



Universidad  
Continental

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Incidencia de la incorporación del aditivo  
SIKA VISCOCRETE SC 90 en las propiedades  
físicas-mecánicas en shotcrete**

para optar el Título Profesional de  
Ingeniero de Minas

**Brandon O'neil Avila Cadillo**

Huancayo, 2019



Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

**ASESOR**

Ing. Oscar Jesús Canchucaya Gutarra

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, doy gracias a Jehová por haberme dado fuerza y voluntad para poder desarrollar este trabajo de investigación.

A mis docentes de la Universidad Continental, que compartieron sus conocimientos durante estos cinco años que estuvieron a mi lado apoyándome y lograron que este sueño sea posible.

A mis padres y familiares quienes me alientan día a día para seguir adelante cumpliendo con mis objetivos.

## **DEDICATORIA**

Mi tesis la dedico con todo mi amor a mis amados padres por su sacrificio y esfuerzo, por darme una carrera para mi futuro y por creer en mi capacidad.

## INDICE

<b>ASESOR .....</b>	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>iv</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>x</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>xi</b>

### CAPITULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	12
1.1.1. Planteamiento del problema.....	12
1.1.2. Formulación del problema. ....	13
1.2. Objetivos.....	14
1.2.1. Objetivo general.....	14
1.2.2. Objetivos específicos. ....	14
1.3. Justificación e importancia .....	15
1.3.1. Justificación metodológica.....	15
1.3.2. Justificación social .....	15
1.4. Hipótesis de la investigación .....	15
1.4.1. Hipótesis general.....	15
1.4.2. Hipótesis específicas .....	16
1.5. Descripción de variables.....	16
1.5.1. Variable Independiente .....	16
1.5.2. Variable dependiente .....	17
1.6. Matriz de operacionalización de variables .....	18

### CAPITULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema.....	19
2.2. Bases Teóricas .....	21
2.2.1. Compañía Minera Volcan S.A.A - U.P. Andaychagua.....	21
2.2.1.1. Ubicación.....	21
2.2.1.2. Accesibilidad .....	22
2.2.1.3. Fisiografía.....	23
2.2.1.4. Clima y vegetación .....	24
2.2.1.5. Reseña histórica.....	24
2.2.1.6. Geología regional .....	29
2.2.1.7. El Domo de Yauli.....	29
2.2.1.8. Estratigrafía .....	30
2.2.1.9. Mineralización .....	40
2.2.1.10. Distribución de Cobre, Plomo, Zinc y Plata .....	41
2.2.1.11. Sistema de vetas Andaychagua.....	43
2.2.1.12. Recursos y reservas minerales .....	44

2.2.1.13. Geología Estructural .....	54
2.2.1.14. Alteraciones Hidrotermales .....	59
2.2.1.15. Mineralización polimetálica .....	60
2.2.2. El hormigón proyectado o shotcrete .....	63
2.2.2.1. Método por vía seca.....	65
2.2.2.2. Método por vía húmeda.....	67
2.2.3. Sika Viscocrete SC 90 .....	73
2.3. Definición de términos básicos. ....	78

### **CAPITULO III**

#### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

3.1. Método y alcance de la investigación.....	82
3.1.1. Método de la investigación .....	82
3.1.2. Alcance de la investigación .....	82
3.2. Diseño de la investigación.....	83
3.3. Población y muestra .....	83
3.3.1. Población.....	83
3.3.2. Muestra .....	83
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	83
3.4.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos.....	83
3.4.2. Instrumentos utilizados en la recolección de datos.....	84

### **CAPITULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información .....	85
4.1.1. Propiedades Físicas de las Muestras .....	85
4.1.1.1. Trabajabilidad del Diseño de Mezcla con Aditivo Viscocrete SC-90..	86
4.1.2. Análisis de las Muestras a la Compresión Simple .....	89
4.1.3. Analisis de la Dosificación del Diseño de Mezcla.....	95
4.1.3.1. Diseño de Mezcla Zona Baja con Aditivo Sika Viscocrete SC 90.....	95
4.1.3.2. Diseño de Mezcla Zona Alta con Aditivo Sika Viscocrete SC 90 .....	95
4.1.4. Análisis de los Costos .....	95
4.1.4.1. Análisis de Costos con Aditivo Viscocrete SC 50 para el año 2017 (Con Fibra - Sin Fibra) .....	95
4.1.4.2. Análisis de Costos con Aditivo Viscocrete SC 90 para el Año 2018 (Con Fibra - Sin Fibra) .....	98
4.2. Discusión de Resultados.....	99
4.2.1. Propiedades Físicas del Shotcrete .....	99
4.2.2. Propiedades Mecánicas del Shotcrete .....	100
4.2.3. Discusión de Resultados Relacionados a los Costos Unitarios con Aditivo Viscocrete SC 50 y Viscocrete SC 90 .....	103

<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>106</b>
---------------------------	------------

<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>107</b>
------------------------------	------------

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>108</b>
--	------------

<b>ANEXOS.....</b>	<b>110</b>
--------------------	------------

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Accesibilidad Lima - Andaychagua.....	22
Tabla 2. Resultados de las propiedades físicas de los testigos .....	86
Tabla 3. Resultado a la compresión simple de las muestras del grupo N° 1 .....	90
Tabla 4. Resultado a la compresión simple de las muestras del grupo N° 2 .....	91
Tabla 5. Resultado a la compresión simple de las muestras del grupo N° 3 .....	92
Tabla 6. Resultado a la compresión simple de las muestras del grupo N° 4 .....	93
Tabla 7. Resultado a la compresión simple de las muestras del grupo N° 5 .....	94
Tabla 8. Diseño de mezcla para shotcrete con aditivo SIKA VISCOCRETE SC 90 para zona baja .....	95
Tabla 9. Diseño de mezcla para shotcrete con aditivo SIKA VISCOCRETE SC 90 para zona alta .....	95
Tabla 10. Precio unitario con aditivo Viscocrete SC 50 para zona baja con fibra .....	96
Tabla 11. Precio unitario con aditivo Viscocrete SC 50 para zona baja sin fibra.....	96
Tabla 12. Precio unitario con aditivo Viscocrete SC 50 para zona alta con fibra .....	97
Tabla 13. Precio unitario con aditivo Viscocrete SC 50 para zona alta sin fibra .....	97
Tabla 14. Precio unitario con aditivo Viscocrete SC 90 para zona baja con fibra .....	98
Tabla 15. Precio unitario con aditivo Viscocrete SC 90 para zona baja sin fibra.....	98
Tabla 16. Precio unitario con aditivo Viscocrete SC 90 para zona alta con fibra .....	99
Tabla 17. Precio unitario con aditivo Viscocrete SC 90 para zona alta sin fibra .....	99
Tabla 18. Resultado de los 05 grupos de muestras y el promedio de la Resistencia a la compresión simple expresada en Kg/cm <sup>2</sup> .....	101
Tabla 19. Resultado de los 05 grupos de muestras y el promedio de la Resistencia a la compresión simple expresadas en MPa .....	102
Tabla 20. Costo con aditivo SIKA VISCOCRETE SC 50 .....	104
Tabla 21. Costo con aditivo SIKA VISCOCRETE SC 90 .....	104

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de San José de Andaychagua .....	22
Figura 2. Domo de Yauli .....	30
Figura 3. Columna estratigráfica.....	34
Figura 4. Modelo de mineralización de la Veta Andaychagua.....	40
Figura 5. Zonamiento de mineralización .....	43
Figura 6. Relación entre recursos y reservas minerales .....	46
Figura 7. Trabajabilidad del concreto fresco con aditivo Viscocrete SC 50 y Viscocrete SC 90 .....	88
Figura 8. Grupos de muestras para análisis a compresión simple .....	89
Figura 9. Comportamiento de los 05 grupos de muestras que relaciona la resistencia en kg/cm <sup>2</sup> versus el tiempo días. ....	101
Figura 10. Comportamiento de la muestra que relaciona la resistencia promedio en kg/cm <sup>2</sup> versus el tiempo días.....	102
Figura 11. Comportamiento de los 05 grupos de muestras que relaciona la resistencia en MPa versus el tiempo en días.....	102
Figura 12. Comportamiento de la muestra que relaciona la resistencia promedio en MPa versus el tiempo en días .....	103
Figura 13. Comportamiento del costo con aditivo SIKA VISCOCRETE SC 50 en las zonas alta y baja.....	104
Figura 14. Comportamiento del costo con aditivo SIKA VISCOCRETE SC 90 en las zonas alta y baja.....	105
Figura 15. Diferencia de costo entre aditivo SIKA VISCOCRETE SC 50 y SIKA VISCOCRETE SC 90.....	105

## RESUMEN

La presente investigación se propone resolver el siguiente problema general: ¿Cuál es la incidencia de la incorporación del aditivo SIKA VISCOCRETE SC - 90 en las propiedades físicas-mecánicas del shotcrete a emplear en el tajeo 500 – acceso 534 Unidad de producción Andaychagua - Volcan Compañía Minera S.A.A 2018?, planteándose como objetivo general: Evaluar la incidencia de la incorporación del aditivo SIKA VISCOCRETE SC - 90 en las propiedades físicas-mecánicas del shotcrete a emplear en el tajeo 500 – acceso 534 Unidad de producción Andaychagua - Volcan Compañía Minera S.A.A 2018, y como hipótesis a contrastar: La incorporación del aditivo SIKA VISCOCRETE SC - 90 inciden directamente en las propiedades físicas-mecánicas del shotcrete a emplear en el tajeo 500 – acceso 534 Unidad de producción Andaychagua - Volcan Compañía Minera S.A.A 2018.

La metodología de investigación está basada en el método científico de tipo aplicada y de nivel descriptivo-correlacional.

Y como conclusión general producto de la investigación se formula que: Con la incorporación del aditivo SIKA VISCOCRETE SC - 90 en el concreto pre mezclado, se mejoró las propiedades físicas debido a las propiedades plastificantes, y respecto a las propiedades mecánicas el aditivo mostro valores superiores respecto al aditivo SIKA VISCOCRETE SC – 50 hasta en 2.8 MPa, este incremento a 3 horas de haber sido extraído la muestra.

**Palabras claves:** Aditivos, propiedades físicas, mecánicas y shotcrete.

## **ABSTRACT**

The present investigation proposes to solve the following general problem: What is the incidence of the incorporation of SIKA VISCOCRETE SC - 90 additive in the physical - mechanical properties of the shotcrete to be used in the tajeo 500 - access 534 Andaychagua Production Unit - Volcan Company Mining 2018?, considering as a general objective: To evaluate the incidence of incorporation of the SIKA VISCOCRETE SC-90 additive in the physical-mechanical properties of the shotcrete to be used in the tajeo 500 - access 534 Andaychagua Production Unit – Volcan Company Mining 2018, and as a hypothesis to be tested : The incorporation of SIKA VISCOCRETE SC - 90 additive directly affects the physical - mechanical properties of the shotcrete to be used in the tajeo 500 - access 534 Andaychagua Production Unit - Volcan Company Mining 2018. The research methodology is based on the scientific method of applied type and descriptive-correlational level.

And as a general conclusion product of the research it is formulated that: With the incorporation of the SIKA VISCOCRETE SC - 90 additive in the pre - mixed concrete, the physical properties were improved due to the plasticizing properties, and with respect to the mechanical properties the additive showed higher values with respect to SIKA VISCOCRETE SC-50 additive up to 2.8 MPa, this increase to 3 hours after the sample was extracted.

**Keywords:** Additives, physical properties, mechanical and shotcrete.

## **INTRODUCCIÓN**

En el presente trabajo de investigación titulado “INCIDENCIA DE LA INCORPORACIÓN DEL ADITIVO SIKA VISCOCRETE SC 90 EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS-MECÁNICAS EN SHOTCRETE”, se plantea la hipótesis que con la incorporación del aditivo SIKA VISCOCRETE SC - 90 se podrá evaluar las propiedades físicas y mecánicas que mejora la resistencia del shotcrete, empleado en la unidad minera como sistema de sostenimiento; para el desarrollo de esta investigación la tesis se dividió en cuatro capítulos los que se detallan a continuación:

En el capítulo I, se plantea y se formula los problemas tanto generales y específicos, de igual manera los objetivos, la justificación e hipótesis.

El capítulo II trata de los antecedentes tanto nacionales como internacionales, bases teóricas y la definición de términos básico.

La metodología que se emplea para la investigación tanto el método como tipo y nivel se aborda en el capítulo III.

El capítulo IV se expone los resultados donde se realiza la discusión y un análisis comparativo con otras investigaciones.

Para finalizar se exponen las conclusiones y recomendaciones para concluir con los anexos.

El Autor

## **CAPITULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

#### **1.1. Planteamiento y formulación del problema**

##### **1.1.1. Planteamiento del problema**

Volcan Compañía Minera S.A.A. explota la Mina Andaychagua con el método de explotación Corte y relleno Descendente Mecanizado (under cut and Fill), utilizando como sostenimiento lozas cementadas (Relleno hidráulico cementado) Actualmente se tienen problemas con el tiempo de fragua del concreto pre mezclado (shotcrete) y con la consistencia de dicha mezcla. Este efecto se debe, a que planta ALTRON trasega la mezcla a los equipos mixer en pésimas condiciones ya sea porque no controlan la dosificación al momento de prepararlo y/o por el tipo de aditivo que se está utilizando que acelera el tiempo de fragua (4 horas). Así mismo este concreto pre mezclado (shotcrete) no tiene

buena adherencia con el macizo rocoso debido a la filtración de agua que se presenta en las labores, produciendo craquelamiento del shotcrete y un espesor menor a 2”.

Actualmente la mina Andaychagua, está realizando ensayos con un nuevo aditivo llamado SIKA VISCOCRETE SC que mejora la consistencia de la mezcla e incrementa el tiempo de fragua.

### **1.1.2. Formulación del problema.**

#### **Problema general**

¿Cuál es la incidencia de la incorporación del aditivo SIKA VISCOCRETE SC - 90 en las propiedades físicas-mecánicas del shotcrete a emplear en el tajeo 500 – acceso 534 Unidad de producción Andaychagua - Volcan Compañía Minera S.A.A. 2018?

#### **Problemas específicos.**

- a. ¿Cuál es la incidencia de la incorporación del aditivo SIKA VISCOCRETE SC - 90 en las propiedades físicas del shotcrete a emplear en el tajeo 500 – acceso 534 Unidad de producción Andaychagua – Volcan Compañía Minera S.A.A. 2018?
- b. ¿Cómo influye la incorporación del aditivo SIKA VISCOCRETE SC - 90 en la resistencia a la compresión simple del shotcrete a emplear en el tajeo 500 – acceso 534 Unidad de producción Andaychagua - Volcan Compañía Minera S.A.A. 2018?

- c. ¿Cuál es la dosificación del aditivo SIKA VISCOCRETE SC - 90 que influyen en las propiedades físicas-mecánicas del shotcrete a emplear en el tajeo 500 – acceso 534 Unidad de producción Andaychagua - Volcan Compañía Minera S.A.A. 2018?
- d. ¿Cuáles son los costos del aditivo SIKA VISCOCRETE SC - 90 que influyen en las propiedades físicas-mecánicas del shotcrete a emplear en el tajeo 500 – acceso 534 Unidad de producción Andaychagua - Volcan Compañía Minera S.A.A. 2018?

## **1.2. Objetivos.**

### **1.2.1. Objetivo general.**

Evaluar la incidencia de la incorporación del aditivo SIKA VISCOCRETE SC - 90 en las propiedades físicas-mecánicas del shotcrete a emplear en el tajeo 500 – acceso 534 Unidad de producción Andaychagua - Volcan Compañía Minera S.A.A. 2018

### **1.2.2. Objetivos específicos.**

- a. Determinar la incidencia de la incorporación del aditivo SIKA VISCOCRETE SC - 90 en las propiedades físicas del shotcrete a emplear en el tajeo 500 – acceso 534 Unidad de producción Andaychagua - Volcan Compañía Minera S.A.A. 2018.
- b. Analizar la influencia de la incorporación del aditivo SIKA VISCOCRETE SC - 90 en la resistencia a la compresión simple del shotcrete a emplear en el tajeo 500 – acceso 534 Unidad de producción Andaychagua - Volcan Compañía Minera S.A.A. 2018.

- c. Determinar la dosificación del aditivo SIKA VISCOCRETE SC - 90 que influyen en las propiedades físicas-mecánicas del shotcrete a emplear en el tajeo 500 – acceso 534 Unidad de producción Andaychagua - Volcan Compañía Minera S.A.A. 2018.
- d. Estimar los costos del aditivo SIKA VISCOCRETE SC - 90 que influyen el shotcrete a emplear en el tajeo 500 – acceso 534 Unidad de producción Andaychagua - Volcan Compañía Minera S.A.A. 2018.

### **1.3. Justificación e importancia**

#### **1.3.1. Justificación metodológica**

Para el desarrollo de la presente tesis se recopilará la información de muestreo de campo y gabinete con metodologías propias del investigador que puede servir de base para otras investigaciones similares.

#### **1.3.2. Justificación social**

La tesis se justifica socialmente ya que con el desarrollo de la investigación se solucionarán problemas del sostenimiento de las labores mineras y por consiguiente se brindará mayor seguridad a los trabajadores de la comunidad minera.

### **1.4. Hipótesis de la investigación**

#### **1.4.1. Hipótesis general**

La incorporación del aditivo SIKA VISCOCRETE SC - 90 incide significativamente en las propiedades físicas-mecánicas del shotcrete a emplear

en el tajeo 500 – acceso 534 Unidad de producción Andaychagua - Volcan Compañía Minera S.A.A. 2018.

#### **1.4.2. Hipótesis específicas**

- a. La incorporación del aditivo SIKA VISCOCRETE SC – 90 mejora las propiedades físicas del shotcrete a emplear en el tajeo 500 – acceso 534 Unidad de producción Andaychagua - Volcan Compañía Minera S.A.A. 2018.
- b. La incorporación del aditivo SIKA VISCOCRETE SC - 90 influye en la resistencia a la compresión simple del shotcrete a emplear en el tajeo 500 – acceso 534 Unidad de producción Andaychagua - Volcan Compañía Minera S.A.A. 2018.
- c. La dosificación del aditivo SIKA VISCOCRETE SC - 90 influye en las propiedades físicas-mecánicas del shotcrete a emplear en el tajeo 500 – acceso 534 Unidad de producción Andaychagua - Volcan Compañía Minera S.A.A. 2018.
- d. La adición del aditivo SIKA VISCOCRETE SC - 90 influyen directamente en los costos del shotcrete a emplear en el tajeo 500 – acceso 534 Unidad de producción Andaychagua - Volcan Compañía Minera S.A.A. 2018.

### **1.5. Descripción de variables**

#### **1.5.1. Variable Independiente**

**X1:** ADITIVO SIKA VISCOCRETE SC – 90

Indicadores:

- Dosificación
- Costos

### **1.5.2. Variable dependiente**

**X0: SHOTCRETE**

## 1.6. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	Definición de variable	Definición operacional		
		Dimensiones	Sub dimensiones	Indicadores
<b>V. I.</b> ADITIVO SIKA VISCOCRETE SC – 90	Es un aditivo para concreto lanzado - shotcrete, concreto convencional y mortero específicamente desarrollado para incrementar el tiempo de trabajabilidad. Está diseñado para producir concretos que necesitan mantener la fluidez por varias horas.	➤ Aditivo para concreto lanzado	➤ Propiedades físicas	%
			➤ Tiempo de Trabajabilidad.	➤ Propiedades mecánicas
				➤ Dosificación
				➤ Costos
<b>V.D.</b> SHOTCRETE	El shotcrete consiste en hormigón o mortero diseñados para ser proyectados mediante equipos mecánicos con aire a presión con resistencias y trabajabilidades según requerimientos. Algunas propiedades importantes del shotcrete son la consistencia adecuada y la resistencia temprana en su estado fresco (sobre todo para el soporte de excavaciones subterráneas), y la resistencia a la compresión y durabilidad en su estado endurecido.	➤ Hormigón o mortero colocado por proyección neumática	➤ Resistencia a la compresion.	Mpa

Fuente: Elaboración Propias

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes del problema

En la investigación "*Caracterización de Morteros con Adición de Combinaciones de Microsilice y Nanosilice*" realizado el 2008 tuvo el siguiente objetivo principal y la conclusión. (11)

El objetivo principal de este estudio es caracterizar experimentalmente las propiedades mecánicas y físicas de un mortero tratado con adiciones de nanosilice, microsilice y combinaciones de ambas. Esta caracterización se realiza en forma práctica mediante ensayos de laboratorio y una caracterización microscópica superficial.

Conclusiones, Las propiedades estudiadas corresponden a la trabajabilidad, densidad, resistencia mecánica a la flexotracción y compresión. Se analiza como varían estas características con el uso de los aditivos silicios, se entregan las dosis óptimas, comportamiento patrones, etc. Se establece que ambos productos introducen mejoras, pero queda claramente establecida las amplias ventajas de la nanosilice en el

mejoramiento de estas características. La aplicación en conjunto de estos aditivos obtiene mejores resultados, otorga otras características al mortero que no la obtenemos con el uso de estos en forma separada.

En la investigación titulada “*Sostenimiento con Shotcrete Vía Húmeda en la Mina Cobriza*” realizado el año 2008, tuvo el siguiente objetivo principal y las conclusiones. (12)

El Objetivo fue determinar el uso del shotcrete con fibras como un método, seguro para el sostenimiento a corto plazo, y la conclusión fue de los cuadros de ensayo de las muestras podemos concluir que para ambas fibras se usaron las mismas propiedades (la dosificación, el slump) y se ensayaron las muestras el mismo día, asegurándose que las condiciones climáticas eran las mismas; cumpliendo así con las condiciones de ensayo.

En la investigación titulada “*Optimización del sostenimiento con shotcrete usando desmonte zarandeado como agregado, en la construcción de la rampa principal – Marsa*” realizado el año 2012, llegó a las siguientes conclusiones (13):

El Objetivo principal de la investigación fue optimizar el sostenimiento de la Rampa Patrick III – marsa, con la implementación del uso de desmonte zarandeado como agregado para el concreto proyectado en un tipo de roca IIIB y que pueda ser utilizado en futuras labores que van a utilizar shotcrete como sostenimiento.

Las conclusiones son, con referencia al agregado con desmonte zarandeado es óptimo para el para el lanzamiento del shotcrete vía húmeda; cumple con los requisitos y las pruebas de resistencia practicadas a las muestras:

- Con el porcentaje de rebote de 2% mayor del shotcrete con desmonte zarandeado aun es rentable su utilización ya que se logra obtener un costo mucho más bajo que con el agregado de cantera
- El rebote es de 11% un valor aceptable en relación con el costo es mucho más económico que comprar o trasladar agregado de una cantera
- El modelo diseñado para el sostenimiento con shotcrete permite un alto rendimiento en el proyectado, por ende, el avance lineal planificado se cumple.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Compañía Minera Volcan S.A.A - U.P. Andaychagua**

#### **2.2.1.1. Ubicación**

La Compañía Minera Volcan S.A.A. - Unidad de Producción  
Andaychagua se encuentra ubicada en:

- Anexo: San José de Andaychagua
- Distrito: Huayhuay
- Provincia: Yauli
- Región: Junín
- Ubigeo: 120803
- Latitud Sur: 11° 45' 2.4" S (-11.75066413000)
- Longitud Oeste: 76° 0' 40.8" W (-76.01133506000)
- Coordenadas UTM
  - Este : 388 000
  - Norte : 8 704 000
  - Altitud : 4449 msnm

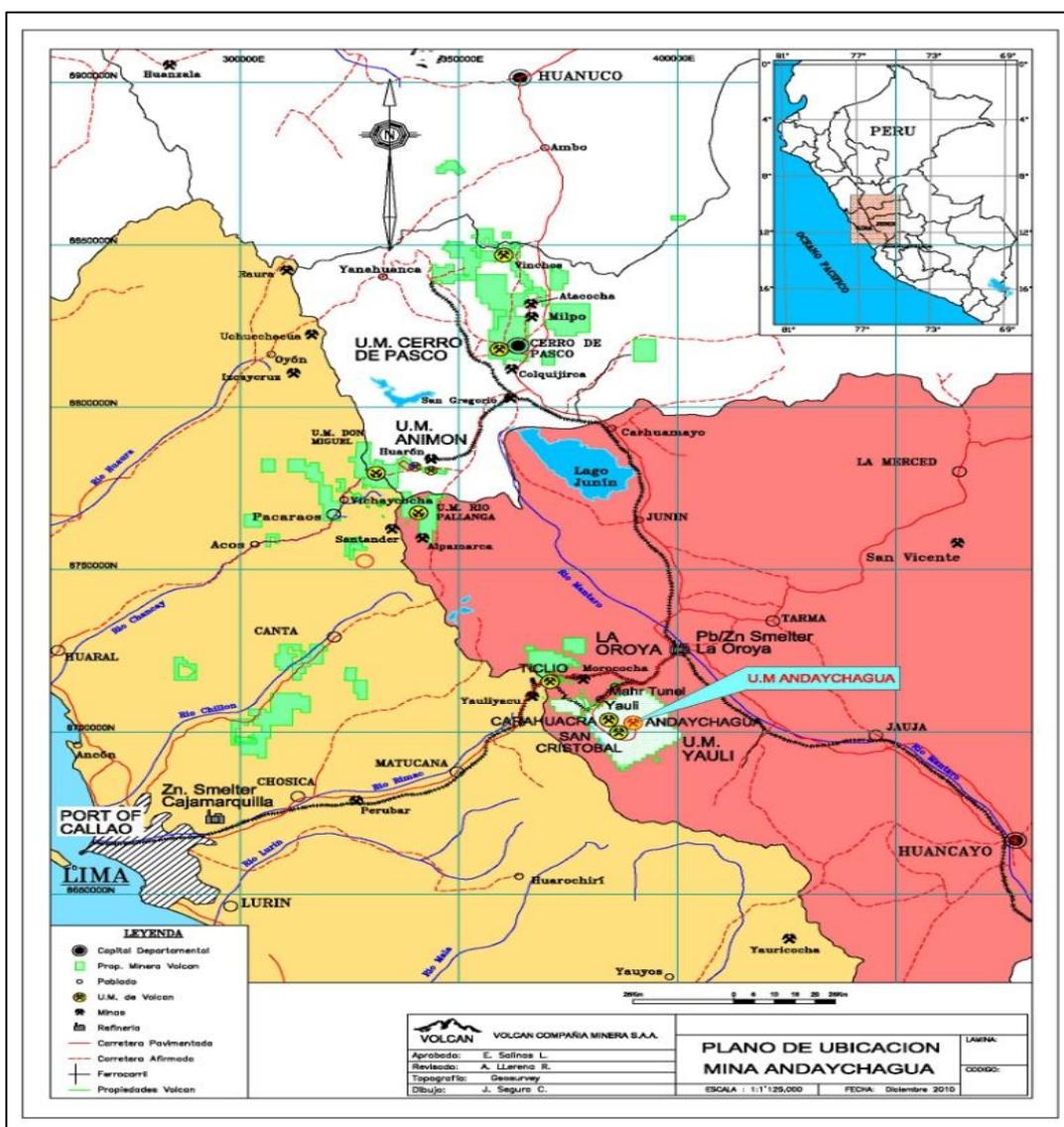
### 2.2.1.2. Accesibilidad

La compañía minera es accesible desde Lima a través de:

**Tabla 1.**  
*Accesibilidad Lima - Andaychagua*

Ruta	Km.	Tiempo	Tipo de acceso
Lima – Cut Off	156	4 hr.	Vía asfaltada
Cut Off – San Cristobal	27	1 hr.	Vía afirmada
San Cristobal - Andaychagua	12	0.5 hr.	Vía afirmada
<b>TOTAL:</b>		<b>5.5 hr.</b>	

Fuente: Elaboración propia



**Figura 1.** Mapa de ubicación de San José de Andaychagua  
Fuente: Reservas y Recursos minerales Andaychagua, 2013, pág. 12

### 2.2.1.3. Fisiografía

Fisiográficamente se ubica en el flanco este de la cordillera occidental de los Andes Centrales Peruanos e inmediatamente al oriente de la Divisoria Continental y se extiende hasta las primeras planicies de la meseta Inter cordillerana, la altitud promedio es de 4600 msnm.

El paisaje dominante en el sector occidental es típicamente glaciar, se observan picos de modelado agreste coronados por glaciares con altitudes de 5277 msnm en Chumpe y 5361 en el Nevado Pullca al SW del domo, valles glaciares en “U” discurren en dirección NW y SE controlados por las estructuras de rumbo andino, valles colgados menores son frecuentes en dirección perpendicular a ellos.

Los valles de Yauli, Lacsacocha - Huayhuay y Suitucanchoa son también de origen glaciar, están controlados por las estructuras anti andinas (NE-SW) y son los de mayor extensión y en ellos desembocan los valles de dirección NW-SE, finalmente estos desembocan a la cuenca del Valle del Mantaro convirtiéndose en valles fluviales juveniles. Abundantes morrenas laterales y terminales destacan en el paisaje, lagunas escalonadas de origen glaciar se desarrollan al pie de los nevados. De la parte media del domo hacia el este la topografía se muestra más suavemente ondulada disectada por algunas quebradas no muy profundas, iniciándose aquí la zona de la Altiplanicie Inter cordillerana.

#### **2.2.1.4. Clima y vegetación**

El clima de la zona es generalmente frío y seco, como corresponde a la región Puna, con presencia estacional de grandes precipitaciones pluviales, se reseña las condiciones climáticas tomadas de los estudios y monitoreo anteriormente desarrollados por el área de medio ambiente:

- Temperatura máxima 17°C.
- Temperatura promedio en verano 15°C.
- Temperatura promedio en invierno 10°C.
- Velocidad del viento máxima de 36 km/h.
- Evaporación de 3,3 cc/hora.

Durante los meses comprendidos entre noviembre y abril se producen grandes precipitaciones pluviales, nevadas y granizadas. En los meses de mayo a octubre las condiciones son de sequía.

#### **2.2.1.5. Reseña histórica**

“Volcan Compañía Minera S.A.A. es una empresa minera diversificada y un importante productor global de zinc, plata y plomo. Las primeras operaciones de la Empresa se dieron en el año 1943 como Volcan Mines Company, con las minas Ticlio y Carahuacra y la Planta Victoria. En la década de los años 90, y como resultado de diferentes privatizaciones en el país, el gobierno peruano licitó ciertas áreas mineras y los activos relacionados. Se adquirieron muchas de ellas, las cuales crecieron a paso acelerado. En 1997, Volcan

Compañía Minera S.A. adquirió, mediante subasta pública internacional, la Empresa Minera Mahr Túnel S.A., propietaria de las operaciones mineras Mahr Túnel, San Cristóbal y Andaychagua, y de las Plantas Mahr Túnel y Andaychagua, por la suma de US\$ 127 777 777, con un compromiso de inversión adicional por US\$ 60 millones, que se cumplió en el tercer año. Esta adquisición marcaría el inicio del proceso de expansión de la Empresa, el cual dio como resultado un crecimiento de 400% en su producción. En 1998 se dio un proceso de fusión entre ambas compañías, creándose Volcan Compañía Minera S.A.A., su actual razón social.

En 1999, Volcan Compañía Minera S.A.A. adquirió de Centromin Perú, mediante subasta pública internacional, la Empresa Minera Paragsha S.A.C. por US\$ 62 millones, además de un compromiso de inversión de US\$ 70 millones y asumió una deuda de US\$ 20 millones que tenía Centromin Perú con el Banco de Crédito del Perú. La adquisición incluyó la operación minera Cerro de Pasco y ocho (08) pequeñas Centrales Hidroeléctricas: Baños I, II, III y IV y Chicrín I, II, III y IV, las mismas que sumaban 7.5 megavatios (MW). Esta adquisición convirtió a Volcan Compañía Minera S.A.A. en la compañía minera de zinc más grande del Perú.

En el año 2000, se adquirió Empresa Administradora Chungar S.A.C., así como Empresa Explotadora de Vinchos Ltda. S.A.C., propietarios de las minas Animón y Vinchos, respectivamente. Esta compra tuvo un precio total de US\$ 20 millones, además de 16

millones de acciones Clase B de Volcan. Con esta adquisición se incorporaron dos (02) Centrales Hidroeléctricas adicionales: Francois y San José II, con un total de 2.2 MW. En el año 2004 se iniciaron las operaciones en la mina de plata Vinchos, llegando a producir hasta el 31 de diciembre de 2009 más de 6 millones de onzas finas de plata.

En el año 2006 Volcan adquirió la mina Zoraida, de Minera Santa Clara y Llacsacocha S.A. En el 2007 adquirió el 100% de Compañía Minera El Pilar, propietaria de la mina El Pilar contigua a la mina y tajo de Cerro de Pasco. En ese mismo año, inició exploraciones en el proyecto de cobre Rondoní de Compañía Minera Vichaycocha. En el año 2009, Empresa Administradora Chungar S.A.C. amplió la capacidad de la Central Hidroeléctrica Baños IV con la incorporación de un grupo generador Francis de 3.3 MW con una inversión de US\$ 7 millones, sumando en ese entonces 13 MW de potencia instalada hidroeléctrica.

En el 2010 Volcan adquirió también Compañía Minera San Sebastián, cuyas concesiones mineras se ubican en las cercanías de Cerro de Pasco. El 27 de enero de 2011, la Junta General de Accionistas de Volcan Compañía Minera S.A.A. aprobó la “reorganización simple” de la Unidad Minera Cerro de Pasco. La reorganización tuvo como objetivo que cada unidad minera gestione de manera independiente las mejoras en sus resultados operativos a través de la reducción de costos y la búsqueda del crecimiento. Como resultado, Volcan Compañía Minera S.A.A. recibió acciones que

representan el 99.99% del capital social de Empresa Administradora Cerro S.A.C., la cual es ahora una de las subsidiarias de Volcan. El 26 de enero de 2012, en el marco de una emisión internacional de bonos bajo la Regla 144A y la Regulación S de la United States Securities Act de 1933, se llegaron a colocar bonos corporativos por hasta US\$ 600 millones, por un plazo de 10 años y a una tasa de interés fija anual de 5.375%. Cabe mencionar que la demanda total del valor ascendió a US\$ 4,809 millones.

El 29 de febrero de 2012, Volcan Compañía Minera S.A.A y Sociedad Minera Corona S.A. (SMC) suscribieron el contrato definitivo de compraventa por el 100% de las acciones de titularidad de SMC en la empresa Hidroeléctrica Huanchor S.A.C., de 19.63 MW, con lo que estas acciones fueron transferidas a favor de Volcan, quien pagó la suma de US\$ 46.7 millones. En julio de 2012, Empresa Administradora Chungar S.A.C. culminó la construcción y puso en operación la Central Hidroeléctrica Baños V, situada en el valle del río Chancay-Huaral, con una capacidad de generación de 9.2 MW, con lo cual la Unidad Minera Chungar quedó 100% autoabastecida a dicha fecha con energía renovable.

La inversión total de Baños V fue de US\$ 24 millones. Desde el año 2000, adicionalmente a realizar las compras arriba mencionadas, la Empresa se enfocó en integrar todas las compañías adquiridas, poniendo especial énfasis en la reducción de costos y en el incremento de sus reservas y recursos. Bajo el liderazgo del Dr.

Roberto Letts Colmenares, presidente del directorio hasta su fallecimiento en el año 2010, Volcan expandió sus operaciones, logrando ser en la principal productora de plata y plomo del Perú y la segunda mayor productora de zinc.

Asimismo, se convirtió en una de las principales diez productoras de plata, plomo y zinc a nivel mundial. Volcan Compañía Minera S.A.A. es una empresa minera que se constituyó por escritura pública el 1 de febrero de 1998, extendida ante el Notario Dr. Abraham Velarde Álvarez, proveniente de la fusión de Volcan Compañía Minera S.A. y Empresa Minera Mahr Túnel S.A., inscrita ante el Registro Público de Minería en el asiento 1, ficha 41074 en la partida 11363057 del Registro de Personas Jurídicas de Lima. La Empresa se dedica a la exploración, explotación y beneficio de minerales por cuenta propia y de subsidiarias, correspondiéndole la extracción, concentración y tratamiento.

La comercialización de todos los productos y concentrados es hecha por Volcan. Sus actividades están enmarcadas en el código CIUU No 1320 – Extracción de minerales metalíferos no ferrosos. La duración de la empresa es de carácter indefinido, limitado a la disposición de reservas de mineral lo cual, a su vez, puede variar en función de las inversiones que se efectúen en exploraciones y de los resultados de estas.

Hoy Volcan Compañía Minera S.A.A. cuenta con 359,685.83 hectáreas en concesiones mineras, 08 Minas y 06 Plantas de

Tratamiento. Volcan Compañía Minera S.A.A. es una corporación que cotiza en la Bolsa de Valores de Lima, en la Bolsa de Comercio de Santiago de Chile y en la Bolsa de Madrid de Latibex.” (2)

#### **2.2.1.6. Geología regional**

El distrito minero de Andaychagua está localizado en la parte Sur-Este de una amplia estructura regional de naturaleza dómica (Figura 2), que abarca casi íntegramente los distritos de Morococha, San Cristóbal y Andaychagua, esta estructura inicialmente fue, denominada "Complejo Domal de Yauli" (J.V. Harrison, 1,943) y en el presente se le denomina "Domo de Yauli".

#### **2.2.1.7. El Domo de Yauli.**

“El Domo de Yauli está constituido por varias unidades litológicas cuyas edades van desde el Paleozoico Inferior hasta el Cretáceo Inferior (Figura 2) arregladas en una serie de anticlinales y sinclinales de ejes aproximadamente paralelos.

El depósito mineral de Andaychagua se localiza en el llamado "Anticlinal de Chumpe", cuyo eje se alinea en dirección N45°W, mostrando doble hundimiento hacia el NW y hacia el SE. Intrusivos de composición ácida, intermedia y básica, han cortado y/o son paralelos a la secuencia estratigráfica del Anticlinal de Chumpe.” (1)

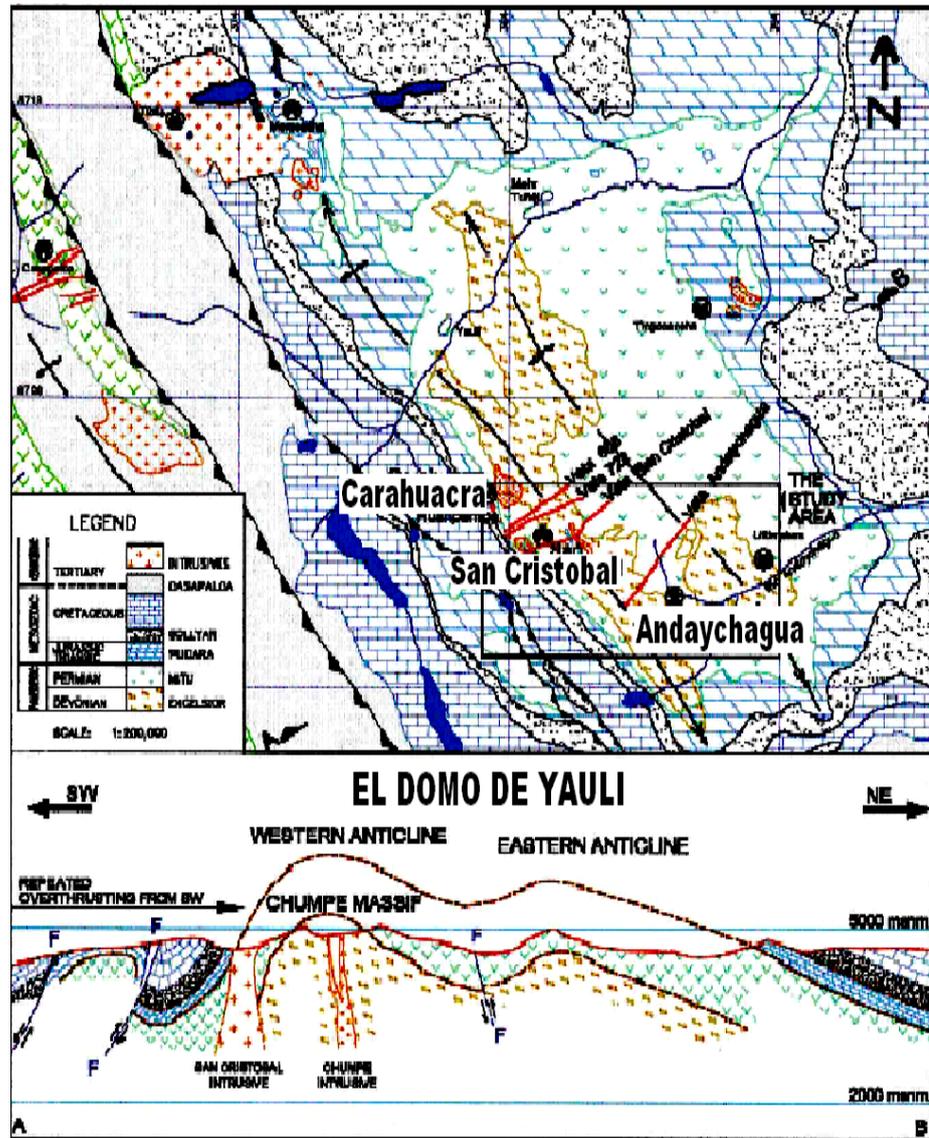


Figura 2. Domo de Yauli

Fuente: Reservas y Recursos minerales Andaychagua, 2013, pág. 13

### 2.2.1.8. Estratigrafía

En el área de Andaychagua se conocen las siguientes unidades litológicas (Fig. 3).

#### a. Silúrico - Devónico

##### Grupo Excelsior

Las rocas más antiguas que afloran en el área son las del Grupo Excelsior y conforman el núcleo del Anticlinal de Chumpe.

La potencia total de este grupo es desconocida; sin embargo, J. V. Harrison (1,943) determinó una potencia de 1,800 m. para una secuencia equivalente en los alrededores de Tarma. Este Grupo está constituido por lutitas, pizarras, esquistos, Volcánicos verdes, tufos, calizas y filitas.

En los extremos de la veta Andaychagua se encuentran filitas fuertemente replegadas con lentes de cuarzo, los cuales son interpretados como el resultado del metamorfismo regional. Las filitas se presentan finamente estratificadas, mientras que los lentes de cuarzo presentan mayor espesor generalmente en los núcleos de pequeños anticlinales.

## **b. Pérmico**

### **Grupo Mitu**

Las rocas del grupo Mitu, yacen discordantemente sobre las filitas Excélsior. Este Grupo parece tener dos facies: una sedimentaria de ambiente continental y otra Volcánica denominada "Volcánicos Catalina".

### **Volcánicos Catalina**

Constituyen la parte superior del Grupo Mitu. En la mina Andaychagua, están constituidos por derrames y brechas andesíticas; en la mina Toldorrumi, por aglomerados, derrames, brechas y tufos de composición dacítica.

En la Mina Andaychagua, entre la veta Andaychagua y ramal Sur, se encuentra una brecha andesítica con valores altos de plata, distribuidos muy irregularmente dentro de ella.

En la Mina Toldorrumi, los aglomerados supra yacen a las dacitas, brechas Volcánicas y tufos. En las cercanías a las vetas Catalina y Polonia los Volcánicos se hallan meta somatizados e intercalados.

La edad del Grupo Mitu, fue considerada como del Carbonífero Superior (Mc Laughlin 1,940) y posteriormente asignado al Pérmico.

**c. Jurásico**

**Grupo Pucará**

Sobre los volcánicos Catalina, en discordancia erosional, se emplaza una inter estratificación de calizas y tufos, (Tajo Toldorrumi) que parecen pertenecer a la Formación Condorsinga del Grupo Pucará; toda esta secuencia tiene un rumbo promedio de N 45° W y buzamiento de 50° al SW.

**d. Cretácico Inferior**

**Grupo Goyllarisquizga**

Sobre las calizas Condorsinga, yacen en aparente conformidad, las areniscas Goyllarisquizga. Este grupo consiste en areniscas de color amarillento, localmente con apariencia cuarcita.

El Grupo Goyllarisquizga, ha sido atribuido al Cretácico Inferior Valanginiano-Aptiano (Mc Laughin, 1,924).

**e. Cretácico Superior**

**Grupo Machay**

Sobreyaciendo concordantemente a las rocas del Grupo Goyllarisquizga se encuentran las calizas del Grupo Machay, no definiéndose cual o cuales de las formaciones de este grupo son las que afloran en el área; sin embargo, por su litología, calizas, calizas dolomíticas, margas y lutitas gris oscuras, se podría considerar tentativamente que se trata de las formaciones Chulec y Pariatambo. La potencia de este grupo varía entre 250m. y 300m.

ESTRATIGRAFIA		FORMACIONES SEDIMENTARIAS	FORMACIONES IGNEAS	MINERALIZACIONES
EDAD CUATERNARIO		Sedimentos no consolidados	Cuellos de basalto a travez de todas las formaciones	
CRETACICO SUPERIOR GPO. MACHAY		Calizas blancas, fosiliferas	Basalto	
CRETACICO INFERIOR GPO. GOYLLAR		Lutitas rojas	Basalto	
JURASICO GPO. PUCARA		Areniscas	Diorita + gabro (Benavides 1970)	Mineralización estratoligada con Ba, Mn.
		F. Cond. Calizas blancas y amarillas, brechas calcáreas y de chert.	Capas tufáceas	
		Calizas laminadas con yeso	Basalto	Mineralización estratoligada de Zn, Pb, Fe, Cu, Ba, Mn.
		F. Aram. Calizas arenosas		
PERMICO GPO. MITU		F. Cham. Brechas y areniscas de erosión	Volcánicos/Volcanoclásticos morados.	Alteración hidrotermal con mineralización de veta de W, Sn, U, Bi, Cu, Zn, Pb, Ag, As, Sb
		Brechas y areniscas de erosión	Intrusivo intermedio (Tipo Carahuacra Andaychagua E)	
		Filitas	Intrusivo ácido (Tipo Chumpe)	Mineralización estratoligada Ni, Co.
DEVONICO GPO. EXCELSIOR		Mármoles fosilíferos	Volcánicos/Volcanoclásticos básicos.	Mineralización estratoligada de Cu, Zn, Pb, Fe.
		Cuarcitas		

H.W. Hobe

(A) (B) DISCORDANCIAS  
 \* Posición estratigráfica no establecida

**Figura 3.** Columna estratigráfica

Fuente: Reservas y Recursos minerales Andaychagua, 2013, pág. 16

## B. Intrusivos

En el distrito minero de Andaychagua, ocurren dos tipos de intrusivos: ácidos y básicos

Los intrusivos ácidos están representados por el intrusivo de Chumpe que forma el pico más alto de Andaychagua y se ubica a lo largo de la zona axial del anticlinal que lleva también el nombre de Chumpe. Existe una serie de diques irregulares, casi paralelos, con buzamientos verticales que parecen ser apófisis del intrusivo Chumpe, uno de ellos está emplazado en el área de Toldorrumi entre las rocas de los Volcánicos Catalina y del grupo Pucará (extremo de la veta Polonia); este intrusivo está constituido por cuarzo diorita.

Entre las calizas del grupo Pucará (área de Toldorrumi), está emplazado un sil constituido por una dacita porfirítica.

Los Intrusivos básicos afloran en el área de Andaychagua, dentro de los Volcánicos Catalina; se trata de una intrusión de gabro de forma elipsoidal, cuya dimensión es 250 m x 70m la cual ha sido desplazada por la falla Andaychagua.

### **C. Plegamiento**

El domo de Yauli está conformado por una serie de anticlinales y sinclinales, de los cuales, los anticlinales de Chumpe y de Yauli son los más importantes; sus ejes tienen un rumbo que varían entre N 35° y 40°O.

El anticlinal de Chumpe es considerado como el extremo SO del Domo de Yauli, donde la mayor acción del plegamiento ha

tenido lugar; en estas zonas las pizarras del grupo Excélsior han sido levantadas en su mayor extensión.

El anticlinal de Chumpe, en su dimensión mayor, de NO a SE, tiene aproximadamente 16 Km. mientras que en su dimensión menor presenta 4 km. aproximadamente. El flanco occidental tiene un buzamiento de 55° al SO, mientras que el flanco oriental buza 30° al NE. El núcleo de este anticlinal está formado por rocas del Grupo Excélsior; el flanco occidental está compuesto por calizas Pucará y areniscas Goyllarisquizga; en el flanco oriental se extienden las rocas del Grupo Mitu por varios kilómetros y sobre éstas las del Grupo Pucará.

#### **D. Fractura miento**

Toda la fractura miento en el área de Andaychagua, es el resultado de las mismas fuerzas compresivas e intrusiones que dieron lugar a la formación del Domo de Yauli. Alrededor y dentro del anticlinal de Chumpe, se observan dos sistemas de fracturamiento: uno paralelo al eje del anticlinal y el otro perpendicular al mismo.

##### **a. Fracturamiento paralelo al eje del anticlinal**

Durante la formación del anticlinal de Chumpe, originado por fuerzas de compresión, los estratos inferiores de calizas resbalaron sobre los Volcánicos subyacentes dando lugar a la formación de pequeñas y repetidas fallas inversas acompañadas de pliegues de arrastre. Sobre escurrimientos y

fallas inversas encontrados al Oeste de San Cristóbal en las calizas del Grupo Pucará, pueden pertenecer a este sistema (Szekely, 1,967).

Las fuerzas tensionales, al cesar las compresivas, dieron lugar a la formación de fracturas longitudinales paralelas al eje del anticlinal de Chumpe, las cuales fueron posteriormente rellenadas por los diques de alaskita que ocurren en el núcleo de dicho anticlinal.

#### **b. Fracturamiento Perpendicular al eje del Anticlinal**

Posteriormente a la formación de las fracturas paralelas al eje del anticlinal, se formó un conjunto de sistemas de fracturas más o menos perpendicular a dicho eje y limitadas fracturas de cizallamiento oblicuas al mismo.

Las fracturas perpendiculares al eje del anticlinal se distribuyen a uno y otro lado del Intrusivo Chumpe y atraviesan las rocas que constituyen esta estructura en dirección Noreste-Suroeste. En el lado Norte del intrusivo Chumpe las fracturas tienen un buzamiento de 50°-70° hacia el Sur, mientras que las que se ubican al Sur del mismo intrusivo poseen buzamiento de 50°-85° hacia el Norte.

"El fracturamiento transversal en el área de San Cristóbal, parece haber sido ocasionado por efecto del arqueamiento del anticlinal, el cual probablemente se produjo

por la acción de fuerzas compresivas que actuaron en direcciones Noreste-Suroeste, acompañadas por el empuje de abajo hacia arriba durante el emplazamiento del Intrusivo Chumpe (J.A. Pastor, 1,970)."

Asimismo, esta teoría que se adapta al conjunto de sistemas de fracturas es la que considera por esfuerzos tensionales y de cizallamiento, originando indistintamente fracturas de tensión y de cizalla con relación a los diferentes tipos de roca que conforman el flanco occidental, predominarían las fracturas de tensión en el flanco oriental (D. Bronkhorst, 1,970).

Movimientos normales acompañados de movimientos subordinados rotacionales, ocurrieron después de la formación de fracturas tensionales, lo cual puede ser comprobado por el desplazamiento que presentan los diques y algunas vetas por efecto del movimiento a lo largo de la fractura San Cristóbal (Veta Principal).

En el área de Andaychagua se observa una yuxtaposición de tectónicas y se les ha dividido en:

- **Tectónica paleozoica.-** Según F. Megard (1,947), la orogénesis Herciniana cuya actividad duró hasta el Carbonífero Inferior (Missisipiano), produjo los anticlinales de San Cristóbal (Chumpe), Morococha y de Ultimátum.

El fracturamiento longitudinal de orientación SW-NE y el ascenso del pliegue fallado (Horst) sobre la superficie marina, relacionado a la última etapa de compresión y ascensión, produjeron una actividad Volcánica extrusiva intensa que se extiende al Carbonífero Superior (Pensilvaniano), cuyos focos se localizan en la parte Oeste del bloque sumergido y a lo largo de la zona axial del anticlinal Chumpe, Morococha y Andaychagua.

La erosión profunda de los edificios Volcánicos ha puesto al descubierto en la parte Sur del Domo una serie de rocas hipabisales y cuellos Volcánicos.

La desactivación de las fuerzas orogénicas a fines del carbonífero trajo consigo una distensión con el consiguiente inicio de la epirogénesis y la formación de relieves y el hundimiento de gravens laterales.

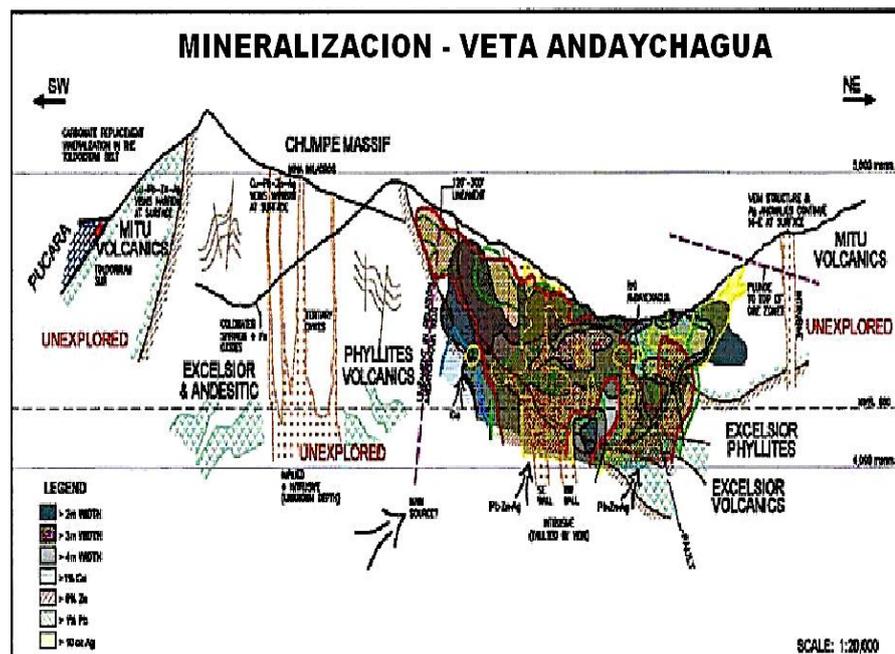
La distensión produjo fracturamiento tensional en la corteza rígida, fallamiento por gravedad y la eyección de diabasas y basaltos precedentes de magmas profundos.

- **Tectónica Post-Jurásica.**- Fue de poca intensidad; afectó a los Volcánicos Mitu y los sedimentos Pariatambo y produjo suaves ondulaciones en la cobertura sobre la cual se depositaron los sedimentos Cretácicos.

- **Tectónica Post-Cretácica.**- Desarrolló estructuras preexistentes tales como los anticlinales de San Cristóbal, Morococha y Ultimátum. Los anticlinales se intensificaron, se arquearon y se elevaron en conjunto con otras estructuras nuevas; la intensidad del plegamiento es mayor hacia el lado Oeste y Norte del Domo.

### 2.2.1.9. Mineralización

La mineralización de la veta Andaychagua está relacionada por la mineralización polimetálica Terciaria y al evento tectónico Post – Cretácico. (Figura 4)



**Figura 4.** Modelo de mineralización de la Veta Andaychagua  
Fuente: Reservas y Recursos minerales Andaychagua, 2013, pág. 19

Estudio realizado al microscopio, han determinado tres etapas de mineralización, cuyo rango es de mayor a menor temperatura:

Primera Etapa	Segunda Etapa	Tercera Etapa
Cuarzo	Luzonita	Marcasita
Pirita	Tenantita – Tetraedrita	Siderita – Rodocrosita -
Arsenopirita	Freibergita	Dolomita
Pirrotita	Boulangerita	Estibina
Esfalerita I	Polibasita	Argentita
Calcopirita I	Esfalerita II	Plata Nativa
	Calcopirita II	Baritina
	Galena	Minerales Secundarios
	Pirargirita - Proustita	

Estas etapas de mineralización nos indican que la fractura estuvo en constante movimiento, de este modo, permitió el ascenso de las soluciones y la depositación de los minerales mencionados.

Presenta textura de relleno: crustificación y brechamiento. En la textura de crustificación las leyes altas se hallan en una asociación pirita – arsenopirita – rodocrosita – plomo – zinc – plata. En la textura brechada, la asociación es cuarzo – pirita – arsenopirita – galena – esfalerita.

#### **2.2.1.10. Distribución de Cobre, Plomo, Zinc y Plata**

Observaciones de campo, de leyes de bloques y de perforaciones diamantinas, nos llevan a las siguientes conclusiones:

- a. La esfalerita se vuelve más marmatítica en la parte Suroeste de la veta; también, hay incremento de cobre y zinc cerca de los contactos andesitas – filitas y el gabro.
- b. Las concentraciones altas de zinc se encuentran cerca a los contactos andesitas – filitas, andesitas – gabro y en la unión de la veta Prosperidad con la veta Andaychagua. Estas concentraciones altas de zinc van acompañadas de arsenopirita en cantidad significativa.

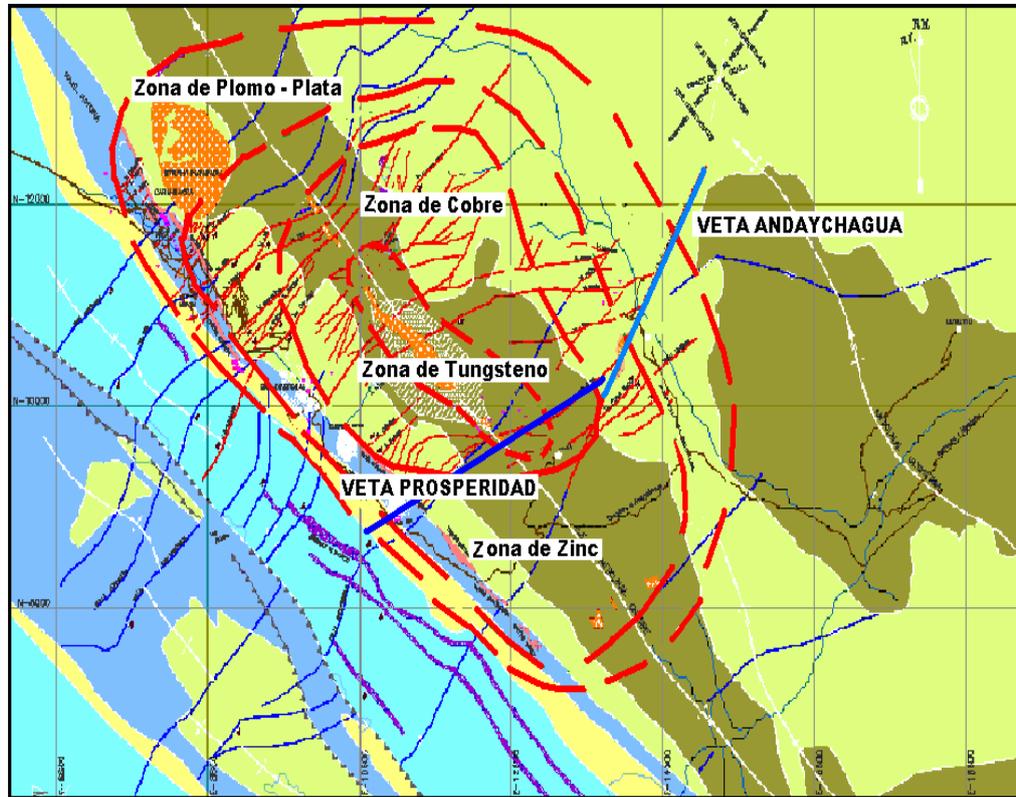
- c. Hacia el Noreste del Rio Andaychagua, la veta presenta un decrecimiento de los valores del cobre, zinc, plomo.
- d. De acuerdo con la distribución de minerales, las soluciones han sido sub horizontales con una orientación Suroeste – Noreste; consecuencia de esto, es la presencia de minerales de baja temperatura como baritina y estibina en el extremo Noreste del afloramiento y minerales de la primera etapa de mineralización en el contacto andesitas – filitas al Suroeste.

Las andesitas presentan silicificación cerca de la veta; luego sericitización, caolinización y cloritización. En el gabro, agilización cerca de la veta; después, clarificación. En las filitas algo de solidificación cerca de la veta; le sigue agilización y clarificación.

Producida la depositación de los Volcánicos (andesitas y brechas andesíticas), inyección del gabro y la formación del marco estructural, se inicia la alteración hipógena de cajas; inyección posterior de soluciones y cristalización para genética de minerales. Posteriormente se tuvo una alteración supergena de cajas y de minerales, dando lugar a minerales secundarios.

Los cambios de rumbos y buzamientos en la veta Andaychagua, controlan la mineralización presentando mejores valores cuando las cajas no son rectas. En la horizontal y en la vertical, los anchos de la veta varían de acuerdo con el cambio de rumbo y buzamiento que presentan. En las cajas y dentro de la veta se observa una brecha Volcánica de color gris oscuro de composición

heterogénea (agregados de dacita y micro clastos de filitas); la presencia de esta brecha hace que la veta se encuentre pobremente mineralizada. No es persistente en sentido horizontal ni vertical.



*Figura 5.* Zonamiento de mineralización  
Fuente: Reservas y Recursos minerales Andaychagua, 2013, pág. 21

#### **2.2.1.11. Sistema de vetas Andaychagua**

El sistema de vetas Andaychagua se encuentra al SE del intrusivo de Chumpe y en el Flanco Este del anticlinal del mismo nombre. Está Conformada por las vetas principal Andaychagua, Ramal Norte, Puca Urco, Prosperidad E/W, Esther, Milagros, Ramal Andaychagua 470E, Split Prosperidad E, Rubí, Marty, Marty II, Rosie, Martha, Sarita, Blanca, San Nicolás. Todas están emplazadas en los Volcánicos Catalina y solo las más persistentes, como la veta Principal y Prosperidad se extienden hasta las filitas en el extremo

SW. La veta de mayor importancia es la denominada Andaychagua actualmente en explotación.

La veta Andaychagua es la segunda estructura en orden de extensión conocida en el área. La longitud de la fractura es casi de 5 Km., de los cuales cerca de 3 Km. han sido mineralizados; la estructura tiene un rumbo promedio de N 30° E y un buzamiento de 72°-90° NO, a veces con buzamientos al SE. Cuando la estructura llega al contacto con las filitas, se bifurca en varios ramales que todavía no han sido bien reconocidos.

El movimiento principal a lo largo de la fractura ha sido horizontal en sentido dextral, teniendo un desplazamiento total de 200 metros. Este movimiento horizontal probablemente tuvo una componente vertical de pequeña magnitud en sentido inverso. Un movimiento rotacional mediante el cual la caja techo se ha movido en sentido de las agujas del reloj comparado con la caja piso se deduce por el desplazamiento del contacto entre los Volcánicos y filitas.

La potencia de la veta Andaychagua varía de 1.8 a 7.5 metros en sus extremos, llegando hasta 18.0 metros en su unión con la veta Prosperidad.

## **2.2.1.12. Recursos y reservas minerales**

### **2.2.1.12.1. Introducción**

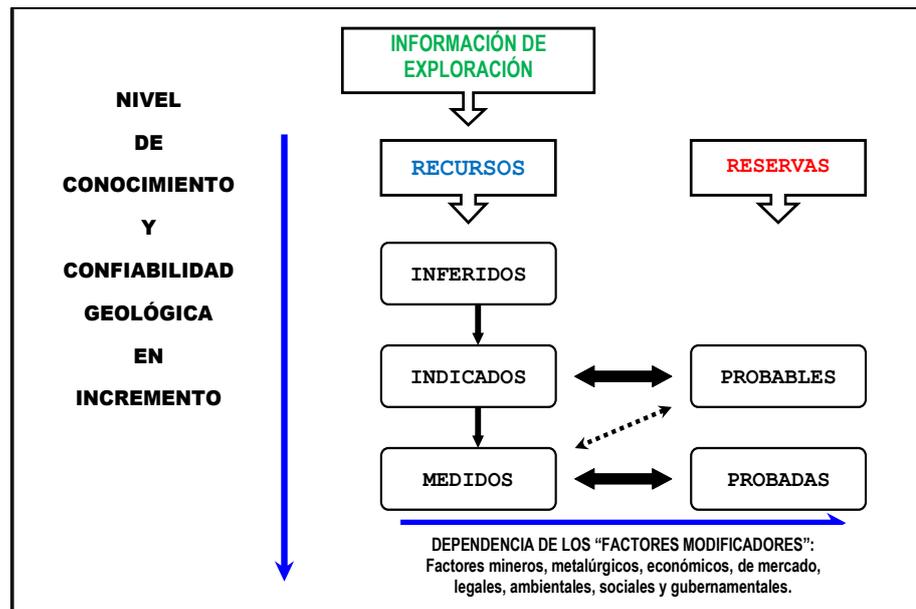
Volcan Cía. Minera S.A.A. ha adoptado como norma para los Informes de Recursos y Reservas

Minerales al Reglamento Australásico del Instituto Australásico de Minería y Metalurgia (AIMM). Este Reglamento tiene tres principios fundamentales: la transparencia, total entrega de la información pertinente, e idoneidad del personal evaluador. En este sentido se están tomando las acciones necesarias para aumentar la confianza en los estimados mediante la definición de la metodología de cada etapa y hacerlas sustentables, tan igual que a las técnicas de verificación y validación empleadas para confirmar los resultados.

En la figura se muestra la relación secuencial que existe entre la Información de Exploración, Recursos y Reservas. La clasificación de los estimados debe tomar este marco de referencia, de modo tal que reflejen los diferentes niveles de confianza geológica y los diferentes grados de evaluación técnica y económica. Conforme aumenta el conocimiento geológico, es posible que la Información de la Exploración llegue a ser lo suficiente como para estimar un Recurso Mineral. Conforme aumenta la información económica, es posible que parte del total de un Recurso Mineral se convierta en una Reserva Mineral. Las flechas de doble sentido entre Reservas y Recursos que se incluyen en la Fig.1 indican que los cambios en algunos factores podrían hacer que el material estimado se desplace de una categoría a otra.

La importancia relativa de los criterios sugeridos variará en cada yacimiento, dependiendo del ambiente geológico, restricciones técnicas, condiciones legales y normas existentes al momento de la evaluación.

### 2.2.1.12.2. Clasificación y Relación entre Recursos y Reservas Minerales



**Figura 6.** Relación entre recursos y reservas minerales  
Fuente: Reservas y Recursos minerales Andaychagua, 2013, pág. 22

### 2.2.1.12.3. Recursos minerales

Son concentraciones de materiales sólidos, líquidos o gaseosos que existen de manera natural en la corteza terrestre en forma, cantidad y calidad tales que la extracción económica de un producto, a partir de la concentración, sea actual o potencialmente factible. La ubicación, cantidad, ley, características geológicas y continuidad de un Recurso Mineral se conocen, se estiman o interpretan a partir de información; evidencias

y conocimiento geológicos específicos, con alguna contribución de otras disciplinas.

Las declaraciones de Recursos Minerales generalmente son documentos desactualizados que se ven afectados por la tecnología, la infraestructura, los precios de metales y otros factores. Según cambien estos diversos factores, el material puede entrar o salir de la estimación de Recursos. Las partes de un yacimiento que no tengan perspectivas razonables de extracción económica eventual no deben incluirse en un Recurso Mineral.

Los Recursos Minerales se subdividen, en orden de confianza geológica creciente en las categorías de Inferido, Indicado y Medido.

**a. Recurso mineral inferido**

Parte de un Recurso Mineral para el cual el tonelaje, leyes y contenido mineral pueden estimarse con un bajo nivel de confianza. Se le infiere o asume de evidencia geológica y/o de leyes asumidas, pero no verificadas. El estimado se basa en información reunida con técnicas adecuadas en lugares tales como afloramientos, zanjas, pozos, beneficios y taladros, la cual puede ser limitada o de calidad - fiabilidad incierta.

Se asume la continuidad geológica y puede o no estar respaldada por muestras representativas o evidencia geológica.

La confianza en el estimado es insuficiente como para aplicar parámetros técnicos y económicos, o realizar una evaluación económica de prefactibilidad que merezca darse a conocer al público.

#### **b. Recurso mineral indicado**

Parte de un Recurso Mineral para el cual el tonelaje, densidades, forma, características físicas, leyes y contenido mineral pueden estimarse con un nivel de confianza razonable. El estimado se basa en la información de exploración, muestreo y pruebas reunidas con técnicas apropiadas de lugares tales como afloramientos, zanjas, pozos, beneficios y taladros. Los lugares están demasiado o inadecuadamente espaciados para confirmar la continuidad geológica y de leyes, pero sí lo suficientemente cercanos como para asumirlas.

Se asume la continuidad geológica con muestras inadecuadamente espaciadas y que no permiten confirmar totalmente.

La confianza en el estimado pese a ser menor que en el caso de los Recursos Medidos, es suficientemente

alta como para aplicar los parámetros técnicos y económicos para una posible evaluación de prefactibilidad económica.

El estimado se basa en información de la exploración, muestreo e información reunida mediante técnicas apropiadas sobre afloramientos, trincheras, pozos, taladros y pruebas de beneficio.

### **c. Recurso mineral medido**

Parte de un Recurso Mineral para el cual el tonelaje, densidades, forma, características físicas, leyes y contenido mineral pueden estimarse con un alto nivel de confianza. El estimado se basa en información confiable y detallada de exploración, muestreo y pruebas reunidas con técnicas adecuadas de lugares tales como los afloramientos, zanjas, pozos, beneficios y taladros. Los lugares están espaciados con proximidad suficiente para confirmar la continuidad geológica y/o la de leyes.

Se confirma la continuidad geológica mediante muestreo adecuadamente espaciado.

La confianza en el grado de conocimiento de la geología y controles del yacimiento mineral es suficiente como para permitir la aplicación adecuada de los

parámetros técnicos y económicos como para posibilitar una evaluación de viabilidad económica.

#### **2.2.1.12.4. Reservas minerales**

Es la parte económica y legalmente extraíble de un Recurso Mineral Medido o Indicado e incluye materiales de dilución y descuentos por las mermas que pueden ocurrir durante el minado. Requiere haber efectuado evaluaciones que pueden incluir estudios de prefactibilidad considerando los factores de minado, procesamiento, metalurgia, economía, mercadeo, legales, ambientales, sociales y gubernamentales asumidos en forma realista.

El término económico implica que se ha podido establecer o demostrar analíticamente que es posible una extracción o producción rentable, bajo hipótesis definidas de inversión. Las hipótesis deberán ser razonables, incluyendo los supuestos relacionados con los precios y costos que prevalecerán durante la vida del proyecto. La evaluación dinámica de las operaciones implica que un cálculo válido efectuado en un momento dado puede cambiar significativamente cuando se dispone de nueva información.

El término legalmente implica que no debería haber incertidumbre en lo que respecta a los permisos

necesarios para el minado y el procesamiento de los minerales, ni tampoco con la resolución de asuntos legales que estuvieran pendientes.

Se reconoce que las estimaciones de reservas, siendo estas predicciones de lo que ocurrirá en el futuro (basadas en un conocimiento imperfecto del presente), tendrán cierto grado de inexactitud. Se reconoce también que diferentes técnicos que pudieran analizar los mismos datos pueden llegar a interpretaciones y conclusiones discrepantes. El hecho de que se demuestre, en una fecha posterior, que la estimación de una reserva fue inexacta debido a que no se contó con información suficiente o a que cambiaron las condiciones económicas, no significa necesariamente que la estimación se hizo de manera incompetente o fraudulenta. La información relacionada con la estimación de reservas debe tener una base sustentable y debe hacerse de buena fe.

En ciertas circunstancias, las Reservas Minerales previamente reportadas podrían revertir a Recursos Minerales. Su reclasificación no debe aplicarse cuando se prevea que los cambios serán temporales, de corta duración o cuando la Gerencia decide operar a corto plazo en forma no económica. Ejemplos de estas situaciones son la caída del precio del producto que se espera sea de

corta duración, emergencia temporal en la mina, huelga de transportes, etc.

Se subdividen en orden de confianza creciente en Reservas Probables y Reservas Probadas.

**a. Reserva mineral probable**

Es la parte económicamente extraíble de un Recurso Mineral Indicado y en algunas circunstancias de un Recurso Mineral Medido. Esta Reserva incluye los materiales de dilución y los materiales por mermas que puedan ocurrir durante la explotación. Implica evaluaciones a nivel de un estudio de pre factibilidad con las consideraciones respecto a los factores económicos modificadores; estas evaluaciones demuestran que la extracción podía justificarse razonablemente en el momento del informe.

Una Reserva Mineral Probable tiene menos confianza que una Reserva Mineral Probada y su estimado debe tener la calidad suficiente como para servir de base a decisiones sobre compromisos mayores de capital y al desarrollo final del yacimiento. Sin embargo, requiere más información para demostrar la continuidad geológica y su ley.

En ciertas circunstancias un Recurso Mineral Medido puede convertirse en Reserva Mineral Probable, debido a la incertidumbre asociada con los factores modificadores tomados en cuenta. Esta relación es indicada con línea punteada en la Fig.1 (en este caso no implica una reducción en el nivel de confianza o conocimiento geológico); en una situación así, los factores modificadores deberán explicarse fehacientemente.

#### **b. Reserva mineral probado**

Es la parte económicamente extraíble de un Recurso Mineral Medido e incluye los materiales de dilución y descuentos por mermas durante la explotación. La aplicación de la categoría de Reserva Mineral Probada implica el más alto grado de confianza en el estimado y se asume que existe suficiente información disponible para demostrar razonablemente la continuidad geológica y la ley.

Involucra efectuar evaluaciones al menos de prefactibilidad en las que se consideran las modificaciones por factores realistas de minado, metalúrgicos, económicos, mercadeo, legales, ambientales, sociales y gubernamentales. Estas evaluaciones demuestran que la extracción es viable al

momento del informe. Normalmente involucra al material que se está minando y para la cual hay un plan de mina detallado.

En ningún caso los recursos minerales Indicados podrían convertirse directamente en reservas minerales probadas.

### **2.2.1.13. Geología Estructural**

El Domo de Yauli ubicado en segmento central de la Cordillera Occidental de los Andes Peruanos es una estructura domal tectónica que abarca por el Norte desde el Paso de Anticona en la zona de Ticlio, incluye el Distrito Minero de Morococha, el Distrito Minero Carahuacra - San Cristóbal - Andaychagua y se extiende hasta la Quebrada de Suitucancha y las proximidades de la Laguna Cuancocha por el sur. La longitud siguiendo el rumbo es de 30 km y el ancho en su parte más amplia alcanza hasta 15 km y su orientación mantiene la dirección andina NNW-SSE. En el núcleo del domo se superponen las tectónicas Hercínicas y Andinas que afectan a las rocas desde el Excélsior hasta el Casapalca.

En el sector oeste del domo las formaciones jurásico-cretácicas se encuentran afectadas por pliegues apretados, fallas inversas y sobreescurrecimientos productos de los esfuerzos compresivos, incluso “decollements” con desplazamientos hectométricos (Sector Imbricado, H. Salazar, 1983). Fracturamientos antiandinos tensionales son muy desarrollados y determinan

fallamientos en bloques los que están mejor representados por las fallas del valle de Yauli y la quebrada de Suitucancho y fallamientos locales en la parte media del Domo Yauli a los que está relacionada la mineralización.

El presente Informe trata sobre el mapeo realizado solamente la parte media y sur del Domo de Yauli a partir del Valle de Yauli. No se considera el Distrito Minero Morococha-Ticlio. En esta zona, aunque la parte central o Sistema Chumpe esta mapeada solo parcial e igualmente no se incluye los prospectos conocidos como Suitucancho y Ultimatum se ha determinado los siguientes sistemas de tectónicos.

- **Sistema de Plegamientos y Fallamientos Inversos. (NW-SE)**

Este sistema que constituye el flanco oeste del Domo de Yauli es un sistema regional mucho más amplio que excede los límites del mismo, abarca las hojas de Matucana y La Oroya entre las que se emplaza parcialmente el Domo de Yauli. Constituye una franja de más de 60 kilómetros de largo por un ancho de 10 a 15 km. El azimuth es de N135 E -Sector Imbricado de H. Salazar, 1983.

En la zona de mapeo este estilo tectónico está representado por los sobreescurrecimientos de Yantayo, Pullca, Abascocha y Machaypampa que forman una franja de 5 a 7 kilómetros de ancho desde el flanco oeste del Valle de San Cristóbal -C° Machaypampa hasta el valle que conforman las lagunas de

Pomacocha inmediatamente al Este del Divortium Acuarium. Entre los fallamientos inversos que dislocan la secuencia sedimentaria desde el Pucará hasta el Jumasha se han desarrollado pliegues asimétricos tumbados hacia el este, pliegues en chevrón apretados y fallas inversas menores.

Los pliegues más representativos son el Anticlinal de C° Uco-C° Magistral y el Anticlinal de Pullca. El azimuth de estas estructuras varia de N130-150 E, con una virgación hacia el E en la zona de Abascocha que marca el extremo SW del Domo. Entre los sobreescurrecimientos se han emplazado intrusivos ácidos terciarios a los que la erosión pone en evidencia solamente sus apofisis, encajonados entre los calcáreos del Pucará y las formaciones cretáceas han generado alteraciones tipo skarn y se ha encontrado mineralización de metales base que serán expuestos en detalle en los siguientes capítulos. Estas estructuras son producto de la fase compresiva de la Orogenia Andina (Fase Incaica; Salazar 1983).

El centro del DOMO DE YAULI está afectado por los Anticlinales de Chumpe y Ultimátum cuyas implicancias son descritas en múltiples trabajos previos.

Una réplica de este sistema, pero menos desarrollados se observa en todo el flanco Este del Domo de Yauli desde el C° Condormachay en Tincocancha hasta la Qda. Permento en la esquina SE los plegamientos que son pocos y de extensión

hectométrica, los fallamientos inversos que son muy localizados y no se observan sobreescurrecimientos.

- **Lineamiento 120°**

Evidencias de campo, interpretación de fotografías satelitales y aéreas muestran un Lineamiento de azimut N120°E que cruza el DOMO DE YAULI desde Carahuacra hasta Suitucancho, pasando por Chumpe, Andaychagua y Yuracgaga-Trapiche, hacia el NW se proyecta hacia la Mina Casapalca y hacia el SE hacia el Valle del Mantaro en , esa estructura regional parece jugar un papel importante en el emplazamiento de la mineralización, actividad Volcánica paleozoica y habría estado activa sobre todo en este periodo con reactivaciones posteriores durante el Mesozoico y aún el Cenozoico.

- **Sistema de Lineamiento Norte**

Estructuras mayores de rumbo norte han sido determinadas tanto en las imágenes satélites, fotografías aéreas y el mapeo de campo. Desde el extremo NE en la quebrada Rangrapata -entre Marh Túnel y Tincocancho- se observa un fallamiento regional de rumbo norte cuya estructura principal es la falla Rangrapata que forma sinuosa pasa al oeste de Andaychagua y se proyecta hacia la laguna Lacsacocha y de allí a la zona de Abascocha; otra estructura es la falla Pachachaca-Yuracgaga, en el extremo NE es subparalela a la Falla Rangrapata, hacia el sur se proyecta hacia la Yuracgaga-Trapiche y de allí a la

zona de Yacuarumi. El azimuth promedio de este lineamiento es N02E, pero varía entre 15 y 20° tanto al este como al oeste.

Por las observaciones en las imágenes satelitales este lineamiento se proyecta hacia Junín en el norte.; estructuras paralelas a este sistema se observan en la quebrada Pucará en el norte; 15 kms al SW del Nevado Ojocata, la quebrada del río Cachupampa en la Hoja de Huarochirí parece también estar controlada por estructuras del sistema norte. Por las interrupciones que sufre el Sistema Norte que es cortado por estructuras de rumbo andino y antiandino este sería más antiguo que estas últimas.

La falla que une las quebradas de SuitucanCHA y Huayhuay tiene una clara orientación norte y se prolonga hacia el sur donde se manifiesta controlando el desarrollo de varias lagunas. Con este lineamiento coincide el emplazamiento de la mineralización de TincocanCHA al NE, Andaychagua-Yuracgaga y Pullca-Chucococha al SW, coincidentemente al piso del Manto Pelusa en Pullca se observan microvenillas de esfalerita de rumbo N15E; también en el Distrito San Cristóbal-Carahuacra ocurren vetas como en Toldorrumi Sur y San Cristóbal.

- **Sistemas Fallamientos Tensionales**

Fracturas tensionales ocurren en toda el área del Domo de Yauli como respuesta a los esfuerzos compresivos NE-SE y forman varios sistemas encontrándose mineralización ligada a algunos de ellos en los diferentes distritos. Del tratamiento

estadístico de los azimuths se ha podido diferenciar los siguientes sistemas de fracturamiento.

- **Sistema NE.** Este sistema es el más notorio por su densidad y está desarrollado en zE cuyo promedio es N82°E; ocurre con mayor notoriedad en Abascocha y Tincocancha y también en la zona central del Domo de Yauli, la veta Prosperidad entre Toldorrumi y Andaychagua es la más notoria de este sistema y se incluyen las vetas Martha y Rosie al norte de la veta Prosperidad.

#### **2.2.1.14. Alteraciones Hidrotermales**

Las alteraciones en el área de estudio obedecen a dos tipos de eventos, las alteraciones relacionadas a los cuerpos intrusivos y las alteraciones hidrotermales.

Las primeras se manifiestan en grado y amplitud variables en función de la naturaleza de la roca encajante y la dimensión de los intrusivos. Las intrusiones terciarias que se manifiestan en ambos flancos del Domo de Yauli instruyen generalmente las rocas carbonatadas del Pucará, pero también las formaciones terrígenas como el Mitu y el Casapalca. La alteración de los carbonatos varía desde una ligera recristalización, desarrollo de marmolización e incluso skarn en halos que van desde unos pocos hasta varias decenas de metros; el desarrollo de skarn está marcado por la aparición de granates, epídota, antofilita, algunos piroxenos, pirrotita, magnetita y clorita; esta alteración no ha generado mineralización de metales base,

son exoskarns secos; la mayor exposición es en Rangra al sur de la laguna Abascocha, se le ha encontrado también en Tincocancha y en la cabecera de la laguna Sorao.

En las rocas clásticas como el Mitu y el Casapalca se desarrollan halos de alteración argílica moderada y silicificación como se observa en las proximidades de la quebrada Rangrapata al W de Tincocancha donde apófisis dacíticos intruyen el Mitu.

Las alteraciones hidrotermales dependiendo de la roca encajante puede ser dolomitización débil a moderada en los carbonatos con halos variables donde a veces se manifiestan acompañadas de silicificación igualmente débil a moderada, esta alteración es generada por las mineralizaciones estratiformes en Pucará y Jumasha y por las vetas que cortan estos estratos; en el Mitu la alteración generada por la mineralización filoneana está restringida a halos no mayores de 1 o 2 metros de argilización moderada y silicificación moderada.

#### **2.2.1.15. Mineralización polimetálica**

Relacionada a los tipos de alteración antes descritos se encuentran mineralizaciones tipo skarn y mineralización hidrotermal y reemplazamientos en carbonatos en las formaciones Pucará, Chulec-Pariatambo y Jumasha. Los primeros son cuerpos de magnetita masiva, pirrotita que se desarrollan en las aureolas de skarn generados por los intrusivos ácidos en contacto con la formación Pucará, se les ubica en Tincocancha en el flanco este del DOMO DE YAULI y en

el flanco oeste en las cabeceras de la laguna Sorga controlado por el sobrecurrimento Abascocha y en Rangra al sur de la laguna Abascocha. Todas las mineralizaciones de este tipo son estériles y no muestran anomalías de metales base excepto en Tincocancha que si muestran valores anómalos de cobre contenidos en la calcopirita diseminada en la masa de magnetita-pirrotita; las otras son totalmente secas; en cuanto a sus dimensiones sus afloramientos varían entre 30 y 60 metros; se conocen afloramientos de varias decenas de metros de cuerpos de magnetita y pirrotita masivas fuera de las propiedades de Volcan, pero igualmente no muestran presencia de metales base ni preciosos.

La mineralización hidrotermal está representada primeramente por vetas emplazadas tanto en el Mitu como en la secuencia sedimentaria. Se caracterizan por vetas angostas (0.20 a 0.80 metros) con alcances horizontales de unas pocas decenas de metros y mineralización de metales base; de las diferentes zonas estudiadas solamente la zona de la Mina Yacuarumi al oeste de la Mina Suitucancha (Manuelita, Milanza y Aerolito) y relacionada a la mineralización de los prospectos agrupados en este distrito tiene interés prospectivo con posibilidades económicas.

Mineralización estratiforme de Pb-Zn se ha encontrado en las formaciones cretáceas en la zona suroeste del DOMO DE YAULI; la primera la constituyen las acumulaciones nodulares de esfalerita en un estrato calcáreo de 2.00 metros de espesor en el contacto Chúlec-

Pariatambo ubicada al noroeste de la laguna Putcacocha y al oeste de la laguna Sulltocochoa; este tipo de mineralización no ha sido conocida hasta ahora, si bien tiene una marcada importancia metalogénica no representa valores económicos por el momento.

La mineralización en el Jumasha consiste en un manto irregular cuyos afloramientos varían entre 150 y cerca de 250 metros de longitud con potencias que van desde 0.35 hasta 1.60 metros, los afloramientos están dispersos la parte sur del nevado Pullca (Norte de la laguna Sulltocochoa) hasta el flanco este del mismo con una extensión mayor a 1 km. Esta mineralización consiste en esfalerita masiva, galena, pirita en muy pocos tramos algo de cuarzo y baritina. Los valores de zinc reportados varían entre 5 y 42% debido a la pureza de la esfalerita y el promedio es de 16.77%, los valores de Pb están en 2.29%. Esta es una mineralización muy interesante por sus posibilidades económicas y la importancia metalogénica.

La mineralización en el Grupo Pucará (principal metalotecto del DOMO DE YAULI) ha sido encontrada al norte de la laguna Chucococha y está restringida a relleno de fracturas en fallas de estratificación desarrolladas por efecto del sobrecurrimiento de Pullca que cabalga el Pucará sobre el Jumasha, estas vetillas son del orden de unos pocos centímetros en un estrato de 0.30 a 0.50 metros en una amplitud no mayor de 10 metros, zonas aisladas de stockworks y vetillas discordantes se han encontrado con mineralización de Pb-Zn en forma de galena y esfalerita muy puras, cuarzo y carbonatos,

pirita se encuentra acompañando a las primeras pero también en vetillas aisladas compuestas íntegramente por ésta lo que indica por lo menos 2 pulsos de mineralización diferente superpuestos. Esta mineralización está alojada en la parte superior del Pucará mientras el piso no aflora por efecto del sobrecurrimiento antes mencionado. Tampoco esta mineralización reviste importancia económica pero sus implicancias metalogenéticas son importantes.

### **2.2.2. El hormigón proyectado o shotcrete**

“Shotcrete, de acuerdo al Instituto Americano del Concreto (ACI, por sus siglas en inglés), es definido como el mortero o concreto aplicado neumáticamente y proyectado a alta velocidad. Concreto lanzado, de acuerdo a la Federación Europea de Productores y Aplicadores de Productos Especiales para Estructuras (EFNARC, por sus siglas en inglés), es una mezcla de cemento agregado y agua proyectado neumáticamente desde una boquilla a un sitio determinado para producir una masa densa y homogénea.

El concreto lanzado normalmente incorpora aditivos y pueden incluir también adiciones de fibras (metálicas o sintéticas) o una combinación de estas. Ambos términos, concreto lanzado o shotcrete, se refieren básicamente al mismo material. La tendencia, especialmente en Europa, es referirse al producto como concreto lanzado.

En nuestro medio usamos preferentemente la terminología americana de shotcrete. Los principios aplicados a la tecnología del concreto no son diferentes en el shotcrete. Esto significa que el shotcrete debería ser diseñado aplicando

los desarrollos y recursos de la tecnología del concreto para lograr una mezcla con costos efectivos y optimizados.

Esto implica que los siguientes aspectos técnicos deberían ser considerados:

- Los materiales componentes y su composición.
- Las condiciones de aplicación (incluidos accesos y la viabilidad de los servicios, agua, aire, iluminación y ventilación).
- El método de aplicación (vía seca o vía húmeda).
- Los aspectos logísticos (principalmente su influencia en el manejo del material).
- Requerimientos de seguridad y salud.

En las líneas siguientes vamos a abordar aspectos del método de aplicación. Actualmente se utilizan dos métodos: la proyección por vía seca y la proyección por vía húmeda. En el proceso de vía seca, el agua necesaria para la hidratación del cemento es agregada en la boquilla, mientras que en el método por vía húmeda el agua se agrega en la planta dosificadora de concreto.

Ambos métodos tienen sus ventajas y desventajas, y la selección de uno u otro dependerá de los requisitos del proyecto y de la experiencia del personal encargado de ejecutarlo. Hasta hace pocos años, el método más utilizado era el de proyección por vía seca, pero en estos momentos la tendencia ha cambiado, especialmente en shotcrete para soporte de rocas.

El método dominante del futuro será el de proyección por vía húmeda debido a que ofrece un mejor ambiente de trabajo, mayor calidad, uniformidad y producción. Los desarrollos en la tecnología del shotcrete están relacionados con el proceso de vía húmeda.

Entre algunos ejemplos de adelantos recientes figuran las nuevas generaciones de adiciones y aditivos tales como el sistema de control de hidratación DELVO CRETE, el sistema de acelerantes libres de álcalis inocuos para el medio ambiente, y los métodos de última generación MEYCO ACC, el curador interno de concreto MEYCO TCC, microsílíce y nanosilicatos, y fibras plásticas.

Actualmente, un 70% del shotcrete se aplica mediante vía húmeda (más de 8 millones de metros cúbicos al año en todo el mundo), mientras que el 30% restante se aplica por vía seca. En algunas regiones del mundo predomina el método por vía húmeda (casi 100% en Escandinavia e Italia).

En el Perú, el método predominante es el de vía seca. Sin embargo, la brecha se va acortando estimándose ya que no existen registros al respecto que aún el 60 corresponde a la aplicación por vía seca, correspondiendo un importante 40% a la vía húmeda. Es importante resaltar que la primera mina en el país que apostó por el soporte de rocas por vía húmeda en sus operaciones cotidianas fue la mina Cobriza de Doe Run en mayo del 2,000.” (3)

#### **2.2.2.1. Método por vía seca**

Todo proceso tiene sus desventajas; las del método por vía seca son:

- Altos costos operativos debido al desgaste y daños en las máquinas de rotor, especialmente en los empaques de caucho y los discos de fricción. Para mantener estos costos dentro de límites razonables, es necesario configurar bien las máquinas, hacer cambios oportunos de piezas y utilizar procedimientos adecuados de pulverización.
- Otra desventaja es la formación de polvo, pero el mismo puede reducirse procurando un contenido favorable de humedad natural (o pre humidificación adecuada) y utilizando aglomerantes de polvo.
- Además de la formación de polvo en la boquilla, es necesario también prestar atención al efecto que tiene el polvo del sistema de alimentación sobre la máquina. En este particular, las máquinas tradicionales de doble cámara o la versión moderna de la Schürenberg (SBS), son ventajosas. No obstante, las máquinas de rotor pueden ser condicionadas a prueba de polvo hasta cierto punto (o incluso totalmente).
- Otro problema importante del proceso de proyección en seco es el rebote relativamente alto. Según la superficie de aplicación en cuestión (hastíales o bóveda), se pierde entre el 15 y 35% del concreto. La pérdida promedio normal es del 20 al 25%.
- Para reducir el rebote de una manera significativa, se pueden utilizar las nuevas clases de aditivos mencionados anteriormente.

El uso de microsílíce o de sistemas de control de la hidratación tales como DELVO CRETE puede ayudar, y la pérdida promedio puede reducirse hasta un 15%. Frecuentemente, se cita una desventaja más: el bajo rendimiento del equipo, aunque las máquinas modernas permiten aplicar más de 10 m<sup>3</sup>/h. Esto es algo que indudablemente no es posible lograr con aplicación manual, sino con el uso de un brazo robotizado. Por lo tanto, dado el aumento en los costos de desgaste, una producción superior a 8 m<sup>3</sup>/h resulta crítica desde el punto de vista económico.

Gracias a los muchos años de experiencia en el proceso de proyección en seco, existe actualmente un gran conocimiento sobre la técnica. Es sumamente importante asegurarse de seleccionar materiales, equipos y procedimientos de aplicación que puedan combinarse de la mejor manera posible para alcanzar resultados satisfactorios tanto en calidad como en economía.

#### **2.2.2.2. Método por vía húmeda**

Tal como se mencionó anteriormente, este método es el único utilizado en Escandinavia, Italia y en un gran número de importantes proyectos subterráneos en todo el mundo. El uso del shotcrete para aplicaciones de soporte de rocas ha aumentado en forma exponencial en los últimos 10 a 15 años, lo cual ha impulsado un intenso desarrollo del mismo.

Entre 1971 y 1980 se produjo un desarrollo impresionante del método por vía húmeda en Escandinavia, con la consiguiente

transformación total de su mercado de shotcrete. Se pasó de 100% de vía seca a 100% de vía húmeda, y la aplicación pasó de manual a robótica.

Este cambio radical ocurrió sólo en Noruega. Desde aproximadamente 1976 se ha venido agregando cada vez más la microsílíce y la fibra metálica al shotcrete fabricado por vía húmeda. Sin duda alguna los noruegos llevan la delantera en la tecnología del shotcrete fabricado por vía húmeda, tanto en teoría como en la práctica. Valdría la pena tener a este evento como referente del uso moderno del concreto lanzado para soporte de rocas.

No se sabe por qué el cambio sucedido en Escandinavia no ha ocurrido en ningún otro país. Quizás la explicación se encuentre analizando las condiciones noruegas. La mala fama de la técnica de proyección por vía húmeda se debe a los deficientes equipos utilizados y al poco conocimiento del método. Estos factores han acarreado la producción de un concreto de muy baja calidad.

Para que la mezcla circule por el equipo, se utilizaban contenidos muy altos de agua, con una relación de agua/cemento hasta de 1,0. Gracias a la tecnología actual de la industria del concreto, es totalmente factible producir shotcrete por vía húmeda que tenga una resistencia a la compresión a los 28 días superior a 60 MPa.

Actualmente, la tecnología se utiliza también en la construcción de nuevas edificaciones (en vez del método de colocación original) y en la reparación de plataformas petroleras en el

Mar del Norte. Esto es una prueba de la alta calidad del método, dados los estrictos requisitos que debe cumplir y los materiales utilizados en la construcción submarina.

**a. Economía**

La capacidad de proyección ha aumentado considerablemente desde los tiempos de maquinarias/robots de mezclado en seco, hasta los robots de vía húmeda modernos. En un turno de 8 horas, la capacidad promedio de proyección del método por vía húmeda es usualmente de 4 a 5 veces mayor que la del método por vía seca.

Si bien los costos de inversión en los nuevos robots de vía húmeda aumentaron significativamente, hubo al mismo tiempo una caída igualmente significativa del costo de colocación del shotcrete. También disminuyó uno de los principales factores de costo: el tiempo de preparación por cada ciclo.

Debido a los sistemas robóticos integrados, la aplicación del shotcrete puede comenzar a los pocos minutos de la llegada de los equipos al frente. La introducción de los perforadores hidráulicos aumentó la capacidad de perforación en un 100%. El aumento de la inversión se tradujo en menores tiempos por ciclo de perforación y voladura.

Por lo tanto, el costo del tiempo aumentó. El tiempo gastado en la operación de proyección tenía que disminuir lo máximo posible. Entonces, fue fundamental aumentar la

capacidad de aplicación de shotcrete. Asimismo, la reducción del rebote en aproximadamente un 25% tuvo importantes repercusiones económicas.

#### **b. Ambiente de trabajo**

Los operarios del proceso por vía seca estaban acostumbrados a trabajar en medio de una gran cantidad de polvo. Se emitía polvo no sólo desde la boquilla, sino también desde la máquina de proyección. Como norma general, los resultados de las mediciones de polvo en el ambiente de trabajo eran más de tres veces la cantidad permisible.

El método por vía húmeda mejoró sustancialmente las condiciones del ambiente de trabajo, trayendo consigo mayor seguridad para los trabajadores de túneles. Una de las situaciones que impulsó el desarrollo del método por vía húmeda fue el lanzamiento de concreto bajo condiciones peligrosas.

Los riesgos a la seguridad eran frecuentemente inaceptables sin un robot y sin utilizar fibras metálicas para refuerzo. Con el control remoto de los equipos era posible que el operador estuviera bajo un área previamente protegida por lo cual los riesgos de caídas de rocas involucrarían solo equipos, más no vidas humanas.

#### **c. Calidad**

Todavía se piensa equivocadamente que el método por vía húmeda no ofrece resultados de alta calidad. Lo cierto es que si se

utilizan adiciones y aditivos reductores de agua (baja relación agua/cemento) y microsílíce, se pueden obtener resistencias a la compresión de hasta 100 MPa aplicando en el concreto fabricado por vía húmeda. A diferencia del método por vía seca, el de vía húmeda ofrece una calidad constante.

#### **d. Aplicación**

Con el método húmedo se utiliza un concreto ya mezclado en planta de concreto o un mortero premezclado. El concreto se prepara de la misma forma que el concreto normal. En cualquier momento del proceso es posible inspeccionar y controlar la relación agua/cemento (y, por tanto, la calidad). La consistencia puede ser ajustada por medio de aditivos.

Con el método de vía húmeda es más fácil producir una calidad constante a lo largo del proceso de proyección. La mezcla ya lista se descarga en una bomba y se transporta a presión a través de la manguera. Al principio se utilizaban principalmente bombas helicoidales, ahora predominan las bombas de pistón. En la boquilla del extremo de la manguera, se agrega aire al concreto, a razón de 7-15 m<sup>3</sup>/min, y a una presión de 7 bares según el tipo de aplicación (manual o robot).

El aire tiene la función de aumentar la velocidad del concreto a fin de lograr una buena compactación y adherencia a la superficie. Un error común que se comete con el método de vía húmeda es utilizar cantidades insuficientes de aire. Generalmente,

se agregan entre 4 y 8 m<sup>3</sup>/min, lo cual lleva a menores resistencias a la compresión, así como también a la adherencia deficiente y rebote.

Para la proyección robotizada se requieren hasta de 15 m<sup>3</sup>/min de aire. Además de aire, se añaden acelerantes de fraguado en la boquilla. Todavía hay quien cree que no es posible obtener concreto resistente a la congelación, y que los acelerantes de fraguado empeoran la adherencia del shotcrete.

Los resultados de varios estudios, aunados a la experiencia práctica, demuestran que los acelerantes logran una mejor resistencia a la congelación debido a que producen un concreto más compacto y duradero. Asimismo, mejoran la adherencia porque evitan el escurrimiento del concreto sobre el terreno, y este se adhiere inmediatamente a la superficie.

#### **e. Ventajas**

A continuación, se expone un resumen de las ventajas del método de vía húmeda en comparación al de vía seca:

- Rebote mucho menor. Con el uso de equipos apropiados y de personal capacitado, se obtienen pérdidas normales que oscilan entre 5 y 10 %, incluso para el caso de proyección de concreto reforzado con fibras.
- Mejor ambiente de trabajo debido a la reducción del polvo.

- Capas más gruesas gracias al uso eficiente de los materiales de mezcla.
- Dosificación controlada de agua (constante, relación agua/cemento definida).
- Mejor adherencia.
- Superior resistencia a la compresión, poca variación en los resultados.
- Producción muy superior, por lo tanto, más economía.
- Uso de fibras plásticas y nuevos aditivos.

**f. Desventajas**

- Distancia de transporte limitada (máximo 300 m).
- Mayores demandas en la calidad del agregado.
- Sólo se permiten interrupciones limitadas.

**g. Resumen del método por vía húmeda**

Con la proyección a robot de superficies suficientemente grandes por vía húmeda, es posible lograr (con un operario) una producción promedio de 60 a 100 m<sup>3</sup> con rebote inferior al 10%, en un turno de trabajo de 8 horas. Al comparar los métodos seco y húmedo, puede concluirse que el primero debe ser utilizado para aplicaciones de volúmenes pequeños (por ejemplo, reparaciones) y en condiciones muy especiales (distancias largas, interrupciones repetidas, etc.), mientras que el método por vía húmeda debe utilizarse en todo trabajo de soporte de rocas.

**2.2.3. Sika Viscocrete SC 90**

### **a. Hoja Técnica**

Aditivo super-plastificante de alto desempeño y retenedor de trabajabilidad para concreto y shotcrete.

### **b. Descripción del Producto**

Sika Viscocrete SC 90 es un aditivo para concreto lanzado - shotcrete, concreto convencional y mortero específicamente desarrollado para incrementar el tiempo de trabajabilidad. Está diseñado para producir concretos que necesitan mantener la fluidez por varias horas.

No contiene cloruros.

### **c. Usos**

Sika Viscocrete SC 90 puede usarse para:

- Transporte del concreto y mortero a lo largo de grandes distancias.
- Procesos constructivos que requieran mucho tiempo para la colocación y compactación del concreto.
- Para concretos y morteros a suministrarse en obras ubicadas en lugares remotos o de elevado congestionamiento de tránsito.
- Transporte y colocación del concreto y mortero en condiciones medio ambiental es muy rigurosas, baja humedad relativa, muy alta velocidad de viento y temperaturas extremas en el concreto.
- Para elevar la permanencia del concreto y mortero en tuberías y cañerías durante el bombeo.

- Con el uso de cementos de elevada reactividad inicial, como por ejemplo ricos en aluminato tricálcico (C3A), de elevada finura o de alta resistencia.”

#### **d. Características / Ventajas**

El Sika Viscocrete SC 90 es un aditivo que basa su accionar en una combinación de efectos: eléctricos, de adsorción y de repulsión estérica, de tal manera que las partículas sólidas son efectivamente dispersadas y un alto nivel de fluidificación puede mantenerse en el tiempo con menor contenido de agua.

- Es un reductor de agua de alto rango por lo que no es necesario utilizar fluidificantes adicionales.
- El uso de Sika Viscocrete SC 90 permite la producción de concretos y morteros de alto desempeño.
- Efectividad en concretos y morteros con un amplio rango de relaciones agua/cemento (a/c) y temperaturas.
- Provee concretos y morteros de mayor estabilidad y tiempo de trabajabilidad que aquellos elaborados con dispersantes y reductores de agua convencionales.
- Compatibilidad con otros aditivos Sika.
- Retiene la trabajabilidad por más tiempo manteniendo el desarrollo de las resistencias iniciales.
- Se puede aplicar a cementos de alta reactividad, los cuales pueden conducir a una elevada rigidez inicial.

- No es necesario recurrir a un acelerante para activar la hidratación ya que no modifica sustancialmente el desarrollo del fraguado (una vez que pasa el efecto de retención de trabajabilidad).

**e. Estándares**

Cumple con la Norma ASTM C 494 Tipo G y ASTM C 1017 tipo I.

**f. Datos Básicos**

- **Colores**

- Verde tenue.

- **Presentación**

- Cilindro x 200 L
- Dispenser x 1,000 L
- A granel x 1 L

- **Condiciones de Almacenamiento / Vida Útil**

1 año en su envase original bien cerrado y bajo techo.

- **Densidad**

1,11 +/- 0,01 Kg/L

- **Consumo / Dosis**

Para aplicaciones típicas 0.5% al 2.0% del peso del material cementante.

**g. Modo de Empleo**

Sika Viscocrete SC 90 se añade en el agua de mezcla o sobre la masa del concreto.

Para asegurar la máxima eficacia se recomienda ampliar el tiempo de mezclado medio minuto más por cada metro cúbico de concreto.

Sika Viscocrete SC 90 puede usarse en sinergia con otros aditivos Sika, se recomienda apoyarse en el equipo técnico Sika.

No debe agregarse al cemento seco.

#### **h. Precauciones**

Limpie todas las herramientas y equipos de aplicación con agua inmediatamente después de su uso. Los datos técnicos indicados en esta hoja técnica están basados en ensayos de laboratorio. Los datos reales pueden variar debido a circunstancias más allá de nuestro control.

#### **i. Bases**

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

#### **j. Restricciones Locales**

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.

#### **k. Información de Seguridad e Higiene**

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene

información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

## **I. Notas Legales**

“La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que, de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual.” (4)

### **2.3. Definición de términos básicos.**

- a. Aditivo Sika Viscocrete SC 90:** Es un aditivo para concreto lanzado - shotcrete, concreto convencional y mortero específicamente desarrollado para incrementar el tiempo de trabajabilidad. Está diseñado para producir concretos que necesitan mantener la fluidez por varias horas.
  
- b. Shotcrete:** El shotcrete consiste en hormigón o mortero colocado por proyección neumática de alta velocidad desde una boquilla. Sus componentes son áridos, cemento y agua, y se puede complementar con materiales finos, aditivos químicos y fibras de refuerzo.

El shotcrete se puede realizar con equipos robotizados o manualmente, por el método de vía húmeda o vía seca. Cuál es el método más adecuado depende tanto de las dimensiones de la obra y la cantidad de hormigón a proyectar, como de las circunstancias logísticas.

Las principales aplicaciones del hormigón proyectado son el soporte y el revestimiento en la construcción de túneles, el soporte de suelo y roca en minería subterránea, canales, embalses y complejos hidroeléctricos. También es ampliamente usado para la estabilización de taludes.

Algunas propiedades importantes del shotcrete son la consistencia adecuada y la resistencia temprana en su estado fresco (sobre todo para el soporte de excavaciones subterráneas), y la resistencia a la compresión y durabilidad en su estado endurecido.

- c. Cemento:** Es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse después de ponerse en contacto con el agua. El producto resultante de la molienda de estas rocas es llamada Clinker y se convierte en cemento cuando se le agrega una pequeña cantidad de yeso para evitar la contracción de la mezcla al fraguar cuando se le añade agua y al endurecerse posteriormente
- d. Agregado:** Es un material granular (arena, grava, piedra triturada o escoria) usado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico.
- e. Agua:** Sustancia líquida sin olor, color ni sabor que se encuentra en la naturaleza en estado más o menos puro formando ríos, lagos y mares, ocupa las tres cuartas

partes del planeta Tierra y forma parte de los seres vivos; está constituida por hidrógeno y oxígeno (H<sub>2</sub>O).

Debe cumplir con los requisitos de: “Agua para el amasado de concreto” de acuerdo con la Norma NTP vigente o se seguirá la recomendación ACI: Se considera apta para la elaboración de concreto toda agua sin color apreciable, ni olor desagradable, se preferirá en general agua potable.

- f. Las fibras de refuerzo para hormigones o morteros:** Son un producto que refuerza las mezclas, lo que reduce la formación de fisuras y grietas y disminuyen la permeabilidad. Las fibras de refuerzo pueden tener diversas composiciones. En Tex Delta ofrecemos fibras para hormigones y morteros con composiciones de polipropileno o fibras de vidrio. Tienen un aditivo que las protege del desgaste de los rayos UV y también los protege contra los álcalis y ácidos del cemento. Las fibras de refuerzo se suministran en bolsas hidrosolubles para facilitar su utilización. Las fibras para hormigón y mortero se utilizan en multitud de soluciones: hormigones y morteros de alta resistencia al impacto, estructuras prefabricadas, construcción y reparación de pavimentos industriales, gunitados o proyectados mediante vía húmeda en estructuras enterradas y túneles, pavimentos, aparcamientos, soleras de hormigón, etc.
- g. Acelerante:** Aditivo líquido de acción acelerante sobre tiempo de fraguado y resistencias mecánicas del concreto. Cumple norma ASTM 494, tipo C.
- h. Plastificantes o plastificadores:** Son aditivos que suavizan los materiales a los que se añaden. Aunque se usan los mismos compuestos para plásticos que para hormigones, los efectos son ligeramente diferentes. Los plastificadores para el plástico suavizan el producto final incrementando su flexibilidad.

- i. Solera:** Parte inferior del revestimiento de un túnel sobre la cual se apoya el balasto o la vía o sobre la que se apoya la explanación que soportará la carretera.
- j. Concreto:** Es la mezcla del cemento, agregados inertes (arena y grava) y agua, la cual se endurece después de cierto tiempo formando una piedra artificial.
- k. Mezcla:** Una mezcla es un material formado por dos o más componentes unidos, pero no combinados químicamente. En una mezcla no ocurre una reacción química y cada uno de sus componentes mantiene su identidad y propiedades químicas.
- l. Rebote:** Se define como rebote de proyección, o rechazo, a la parte del shotcrete que no se adhiere a la superficie durante la aplicación, causando un desprendimiento del material
- m. Mano de obra:** Un equipo robotizado hace el trabajo equivalente de varios equipos manuales, y se maneja con menos operadores, como se opera con menos esfuerzo físico. Por lo tanto, el ahorro en gastos de mano de obra es notorio.
- n. Resistencia a la compresión:** Se define:  $F'c$  = Resistencia a la compresión de diseño del calculista y determinada con probetas de tamaño normalizado, expresada en MPa, si no se especifica su edad, se adopta que es a los 28 días.  $F'cr$  = Resistencia promedio a la compresión del concreto requerida para dosificar las mezclas, en MPa.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Método y alcance de la investigación**

##### **3.1.1. Método de la investigación**

El método empleado es el científico que está basado en la observación, toma de datos, análisis pruebas de laboratorio y síntesis del empleo de tecnologías como el aditivo SIKA VISCOCRETE SC - 90 con la finalidad de alcanzar estándares de calidad en seguridad y economía en la unidad minera. De lo antes mencionado se podrá proponer la incorporación del aditivo en la mezcla de concreto lanzado o shotcrete.

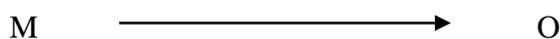
##### **3.1.2. Alcance de la investigación**

- a. **Tipo de investigación:** Es aplicado ya por medio de la investigación se pretende solucionar los problemas

- b. **Nivel de investigación:** Descriptivo-correlacional, ya que se busca en primera instancia describir el problema para correlacionar las variables. (efecto-causa)

### 3.2. Diseño de la investigación

La fase de la investigación cuasi experimental comprende la elaboración de testigos con dosificación de aditivos basados en las especificaciones técnicas proporcionada por el proveedor, de esta manera se podrá establecer los parámetros del uso de este aditivo, de la misma manera se podrá establecer el costo.



Donde:

M = muestra a observarse.

O = Observación de la variable independiente.

O = Observación de la variable dependiente.

### 3.3. Población y muestra

#### 3.3.1. Población

La población está constituida por las labores de la zona baja de la Unidad de producción Andaychagua – Volcan Compañía Minera S.A.A. 2018.

#### 3.3.2. Muestra

La muestra no probabilística para esta investigación está compuesta por el Tajeo 500 – acceso 534 Unidad de producción Andaychagua - Volcan Compañía Minera S.A.A. 2018.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.4.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos

Para la recolección de muestras se utilizó el siguiente procedimiento:

- Selección de las labores sostenidas con shotcrete (población y muestra)
- Coordinación con el departamento de geo mecánica
- Medición insitu de resistencia a la compresión
- Preparación de paneles para la extracción de testigos
- Extracción de testigos diamantinos
- Envío de testigos a laboratorio
- Ensayo de testigo en laboratorio
- Resultados de ensayos de testigos
- Análisis e interpretación de los resultados
- Formulación de conclusiones y recomendaciones

### **3.4.2. Instrumentos utilizados en la recolección de datos**

Los instrumentos que se utilizaron para el desarrollo de la investigación son los siguientes:

- Cámara fotográfica
- Martillo de Schmidt
- Equipo de laboratorio de mecánica de rocas
- Horno
- Balanza

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información**

##### **4.1.1. Propiedades Físicas de las Muestras**

El análisis de las muestras se realizó en el laboratorio de mecánica de rocas de la Universidad Continental, para lo cual se extrajo 3 testigos cilíndricos de 54.7 mm de diámetro por 54.7 mm de longitud aproximadamente.

Estas muestras fueron elaboradas con la siguiente dosificación:

- Cemento: 395 kg
- Arena: 1612 kg
- Aditivo SIKA VISCOCRETE SC 90: 2.7 kg
- Fibra metálica SikaFiber CHO 65/35 NB: 20 kg
- Agua: 179 kg
- Aditivo acelerante SIGUNIT L60: 18 kg

**Tabla 2.**  
Resultados de las propiedades físicas de los testigos

	TESTIGO 1	TESTIGO 2	TESTIGO 3	UNIDAD
Roca Inicial M.	0.277	0.253	0.352	Kg
Roca sacada del horno M. s.	0.27	0.245	0.344	Kg
Roca mojada(1h) M.sat.	0.279	0.254	0.353	Kg
Roca en la rejilla M.sub.	0.149	0.145	0.204	Kg
V (Volumen)	0.000137	0.000115	0.000157	m <sup>3</sup>
PW (Densidad del agua)	977.444	1040.000	822.785	kg/m <sup>3</sup>
Vv (Volumen de vacíos)	0.000009506278	0.000009506278	0.000009506278	m <sup>3</sup>
Sr (Grado de saturación)	1344.444	1111.111	1555.556	%
n	0.069	0.083	0.060	%
pd (Densidad seca)	1966.312	2128.000	2185.769	kg/m <sup>3</sup>
Absorción	3.333	3.673	2.616	%
p bulk	2017.290	2197.486	2236.600	kg/m <sup>2</sup>
ps (Densidad solidos)	2017.290	2197.486	2236.600	kg/m <sup>3</sup>
Gs (Gravedad especifica)	2.064	2.113	2.718	

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.1.1. Trabajabilidad del Diseño de Mezcla con Aditivo Viscocrete SC-90

- a. **Introducción:** Con el fin de mejorar su trabajabilidad del concreto fresco se realiza nuevos diseños de mezcla.
- b. **Antecedente:** El diseño de concreto con el que se cuenta en la actualidad tiene baja trabajabilidad en su estado fresco solo dura 2.5 a 3 horas. (tiempo de vida útil del concreto desde que es preparado en planta ALTRON hasta el término de lanzado).
- c. **Alternativa:** Se desarrolló pruebas con el nuevo aditivo Viscocrete SC-90 (SIKA) y se consiguió resultados más altos, favorables a la trabajabilidad del concreto en su estado fresco (baja perdida de asentamiento buena trabajabilidad).
- d. Consideraciones básicas que se tiene en cuenta para los diseños:

- i. **Economía:** Debido a que el cemento es más costoso que los agregados, muchas veces se piensa que minimizando el contenido del cemento en el concreto se minimizara el costo del concreto. En general, esto también puede ser echo del siguiente modo:
  - Utilizando el menor asentamiento que permita una adecuada bombeabilidad y colocación.
  - Y cuando sea necesario utilizando un aditivo conveniente. En este caso se realiza el nuevo diseño de mezcla utilizando un mejor aditivo con mejor performance que retarda la trabajabilidad del concreto y a un mismo costo.
- ii. **Que es Trabajabilidad:** Es aquel concreto que con facilidad puede ser bombeado y compactado apropiadamente con el equipamiento robot. Como regla general el concreto debe ser suministrado con la trabajabilidad máxima que permita una adecuada bombeabilidad y compactación del concreto lanzado.
- iii. **Resultados:** Se realizaron pruebas con dos tipos de aditivos VISCOCRETE SC-50 VS VISCOCRETE SC-90, y se recopilaron datos cada media hora realizando la prueba de asentamiento slump.

Estos datos fueron tabulados con el programa EXCEL, y se elaboraron las curvas de trabajabilidad en función a asentamiento vs tiempo.

En el grafico se puede apreciar que el aditivo VISCOCRETE SC-50 solo tiene una duración de trabajabilidad de 2.5 horas, y el aditivo VISCOCRETE SC-90 su trabajabilidad es de 4 horas.

VISCOCRETE SC 90		
TIEMPO (hr)	Hora	Slump (pulg)
0	10:00	11
0.5	10:30	11
1	11:00	10 3/4
1.5	11:30	10 3/4
2	12:00	10 3/4
2.5	12:30	10 1/4
3	13:00	9 3/4
3.5	13:30	9
4	14:00	8 1/4
4.5	14:30	7 1/4

VISCOCRETE SC 50		
TIEMPO (hr)	Hora	Slump (pulg)
0	10:10	10 3/4
0.5	10:40	10 3/4
1	11:10	10 1/2
1.5	11:40	10 1/4
2	12:10	9 3/4
2.5	12:40	7 3/4
3	13:10	3 1/2

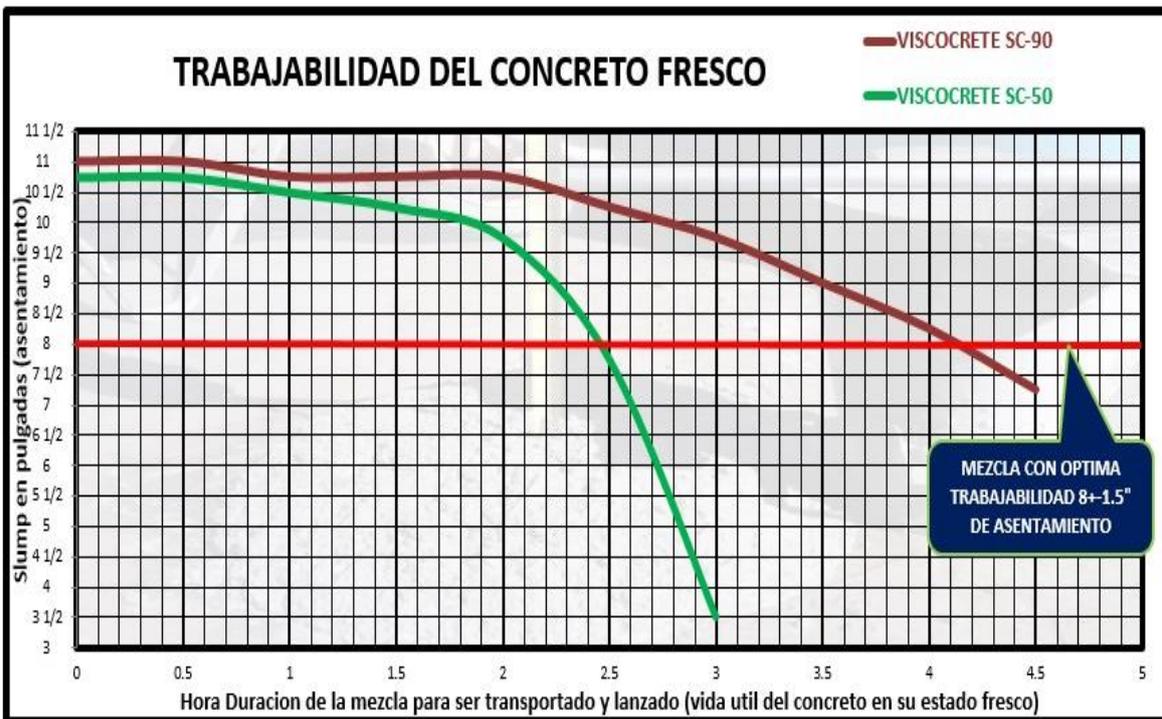


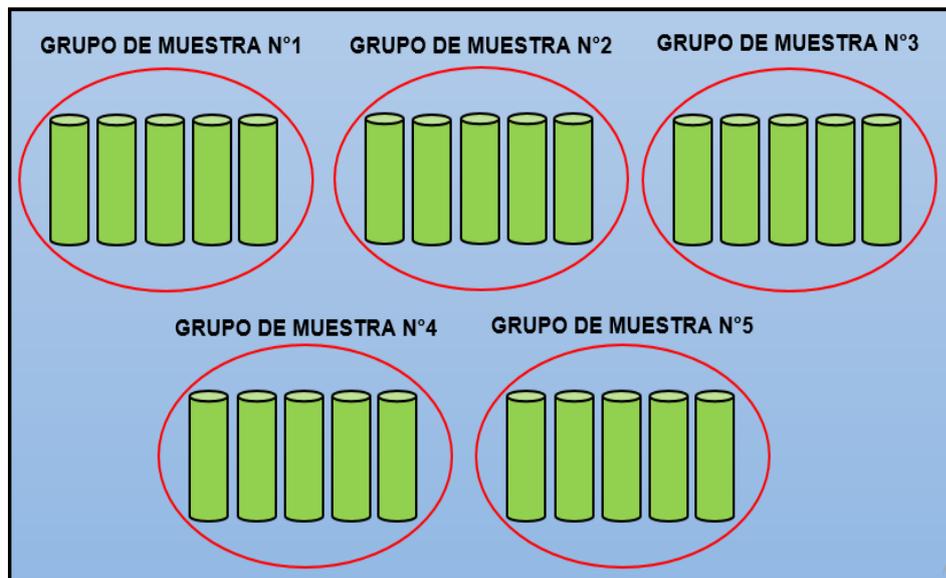
Figura 7. Trabajabilidad del concreto fresco con aditivo Viscocrete SC 50 y Viscocrete SC 90  
 Fuente: Elaboración de nuevos diseños para mina Andaychagua, 2018, pág. 2

#### 4.1.2. Análisis de las Muestras a la Compresión Simple

El análisis de las muestras se realizó en el laboratorio de la planta ALTRON, para lo cual se extrajo 5 testigos cilíndricos de 54,7 mm de diámetro por 164.1 mm de longitud, conformados por 5 grupos de muestras.

Estas muestras fueron elaboradas con la siguiente dosificación:

- Cemento: 395 kg
- Arena: 1612 kg
- Aditivo SIKA VISCOCRETE SC 90: 2.7 kg
- Fibra metálica SikaFiber CHO 65/35 NB: 20 kg
- Agua: 179 kg
- Aditivo acelerante SIGUNIT L60: 18 kg



**Figura 8.** Grupos de muestras para análisis a compresión simple  
Fuente: Elaboración propia

## Resultado de Análisis de Muestra del Grupo N° 01

**Tabla 3.**

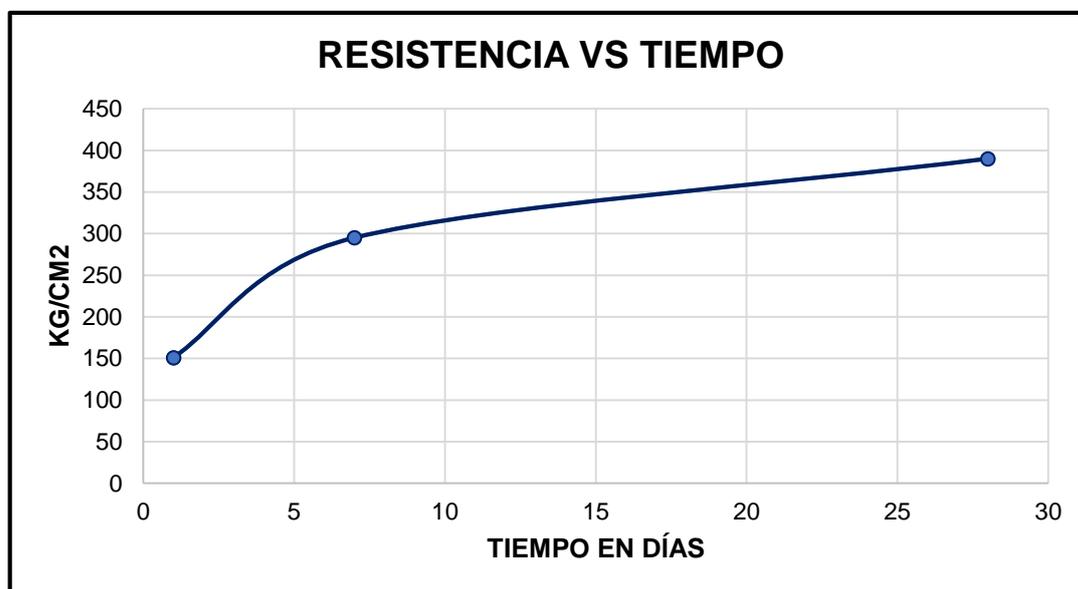
Resultado a la compresión simple de las muestras del grupo N° 1

---

<b>EXPEDIENTE N°</b>	: 2018
<b>ESTUDIO</b>	: 001C
<b>ATENCIÓN</b>	: BACH. AVILA CADILLO BRANDON O'NELL : INCIDENCIA DE LA INCORPORACIÓN DEL ADITIVO SIKAVISCOCRETE SC - 90 EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL SHOTCRETE A EMPLEAR EN EL TAJEO 500
<b>PROYECTO</b>	: ACCESO 534 UNIDAD DE PRODUCCIÓN ANDAYCHAGUA, VOLCAN 2018.
<b>UBICACIÓN</b>	: UNIDAD DE PRODUCCIÓN ANDAYCHAGUA - VOLCAN
<b>FECHA DE EJECUCION</b>	: 20 DE SEPTIEMBRE DEL 2018

---

DIAS	KG/CM2
1	151
7	295
28	390



Fuente: Elaboración propia

## Resultado de Análisis de Muestra del Grupo N° 02

**Tabla 4.**

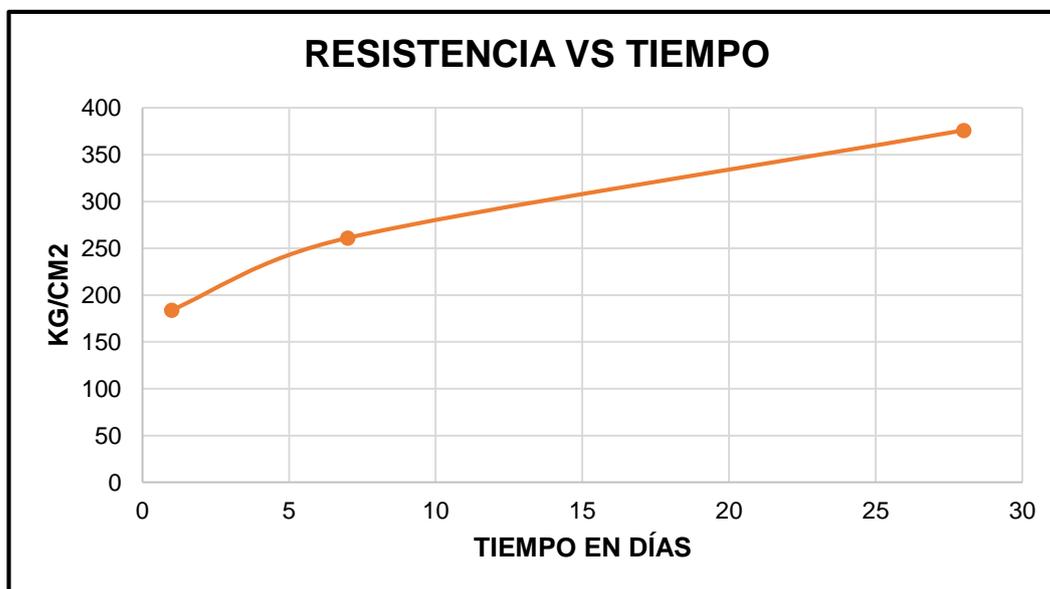
*Resultado a la compresión simple de las muestras del grupo N° 2*

---

<b>EXPEDIENTE N°</b>	: 2018
<b>ESTUDIO</b>	: 001C
<b>ATENCIÓN</b>	: BACH. AVILA CADILLO BRANDON O'NELL : INCIDENCIA DE LA INCORPORACIÓN DEL ADITIVO SIKA VISCOCRETE SC - 90 EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS -
<b>PROYECTO</b>	: MECÁNICAS DEL SHOTCRETE A EMPLEAR EN EL TAJEO 500 - ACCESO 534 UNIDAD DE PRODUCCIÓN ANDAYCHAGUA, VOLCAN 2018.
<b>UBICACIÓN</b>	: UNIDAD DE PRODUCCIÓN ANDAYCHAGUA - VOLCAN
<b>FECHA DE EJECUCION</b>	: 20 DE SEPTIEMBRE DEL 2018

---

DIAS	KG/CM2
1	184
7	261
28	376



Fuente: Elaboración propia

## Resultado de Análisis de Muestra del Grupo N° 03

**Tabla 5.**

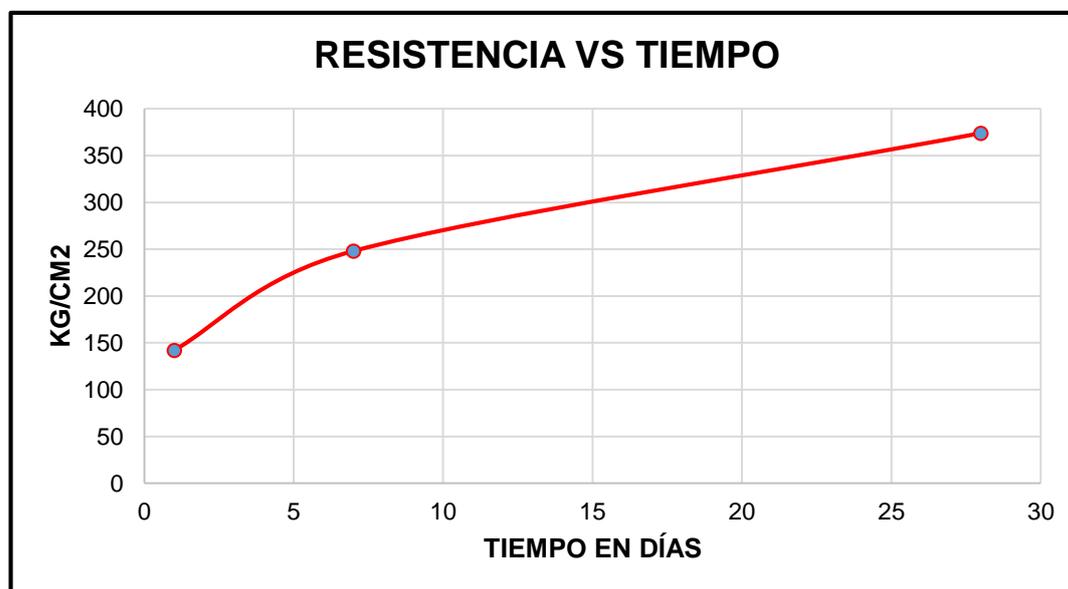
*Resultado a la compresión simple de las muestras del grupo N° 3*

---

<b>EXPEDIENTE N°</b>	: 2018
<b>ESTUDIO</b>	: 001C
<b>ATENCIÓN</b>	: BACH. AVILA CADILLO BRANDON O'NELL : INCIDENCIA DE LA INCORPORACIÓN DEL ADITIVO SIKA VISCOCRETE SC - 90 EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS -
<b>PROYECTO</b>	: MECÁNICAS DEL SHOTCRETE A EMPLEAR EN EL TAJEO 500 - ACCESO 534 UNIDAD DE PRODUCCIÓN ANDAYCHAGUA, VOLCAN 2018.
<b>UBICACIÓN</b>	: UNIDAD DE PRODUCCIÓN ANDAYCHAGUA - VOLCAN
<b>FECHA DE EJECUCION</b>	: 20 DE SEPTIEMBRE DEL 2018

---

DIAS	KG/CM2
1	142
7	248
28	374



Fuente: Elaboración propia

## Resultado de Análisis de Muestra del Grupo N° 04

**Tabla 6.**

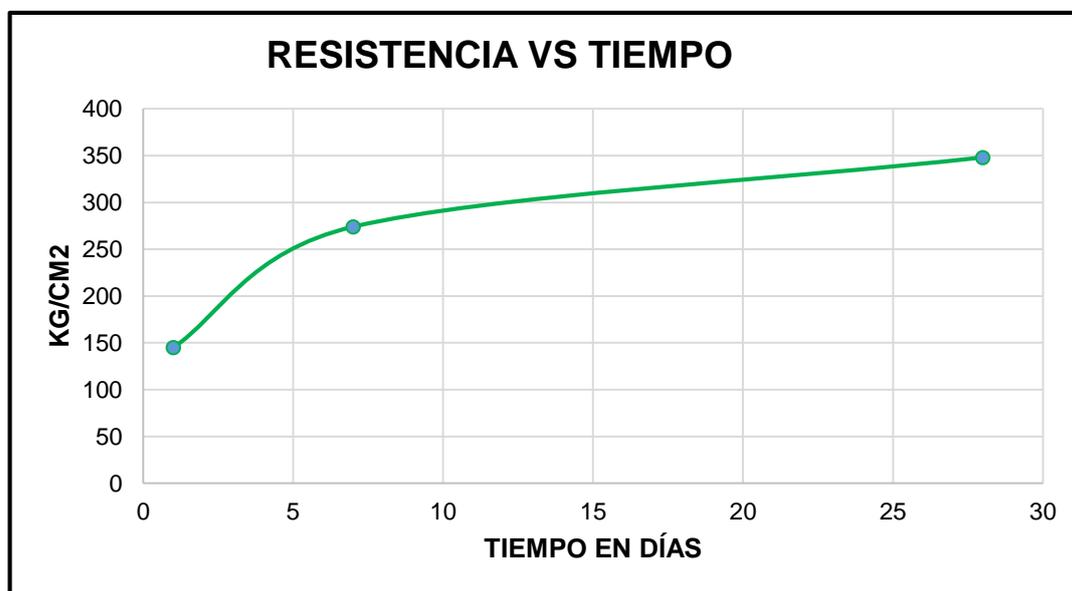
Resultado a la compresión simple de las muestras del grupo N° 4

---

<b>EXPEDIENTE N°</b>	: 2018
<b>ESTUDIO</b>	: 001C
<b>ATENCIÓN</b>	: BACH. AVILA CADILLO BRANDON O'NELL : INCIDENCIA DE LA INCORPORACIÓN DEL ADITIVO SIKA VISCOCRETE SC - 90 EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS -
<b>PROYECTO</b>	: MECÁNICAS DEL SHOTCRETE A EMPLEAR EN EL TAJEO 500 - ACCESO 534 UNIDAD DE PRODUCCIÓN ANDAYCHAGUA, VOLCAN 2018.
<b>UBICACIÓN</b>	: UNIDAD DE PRODUCCIÓN ANDAYCHAGUA - VOLCAN
<b>FECHA DE EJECUCION</b>	: 20 DE SEPTIEMBRE DEL 2018

---

DIAS	KG/CM2
1	145
7	274
28	348



Fuente: Elaboración propia

## Resultado de Análisis de Muestra del Grupo N° 05

**Tabla 7.**

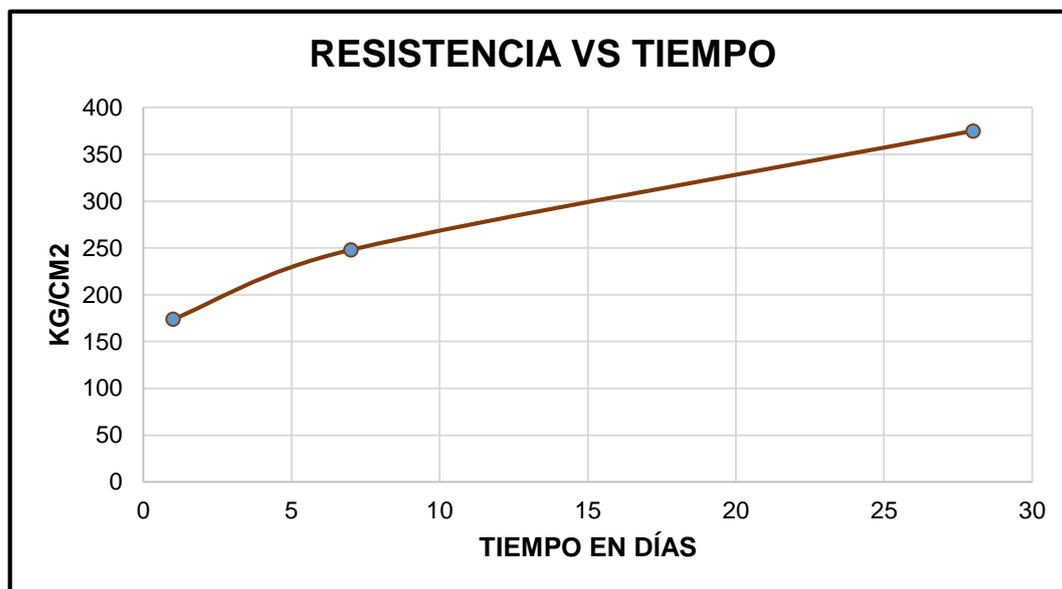
*Resultado a la compresión simple de las muestras del grupo N° 5*

---

<b>EXPEDIENTE N°</b>	: 2018
<b>ESTUDIO</b>	: 001C
<b>ATENCIÓN</b>	: BACH. AVILA CADILLO BRANDON O'NELL : INCIDENCIA DE LA INCORPORACIÓN DEL ADITIVO SIKAVISCOCRETE SC - 90 EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL SHOTCRETE A EMPLEAR EN EL TAJEO 500
<b>PROYECTO</b>	: ACCESO 534 UNIDAD DE PRODUCCIÓN ANDAYCHAGUA, VOLCAN 2018.
<b>UBICACIÓN</b>	: UNIDAD DE PRODUCCIÓN ANDAYCHAGUA - VOLCAN
<b>FECHA DE EJECUCION</b>	: 20 DE SEPTIEMBRE DEL 2018

---

<b>DIAS</b>	<b>KG/CM2</b>
1	174
7	248
28	375



Fuente: Elaboración propia

### 4.1.3. Análisis de la Dosificación del Diseño de Mezcla

#### 4.1.3.1. Diseño de Mezcla Zona Baja con Aditivo Sika Viscocrete SC 90

**Tabla 8.**

*Diseño de mezcla para shotcrete con aditivo SIKA VISCOCRETE SC 90 para zona baja*

SHOTCRETE ZONA BAJA NIVEL 1200 - 1225 - 1250 – 1300 (Tajo 500 x Acceso 534 Nivel 1250)		
ITEM	SHOTCRETE SIN FIBRA	SHOTCRETE CON FIBRA
	PESO (KG)	PESO (KG)
CEMENTO	395	395
ARENA	1627	1612
VISCOCRETE SC 90	2.7	2.7
SikaFiber CHO 65/35 NB	0	20
AGUA	176	179
ADITIVO ACELERANTE SIGUNIT L60	18	18
METRO CUBICO	1003	1003
PESO DEL CONCRETO	2228	2236

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.3.2. Diseño de Mezcla Zona Alta con Aditivo Sika Viscocrete SC 90

**Tabla 9.**

*Diseño de mezcla para shotcrete con aditivo SIKA VISCOCRETE SC 90 para zona alta*

SHOTCRETE ZONA ALTA NIVEL 800 - 900 - 950 - 1000 - 1050 - 1100 - 1150 - 1170		
ITEM	SHOTCRETE SIN FIBRA	SHOTCRETE CON FIBRA
	PESO (KG)	PESO (KG)
CEMENTO	395	395
ARENA	1625	1612
VISCOCRETE SC 90	2.5	2.5
SikaFiber CHO 65/35 NB	0	20
AGUA	176	179
ADITIVO ACELERANTE SIGUNIT L60	19	19
METRO CUBICO	1003	1003
PESO DEL CONCRETO	2227	2337

Fuente: Elaboración propia

### 4.1.4. Análisis de los Costos

#### 4.1.4.1. Análisis de Costos con Aditivo Viscocrete SC 50 para el año 2017 (Con Fibra - Sin Fibra)

## PRECIO ADITIVO \$ 3.26

**Tabla 10.**

*Precio unitario con aditivo Viscocrete SC 50 para zona baja con fibra*

PRECIO SHOTCRETE ZONA BAJA CON FIBRA NIVEL 1200 - 1225 - 1250 – 1300 (Tajo 500 x Acceso 534 Nivel 1250)						
Materias	Unidad	Cantidad	PU (S/. - Unidad)	Costo S/. - m <sup>3</sup>	Costo USD-m <sup>3</sup>	%
Cemento Andino tipo 1	Kg	395	S/. 0.385	S/. 152.08	\$ 46.65	39%
Arena Gradación 2	Kg	1612	S/. 0.036	S/. 58.03	\$ 17.80	15%
Aditivo Superplastificante VISCOCRETE SC 50	L	2.7	S/. 7.788	S/. 21.03	\$ 6.45	5%
FIBRA METALICA SikaFiber CHO 65/35 NB	Kg	20	S/. 5.131	S/. 102.62	\$ 31.48	27%
Aditivo Acelerante SIGUNIT LF60	L	18	S/. 2.970	S/. 53.46	\$ 16.40	14%
Agua	L	176	-	-	-	
				<b>S/. 387.21</b>	<b>\$ 118.78</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

## PRECIO ADITIVO \$ 3.26

**Tabla 11.**

*Precio unitario con aditivo Viscocrete SC 50 para zona baja sin fibra*

PRECIO SHOTCRETE ZONA BAJA SIN FIBRA NIVEL 1200 - 1225 - 1250 – 1300 (Tajo 500 x Acceso 534 Nivel 1250)						
Materias	Unidad	Cantidad	PU (S/. - Unidad)	Costo S/. - m <sup>3</sup>	Costo USD-m <sup>3</sup>	%
Cemento Andino tipo 1	Kg	395	S/. 0.385	S/. 152.08	\$ 46.65	53%
Arena Gradación 2	Kg	1627	S/. 0.036	S/. 58.57	\$ 17.97	21%
Aditivo Superplastificante VISCOCRETE SC 50	L	2.7	S/. 7.788	S/. 21.03	\$ 6.45	7%
FIBRA METALICA SikaFiber CHO 65/35 NB	Kg	0	S/. 0.000	S/. 0.00	\$ 0.00	0%
Aditivo Acelerante SIGUNIT LF60	L	18	S/. 2.970	S/. 53.46	\$ 16.40	19%
Agua	L	176	-	-		
				<b>S/. 285.13</b>	<b>\$ 87.46</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

## PRECIO ADITIVO \$ 3.26

**Tabla 12.**

*Precio unitario con aditivo Viscocrete SC 50 para zona alta con fibra*

SHOTCRETE ZONA ALTA CON FIBRA NIVEL 800 - 900 - 950 - 1000 - 1050 - 1100 - 1150 - 1170							
Materias	Unidad	Cantidad	PU (S/. - Unidad)	Costo S/. - m <sup>3</sup>	Costo USD-m <sup>3</sup>	%	
Cemento Andino tipo 1	Kg	395	S/. 0.385	S/. 152.08	\$ 46.65	39%	
Arena Gradación 2	Kg	1612	S/. 0.036	S/. 58.03	\$ 17.80	15%	
Aditivo Superplastificante VISCOCRETE SC 50	L	2.5	S/. 7.785	S/. 19.46	\$ 5.97	5%	
FIBRA METALICA SikaFiber CHO 65/35 NB	Kg	20	S/. 5.131	S/. 102.62	\$ 31.48	26%	
Aditivo Acelerante SIGUNIT LF60	L	19	S/. 2.970	S/. 56.43	\$ 17.31	15%	
Agua	L	179	-	-	-		
					<b>S/. 388.62</b>	<b>\$ 119.21</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

## PRECIO ADITIVO \$ 3.26

**Tabla 13.**

*Precio unitario con aditivo Viscocrete SC 50 para zona alta sin fibra*

SHOTCRETE ZONA ALTA SIN FIBRA NIVEL 800 - 900 - 950 - 1000 - 1050 - 1100 - 1150 - 1170							
Materias	Unidad	Cantidad	PU (S/. - Unidad)	Costo S/. - m <sup>3</sup>	Costo USD-m <sup>3</sup>	%	
Cemento Andino tipo 1	Kg	395	S/. 0.385	S/. 152.08	\$ 46.65	53%	
Arena Gradación 2	Kg	1625	S/. 0.036	S/. 58.50	\$ 17.94	20%	
Aditivo Superplastificante VISCOCRETE SC 50	L	2.5	S/. 7.785	S/. 19.46	\$ 5.97	7%	
FIBRA METALICA SikaFiber CHO 65/35 NB	Kg	0	S/. 0.000	S/. 0.00	\$ 0.00	0%	
Aditivo Acelerante SIGUNIT LF60	L	19	S/. 2.970	S/. 56.43	\$ 17.31	20%	
Agua	L	179	-	-			
					<b>S/. 286.47</b>	<b>\$ 87.87</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.4.2. Análisis de Costos con Aditivo Viscocrete SC 90 para el Año 2018 (Con Fibra - Sin Fibra)

### PRECIO ADITIVO \$ 3.26

**Tabla 14.**

*Precio unitario con aditivo Viscocrete SC 90 para zona baja con fibra*

PRECIO SHOTCRETE ZONA BAJA CON FIBRA NIVEL 1200 - 1225 - 1250 – 1300 (Tajo 500 x Acceso 534 Nivel 1250)						
Materias	Unidad	cantidad	PU (S/ Unidad)	Costo S/.m <sup>3</sup>	Costo USD-m <sup>3</sup>	%
Cemento Andino tipo 1	Kg	395	S/. 0.385	S/. 152.08	\$ 46.65	39%
Arena Gradación 2	Kg	1612	S/. 0.036	S/. 58.03	\$ 17.80	15%
Aditivo Superplastificante VISCOCRETE SC 90	L	2.7	S/. 8.748	S/. 23.62	\$ 7.25	6%
FIBRA METALICA SikaFiber CHO 65/35 NB	Kg	20	S/. 5.131	S/. 102.62	\$ 31.48	26%
Aditivo Acelerante SIGUNIT LF60	L	18	S/. 2.970	S/. 53.46	\$ 16.40	14%
Agua	L	176	-	-	-	
				<b>S/. 389.81</b>	<b>\$ 119.57</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

### PRECIO ADITIVO \$ 3.26

**Tabla 15.**

*Precio unitario con aditivo Viscocrete SC 90 para zona baja sin fibra*

PRECIO SHOTCRETE ZONA BAJA SIN FIBRA NIVEL 1200 - 1225 - 1250 – 1300 (Tajo 500 x Acceso 534 Nivel 1250)						
Materias	Unidad	cantidad	PU (S/ Unidad)	Costo S/.m <sup>3</sup>	Costo USD-m <sup>3</sup>	%
Cemento Andino tipo 1	Kg	395	S/. 0.385	S/. 152.08	\$ 46.65	53%
Arena Gradación 2	Kg	1627	S/. 0.036	S/. 58.57	\$ 17.97	20%
Aditivo Superplastificante VISCOCRETE SC 90	L	2.7	S/. 8.748	S/. 23.62	\$ 7.25	8%
FIBRA METALICA SikaFiber CHO 65/35 NB	Kg	0	S/. 0.000	S/. 0.00	\$ 0.00	0%
Aditivo Acelerante SIGUNIT LF60	L	18	S/. 2.970	S/. 53.46	\$ 16.40	19%
Agua	L	176	-	-	-	
				<b>S/. 287.73</b>	<b>\$ 88.26</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

## PRECIO ADITIVO \$ 3.26

**Tabla 16.**

*Precio unitario con aditivo Viscocrete SC 90 para zona alta con fibra*

SHOTCRETE ZONA ALTA CON FIBRA						
NIVEL 800 - 900 - 950 - 1000 - 1050 - 1100 - 1150 – 1170						
Materias	Unidad	Cantidad	PU (S/. Unidad)	Costo S/.m <sup>3</sup>	Costo USD-m <sup>3</sup>	%
Cemento Andino tipo 1	Kg	395	S/. 0.385	S/. 152.08	\$ 46.65	39%
Arena Gradación 2	Kg	1612	S/. 0.036	S/. 58.03	\$ 17.80	15%
Aditivo Superplastificante VISCOCRETE SC 90	L	2.5	S/. 8.748	S/. 21.87	\$ 6.71	6%
FIBRA METALICA SikaFiber CHO 65/35 NB	Kg	20	S/. 5.131	S/. 102.62	\$ 31.48	26%
Aditivo Acelerante SIGUNIT LF60	L	19	S/. 2.970	S/. 56.43	\$ 17.31	14%
Agua	L	179	-	-	-	
				<b>S/. 391.03</b>	<b>\$ 119.95</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

## PRECIO ADITIVO \$ 3.26

**Tabla 17.**

*Precio unitario con aditivo Viscocrete SC 90 para zona alta sin fibra*

SHOTCRETE ZONA ALTA SIN FIBRA						
NIVEL 800 - 900 - 950 - 1000 - 1050 - 1100 - 1150 – 1170						
Materias	Unidad	cantidad	PU (S/. Unidad)	Costo S/.m <sup>3</sup>	Costo USD- m <sup>3</sup>	%
Cemento Andino tipo 1	Kg	395	S/. 0.385	S/. 152.08	\$ 46.65	53%
Arena Gradación 2	Kg	1625	S/. 0.036	S/. 58.50	\$ 17.94	20%
Aditivo Superplastificante VISCOCRETE SC 90	L	2.5	S/. 8.748	S/. 21.87	\$ 6.71	8%
FIBRA METALICA SikaFiber CHO 65/35 NB	Kg	0	S/. 0.000	S/. 0.00	\$ 0.00	0%
Aditivo Acelerante SIGUNIT LF60	L	19	S/. 2.970	S/. 56.43	\$ 17.31	20%
Agua	L	179	-	-		
				<b>S/. 288.88</b>	<b>\$ 88.61</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

## 4.2. Discusión de Resultados

### 4.2.1. Propiedades Físicas del Shotcrete

De acuerdo al resultado del análisis de las propiedades físicas del macizo rocoso con el empleo del aditivo Sika Viscocrete SC – 90 que se muestran en la Tabla N°1 analizadas a los testigos de los cuales se puede establecer que el porcentaje promedio de porosidad = 0.070 % que muestra el cemento pre

mezclado (shotcrete) para ser lanzado ofrece ventajas debido a que el shotcrete con menor porosidad tendrá mayor resistencia a pruebas de compresión simple, respecto a la densidad del shotcrete se puede afirmar que los valores se encuentran dentro de los promedios de los materiales constituyentes de concreto lanzado; de la misma manera las propiedades plastificantes del aditivo Sika Viscocrete SC – 90 sellan los poros del concreto convirtiéndolo como un material impermeable.

#### **4.2.2. Propiedades Mecánicas del Shotcrete**

Las propiedades mecánicas analizadas en 5 muestras de testigos tabulares de dimensiones iguales a 54.7 mm de diámetro y 164.8 mm de longitud sometidas a prueba de compresión simple se puede observar el incremento de resistencia que muestra el shotcrete a medida que transcurren los días alcanzando la máxima resistencia a los 28 días con valores del orden de 372.6 Kg/cm<sup>2</sup>, estos valores se encuentran por encima de los cálculos de resistencia requeridos por la evaluación geomecánica del macizo rocoso que se tiene en ambas zonas de estudio, de acuerdo al procesamiento se requiere que la resistencia sea del orden alrededor de 350 Kg/cm<sup>2</sup>, con esto se puede demostrar que el empleo del aditivo Sika Viscocrete SC – 90 como componente del shotcrete garantiza la estabilidad de las labores mineras, por consiguiente la integridad del personal que labora en la zona alta y baja de la unidad minera Andaychagua, de igual manera se puede garantizar el óptimo desempeño de los equipos mineros.

El ingeniero MANUEL HERALDO PÉREZ BAHAMONDE, el cual hizo pruebas con adición de aditivos de nanosílice, microsílice y concluyó que con

el empleo de ambos productos se introducen mejoras, pero queda claramente establecida las amplias ventajas de la nanosílice en el mejoramiento de estas características. De igual manera se exponen los resultados de los análisis de los testigos de los expresados tanto en unidades de Kg/cm<sup>2</sup> y Mpa con las respectivas curvas que relaciona la resistencia que alcanza el concreto con la dosificación del aditivo Sika Viscocrete SC 90.

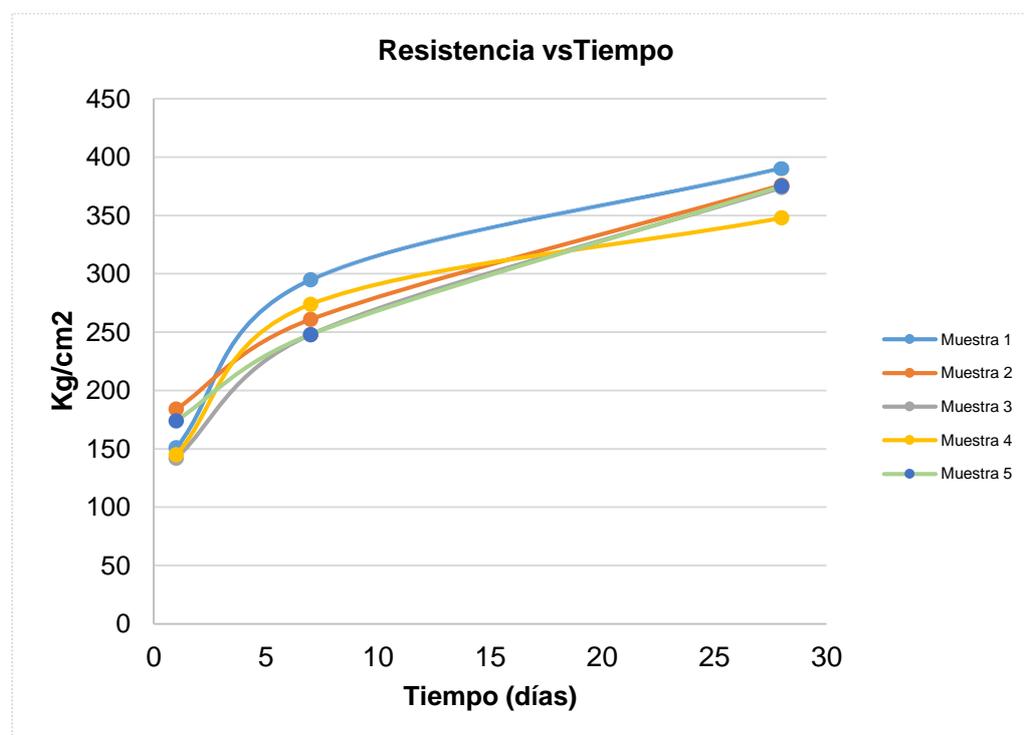
## RESULTADOS EN Kg/cm<sup>2</sup>

**Tabla 18.**

*Resultado de los 05 grupos de muestras y el promedio de la Resistencia a la compresión simple expresada en Kg/cm<sup>2</sup>*

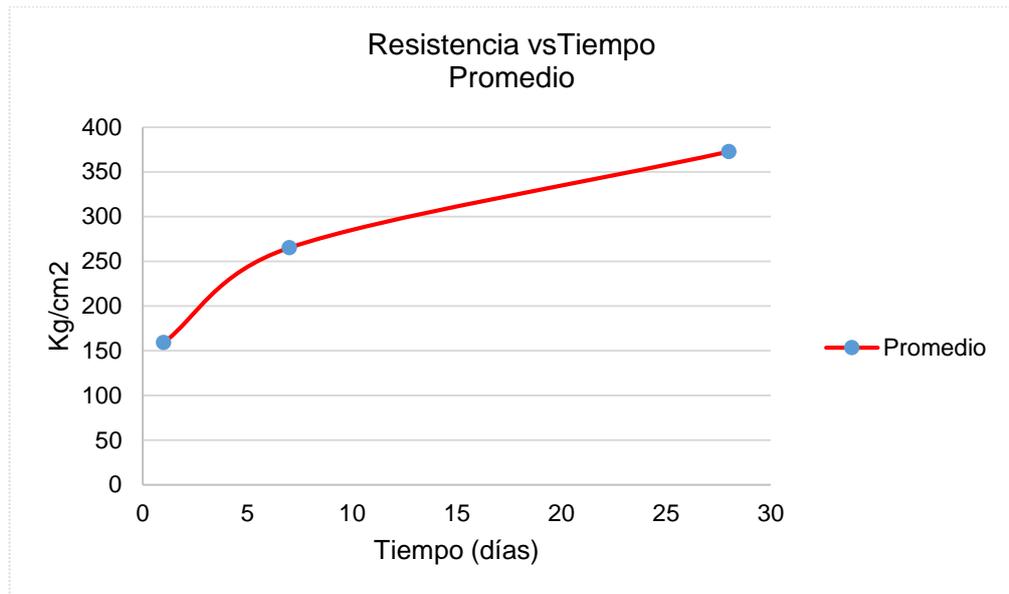
Día(s)	Kg/cm <sup>2</sup>					Promedio
	G. Muestra 1	G. Muestra 2	G. Muestra 3	G. Muestra 4	G. Muestra 5	
1	151	184	142	145	174	159.2
7	295	261	248	274	248	265.2
28	390	376	374	348	375	372.6

Fuente: Elaboración propia



**Figura 9.** Comportamiento de los 05 grupos de muestras que relaciona la resistencia en kg/cm<sup>2</sup> versus el tiempo días.

Fuente: Elaboración propia



**Figura 10.** Comportamiento de la muestra que relaciona la resistencia promedio en kg/cm<sup>2</sup> versus el tiempo días.

Fuente: Elaboración propia

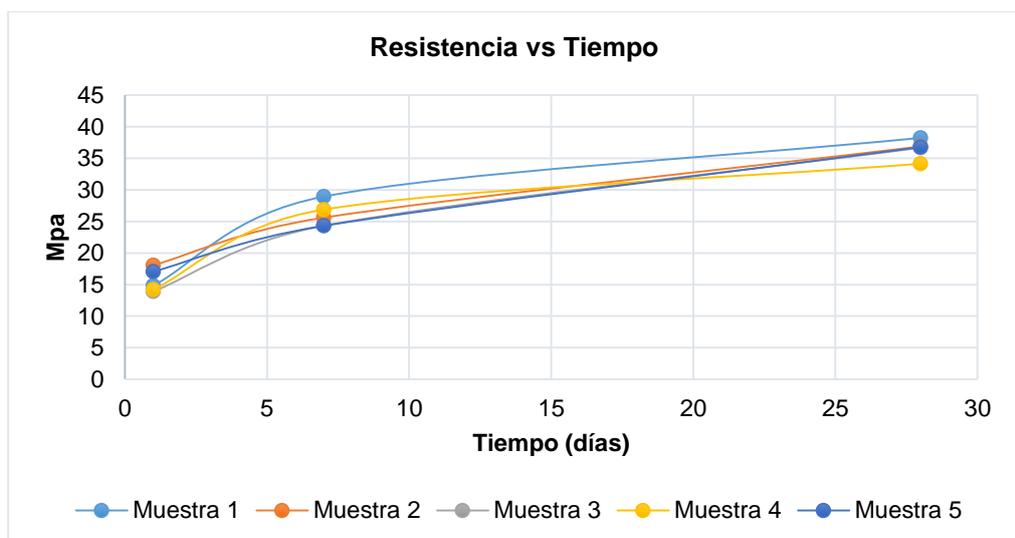
## RESULTADOS EN MPa

**Tabla 19.**

*Resultado de los 05 grupos de muestras y el promedio de la Resistencia a la compresión simple expresadas en MPa*

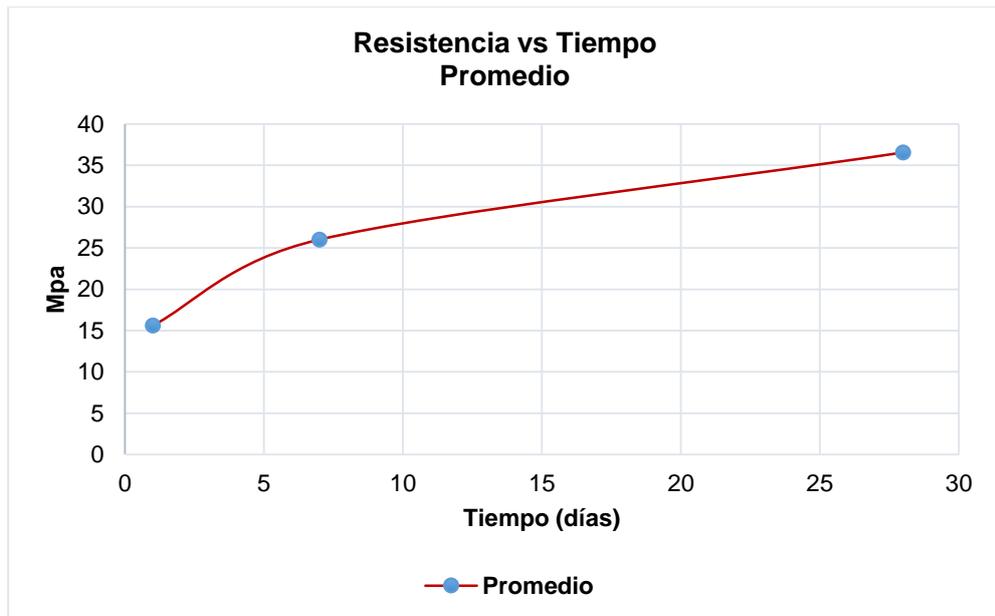
Mpa						
Dia(s)	G. Muestra 1	G. Muestra 2	G. Muestra 3	G. Muestra 4	G. Muestra 5	Promedio
1	14.81	18.04	13.93	14.22	17.06	15.61
7	28.93	25.60	24.32	26.87	24.32	26.01
28	38.25	36.87	36.68	34.13	36.77	36.54

Fuente: Elaboración propia



**Figura 11.** Comportamiento de los 05 grupos de muestras que relaciona la resistencia en MPa versus el tiempo en días

Fuente: Elaboración propia



**Figura 12.** Comportamiento de la muestra que relaciona la resistencia promedio en MPa versus el tiempo en días  
Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.3. Discusión de Resultados Relacionados a los Costos Unitarios con Aditivo Viscocrete SC 50 y Viscocrete SC 90

El análisis de costos con la adición del aditivo VISCOCRETE SC 50 en la zona alta con el empleo de fibras es del orden de 0.43 \$/m<sup>3</sup> y sin el uso de fibra es de 0.41 \$/m<sup>3</sup> esto para el año 2017.

Del mismo modo haciendo el análisis para el aditivo VISCOCRETE SC 90 en la zona alta con el uso de fibra la diferencia de precio es de 0.38 \$/m<sup>3</sup> y sin el uso de fibra es de 0.35 \$/m<sup>3</sup>.

Si se realiza la comparación entre el uso de los aditivos Sika VISCOCRETE SC 50 y Sika VISCOCRETE SC 90 el incremento del costo es del orden de 0.36 \$/m<sup>3</sup>, lo que se puede justificar desde el punto de vista de seguridad ya que genera un mayor incremento en la resistencia del concreto premezclado; como futuros ingenieros de minas la parte económica juega un papel importante en la toma de decisión, pero luego de la implementación del aditivo

Sika VISCOCRETE SC 90 como parte del concreto lanzado se tendrá que realizar la evaluación del espesor del shotcrete y de esa manera se podrá reducir los costos.

## VISCOCRETE SC 50

**Tabla 20.**  
*Costo con aditivo SIKA VISCOCRETE SC 50*

COSTO CON ADITIVO SIKA VISCOCRETE SC 50				
AÑO	ZONA BAJA CON FIBRA	ZONA BAJA SIN FIBRA	ZONA ALTA CON FIBRA	ZONA ALTA SIN FIBRA
2017	\$118.78	\$87.46	\$119.21	\$87.87

Fuente: Elaboración propia



**Figura 13.** Comportamiento del costo con aditivo SIKA VISCOCRETE SC 50 en las zonas alta y baja

Fuente: Elaboración propia

## VISCOCRETE SC 90

**Tabla 21.**  
*Costo con aditivo SIKA VISCOCRETE SC 90*

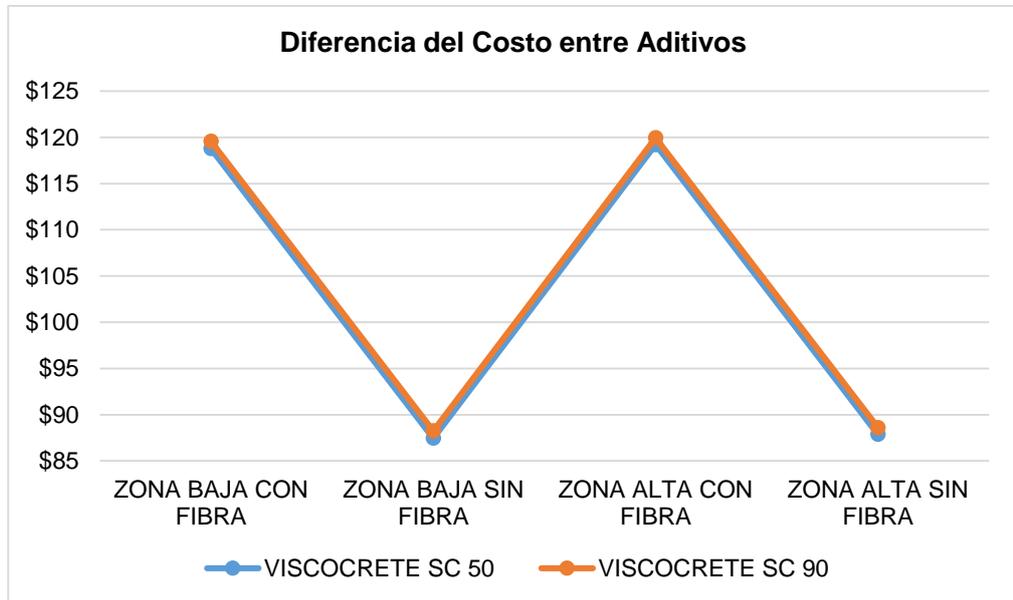
COSTO CON ADITIVO SIKA VISCOCRETE SC 90				
AÑO	ZONA BAJA CON FIBRA	ZONA BAJA SIN FIBRA	ZONA ALTA CON FIBRA	ZONA ALTA SIN FIBRA
2018	\$119.57	\$88.26	\$119.95	\$88.61

Fuente: Elaboración propia



**Figura 14.** Comportamiento del costo con aditivo SIKA VISCOCRETE SC 90 en las zonas alta y baja  
 Fuente: Elaboración propia

### Grafico Comparativo Entre Sika Viscocrete Sc 50 Y Sika Viscocrete Sc 90



**Figura 15.** Diferencia de costo entre aditivo SIKA VISCOCRETE SC 50 y SIKA VISCOCRETE SC 90  
 Fuente: Elaboración propia

## CONCLUSIONES

1. Con la incorporación del aditivo SIKA VISCOCRETE SC - 90 en el concreto pre mezclado, se mejoró las propiedades físicas debido a las propiedades plastificantes, y respecto a las propiedades mecánicas el aditivo mostro valores superiores respecto al aditivo SIKA VISCOCRETE SC – 50 hasta en 2.8 MPa, este incremento a 3 horas de haber sido extraído la muestra.
2. De los resultados del análisis de las propiedades físicas la porosidad del shotcrete es = 0.070%, y la densidad promedio es = 2.09 TM/m<sup>3</sup>; en el caso de la porosidad el aditivo mostro su capacidad plastificante.
3. Las propiedades mecánicas de los testigos de shotcrete analizadas muestran valores favorables normados por la NTP – concreto los cuales son: al primer día 15.61 MPa, a los 7 días con 26.01 MPa y alcanzando la resistencia final a los 28 días con 36.54 MPa; este resultado es mayor en 2.8 MPa alcanzado bajo las mismas condiciones por el concreto con la adición de aditivo SIKA VISCOCRETE SC – 50.
4. Respecto al diseño de mezcla tanto para la zona baja y alta, las dosificaciones de los componentes son similares, existiendo un incremento de 0.2 kg. del uso del aditivo de aditivo VISCOCRETE SC 90 para la zona alta; y un adicional de 1kg. de aditivo acelerante SIGUNIT L60 para la zona baja; esto debido a la distancia de colocación del concreto.
5. La variación del costo al reemplazar el aditivo SIKA VISCOCRETE SC 90 por el aditivo SIKA VISCOCRETE SC 50 es mínima, de acuerdo con el análisis se afirma que en zona alta con fibra y sin fibra los costos son \$0.79 y \$0.80 respectivamente; y de igual manera efectuada en la zona baja con fibra y sin fibra es \$0.74 y \$0.74.

## RECOMENDACIONES

1. Que para los análisis de las propiedades físicas de los testigos de shotcrete se realicen ensayos en muestras en condiciones normales, secos y saturados, esto con la finalidad de encontrar valores más próximos a los reales ya que como es sabido estos valores más las pruebas mecánicas van a influir en el espesor del concreto lanzado.
2. De acuerdo con los resultados de las propiedades físicas del aditivo Viscocrete SC 90, debido a la baja porosidad se recomienda su implementación en las otras unidades
3. la porosidad del shotcrete es = 0.070%, y la densidad promedio es = 2.09 TM/m<sup>3</sup>; en el caso de la porosidad el aditivo mostro su capacidad plastificante.
4. Respecto a las propiedades mecánicas se puede recomendar que se realicen pruebas de varios testigos del concreto lanzado en las labores ubicadas en ambas zonas para poder interpolar mejor las curvas de resistencia a la compresión simple.
5. Respecto al diseño de mezcla tanto para la zona baja y alta, de la unidad minera se deberán de cumplir las NTP respecto al concreto, de igual manera tomar las recomendaciones del fabricante.
6. Cuando se tenga que usar otro aditivo debe tenerse presente los costos del uso del nuevo producto, esto con la finalidad de evaluar el costo de producción.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. Reservas y recursos minerales (2013), VOLCAN COMPAÑÍA MINERA U.P. ANDAYCHAGUA.
2. Reservas y recursos minerales (2013), Departamento de Geología y Planeamiento de la UEA Andaychagua.
3. Shotcrete: ¿método por vía seca o vía húmeda? (2012). Revista de Seguridad Minera N° 59. Disponible en: <http://www.revistaseguridadminera.com/operación-es-mineras/metodo-por-via-seca-o-via-humeda/>
4. Sika Perú S.A.C. Hoja técnica Sika Viscocrete SC 90. 2017, Edición 1, pp. 1- 3.
5. Ale, Z. 1994. Evaluación y optimización del sostenimiento con cimbras en Mina Condestable. Tacna, Perú.
6. MORAN, J. (2009) “Análisis de los costos unitarios de sostenimiento para explotar por el método de minad hundimiento por subniveles en la Unidad De Uchucchacua de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A”. Lima, Perú.
7. DE LA CRUZ, P. MALLCO, F.2014. Diseño con cimbras para mejorar el sostenimiento en la rampa (-) 759, corporación minera Castrovirreyna S.A. Huancavelica, Perú.
8. TENGAN, C. (2011) “Análisis comparativo de aditivos acelerantes de fragua libres de álcalis para concreto proyectado o shotcrete”. Lima, Perú.
9. Norma Técnica Peruana 339.034 2008, Hormigón concreto. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.
10. Norma técnica peruana-339.059-2011 Método Para La Obtención y Ensayo de Corazones Diamantinos y Vigas SECCIONADAS DE HORMIGÓN.
11. PÉREZ BAHAMONDE, MANUEL HERALDO. "*Caracterización de Morteros con Adición de Combinaciones de Microsilice y Nanosilice*", Chile-Valdivia: Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería Escuela de Ing. Civil en Obras Civiles, 2008.

12. GUZMÁN ZÚÑIGA, CESAR LEONCIO. “*Sostenimiento con Shotcrete Vía Húmeda en La Mina Cobriza*”, Perú: Universidad Ricardo Palma Facultad De Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2008.
13. VARGAS NIQUÍN, EVER. “*Optimización del sostenimiento con shotcrete usando desmonte zarandeado como agregado, en la construcción de la rampa principal - marsa*”, Perú: Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas, 2012.

## **ANEXOS**



## HOJA TÉCNICA

# Sika® ViscoCrete® SC-90

Aditivo super-plastificante de alto desempeño y retenedor de trabajabilidad para concreto y shotcrete.

### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sika® ViscoCrete® SC-90 es un aditivo para concreto lanzado • shotcrete, concreto convencional y mortero específicamente desarrollado para incrementar el tiempo de trabajabilidad. Está diseñado para producir concretos que necesitan mantener la fluidez por varias horas.

No contiene cloruros.

#### USOS

Sika® ViscoCrete® SC-90 puede usarse para:

- Transporte del concreto y mortero a lo largo de grandes distancias.
- Procesos constructivos que requieran mucho tiempo para la colocación y compactación del concreto.
- Para concretos y morteros a suministrarse en obras ubicadas en lugares remotos o de elevado congestionamiento de tránsito.
- Transporte y colocación del concreto y mortero en condiciones medio ambiental es muy rigurosas, baja humedad relativa, muy alta velocidad de viento y temperaturas extremas en el concreto.
- Para elevar la permanencia del concreto y mortero en tuberías y cañerías durante el bombeo.
- Con el uso de cementos de elevada reactividad inicial, como por ejemplo ricos en aluminato tricálcico (C3A), de elevada finura o de alta resistencia.

#### CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

El Sika® ViscoCrete® SC-90 es un aditivo que basa su accionar en una combinación de efectos: eléctricos, de adsorción y de repulsión estérica, de tal manera que las partículas sólidas son efectivamente dispersadas y un alto nivel de fluidificación puede mantenerse en el tiempo con menor contenido de agua.

- Es un reductor de agua de alto rango por lo que no es necesario utilizar fluidificantes adicionales.
- El uso de Sika ViscoCrete® SC-90 permite la producción de concretos y morteros de alto desempeño.
- Efectividad en concretos y morteros con un amplio rango de relaciones agua/cemento (a/c) y temperaturas.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Provee concretos y morteros de mayor estabilidad y tiempo de trabajabilidad que aquellos elaborados con dispersantes y reductores de agua convencionales.</li> <li>• Compatibilidad con otros aditivos Sika.</li> <li>• Retiene la trabajabilidad por más tiempo manteniendo el desarrollo de las resistencias iniciales.</li> <li>• Se puede aplicar a cementos de alta reactividad, los cuales pueden conducir a una elevada rigidez inicial.</li> <li>• No es necesario recurrir a un acelerante para activar la hidratación ya que no modifica sustancialmente el desarrollo del fraguado (una vez que pasa el efecto de retención de trabajabilidad).</li> </ul>
<b>NORMAS</b>	<b>ESTÁNDARES</b> Cumple con la Norma ASTM C 494 Tipo G y ASTM C 1017 tipo I.
<b>DATOS BÁSICOS</b>	
<b>FORMA</b>	<b>COLORES</b> Verde tenue. <b>PRESENTACIÓN</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cilindro x 200 L</li> <li>• Dispenser x 1,000 L</li> <li>• A granel x 1 L</li> </ul>
<b>ALMACENAMIENTO</b>	<b>CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL</b> 1 año en su envase original bien cerrado y bajo techo.
<b>DATOS TÉCNICOS</b>	<b>DENSIDAD</b> 1,11 +/- 0,01 Kg/L
<b>Información del Sistema</b>	
<b>DETALLES DE APLICACIÓN</b>	<b>CONSUMO / DOSIS</b> Para aplicaciones típicas 0.5% al 2.0% del peso del material cementante.
<b>MÉTODO DE APLICACIÓN</b>	<b>MODO DE EMPLEO</b> Sika® ViscoCrete® SC-90 se añade en el agua de mezcla o sobre la masa del concreto. Para asegurar la máxima eficacia se recomienda ampliar el tiempo de mezclado medio minuto más por cada metro cúbico de concreto. Sika® ViscoCrete® SC-90 puede usarse en sinergia con otros aditivos Sika, se recomienda apoyarse en el equipo técnico Sika. No debe agregarse al cemento seco.  <b>PRECAUCIONES</b> Limpie todas las herramientas y equipos de aplicación con agua inmediatamente después de su uso. Los datos técnicos indicados en esta hoja técnica están basados en ensayos de laboratorio. Los datos reales pueden variar debido a circunstancias más allá de nuestro control.
<b>BASES</b>	Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.
<b>RESTRICCIONES LOCALES</b>	Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.
<b>INFORMACIÓN DE SEGURIDAD E HIGIENE</b>	Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.
<b>NOTAS LEGALES</b>	<p>La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.</p> <p>Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web <a href="http://www.sika.com.pe">www.sika.com.pe</a>.</p>



# HOJA TÉCNICA

## Sigunit® L-60 AF Plus

Acelerante líquido Libre de álcalis para concreto proyectado de alto rendimiento.

### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sigunit® L-60 AF Plus es un acelerante líquido libre de álcalis de alto desempeño desarrollado en base a sustancias inorgánicas especiales, para ser utilizado en concreto proyectado tanto por vía húmeda como por vía seca con la finalidad de obtener altas resistencias iniciales y finales en concreto proyectado.

No contiene cloruros.

#### USOS

Sigunit® L-60 AF Plus es un acelerante para uso en el proceso de proyección por vía seca y vía húmeda en las siguientes aplicaciones principales:

- Concretos y morteros proyectados en túneles, minas, muros de contención, canales, estanques y reparaciones donde se requiera un rápido fraguado y altas resistencias iniciales.
- Concreto proyectado de alta calidad en revestimientos y trabajos de construcción en general.
- Estabilización de taludes y rocas.

#### CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Libre de álcalis.
- Rápido desarrollo del fraguado y de la resistencia inicial.
- Mayor resistencia a largo plazo ó resistencias finales.
- No contamina las aguas superficiales o subterráneas debido a que está libre de álcalis.
- Aumenta la adherencia del concreto proyectado a la roca y concreto, facilitando la aplicación sobre cabeza.
- Libre de cloruros, no ataca el acero de refuerzo ni a la fibra de acero.
- Permite aplicar capas sucesivas rápidamente y de mayor espesor.
- Disminuye el rebote.

### DATOS BÁSICOS

#### FORMA

#### ASPECTO

Líquido

#### COLORES

Varía entre blanco lechoso a beige.

#### PRESENTACIÓN

- Granel x 1 L
- Cilindro x 200 L
- Dispenser x 1,000 L

<b>ALMACENAMIENTO</b>	<b>CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL</b> 6 meses bajo techo en su envase original cerrado a temperaturas entre 5 °C y 40 °C.
<b>DATOS TÉCNICOS</b>	<b>DENSIDAD</b> 1,43 ± 0,02 kg/L

## INFORMACIÓN DEL SISTEMA

<b>DETALLES DE APLICACIÓN</b>	<b>CONSUMO / DOSIS</b> Se recomienda utilizar dosis de 4 a 8 % del peso del cemento. Es posible utilizar mayores o menores dosis realizando ensayos previos en función de los requisitos de la mezcla.
<b>MÉTODO DE APLICACIÓN</b>	<b>MODO DE EMPLEO</b> La dosis de Sigunit® L-60 AF Plus más efectiva se obtiene a través de ensayos previos en terreno en las condiciones de faena. Sigunit® L-60 AF Plus se agrega junto con el aire comprimido en el sistema de mezcla húmeda o diluido en el agua en el sistema de mezcla seca. Consulte con el fabricante de la máquina proyectora o con nuestro Departamento Técnico respecto al dosificador más adecuado. Se recomienda agitar el producto antes de usar.  <b>IMPORTANTE</b> El efecto del acelerante depende del contenido, edad y tipo de cemento utilizado, así como el sustrato, temperatura, sistema de proyección y espesor de capa. La razón a/c del concreto en el proceso de proyección por vía húmeda y el agua agregada en la boquilla en el proceso vía seca son parámetros que influyen el efecto acelerador del Sigunit® L-60 AF Plus. A temperatura más bajas se requiere mayor dosis de aditivo para una misma aceleración de la resistencia inicial y fraguados. En el proceso vía húmeda es recomendable una relación a/c <0.50. Es recomendable acompañar la mezcla con aditivos Sikament® o Sika® ViscoCrete®.

## INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

<b>PRECAUCIONES DE MANIPULACIÓN</b>	Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma naturales o sintéticos y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.
<b>OBSERVACIONES</b>	La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: <a href="http://www.sika.com.pe">www.sika.com.pe</a>
<b>NOTAS LEGALES</b>	La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web <a href="http://www.sika.com.pe">www.sika.com.pe</a> .

**\*La presente Edición anula y reemplaza la Edición Nº 2  
la misma que deberá ser destruida\***



# HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

## SikaFiber® CHO 65/35 NB

FIBRA DE ACERO PEGADAS PARA REFUERZO DEL CONCRETO NORMAL Y CONCRETO PROYECTADO

### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sika® Fiber CHO 65/35 NB son fibras de acero trefilado de alta calidad para reforzamiento del concreto tradicional y concreto proyectado (shotcrete) especialmente encoladas (pegadas) para facilitar la homogenización en el concreto, evitando la aglomeración de las fibras individuales. Sika® Fiber CHO 65/35 NB son fibras de acero de alta relación longitud / diámetro (l/d) lo que permite un alto rendimiento con menor cantidad de fibra.

### USOS

Sika® Fiber CHO 65/35 NB, otorga una alta capacidad de soporte al concreto en un amplio rango de aplicaciones y especialmente concreto proyectado (shotcrete) reduciendo tiempo y costos asociados al tradicional reforzamiento con mallas de acero; dándole ductilidad y aumentando la tenacidad del concreto. En concretos pre-fabricados reforzados; en losas de pisos industriales (tráfico alto, medio y ligero) en losas y ciementos de concreto para reemplazar el refuerzo secundario (malla de temperatura), en puentes, aeropuertos, fundaciones para equipos con vibración, reservorios, tanques, etc.

### CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Incrementa la resistencia del concreto al impacto, fatiga y a la fisuración.
- Incrementar la ductilidad y absorción de energía (resistencia a la tensión).
- Reducción de la fisuración por retracción.
- No afecta los tiempos de fraguado.
- Su condición de encolada (pegada) asegura una distribución uniforme en el concreto y shotcrete vía húmeda.
- Relación longitud / diámetro igual a 65 para un máximo rendimiento.
- Extremos conformados para obtener máximo anclaje mecánico en el concreto.

### CERTIFICADOS / NORMAS

Sika® Fiber CHO 65/35 NB cumple con las normas ASTM A 820 "Steel Fibers for Reinforced Concrete" Tipo I y DIN 17140-D9 para acero de bajo contenido de carbono, EN 14889-1

 1020
HIC Corporation 260-3, Joingjae-ro, Hallin-myeon, Gimhae-si Gyeongsangnam, -do, Kore 11th West, Side Road, Nan-Pu Developmen Area Tang Shan City, China
13 1020-CPR-010023618
EN 14889-1 Fibras de acero para uso estructural en hormigones (concreto), mortero y pastas.  Grupo 1: Alambre estrado en frío  Longitud: 35 mm Diámetro: 0.54 mm Forma: Deformado  Resistencia a la tracción: 1300 N/mm <sup>2</sup>  Consistencia con 19 kg/m <sup>3</sup> de fibras: tiempo/Veloc 12 s.  Efecto en la resistencia del hormigón (concreto): 19 kg/m <sup>3</sup> para obtener 1.5 N/mm <sup>2</sup> a CMOD = 0.5 mm y 1 N/mm <sup>2</sup> a CMOD = 3.5 mm.

## INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

<b>Empaques</b>	Sacos de papel x 20 kg.
<b>Vida Útil</b>	No tiene caducidad mientras se respeten las condiciones de almacenamiento.
<b>Condiciones de Almacenamiento</b>	Los sacos de Sika® Fiber CHO 65/35 NB pueden almacenarse por tiempo indefinido protegido de la humedad.
<b>Dimensiones</b>	LONGITUD: 35 mm con extremos conformados. DIÁMETRO DE LA FIBRA: 0.54 mm RELACIÓN LONGITUD/ DIÁMETRO: 65

## INFORMACIÓN TÉCNICA

<b>Resistencia a la Tensión</b>	RESISTENCIA A TRACCIÓN: Mínimo 1,300 MPa
<b>Elongación de Rotura</b>	ELONGACIÓN DE ROTURA: 4% máx.
<b>Dosificación Recomendada</b>	Normalmente entre 15 - 50 kg. de Sika® Fiber CHO 65/35 NB por m3 de concreto. Se recomienda realizar ensayos previos para determinar la cantidad exacta de fibra de acero a utilizar de acuerdo a los índices de tenacidad ó energía absorbida especificada del concreto.

## INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

Sika® Fiber CHO 65/35 NB se puede agregar en la tolva de pesado de la dosificadora de concreto, en la correa de alimentación, en camión mixer y mezcladora de concreto como a continuación se indica en cada caso:

- En la tolva de pesado de la dosificadora, abra las bolsas y vacíe las fibras directamente entre los áridos; no agregue las bolsas sin abrir porque pueden bloquear las compuertas de descarga. Mezcle en forma normal, no se requiere tiempo extra de mezclado en este caso.
- En la correa de alimentación, si hay acceso, las fibras pueden adicionarse durante o después de agregar los áridos. Mezcle en forma normal, no se requiere tiempo extra de mezclado en este caso.
- En el camión mixer, una vez que todos los ingredientes se han incorporado, agregar las fibras mientras el mixer de concreto está rotando a alta velocidad (12 rpm o más). Vaciar un máximo de 60 kg. de fibras por minuto. Una vez terminado el vaciado de las fibras, mezclar 5 minutos adicionales y chequear visualmente su distribución; mezclar 30 segundos adicionales si la distribución no es uniforme.
- En la mezcladora de concreto, una vez que todos los ingredientes se han incorporado, agregar las fibras y mezclar por 30 segundos por cada pie cúbico a menos que se observe una distribución homogénea en menor tiempo.

## DOCUMENTOS ADICIONALES

PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE SikaFiber®CHO65/35NB :

- 1.- SIKA PRODUCT FINDER: APLICACIÓN DE CATÁLOGO DE PRODUCTOS



- 2.- SIKA CIUDAD VIRTUAL



## LIMITACIONES

### NOTAS

No agregue Sika® Fiber CHO 65/35 NB al mezclador antes de los áridos. Las bolsas con papel hidrosolubles pueden agregarse directamente al concreto.

## RESTRICCIONES LOCALES

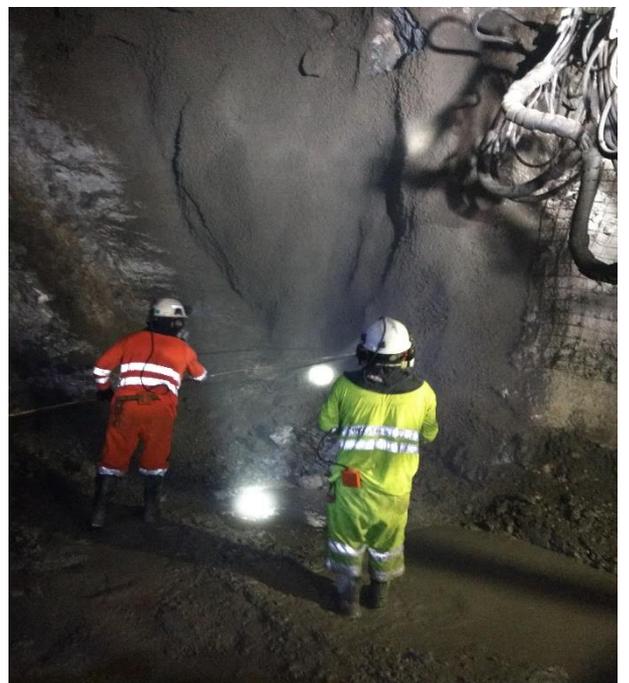
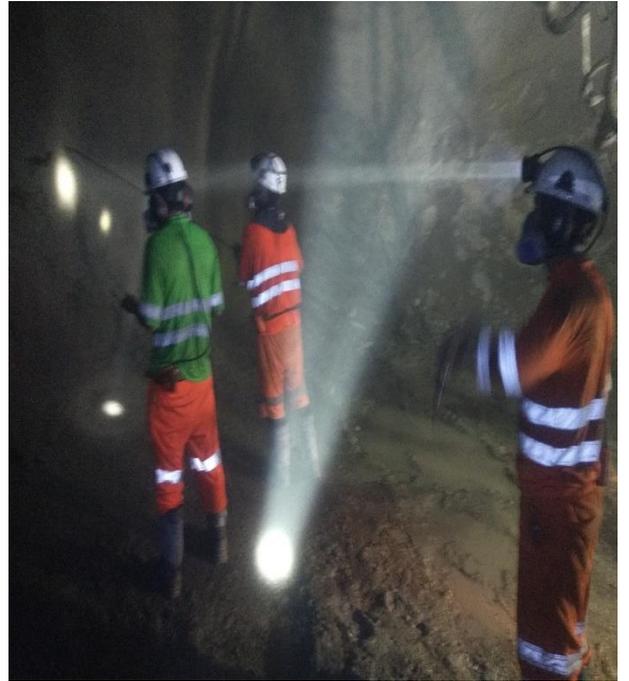
## ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Keep out of reach of children. Avoid direct contact with eyes and skin. Protect yourself by wearing safety gloves and goggles.

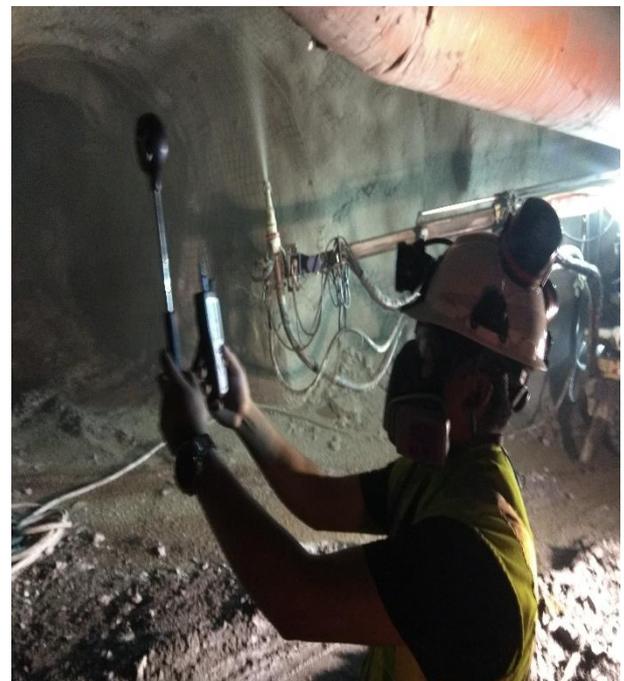
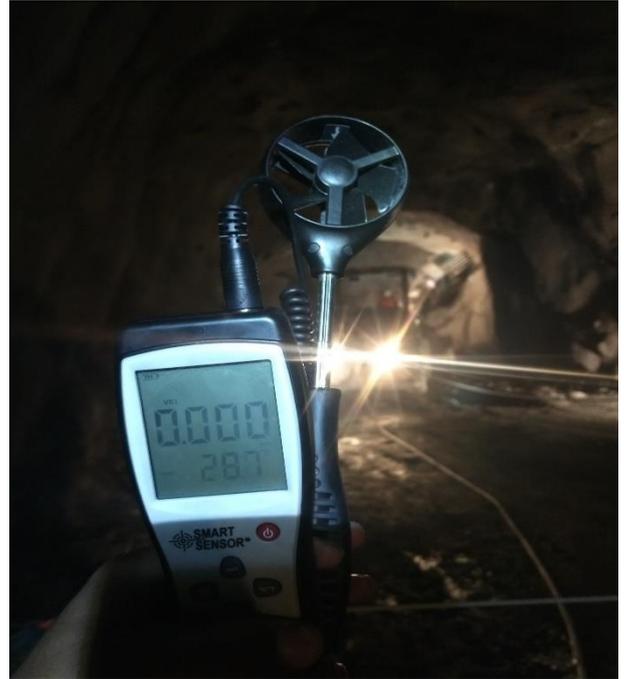
**ANEXO 4 Proceso de lanzamiento de shotcrete vía húmeda en el tajeo 500 x AC 534.**



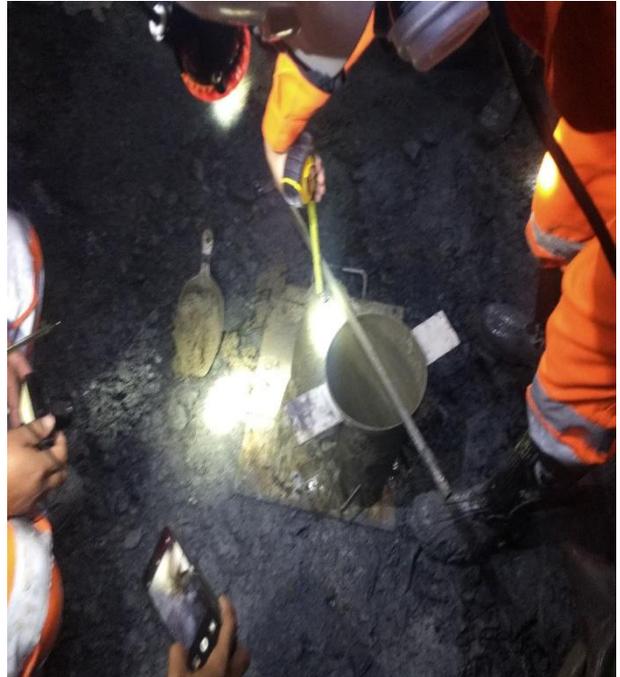
**ANEXO 5 Colocado de calibradores en el tajeo 500 x AC 534**



**ANEXO 6 Monitoreo de velocidad del flujo de ventilación (m/s) y temperatura (°C).**



**ANEXO 7 Prueba asentamiento slump.**



## ANEXO 8 Muestreo de panel para resistencia a compresión simple

