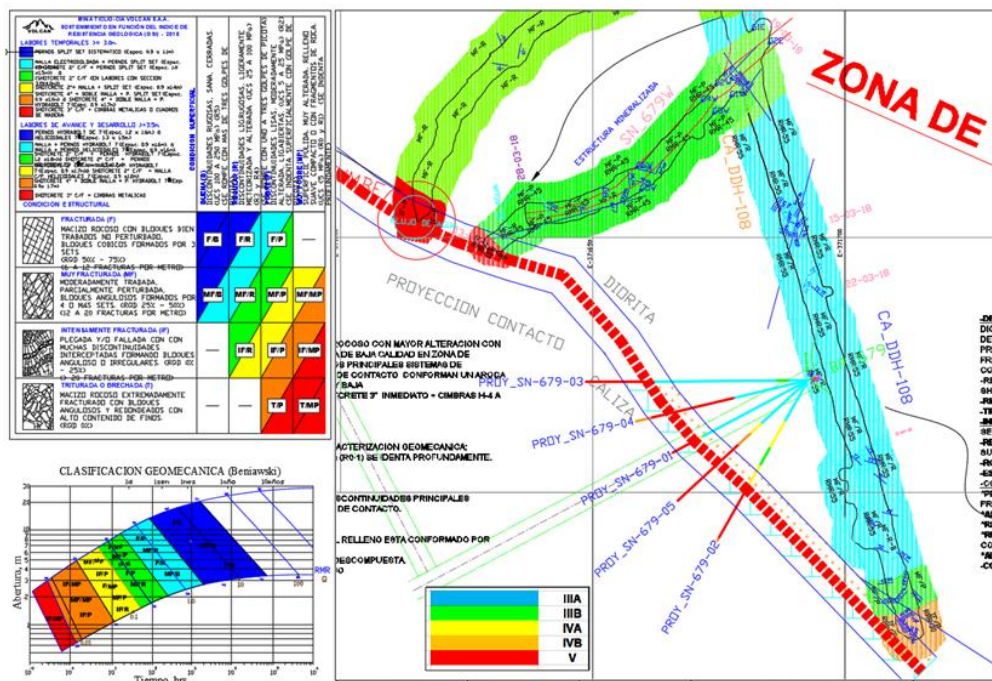
Hacia la caja techo del contacto se tiene un tipo de roca de muy mala resistencia (caliza gris con alta des carbonatación) con un comportamiento de fallamiento paralelo al contacto con plegamientos desfavorable con venilleos de calcita con persistencia menores de 1m. y húmedo (IF/P-MP), roca tipo IVB Como contacto se tiene mineralización con reemplazamientos de spy, ga, py ca, tipo brechado, estructura asociada a la falla del techo, formando pequeños bloques tanto en apertura como en persistencia, en algunos tramos la sección de corona es irregular por lo que tiende a elevarse, además de tener resistencia

la compresión baja. (T/P), tipo de roca V, el área de influencia alcanza unos 20 metros aproximadamente.

Hacia la caja piso se tiene Diorita de color verde oscuro, textura porfirítica, con una matriz compuesta de plagioclasas, cuarzo y óxidos; también contiene plagioclasas, biotitas y hornblendas. con persistencia menores de 1m. y húmedo (MF/P), tipo de roca IIIB.

Figura 23.

Tabla geomecánica de la zona de estudio



#### 4.1.8. Propuesta técnica consolidación e impermeabilización de terreno en bp – 713

##### Antecedentes

Teniendo el problema de consolidación e impermeabilización de terreno en bp – 713 se plantea una propuesta Técnica para la consolidación e impermeabilización de un tramo de 20 m del BP\_713 y así cruzar el contacto de diorita a caliza, la sección de la labor es 4.5 m x 4.5 m, calidad de roca tipo V, RMR menor a 20 y flujo de agua.

Propuesta se propone para este proyecto de consolidación el servicio de inyección de resinas bi- componente Strata Bond W.

La resina será aplicada desde la galería existente hacia la zona superior del terreno y superior del frente a perforar, usando una bomba de inyección y accesorios suficientes para aplicar la resina en los taladros efectuados.

Se programa inyectar un set de resinas, equivalente a 55 kgs (25 kgs. Comp. A + 30 Kgs. Comp. B) por cada perforación y se estima hacer 60 perforaciones.

La cantidad de 60 sets (3.300 Kgs) de resinas, será aplicada al frente y parte superior del terreno a perforar y se avanzará junto con la perforación y sostenimiento que se vaya haciendo.

#### **4.1.9. Acciones a realizar**

Algunas acciones, actividades o materiales necesarios para realizar el trabajo son las siguientes.

Suministro de 60 sets de resina Strata Bond W, cada set está compuesto de 25 kgs de compuesto A y de 30 kgs de compuesto B. Un total de 3300 Kgs de resinas.

Equipos y accesorios necesarios para efectuar la inyección de las resinas, incluye bombas neumáticas para inyección, mangueras, lanzas de inyección y accesorios de conexión necesarios.

Servicio de transporte, descarga y apilamiento de las resinas en el lugar de trabajo Inyección de la resina en los taladros previamente perforados por El Cliente, según patrón de perforación señalado por DSI.

Personal especializado para efectuar la supervisión de la aplicación de las resinas.

EPP's necesarios para el personal DSI

Exámenes médicos y seguros de personal DSI

Inducción de personal DSI

Permisos y autorizaciones de trabajo para personal DSI



Movilización de personal y equipos al lugar de trabajo

Suministro de sistema lava ojos en el lugar de trabajo

Señalización y delimitación del área de trabajo

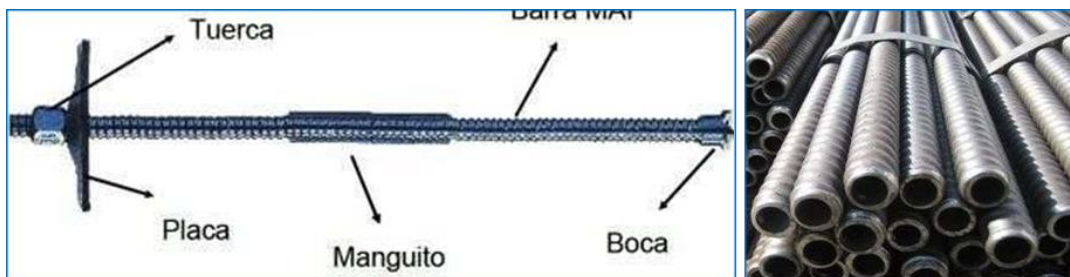
#### 4.1.10. Sistemas de estabilización con pernos auto perforantes

##### **Pernos auto perforantes**

El perno auto perforante es una barra hueca que tiene hilo en toda su longitud, desde su base en uno de sus extremos posee un bit de perforación o boca perforadora, en conjunto sirve inicialmente como una barra de perforación. Una vez finalizada la perforación se le inyecta grouts químicos tipo lechada de cemento o resinas líquidas, quedando la barra anclada al terreno.

**Figura 24.**

*Sistema Barra Auto perforante*

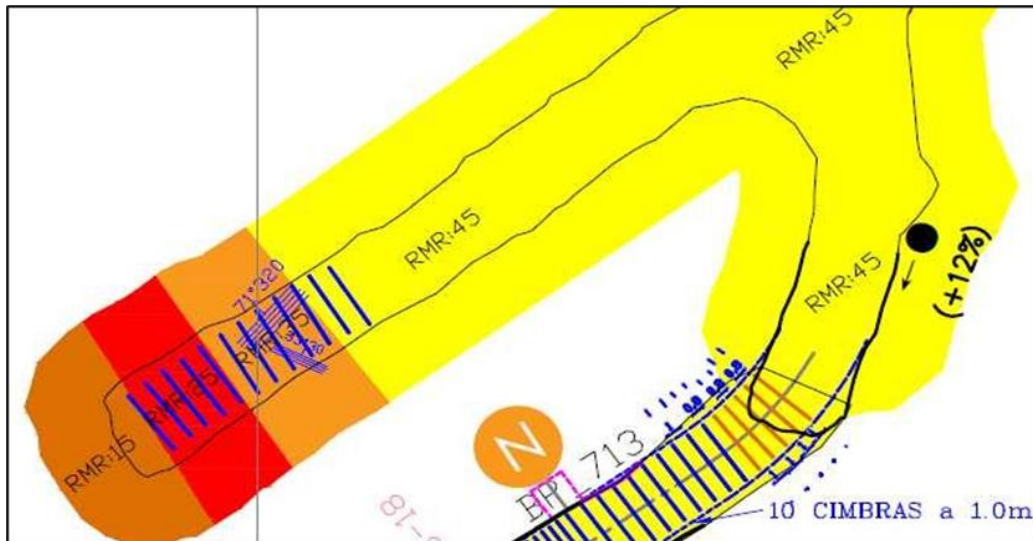


##### **Antecedentes**

Se requiere realizar la consolidación y impermeabilización Bp\_713 y Bp\_680 Nivel 12, de la Unidad de Producción Ticlio, donde actualmente el avance en el terreno es de una roca Tipo V, con RMR < a 20 y se requiere consolidar el terreno e impermeabilizar. La empresa Volcán deberá de avanzar el frente con cimbras, pero para el disparo se deberá garantizar la consolidación del terreno, para no generar derrumbes por efectos del disparo. El trabajo por realizar debe cumplir los siguientes objetivos: Consolidar e impermeabilizar Bp\_713 y Bp\_680, para cruzar contacto de diorita y caliza.

**Figura 25.**

Plano Geomecánico Bp\_713 y Bp\_680, Nivel 12 – Mina Ticlio



#### 4.1.11. Consideraciones para la inyección

Se planteó considerar un fluido viscoso no newtoniano fluyendo en las discontinuidades del macizo rocoso. Si bien las resinas tienen este comportamiento, este enfoque sirve para los ensayos de inyecciones con lechada de cemento y como punto de comparación del comportamiento real de la resina. El escurrimiento de estos fluidos en las discontinuidades de la roca está gobernado por las expresiones de Navier-Stokes que en el caso de un escurrimiento radial en fracturas verticales conduce a:

$$t_d^2 = 3.46 \times L \times n \times \left( \frac{\mu_g - \mu_w}{P_g - P_w} \right)^{(1/2)} \times \left( Q \times \int_0^t Q dt \right)^{(1/2)}, \quad R_g = \frac{1}{L \times n \times t_d} \int_0^t Q dt$$

Siendo la resina un fluido visco-plástico, Lombardi y Deere desarrollaron un modelo para este tipo de fluido escurriendo en una fractura, llegando a las siguientes expresiones:

$$R_{max} = P_{max} \times \frac{(t/2)}{c}, \quad V_{max} = 2 \times \pi \times P_{max}^2 \times \frac{(t/2)^3}{c^2}, \quad F_{max} = \pi \times P_{max}^3 \times \frac{(t/2)^2}{3 \times c^2}$$

Donde:

- R<sub>máx</sub>: máximo radio de penetración t: abertura de fisuras

- $P_{m\acute{a}x}$ : presión final máxima alcanzada  $c$ : cohesión de la resina
- $V_{m\acute{a}x}$ : máximo volumen de resina inyectada  $F_{m\acute{a}x}$ : máxima fuerza total de levantamiento

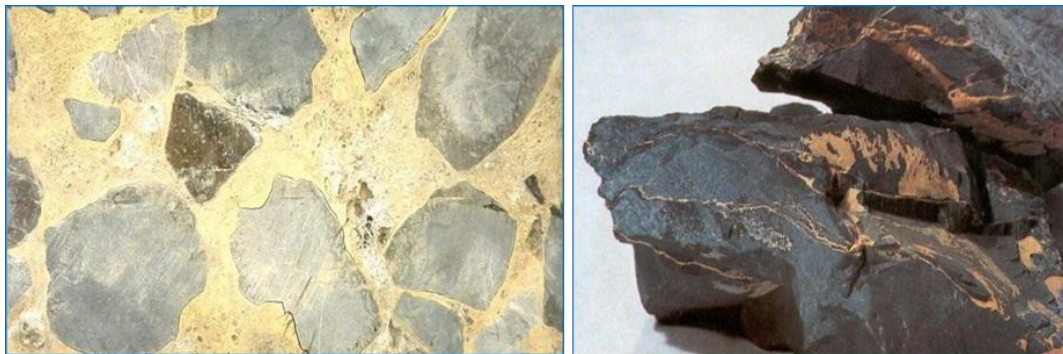
#### 4.1.12. Comportamiento de la resina en roca fracturada

La resina presenta condiciones de fluidez y excelentes propiedades mecánicas, esta debe comportarse como un fluido de Bingham poseyendo tanto viscosidad como cohesión. Ambos son parámetros flujo-resistentes; la viscosidad gobierna la velocidad de flujo, mientras la cohesión controla la distancia máxima de penetración.

La resina durante la inyección presenta el desarrollo de la tixotropía, fenómeno por el cual no se presenta una detención de los elementos componentes de la resina por fuerzas electrostáticas de atracción o bloqueo; por lo que, el movimiento del fluido al aplicar una presión constante es homogénea.

#### Figura 26.

*Consolidación de diferentes tipos de terrenos tipo suelo y roca con microfracturas, mediante técnicas de estabilización con resinas líquidas propuestas.*



#### 4.1.13. Técnica de estabilización con pernos autoperforantes

El proceso de excavación afecta de manera directa a la distribución de las presiones existentes en el macizo rocoso generando deformaciones alrededor de la excavación creada. De esta manera, el estado tensional final es la suma de las tensiones originales existentes en el macizo más las inducidas por la excavación creada.

El sostenimiento determinado a disminuir este estado tensional (desplazamiento) será más eficiente cuando más pronta sea su instalación. De esta manera, el empleo de un pre-refuerzo logrará retrasar el deterioro del terreno debido a la suma de tensiones nombradas, Lo que permite tener las labores en condiciones de mayor seguridad, hasta que se efectúe el sostenimiento definitivo (cimbras).

Para las excavaciones subterráneas en terrenos con mala calidad de roca, la ingeniería actual de diseño de túneles ha desarrollado un sistema de estabilización y protección del techo y frente denominada Spilling Bar o Método "Paraguas", que proporciona al terreno un incremento en sus propiedades de resistencia y deformabilidad.

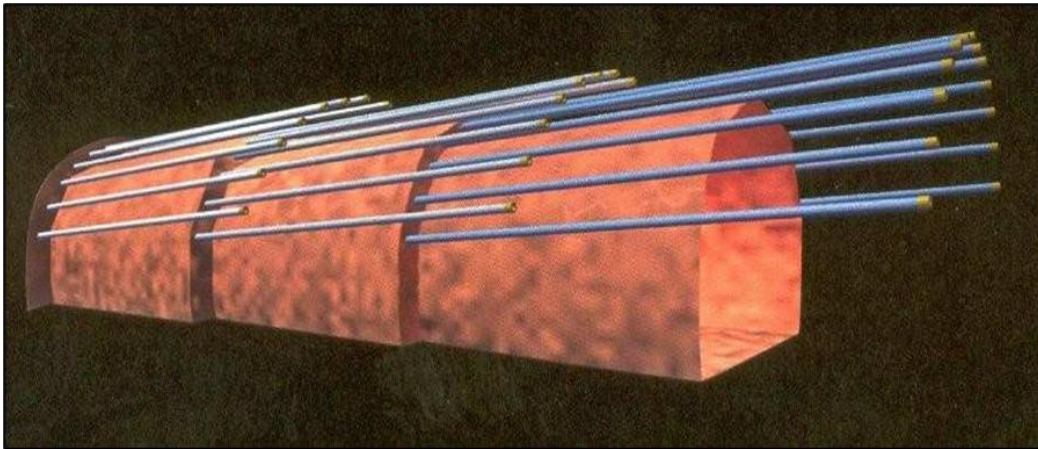
Este método de pre-refuerzo está basado en el empleo de estructuras con mayor resistencia y rigidez que el mismo terreno, instaladas mediante perforación longitudinal en el frente de trabajo. La estructura soporte de un sector del túnel, es situada por delante del frente de avance, estabilizando el área, tanto transversal como longitudinalmente, hasta que se instala el sostenimiento definitivo.

La instalación de las estructuras como efecto "paraguas" en túneles está particularmente recomendada como sostenimiento temporal en terrenos con índices RMR (Bieniawski) entre 10-30, y como auxiliar para la inyección en terrenos muy pobres con índices RMR entre 10-20.

Este es un sistema bastante recomendado para excavaciones en terrenos blandos, labores ejecutadas a través de terrenos meteorizados, labores que vayan a atravesar zonas falla y/o contacto, en labores con riesgo de colapso.

**Figura 27.**

*Método Spilling Bar o Sistema Paraguas*



#### **4.1.14. Utilización de pernos autoperforantes**

Los pernos autoperforantes que se sugieren representan un mayor incremento en el ciclo de minado.

Si se va a utilizar una solución de “consolidación de terreno”, es porque este presenta condiciones mecánicas que no permiten su “autosuporte” durante el proceso de excavación, por lo tanto, se debe aplicar una técnica, que permita poder desarrollar la excavación en forma segura, y dentro de ellas está el soporte con cimbras o una técnica de pre-refuerzo.

La instalación de cimbras y la técnica de pre-refuerzo son estrategias de excavación que van a requerir de mayor tiempo que cualquier ciclo clásico de excavación en roca dura. Porque, la condición del entorno donde se aplicarán presenta condiciones de alto riesgo y porque la masa rocosa presenta condiciones de mala calidad para un trabajo de perforación o excavación.

La técnica de consolidación de un terreno se realiza porque se requiere mejorar las características mecánicas del material, para aumentar su resistencia a los esfuerzos a los que puede ser sometido cuando se ve intervenido. Para lograr esta mejora mecánica, se deben utilizar inyecciones de elementos sólidos y químicos dentro de su matriz, de manera de lograr incrementar la resistencia y

el módulo de deformabilidad del medio rocoso en forma significativa mediante la consolidación, para el mejoramiento de la roca o para el incremento de su capacidad de carga. Por lo suscrito, se deben hacer usos de elementos accesorios y equipos, así como de soluciones líquidas.

Las inyecciones de consolidación se realizan en rocas débiles o intensamente fracturadas. El objetivo principal es, consolidar la roca para convertirla en una masa monolítica, capaz de proporcionar una mejor condición del macizo rocoso. El sistema de autoperforantes que se plantean es susceptible a sufrir daños por voladura.

La aplicación de los autoperforantes como spile bar se aplica para mejorar la capacidad portante de una roca de baja calidad, para lo cual se forma una losa apoyada al interior de la masa rocosa. Por lo tanto, la barra autoperforante no se le implementa tuerca ni planchuela.

Las principales aplicaciones de la barra autoperforante, es en condiciones donde la calidad del macizo rocoso es de Mala a Muy Mala, y donde es imposible colocar un sistema de anclaje bajo la técnica tradicional. Por esa razón y al ser una barra hueca, se utiliza para poder realizar consolidación del terreno para generar un entorno más seguro, así como también para lograr una estabilidad más temprana, que lo que se puede conseguir con otra técnica de soporte de roca.

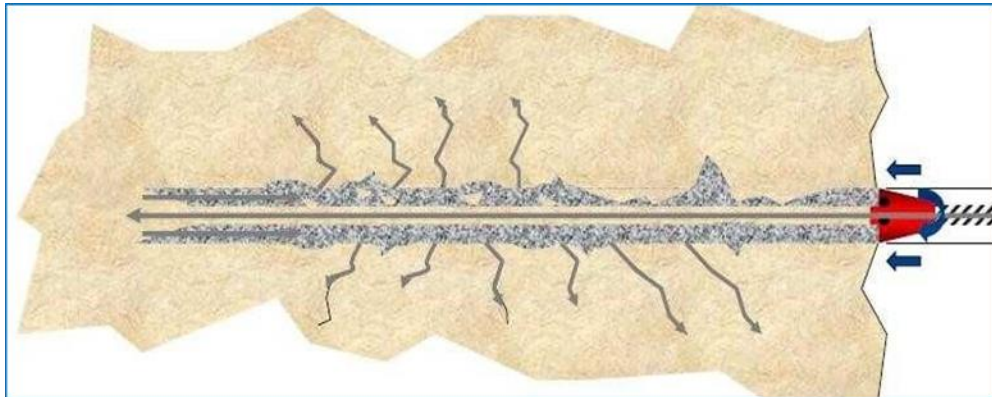
Al tener un conducto hueco esta barra permite la inyección de un material líquido (consolidante) que penetra profundamente en la roca, mejorando su cohesión interna.

A consecuencia del proceso de inyección del material líquido consolidante, alrededor de la barra autoperforante se conforma un bulbo que realiza la función de consolidar y de anclaje por adherencia del perno a la roca.



**Figura 28.**

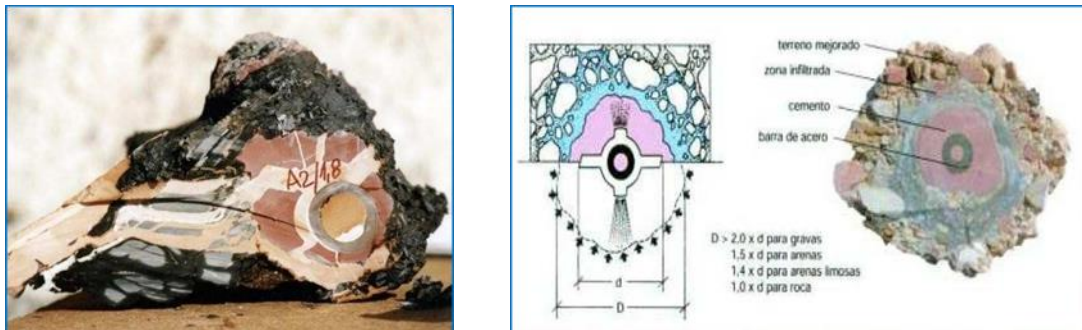
*Autoperforante dentro de la roca*



Abajo se observa el bulbo que se puede lograr alrededor de la barra autoperforante y su nivel de adherencia cuando se logra por la alta permeabilidad de la roca que permite una buena penetración del grout de consolidación.

**Figura 29.**

*Bulbo generado por el autoperforante inyectado*



De lo indicado con relación a que una vez realizada la inyección y dependiendo del nivel de permeabilidad de la roca la barra debe quedar totalmente protegida por un aro de roca consolidada con mejores propiedades mecánicas que la roca insitu sin consolidar, razón por la cual, la barra debería quedar con una baja probabilidad de daño frente a un evento sísmico producto de una detonación de explosivo.

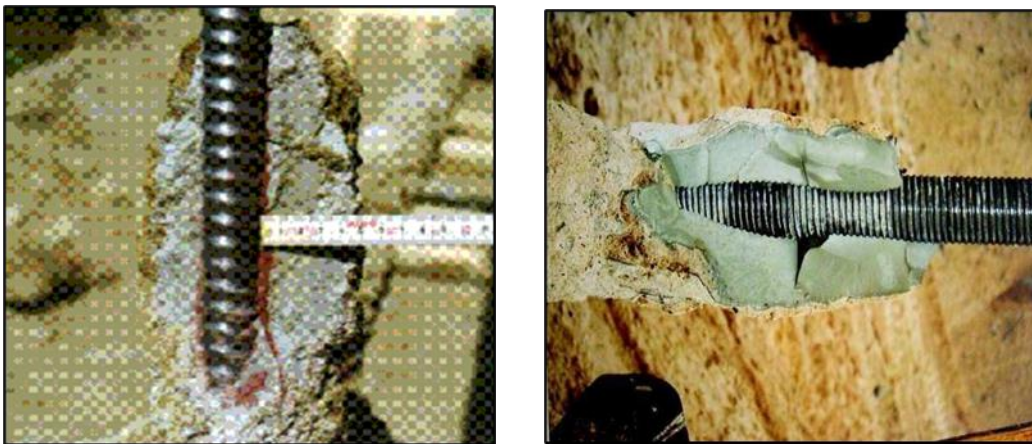
De igual manera otra condicionante que debiera influir en un menor daño al perno de acero es que dado que la roca insitu a ser consolidada va a

condicionar la velocidad de transmisión y por tanto de energía de la onda de choque, por el grado de fracturamiento que tiene esta roca insitu alrededor de la roca consolidada.

Otra condicionante, como factor también, que deberá inducir menor probabilidad de daño en la barra, es que por condiciones mecánicas de la roca insitu (mala calidad), se deberá diseñar una tronadura controlada para efecto de daño al entorno a excavar.

**Figura 30.**

*Autoperforante protegido en un aro de roca*



El entorno bajo la línea de instalación de los elementos de refuerzo usados para la consolidación de la roca, necesariamente deberá verse dañado y lo más probable, es que la barra autoperforante quede expuesta como se observa en la ilustración más abajo. Donde se muestra a los autoperforantes inyectados post evento de voladura y como se puede observar la roca no ha sobrexcajado hasta la línea de barras, por tanto, no existe daño en la barra y tampoco en la zona inyectada y/o consolidada.



**Figura 31.**

*Consolidación con autoperforantes en Consorcio Minero Horizonte S.A.*

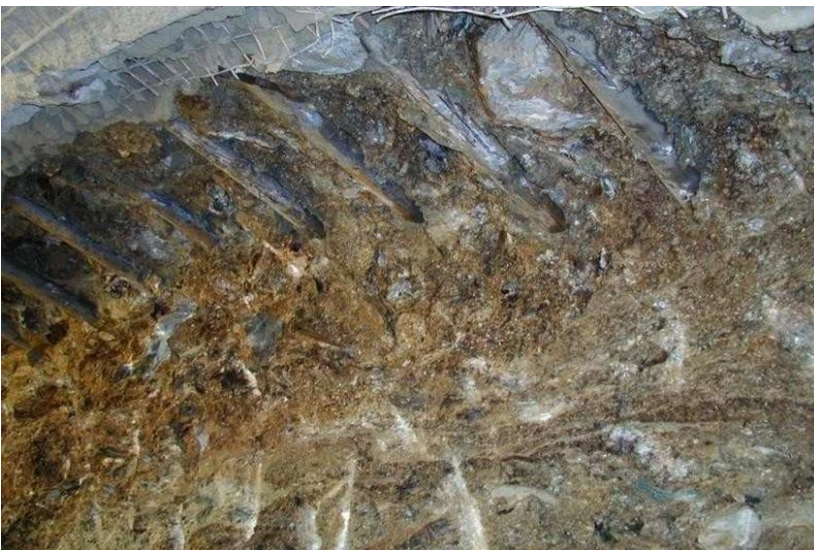


La ilustración siguiente evidencia la aplicación del Spilling Bar o Paraguas con uso de tubos como elementos de pre-refuerzo para el autosoporte de la roca bajo el concepto de losa portante.

Los tubos se observan sin daños post-evento de voladura y/o excavación del túnel.

**Figura 32.**

*Consolidación con tubos post-voladura*



#### 4.1.15. Cronograma

La instalación de los pernos autoperforantes y la inyección con las resinas líquidas propuestas, representan el 30% del trabajo total, donde el mayor tiempo en el ciclo está asignado a la instalación Shotcrete, pernos y cimbras (70%).

**Tabla 7.**

*Cronograma de trabajo*

<b>CRONOGRAMA</b>				
<b>Responsabilidad</b>	<b>Incidencia</b>	<b>Horas Hombre</b>	<b>Guardias</b>	<b>Días</b>
Contrata	30 %	30	5	2.5
Compañía	70%	78	13	6.9
Guardia de 12 hrs	Total	108	18	9

Se podría reducir el tiempo total del trabajo, pero es necesario evaluar la mejora de los tiempos en instalación de las cimbras; además de aumentar la distancia de colocación entre cimbra a cimbra.

#### 4.1.16. Otras experiencias de consolidación en Perú

**Figura 33.**

*Consolidación con autoperforantes en Sociedad Minera Catalina Huanca S.A.*



**Figura 34.**

*Consolidación con autoperforante*



**4.1.17. Cronograma de trabajo**

El trabajo a realizar comprende un tiempo de 10 días desde la movilización del personal hacia la mina hasta la entrega del informe y desmovilización de equipo y personal, como se puede observar en el cuadro siguiente.

**Figura 35.**

**Cronograma de trabajos:**

Actividad	Día 21		Día 22		Día 23		Día 24		Día 25		Día 26		Día 27		Día 28		Día 29		Día 30		
	Gda.	Gda.	Gda.	Gda.	Gda.	Gda.	Gda.	Gda.	Gda.	Gda.	Gda.	Gda.	Gda.	Gda.	Gda.	Gda.	Gda.	Gda.	Gda.	Gda.	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	
1. Movilización de equipos y personal Lima-Mina	■																				
2. Trámites y documentación de trabajos en interior mina																					
3. Verificación de acondicionamiento de labor. Servicios Auxiliares																					
4. Realización de perforaciones: 30talx3.0 m long.			■																		
5. Instalación de pernos autoperforantes e inyección de resinas.			■				■					■				■					■
6. Instalación shotcrete, Perno y cimbras por CIA: 01 día.				■	■	■		■	■			■	■		■	■					
7. Instalación de pernos y shotcrete.																					
8. Entrega de informe y firma de acta de conformidad.																					■
9. Desmovilización de equipos y personal: Mina-Lima.																					■



#### 4.1.18. Equipos y materiales

##### Resina No Expansiva de Silicatos GEOFLEX

GEOFLEX, es una resina inyectable de dos componentes, no espumante, ligeramente flexible a base de silicato para la consolidación de fisuras, así como para la estabilización de la tierra y la roca.

GEOFLEX, Se utiliza principalmente en la ingeniería civil, en construcción de túneles y en minería. Después de la mezcla homogénea de los dos componentes se produce una emulsión viscosa, este no absorbe el agua de su entorno. Por el contrario, debido a su alta densidad que tiene la capacidad para impulsar el agua frente a sí mismo.

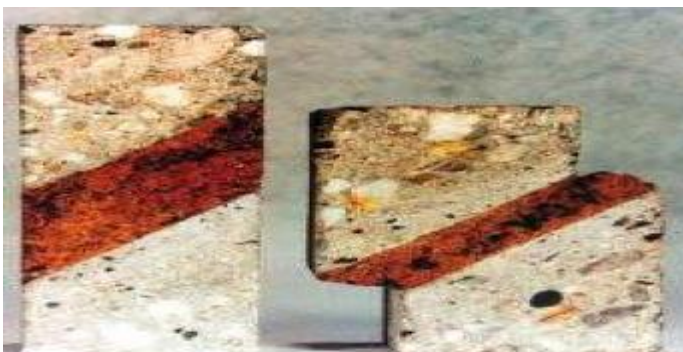
**Figura 36.**

Resina Geoflex



**Figura 37.**

*Roca consolidada con Geoflex*



## **Pernos auto perforantes R32N**

Este tipo de perno consiste en una barra roscada en sentido izquierdo en toda su longitud, estas barras constan de una perforación central la cual sirve para el paso de aire o agua de barrido de la perforación, y también para la posterior inyección de resinas.

Para la prolongación del perno se utiliza una copla y para la perforación e instalación de este, se utilizan bits de diferentes tipos dependiendo del tipo de suelo o roca.

Este perno auto perforante está diseñado para ser utilizado en terrenos poco cohesivos o consolidados como arenas, rellenos inconsistentes, terrenos pedregosos o donde no existe un tipo de roca medianamente competente.

### **Figura 38.**

*Diseño de un perno auto perforante*



### **Materiales**

Resinas No Expansivos de base Silicatos (GEOFLEX),

Auto perforantes R32 L=3.00 m,

Bit de perforación R32 Ø 52 mm,

Lanzas metálicas de alta presión (250 bares),

Accesorios de inyección (mezcladores, coplas de conexión, válvulas, antirretornos, espirales, horquillas, etc.)

### **Equipo de inyección**

Es un equipo neumático portátil que se utiliza para las inyecciones, denominada SK 90 que posee dos bombas de engranaje volumétricas, una para cada

componente de la resina en específico, las cuales aspiran los productos de los bidones a través de mangueras transparentes de plástico y lo envían a través de mangueras de alta presión (tipo DN-10 o similar) hasta la pistola de inyección, donde son mezclados ambos componentes (A y B) en una relación de 1:1, mediante un mezclador estático e inyectados a través de una lanza de Inyección.

**Figura 39.**

Equipo de inyección



**Elementos de Protección Personal**

Casco de seguridad con Porta lámpara,

Lámpara minera,

Cinturón Minero,

Auto rescatador,

Barbiquejo,

Lentes de seguridad,

Arnés con cola (para trabajos en altura),

Guantes de cuero, Nitrilo, o PVC (según la aplicación),

Protector auditivo,

Overol con cintas reflectantes,

Calzado de seguridad o Botas de jebe con punta de acero,

Respirador para gases y polvo.

### **Equipos y materiales**

Resinas de inyección

Bomba Neumática SK90

Mangueras de alta presión, pistola de Inyección para Silicatos.

Conectores

### **Herramientas.**

Caja porta herramientas

Alicate de punta, cortante y universal

Set de Llaves Inglesas

Llave pico de loro

Set de atornilladores punta y cruz

Cinzel 7"

Maceta de goma

Martillo carpintero

Marco de sierra

Cinta aislante en abundancia

Cepillo de alambre

### **Otros Accesorios y Medios auxiliares**

Camioneta con sus permisos correspondientes para circular por interior de la mina.

Trapo industrial y/o paños absorbentes en abundancia 10 kilos

Cuñas 300 Und.

Cinta de demarcación (si corresponde)

Aceite Hidráulico 5 galones, para limpieza de la misma bomba cuando se finalicen tanto los trabajos con Poliuretano y Silicatos.

Línea de aire con conexión final de 1" para conectar a la bomba de inyección.

Suministro de aire caudal de 180 CFM y 5 bares presión.

Iluminación en el área de trabajo.

Suministro eléctrico

Recipientes vacíos para desechar los restos de resinas y otros productos.

#### 4.1.19. Propuesta Económica

##### **Costo Actividades preliminares y aplicación de resina**

**Tabla 9.**

*Costo Actividades preliminares y aplicación de resina*

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (US\$)	PARCIAL (US\$)
<b>1</b>	<b>ACTIVIDADES PRELIMINARES</b>				
1,1	Movilización y Desmovilización de personal y equipos	global	1	8,000.00	8,000.00
1.2	Supervisor	día	30	100	3,000.00
1.3	Técnico 1	día	30	90	2,700.00
1.4	Técnico 2	día	30	90	2,700.00
1.5	Seguros y otros gastos	global	1	1,500.00	1,500.00
1.6	Equipo Lava ojos	un	1	280	280
SUB TOTAL, ACTIVIDADES PRELIMINARES					18,180.00
<b>APLICACIÓN DE RESINA</b>					
2.1	SUMINISTRO E INYECCION DE RESINA LIQUIDA 60 SETS X 55 KGS (25 KG COMP.A + 30 KGS COMP.B)	KG	3,300	12	39,600.00
SUB TOTAL APLICACIÓN					52,980.00
<b>COSTO TOTAL US\$</b>					<b>57,780.00</b>



#### 4.1.20. Costo de resinas

**Tabla 10.**

*Costo de resinas*

<b>RESINA DE INYECCIÓN</b>					
<b>Ítem</b>	<b>Cant.</b>	<b>Unid</b>	<b>Descripción</b>	<b>V. Venta Unit (US \$)</b>	<b>V. Venta Parcial (US \$)</b>
1	8225	Kg	Resina Inyectada Geoflex A Presentación: Bidones x 35 Kg	5.8	47,705.00
2	7050	Kg	Resina Inyectada Geoflex B Presentación: Bidones x 30 Kg	5.8	40,890.00
3	1950	Kg	Resina Inyectada Foam Seal Plus A Presentación: Bidones x 26 Kg	6.6	12,870.00
4	1800	Kg	Resina Inyectada Foam Seal Plus B Presentación: Bidones x 24 Kg	6.6	11,880.00
<b>SUB - TOTAL</b>					<b>113,345.00</b>

#### 4.1.20.1. Costo de accesorios para Inyección

**Tabla 11.**

*Costo de accesorios para inyección*

<b>ACCESORIOS PARA INYECCIÓN</b>					
<b>Item</b>	<b>Cant</b>	<b>Unid</b>	<b>Descripción</b>	<b>V. Venta Unit (US \$)</b>	<b>V. Venta Parcial (US \$)</b>
1	40	Unid	Lanzas Metálicas de Inyección, L=2.1 m	21.5	860
2	80	Unid	Lanzas Plásticas de Inyección, L=2.0 m	13.1	1048
3	100	Unid	Mezclador Espiral Plástico CT32	6	600
4	4	Unid	Manguera de Alta Presión DN 10 L=10m	104	416
5	100	Unid	Horquilla DN10	3.5	350
6	10	Unid	Válvula Anti-retorno DN10	105	1050
7	31	Unid	Obturador de 40mm	50	1550
8	1170	Unid	Perno Autoperforante R32S L= 3.00 m	19	22230
9	100	Unid	Copla R32	3.1	310

10	50	Unid	Bit R32/51mm ESS	10.8	540
				SUB - TOTAL	\$ 28,954.00

#### 4.1.20.2. Costo de servicio de inyección de resina

**Tabla 12.**

*Costo de servicio de inyección de resina*

<b>SERVICIO DE INYECCIÓN DE RESINA PARA RELLENO</b>					
1	10	Día	ALQUILER DE BOMBA DE INYECCIÓN SK90 (*)	390	3,900.00
2	10	Día	ASESORIA TECNICA DE 1 ESPECIALISTAS (*)	560	5,600.00
SUB TOTAL (USD \$)					9,500.00

### **Implementación de la Consolidación e Impermeabilización del BP 713 y BP680**

#### **Trabajos previos**

En esta labor se viene dando:

- Se llegó al contacto entre diorita y caliza, con factor influyente de agua y zona mineralizada.
- Cumpliendo el PETS para cruzar contacto se realiza la consolidación e impermeabilización del frente para continuar con el avance con shotcrete 3" + cimbra espaciada a 1.0 metros

#### **Objetivos**

Garantizar la estabilidad del macizo rocoso en el contacto entre diorita y caliza para mejorar el factor de seguridad y tiempo de auto soporte que permita llegar a una zona con mejor valor de mineral

#### **Actividades**

Las actividades que se programaron fueron:

1. Tener identificado la traza del contacto

- Perforación diamantina radial: Horizontal (eje y hastiales); También en la corona con elevación de 15 grados, La perforación es hasta cruzar el contacto
  - Definir el halo de contacto
  - Logueo geológico
  - Logueo geomecánica
  - Zonificación geomecánica.
2. Iniciar la labor proyecto
- Cumplir las recomendaciones geomecánicas
3. Paralizar el frente 10 m. antes del halo de alteración del contacto
- Armado de dos cimbras al tope de la labor
4. Impermeabilizar
- Perforar taladros de 15 m en la corona y los hastiales
  - Inyección de la resina para impermeabilizar
  - Perforar 3 taladros de 20 m en el centro de la labor para drenaje
5. Retomar el avance del proyecto
- Sostenimiento con shotcrete 3" mas cimbras a 1.2 m.
6. Consolidación e impermeabilización
- Paralizar el frente 3 m antes de terminar la zona impermeabilizada
  - Perforar taladros de 15 m en la corona y los hastiales
  - Inyección de la resina para impermeabilizar
  - Perforar taladros de 15 m en la corona
  - Inyección de la resina para consolidar
7. Retomar el avance del frente
- Sostenimiento con shotcrete 3" más cimbras a 1.0 m. y marchavantes
  - Por la calidad de roca y flujo de agua ya no permite realizar las perforaciones para la impermeabilización y consolidación
  - Se debe continuar con el mismo sostenimiento hasta cruzar el contacto

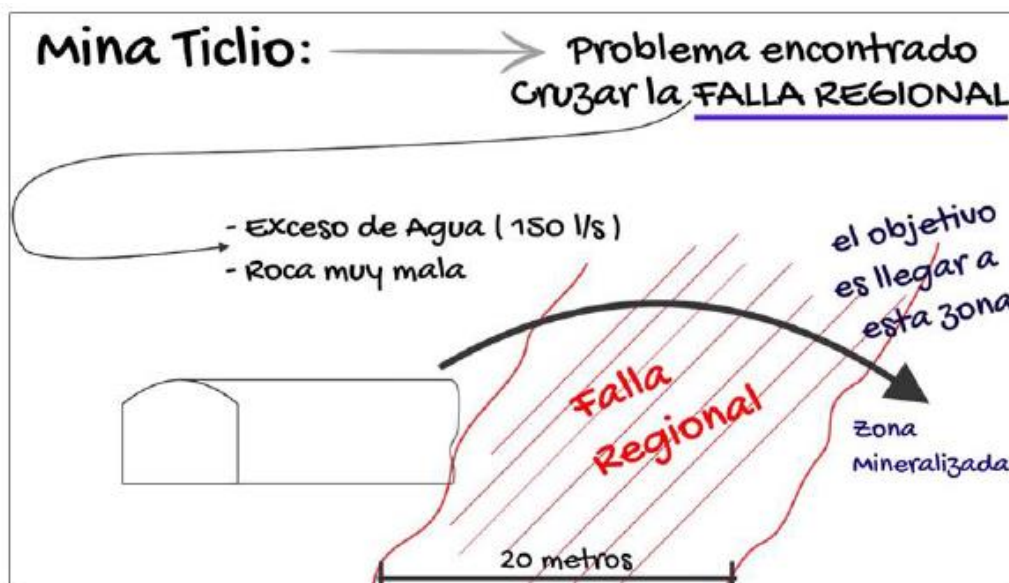
- Luego el sostenimiento cambia a shotcrete 2" mas malla/ Split set mas shotcrete 2"

### Acciones realizadas

A continuación, se detalla: Se utilizó la siguiente metodología.

**Figura 40.**

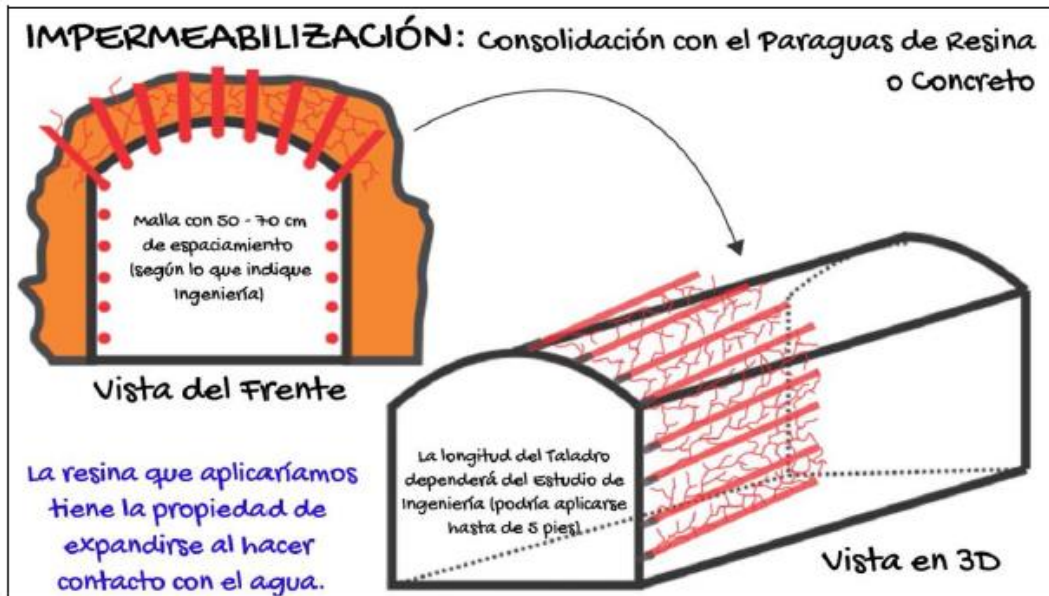
*Problema cruzar la falla regional*



## Consolidación

Figura 41.

*Impermeabilización y consolidación con paraguas de resina*

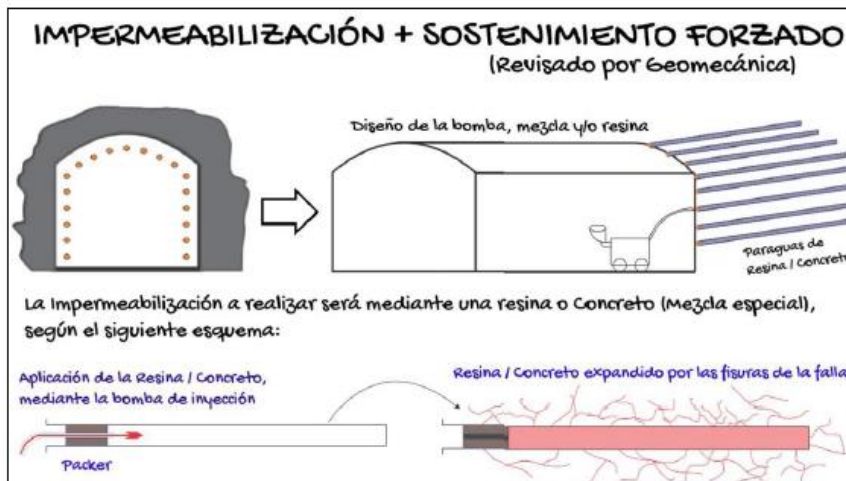


## Impermeabilización

Geofam (Componente A y B):

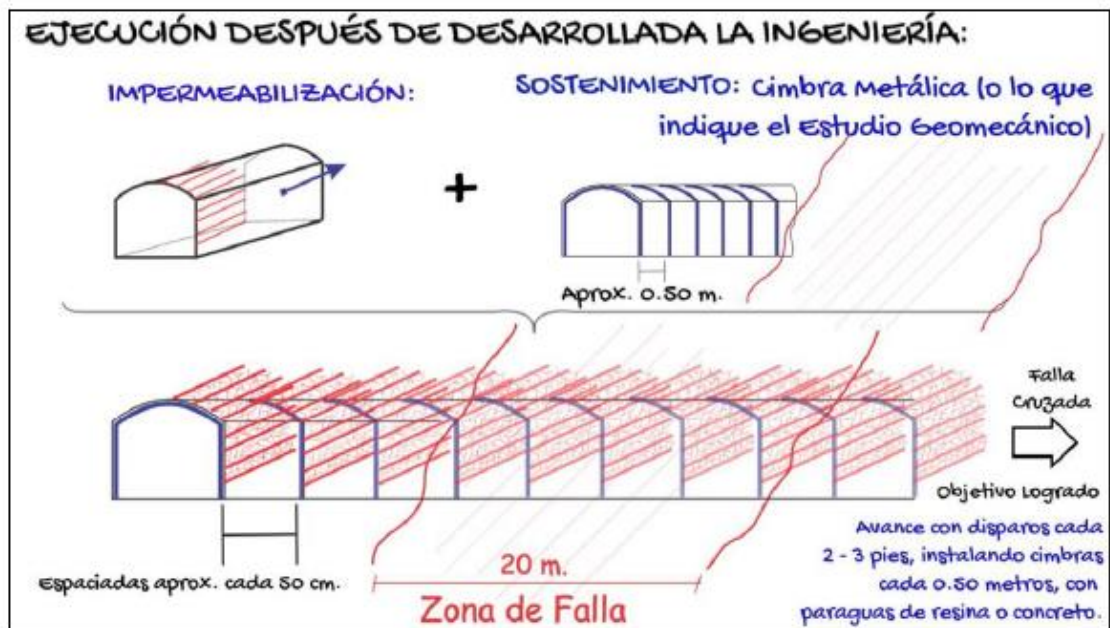
Figura 42.

*Impermeabilización más sostenimiento forzado*



**Figura 43.**

*Trabajo de avance de la zona de falla*



### Implementación realizada

Perforación de taladros con Jumbo para Consolidar, Se perforo 16 taladros de 3.5 metros de longitud, 15 grados de elevación y espaciados a 30 cm en el contorno de la corona.

**Figura 44.**

*Inicio de la Perforación con taladros autoperforantes*





**Figura 45.**

*Finalización de la Perforación con taladros autopercutores*



Inyección de Resina Geoflex

Con la ayuda del equipo elevador los cimbreros inyectaron la combinación de los componentes A y B del geoglex a cada taladro

**Figura 46.**

*Preparación para la inyección de resina*



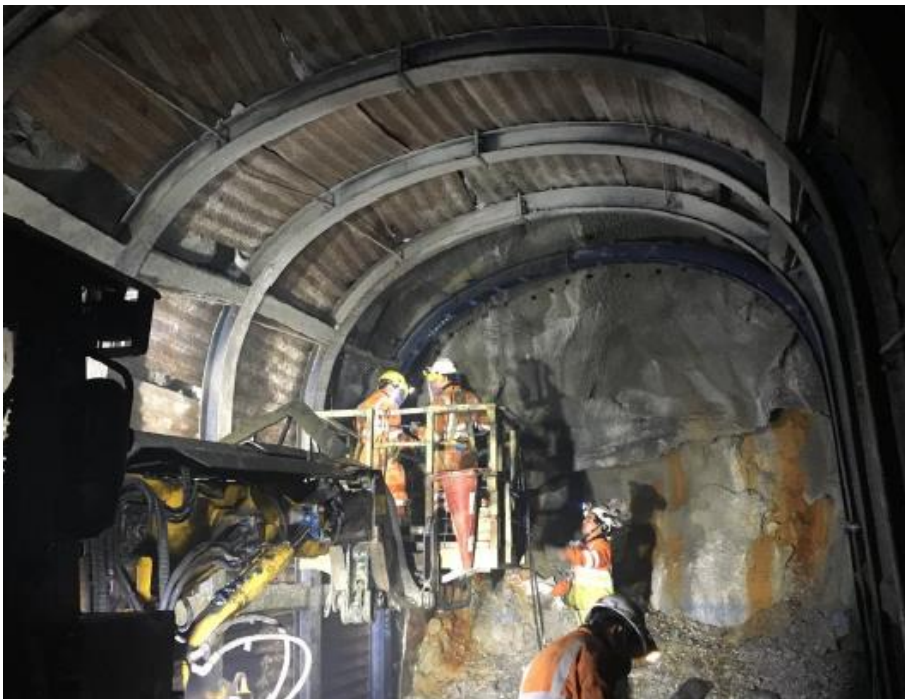
**Figura 47.**

*Conexión de la bomba de inyección*



**Figura 48.**

*Inyección de la resina*





**Figura 49.**

*Labor consolidado e impermeabilizado*



Perforación de taladros con Jumbo para Impermeabilizar

Se perforo 5 taladros de 15 metros con barras acoplables (un taladro en la parte inferior de cada hastial, dos al centro y uno en la parte superior del hastial izquierdo).

Se impermeabilizo 4 taladros, menos uno del centro para que sirva como drenaje.

**Figura 50.**

*Perforación de taladros de drenaje*



**Figura 51.**

*Vista del drenaje del frente*



**Figura 52.**

*Frente para terminar el sostenimiento*



**Figura 53.**

*Inicio del sostenimiento con cimbras y shotcrete*



#### **Figura 54.**

*Labor estable después de la consolidación e impermeabilización y armado de 2 cimbras*



#### **4.2. Discusión de resultados**

Habiendo planteado como una alternativa de solución al problema planteado “Bay pass que se ejecuta para llegar a Zona mineralizada, tiene problemas graves de estabilidad geomecánica debido a que el macizo rocoso es de calidad Muy Mala Tipo V RMR 20”, en Compañía Minera Volcán Unidad Ticlio, se ha tenido que realizar una serie de procesos para llegar a la solución.

La solución Técnica que se podría dar consiste básicamente en la realización para el tratamiento de Bp\_713 y Bp\_680, con Sección de 4.50 m x 4.50 m, previo antes de sus correspondientes aseguramientos mediante la ejecución de lanzado de Shotcrete y colocado de pernos, luego se realizarán perforaciones con autoperforantes L= 3.00m, BIT Ø 52mm, en el perímetro del frente de gradiente a gradiente y, posterior inyección de resinas GEOFLEX, para la consolidación del macizo rocoso.

Esta propuesta es factible mediante la consolidación e impermeabilización del terreno inestable para lo cual debe realizarse taladros con pernos autoperforantes y la inyección de resinas.

Taladros autoperforantes, técnica consistente en la realización de paraguas o piperooting o también llamado spiling bar por delante del frente de avance de los Bay Pass. En este caso las perforaciones se pueden realizar mediante equipos como jumbo Raptor etc. con pernos autoperforantes R32N de longitud 3 metros y con un diámetro de perforación de 51 mm. Estas barras de perforación quedarán introducidas en el terreno y por medio de las cuales se realizarán las inyecciones correspondientes de resinas.

Inyección de resinas se propone para este proyecto la consolidación e impermeabilización con resinas bi- componente Strata Bond W. La resina será aplicada desde la galería existente hacia la zona superior del terreno y superior del frente a perforar, usando una bomba de inyección y accesorios suficientes para aplicar la resina en los taladros efectuados.

Se programa inyectar un set de resinas, equivalente a 55 kgs (25 kgs. Comp. A + 30 Kgs. Comp. B) por cada perforación y se estima hacer 60 perforaciones. La cantidad de 60 sets (3.300 Kgs) de resinas, será aplicada al frente y parte superior del terreno a perforar y se avanzará junto con la perforación y sostenimiento que se vaya haciendo.

El tiempo que conllevara realizar el trabajo es de 9 días, empleando 108 horas hombre y 18 guardias

El costo que significa su realización está determinado por los siguientes aspectos: costo de actividades preliminares y aplicación de resina 57780.00 \$, costo de resina 113,345.00 \$, costo de accesorios 28,954 \$, y costo de servicio de inyección de 9500.00 \$.

Todos estos aspectos analizados hacen que el proyecto es factible en su aplicación.

## CONCLUSIONES

1. Al realizar el diagnóstico de la zona perturbada del interior de mina al NV. 12 Zona E labor Bp\_713, Bp\_680, pudimos ver que el problema principal, es el Bay pass que se ejecuta para llegar a Zona mineralizada, tiene problemas graves de estabilidad geomecánica debido a que el macizo rocoso es de calidad Muy Mala Tipo V RMR 20.
2. El análisis geomecánico de la zona perturbada nos indica aspectos como: Hacia la caja techo del contacto se tiene un tipo de roca de muy mala resistencia (caliza gris con alta des carbonatación) con un comportamiento de fallamiento paralelo al contacto con plegamientos desfavorable con venilleos de calcita con persistencia menores de 1m. y húmedo (IF/P-MP), roca tipo IVB.  
Como contacto se tiene mineralización con reemplazamientos de spy, ga, py ca, tipo brechado, estructura asociada a la falla del techo, formando pequeños bloques tanto en apertura como en persistencia, en algunos tramos la sección de corona es irregular por lo que tiende a elevarse, además de tener resistencia la compresión baja. (T/P), tipo de roca V, el área de influencia alcanza unos 20 metros aproximadamente.
3. La solución Técnica que se propone consiste básicamente en la realización de consolidación e impermeabilización, para el tratamiento de Bp\_713 y Bp\_680, con Sección de 4.50 m x 4.50 m, previo antes de sus correspondientes aseguramientos mediante la ejecución de lanzado de Shotcrete y colocado de pernos, luego se realizarán perforaciones con autoperforantes L= 3.00m, BIT Ø 52mm, en el perímetro del frente de gradiente a gradiente y, posterior inyección de resinas GEOFLEX, para la consolidación del macizo rocoso.
4. El procedimiento a realizar es la aplicación de un sistema de estabilización y protección del techo y frente denominada Spilling Bar o Método "Paraguas", que proporciona al terreno un incremento en sus propiedades de resistencia y



deformabilidad. para lo cual se instalarán los pernos autoperforantes y la inyección con las resinas líquidas propuestas, esto representan el 30% del trabajo total, donde el mayor tiempo en el ciclo está asignado a la instalación Shotcrete, pernos y cimbras (70%).

5. El costo que significa la ejecución es de US\$ 57,780.00 que representa el Costo Actividades preliminares y aplicación de resina, el costo de la resina es de US\$ 113,345.00, Costo de accesorios para la inyección US\$ 28954.00, costo de servicio de inyección de resina US\$ 9,500.00.
6. La consolidación de la corona con la resina. ayudó a mejorar el tiempo de autosoporte permitiendo controlar la estabilidad con shotcrete 3" y 2 cimbras.
7. La impermeabilización funciono para derivar el agua de los costados hacia el centro de la labor.

## RECOMENDACIONES

1. Es importante primero consolidar y luego impermeabilizar, porque permite estabilizar la corona para luego realizar las perforaciones de la impermeabilización.
2. En el siguiente tramo a consolidar se considerará 6 metros para tener mejor área reforzada.
3. Es necesario respetar el tiempo de autosoporte para el lanzado de shotcrete y armado de cimbra.
4. Se recomienda mejorar la presión de aire a mínimo 4 bares para mejorar la homogeneidad de la mezcla de los componentes y la inyección hacia los taladros.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, C. (2020). *“IMPLEMENTACIÓN DE GEOFLEX PARA MEJORAR EL SISTEMA DE REFORZAMIENTO EN LAS LABORES PERMANENTES DE CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A.”*. [tesis de licenciamiento, U.N. del Centro del Peru]repositorio institucional U.N. del Centro del Peru.
- Bernaola, J., Castilla, J., & Herrera, J. (2013). *Perforacion y voladura de rocas en mineria*. DEPARTAMENTO DE EXPLOTACIÓN DE RECURSOS MINERALES Y OBRAS SUBTERRÁNEAS, Universidad Poitecnica de Madrid.
- Calcina, E. (2018). *DISEÑO Y SOSTENIMIENTO DEL BYPASS 942 (NIVEL 3340) PARA OPTIMIZAR LA SEGURIDAD DE LAS OPERACIONES EN LA MINA CHIPMO*. [tesis de licenciamiento, U.N.San Agustin de Arequipa]repositorio institucional U.N. San Agustin de Arequipa.
- ENAEX. (s.f.). *Manual de tronadura ENAEX S.A.* ENAEX, Gerencia tecnica.
- ESCRIBA, E. (2018). [tesis de licenciatura, U. N. San Agustin de Arequipa]repositorio institucional U.N.San Agustin de Arequipa.
- EXSA. (s.f.). *Manual practico de voladura, 4ta edicion.* exsa.
- Herrera, D. (2020). *“DISEÑO DE SOSTENIMIENTO EN EL CRUCERO 2130 PARA EVITAR EL DESPRENDIMIENTO DE ROCAS EN LA UNIDAD MINERA ESPAÑOLITA S.A.”*. [tesis de lecenciamiento, U.N.San Agustin de Arequipa]repositorio institucional U.N.San Agustin de Arequipa.
- Instituto Geologico y Minero de España. (1987). *Manual de perforacion y voladura de rocas*. Instituto Geologico y Minero de España.
- Llusca , C. (2018). *“APLICACIÓN DE RESINA GEOFLEX Y PERNO AUTOPERFORANTE PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD DEL SOSTENIMIENTO EN LABORES INESTABLES Y ZONAS DE INTERSECCIÓN EN LA UNIDAD ACUMULACIÓN PARCOY N°1 - C.M.H.S.A*

– *PATAZ – LA LIBERTAD*”. [tesis licenciatura, U.N.de San Antonio Abad del Cusco]repositorio institucional U.N.San Antonio Abad del Cusco.

Lopez , V. (2017). *“MAPEO GEOTÉCNICO PARA DISEÑAR LA FORTIFICACIÓN A APLICARSE EN LA FALLA “LOS RATONES” UBICADA EN LA MINA SOMINUR, SECTOR LA CASCADA, NIVEL PRINCIPAL, LOCALIZADA EN EL CANTÓN CAMILO PONCE ENRÍQUEZ, PROVINCIA DEL AZUAY*”. [tesis de licenciamiento, U. Central del Ecuador]repositorio institucional U. Central del Ecuador.

# **A N E X O S**

## ANEXO A

### INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

#### MATRIZ DE ANÁLISIS DOCUMENTARIO

ANÁLISIS TEMÁTICO		ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO						ANÁLISIS METODOLÓGICO			
AUTOR	TÍTULO	AÑO DE PUBLICACION	URL	PALABRAS CLAVE	LENGUAJE	PAIS	CONCLUSIONES	TIPO DE INVESTIGACION	DISEÑO	INSTRUMENTOS	MUESTRA DE LA POBLACIÓN
<b>Título del proyecto:</b> <b>Nombres:</b>		Consolidación e Impermeabilización del BP_713 Y BP_680 Nivel 12, para cruzar una brecha de falla de 20 metros en la Mina Ticlio, 2019 Pino Ravelo Yudi Shaida									
Álvarez Santana, Cristhian Osmar	"IMPLEMENTACIÓN DE GEOFLEX PARA MEJORAR EL SISTEMA DE REFORZAMIENTO EN LAS LABORES PERMANENTES DE CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A." (Álvarez, 2020)	2020	<a href="https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20_500_12894/6438/T010_71474240_T_compressed.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y">https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20_500_12894/6438/T010_71474240_T_compressed.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y</a>	Geoflex Pernos R32N Consolidación Puntos de Convergencia	Español	PERU	El reforzamiento con Geoflex permitió consolidar el macizo rocoso y dar cohesión a la roca fracturada en las labores inestables y zonas de intersección para obtener un sostenimiento activo y sustituir en un plazo mediano el uso de cimbras o la cantidad de shotcrete, logrando un mejor performance en el sostenimiento de las labores mineras de CMH	APLICADA	Diseño no experimental del tipo transversal DESCRIPTIVO.	a) Formatos de registro. b) Libretas de campo. c) Ábacos y tablas (según cada clasificación geomecánica utilizada, se muestran en bases teóricas). d) Planos.	La Rampa 2930 (Prog034-064) en Consorcio Minero Horizonte S.A. - La Libertad, mediante la elección no probabilística.
Edwin, Calcina Bedoya	"DISEÑO Y SOSTENIMIENTO DEL BYPASS 942 (NIVEL 3340) PARA OPTIMIZAR LA SEGURIDAD DE LAS OPERACIONES EN LA MINA CHIPMO" (Calcina, 2018).	2018	<a href="http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5055/Micabee.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y">http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5055/Micabee.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y</a>	Diseño Sostenimiento Geomecánica RMR	Español	PERU	Debido al incremento del Factor de Seguridad (FS) después de aplicar el sostenimiento, las probabilidades de desprendimiento de roca son muy bajas y por consecuencia la seguridad del personal está garantizada.	APLICADA	Exploratoria	a) Tabla de Mapeo Geomecánico b) Logueo geotécnico de c) Testigos de perforación d) Cuaderno de Notas	La muestra que se considerará, será el macizo rocoso del nivel 3340 de la mina Chipmo.
Herrera Podesta, Daniel Rodrigo	"DISEÑO DE SOSTENIMIENTO EN EL CRUCERO 2130 PARA EVITAR EL DESPRENDIMIENTO DE ROCAS EN LA UNIDAD MINERA ESPAÑOLITA S.A." (Herrera, 2020)	2020	<a href="http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/11175/IMhepodg.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y">http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/11175/IMhepodg.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y</a>	Q de Barton Rock Data Sostenimiento, Factor de seguridad.	Español	PERU	De acuerdo a la caracterización geomecánica determinamos que la roca, en el Cruce 2130, es una roca media y mala de tipo IIIA, IIIB, IV A, roca en su mayor porcentaje no blanda, que requiere sostenimiento con pernos, los de mayor eficiencia y carga en función calidad / costo, los Hydravolt.	APLICADA	Exploratoria	a) Cuaderno de Notas b) Picota o Picsa. c) Flexómetro y Wincha	La muestra que se considerará, será el macizo rocoso del cruce 2130.
López Riascos Verónica Elizabeth	"MAPEO GEOTÉCNICO PARA DISEÑAR LA FORTIFICACIÓN A APLICARSE EN LA FALLA LOS RATONES UBICADA EN LA MINA SOMINUR, SECTOR LA CASCADA, NIVEL PRINCIPAL, LOCALIZADA EN EL CANTÓN CAMILO PONCE ENRÍQUEZ, PROVINCIA DEL AZUAY" (Lopez, 2017)	2017	<a href="http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/10117/1/T-UCI-0012-26.pdf">http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/10117/1/T-UCI-0012-26.pdf</a>	Mapeo geotecnico Caracterización geomecánica Estabilización del Macizo Rocosos Diseño de fortificación	Español	PERU	El diseño de fortificación es aplicado para todos los sectores, garantizando la estabilidad de macizo y la seguridad del personal, en el caso del sector 1 el espesor del hormigón para la fortificación es de 5 cm, de esta manera el factor de seguridad es superior a 1.5 en todas las cuñas.	APLICADA	Descriptivo, deductivo y transversal.	-	La muestra está conformada por la Sociedad Minera Nueva Rojas - SOMINUR CIA. LTDA., en la "Los Ratones" de la galería principal.

## ANEXO B

### Hoja de datos de seguridad Geoflex parte A



#### HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD GEOFLEX PARTE A

Versión: 1  
Vigencia: 04/10  
Pág. 1 de 4

SECCION 1: IDENTIFICACION DE LA SUSTANCIA QUIMICA Y DEL PROVEEDOR	
Nombre de la sustancia química	GEOFLEX Parte A
Código interno de la sustancia química	002407
Proveedor/ Fabricante / Comercializador	Orica Chemicals Latin America Calle Dos N° 9463 - Loteo Industrial Américo Vespucio Quilicura - Santiago - Chile
Teléfono de emergencia en Chile Teléfono de contacto	56-2-3848100

SECCION 2: INFORMACION SOBRE LA SUSTANCIA O MEZCLA	
Nombre químico (IUPAC)	Silicato de sodio con aditivo orgánico.
Fórmula química	Mezcla.
Sinónimos	Vidrio soluble.
No. CAS	-----
No. NU	No tiene.

SECCION 3: IDENTIFICACION DE LOS RIESGOS	
Marca en etiqueta - N Ch 2190	Ninguna.
Clasificación de riesgos de la sustancia química	<u>Clasificación NEPA:</u> Salud: 1; Inflamabilidad: 0; Reactividad: 0.
a) Riesgos para la salud de las personas	Irritante leve de los ojos y la piel.
Efectos de una sobreexposición aguda (por una vez)	En caso de un contacto accidental breve con la sustancia pueden producirse los siguientes síntomas:
Inhalación	La presión de vapor de la sustancia es baja, lo que no hace esperable efectos dañinos al contacto por esta vía de ingreso al organismo.
Contacto con la piel	Puede causar una respuesta leve al contacto.
Contacto con los ojos	Puede causar irritación temporal leve.
Ingestión	La ingestión de pequeñas cantidades es poco probable que causen lesiones. La ingestión de cantidades mayores puede causar lesiones.
Efectos de una sobreexposición crónica (largo plazo)	No se conoce de efectos dañinos significativos por exposiciones repetidas al producto.
Condiciones médicas que se verán agravadas con la exposición al producto	No se conoce ninguna.
b) Riesgos para el medio ambiente	El producto presenta riesgo menor para el medio ambiente acuático.
c) Riesgos especiales de la sustancia	La sustancia no presenta riesgos especiales.

SECCION 4: MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS	
En caso de contacto accidental con el producto, proceder de acuerdo con:	
Inhalación	Mantener a la persona en aire puro.
Contacto con la piel	Lavar con abundante agua corriente.
Contacto con los ojos	Lavar de inmediato con abundante agua corriente a lo menos por 10 minutos. Consultar un médico.
Ingestión	Si se han ingerido grandes cantidades, induzca el vómito y lave la boca con agua. Consulte un médico.
Notas para el médico tratante	Trate de acuerdo a los síntomas presentes.

#### ORICA CHEMICALS LATIN AMERICA

Calle 2 N°9463, Loteo Industrial Américo Vespucio, Quilicura, Santiago, Chile • Fono (562) 384 8100

<b>SECCION 5: MEDIDAS PARA LUCHA CONTRA EL FUEGO</b>	
Agentes de extinción	El producto no es combustible. En caso de incendio cercano, use los medios adecuados a ese incendio.
Procedimientos especiales para combatir el fuego	No son necesarios.
Equipos de protección personal para el combate del fuego	No son necesarios.

<b>SECCION 6: MEDIDAS PARA CONTROLAR DERRAMES O FUGAS</b>	
Medidas de emergencia a tomar si hay derrame del material	Haga diques con arena para contener el derrame. Absorba con arena seca o con otros absorbentes para productos químicos. Recoja y coloque en contenedores apropiados para su disposición posterior.
Equipo de protección personal para atacar la emergencia	Lentes, botas y guantes de protección química.
Precauciones a tomar para evitar daños al medio ambiente	No tirar los residuos por el desagüe. No permitir la entrada en cursos de agua naturales.
Métodos de limpieza	Recoger mecánicamente el material absorbido.
Método de eliminación de desechos	Los desechos deben ser entregados a un procesador autorizado de residuos industriales.

<b>SECCION 7: MANIPULACION Y ALMACENAMIENTO</b>	
Recomendaciones técnicas	Evitar contacto con piel, ojos y ropas.
Precauciones a tomar	En caso de contacto lavar con abundante agua.
Recomendaciones sobre manipulación segura, específicas	Mantener los envases cerrados cuando no están en uso.
Condiciones de almacenamiento	En contenedor cerrado de origen el período máximo de almacenamiento es de 12 meses.
Embalajes recomendados y no adecuados	Se recomienda el uso de envases plásticos. El producto se entrega en bidones de 35 kg.

<b>SECCION 8: CONTROL DE EXPOSICION / PROTECCION ESPECIAL</b>	
Medidas para reducir la posibilidad de exposición	La sustancia no es peligrosa, por lo que basta aplicar los métodos seguros normales de trabajo con sustancias químicas.
Parámetros para control	Use los equipos de protección personal descritos en esta sección.
Límites permisibles ponderado (LPP), absoluto (LPA) y temporal (LPT)	Por no ser peligrosa no se han fijado Límites Permisibles para la sustancia.
Protección respiratoria	Normalmente no se necesita. En caso de ser necesaria, use protección con filtros para sustancias orgánicas.
Guantes de protección	Use de protección química, de puño largo.
Protección de la vista	Use lentes de protección química.
Otros equipos de protección	Overol para protección del cuerpo y delantal para proteger contra salpicaduras.
Ventilación	El lugar de trabajo con la sustancia debe contar con buena ventilación natural.

## ANEXO C

### Resina para consolidación y relleno de cavidades

#### Resina para consolidación y relleno de cavidades

##### Resina inyectable Geoflex



Geoflex es una resina de silicato, no expansiva, de dos componentes, no espumante esterilizada, con una excelente adhesión. Se puede aplicar en grietas con grosores mayores que 0,15 mm. Este sistema de inyección ha demostrado su idoneidad para la consolidación del masido rocoso fracturado y la consolidación de zonas inestables. En combinación con los pernos auto perforantes, el sistema de inyección ha contribuido a una mayor seguridad en túnelera.

##### Aplicaciones y usos

La mezcla de los dos componentes de Geoflex forma una resina que no absorbe el agua y no se combina con ella. La resina curada es resistente al ácido, soluciones salinas y a muchos solventes orgánicos.

##### Ventajas

- Consolidación y estabilización de galerías.
- La resina alcanza el 90% de la resistencia final después de sólo 15 minutos.
- La resistencia del enlace es de 5 MPa aprox.
- Geoflex no es espumante y es flexible.

##### Especificaciones técnicas

###### Geoflex

Datos Técnicos	Datos materiales de los componentes		
	Unidad	A	B
Densidad a 25°C	kg/m <sup>3</sup>	1430 ± 30	1140 ± 15
Pto. de combustión	°C	-	>300
Viscosidad a 25°C	mPa·s(cps)	350 ± 60	140 ± 40
Datos de Reacción a 25°C			
Inicio de Reacción	1'40" ± 30"		
Fin de Reacción	3'15" ± 30"		
Factor Expansión	0-60		





## ANEXO D

### Equipos Bombas de inyección SK90

#### Equipos: Bombas de inyección SK90



SK 90 es una bomba de engranaje impulsada en forma neumática. La estructura modular permite la instalación de tesoros de bomba de engranaje para el procesamiento de resinas de poliuretano, silicato y fenólica. La relación volumétrica transportadora se puede cambiar con poco esfuerzo de 1:1 a 4:1. Los estanques de plástico para recolección proporcionan una carga limpia. El estanque de recolección de uno de los componentes está equipado con un mecanismo estable para uso con resina fenólica.

La sustancia de inyección es aspirada de los estanques de recolección (magnitud de la entrega) y se bombea a través de tubos o tuberías hasta el lugar de su uso por la bomba de engranaje.

SK 90 es controlada por un interruptor de presión neumática y por válvulas integradas de control de presión. El interruptor de presión permite que la bomba sea operada a distancia; la bomba se apaga cuando se ha alcanzado la presión de ajuste para apagar, y se enciende nuevamente cuando se ha alcanzado la presión para encender, durante la caída de la presión en el conducto transportador.

El excedente de la sustancia para inyección es retirado al estanque de recolección por una válvula de control de presión, si la presión máxima permisible es superada.



#### Ventajas de SK90

- Fácil manejo.
- Alto rendimiento transportador.
- Ligero.
- Operada en forma remota.

#### Accesorios

- Pernos autopercutorios. (Ver página 72)
- Lancetas metálicas.
- Mezcladores.
- Obturador.
- Válvulas.



Lanceta.



Mezclador.



Obturador.



Válvula.