UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS CIVIL AMBIENTAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

TESIS

EVALUACIÓN DE TAPONES HERMÉTICOS EN EL PLAN DE CIERRE EN LA BOCAMINA ESPERANZA PARA MEJORAR EL MEDIO AMBIENTE EN LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN RECUPERADA - CIA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A. - HUANCAVELICA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
EVALUACIONES DE TAPONES HERMETICOS

PRESENTADO POR:
Bach. QUISPE GARCÍA, Andrés Raúl
Bach. NAVARRO ARANGO, Efraín

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE MINAS

HUANCAVELICA, PERÚ
2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

(Creada por Ley N ° 25265)

FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS CIVIL AMBIENTAL

AV. CENTENARIO N°1200 TELÉF. 952847104

LICENCIADA BAJO RESOLUCIÓN N° 086-2019-SUNEDU/CD

ACTA DE SUSTENTACIÓN

EN LA CIUDAD DE LIRCAY DEL DIA 12 DE OCTUBRE DEL 2020, SIENDO LAS 03:00 P.M; EN CUMPLIMIENTO A LA **DIRECTIVA N° 001-VRAC-UNH**, APROBADO CON **RESOLUCIÓN N° 330-2019-CU-UNH (20/03/2019)**, MEDIANTE LA PLATAFORMA VIRTUAL MEET SE REUNIERON LOS MIEMBROS DEL JURADO DESIGNADO CON RESOLUCION N° 067 - 2020 – UNH (02/10/2020) CONFORMADO EN LA SIGUIENTE MANERA:

PRESIDENTE : Dr JOSE LUIS GAVE CHAGUA.

SECRETARIO : MG. CESAR SALVADOR GUZMAN IBAÑEZ

VOCAL : MG. MANUEL EMILIANO ESTEVES PAIRAZAMAN

Y EN CUMPLIMIENTO A LA RESOLUCIÓN DE CONSEJO DE FACULTAD VIRTUAL N° 067-2020-FIMCA-UNH, DE HORA Y FECHA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS TITULADO: **"EVALUACIÓN DE TAPONES HERMÉTICOS EN EL PLAN DE CIERRE EN LA BOCAMINA ESPERANZA PARA MEJORAR EL MEDIO AMBIENTE EN LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN RECUPERADA – CIA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A-HUANCAVELICA".**

CUYO AUTORES (EL) (LOS) GRADUADOS (S):

BACHILLER (S):

NAVARRO ARANGO EFRAIN

QUISPE GARCIA ANDRES RAUL

A FIN DE PROCEDER CON LA SUSTENTACION DE LA TESIS FINAL DE INVESTIGACION CIENTIFICA

ACTO SEGUIDO SE INVITA A LOS SUSTENTANTES Y PÚBLICO EN GENERAL ABANDONAR LA PLATAFORMA DEL MEET POR UNOS MINUTOS PARA LA DELIBERACIÓN DE LOS RESULTADOS; LUEGO SE INVITÓ A PASAR NUEVAMENTE AL LA PLATAFORMA DEL MEET A LOS SUSTENTANTES Y PÚBLICO EN GENERAL, EN LA QUE SE DA EL RESULTADO SIENDO APROBADO POR MAYORÍA, CULMINANDO A LAS 05:45 PM.

BACHILLER: NAVARRO ARANGO EFRAIN

MIEMBROS:	RESULTADO FINAL:
PRESIDENTE	APROBADO POR MAYORÍA
SECRETARIO	
VOCAL	

BACHILLER: QUISPE GARCIA ANDRES RAUL

MIEMBROS:	RESULTADO FINAL:
PRESIDENTE	APROBADO POR MAYORÍA
SECRETARIO	
VOCAL	

EN CONFORMIDAD A LO ACTUADO FIRMAMOS AL PIE DEL PRESENTE.

Presidente
Dr JOSE LUIS GAVE CHAGUA

Secretario
MG. CESAR SALVADOR GUZMAN IBAÑEZ

Vocal
MG. MANUEL EMILIANO ESTEVES PAIRAZAMAN

Sustentante
QUISPE GARCIA ANDRES RAUL

Sustentante
NAVARRO ARANGO EFRAIN

TÍTULO

"EVALUACIÓN DE TAPONES HERMÉTICOS EN EL PLAN DE CIERRE EN LA BOCAMINA ESPERANZA PARA MEJORAR EL MEDIO AMBIENTE EN LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN RECUPERADA - CIA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A. – HUANCAVELICA"

AUTORES

Bach. QUISPE GARCÍA, Andrés Raúl

Bach. NAVARRO ARANGO, Efraín

ASESOR

Dr. ENRÍQUEZ DONAIRES, Amadeo

Dedicatoria

La tesis va dedicada primeramente a Dios, por darme fuerzas para continuar en este proceso de alcanzar una de mis principales metas. A mis padres, por su apoyo incondicional, ya que gracias a ellos logré llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

QUISPE GARCÍA, Andrés Raúl

Dedico esta investigación en primer lugar a Dios, por haberme dado la vida y permitirme haber concluido mi formación profesional y ayudarme a cumplir mis objetivos. A mis padres, por su apoyo incondicional y su sacrificio para poder alcanzar los objetivos propuestos.

NAVARRO ARANGO, Efraín

Agradecimiento

Agradecemos a Dios por darnos la vida, por guiarnos en todos estos años de estudio profesional, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad.

Agradecemos a nuestros padres, por brindarnos su apoyo incondicional y apoyándonos a cumplir nuestros objetivos; por confiar y creer en nuestras expectativas, por los valores y principios que nos han inculcado en toda nuestra vida.

Agradecemos a nuestro asesor de tesis, por impartirnos sus conocimientos y brindarnos soporte técnico, teórico y metodológico, para el adecuado desarrollo y culminación de la tesis de investigación.

Agradecemos a nuestros docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional de Huancavelica, por haber impartido sus conocimientos y enseñanzas en todo el periodo de nuestra preparación profesional.

Los tesistas.

Tabla de Contenidos

acta De Sustentación ii
Título iii
Autores iv
Asesor v
Dedicatoria vi
Agradecimiento vii
Tabla De Contenidos viii
Tabla De Contenido De Tablas xi
Tabla De Contenido De Figuras xiii
Resumen xv
Abstract xvi
Introducción xvii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema 19
1.2. Formulación del problema 20
1.2.1. Problema general 20
1.2.2. Problemas específicos 20
1.3. Objetivos 21
1.3.1. Objetivo general 21
1.3.2. Objetivos específicos 21
1.4. Justificación 21
1.4.1. Justificación Social 22
1.4.2. Justificación teórica 22
1.4.3. Justificación práctica. 22
1.4.4. Justificación metodológica. 23
1.4.5. Justificación legal. 23
1.5. Limitaciones 23

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes 24
2.1.1. A nivel Internacional 25
2.1.2. A nivel Nacional 26
2.1.3. A nivel Local 28
2.2. Bases teóricas sobre el tema de investigación 29
2.2.1. Plan de cierre 29
2.2.2. Contaminación del agua 33
2.2.3. Etapas para la evaluación de tapón hermético 34
2.2.4. Tapón hermético 41
2.3. Bases conceptuales 85
2.3.1. Evaluación de tapones herméticos 85
2.3.2. Mejorar la calidad del medio ambiente 85
2.3.3. Dimensión ambiental 86
2.4. Definición de términos 87
2.5. Hipótesis 91
2.5.1. .Hipótesis General 91
2.5.2. .Hipótesis Específicas 91
2.6. .Variables 91
2.7. .Operacionalización de variables 92

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Ámbito temporal y espacial 93
3.1.1. Ámbito temporal 93
3.1.2. Ámbito espacial 93
3.2. Tipo de investigación 94
3.3. Nivel de investigación 95
3.4. Método de investigación 95
3.5. Diseño de investigación 95

3.6. Población, muestra y muestreo 96
3.6.1. Población 96
3.6.2. Muestra 96
3.6.3. Muestreo 96
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 96
3.7.1. Técnicas 96
3.7.2. Instrumentos 96
3.8. Técnicas y procesamiento de análisis de datos 97

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÒN DE RESULTADOS

4.1. Análisis de información 98
4.1.1. Descripción de la Evaluación de tapones herméticos 98
4.1.2. Bocamina NV. 590 Esperanza 99
4.1.3. Bocamina NV. 595 Esperanza 104
4.1.4. Bocamina NV. 650 Esperanza 109
4.1.5. Bocamina NV. 700 Esperanza 114
4.1.6. Descripción de la mejora de calidad del medio ambiente 120
4.2. Prueba de hipótesis 142
4.2.1. Prueba de la hipótesis de las dimensiones de la variable mejoramiento da la calidad del medio ambiente: 142
4.3. Discusión de resultados 147
Conclusiones
Recomendaciones
Referencias Bibliográficas
Apéndice

Tabla de contenido de tablas

Tabla 1 Criterios de estimación para la Resistencia del material 34
Tabla 2 La valoración del RQD se obtiene de la calificación 35
Tabla 3 Valoración de espaciamiento de discontinuidades 36
Tabla 4 Valoración general del estado de las discontinuidades 37
Tabla 5 Valoración del estado de las discontinuidades 37
Tabla 6 Valoración de presencia de agua 38
Tabla 7 Valoración de Corrección por orientación de las discontinuidades 38
Tabla 8 Clasificación de los macizos rocosos (RMR) 39
Tabla 9 Valores recomendados 53
Tabla 10 Datos del software 42
Tabla 11 Características de la bomba concretera 76
Tabla 12 Operacionalización de variables 92
Tabla 13. Descripción las dimensiones del tapón hermético de la bocamina NV. 590 Esperanza 99
Tabla 14. Datos para la determinación de la longitud del tapón hermético de la bocamina NV. 590 Esperanza 100
Tabla 15. Caudal del tapón hermético de la bocamina NV. 590 Esperanza 102
Tabla 16. Datos para la determinación de la resistencia por corte para el tapón hermético de la bocamina NV. 590 Esperanza 102
Tabla 17. Descripción las dimensiones del tapón hermético de la bocamina NV. 595 Esperanza 104
Tabla 18. Datos para la determinación de la longitud del tapón hermético de la bocamina NV. 595 Esperanza 106
Tabla 19. Caudal del tapón hermético de la bocamina NV. 595 Esperanza 107
Tabla 20. Datos para la determinación de la resistencia por corte para el tapón hermético de la bocamina NV. 595 Esperanza 107
Tabla 21. Descripción las dimensiones del tapón hermético de la bocamina NV. 650 Esperanza 109
Tabla 22. Datos para la determinación de la longitud del tapón hermético de la bocamina NV. 650 Esperanza 111

Tabla 23. Caudal del tapón hermético de la bocamina NV. 650 Esperanza 112
Tabla 24. Datos para la determinación de la resistencia por corte para el tapón hermético de la bocamina NV. 650 Esperanza 113
Tabla 25. Descripción las dimensiones del tapón hermético de la bocamina NV. 700 Esperanza 115
Tabla 26. Datos para la determinación de la longitud del tapón hermético de la bocamina NV. 650 Esperanza 116
Tabla 27. Caudal del tapón hermético de la bocamina NV. 700 Esperanza 117
Tabla 28. Datos para la determinación de la resistencia por corte para el tapón hermético de la bocamina NV. 700 Esperanza 118
Tabla 29. Descripción del análisis de la conductividad eléctrica 121
Tabla 30. Descripción del análisis del potencial de hidrógeno 122
Tabla 31. Descripción del análisis del oxígeno disuelto 123
Tabla 32. Descripción del análisis del arsénico 124
Tabla 33. Descripción del análisis del arsénico 125
Tabla 34. Descripción del análisis del plomo 126
Tabla 35. Descripción del análisis del cadmio 127
Tabla 36. Descripción del análisis del plomo 128
Tabla 37. Descripción del análisis del mercurio 129
Tabla 38. Descripción del análisis del arsénico 130
Tabla 39. Descripción del análisis de la conductividad eléctrica 131
Tabla 40. Descripción del análisis del potencial de hidrógeno 133
Tabla 41. Descripción del análisis del oxígeno disuelto 134
Tabla 42. Descripción del análisis del arsénico 135
Tabla 43. Descripción del análisis del arsénico 136
Tabla 44. Descripción del análisis del plomo 137
Tabla 45. Descripción del análisis del cadmio 138
Tabla 46. Descripción del análisis del plomo 139
Tabla 47. Descripción del análisis del mercurio 140
Tabla 48. Descripción del análisis del arsénico 141
Tabla 49. Prueba ANOVA de un factor para la calidad de agua 142
Tabla 50. Prueba ANOVA de un factor para la calidad de agua 144

Tabla de contenido de figuras

Figura 1. Cálculo de RQD 35
Figura 2. Mapeo Geomecánico del Nv 520 – Nancy Luz 40
Figura 3. Métodos de cierres de mina 41
Figura 4. Diseño de tapones 42
Figura 5. Cuadro de carga hidráulica vs estructuras 43
Figura 6. Caso Mina esperanza Nv 595 – Vista perfil 43
Figura 7. Caso Mina esperanza – Vista Planta 44
Figura 8. Sección de la labor y sección de tapón-Vista en frente 44
Figura 9. Componentes de cierre de mina – 19 bocaminas y 4 chimeneas 45
Figura 10. Vista del tapón hermético en interior mina 46
Figura 11. Criterios para el Diseño de Tapones Permanentes 48
Figura 12. Vista de la presión del agua vs tapón hermético 53
Figura 13. Gradiente hidráulico 56
Figura 14. Cálculo de constantes MB/MI 57
Figura 15. Cálculo del tapón hermético 60
Figura 16. Se muestra las coronas alteradas y sin alterar 64
Figura 17. Modelo de malla para el burden y su efecto rompedor 64
Figura 18. Modelo de malla para el espaciamiento y su efecto rompedor 65
Figura 19. Muestra los espaciamientos que se debe realizar en realce 65
Figura 20. Muestra los taladros en la corona y su distribución 66
Figura 21. Muestra la corona y la distribución de taladros 66
Figura 22. Taladros en los hastiales 67
Figura 23. Muestran los taladros con ángulos y la distribución de taladros en piso 69
Figura 24. Inyección de lechada 73
Figura 25. Vistas de un diseño de encofrado 74
Figura 26. Vistas de un diseño de encofrado 75
Figura 27. Solaqueado y ventana de tapón hermético 75
Figura 28. Acopio de tuberías 76
Figura 29. Instalación y equipos de trabajo 79
Figura 30. Determinación de la consistencia por el ensayo del tronco de cono 81

Figura 31. Metodología para determinar la consistencia del hormigón 82
Figura 32. Determinación de la consistencia del hormigón 83
Figura 33. Vista satelital de la mina Esperanza de la Unidad de Producción Recuperada de la CIA de minas Buenaventura 94
Figura 34. Resultados del análisis de la conductividad eléctrica 122
Figura 35. Resultados del análisis del potencial de hidrógeno 123
Figura 36. Resultados del análisis del oxígeno disuelto 124
Figura 37. Resultados del análisis del arsénico 125
Figura 38. Resultados del análisis del cadmio 126
Figura 39. Resultados del análisis del plomo 127
Figura 40. Resultados del análisis del cadmio 128
Figura 41. Resultados del análisis del plomo 129
Figura 42. Resultados del análisis del mercurio 130
Figura 43. Resultados del análisis del arsénico 131
Figura 44. Resultados del análisis de la conductividad eléctrica 132
Figura 45. Resultados del análisis del potencial de hidrógeno 133
Figura 46. Resultados del análisis del oxígeno disuelto 134
Figura 47. Resultados del análisis del arsénico 135
Figura 48. Resultados del análisis del cadmio 136
Figura 49. Resultados del análisis del plomo 137
Figura 50. Resultados del análisis del cadmio 138
Figura 51. Resultados del análisis del plomo 139
Figura 52. Resultados del análisis del mercurio 140
Figura 53. Resultados del análisis del arsénico 141

Resumen

La investigación se tituló: "EVALUACIÓN DE TAPONES HERMÉTICOS EN EL PLAN DE CIERRE EN LA BOCAMINA ESPERANZA PARA MEJORAR EL MEDIO AMBIENTE EN LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN RECUPERADA - CIA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A. – HUANCAVELICA", la cual nació de la problemática ¿Cómo influyó la evaluación de tapones herméticos en el plan de cierre en la bocamina Esperanza para mejorar el medio ambiente en la unidad de producción Recuperada - CIA de minas Buenaventura S.A.A. - Huancavelica?, en la que se planteó el objetivo de evaluar los tapones herméticos para mitigar el drenaje de agua acidas a superficie y disminuir la contaminación ambiental en la unidad de producción recuperada – CIA de minas Buenaventura S.A.A. – Huancavelica; en donde se presentó la siguiente metodología: Fue de tipo aplicada, de nivel explicativo y diseño pre experimental; utilizando como técnica la observación; los resultados fueron: La evaluación de los tapones herméticos en la bocamina Esperanza, mejoró la calidad del medio ambiente en la Unidad de Producción Recuperada; ya que se observó una disminución de la concentración de los parámetros estudiados, llegando estos a cumplir con los Estándares de Calidad Ambiental D.S. 004-2017 y 011-2017 – MINAM, esto se determinó con los valores de significancia de la prueba ANOVA de un factor que fueron menores a 0.05; por lo que se llegó a la conclusión de que la evaluación de tapones herméticos mejoró la calidad de medio ambiente en la Unidad de Producción Recuperada.

Palabras clave: Tapón hermético, calidad de agua, calidad de suelo.

Abstract

The research was titled: "EVALUATION OF HERMETIC PLUGS IN THE CLOSURE PLAN IN THE HOPE TO IMPROVE THE ENVIRONMENT IN THE RECOVERED PRODUCTION UNIT - CIA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A. - HUANCAVELICA ", which was born from the problematic How did the evaluation of hermetic plugs influence the closure plan in the Bocamina Hope to improve the environment in the Recovered Production Unit - CIA de minas Buenaventura S.A.A. - Huancavelica ?, in which the objective of evaluating hermetic plugs to mitigate surface acid water drainage and reduce environmental pollution in the recovered production unit - CIA de minas Buenaventura S.A.A. - Huancavelica; where the following methodology was presented: It was applied type, explanatory level and pre experimental design; using observation as a technique; The results were: The evaluation of hermetic plugs improved the quality of the environment in the Recovered Production Unit; since a decrease in the concentration of the parameters studied was observed, these reaching the Environmental Quality Standards D.S. 004-2017 and 011-2017 - MINAM, this was determined with the significance values of the ANOVA test of a factor that were less than 0.05; Therefore, it was concluded that the evaluation of hermetic plugs improve the quality of the environment in the Recovered Production Unit.

Keywords: Hermetic plug, water quality, soil quality.

Introducción

Actualmente la minería juega un papel importante en la economía del Perú, ya que constituye un factor de desarrollo de las zonas más remotas de las serranías; sin embargo, dicha actividad puede llegar a ocasionar impactos prolongados o perpetuos en el ambiente si no se implementan medidas apropiadas en el sitio minero una vez concluida su explotación.

En la mina Esperanza Unidad de Producción de Recuperada de la Cía. Minas Buenaventura S.A. el problema fundamental es la presencia de aguas ácidas en las labores subterráneas por el contenido de minerales sulfurados, canchas de desmontes, canchas de relaves.

Las aguas ácidas que emergen a través de estas bocaminas contaminan los riachuelos, el suelo, la flora y la fauna.

Debido a ello, las minas en su plan de cierre optan por la construcción de tapones herméticos, para evitar el deterioro del ambiente.

No obstante, una vez construido los tapones herméticos en la labor, no bastará ser concluido el trabajo eso dependerá de las aberturas, discontinuidades de la zona de trabajo, como ocurrió en la mina Esperanza. Se construyó un pre tapón hermético en una de las labores, ya que no era suficiente un tapón hermético por la presión de las aguas acidas que sobresalían por las coronas del tapón, es por eso que se realiza un pre tapón y como último se realiza un muro de mampostería.

Es por ello que los tapones herméticos utilizados para sellar las labores mineras, es una labor muy importante y delicada para las empresas, la consultoría y el Ministerio de Energía y Minas; esto debido a que, si algún tapón hermético llegara a fallar, traería como consecuencia un agudo problema ambiental. Debido a ello es indispensable evaluar dichos tapones, para verificar si estos realmente protegen el ambiente de las aguas acidas que retienen.

Debido a lo expuesto nace la investigación titulada: "EVALUACIÓN DE TAPONES HERMÉTICOS EN EL PLAN DE CIERRE EN LA BOCAMINA ESPERANZA PARA MEJORAR EL MEDIO AMBIENTE EN LA UNIDAD DE

PRODUCCIÓN RECUPERADA - CIA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A. – HUANCAVELICA", la cual nació de la problemática ¿Cómo influyó la evaluación de tapones herméticos en el plan de cierre en la bocamina Esperanza para mejorar el medio ambiente en la unidad de producción Recuperada - CIA de minas Buenaventura S.A.A. - Huancavelica?, con la finalidad de evaluar los tapones herméticos para mitigar el drenaje de agua acidas a superficie y disminuir la contaminación ambiental en la unidad de producción recuperada – CIA de minas Buenaventura S.A.A. – Huancavelica; para el cual se planteó la hipótesis: La evaluación de tapones herméticos en el plan de cierre en la bocamina Esperanza, mejora la calidad del medio ambiente en la unidad de producción Recuperada - CIA de minas Buenaventura S.A.A. – Huancavelica.

El plan de cierre tiene como propósito principal principal hacer que las áreas utilizadas por la operación sean compatibles con un ambiente sano y adecuado para el desarrollo de la vida.

La cual la CIA BUENAVENTURA ya realizó este proyecto de plan de cierre con los estándares y etapas adecuados que manda los aspectos ambientales para así poder dejar el yacimiento minero que ya sido explotado en óptimas condiciones y límites permisibles y aplicar una ingeniería adecuada en la elaboración de tapones herméticos como se observó en uno de los antecedentes a nivel local más resaltantes y que se asemeja a este proyecto es de Paucar Freddy realizó el estudio de tesis: DISEÑO DE TAPONES HERMÉTICOS EN LABORES DE REMEDIACIÓN PASIVO AMBIENTAL PARA LA MINA "RECUPERADA" – HUANCAVELICA – 2015, en donde indicó que, para determinar la ubicación apropiada para la construcción de tapones herméticos, se debe tener en consideración tres factores, los cuales son: la filtración de agua más cercana a la bocamina, la ubicación del macizo rocoso más estable y el espesor de la cobertura de la roca; asimismo, concluyó que los pasivos ambientales de la bocamina BNF-16 representan un riesgo ambiental modera

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

En la mina Esperanza Unidad de Producción de Recuperada de la Cía. Minas Buenaventura S.A. el problema fundamental es la presencia de aguas ácidas en las labores subterráneas por el contenido de minerales sulfurados, canchas de desmontes, canchas de relaves.

Las aguas ácidas contaminan los riachuelos, el suelo, la flora y la fauna.

Para mitigar esta situación se debe controlar las dos fuentes principales de contaminación, por lo que la empresa ha desarrollado programas de adecuación, tapones herméticos y manejo ambiental que comprenden:

Cierre de bocaminas y chimeneas, para evitar la entrada de aire y agua hacia las labores subterráneas. La cual se empleará la construcción de tapones herméticos en cada bocamina de la mina Esperanza. Con el objetivo de evitar el drenaje de aguas acidas a superficie ya que implicaría la contaminación de los suelos, flora y fauna.

Una vez construido el tapón hermético en la labor no bastará ser concluido el trabajo eso dependerá de las aberturas, discontinuidades de la zona de trabajo, como ocurrió en la mina Esperanza. Se construyó un pre tapón hermético en una de las labores, ya que no era suficiente un tapón hermético por la presión de las aguas acidas que sobresalían por las coronas del tapón, es por eso que se realiza un pre tapón y como último se realiza un muro de mampostería.

Por ello la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. (CMBSAA), En su compromiso con su Política Ambiental, en cumplimiento de la Ley N.º 28090 (Ley de Cierre de Minas), su modificatoria Ley N.º 28507 y su Reglamento D.S. N.º 033-2005-EM, presenta el plan de cierre para su cumplimiento, En el sector Recuperada, parte de la Actualización de los Planes de Cierre de Recuperada, Esperanza 2001 y Angélica Rublo Chico" ha incorporado nuevas bocaminas para implementar obras de cierre a nivel de Ingeniería de detalle, siendo BNL-04, BNL-09, BES-05, BES-09

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo influyó la evaluación de tapones herméticos en el plan de cierre en la bocamina Esperanza para mejorar el medio ambiente en la Unidad de Producción Recuperada - CIA de minas Buenaventura S.A.A. - Huancavelica?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo influyó la evaluación de tapones herméticos en el plan de cierre en la bocamina Esperanza para mejorar la calidad de agua en la unidad de producción Recuperada – CIA de minas Buenaventura S.A.A. - Huancavelica?
- ¿Cómo influyó la evaluación de tapones herméticos en el plan de cierre en la bocamina Esperanza para mejorar la calidad del suelo

en la unidad de producción Recuperada – CIA de minas Buenaventura S.A.A. - Huancavelica?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar los tapones herméticos para mitigar el drenaje de agua acidas a superficie y disminuir la contaminación ambiental en la unidad de producción recuperada – CIA de minas Buenaventura S.A.A. – Huancavelica.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar la influencia de tapones herméticos en el plan de cierre en la bocamina Esperanza para mejorar la calidad de agua en la unidad de producción recuperada – CIA de minas Buenaventura S.A.A. – Huancavelica.
- Evaluar la influencia de tapones herméticos en el plan de cierre en la bocamina Esperanza para mejorar la calidad de suelo en la unidad de producción recuperada – CIA de minas Buenaventura S.A.A. – Huancavelica.

1.4. Justificación

Teniendo en cuenta que toda la actividad minera pasa por diferentes etapas desde la exploración hasta el cierre de minas. La CIA DE MINAS BUENAVENTURA ha realizado el plan de cierre de minas en su UNIDAD DE PRODUCCION RECUPERADA en la mina Esperanza está basada en normas legales y el objetivo de estas es realizar el plan de cierre según mandan las normas legales y así evitar la propagación de agentes contaminantes que pudiesen afectar tanto a la salud humana y al medio ambiente. La cual ya se realizó este proyecto de plan de cierre con los estándares y etapas adecuados que manda los aspectos ambientales para así poder dejar el yacimiento minero

que ya sido explotado en óptimas condiciones y límites permisibles y aplicar una ingeniería adecuada en la elaboración de tapones herméticos en la mencionada unidad para el beneficio del medio ambiente y de la sociedad.

1.4.1. Justificación Social

Los pasivos ambientales traen consigo problemas de contaminación al medio ambiente y consecuentemente deterioros a la salud y pérdida económica la que puede ser aprovechada para beneficio de toda la colectividad, si se toma en cuenta los planteamientos de diseño de tapones herméticos para la remediación de pasivos ambientales.

1.4.2. Justificación teórica

La investigación propuesta buscó mediante la aplicación de la teoría y los conceptos básicos de: riesgo ambiental, remediación ambiental, clasificación de macizo rocoso, aguas subterráneas, etc. que determinan el diseño de tapones herméticos, en base a la información recopilada y procesada que sirvió de sustento para esta y otras investigaciones similares, y que enriqueció el cuerpo de conocimientos que existe sobre los temas en mención.

Lo anterior permitió a los investigadores contrastar los diferentes conceptos de los estudios evaluación de riesgo ambiental, geomecánicas, hidrológicos e hidrogeológicos en una realidad como los pasivos ambientales (bocaminas húmedas) de la unidad minera Recuperada Huancavelica.

1.4.3. Justificación práctica.

En ese sentido, la investigación tuvo carácter práctico, ya que se describió la variable de estudio y en función de ella se tomó decisiones de evaluación al respecto.

1.4.4. Justificación metodológica.

Para lograr el cumplimiento de los objetivos de estudio, se empleó la guía de evaluación de riesgo ambiental y la guía de diseño de tapones para el cierre de labores mineras, que se emplearon para determinar la situación actual del pasivo ambiental y el diseño tapón hermético. A través de la evaluación de la estabilidad física del pasivo ambiental para el diseño planteado se determinó las características técnicas del diseño, el cual cumplió con los factores de seguridad para garantizar el logro de la remediación ambiental del componente en estudio.

1.4.5. Justificación legal.

Se requiere de una remediación compatible con un ambiente saludable y concordante con la normativa vigente en la Remediación de Pasivos Ambientales.

1.5. Limitaciones

La limitación que se presentó en la investigación fue el acceso a la Unidad de Producción Recuperada de la CIA DE MINAS BUENAVENTURA.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

La U.P. Recuperada, perteneciente a la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A., se encuentra ubicada políticamente en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, Región de Huancavelica, al este de la Cordillera Occidental de los Andes.

Actualmente la CIA. DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A, en su U.E.C. Recuperada en cumplimiento con las normas nacionales de realizar el plan de cierre de bocaminas en los pasivos ambientales, se comprometió a realizar el cierre de bocaminas de sus pasivos ambientales, las cuales venían poniendo en peligros las áreas verdes y las zonas adyacentes que conforman el anexo de Corralpampa.

Explorando la bibliografía e informaciones de origen nacional se ha podido determinar que existen trabajos respecto al plan de cierre de mina.

Se encontró trabajos afines que podemos utilizar como guía para el desarrollo de la presente investigación.

2.1.1. A nivel Internacional

Jorge Oyarzun Muñoz "PLANES DE CIERRE MINEROS EN LA CIA MINERA EL INDIO" CHILE. Coquimbo - 2008

El presente estudio nos describe el plan de cierre mineros, el uso final del sitio en restauración y las expectativas de las partes interesadas. En materias científico-técnicas, interesan en particular las variables climáticas cuantía y distribución de las precipitaciones, y potencial de evaporación, drenaje superficial y subterráneo, potencial de drenaje ácido del material de los relaves, presencia de metales pesados tóxicos y materiales disponibles para la construcción de la cubierta.

Naturalmente, el objetivo esencial de un cierre programado, bien planificado, ejecutado y controlado después de su realización, es prevenir, mitigar y revertir esos efectos dañinos. Ello implica que la idea del cierre debe estar presente desde la etapa de evaluación de la posible explotación de un yacimiento. Debe acompañar el diseño de las labores y la selección de las tecnologías a utilizar, y desde luego, lo referente a la localización de los trabajadores y sus familias (actualmente se prefiere disponer sólo de alojamientos para los trabajadores en lugar del proyecto). La Evaluación de Impacto Ambiental debe considerar el cierre de la explotación, pero sólo en sus aspectos centrales y esenciales

(Porque es muy difícil saber cómo evolucionará). Por otra parte, el cierre debe realizarse paralelamente a la explotación, de manera de dejar para el momento final lo menos que sea posible. Si hay comunidades cuya vida económica y laboral está fuertemente ligada a la explotación, es necesario que se estudien y desarrollen en conjunto actividades económicas alternativas. Este es un aspecto central a desarrollar como parte de la Responsabilidad Social Corporativa de la empresa minera.

Ontario Ministry of Labour. Directrices para el Diseño de Muros de Separación y Represas para Minas Subterráneas-Ministerio de Trabajo de Ontario. Canadá y Estados Unidos-1995

Esta publicación presenta directrices que se emplean en varias regiones de Canadá y en Estados Unidos, la práctica del diseño de tapones ha sido "indentado" o excavar una losa guía en el macizo rocoso en el emplazamiento del tapón que extienda efectivamente el tapón de concreto hacia el macizo rocoso adyacente a la galería o el túnel donde está ubicado. En el diseño de estos tapones de concreto armado se asume que la losa guía transmite presiones hidrostáticas sobre el tapón a los lados verticales del "indentado" mediante soporte directo entre el lecho rocoso y el concreto.

Estas directrices canadienses sólo enfocan el tipo de inestabilidad por corte, lo que quiere decir que los tapones de indentado normalmente no son modelos adecuados para tapones diseñados para contener el drenaje de líquidos ácidos de minas.

Asimismo, específica que debe realizarse estudios adecuados con especial cuidado para determinar la ubicación de los tapones en las mejores condiciones de terreno y de inyectar al macizo rocoso alrededor del tapón, ya que los tapones indentados son más susceptibles de presentar filtraciones debido a sus longitudes menores.

2.1.2. A nivel Nacional

Luis Abdón Aguilar Gonzales "PLAN DE CIERRE DE MINAS EN LA U.E.A. SAN ANDRES-MINA SAN JUAN DE LA COMPAÑÍA MINERA CARAVELI S.A.C." – Arequipa 2008.

El presente estudio describe el plan de cierre de mina donde se ve el marco legal y la ley de cierre de minas N° 28090, los aspectos ambientales donde se hace la identificación de los aspectos ambientales significativos, también se trata sobre el desmontaje de equipos e

instalaciones su clasificación para su destino y se establece plan para demolición de las obras civiles, de cierre de bocaminas, tajeos, piques, chimeneas, desmonte de mina y desechos y su posible reforestación, también se describe ampliamente a los relaves y las pruebas que se hizo con el fin de garantizar su estabilidad física.

Describe también el mantenimiento y monitoreo posteriori al cierre para el cual analizamos la influencia de la calidad de agua. Trabajos subterráneos, la calidad de aire y suelos, los residuos sólidos, los efluentes líquidos, el ruido, las áreas revegetadas y los aspectos socioeconómicos y culturales.

Como último la administración del cierre y cronograma de actividades donde se menciona a los responsables del proyecto y presupuesto de cierre y financiamiento.

Cano Angulo realizó el estudio de tesis: CONSIDERACIONES EN LA UTILIZACIÓN DE TAPONES HERMÉTICOS PARA EL CIERRE DE MINAS. HUANCAYO-2005

Dicho estudio fue basado en la interrogante: ¿Por qué sellar un túnel?, toma en cuenta diversos factores condicionantes como: retornar los niveles del agua subterránea a sus condiciones previas al minado, saturar el macizo rocoso para reducir el drenaje ácido de roca, reducir el flujo de descarga al medio ambiente, reducir o regular los flujos hacia la planta de tratamiento de agua, retener el agua y relaves de relleno, evitar el ingreso de material de cubierta (avalancha de lodo) en las aberturas subterráneas, limitar el grado de inundación de las labores mineras durante el cierre de una mina para evitar el drenaje ácido de roca, sellar las labores abandonadas y evitar el ingreso de agua a una mina adyacente y sellar los túneles de derivación de la presa. Cano Angula menciona que los tapones vienen a ser estructuras de contención

definitiva y que generalmente permanecen después del cierre de minas, así mismo están diseñados con altos factores de seguridad, requiriendo de un control de calidad riguroso. Por lo que se usará como una barrera permanente o muro de separación para la contención de fluidos de baja presión. Por otro lado, recomienda que, para sellar el núcleo hueco de una mina, la forma del tapón deberá construirse de acuerdo a: el diseño común para los túneles de derivación de presas hidroeléctricas (túneles de diámetro grande), considerar la aspereza natural del túnel para la resistencia al corte, utilizar relleno de contacto alrededor del túnel, tener en cuenta la inyección de concreto de contacto y de consolidación desde la galería de inyección de concreto.

Las conclusiones a las que arribó Cano Angula son: Cada vez que se requiera la construcción de un tapón de cierre hermético, se deberán realizar los estudios geotécnicos y estructurales apropiados para determinar la estabilidad a largo plazo del tapón hermético. Se estableció que al presentarse en el cierre de la mina un potencial uso doméstico de cualquier agua subterránea que se pudiera infiltrar alrededor del tapón, se recomienda perforaciones de inyección de cortina y de contacto (o consolidación). Se debe tener en cuenta que el alto contenido de sulfato se relaciona principalmente con la protección del tapón contra posibles reacciones expansivas y/o deterioro por ataque de sulfato. En la investigación se deberá evaluar el potencial de impacto dinámico que podría afectar la estabilidad del tapón, estas fuerzas de impacto dinámico pueden desarrollarse como resultado de los efectos de impacto de un "martillo" de agua en el tapón.

2.1.3. A nivel Local

Paucar Freddy realizó el estudio de tesis: DISEÑO DE TAPONES HERMÉTICOS EN LABORES DE REMEDIACIÓN PASIVO AMBIENTAL PARA LA MINA “RECUPERADA” – HUANCAVELICA - 2015

En la cual se planteó el objetivo principal de diseñar el tapón hermético para la remediación del pasivo ambiental de la mina Recuperada, sus objetivos específicos fueron: 1) Estudiar el riesgo ambiental que tiene el pasivo ambiental, 2) Identificar la ubicación adecuada del tapón hermético y 3) Estudiar la condición de estabilidad física del diseño del tapón hermético.

Las conclusiones fueron: 1) El riesgo ambiental que representa el Pasivo Ambiental; en cuanto al riesgo ambiental entorno humano mostró un 60% que representó un riesgo moderado, el riesgo ambiental entorno natural mostró un 60% que representó un riesgo moderado y el riesgo ambiental entorno socioeconómico mostró un 28%, lo que representó un riesgo leve, esto quiere decir que el riesgo ambiental del pasivo (BNF – 16) fue de 49.3%, lo que indicó un riego moderado. 2) Para la ubicación adecuada del tapón hermético se consideraron tres factores: filtración del agua más cercana desde la bocamina, ubicación del macizo rocoso más estable y el espesor de la cobertura de roca. 3) El análisis y la evaluación de la estabilidad física del tapón hermético, en base a cinco criterios, en donde se obtuvo un factor de seguridad (FS´) mayor a 1.14, por lo que indicó que el diseño del tapón hermético es estable.

2.2. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.2.1. Plan de cierre

El Cierre de Minas es la actividad que busca rehabilitar las áreas utilizadas por la minería una vez concluidas las operaciones, para que el terreno tenga condiciones similares a las que existían antes del desarrollo de la actividad minera.

Según la definición de Plan de Cierre Conceptual de esta última guía, éste es desarrollado en forma inicial para proyectos nuevos y forma parte del EIAsd. El Plan de Cierre Conceptual comprende los escenarios de cierre temporal, progresivo y final, que comprende:

- **El plan de cierre temporal:** Por consecuencia de condiciones factor de económico, o de carácter legal y por alguna coyuntura mayor no prevista (terrorismo) que pudiera ocurrir en cualquier momento de la etapa del Proyecto.
- **El plan de cierre progresivo**: Se da a medida que se avanzan las labores y estas determinan una etapa de término en la actividad específica, entonces se realiza el cierre progresivo de acuerdo al progreso de la actividad.
- **El plan de cierre final**: Es por el término de todas las actividades de explotación de la mina y/o término de vida útil del Proyecto. La Ley N. º 28090, promulgada el 14 de octubre de 2003, su modificatoria (Ley N. º 28234) y Reglamento (D.S. No. 033-2005-EM), establecen las obligaciones y procedimientos que deben cumplir los titulares de la actividad minera para la elaboración, presentación y ejecución del Plan de Cierre de Minas y la constitución de garantías ambientales correspondientes.

  La Ley establece que el operador minero deberá presentar a la autoridad competente, el Plan de Cierre de Minas, en el plazo máximo de un año, a partir de la aprobación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado (EIAsd).

✓ **Estabilidad física**

Los criterios de diseño considerados para las actividades de estabilización física son:

a) Estabilizar las desmonteras, durante la etapa operativa y al final de la misma.

b) Estabilización del terreno donde existan pendientes empinadas, debido a la apertura de vías de acceso y otras construcciones, cuya falla puedan ocasionar impactos severos al entorno.

c) Recontorneo, nivelación y perfilado de áreas alteradas y/o disturbadas por actividades complementarias a las labores mineras.

d) Escarificar y reconformar los taludes de las vías de acceso en caso de que no presten utilidad a las Comunidades y poblaciones del entorno.

- ✓ **Estabilidad geoquímica**

  Los criterios de diseño considerados para las actividades de estabilización geoquímica son:

  a) Caracterización físico-químico de la roca de mina, del desmonte, entre otros.

  b) Disposición de residuos sólidos para evitar contaminación mediante cobertura con material del entorno poco permeable.

  c) Remediación de suelos contaminados con hidrocarburos y otros.

  d) Recolección de lubricantes y aceite de transformador usados y sin uso, y entrega a las empresas especializadas encargadas de su disposición final (EPS-RS).

- ✓ **Estabilidad hidrológica**

  La zona del Proyecto presenta características desérticas, donde las precipitaciones son escasas anulas, sin embargo, los criterios de diseño considerados para las actividades de estabilización hidrológica son:

  a) Estimación de la potencialidad de los eventos naturales, sismos, inundaciones y/o huaycos.

- ✓ **Revegetación**

  La flora y fauna en el entorno del área del Proyecto es escasa a nula, sin embargo, los criterios de diseño considerados para estas actividades son:

  a) Diseñar un sistema de limpieza de suelos disturbados, contención e inmovilización de sustancias nocivas que garantice que agentes naturales como el viento no generarán la contaminación del aire, suelos y alguna especie de flora que pudiera encontrarse en el entorno.

b) Colocar una cobertura con material propio seleccionado u otro material impermeable, en los depósitos de desmontes.

c) Definir el uso requerido de los suelos de las actividades mineras en el período postcierre, especialmente en coordinación con un eventual aprovechamiento económico o paisajístico, por la población, comunidad y/o terceros en general.

- ✓ **Actividades de cierre minera**

a) Cierre temporal

Son actividades que se realizan ante situaciones que puedan presentarse como riesgos inminentes o casos fortuitos de paralización de los trabajos a desarrollarse por situaciones externas. Para ello se contará con un Plan de Manejo y Mantenimiento de cada uno de los Componentes. En concordancia con lo anteriormente mencionado se recomienda desarrollar un plan de cuidado y mantenimiento que se pueda aplicar encaso ocurra una suspensión temporal o paralización imprevista.

b) Cierre progresivo

Es un conjunto de actividades relacionadas con el cierre que se pueden implementar de manera simultánea al desarrollo de las operaciones mineras de explotación, las cuales pueden abarcar mina, componentes de la actividad minera o parte de ellas, cuando dejan de ser útiles o se encuentran ya evaluadas de manera integral. Estas medidas de Cierre resultan beneficiosas para el ambiente, en vista que permite una recuperación rápida del terreno y controla la futura degradación ambiental. Una de las ventajas de la aplicación de esta etapa es que al titular minero se le reducen los costos de las actividades del cierre final debido a la disponibilidad de recursos humanos y equipos durante las operaciones, adicionalmente mejora su imagen pública y, asimismo, de

acuerdo al reglamento le permite descontar lo gastado en el cierre progresivo del monto de la garantía financiera que tiene que dar para las actividades de cierre final. Los componentes en los cuales se llevará a cabo el cierre progresivo serán las áreas de mina que hayan sido explotadas y depósitos de desmonte que hayan llegado a su capacidad de almacenamiento.

c) Cierre final

Las actividades en esta etapa corresponden al cierre o clausura de instalaciones que no sean consideradas en el cierre temporal y progresivo o que ya no serán utilizadas más, ya que se considera el término de la vida útil de las mismas o de la mina por agotamiento del recurso mineral.

2.2.2. Contaminación del agua

El agua pura es un recurso renovable, sin embargo puede llegar a estar tan contaminada por las actividades humanas, que ya no sea útil, sino más bien nocivo.

- **¿Qué contamina el agua?**

a) Agentes patógenos.- Bacterias, virus, protozoarios, parásitos que entran al agua proveniente de desechos orgánicos.

b) Desechos que requieren oxígeno.- Los desechos orgánicos pueden ser descompuestos por bacterias que usan oxígeno para biodegradables. Si hay poblaciones grandes de estas bacterias, pueden agotar el oxígeno del agua, matando así las formas de vida acuáticas.

c) Sustancias químicas inorgánicas.- Ácidos, compuestos de metales tóxicos (Mercurio, Plomo), envenenan el agua.

Los nutrientes vegetales pueden ocasionar el crecimiento excesivo de plantas acuáticas que después mueren y se descomponen, agotando el oxígeno del agua y de este modo causan la muerte de las especies marinas (zona muerta).

d) Sustancias químicas orgánicas.- Petróleo, plásticos, plaguicidas, detergentes que amenazan la vida.

e) Sedimentos o materia suspendida.- Partículas insolubles de suelo que enturbian el agua, y que son la mayor fuente de contaminación Sustancias radiactivas que pueden causar defectos congénitos y cáncer.

f) Calor. - Ingresos de agua caliente que disminuyen el contenido de oxígeno y hace a los organismos acuáticos muy vulnerables.

g) Contaminación Orgánica.- En los lagos, rebalses, estuarios y mares, con frecuencia la dilución es menos efectiva que en las corrientes porque tienen escasa fluencia, lo cual hace a los lagos más vulnerables a la contaminación por nutriente vegetales (nitratos y fosfatos) (eutroficación).Control de la Eutroficación por cultivos.

2.2.3. Etapas para la evaluación de tapón hermético

2.2.3.1. *Clasificación del macizo rocoso rmr (rock mass rating)*

- ✓ **(Bieniawski, 1989), El sistema de clasificación RMR (ROCK MASS RATING**), permite relacionar índices de calidad con parámetros geotécnicos del macizo para determina la calidad del macizo rocoso en función a los siguientes parámetros:
- ✓ **Resistencia a compresión simple. (Vallejo, 2002)**, En los ensayos deberá usarse para determinar la dureza, incluyendo el golpe del testigo con un martillo de geólogo, raspado y pelado con una cuchilla y ralladuras con la uña del dedo pulgar, según los procedimientos

Tabla 1

Criterios de estimación para la Resistencia del material

GRADO	IDENTIFICACION DE TERRENO	RESISTENCIA A LA COMPRENSION SIMPLE (Mpa)	CALIDAD	PUNTAJE

R6	No se rompe, solo es astillada	>250	Muy Alta	15
R5	Se rompe con muchos golpe del martilllo geologico	100-250	Alta	12
R4	Se rompe con mas de un golpe del martilllo geologico	50-100	Media	7
R3	Se rompe con un solo golpe firme del martillo geologico	25-50	Baja	4
R2	Se deforma o disgrega por un fuerte golpe firme del martillo	5-25		2
R1	Se disgrega por un fuerte golpe de martillo geologico	1-5	Muy Baja	1
R0	Marcada por la uña	0.25-1		0

Fuente: (ISRM 1,981)

- ✓ **RQD (ROCK QUALITY DESIGNATION).** La Designación de la Calidad de Roca RQD, es un índice cuantitativo que se obtiene del testigo de perforación diamantina. Considera sólo las piezas de testigos de roca dura y sana de 100 mm o mayor longitud.

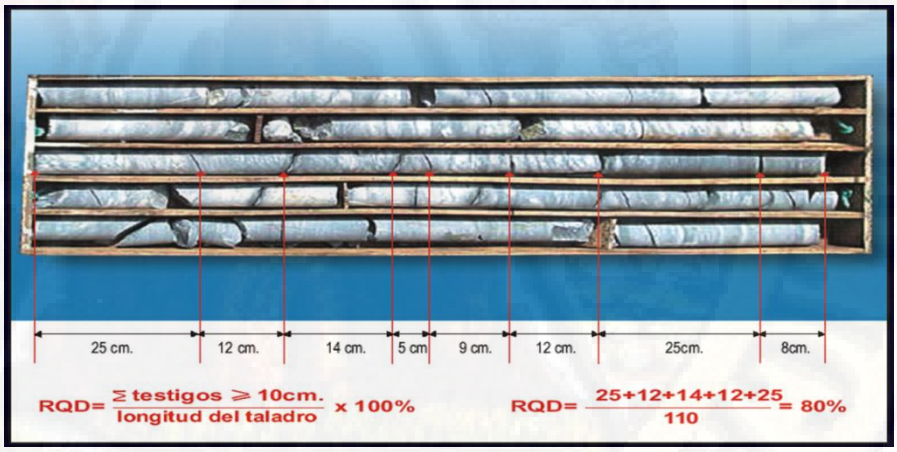


Figura 1. Cálculo de RQD
Fuente: Geomecanica

Donde también:

RQD: 115-3.3Jv

Jv- Numero de juntas identificadas en el macizo rocoso por m3.

Tabla 2

La valoración del RQD se obtiene de la calificación

CALIDAD DE LA ROCA	RQD (%)	PUNTAJE
Muy buena	90-100	20
Buena	75-90	17
Regular	50-75	13
Mala	25-50	8
Muy mala	<25	3

Fuente: (Bienawski.1989)

- ✓ **Espaciamiento de las discontinuidades.** Es la distancia media perpendicular entre dos discontinuidades de una misma familia, influyen en el comportamiento global del macizo rocoso y definen el tamaño de los bloques de macizo rocoso.

  La valoración del espaciamiento de discontinuidades se obtiene de la calificación, como se muestra en la tabla.

Tabla 3

Valoración de espaciamiento de discontinuidades

ESPACIAMIENTO(m)	PUNTAJE
>2	20
0.6-0.2	15
0.2-0.6	10
0.06-0.2	8
<0.06	5

Fuente: (Bienawski.1989)

- ✓ **Estado de las discontinuidades.**

  • **Continuidad.** Es la extensión del plano de discontinuidad.

  • **Abertura.** Es la distancia perpendicular entre las paredes de las distancias de las diaclasas cuando estas no tienen relleno.

  • **Rugosidad.** Se alude a la rugosidad de la superficie y a la ondulación de la discontinuidad, pues ambos afectan la resistencia del macizo rocoso.

  • **Relleno.** Alude al material entre las paredes de la discontinuidad, casi siempre más blando que el macizo rocoso.

• **Alteración.** El grado de meteorización describe la descomposición de la roca por el proceso de erosión.

La valoración del estado de las discontinuidades se obtiene de la calificación, como se muestra en la tabla N. º 02 y 03.

Tabla 4

Valoración general del estado de las discontinuidades

DESCRIPCION	PUNTAJE
Superficies muy rugosas, de poca extensión, paredes de roca resistente.	30
Superficies poco rugosas, apertura menor a 1 mm, paredes de roca resistente.	25
Superficies poco rugosas, apertura menor a 1 mm, paredes de roca blanda.	20
Superficies suaves o relleno de falla de 1 a 5 mm de espesor o apertura de 1 a 5 mm, las discontinuidades se extienden por varios metros.	10
Discontinuidades abiertas, con relleno de falla de más de 5 mm de espesor o apertura de más de 5 mm, las discontinuidades se extienden por varios metros.	0

Fuente: (Bienawski.1989)

Tabla 5

Valoración del estado de las discontinuidades

Longitud(m)		Abertura(mm)		Rugosidad		Relleno		Alteración	
<1	6	Nada	6	Muy rugoso	6	Ninguno	6	Inalterada	6
1-3m	4	<0.10	5	Rugoso	5	Duro(<5mm)	4	Ligeramente alterada	5
3-10m	2	0.10-1	3	Ligeramente rugosa	3	Duro(>5mm)	2	Moderadamente alterada	3
10-20m	1	1-5	1	Ondulada	1	Blando(<5mm)	2	Muy alterada	1
>20	0	>5	0	Suave	0	Blando(>5mm)	0	Descompuesta	0

Fuente: (Bienawski.1989)

- ✓ **Presencia de agua.** Se realiza la valoración de la evaluación de la presencia de agua del macizo rocoso, este se califica de 0 a 15, como se muestra en la tabla N. º 06.

Tabla 6

Valoración de presencia de agua

Filtración por cada 10m de longitud del túnel (l/m)	**Presión del agua por discontinuidad dividido la tensión principal mayor**	**Descripción de las condiciones generales**	**Puntaje**
Nada	0	Completamente seco	15
<10	0.0-0.1	Apenas húmedo	10
10-25	0.1-0.2	Húmedo	7
25-125	0.2-0.5	Goteo	4
>125	>0.5	Flujo continuo	0

Fuente: (Bienawski ,1989)

- ✓ **Corrección por orientación de las discontinuidades.** Se realiza la valoración de la corrección por orientación de las discontinuidades del macizo rocoso, este se califica de 60-0 como se muestra en la tabla N.º 07.

Tabla 7

Valoración de Corrección por orientación de las discontinuidades

Evaluación de la influencia de la orientación para la obra	**Puntaje para túneles**	**Puntaje para cimentaciones**	**Puntaje para taludes**
Muy favorables	0	0	0
Favorables	2	2	2

Medias	5	7	25
Desfavorables	10	15	50
Muy desfavorable	12	25	60

Fuente: (Bienawski. 1989)

El RMR del macizo rocoso de calcula como la suma de los cinco valores de la siguiente manera.

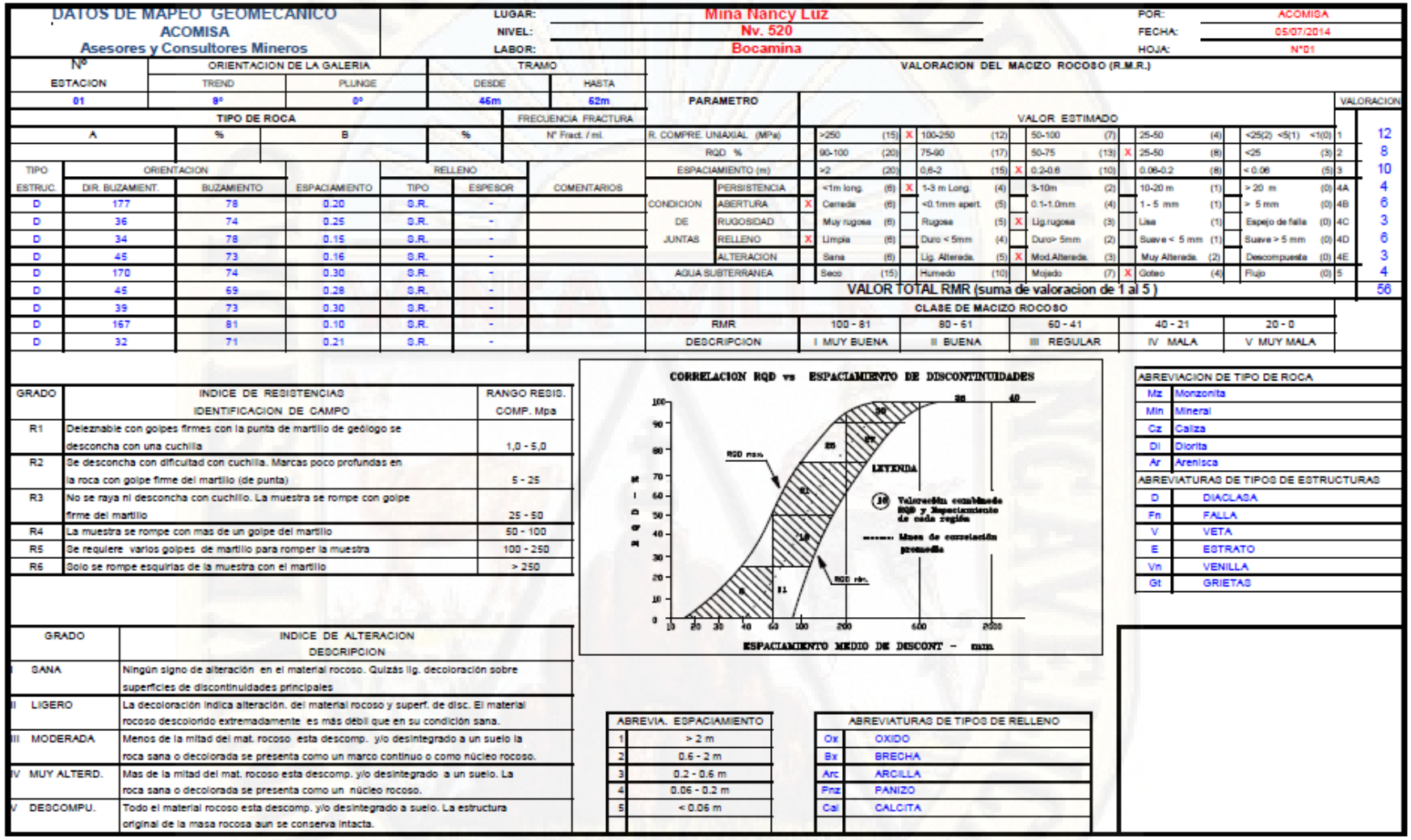
Tabla 8

Clasificación de los macizos rocosos (RMR)

RMR =∑ PUNTAJES	**Resistencia a compresión simple**
	RQD
	Espaciamiento de las discontinuidades, estado de las discontinuidades
	Presencia de agua
	Corrección por orientación de las discontinuidades.

RMR (Rango de valores)	Cohesión c (Kpa)	Fricción (φ)	Descripción del macizo rocoso	Clase
81-100	>400	>45	Muy bueno	I
61-80	300-400	35-45	Bueno	II
41-60	200-300	25-35	Medio	III
21-40	100-200	15-25	Malo	IV
1-20	<100	<15	Muy malo	V

Fuente: (Bienawski. 1989)



DATOS DE MAPEO GEOMECANICO
ACOMISA
Asesores y Consultores Mineros

LUGAR: Mina Nancy Luz
NIVEL: Nv. 520
LABOR: Bocamina
POR: ACOMISA
FECHA: 05/07/2014
HOJA: N°01

Nº ESTACION	ORIENTACION DE LA GALERIA TREND	PLUNGE	TRAMO DESDE	HASTA
01	8°	0°	46m	62m

TIPO DE ROCA: A | % | B | % | FRECUENCIA FRACTURA: Nº Fract. / ml.

TIPO ESTRUC.	ORIENTACION DIR. BUZAMIENT.	BUZAMIENTO	ESPACIAMIENTO	RELLENO TIPO	RELLENO ESPESOR	COMENTARIOS
D	177	78	0.20	S.R.	-	
D	36	74	0.25	S.R.	-	
D	34	78	0.15	S.R.	-	
D	45	73	0.16	S.R.	-	
D	170	74	0.30	S.R.	-	
D	45	69	0.28	S.R.	-	
D	39	73	0.30	S.R.	-	
D	167	81	0.10	S.R.	-	
D	32	71	0.21	S.R.	-	

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)

PARAMETRO			VALOR ESTIMADO					VALORACION
R. COMPRE. UNIAXIAL (MPa)			>250 (15)	X 100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	1 12
RQD %			90-100 (20)	75-90 (17)	X 50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)	2 8
ESPACIAMIENTO (m)			>2 (20)	0,6-2 (15)	X 0.2-0.6 (10)	0.06-0.2 (8)	< 0.06 (5)	3 10
CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA		<1m long. (6)	X 1-3 m Long. (4)	3-10m (2)	10-20 m (1)	> 20 m (0)	4A 4
	ABERTURA	X	Cerrada (6)	<0.1mm apert. (5)	0.1-1.0mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B 6
	RUGOSIDAD		Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	X Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C 3
	RELLENO	X	Limpia (6)	Duro < 5mm (4)	Duro> 5mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D 6
	ALTERACION		Sana (6)	Lig. Alterada. (5)	X Mod.Alterada. (3)	Muy Alterada. (2)	Descompuesta (0)	4E 3
AGUA SUBTERRANEA			Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	X Goteo (4)	Flujo (0)	5 4
VALOR TOTAL RMR (suma de valoracion de 1 al 5)								56

CLASE DE MACIZO ROCOSO

RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0
DESCRIPCION	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA

GRADO	INDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACION DE CAMPO	RANGO RESIS. COMP. Mpa
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla	1,0 - 5,0
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5 - 25
R3	No se raya ni desconcha con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25 - 50
R4	La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo	50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100 - 250
R6	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo	> 250

GRADO	INDICE DE ALTERACION DESCRIPCION
I SANA	Ningún signo de alteración en el material rocoso. Quizás lig. decoloración sobre superficies de discontinuidades principales
II LIGERO	La decoloración indica alteración. del material rocoso y superf. de disc. El material rocoso descolorido extremadamente es más débil que en su condición sana.
III MODERADA	Menos de la mitad del mat. rocoso esta descomp. y/o desintegrado a un suelo la roca sana o decolorada se presenta como un marco continuo o como núcleo rocoso.
IV MUY ALTERD.	Mas de la mitad del mat. rocoso esta descomp. y/o desintegrado a un suelo. La roca sana o decolorada se presenta como un núcleo rocoso.
V DESCOMPU.	Todo el material rocoso esta descomp. y/o desintegrado a suelo. La estructura original de la masa rocosa aun se conserva intacta.

CORRELACION RQD vs ESPACIAMIENTO DE DISCONTINUIDADES

ABREVIA.	ESPACIAMIENTO
1	> 2 m
2	0.6 - 2 m
3	0.2 - 0.6 m
4	0.06 - 0.2 m
5	< 0.06 m

ABREVIATURAS DE TIPOS DE RELLENO	
Ox	OXIDO
Bx	BRECHA
Arc	ARCILLA
Pnz	PANIZO
Cal	CALCITA

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	
Mz	Monzonita
Min	Mineral
Cz	Caliza
Dl	Diorita
Ar	Arenisca

ABREVIATURAS DE TIPOS DE ESTRUCTURAS	
D	DIACLASA
Fn	FALLA
V	VETA
E	ESTRATO
Vn	VENILLA
Gt	GRIETAS

Figura 2. Mapeo Geomecánico del Nv 520 – Nancy Luz

Fuente: Mina Buenaventura S.A.A.

2.2.4. Tapón hermético

2.2.4.1. *Definición*

(MEM, 2007), Tapón hermético se consideran en general como una estructura de concreto puro o armado, tales como las que se usarían para embalsar agua o relaves a presiones que superen significativamente los 100 kPa (es decir, el equivalente a una columna de agua desde 10 m de alto hasta varios cientos); su diseño tiende a tener factores de seguridad más altos y que cumpla con las especificaciones de control de calidad durante su construcción. Se definen como permanentes y por lo tanto no se prevé que requieran mantenimiento.

2.2.4.2. *Método de selección tapón hermético*

(CESEL Ingenieros S.A, 2005), Los criterios de selección del método de cierre de los componentes de pasivos ambientales (bocaminas), se describen, con la finalidad de:

- Prevenir y/o remediar la generación de aguas ácidas.
- Prevenir el riesgo potencial de accidentes para personas y animales.

Estado	Carga Hidraúlica metros de H2O	Método de Cierre	Estructuras	Condición	Tipo
Bocaminas Humedas	Alta 101 ->	Método Hermético (Tapón)	Sección compuesta - Indentado	Permanente	I.1
			Cilindro de concreto con acceso	Permanente	I.2
			Cilindro de concreto y acero	Permanente	I.3
			Cuña de concreto y monolítico	Permanente	I.4
			Indentados	Permanente	I.5
	Baja 10 -100	Método de Bloqueo de Aire	Muros de rebose	Permanente	I.6
			Muro de concreto y dren	Permanente	I.7
			Acumulación de desmonte y dren	Permanente	I.8
Bocaminas Secas	Nula 0	Método Hermético (Tapón)	Muro de concreto	Permanente	II.1
			Acumulación de desmonte (min.10m)	Permanente	II.2
		Método Temporal	Colocación de rejas	Temporal	II.3

Figura 3. Métodos de cierres de mina
Fuente: (CESEL Ingenieros S.A, 2005)

2.2.4.3. *Diseño de tapones*

El diseño de los tapones se realiza evaluando la estabilidad para cada una de las fallas que pueden causar de inestabilidad en la estructura.

Por lo tanto:

a) y b) tapones indentados (resistencia estructural adecuada, pero por lo general insuficiente resistencia a las fugas); c) tapón de concreto en cuña y monolíticos sin refuerzo (resistencia estructural y resistencia a las fugas adecuada, pero menos económico que otras alternativas);

d) de lados paralelos y monolítico sin refuerzo (por lo general económico con adecuada resistencia estructural y resistencia a las fugas.

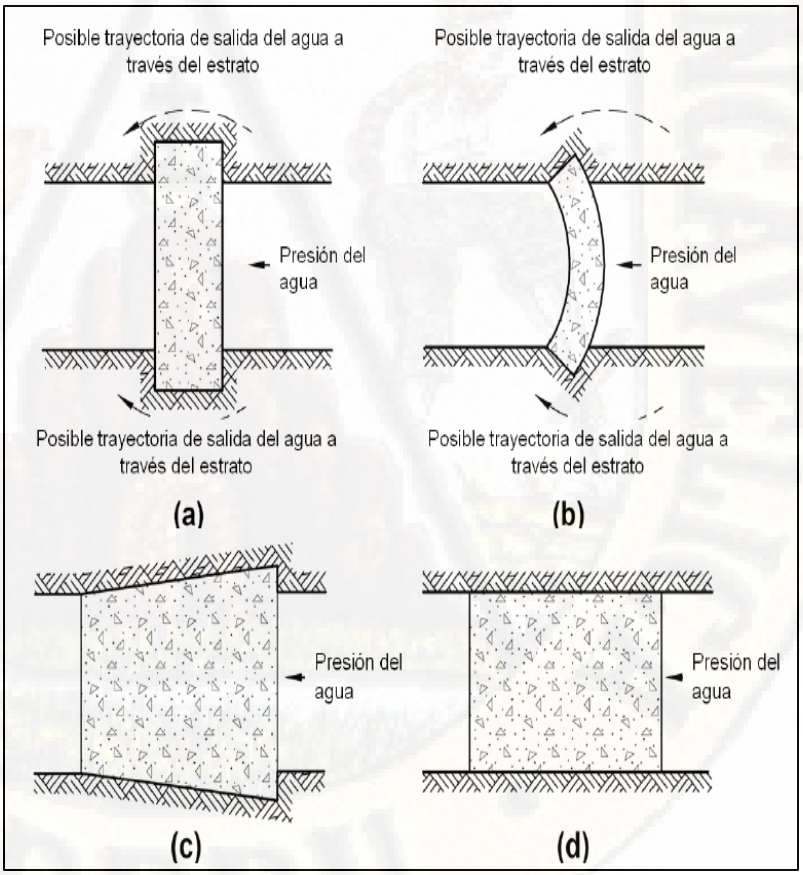


Figura 4. Diseño de tapones
Fuente: Guía para el diseño de tapones para el cierre de labores mineras.

Carga Hidráulica vs Estructuras Temporales y Permanentes

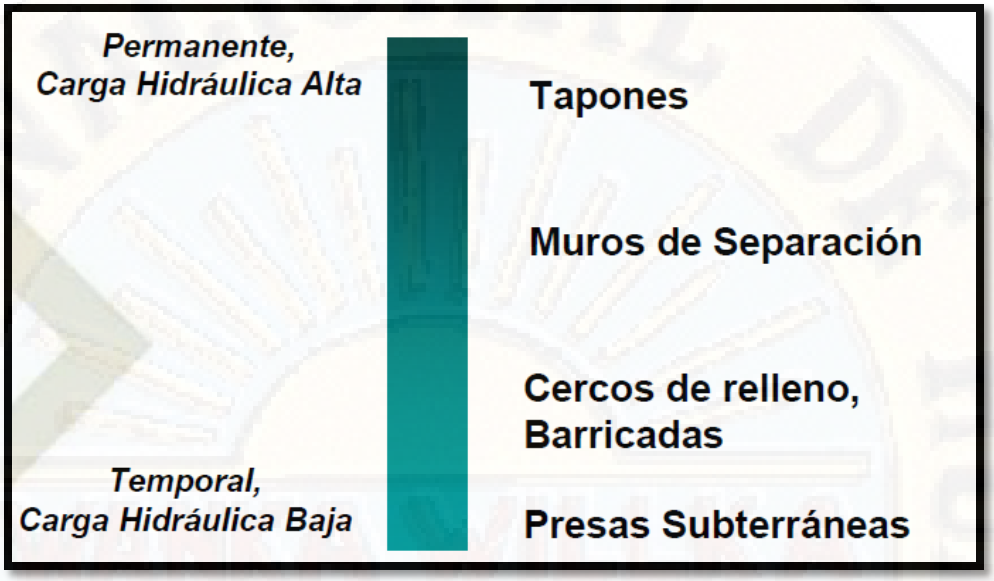


Figura 5. Cuadro de carga hidráulica vs estructuras
Fuente: (CESEL Ingenieros S.A, 2005)

VISTA DE TAPON HERMETICO EN LA MINA ESPERANZA NV 595

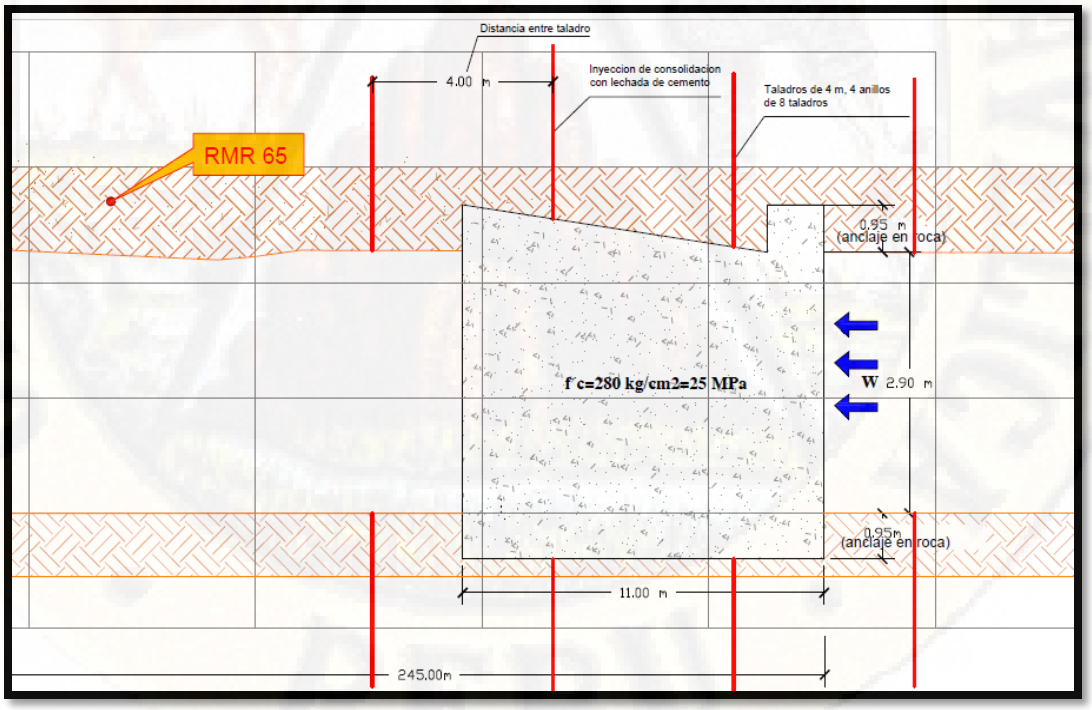


Figura 6. Caso Mina esperanza Nv 595 – Vista perfil
Fuente: CIA BUENAVENTURA S.A.A.

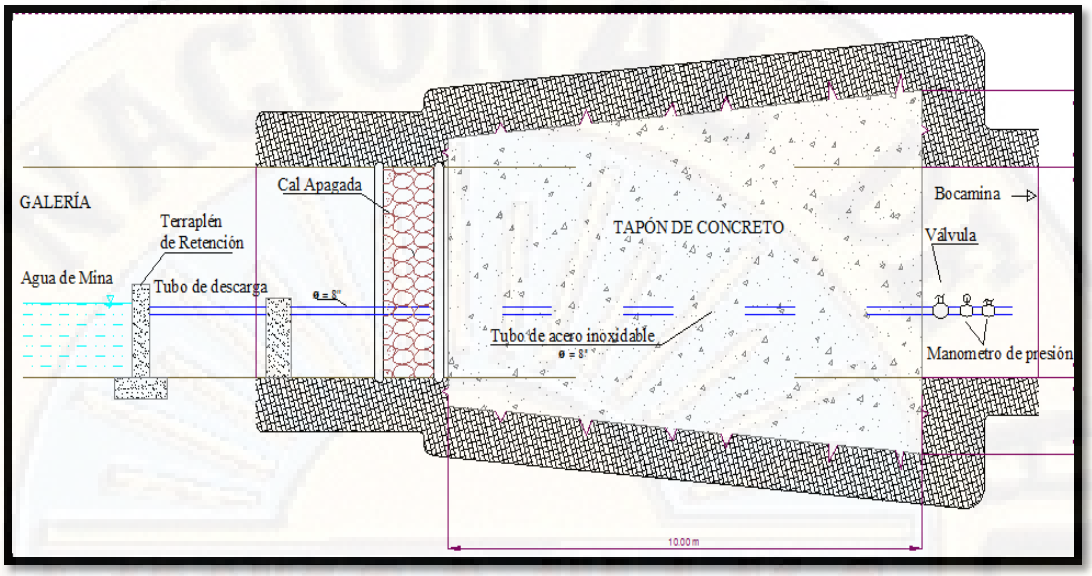


Figura 7. Caso Mina esperanza – Vista Planta
Fuente: CIA BUENAVENTURA S.A.A.

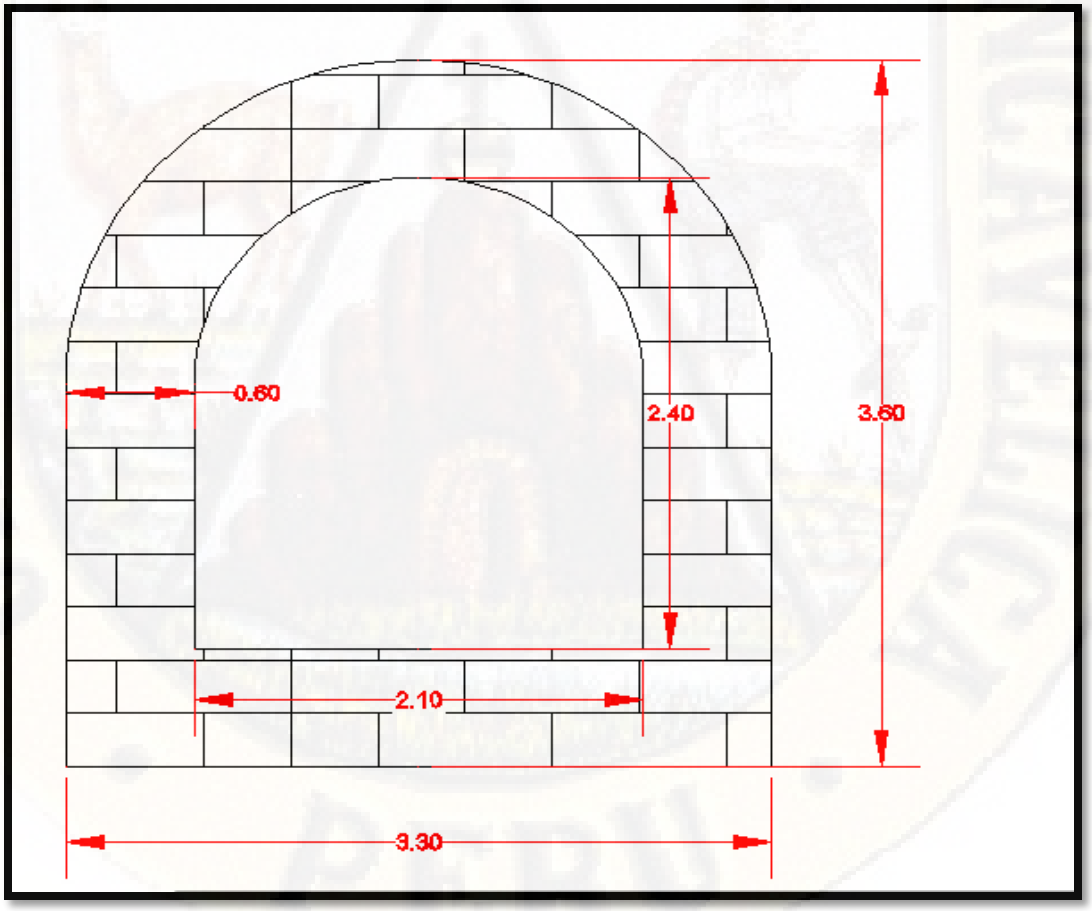


Figura 8. Sección de la labor y sección de tapón-Vista en frente

Ítem	Componente	Descripción
01	Mina	(06) Bocaminas en Esperanza: Nivel 520 Nivel 555 Nivel 590 Nivel 595 Nivel 630 Nivel 650 Nivel 680 (02) Bocaminas en Nancy Luz: Nivel 470 Nivel 520 Nivel 560 Nivel 610 (02) Bocaminas en Rico Antimonio Nivel 610 Nivel 650 (01) Bocamina en Teccloorcco Nivel 450 Nivel 460 (01) Bocamina en Germana Nivel 520 Nivel 570 (01) Bocamina en Carboncuyoc Nivel 530 Nivel 580 (04) Chimeneas de ventilación con salida a superficie de 2,5 x 2,5 m: CH - 650 CH1-620 CH2-620 CH-676-07

Fuente: Propia

Figura 9. Componentes de cierre de mina – 19 bocaminas y 4 chimeneas
Fuente: CIA BUENAVENTURA S.A.A.

2.2.4.4. *Ubicación de tapón hermético*

La selección de la ubicación del tapón hermético en el desarrollo de la galería minera, es uno de los objetivos de la presente investigación, el cual debe de cumplir con los propósitos referenciales (MEM, 2007):

- Área donde la roca sea competente y libre de características geológicas significativas tales como fallas, zonas de corte, etc.
- Área que no tenga demasiados esfuerzos y que esté lo más alejada posible de otras aberturas de minas.
- Aguas abajo de cualquier fuga, de modo que retenga toda el agua que ingresa.
- Zona donde la resistencia in situ sea mayor a las que aplicará la presión hidrostática.

- Un área donde la permeabilidad general de la roca circundante sea tan baja como sea posible.

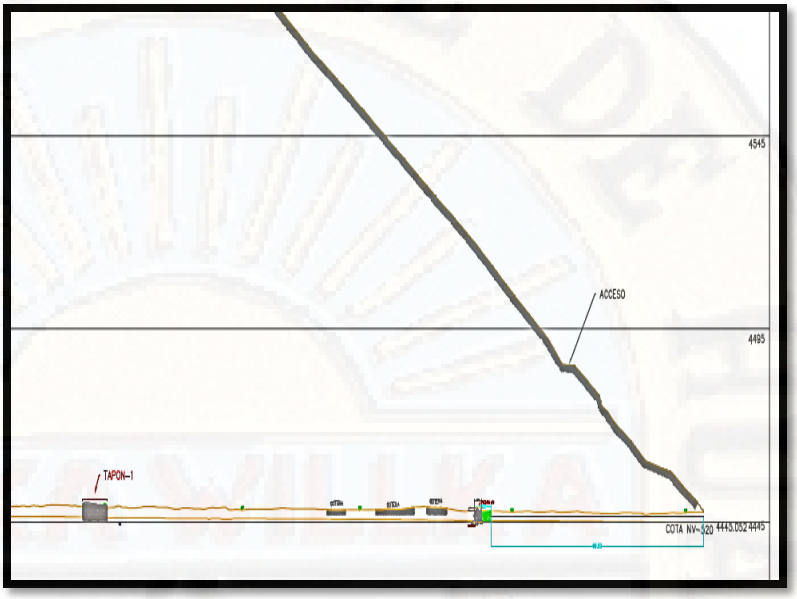


Figura 10. Vista del tapón hermético en interior mina
Fuente: CIA BUENAVENTURA S.A.A.

2.2.4.5. *Evaluación de la estabilidad*

La evaluación de la estabilidad de la geometría del tapón en la ubicación seleccionada deberá ser llevada a cabo y certificada por un ingeniero calificado utilizando enfoques reconocidos por la industria para abordar, por lo menos los cinco posibles modos primarios de inestabilidad potencial, a saber:

1) **Falla por corte –** se define como una falla de corte a través del concreto, a lo largo del contacto de la roca con el concreto o a través del macizo rocoso.
2) **Falla por flexión de viga gruesa –** por lo general ocurre como una falla confinada solo a través del mismo material del tapón
3) **Falla por filtración excesiva–** que resulta por lo general de la ausencia de un contacto de interfaces, principalmente debido a los efectos de la erosión bajo un

gradiente hidráulico demasiado elevado a lo largo del eje del tapón.

4) **Falla por levante hidráulico** *(levantamiento)* que ocurre a lo largo de la interfaz roca/concreto, o que ocurre en discontinuidades discretas dentro de la roca circundante; y/o como rotura hacia la superficie cuando el espesor de la cobertura de roca sobre el tapón es insuficiente para la presión de diseño aplicado.
5) **Falla debida a la descomposición química o física del concreto del tapón**, o de las inyecciones o de los sellos o inclusiones dentro de la roca circundante.

2.2.4.6. *Factor de seguridad*

El diseño de los tapones propuestos deberá discutir los factores de seguridad usados en el análisis. La figura siguiente presenta una lista de factores de seguridad recomendados para el diseño de tapones permanentes.

Tipo de Caída Potencial	Criterios de diseño
1) ***Diseño por Corte*** – ruptura por corte a lo largo del contacto roca/concreto o en el macizo rocoso, o a lo largo de las discontinuidades de orientación adversa	Esfuerzo cortante permisible de acuerdo, por ejemplo, al criterio de ruptura de Hoek-Brown. Esfuerzo cortante permisible de acuerdo a ACI (American Concrete Institute), CSA (Canadian Standard Association) o el código equivalente aprobado en Perú. F.S. > 3.0 condición normal F.S. > 1.5 condición de terremotos y para la presión hidrostática total de lodo y relaves (con gravedad específica igual a 2) F.S. > 1.1 para la condición (impacto directo) de avalancha de lodo (dinámica)
2) ***Ruptura por flexión de Viga Profunda***	Esfuerzo de flexión permisible según el código de ACI. F.S. > 3.0 condición normal F.S. > 1.5 condición de terremoto
3) ***Levantamiento Hidráulico*** de la roca que rodea el tapón.	F.S. > 1.3 condición normal (análisis del esfuerzo total) F.S. > 1.1 condición de terremoto (análisis del esfuerzo total)

Tipo de caída potencial	Criteros de Diseño
4) ***Gradiente Hidráulica y Filtración*** (o Filtración excesiva) alrededor del tapón para evitar el socavamiento y erosión de las paredes del túnel aguas abajo.	a) Gradiente hidráulica en base a los métodos empíricos de diseño b) Para las condiciones estáticas, debe usarse un factor de seguridad mínimo de 2.5 para asegurar la gradiente de presión en el muro de separación, usando el enfoque de Sudáfrica (i.e., Garret & Campbell-Pitt, 1958 and 1961). c) Para condiciones (dinámicas) de avalancha de lodo, se debe adoptar un factor de seguridad de 1.5. Además, para los tapones construidos para retener el drenaje ácido de roca deberá verificarse los siguientes criterios de *"Rendimiento"*: d) Reducción de la conductividad hidráulica del contacto y macizo rocoso que inmediatamente rodea al tapón al menos a 10^{-7} m/s con inyección de concreto (si fuera necesario). e) Limitar filtración a gotas ocasionales en el tapón y menores a 1 L/s medidas a 20 m debajo del tapón.
5) ***Desintegración del concreto a largo plazo***	> 30 MPa resistencia a la compresión. Mezcla de concreto a diseñarse con los mejores estándares posibles para su resistencia al ataque de acidez, sulfato, y reactividad a agregados de alcalis.

Figura 11. Criterios para el Diseño de Tapones Permanentes
Fuente: Guía para el diseño de tapones para el cierre de labores mineras.

2.2.4.7. *Metodología de diseño para el cálculo de longitud del tapón de concreto monolítico*

Estos métodos propuestos se basan sobre las experiencias obtenidas en países como Japón, a través de la

Organización Minera Metálica del Japón (OMMJ), ente de apoyo al gobierno de dicho país; en Canadá y en los Estados Unidos, con las experiencias de Chekan (1985), quien inicia los estudios referentes a este campo, y por Abel J.F. (1998), Lang B. (1999), quienes continúan con el desarrollo de estas teorías. A continuación, se detallan los dos métodos de diseño utilizados para la construcción de estas estructuras.

- **Método Japonés**

  Método que presenta dos alternativas para el cálculo de la longitud. Las fórmulas son aplicables para tapones del tipo paralelo y del tipo barril, según las características geométricas del sello por utilizar. Este método considera para el cálculo sólo condiciones estáticas de diseño.

A continuación, se detallan las fórmulas propuestas en la Normas Nacionales de Japón (OMMJ-1996).

Tapón tipo paralelo

$$L = \frac{P \cdot A}{\tau a \cdot l} \cdot Fs$$

Dónde:

L: Longitud del tapón de clausura (m).

P: Presión hidráulica que recibe el tapón de clausura (T/m2).

A: Superficie de corte frontal de tapón de clausura (m2).

ζa: Resistencia de corte permisible del concreto, (55 T/m2) si la resistencia de la roca basal del lugar de clausura fuera mayor que la resistencia del concreto.

l: Longitud media de la circunferencia del tapón de clausura (m).

Fs.: Factor de seguridad (normalmente fijado en 2 para condiciones estáticas).

Tapón tipo barril

$$L = \frac{baP}{2\tau_a} . Fs$$

Dónde:

L: Longitud del tapón de clausura (m).

P: Presión hidráulica que recibe el tapón de clausura (T/m2).

a: Relación de dimensiones de la galería (Adimensional).

$$a = \frac{b_o^4}{b_o^4 + b^4}$$

bo: El mayor valor entre el ancho y altura de la galería en el lugar del tapón de clausura (m).

b: El menor valor entre el ancho y altura de la galería en el lugar del tapón de clausura (m).

f´c: Resistencia a la compresión permisible del concreto.

ζa: Resistencia de corte permisible del concreto, si la resistencia de la roca basal del lugar de clausura fuera mayor que la resistencia del concreto.

Fs: Factor de seguridad (normalmente fijado en 2 condición estática).

- **Método Canadiense**

Método que presenta dos alternativas para el cálculo de la longitud. Las fórmulas son aplicables para tapones del tipo paralelo y del tipo tronco cónico, según las características geométricas del sello por utilizar. Lo resaltante del método es que considera los aspectos estático y dinámico (sísmico) para el cálculo de la longitud del tapón.

A continuación, se detallan las fórmulas propuestas por Chekan G, J. (1985) y utilizadas por organismos de seguridad minera del Canadá.

Tapón tipo paralelo:

$$L = \frac{\rho g H w h}{(h + w)\tau_a}$$

Dónde:

Fs: Factor de seguridad (fijado en 3 para condiciones estáticas).

Dónde:

L: Longitud del tapón (m).

ρ: Densidad del H20 (kg/m3).

H: Altura de la carga de agua (m)

w: Ancho del túnel (m).

h: Altura del túnel (m).

ζa: Esfuerzo de corte de la roca o esfuerzo de corte del concreto si éste es menor (Pa).

g: Aceleración de la gravedad (m/s2).

Tapón tipo tronco cónico

$$L = \frac{\rho g H w h}{2(h + w)\tau_a}$$

Dónde:

L: Longitud del tapón.

p: Densidad del H20 (kg/m3).

H: Altura de la carga de agua (m).

w: Ancho del túnel (m).

h: Altura del túnel (m).

ζa: Esfuerzo de corte de la roca o esfuerzo de corte del concreto. Tomar el menor de ambos.

g: Aceleración de la gravedad (m/s2).

Fs: Factor de seguridad (fijado en mayor o igual a 3) para condiciones estáticas.

Resumen

Longitud del tapón en base al Esfuerzo Cortante en la Interfase del Concreto/Roca (Garrett & Campbell-Pitt,1961):

$$L = \frac{P_f \, x \, A}{P_e \;\; x \, f's}$$

Dónde:

Pf = presión de fluido aplicada (Pa) = $\rho \cdot g \cdot H$

H = altura del fluido en el tapón (m)

ρ = densidad del fluido (kg/m3)

g = constante gravitacional (9.81 m/s2)

A = Área de la parte frontal del tapón

Pe = perímetro de la sección cruzada del tapón

Para la sección rectangular, $A = w \bullet h$ y $Pe = 2 (w + h)$

w = ancho del túnel o del tapón (m)

h = altura del túnel o del tapón (m)

L = longitud del tapón (m)

f's = Esfuerzo cortante permisible de la roca o concreto en la interfase, el que fuera menor (Pa)

2.2.4.8. *Caso Mina Recuperada - Esperanza*

A continuación, se presentó el caso del diseño de un tapón de concreto monolítico de una galería principal de la unidad de producción Recuperada.

La unidad de producción Recuperada, perteneciente a la Cía. de Minas Buenaventura S.A.A., se encuentra ubicada en el departamento de Huancavelica, provincia de Angaraes, a una altitud de 5000 msnm.

El tapón de concreto, materia del ejemplo se encuentra ubicado a 420 m de la bocamina de ingreso de la galería principal en el Nivel 520.

El problema fundamental es la presencia de aguas ácidas en las labores subterráneas por el contenido de minerales sulfurados.

2.2.4.9. *Filtración excesiva (altas gradientes hidráulicas)*

La ruptura por erosión ocurre cuando la gradiente excede lo permisible para el macizo rocoso.

Es también originada por las prácticas de construcción

El diseño del tapón debe demostrar que la potencial filtración, en base a las gradientes hidráulicas aplicadas, no afecte estructural o ambientalmente la integridad del tapón para cuyo propósito ha sido diseñado.

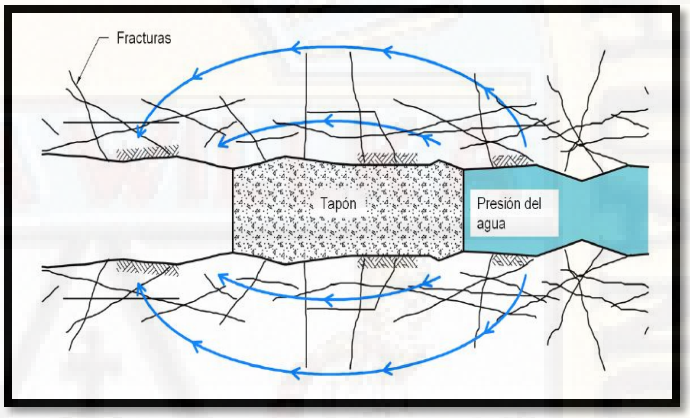


Figura 12. Vista de la presión del agua vs tapón hermético
Fuente: Guía para el diseño de tapones para el cierre de labores mineras.

El diseño se indicó mediante cálculos apropiados que la gradiente hidráulica máxima de diseño (HGmax). El cual se define como la relación entre la máxima presión hidráulica aplicada, incluyendo presiones de impacto, y la longitud del tapón entre los extremos aguas arriba y aguas abajo (Benson, 1989) y no excede los valores recomendados en la Tabla siguiente:

Dónde:

HGmax = (Pu) / L

Pu= Presión hidrostática total de diseño (KPa).

L =longitud de tapón propuesto (m).

Tabla 9

Valores recomendados

Condición de exposición	Relación de agua/cemento máximo (concreto normal)	F'c mínimo en concreto normal y ligero (Kg/cm2)
Concreto con baja permeabilidad de agua	0.50	280
Concreto expuesto al hielo y deshielo en condiciones húmedas.	0.45	315
Para prevenir corrosión en concreto expuesto a sales para disolver hielo	0.40	350

Fuente: (ACI318, 1995)

La gradiente hidráulica máxima (HGmax) no deberá exceder los valores empíricos recomendados, por ejemplo, según Benson (1989).

Para las distintas calidades de macizo rocoso, los valores de Benson pueden aproximarse con la expresión HGmax (kPa/m) = 2 * (RMR-5)

Este criterio asegurará que la posibilidad de una filtración a través de la roca alrededor del tapón sea minimizada al grado de mitigar la erosión de materiales de relleno, así como la consecuente inestabilidad.

Se recomienda que la longitud del tapón sea incrementada para cumplir con este criterio.

2.2.4.10. *Gradiente hidráulica empírica*

La gradiente de presión (P/L) en el tapón no debe exceder los siguientes criterios:

- **475 kPa/m** donde el contacto entre el tapón y la roca es no inyectado, o **3660 kPa/m** donde la presión del relleno aplicado en el macizo rocoso alrededor del tapón es al menos el doble de la presión hidrostática del diseño.

  Dónde:

  P = altura del fluido del diseño (o presión) (kPa)

  L = longitud del tapón (m)

  Garret y Campbell-Pitt (1958) recomiendan que debe aplicarse un F.S. mínimo de 4:

  HGmax = **118 kPa/m** para interfases concreto/roca no inyectadas, *o*

  915 kPa/m para interfases concreto/roca inyectadas

  F.S. recomendado = 2.5 y 1.5 para las condiciones y/o impactos de

  avalancha de lodo.

Resumen de Gradientes Máximas de Presión

Propuesto por	Gradientes Máximas de Presión (Gradientes de Presión Permisibles)		Índice de Filtración Acceptable (L/s)
	Interfaz concreto/roca no inyectada (kPa/m)	Interfaz concreto/roca inyectada (kPa/m)	
Garret & Campbell-Pitt (1961)	-	-	0.25 a 1
Lang (1999)	-	-	1 (e.g., 1L/s ocurriendo 20 m debajo de los tapones de ARD)
Benson (1989)	permisible ≅ 2 * (RMR-5) * 10 (No mayor a 50 kPa/m para roca de mala calidad hasta 200 kPa/m para macizos de roca dura, dura y con pocas discontinuidades)		-
S. African – Garret & Campbell-Pitt (1958)	475 (permisible = 118 kPa/m para un F.S.=4)	3660 (permisible = 915 kPa / m, para un F.S. de 4)	-
U.S. Guidelines (1985)	565 (188 kPa / m permisible para un F.S. de 3)		-
Mining Eng. Handbook (1973)	565 (188 kPa permisible para F.S. = 3)	905 (300 kPa/m permisible para F.S. = 3)	-
Dahlø et al. (1992) – Norwegian Civil Eng. experience	200 a 500 kPa/m permisible 500 para macizo rocoso con fracturas espaciadas, de muy buena calidad		

Figura 13. Gradiente hidráulico
Fuente: Guía para el diseño de tapones para el cierre de labores mineras.

2.2.4.11. *Criterio de falla de MOHR-COULOMB*

Muchos de los cálculos y análisis numéricos usados en el diseño geotécnico se apoyan en el criterio de Mohr-Coulomb y sus parámetros de resistencia al corte, cohesión efectiva (c'), ángulo de fricción efectivo (φ), y resistencia al corte (τ). La resistencia al corte se relaciona con los parámetros c' del macizo rocoso φ ' a través de la aplicación de resistencia normal σ, según la siguiente ecuación:

$$\tau = c' + \sigma \tan \phi'$$

CÁLCULO DE CONSTANTES MB/MI, S Y A PARA EL CRITERIO DE HOEK & BROWN (1988) (HOEK ET 1995)

MUY FRACTURADO- interconectado, el macizo rocoso se encuentra parcialmente alterado y disturbado con bloques multifacéticos angulares formados por cuatro o mas discontinuidades	mh / mf s a Em v GSI	0.4 0.062 0.5 40000 0.2 75	0.29 0.021 0.5 24000 0.25 65	0.16 0.003 0.5 9000 0.25 48	0.11 0.001 0.5 5000 0.25 38	0.07 0 0.53 2500 0.3 25
FRACTURADO/FOLIADO- foliado y fallado con discontinuidades formadas por rocas angulares	mh / mf s a Em v GSI	0.24 0.012 0.5 18000 0.25 60	0.17 0.004 0.5 10000 0.25 50	0.12 0.001 0.5 6000 0.25 40	0.08 0 0.5 3000 0.3 30	0.06 0 0.55 2000 0.3 20
TRITURADO- pobremente interconectado, macizo rocoso fuertemente disturbado con mezcla de bloques angulares y redondeados.	mh / mf s a Em v GSI	0.17 0.004 0.5 10000 0.25 50	0.12 0.001 0.5 6000 0.25 40	0.08 0 0.5 3000 0.3 30	0.06 0 0.55 2000 0.3 20	0.04 0 0.6 1000 0.3 10

CRITERIO GENERALIZADO DE HOEK-BROWN	CONDICIONES SUPERFICIALES	MUY BUENO Muy rugoso, superficie sin alteración	BUENO Rugoso, ligeramente alteradas, manchas de óxido de hierro	ACEPTABLE Suave/Liso, moderadamente resistente a la intemperización o superficies alteradas	POBRE Superficies altamente pulidas y desgastadas por intemperización con revestimientos compactos o rellenos que contienen fragmentos de roca angular	MUY POBRE Superficies altamente pulidas y desgastadas por intemperización con revestimiento de arcilla blanda o rellenos arcillosos
$\sigma_1' = \sigma_3' + \sigma_c \left(m_b \frac{\sigma_3'}{\sigma_c} + s \right)^a$ σ1' = mayor esfuerzo principal efectivo en falla σ3' = menor esfuerzo principal efectivo en falla σc' = esfuerzo compresivo uniaxial de testigos de roca intacta mb, s y a son constantes que dependen de la composición, estructura y condiciones superficiales de la masa de roca ESTRUCTURA						
FRACTURADO- muy buena masa de roca no alterada que consiste en bloques cúbicos formados por una familia ortogonal de discontinuidades	mh / mf s a Em v GSI	0.6 0.19 0.5 75000 0.2 85	0.4 0.062 0.5 40000 0.2 75	0.26 0.015 0.5 20000 0.25 62	0.16 0.003 0.5 9000 0.25 48	0.08 0.0004 0.5 3000 0.25 34

Figura 14. Cálculo de constantes MB/MI

Fuente: Guía para el diseño de tapones para el cierre de labores mineras.

CASO DE LA BOCAMINA NANCY LUZ NV. 520

BOCAMINA N°01: NANCY LUZ NV. 520

Dimensiones

Ancho: 2.3 m

Altura: 2.9 m

Profundidad de Mapeo: 50 m

Descripción:

Tipo de Roca: Andesita

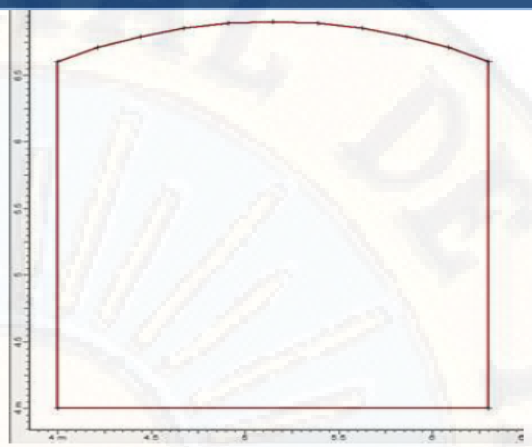
Presenta Drenaje

Caracterización de la Calidad del Macizo Rocoso

RMR:54

RQD:45

GSI:49



RMR	100-81	80-61	60-41	40-21
Descripción	Muy Buena	Buena	Media	Mala

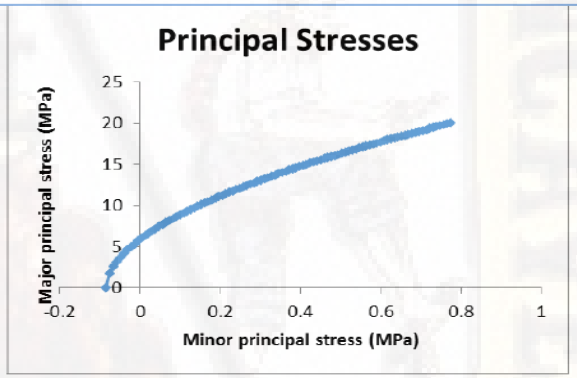
Criterio de Rotura de Hoek y Brown

$$\sigma_1^{'} = \sigma_3^{'} + \sigma_{ci} \times \left(m_b \times \frac{\sigma_3^{'}}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

m: 3.824

s: 0.00378

a: 0.5043

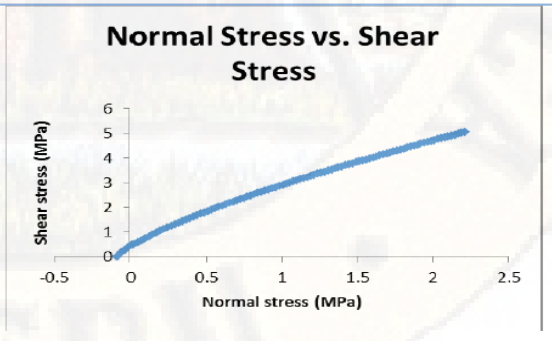


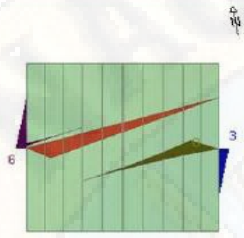
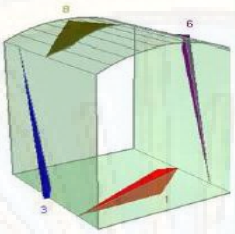
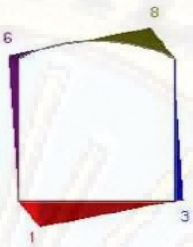
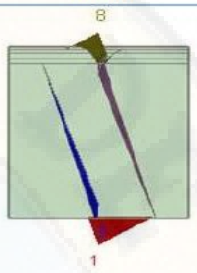
Criterio de Morh Coulumb

$$\tau = \sigma \tan(\phi) + c$$

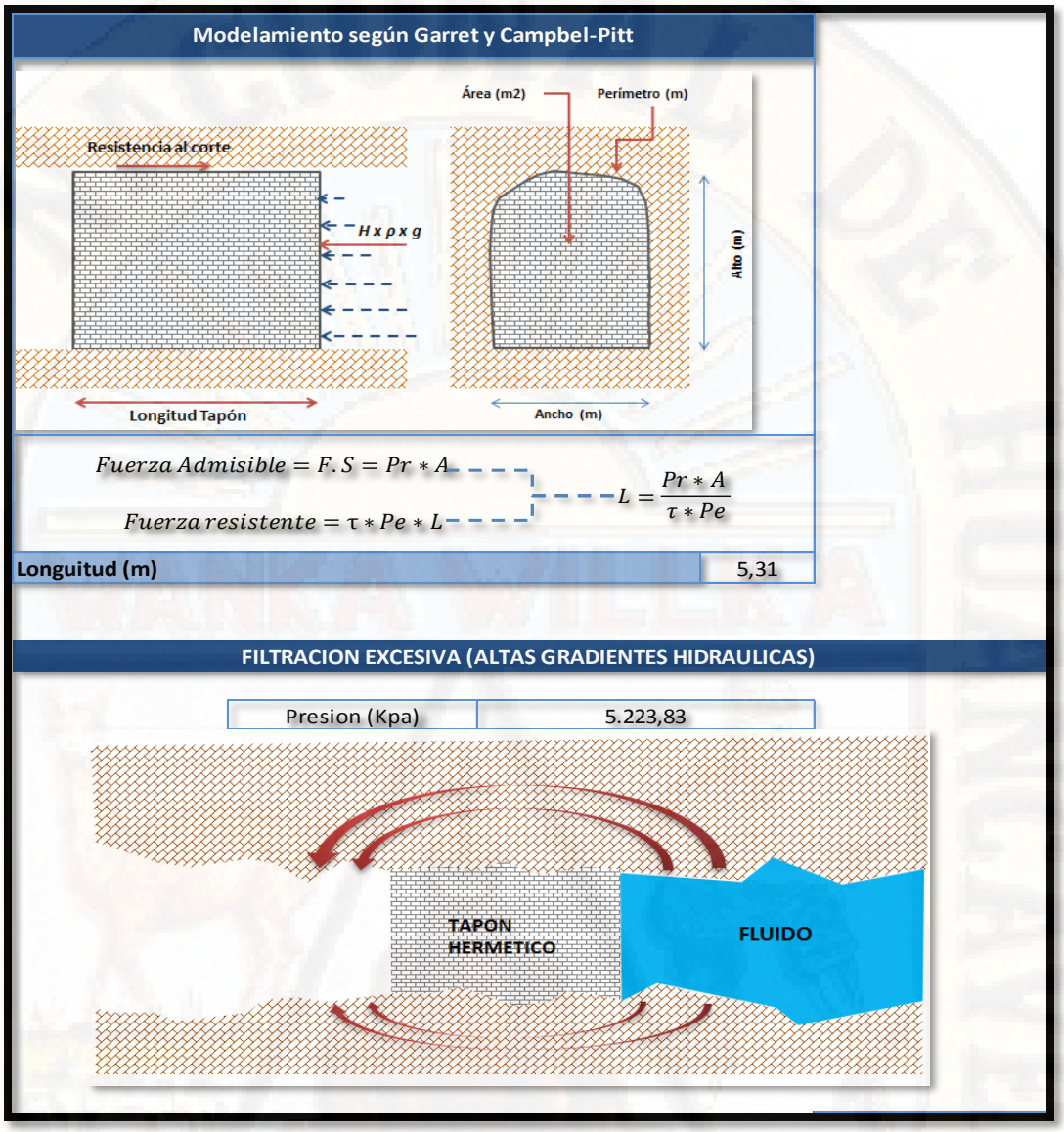
Cohesion (c):1.086 MPa

Angulo de Friccion (Θ) : 65.86°



DETERMINACION DE CUÑAS			
Planta	Perspectiva	Frontal	Perfil
			
Cuña techo (8):	**Cuñas Astiales**		**Cuña Piso (1)**
	Cuña 6	**Cuña 3**	
Factor de seguridad:0.0 Volume:0.015 m3 Peso:0.043 Ton Area: 0.13 m2	F.S: 2510.56 Volume: 0.007 m3 Peso: 0.018 ton Area: 0.15 m2	F.S: 823.26 Volume: 0.008 m3 Peso: 0.021 ton Area: 0.17 m2	Factor de seguridad (F.S): Estable Volumen: 0.045 m3 Peso: 0.124 Ton Área : 0.28 m2

CARACTERISTICAS DE LA LABOR				
NOMBRE LABOR		NV. 520 NANCY LUZ		
Dimensiones (m)	Ancho (m)	3,27		
	Alto (m)	3,87		
A: Area (m2)		12,63		
Pe:Perimetro		14,27		
RMR: Rock Mass Rating		54,00		
FACTORES DE CARGA				
H: Maxima Carga hidraulica (m)		177,50		
ρ: Densidad del fluido (kg/m3)		1000,00		
g: Constante de la gravedad (m/s2)		9,81		
Pr: Presion de liquido (MPa)	$Pr = \frac{\rho * g * H}{10^6}$	5,22		
F.S: Factor de Seguridad		3,00		
RESISTENCIA POR CORTE				
MACIZO ROCOSO	Presion de confinamiento (MPa)	Cemento lanzado a presion	0,500	MP
		Cemento colocado	0,000	
	c: Cohesion (MPa)	$\tau = \sigma * \tan(\theta) + c$	0,004	MP
	Θ:Angulo de Friccion (°)		0,504	
	τ: Resistencia al corte (MPa)		0,004	MP
CONCRETO	fc: Resistencia a la compresion simple concreto (MPa) (280 kg/cm2)		27,460	MP
	fs: Resistencia al corte del concreto (MPa)	$fs = 166.1\sqrt{fc}$	0,870	



$Longuitud = \frac{Maxima\ Presion\ Promedio}{HGmax}$			Kpa/m	Longuitud de Tapon (m)
GRADIENTE HIDRAULICO MAXIMO	Benson (1989)	$HG\ max = 2 * (RMR - 5) * 10$	980,00	5,33
	Garret y Campbell-Pitt (1958)	Interfaz concreto/roca Inyectado (F.S=4)	915,00	5,71
	Dahlo et al (1992) Norwegian Civil Eng. Experience		500,00	10,45
LONGITUD DE TAPON				11,00

Figura 15. Cálculo del tapón hermético
Fuente: DIPS v.6

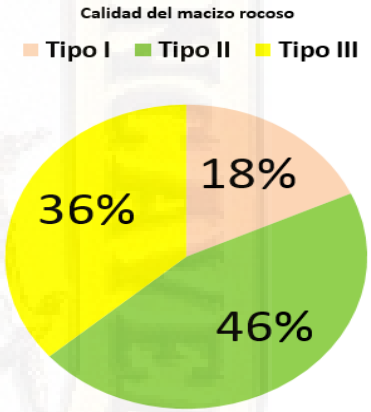
CUADRO DE LAS BOCAMINAS DE LA MINA ESPERANZA-DATOS DEL SOFTWARE

Tabla: 10

		Dimensiones de la labor		Caracterizacion Geomecanica			Criterio de Hoek y Brown			Criterio Morh Coulumb		Carga hidraulica	long. Tapon	Vol. Del tapon	Caudal (Epoca Seca)	Caudal (Epoca Lluvia)	PH	Presion del liquido	Resistencia a la comprension
N°	Bocamina	Ancho	Alto	RMR	GSI	RQD	m	s	a	c (MPa)	Θ (°)	(m)	(m)	(m3)	ml3/seg	ml/seg	Acido/Base	Mpa	Kg/cm2
1	NV. 520 NANCY LUZ	2,3	2,9	54	49	45	3,284	0,00378	0,5043	1,086	65,86	177,5	11,00	138,94	428	2000	4,73	5,22	280
2	NV. 610 NANCY LUZ	2,5	2,6	58	53	40	4,502	0,00615	0,5032	1,322	66,42	62,8	7,00	81,70	45	65	4.63	1,85	280
3	NV. 590 ESPERANZA	2,4	2,9	61	56	60	5,088	0,00885	0,5026	1,55	66,76	130,8	8,00	104,14	320	450	4,67	3,85	280
4	NV. 595 ESPERANZA	2,4	2,8	82	77	75	9,778	0,061	0,501	4,133	67,68	199,9	12,00	149,33	50	160	4,56	5,88	280
5	NV. 650 ESPERANZA	2,4	2,8	65	60	40	4,885	0,007	0,502	1,244	70,9	110	7,00	87,11	384	432	4,53	3,24	280
6	NV. 700 ESPERANZA	2,7	2,9	62	57	45	4,322	0,005	0,503	1,064	69,52	58,4	6,00	85,07	625	180	5,12	1,72	280
7	NV.570 TECLLOTCCO	2,3	2,5	62	57	45	4,322	0,0054	0,503	1,1	68,74	60,1	6,00	62,67	220	430	5,34	1,77	280
8	NV. 585 GERMANA	2,1	2,2	62	57	42	4,322	0,00545	0,5035	1,256	66,29	100,0	6,00	49,87	130	210	4,12	2,94	280
9	NV. 610 RICO ANTIMONIO	2,6	2,7	82	77	75	10,881	0,0759	0,5	4,601	67,57	78,9	8,00	100,80	180	230	4,56	2,32	280
10	NV. ESPAÑOLA	2,4	2,6	60	55	45	3,983	0,00427	0,504	1,139	66,018	70,5	7,00	79,27	520	860	5,43	2,07	280
11	NV. 685 GERMANA	2,4	2,6	60	55	45	3,983	0,00427	0,504	1,1395	66,018	55,1	6,00	67,95	110	250	4,3	1,62	280

Tipo de roca		Porcentaje	RMR
Tipo I	2	18,18%	MUY BUENA (80-100)
Tipo II	5	45,45%	BUENA(61-80)
Tipo III	4	36,36%	REGULAR(41-60)

TIPO DE MACIZO ROCOSO	DESCRIPCION	RMR
I	MUY BUENA	80-100
II	BUENA	61-80
III	REGULAR	41-60
IV	MALA	21-40
V	MUY MALA	0-20



Fuente: Elaboración Propia

2.2.4.12. *Ingeniería a detalle*

La ingeniería a detalle fue realizada por la empresa NURIVSA en el año 2000. La ingeniería se basó inicialmente sobre la aplicación del método canadiense, complementado estudios geológicos y geomecánicos. En lo relacionado a la geología, se han realizado mapeos geológicos tanto en el interior de la galería como en la superficie donde se ubicaron estaciones geomecánica. Se ha utilizado el programa DIPS versión 3.0 para la visualización de las concentraciones de las discontinuidades principales sobre la base de proyecciones estereográficas que el mencionado programa gráfica.

2.2.4.13. *Parámetros de diseño*

La longitud del tapón ha sido calculada por el método canadiense teniendo en consideración los parámetros físicos, ensayo de corte directo (ASTM D-5607-94) realizados en el laboratorio de mecánica de rocas, y diseño de mezclas de concreto realizado en el laboratorio de ensayo de materiales del Sencico.

2.2.4.14. *Perforación para cemento expansivo*

Desatado de rocas sueltas. Realizado para asegurar el área de trabajo en interior mina y evitar caída de rocas sueltas que ocasionaran accidentes o daños al personal y equipos instalados, se ha realizado el desatado de rocas sueltas en coronas, hastiales, al momento de realizar la perforación, cambio de cuadros de sostenimiento, quitar los enrejados y cumpliendo con el procedimiento escrito de trabajo seguro.

Excavación de material suelto (manual). Se ha realizado la excavación del material suelto existente en toda la galería de la zona de trabajo, esto como medida de habilitación de

la zona de acceso.

Perforación para cemento expansivo. Considera los trabajos de perforación en roca fija para aplicación del cemento expansivo.

Excavación de roca fija. Se ha realizado los trabajos de corte de roca fija con aditivos de cemento expansivos y consecuentemente con equipo de acuerdo al replanteo y los planos del proyecto.

Carguío manual de material de excavación a int. Mina (L=100M). Se ha realizado la eliminación de material de excavación de material suelto y roca fija, esto hacia la parte interior de la bocamina.

En esta etapa de la evaluación de tapón hermético ya anteriormente seleccionado el área de trabajo y la calidad de roca que oscila entre roca regular a buena se realiza la perforación con equipos neumáticos en este caso se usa una máquina perforadora.

- Marca RNP
- Presión de aire 80 psi
- Diámetro de broca de 38mm
- Profundidad de taladro con barrenos de 0.60m

Diseño de Mallas de Perforación

El diseño de mallas de perforación está diseñado según las indicaciones de aplicación del cemento expansivo o cemento rompedor que se va a utilizar para poder romper sin la aplicación del explosivo

¿Porque no se aplica en los taladros el explosivo?

El explosivo es de alta potencia o ya sea de baja potencia al utilizar desestabilizaría el macizo rocoso la cual al realizar el tapón hermético las aguas subterráneas filtrarían por ellas y no se tendría el resultado que necesitamos.

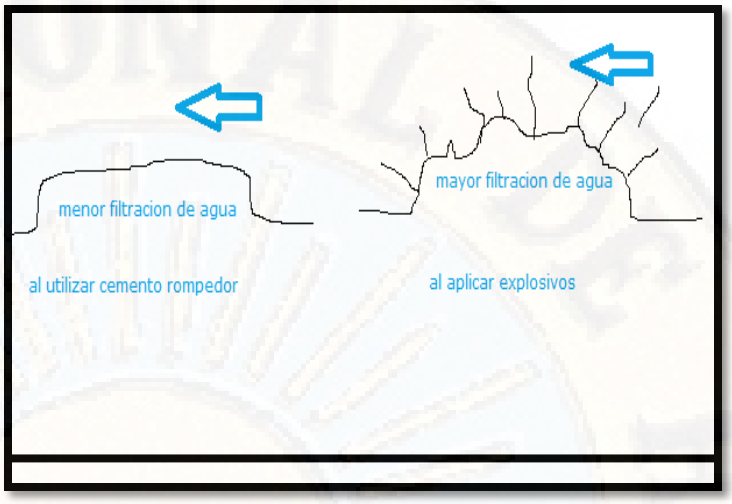


Figura 16. Se muestra las coronas alteradas y sin alterar
Fuente: Elaboración Propia

2.2.4.15. *Diseño de mallas de perforación según las indicaciones del cemento rompedor*

Para el burden

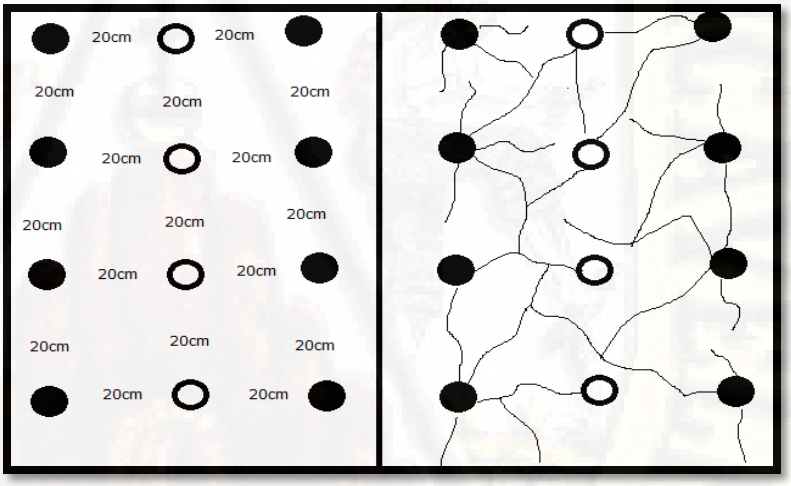


Figura 17. Modelo de malla para el burden y su efecto rompedor
Fuente: Elaboración Propia

En este caso el burden debe de tener una distancia máxima de 20cm para que las ondas de expansión y las ondas de reflexión interactúen con los taladros de alivio y así hagan el efecto de romper.

Para los espaciamientos

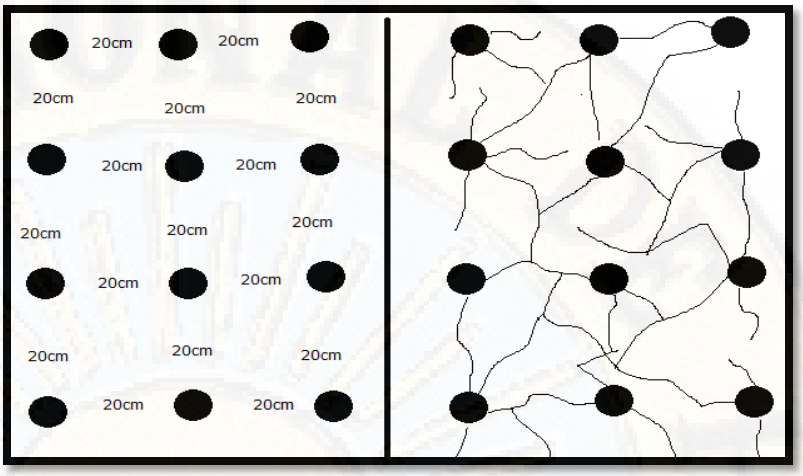


Figura 18. Modelo de malla para el espaciamiento y su efecto rompedor
Fuente: Elaboración Propia

En este caso los taladros espaciados no deben exceder las distancias mencionadas que son las de 20 cm por recomendaciones de la aplicación del cemento rompedor deben tener una distancia como máximo de 20 a 15 cm de espaciamiento.

Taladros en la corona

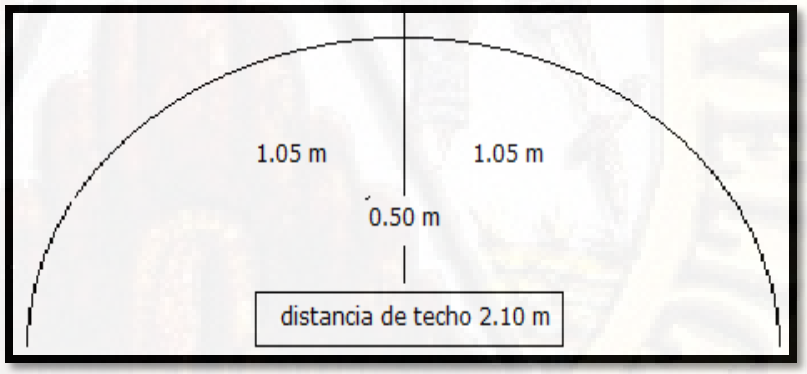


Figura 19. Muestra los espaciamientos que se debe realizar en realce
Fuente: Elaboración Propia

Los taladros en la corona se distribuyen de la siguiente manera la cual por cálculos:

$x = \frac{\pi\sqrt{0.5^2 + 1.05^2}}{2}$ Igual a 2.50m por cálculo de elipse la distancia del techo es de 2.50 m

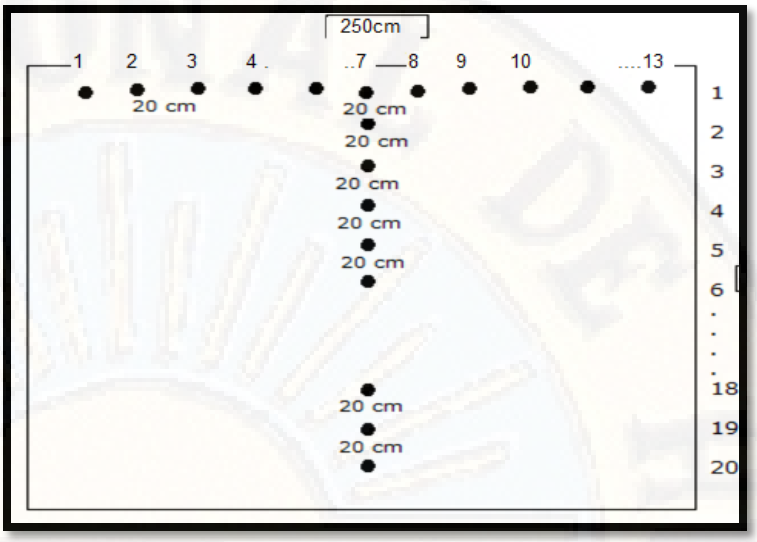


Figura 20. Muestra los taladros en la corona y su distribución
Fuente: Elaboración Propia

La distribución de taladros dentro de toda el área de la corona por cálculos realizados es de la siguiente manera 250 cm distribuidos entre 20 cm nos da igual a 12.5 redondeando, será 13 taladros en la fila la cual será separado por una línea imaginaria en el centro la cual será la línea centro donde se realizará taladros que formaran el burden.

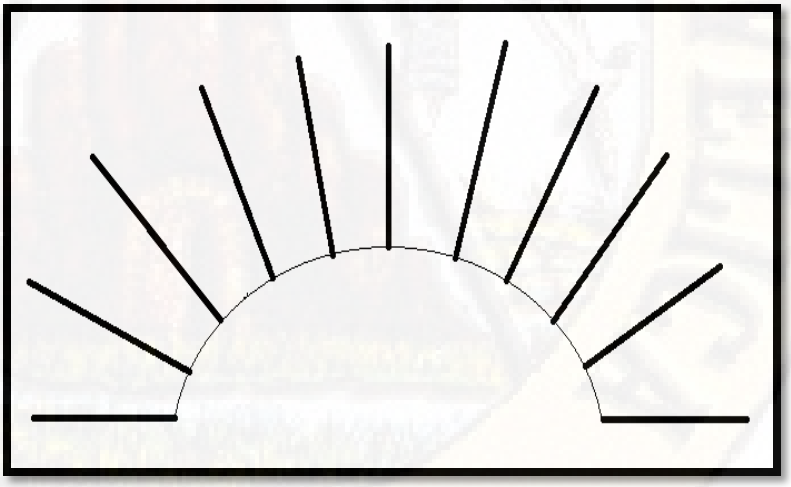


Figura 21. Muestra la corona y la distribución de taladros
Fuente: Elaboración Propia

Ahora al calcular la longitud nos dará 1100 cm divididos entre 20 cm de espaciamiento nos dará 55cm de espaciado entre taladros cargados

Por lo tanto 55 taladros en columna * 13 taladros en fila es igual a 715 taladros en el techo (observar la figura).

- **Taladros en los hastiales**

  Los taladros en los hastiales también tienen el mismo procedimiento la cual el cálculo será de la siguiente manera 9 taladros por 20 taladros a lo largo será igual a 180 taladros en hastial derecho la cual el mismo proceso para el hastial izquierdo será + 180 taladros la cual será un total de 360 taladros en ambos hastiales, pero lo cual los últimos taladros ya tienen una desviación desde 0 hasta 30° de ángulo para poder demoler las esquinas que no saldrán si solo se lo pone recto.

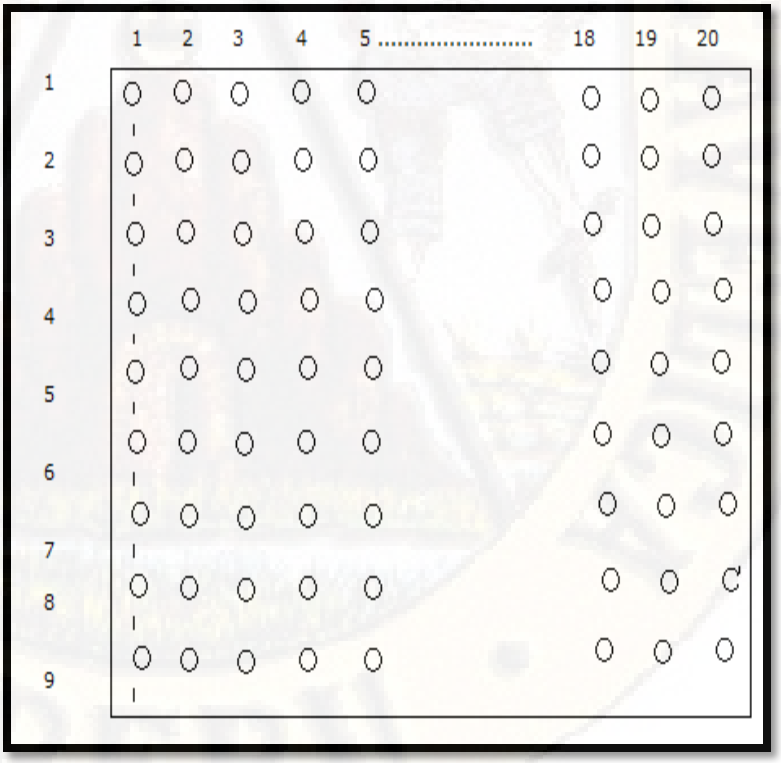


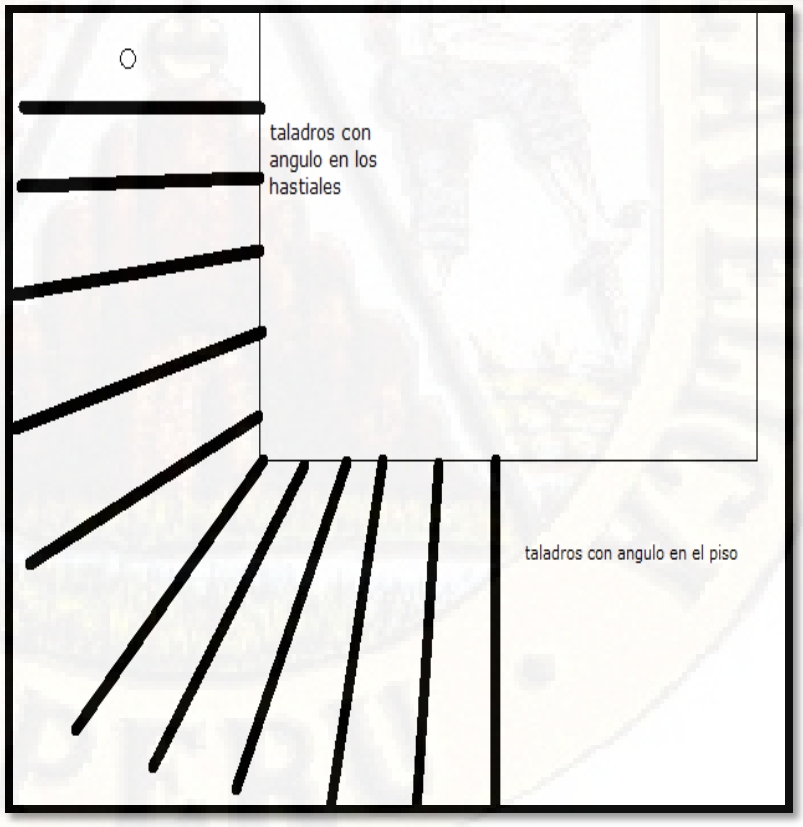
Figura 22. Taladros en los hastiales
Fuente: Elaboración Propia

- **Taladros en el piso**

  Los taladros en el piso se desarrollan de la siguiente manera

  El tiempo específico para hacer la excavación en el piso es después de haber perforado el techo o la corona luego los hastiales y por último como se menciona la excavación.

  El procedimiento es casi similar al del techo con la diferencia que en el piso no se toma en cuenta la curvatura que tiene el techo. La cual también se toma en cuenta también la secuencia de los últimos taladros de los hastiales que están hasta llegar a un Angulo de 30° la cual que se comienza de los cantos con un ángulo que toma 45° desde el filo del piso próximo otro taladro ubicado a 20 cm y luego así sucesivamente llegando de 45 se toma los ángulos que deben formar en este caso hasta llegara a ser perpendicular o llegar a 90°.



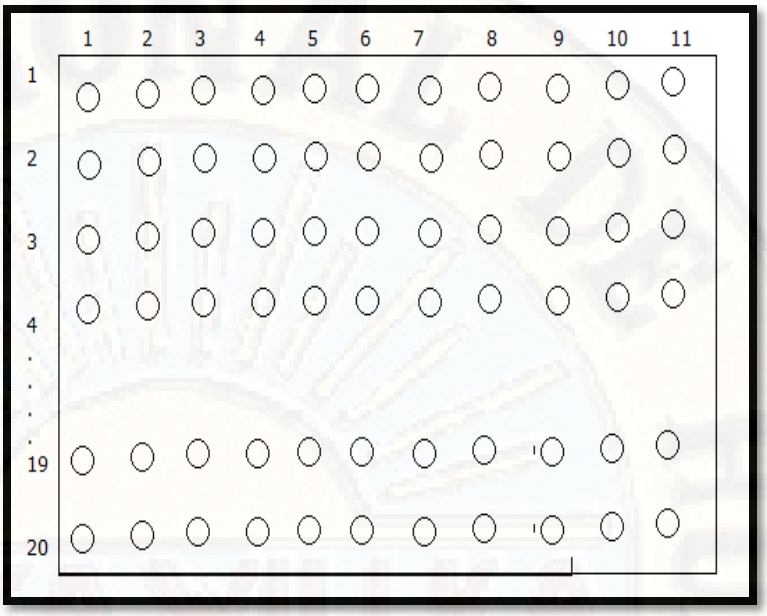


Figura 23. Muestran los taladros con ángulos y la distribución de taladros en piso
Fuente: Elaboración Propia

2.2.4.16. *Cargado con cemento rompedor*

Cemento expansivo o cemento demoledor, el cemento demoledor es un polvo seco hecho de sílice, alúmina, cal, óxido de hierro y óxido de magnesio, que se endurece cuando se mezcla con agua. Los cementos demoledores, mezclados con agua producen la reacción química de hidratación generando una fuerza expansiva de 7.000 a 9.000 T/m2.

Existen multitud de clases de cemento: aluminoso, asfáltico, bituminoso, blanco, con aire ocluido, de albañilería, de alta temperatura, de asbesto, de azufre o expansivo.

Este último se caracteriza por que sustituye al explosivo con gran número de ventajas: no contamina, no produce vibraciones, no necesita permisos. Se utiliza en trabajos de demolición de todo tipo de rocas y hormigón, en canteras, trabajos submarinos, construcción, obra civil y pública, etc.

La característica principal es que funciona en grandes diámetros con los mismos resultados que en diámetros pequeños.

- **APLICACIÓN**.

  El campo de utilización del cemento expansivo es universal. Puede utilizarse tanto en grandes obras o megaproyectos, como en pequeñas demoliciones o demoliciones domésticas. En el caso de las canteras de granito, por ejemplo, las pruebas efectuadas en canteras sudafricanas de granito Rojo África con cemento rompedor no explosivo han dado como resultado un aumento de hasta el 10% en la cantidad de granito aprovechado. La prueba efectuada mostró que se trata de un proceso económico y que el aumento de la producción es importante (hasta un 50%), ya que se reduce el número de perforaciones que hay que realizar. Con los procedimientos convencionales, se necesita una perforación cada 10-20 cm, mientras que con el cemento aumenta la producción y en el proceso ya no es necesario paralizar ninguna operación en curso.

- **MODO DE EMPLEO**

  Dosificación: Ponga en un balde un 28%-30% de agua (que no pase de 15º en verano) y con una batidora haga una masa uniforme y sin grumos.

  Carga: llenar el agujero hasta arriba. En grandes obras puede utilizarse una bomba de carga.

  Acción expansiva y rotura: en menos de 10 horas una presión expansiva de más de 4.000 Tm/m2 (toneladas por metro cuadrado).

  La potencia va aumentando progresivamente y unos dos días después puede llegar a lograr una presión expansiva de más de 5.000 Tm/m2. Para la mayor parte de los materiales a derribar basta con una presión expansiva de 3.000 Tm/m2.

Grietas: se resuelve usando tubo de unos 30 mm o saco de poliuretano de diámetro ligeramente superior al del barreno.

Enlaces de interés o marcas en el mercado

Cemento TOMAKINA

Productor del cemento expansivo más poderoso

Cemento expansivo que supera 9.000 Tm/m2 de presión expansiva

Cemento expansivo kayati SL, Productor de cemento expansivo

Chimica Edile Argentina, Productor de cemento expansivo FRACT. AG

- **CANTIDAD DE CEMENTO ROMPEDOR A UTILIZAR**

  Datos para calcular

  - Diámetro de taladro 38mm
  - Altura de carga 0.60m
  - Radio 19mm comvert 0.019m
  - Taco inerte 0.10m

  Para calcular volumen de cilindro

  Vol $= \pi r^2 h$ entonces vol$= \pi 0.019m^2$*0.6m

  Vol $=6.805*10^{-4}m^3$ comvert 0.685 litros

  Datos de bolsa

  - 22 kg
  - 28%-30% de agua

  Para 22 kg de cemento echar el 30% de agua la cual seria

  22kg cemento

  6.5 litros de agua

  A temperatura de 15°C

2.2.4.17. *Perforación de anillos y lanzado de lechada*

- **Perforación para inyección de consolidación**

Consiste en realizar perforaciones perpendiculares a la cara de las zonas de hastiales, corona y piso de una dimensión de 8'. Para realizar esta partida se empleará un juego completo de barrenos acoplables, una perforadora neumática marca Jackleg, una compresora ingersoll de dos martillos.

Se considera los trabajos de perforación en roca fija para inyección de lechada de cemento, se realizó 3 anillos de 08 taladros de 38mm de diámetro.

- **Inyección de resina**

  Una vez preparado la lechada de acuerdo al diseño de mezcla, (cemento tipo V, bentonita, aditivo plastificante, aditivo, cemento expansivo, euco spam), se inyecta con una bomba de inyección (a presión de 15 bar hasta 20 bar), hasta llenar por completo con lechada de cemento.

  Este ítem está relacionado a minimizar la filtración a través de la permeabilidad secundaria en el macizo rocoso, es decir sellar las fracturas alrededor del tapón y evitar que el resalto del agua producto de la presión sea inmediata.

  La minimización de filtraciones en el área del tapón será también con resina poliuretano puesto que garantiza minimizar la filtración de agua acida, siguiendo los pasos para su aplicación se tomarán las siguientes consideraciones:

  La perforación se hará de acuerdo a la malla de perforación establecida en los planos y en base a la recomendación e indicación de un geólogo.

  Antes de la inyección cada taladro debe de ser lavado completamente mediante chorros de agua y aire

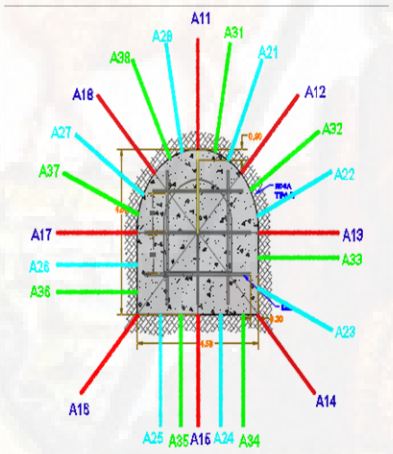
comprimido hasta que el agua salga limpia sin fragmentos de roca.

Se debe controlar la presión de inyección.

En la junta concreto y roca, se debe considerar la inyección de resina en el contorno de la labor.

ITEM	DESCRIPCION PUNTOS BASICOS PARA SUPERVISAR UBICACIÓN DE TAPON	ACEPTABLE	NO ACEPTABLE	MEJORAR	CAMBIO
1	UBICACIÓN EXCATA SEGÚN LOS DETALLES DE LOS PLANOS				
1,1	Cantidad de anillos y taladros de acuerdo al plano	X			
1,2	Medida exacta de los taladros perforados	X			
1,3	Alineamiento de los taladros y los anillos	X			
1,4	Colocación adecuado de los obturadores	X			
1,5	Correcto funcionamiento de los obturadores	X			
2	PREPARACION DE LA MEZCLA (LECHADA)				
2,1	Componentes de la mezcla completos	X			
2,2	Estado de los componentes de la mezcla	X			
2,3	Dosificacion de la mezcla según datos tecnicos	X			
2,4	Inyeccion de la lechada a presión aceptable.	X			

DETALLES DE ANILLOS



INYECCIÓN DE ANILLO 1, 2 y 3

ITEM	DESCRIPCION DE ANILLOS INYECTADOS N° ANILLO	LONG. TALADROS (PIES)	Ø DE TALADRO (mm)	VOL. DE TALADRO (Litros)	VOL. EXEDENTE INYECCION (Litros)	PRESION DE INYECCION	REACCION DE LA MEZCLA	TOTAL DE VOL. INYECTADO (Litros)	CORRECCION DE PRESION	ACEPTABLE	NO ACEPTABLE	MEJORAR	CAMBIO
	ANILLO 01 (INYECCION EN LITROS C/U).												
	A11	8	38	2,77	3,63	20 bar	15 min	6,40	20 bar				
	A12	8	38	2,77	5,73	19 bar	15 min	8,50	19 bar				
	A13	8	38	2,77	3,63	21 bar	15 min	6,40	21 bar				
	A14	8	38	2,77	5,73	20 bar	15 min	8,50	20 bar				
	A15	8	38	2,77	3,63	21 bar	15 min	6,40	21 bar				
	A16	8	38	2,77	5,73	21 bar	15 min	8,50	21 bar				
	A17	8	38	2,77	3,63	20 bar	15 min	6,40	20 bar				
	A18	8	38	2,77	5,73	25 bar	15 min	8,50	25 bar				
	ANILLO 02 (INYECCION EN LITROS C/U).												
	A21	8	38	2,77	5,73	20 bar	15 min	8,50	20 bar				
	A22	8	38	2,77	3,63	19 bar	15 min	6,40	19 bar				
	A23	8	38	2,77	5,73	21 bar	15 min	8,50	21 bar				
	A24	8	38	2,77	5,73	20 bar	15 min	8,50	20 bar				
	A25	8	38	2,77	7,83	21 bar	15 min	10,60	21 bar				
	A26	8	38	2,77	5,73	21 bar	15 min	8,50	21 bar				
	A27	8	38	2,77	7,83	21 bar	15 min	10,60	21 bar				
	A28	8	38	2,77	7,83	21 bar	15 min	10,60	21 bar				
	ANILLO 03 (INYECCION EN LITROS C/U).												
	A21	8	38	2,77	3,63	20 bar	15 min	6,40	20 bar				
	A22	8	38	2,77	5,73	19 bar	15 min	8,50	19 bar				
	A23	8	38	2,77	3,63	21 bar	15 min	6,40	21 bar				
	A24	8	38	2,77	5,73	20 bar	15 min	8,50	20 bar				
	A25	8	38	2,77	5,73	21 bar	15 min	8,50	21 bar				
	A26	8	38	2,77	3,63	21 bar	15 min	6,40	21 bar				
	A27	8	38	2,77	5,73	20 bar	15 min	8,50	20 bar				
	A28	8	38	2,77	7,83	25 bar	15 min	10,60	25 bar				
	ANILLOS ADICIONAL (INYECCION EN LITROS C/U).												
	CANTIDAD TOTAL INYECTADO							155,60	Litros				

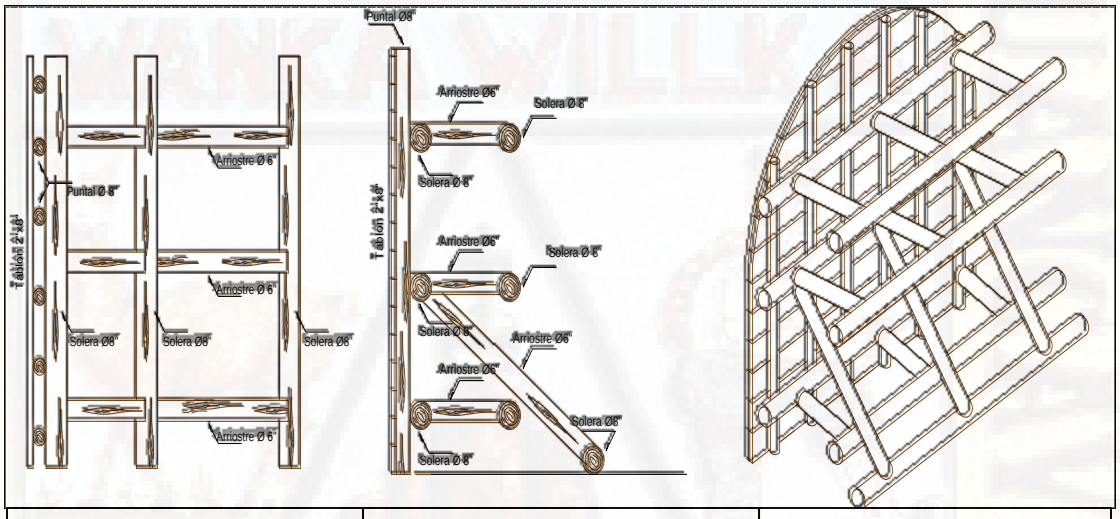
Figura 24. Inyección de lechada

Fuente: CIA BUENAVENTURA S.A.A.

2.2.4.18. *Armado de encofrado, entablado y solaqueado*

Es la etapa más importante de cierre de mina porque se realiza el encofrado cuidadosamente empezando de los siguientes puntos:

1. Armado de puntales horizontales y verticales (5m) con sus respectivas patillas (puntales de 6" y 8", tablas de 2" de espesor).
2. Entablado.
3. Solaqueado.
4. Ventana del tapón hermético.



VISTA EN PLANTA	VISTA DE PERFIL	VISTA ISOMETRICA

Figura 25. Vistas de un diseño de encofrado

Fuente: CIA BUENAVENTURA S.A.A.

Armado de puntales horizontales y verticales

Entablado

Figura 26. Vistas de un diseño de encofrado
Fuente: Elaboración Propia

Solaqueado

Ventana de tapón hermético

Figura 27. Solaqueado y ventana de tapón hermético
Fuente: Elaboración Propia

2.2.4.19. *Instalación de tubería y vaciado del tapón hermético*

Se realizó la instalación de la tubería de Fierro Fundido Ø 5", a través de esta tubería se lanzará el concreto desde la bomba concretera hasta el Tapón Hermético, para esta partida se utilizó maderas, puntales, para realizar los caballetes donde se apoyará la tubería. Y sus respectivas abrazaderas en la tubería, los trabajos realizados cuentan con aprobación de parte de supervisión encargada del área de medio ambiente.

ACOPIO DE TUBERIAS

Figura 28. Acopio de tuberías
Fuente: Elaboración Propia

2.2.4.20. *Características bomba concretera hbt40.10.60rs Zoom Lion*

Tabla 101 Características de la bomba concretera

Los artículos		Las unidades	Los parámetros 40.10.60RS
Todo el rendimiento de la bomba	Max.De salida	M³/H	49/26
	Presión de hormigón	MPa	10/5
	Válvula de distribución estilo		Válvula S
	De tamaño del cilindro Diámetro × golpe	Mm	180×1250
	Tamaño de la tolva Capacidad × alimentación altura	L×mm	500×1335
	Diámetro de salida	Mm	φ180
Sistema de energía	Modelo de motor		4BTA3! 9-C80
	Potencia nominal	KW	60
	Min velocidad	R/min	800
	Velocidad máxima	R/min	2200
Sistema hidráulico	Circuito hidráulico tipo		Circuito Abierto
	Sistema de bombeo de presión	MPa	32
	La distribución de la presión	MPa	19
	Sistema de mezcla de presión	MPa	14
	Max. Velocidad de mezcla	R/min	32
	Capacidad de tanque de aceite	L	300
	Capacidad de tanque de combustible	L	90
Otros parámetros	Max, de diámetro	Mm	Pebble: 50 Piedra triturada: 40
	Diámetro de tubería de suministro	Mm	φ125/Φ150
	Dimensión general Longitud × Ancho × Altura	Mm	5300×2020×2550
	Peso total	Kg	4500

Fuente: Especificaciones técnicas de la bomba concretera

2.2.4.21. *Recursos*

- **Equipos y Herramientas y otros**
  - Bomba de concreto estacionaria (ZOOMLION)
  - Mixer 7.5 m3
  - Carmix 3.5 m3
  - Mezcladora de concreto de 11 p3 (1 und)
  - Trompo mezclador de 9 p3 (2 und)
  - Buguis y lampas
  - Encofrados con puntales de 6" y 8", tablas de 2" de espesor
  - Equipo de ventilación para interior mina
- **Equipos y Laboratorio (Campo)**
  - Cono de Abrahams
  - Moldes para testigos de concreto
  - Termómetro ambiental y de concreto
- **Equipos de seguridad específicos**
  - Mamelucos TYVEK (EPP COMPLETO)
  - Lentes transparentes
  - Respirador de polvo
  - Guantes de jefe y cuero

2.2.4.22. *Personal*

- **Para el vaciado (02 Cuadrillas)**

  Cada cuadrilla consta de la siguiente manera:

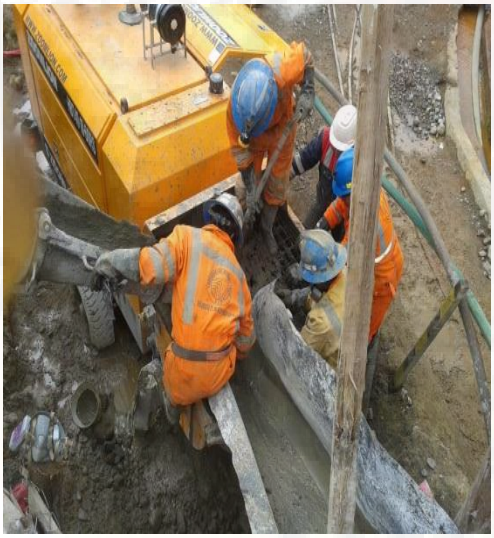
  - 01 Capataz
  - 01 Operador de mezcladora
  - 01 Oficial de alimentación de cemento
  - 01 Oficial de alimentación de agua y aditivo
  - 01 Oficial de alimentación con piedra
  - 01 Oficial de alimentación con arena
  - 04 Oficiales para traslado de concreto

- **Para Trabajos Complementarios**
  - 01 Operador para la bomba estacionaria
  - 01 Operario para verificar la línea de tubería
  - 01 Operario para verificar el encofrado del Tapón

INSTALACION DE CABALLETES

INSTALACION DE CABALLETES

INSTALACION DE EQUIPOS - BOMBA



INSTALACION DE EQUIPOS - BOMBA

EQUIPO MIXER

EQUIPO CARMIX

Figura 29. Instalación y equipos de trabajo
Fuente: Elaboración Propia

2.2.4.23. *Dosificación del concreto*

La dosificación implica establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen el hormigón, a fin de obtener la resistencia y durabilidad requeridas, o bien, para obtener un acabado o pegado correctos. Generalmente expresado en gramos por metro (g/m).

- **MÉTODOS**

  Dada la complejidad del problema se han desarrollado numerosos métodos de dosificación.

- **RELACIÓN AGUA CEMENTO**

  Todos los métodos de dosificación destacan la importancia de la relación entre las proporciones de agua y cemento. Ambos materiales forman una pasta que, al endurecer, actúa como aglomerante, manteniendo unidos los granos de los agregados. Mientras mayor sea la dosis de agua el concreto será más trabajable; sin embargo, esto disminuye su resistencia y durabilidad.

- **MANEJABILIDAD DE LA MEZCLA**

  Una mezcla trabajable es aquella que puede colocarse sin dificultad y que con los métodos de compactación

disponibles permite obtener concretos densos. Al mismo tiempo la mezcla debe tener suficiente mortero para envolver completamente la roca y las armaduras y obtener superficies lisas sin nichos de rocas ni porosidades. En otras palabras, debe llenar completamente los huecos entre las rocas y asegurar una mezcla plástica y uniforme. Una mezcla trabajable para un tipo de elemento puede ser muy dura para otro. Por ello el hormigón que se coloca en elementos delgados o con mucha armadura debe ser más plástico que el de construcción masiva.

- **DOSIFICACION / CONCRETO**

  Concreto f'c=280 kg/cm2 en interior mina. Este concreto se ha preparado de acuerdo al diseño de mezcla y vertido en el tapón hermético, cumpliendo las especificaciones técnicas. Se ha ejecutado 138.94 m3 en la Bocamina Nancy Luz Nv.520

  Utilizando en obra por cada tanda de una bolsa de cemento:

  - ✓ 1.0 Bolsa de cemento Portland tipo V (Laboratorio de la UNI).
  - ✓ 1.67 pies 3 de arena gruesa seleccionado (Laboratorio de la UNI)
  - ✓ 1.79 pies 3 de piedra chancada seleccionado (Laboratorio de la UNI)
  - ✓ Aditivo plastificante de concreto 350 ml.
  - ✓ Aditivo acelerante impermeabilizante 100 ml.
  - ✓ Aditivo expansor de volumen de concreto 0.5% del peso del cemento.
  - ✓ 21.75 litros de agua (Laboratorio de la UNI)

  Antes de inicio del proceso de vaciado,

primeramente, se realiza los controles de calidad como son:

- **CONTROL DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO**

  Se ha realizado la primera tanda de preparación de concreto, se ha llenado en tres partes proporcionales de altura al cono de Abhrams y en cada parte con 25 golpes de varilla de 5/8", obteniéndose que el Slump ha sido de 4" en el primero y 4.5" en el segundo.

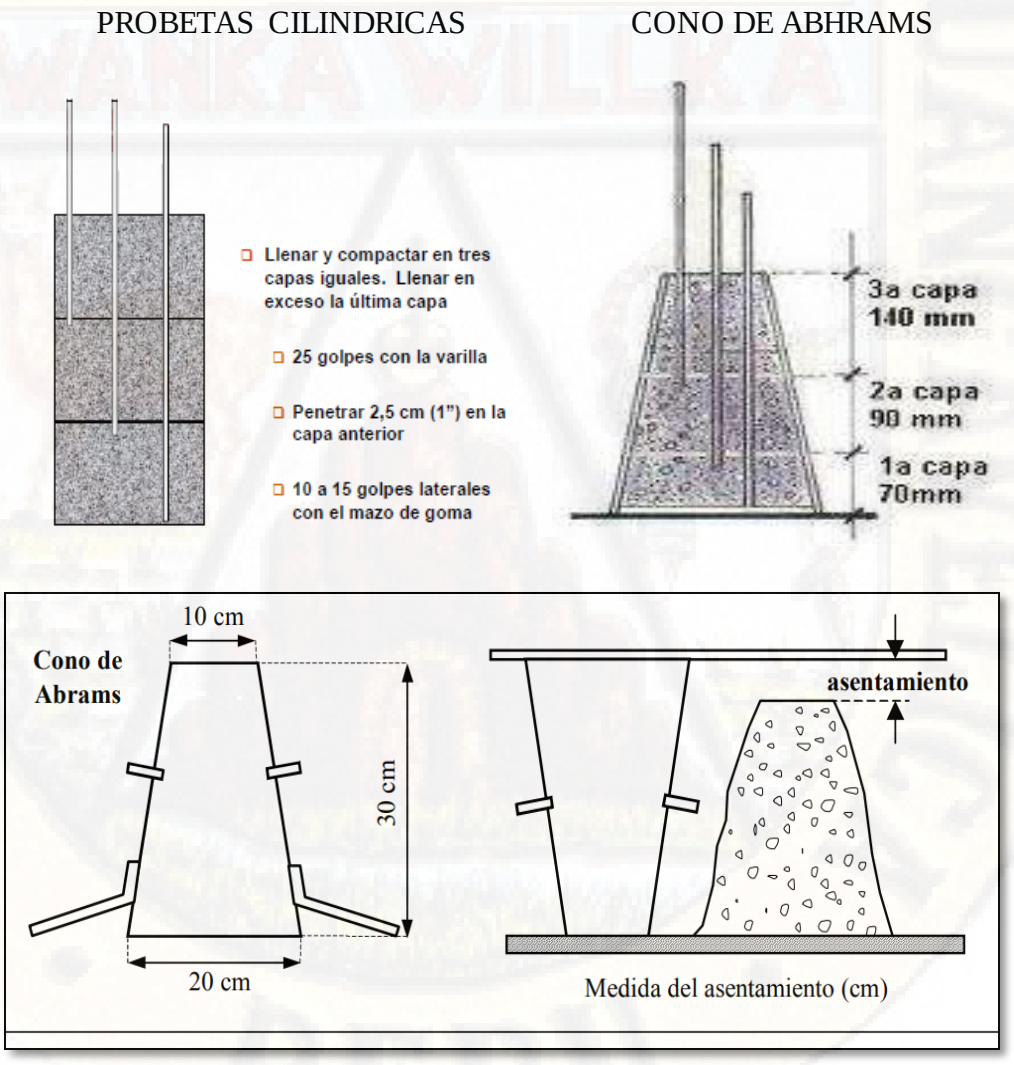


Figura 30. Determinación de la consistencia por el ensayo del tronco de cono
Fuente: CIA BUENVENTURA S.A.A.

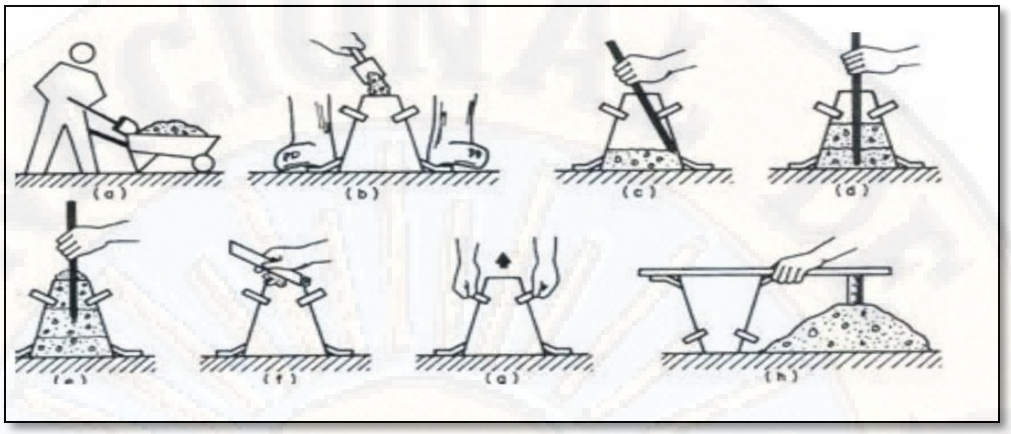


Figura 31. Metodología para determinar la consistencia del hormigón
Fuente: CIA BUENVENTURA S.A.A

- **PROBETA CILINDRICAS**

  Son muestras que se extrae de cada vaciado del tapón hermético para así llevarlos al laboratorio de Sensico (UNI) para diagnosticar su resistencia.

  - ✓ Dimensiones de la probeta: 6 pulg de ancho y 12 pulg de altura.
  - ✓ Se usa petróleo para que no se impregne (separación)
  - ✓ El nombre del tapón o siglas (código de identificación)
  - ✓ Abajo: fecha de la muestra.

  Se llena en 3 partes:

  La barra de 5/8 pulg (estándar) con punta redondeada chancas por 30 veces/min para sacar los poros y sea más resistentes

- **PROBETAS CONICAS (CONO DE ABHRANS):**

  Es para sacar la fluidez del concreto (SLUM) es la distancia del punto de nivel hasta q sobre sale. Es un parámetro para sirve para controlar la calidad del concreto.

- **CONTROL DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

  Se han sacado probetas durante el vaciado de concreto, con una probeta estándar siguiendo el procedimiento descrito en el plan de trabajo. Se han obtenido 09 muestras, los cuales se han enviado a

laboratorio y los resultados se adjuntan al presente informe para verificar la calidad.

Cabe indicar que en las partidas indica concreto f'c=280 kg/cm2, Este concreto se ha preparado de acuerdo al diseño de mezcla realizado por el laboratorio UNI y bombeado en el tapón hermético, cumpliendo las especificaciones técnicas.

MUESTRAS DE PROBETAS CONO DE ABHRAMS

Figura 32. Determinación de la consistencia del hormigón

Fuente: Elaboración Propia

- **DISEÑO DE MEZCLA**

Se utilizó el diseño de mezcla que se realizó para la bocamina BM NV. 520 Nancy Luz, el cual se realizó con los materiales siguientes:

- ✓ Cemento: cemento Andino Tipo V.
- ✓ Arena gruesa: obtenido de la cantera Tucsipampa.
- ✓ Piedra Chancada 3/4": obtenido de la cantera Yauli - Huancavelica.
- ✓ Aditivo: Plastificante Chemaplast.
- ✓ Agua.

Esta dosificación se utilizó para la construcción de Tapón hermético

- **DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO: BOCAMINA NANCY LUZ 520**

Se utilizó la dosificación según el diseño de mezcla, para obtener un concreto con f'c = 280 kg/cm2, con las características siguientes:

- ✓ Denominación: f´c = 280 kg/cm2
- ✓ Asentamiento: 4" – 5"
- ✓ Proporción de diseño: 1: 1.92: 1.95
- ✓ Proporción de obra: 1: 2.06: 1.96
- ✓ Plastificante: 340 gr/bolsa

2.2.4.24. *Desencofrado*

El desencofrado se realiza al 7mo día una vez vaciado el tapón hermético, se realiza en este día por que las muestras/probetas vienen un día antes del laboratorio de Sensico (uni) para ver si el material es resistente mayor o igual al **f'c=280 kg/cm2.**

2.2.4.25. *Construcción de muro de mampostería*

Son muros que brindan seguridad para impedir el ingreso de personas y animales a la mina.

Están construidos de rocas nativas y en otros casos de bloquetas de concreto según sea la necesidad o de acuerdo a la disponibilidad de materiales. Fijado el punto o zona de construcción, cualquier roca suelta alrededor del perímetro de la abertura incluido el piso, deberá ser removida para asegurar una construcción estable. Si el piso tiene un desnivel y la mampara de bloqueta de concreto es elegida como método de clausura, puede que sea necesario nivelar el piso con concreto o desquinchar los desniveles existentes para crear un nivel liso en la fundación (base).

2.3. Bases conceptuales

2.3.1. Evaluación de tapones herméticos

Los tapones herméticos es un método de cierre de bocaminas que poseen drenaje, también es conocido como descarga cero, estos tapones son construidos de concreto con la finalidad de limitar el líquido dentro de la mina, en donde las características de estos tapones deben responder a un diseño de ingeniería. Con los tapones herméticos los sulfuros que están en contacto con el agua dejan de oxidarse y de este modo se controla la generación de drenaje ácido. (Ministerio de Energía y Minas, 2017, pág. 7)

2.3.2. Mejorar la calidad del medio ambiente

La calidad del medio ambiente es un grupo de peculiaridades que estiman la disponibilidad, acceso y estado de la naturaleza y sus diversos componentes; asimismo, califica la presencia de probables alteraciones en el medio ambiente, que estén dañando sus derechos o puedan

modificar sus condiciones y los de los habitantes de un determinado medio. (FUNDESNAP, s.f.)

2.3.3. Dimensión ambiental

Es entendida como un sistema natural o transformado en que vive la humanidad, en donde está incluido sus aspectos sociales y biofísicos y la interacción entre ellos. La dimensión ambiental debe estudiarse de manera amplia, tanto en aspectos naturales (flora, fauna) y en aspectos de contaminación (agua, aire, suelo, residuos). (Medio Ambiente Consultores, s.f.)

2.3.3.1. *Calidad del agua*

Es un factor que influye de forma directa en la salud de los ecosistemas y de los seres vivos, de esta calidad depende la biodiversidad, la calidad de los alimentos, las actividades económicas. La calidad del agua es definida por el uso final que se le da. (Vázquez, 2011)

Debido a ello en el Perú se cuenta con los Estándares de Calidad para Agua aprobada por el Decreto Supremo Nº 004-2017-MINAM, en donde estas son aplicadas según la categoría del uso del agua.

2.3.3.2. *Calidad del suelo*

Es la capacidad que posee el suelo para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o remediado, en base a la calidad de suelo se llega a sostener la productividad de plantas y animales, si la calidad de agua y aire se debe mantener o mejorar. (Buey, 2012)

Para la determinación de la calidad de suelo en el Perú existe el Decreto Supremo Nº 011-2017-MINAM, esto con la finalidad de establecer el nivel de concentración de parámetros físicos y químicos presentes en el suelo, que no llegue a

significar un riesgo significativo para la salud de las personas ni del medio ambiente.

2.4. Definición de términos

- **Accidente:** Es todo evento no deseado o no planificado que da por resultado un daño físico.
- **Aditivo acelerador de fragua:** Producto funcional que acelera el tiempo de fraguado del mortero y concreto Portland.
- **Agregado:** Material granular de composición mineralógica como arena, grava, escoria, o roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.
- **Agua acida:** En general, el agua de mezclado que contiene ácidos clorhídricos, sulfúrico y otros ácidos inorgánicos comunes en concentraciones inferiores a 10,000 ppm no tiene un efecto adverso en la resistencia. Las aguas acidas con valores pH menores que 3.0 pueden ocasionar problemas de manejo y se deben evitar en la medida de lo posible. Los minerales metálicos están principalmente constituidos de sulfuros. Durante la explotación, los sulfuros se oxidan a medida que la pulverización se afina, y permiten que el agua circule fácilmente. Este fenómeno produce drenajes ácidos mineros que llevan los metales en disolución hacia los cursos de agua, en los cuales las concentraciones pueden, por lo tanto, alcanzar niveles superiores a los establecidos en las normas de potabilidad.

  Por otra parte, para mantener la actividad de ciertos yacimientos, se necesitan operaciones de bombeo de las galerías, aumentando los desechos ácidos en el ambiente. El pH de estos desechos varía entre 1,2 y 2,5 con fuertes concentraciones metálicas.
- **Cemento:** El cemento es un material que resulta de la combinación de arcilla molida con materiales calcáreos de polvo, en tanto, una vez que entran en contacto con el agua se solidifica y vuelve duro.
  Hay dos tipos de cementos, dependiendo del origen que presente el mismo:

de origen arcilloso, logrado a partir de arcilla y piedra caliza; y por otra parte el puzolánico.

- **Cemento portland:** Es un producto obtenido por la pulverización del clinker Pórtland con la adición eventual de yeso natural.
- **Certificado de control de calidad:** Documento que permite conocer los resultados de ensayos de laboratorio o de campo, durante el proceso constructivo de un tapón hermético.
- **Concreto:** Mezcla de material aglomerante y agregados fino y grueso. En algunos casos se agrega aditivos para proporcionarle cualidades que no poseen y en otros para mejorar los que poseen.
- **Consecuencia:** Medida de resultados de una pérdida.
- **Desquinche:** Acción de eliminar toda piedra, roca o material ubicado en el talud que presente signos de inestabilidad, evitando la caída de dichos elementos hacia las cunetas o superficie de rodadura.
- **Dosificación del concreto:** Proceso de medición por peso o por volumen de los ingredientes y su introducción en la mezcladora para una cantidad de concreto y mortero.
- **Durabilidad**: Propiedad de un material o mezcla para resistir desintegración por efectos mecánicos.
- **Encofrado:** Apoyos temporales para mantener el concreto fresco en el lugar hasta que se endurezca en tal grado que se pueda auto soportar (cuando la estructura es capaz de soportar sus cargas muertas).
- **Fisura:** Fractura fina, de varios orígenes, con un ancho igual o menor a 3 milímetros.
- **Fraguado:** Proceso de una mezcla de concreto o mortero para alcanzar progresivamente la resistencia de diseño.
- **Incidente: (cuasi accidente):** Es un acontecimiento no deseado, el que, bajo circunstancias ligeramente diferentes, podría haber resultado en lesiones a las personas, daño a la propiedad o pérdida en el proceso.
- **Mampostería:** Obra hecha con piedras desiguales ajustadas y unidas con argamasa sin un orden establecido

- **Mortero:** Conglomerado o masa constituida por arena, conglomerante (bituminoso o cemento Pórtland), agua y puede contener aditivos.
- **Peligro:** Es toda condición con potencial de afectar negativamente un recurso o toda condición con potencial de causar daño.
- **Pérdida:** Evento no deseado con capacidad de generar efectos negativos sobre el recurso que lo sufre.
- **Ph:** Medida del estado de acidez o basicidad de una solución. Los valores extremos del pH son 0 y 14; y el valor medio 7 indica que la solución es neutra.
- **Plan de cierre:** El plan de cierre de minas es un instrumento de gestión ambiental conformado por acciones técnicas y legales efectuadas por los titulares de actividades mineras. Está destinado a adoptar las medidas necesarias antes, durante y después del cierre de operaciones, con la finalidad de eliminar, mitigar y controlar los efectos adversos al área utilizada o perturbada por la actividad minera, para que este alcance características de ecosistema compatible con un ambiente saludable, adecuado para el desarrollo biológico y la preservación paisajista.

  En este sentido, el plan de cierre de minas deberá describir las medidas de rehabilitación, su costo, la oportunidad y los métodos de control y verificación para las etapas de operación, cierre final y post cierre. Asimismo, deberá indicar el monto y plan de constitución de garantías ambientales exigibles.

  El titular de la actividad minera que no cuente con el plan de cierre de minas aprobado, está impedido de iniciar el desarrollo de operaciones mineras.
- **Roca suelta:** Masas de rocas cuyos grados de fracturamiento, cohesión y consolidación, necesiten el uso de maquinaria y/o requieran explosivos, siendo el empleo de este último en menor proporción que para el caso de roca fija.
- **Riesgo:** Probabilidad de ocurrencia de una pérdida o probabilidad de que un peligro pueda causar daño.

- **Seguridad:** Nivel aceptable del riesgo. También se define como uno de los resultados de un trabajo bien hecho.
- **Slump. - Medición del asentamiento del concreto con el cono de abrams:** Establece la determinación del asentamiento del concreto fresco tanto en el laboratorio como en el campo. Este método consiste en colocar una muestra de concreto fresco en un molde con forma de cono trunco, según las características y procedimientos que establezcan las especificaciones técnicas correspondientes.
- **Solaqueado. -** Este proceso de solaqueado consiste en tapar los agüeros que quedaron entre las juntas de las tablas y también las juntas que hacen la roca con la tabla. Esto es una mezcla de cemento con cal la cual con esta mezcla se tapa todos los agujeros existentes que podrían causar el derrame del concreto.
- **Subterránea**: La palabra subterráneo, originada en el vocablo latino "subterranĕus" está compuesta por el prefijo "sub" en el sentido de "abajo" y por "terra" = "tierra", siendo su significado lo que está debajo de la superficie terrestre. Designa cualquier cosa o actividad que se ubica o realiza por debajo de la tierra, como excavaciones subterráneas, tesoros subterráneos o minas subterráneas. Entre los usos más difundidos podemos citar:

  La superficie terrestre está revestida por una capa de consistencia sólida llamada corteza, pero por debajo de ella, se reconocen el manto y el núcleo. La temperatura se eleva a medido que se avanza en las profundidades subterráneas.
- **Tapón Hermético:** Que cierra perfectamente de modo que no deja pasar el aire ni el líquido. Envase hermético; cámara hermética; las cápsulas espaciales de los astronautas son herméticas; la bolsa quedó cerrada de manera hermética.
- **Testigo:** Una muestra cilíndrica de concreto endurecido, de mezcla bituminosa compactada y endurecido usualmente obtenida por medio de una broca diamantina de una máquina extractora.

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis General

La evaluación de tapones herméticos en el plan de cierre en la bocamina Esperanza, mejora la calidad del medio ambiente en la unidad de producción Recuperada - CIA de minas Buenaventura S.A.A. – Huancavelica.

2.5.2. Hipótesis Específicas

- La evaluación de tapones herméticos en el plan de cierre en la bocamina Esperanza, mejora la calidad del agua en la unidad de producción Recuperada - CIA de minas Buenaventura S.A.A. – Huancavelica.
- La evaluación de tapones herméticos en el plan de cierre en la bocamina Esperanza, mejora la calidad del suelo en la unidad de producción Recuperada - CIA de minas Buenaventura S.A.A. – Huancavelica.

2.6. Variables

- **Variable independiente (X):** Evaluación de tapones herméticos.
- **Variable dependiente (Y):** Mejorar la calidad del medio ambiente.

2.7. Operacionalización de variables

Tabla 12
Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSION	INDICADORES	VALOR FINAL	TIPO DE VARIABLE	ITEMS
INDEPENDIENTE: X: EVALUACION DE TAPONES HERMETICOS	DIMENSIONES FISICAS	Masa	Kg	Numerica - Continua	Es importanate analizar estos puntos para realizar una buena evaluacion de tapon hermetico
		Longitud	m		
		Presion	Bar		
		Q	m3/s		
		Resistencia	Kg/cm2		
		Volumen	m3		
		Densidad	Kg/m3		
	DIMENSIONES QUIMICAS	Ph	1<ph<14	Numerica-Discreta	Analizar la composicion y estandares según las normas vigentes del medio ambiente
		LMP	ppm	Numerica-Continua	
		Porcentaje	%	Numerica-Continua	
DEPEDIENTE: MEJORAR LA CALIDAD DEL MEDIO AMBIENTE	DIMENSION AMBIENTAL	Calidad del agua	LMP	Numerica-Continua	Medir la calidad de agua antes y despues de la evaluacion del tapon hermetico.
			ECA		
			PH	Numerica-Discreta	
		Calidad del suelo	LMP	Numerica-Continua	Medir la calidad de suelo antes y despues de la evaluacion del tapon hermetico.
			ECA		
			PH	Numerica-Discreta	

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Ámbito temporal y espacial

3.1.1. Ámbito temporal

La investigación se desarrolló durante el año 2019.

3.1.2. Ámbito espacial

La investigación se desarrolló en la mina Esperanza que pertenece a la Unidad de Producción Recuperada en la mina Esperanza de la CIA de Minas Buenaventura.

Su posición está dada por las siguientes coordenadas UTM:

Norte: 8570.365

Este: 521.500

Figura 33. Vista satelital de la mina Esperanza de la Unidad de Producción Recuperada de la CIA de minas Buenaventura

Fuente: Google Earth

3.2. Tipo de investigación

La investigación fue de tipo aplicada, esto debido a que se buscó solucionar un problema de la realidad.

Según la intervención del investigador, nuestro trabajo de investigación fue observacional.

Según la planificación de la toma de datos, nuestro trabajo de investigación fue prospectivo.

Según el número de ocasiones en que se mide la variable de estudio nuestro trabajo de investigación fue Longitudinal.

Según el número de variables de interés nuestro trabajo de investigación fue analítico.

3.3. Nivel de investigación

Explicativo

3.4. Método de investigación

El trabajo de investigación la cual lleva como título: EVALUACION DE TAPONES HERMETICOS EN EL PLAN DE CIERRE EN LA BOCAMINA ESPERANZA PARA MEJORAR EL MEDIO AMBIENTE EN LA UNIDAD DE PRODUCCION RECUPERADA - CIA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A. – HUANCAVELICA, tuvo como objetivo fundamental de evaluar los tapones herméticos para mitigar el drenaje de agua acidas a superficie y disminuir la contaminación ambiental.

La cual tiene varios procesos desde su inicio del proyecto de investigación comenzando primeramente con el estudio geomecánico de del macizo rocoso seguidamente con la perforación y la voladura de los taladros según el diseño en el cual se usa para este en donde no se utiliza los explosivos comunes ni tampoco el diseño de las mallas de perforación común si no un diseño apropiado y la cual se usa también los cementos expansivos para triturar rocas y así evitar desestabilizar el macizo rocoso seguidamente la construcción de armazones con puntales de 6 y 8pul de diámetro la cual de construyen en su interior los encofrados con tablas de 2pul seguidamente a ese proceso se hace el lanzamiento del concreto usando una bomba de concreto ZOOMLION seguido y por último es la construcción de la mampostería y la revegetación del área para poder seguir con los monitoreos de post cierre .

3.5. Diseño de investigación

La investigación presentó un diseño pre experimental.

GE: 01 X 02

Donde:

G = Grupo Pre Experimental.

01 = Pre Test

02 = Post Test

X = Aplicación de la variable independiente.

3.6. Población, muestra y muestreo

3.6.1. Población

Se toma como población a la UNIDAD DE PRODUCCION RECUPERADA exclusivamente a la mina Esperanza (19 bocaminas y 4 chimeneas) porque la contrata donde realiza este proyecto es la CONTRATA MINERA CORPORACION MINERA TAURO S.A.C.

3.6.2. Muestra

La muestra que se toma es las bocaminas de la mina Esperanza.

(Nv 700, Nv 650, Nv 595, Nv 590)

3.6.3. Muestreo

La determinación de la muestra de investigación, se realizó a través del muestreo no probabilístico intencional.

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.7.1. Técnicas

La técnica que se aplicó en la investigación fue la observación.

3.7.2. Instrumentos

Los instrumentos que se usaron en la presente investigación fueron:

- Datos de campo (in situ).

- Pre test y Post test
- Comparaciones estadísticas
- Documentación

3.8. Técnicas y procesamiento de análisis de datos

Se utilizaron los programas SPSS v.23 y el Microsoft Excel versión 16, para calcular los siguientes estadígrafos:

Las Medidas de Tendencia Central (la media aritmética, la mediana y la moda), de Dispersión (La varianza y la desviación estándar y el coeficiente de variabilidad). Las de forma: la Curtosis.

Para la estadística inferencial, se utilizó el programa SPSS v.23, en la cual se aplicó el estadístico ANOVA de un factor, para realizar las pruebas de hipótesis.

CAPÍTULO IV
PRESENTACIÒN DE RESULTADOS

4.1. Análisis de información

En este capítulo se realizó la presentación, descripción, análisis e interpretación de los resultados de la investigación; en la cual la descripción se realizó a través de tablas y figuras, de las variables de estudio. Para la recolección de datos y el procesamiento estadístico se usaron los programas Microsoft Excel v.16 y SPSS v.23.

4.1.1. Descripción de la Evaluación de tapones herméticos

La inestabilidad de los tapones herméticos en el medio de una mina, puede representar riesgos serios para la seguridad humana y/o ambiental; debido a ello la construcción de estas estructuras, esta regula por diversas jurisdicciones mineras a nivel mundial; debido a ello en la investigación se realizó la evaluación de los tapones herméticos de la bocamina Esperanza lo cuales fueron: NV.590, NV. 595, NV. 650 y NV. 700, que fueron diseñados y construidos bajo la metodología de la Agencia Canadiense de Desarrollo Internacional, más conocido como método canadiense.

Estos tapones presentaron un concreto con permeabilidad de agua baja, debido a que la resistencia a la compresión fue de 280 kg/cm2; asimismo la construcción fue de concreto en cuña con monolíticos sin refuerzo.

4.1.2. Bocamina NV. 590 Esperanza

La bocamina NV. 590 Esperanza, se construyó en base a los siguientes criterios de diseño:

Tabla 113
Descripción las dimensiones del tapón hermético de la bocamina NV. 590 Esperanza

	Dimensiones de la labor		**Longitud de tapón hermético**	**Volumen de tapón hermético**	**Carga Hidráulica**	**Caudal (Época Seca)**
Bocamina	**Ancho(m)**	**Alto(m)**	**mts**	**m3**	**mts**	**ml/s**
NV. 590 ESPERANZA	2.4	2.9	8.00	104.14	130.8	320
	Caudal (Época Lluvia)		**PH**	**Presión del liquido**	**Resistencia a la comprensión**	**Tipo de roca**
	ml/s		**Acido/Base**	**Mpa**	**Kg/cm2**	
	450		4.67	3.85	280	andesita

Fuente: Elaboración propia – recolectado de CESEL Ingenieros S.A

Como se observó en la tabla N° 13, la bocamina NV. 590 Esperanza, presentó un ancho de 2.4 metros y un alto de 2.9 metros; con una longitud de 8 metros, este tapón presentó un volumen de 104.14 m3, con carga hidráulica de 130.8 mts; en la cual el caudal de aguas ácidas en época de estiaje fue de 320 ml/s y en épocas de lluvia 450 ml/s; presentando una presión del líquido de 3.85 Mpa y el tipo de roca fue la andesita.

4.1.2.1. Resultados de las dimensiones físicas del tapón hermético

4.1.2.1.1. Masa del tapón hermético

La masa del tapón hermético, se determinó a través de la siguiente fórmula:

$$masa = volumen\ x\ densidad$$

$$masa = 104.14\ m3\ x\ 2560\ kg/m3$$

$$masa = 266\ 598.4\ kg$$

La masa que posee el tapón hermético de la bocamina NV. 590 Esperanza, fue de 266 598.4 kg.

4.1.2.1.2. Longitud del tapón hermético

La determinación de la longitud del tapón hermético se realizó a través de la ecuación, que está en base a la presión máxima promedio y la gradiente máxima de diseño:

$$Longuitud = \frac{Maxima\ Presion\ Promedio}{HGmax}$$

Tabla 124

Datos para la determinación de la longitud del tapón hermético de la bocamina NV. 590 Esperanza

			Kpa/m	**Longitud de tapón (m)**
GRADIENTE HIDRÁULICO MÁXIMO	$HG\,max = 2 * (RMR - 5) * 10$		1060.00	3.63
	Garret y Campbell-Pitt (1958)	Interfaz concreto/roca Inyectado (F.S=4)	915.00	4.21
	Dahlo et al (1992) Norwegian Civil Eng. Experience		500.00	7.70
	LONGITUD DEL TAPÓN			**8.00 m**

Fuente: Elaboración propia

Como se observó en la tabla N° 14, se eligió la longitud del tapón a través de la metodología que calculaba la mayor longitud, la cual fue la de Dahlo et. Al (1992), por lo que la longitud del tapón hermético fue de 8 metros, se eligió la longitud mayor debido a que el tapón debe presentar una longitud suficiente para evitar fallas por el corte del concreto y la roca, lo que indica que el corte del concreto y la roca superan el esfuerzo de corte cuando se vean frente a condiciones de máxima presión.

4.1.2.1.3. Presión del tapón hermético

La presión del líquido que actúa sobre el tapón hermético se determina con la siguiente ecuación:

$$Pr = \frac{\rho * g * H}{10^6}$$

$$Pr = 3.85\ MPa$$

Esta presión al convertirlo en Kpa es igual a 3 849.44, esta presión es necesaria para el cálculo de la longitud del tapón, lo cual indica que las agua acidas en la bocamina NV. 590 Esperanza, ejercen una presión moderada sobre el tapón hermético.

4.1.2.1.4. Caudal del tapón hermético

El caudal de las aguas ácidas del tapón hermético de la bocamina NV. 590 Esperanza, se determinaron en época de lluvia y época de estiaje.

Tabla 135
Caudal del tapón hermético de la bocamina NV. 590 Esperanza

Bocamina NV. 590 ESPERANZA	Caudal (Época Seca)	Caudal (Época Lluvia)
	ml3/seg	ml3/seg
	320	450

Fuente: Elaboración propia

Como se observó en la tabla N° 15, el caudal en la bocamina NV. 590 Esperanza, varia en cuanto a la época del año, debido a que, en la época de lluvia, el caudal se incrementa en casi un 50% el caudal en época de estiaje; esto trae repercusiones en el tapón hermético, debido a que, al aumentar el caudal de las aguas ácidas, aumentará la presión de estas, afectando a la estructura del tapón hermético.

4.1.2.1.5. Resistencia del tapón hermético

- Resistencia por corte:

Para la determinación de la resistencia por corte, se tomaron en cuenta el criterio de Hoek y Brown, para la determinación de la resistencia por corte del macizo rocoso.

Tabla 146
Datos para la determinación de la resistencia por corte para el tapón hermético de la bocamina NV. 590 Esperanza

MACIZO ROCOSO	Presión de confinamiento (MPa)	Cemento lanzado a presión	0.500
		Cemento colocado	0.000
	c: Cohesión (MPa)	$\tau = \sigma * \tan(\theta) + c$	0.009
	Θ:Angulo de Fricción (°)		0.503
	τ: Resistencia al corte (MPa)		**0.009**
CONCRETO	fc: Resistencia a la compresión simple concreto (MPa) (280 kg/cm2)		27.460
	fs: Resistencia al corte del concreto (MPa)	$fs = 166.1\sqrt{fc}$	**0.870**

FFuente:El aboración propia

Como se observó en la tabla N° 16, la resistencia al corte del macizo rocoso fue de 0.009 Mpa; y la resistencia al corte del concreto fue de 0.870 Mpa; estas resistencias cumplen con la relación de la resistencia al corte y gradientes hidráulicas de diseño establecida; por lo que se garantiza que la posibilidad de filtración a través de la roca alrededor del tapón disminuya en la medidas en que el potencial de erosión de los materiales de relleno se mitigue y se disminuya la inestabilidad subsiguiente que es producto de la erosión.

4.1.2.1.6. Volumen del tapón hermético

El volumen del tapón hermético se determinó a través de la ecuación:

$$Volumen = masa \ / \ densidad$$

$$Volumen = 266\ 598.4\ kg \ / \ 2560\ kg/m3$$

$$Volumen = 104.14\ m3$$

El volumen que posee el tapón hermético de la bocamina NV. 590 Esperanza, es de 104.14 m3.

4.1.2.1.7. Densidad del tapón hermético

La densidad del tapón hermético se determinó a través de la ecuación:

$$Densidad = masa \ / \ volumen$$

$$Densidad = 266\ 598.4\ kg \ / \ 104.14\ m3$$

$$Densidad = 2560\ kg/m3$$

La densidad que posee el tapón hermético de la bocamina NV. 590 Esperanza, es de 2560 kg/m3.

4.1.2.2. Resultados de las dimensiones químicas del tapón hermético

4.1.2.2.1. Potencial de Hidrógeno del tapón hermético

El potencial de hidrógeno de las ácidas que están en contacto con el tapón hermético de la bocamina NV. 590 Esperanza fue de 4.67, esto indica que tiene un pH fuertemente ácido, el control del pH es muy importante, debido a que estas aguas están en contacto con la losa de concreto del tapón hermético, debido a que un agua con pH ácido debilita y desintegra lentamente el concreto.

4.1.3. Bocamina NV. 595 Esperanza

La bocamina NV. 595 Esperanza, se construyó en base a los siguientes criterios de diseño:

Tabla 157
Descripción las dimensiones del tapón hermético de la bocamina NV. 595 Esperanza

	Dimensiones de la labor		**Longitud de tapón hermético**	**Volumen de tapón hermético**	**Carga Hidráulica**	**Caudal (Época Seca)**
Bocamina	**Ancho(m)**	**Alto(m)**	**mts**	**m3**	**mts**	**ml/s**
NV. 595 ESPERANZA	2.4	2.8	12.00	149.33	199.9	50
	Caudal (Época Lluvia)		**PH**	**Presión del liquido**	**Resistencia a la comprensión**	**Tipo de roca**
	ml/s		**Acido/Base**	**Mpa**	**Kg/cm2**	**Ígnea**
	160		4.56	5.88	280	andesita

Fuente: Elaboración propia – recolectado de CESEL Ingenieros S.A

Como se observó en la tabla N° 17, la bocamina NV. 595 Esperanza, presentó un ancho de 2.4 metros y un alto de 2.8 metros; con una longitud de 12 metros, este tapón presentó un volumen de 149.33 m3, con una carga hidraulica de 199.9 mts; en la cual el caudal de aguas ácidas en época de estiaje fue de 50 ml/s y en épocas de lluvia 160 ml/s; presentando una presión del líquido de 5.88 Mpa y el tipo de roca fue la andesita.

4.1.3.1. Resultados de las dimensiones físicas del tapón hermético

4.1.3.1.1. Masa del tapón hermético

La masa del tapón hermético, se determinó a través de la siguiente fórmula:

$$masa = volumen\ x\ densidad$$

$$masa = 149.33\ m3\ x\ 2900\ kg/m3$$

$$masa = 433\ 057\ kg$$

La masa que posee el tapón hermético de la bocamina NV. 595 Esperanza, es de 433 057 kg.

4.1.3.1.2. Longitud del tapón hermético

La determinación de la longitud del tapón hermético se realizó a través de la ecuación, que está en base a la presión máxima promedio y la gradiente máxima de diseño:

$$Longuitud = \frac{Maxima\ Presion\ Promedio}{HGmax}$$

Tabla 168

Datos para la determinación de la longitud del tapón hermético de la bocamina NV. 595 Esperanza

			Kpa/m	Longitud de tapón (m)
GRADIENTE HIDRÁULICO MÁXIMO	$HG\,max = 2 * (RMR - 5) * 10$		980.00	6.00
	Garret y Campbell-Pitt (1958)	Interfaz concreto/roca Inyectado (F.S=4)	915.00	6.43
	Dahlo et al (1992) Norwegian Civil Eng. Experience		500.00	11.77
LONGITUD DEL TAPÓN				**12.00 m**

Fuente: Elaboración propia

Como se observó en la tabla N° 18, se eligió la longitud del tapón a través de la metodología que calculaba la mayor longitud, la cual fue la de Dahlo et. Al (1992), por lo que la longitud del tapón hermético fue de 8 metros, se eligió la longitud mayor debido a que el tapón debe presentar una longitud suficiente para evitar fallas por el corte del concreto y la roca, lo que indica que el corte del concreto y la roca superan el esfuerzo de corte cuando se vean frente a condiciones de máxima presión.

4.1.3.1.3. Presión del tapón hermético

La presión del líquido que actúa sobre el tapón hermético se determina con la siguiente ecuación:

$$Pr = \frac{\rho * g * H}{10^6}$$

$$Pr = 5.88\,MPa$$

Esta presión al convertirlo en Kpa es igual a 5 883.06, esta presión es necesaria para el cálculo de la longitud del tapón, lo cual indica que las agua acidas en

la bocamina NV. 595, ejercen una presión considerable sobre el tapón hermético.

4.1.3.1.4. Caudal del tapón hermético

El caudal de las aguas ácidas del tapón hermético de la bocamina NV. 595 de la mina Esperanza, se determinaron en época de lluvia y época de estiaje.

Tabla 179

Caudal del tapón hermético de la bocamina NV. 595 Esperanza

Bocamina NV. 595 ESPERANZA	Caudal (Época Seca)	Caudal (Época Lluvia)
	ml3/seg	ml3/seg
	50	160

Fuente: Elaboración propia

Como se observó en la tabla N° 19, el caudal en la bocamina NV. 595 Esperanza, varia en cuanto a la época del año, debido a que, en la época de lluvia, el caudal se incrementa en más del doble a comparación con el caudal en época de estiaje; esto trae repercusiones en el tapón hermético, debido a que, al aumentar el caudal de las aguas ácidas, aumentará la presión de estas, afectando a la estructura del tapón hermético.

4.1.3.1.5. Resistencia del tapón hermético

- Resistencia por corte:

Para la determinación de la resistencia por corte, se tomaron en cuenta el criterio de Hoek y Brown, para la determinación de la resistencia por corte del macizo rocoso.

Tabla 20

Datos para la determinación de la resistencia por corte para el tapón hermético de la bocamina NV. 595 Esperanza

MACIZO ROCOSO	Presión de confinamiento (MPa)	Cemento lanzado a presión	0.500
		Cemento colocado	0.000
	c: Cohesión (MPa)	$\tau = \sigma * \tan(\theta) + c$	0.061
	Θ:Angulo de Fricción (°)		0.501
	τ: Resistencia al corte (MPa)		**0.061**
CONCRETO	fc: Resistencia a la compresión simple concreto (MPa) (280 kg/cm2)		27.460
	fs: Resistencia al corte del concreto (MPa)	$fs = 166.1\sqrt{fc}$	**0.870**

Fuente: Elaboración propia

Como se observó en la tabla N° 20, la resistencia al corte del macizo rocoso fue de 0.061 Mpa; y la resistencia al corte del concreto fue de 0.870 Mpa; estas resistencias cumplen con la relación de la resistencia al corte y gradientes hidráulicas de diseño establecida; por lo que se garantiza que la posibilidad de filtración a través de la roca alrededor del tapón disminuya en la medidas en que el potencial de erosión de los materiales de relleno se mitigue y se disminuya la inestabilidad subsiguiente que es producto de la erosión.

4.1.3.1.6. Volumen del tapón hermético

El volumen del tapón hermético se determinó a través de la ecuación:

$$Volumen = masa \ / \ densidad$$

$$Volumen = 433\ 057\ kg \ / \ 2900\ kg/m3$$

$$Valumen = 149.33\ m3$$

El volumen que posee el tapón hermético de la bocamina NV. 595 Esperanza, es de 149.33 m3.

4.1.3.1.7. Densidad del tapón hermético

La densidad del tapón hermético se determinó a través de la ecuación:

$$Densidad = masa \ / \ volumen$$

$$Densidad = 433\ 057\ kg \ / \ 149.33\ m3$$

$$Densidad = 2900\ kg/m3$$

La densidad que posee el tapón hermético de la bocamina NV. 595 Esperanza, es de 2900 kg/m3.

4.1.3.2. Resultados de las dimensiones químicas del tapón hermético

4.1.3.2.1. Potencial de Hidrógeno del tapón hermético

El potencial de hidrógeno de las ácidas que están en contacto con el tapón hermético de la bocamina NV. 595 Esperanza fue de 4.56, esto indica que tiene un pH fuertemente ácido, el control del pH es muy importante, debido a que estas aguas están en contacto con la losa de concreto del tapón hermético, debido a que un agua con pH ácido debilita y desintegra lentamente el concreto.

4.1.4. Bocamina NV. 650 Esperanza

La bocamina NV. 650 Esperanza, se construyó en base a los siguientes criterios de diseño:

Tabla 21
Descripción las dimensiones del tapón hermético de la bocamina NV. 650 Esperanza

	Dimensiones de la labor		Longitud de tapón hermético	Volumen de tapón hermético	Carga Hidráulica	Caudal (Época Seca)
Bocamina	**Ancho(m)**	**Alto(m)**	**mts**	**m3**	**mts**	**ml/s**
NV. 650 ESPERANZA	2.4	2.8	7.00	87.11	110	384
	Caudal (Época Lluvia)		**PH**	**Presión del liquido**	**Resistencia a la comprensión**	**Tipo de roca**
	ml/s		**Acido/base**	**Mpa**	**Kg/cm2**	**Ígnea**
	432		4.53	3.24	280	andesita

Fuente: Elaboración propia – recolectado de CESEL Ingenieros S.A

Como se observó en la tabla N° 21, la bocamina NV. 650 Esperanza, presentó un ancho de 2.4 metros y un alto de 2.8 metros; con una longitud de 7 metros, este tapón presentó un volumen de 87.11 m3, con una carga hidraulica de 110 mts; en la cual el caudal de aguas ácidas en época de estiaje fue de 384 ml/s y en épocas de lluvia 432 ml/s; presentando una presión del líquido de 3.24 Mpa y el tipo de roca fue la andesita.

4.1.4.1. Resultados de las dimensiones físicas del tapón hermético

4.1.4.1.1. Masa del tapón hermético

La masa del tapón hermético, se determinó a través de la siguiente fórmula:

$$masa = volumen\ x\ densidad$$

$$masa = 87.11\ m3\ x\ 2640\ kg/m3$$

$$masa = 229\ 970.4\ kg$$

La masa que posee el tapón hermético de la bocamina NV. 650 Esperanza, es de 229 970.4 kg.

4.1.4.1.2. Longitud del tapón hermético

La determinación de la longitud del tapón hermético se realizó a través de la ecuación, que está en base a la presión máxima promedio y la gradiente máxima de diseño:

$$Longuitud = \frac{Maxima\ Presion\ Promedio}{HGmax}$$

Tabla 22

Datos para la determinación de la longitud del tapón hermético de la bocamina NV. 650 Esperanza

			Kpa/m	Longitud de tapón (m)
GRADIENTE HIDRÁULICO MÁXIMO	$HG\,max = 2 * (RMR - 5) * 10$		1060.00	3.05
	Garret y Campbell-Pitt (1958)	Interfaz concreto/roca Inyectado (F.S=4)	915.00	3.54
	Dahlo et al (1992) Norwegian Civil Eng. Experience		500.00	6.47
LONGITUD DEL TAPÓN				**7.00 m**

Fuente: Elaboración propia

Como se observó en la tabla N° 22, se eligió la longitud del tapón a través de la metodología que calculaba la mayor longitud, la cual fue la de Dahlo et. Al (1992), por lo que la longitud del tapón hermético fue de 8 metros, se eligió la longitud mayor debido a que el tapón debe presentar una longitud suficiente para evitar fallas por el corte del concreto y la roca, lo que indica que el corte del concreto y la roca superan el esfuerzo de corte cuando se vean frente a condiciones de máxima presión.

4.1.4.1.3. Presión del tapón hermético

La presión del líquido que actúa sobre el tapón hermético se determina con la siguiente ecuación:

$$Pr = \frac{\rho * g * H}{10^6}$$

$$Pr = 3.24\, MPa$$

Esta presión al convertirlo en Kpa es igual a 3 237.30, esta presión es necesaria para el cálculo de la longitud del tapón, lo cual indica que las agua acidas en la bocamina NV. 650, ejercen una presión moderada sobre el tapón hermético.

4.1.4.1.4. Caudal del tapón hermético

El caudal de las aguas ácidas del tapón hermético de la bocamina NV. 650 de la mina Esperanza, se determinaron en época de lluvia y época de estiaje.

Tabla 183
Caudal del tapón hermético de la bocamina NV. 650 Esperanza

Bocamina NV. 650 ESPERANZA	Caudal (Época Seca)	Caudal (Época Lluvia)
	ml3/seg	ml3/seg
	384	432

Fuente: Elaboración propia

Como se observó en la tabla N° 23, el caudal en la bocamina NV. 650 Esperanza, varia en cuanto a la época del año, debido a que, en la época de lluvia, el caudal se incrementa considerablemente a comparación con el caudal en época de estiaje; esto trae repercusiones en el tapón hermético, debido a que, al aumentar el caudal de las aguas ácidas, aumentará la presión de estas, afectando a la estructura del tapón hermético.

4.1.4.1.5. Resistencia del tapón hermético

- Resistencia por corte:

Para la determinación de la resistencia por corte, se tomaron en cuenta el criterio de Hoek y Brown, para la determinación de la resistencia por corte del macizo rocoso.

Tabla 194

Datos para la determinación de la resistencia por corte para el tapón hermético de la bocamina NV. 650 Esperanza

MACIZO ROCOSO	Presión de confinamiento (MPa)	Cemento lanzado a presión	0.500
		Cemento colocado	0.000
	c: Cohesión (MPa)	$\tau = \sigma * \tan(\theta) + c$	0.007
	Θ:Angulo de Fricción (°)		0.502
	τ: Resistencia al corte (MPa)		**0.007**
CONCRETO	fc: Resistencia a la compresión simple concreto (MPa) (280 kg/cm2)		27.460
	fs: Resistencia al corte del concreto (MPa)	$fs = 166.1\sqrt{fc}$	**0.870**

Fuente: Elaboración propia

Como se observó en la tabla N° 24, la resistencia al corte del macizo rocoso fue de 0.007 Mpa; y la resistencia al corte del concreto fue de 0.870 Mpa; estas resistencias cumplen con la relación de la resistencia al corte y gradientes hidráulicas de diseño establecida; por lo que se garantiza que la posibilidad de filtración a través de la roca alrededor del tapón disminuya en la medidas en que el potencial de erosión de los materiales de relleno se mitigue y se disminuya la inestabilidad subsiguiente que es producto de la erosión.

4.1.4.1.6. Volumen del tapón hermético

El volumen del tapón hermético se determinó a través de la ecuación:

$$Volumen = masa \ / \ densidad$$

$$Volumen = 229\ 970.4\ kg\ /\ 2640\ kg/m3$$

$$Volumen = 87.11\ m3$$

El volumen que posee el tapón hermético de la bocamina NV. 650 Esperanza, es de 87.11 m3.

4.1.4.1.7. Densidad del tapón hermético

La densidad del tapón hermético se determinó a través de la ecuación:

$$Densida = masa\ /\ volumen$$

$$Densidad = 229\ 970.4\ kg\ /\ 149.33\ m3$$

$$Densidad = 2640\ kg/m3$$

La densidad que posee el tapón hermético de la bocamina NV. 650 Esperanza, es de 2640 kg/m3.

4.1.4.2. Resultados de las dimensiones químicas del tapón hermético

4.1.4.2.1. Potencial de Hidrógeno del tapón hermético

El potencial de hidrógeno de las ácidas que están en contacto con el tapón hermético de la bocamina NV. 650 Esperanza fue de 4.53, esto indica que tiene un pH fuertemente ácido, el control del pH es muy importante, debido a que estas aguas están en contacto con la losa de concreto del tapón hermético, debido a que un agua con pH ácido debilita y desintegra lentamente el concreto.

4.1.5. Bocamina NV. 700 Esperanza

La bocamina NV. 700 Esperanza, se construyó en base a los siguientes criterios de diseño:

Tabla 205

Descripción las dimensiones del tapón hermético de la bocamina NV. 700 Esperanza

	Dimensiones de la labor		Longitud de tapón hermético	Volumen de tapón hermético	Carga Hidráulica	Caudal (Época Seca)
Bocamina	**Ancho(m)**	**Alto(m)**	**mts**	**m3**	**mts**	**ml/s**
NV. 700 ESPERANZA	2.7	2.9	6.00	85.07	58.4	625
	Caudal (Época Lluvia)		**PH**	**Presión del liquido**	**Resistencia a la comprensión**	**Tipo de roca**
	ml/s		**Acido/base**	**Mpa**	**Kg/cm2**	**Ígnea**
	180		5.12	1.72	280	andesita

Fuente: Elaboración propia – recolectado de CESEL Ingenieros S.A

Como se observó en la tabla N° 25, la bocamina NV. 700 Esperanza, presentó un ancho de 2.7 metros y un alto de 2.9 metros; con una longitud de 6 metros, este tapón presentó un volumen de 85.07 m3, con una carga hidraulica de 58.4 mts; en la cual el caudal de aguas ácidas en época de estiaje fue de 625 ml/s y en épocas de lluvia 180 ml/s; presentando una presión del líquido de 1.72 Mpa y el tipo de roca fue la andesita.

4.1.5.1. Resultados de las dimensiones físicas del tapón hermético

4.1.5.1.1. Masa del tapón hermético

La masa del tapón hermético, se determinó a través de la siguiente fórmula:

$$masa = volumen\ x\ densidad$$

$$masa = 85.07\ m3\ x\ 2420\ kg/m3$$

$$masa = 205\ 869.4\ kg$$

La masa que posee el tapón hermético de la bocamina NV. 700 Esperanza, es de 205 869.4 kg.

4.1.5.1.2. Longitud del tapón hermético

La determinación de la longitud del tapón hermético se realizó a través de la ecuación, que está en base a la presión máxima promedio y la gradiente máxima de diseño:

$$Longuitud = \frac{Maxima\ Presion\ Promedio}{HGmax}$$

Tabla 216

Datos para la determinación de la longitud del tapón hermético de la bocamina NV. 650 Esperanza

			Kpa/m	Longitud de tapón (m)
GRADIENTE HIDRÁULICO MÁXIMO	$HG\,max = 2 * (RMR - 5) * 10$		1060.00	1.62
	Garret y Campbell-Pitt (1958)	Interfaz concreto/roca Inyectado (F.S=4)	915.00	1.88
	Mining Eng. Handbook (1973)	Interfaz concreto/roca Inyectado (F.S=4)	301.67	5.70
	Dahlo et al (1992) Norwegian Civil Eng. Experience		500.00	3.44
	LONGITUD DEL TAPÓN			**6.00 m**

Fuente: Elaboración propia

Como se observó en la tabla N° 26, se eligió la longitud del tapón a través de la metodología que calculaba la mayor longitud, la cual fue la Mining Eng. Handbook (1973), por lo que la longitud del tapón hermético fue de 6 metros, se eligió la longitud mayor debido a que el tapón debe presentar una longitud suficiente para evitar fallas por el corte del concreto y la roca, lo que indica que el corte del concreto y la roca superan el esfuerzo de corte cuando se vean frente a condiciones de máxima presión.

4.1.5.1.3. Presión del tapón hermético

La presión del líquido que actúa sobre el tapón hermético se determina con la siguiente ecuación:

$$Pr = \frac{\rho * g * H}{10^6}$$

$$Pr = 1.72\ MPa$$

Esta presión al convertirlo en Kpa es igual a 1 718.71 esta presión es necesaria para el cálculo de la longitud del tapón, lo cual indica que las agua acidas en la bocamina NV. 700, ejercen una presión moderada sobre el tapón hermético.

4.1.5.1.4. Caudal del tapón hermético

El caudal de las aguas ácidas del tapón hermético de la bocamina NV. 700 de la mina Esperanza, se determinaron en época de lluvia y época de estiaje.

Tabla 227
Caudal del tapón hermético de la bocamina NV. 700 Esperanza

Bocamina NV. 650 ESPERANZA	**Caudal (Época Seca)**	**Caudal (Época Lluvia)**
	ml3/seg	**ml3/seg**
	625	180

Fuente: Elaboración propia

Como se observó en la tabla N° 27, el caudal en la bocamina NV. 650 Esperanza, varia en cuanto a la época del año, debido a que, en la época de estiaje, el caudal se incrementa considerablemente a comparación con el caudal en época de lluvia, esto debido a que por el incremento del caudal, gran parte de este se suma a otra corriente de agua, debido a ello en la época de lluvia disminuye el caudal; esto

trae repercusiones en el tapón hermético, debido a que al aumentar el caudal de las aguas ácidas, aumentará la presión de estas, afectando a la estructura del tapón hermético.

4.1.5.1.5. Resistencia del tapón hermético

- Resistencia por corte:

Para la determinación de la resistencia por corte, se tomaron en cuenta el criterio de Hoek y Brown, para la determinación de la resistencia por corte del macizo rocoso.

Tabla 238

Datos para la determinación de la resistencia por corte para el tapón hermético de la bocamina NV. 700 Esperanza

MACIZO ROCOSO	Presión de confinamiento (MPa)	Cemento lanzado a presión	0.500
		Cemento colocado	0.000
	c: Cohesión (MPa)	$\tau = \sigma * \tan(\theta) + c$	0.005
	Θ:Angulo de Fricción (°)		0.503
	τ: Resistencia al corte (MPa)		**0.005**
CONCRETO	fc: Resistencia a la compresión simple concreto (MPa) (280 kg/cm2)		27.460
	fs: Resistencia al corte del concreto (MPa)	$fs = 166.1\sqrt{fc}$	**0.870**

Fuente: Elaboración propia

Como se observó en la tabla N° 28, la resistencia al corte del macizo rocoso fue de 0.005 Mpa; y la resistencia al corte del concreto fue de 0.870 Mpa; estas resistencias cumplen con la relación de la resistencia al corte y gradientes hidráulicas de diseño establecida; por lo que se garantiza que la posibilidad de filtración a través de la roca alrededor del tapón disminuya en la medidas en que el potencial de erosión de los materiales

de relleno se mitigue y se disminuya la inestabilidad subsiguiente que es producto de la erosión.

4.1.5.1.6. Volumen del tapón hermético

El volumen del tapón hermético se determinó a través de la ecuación:

$$Volumen = masa \ / \ densidad$$

$$Volumen = 205\ 869.4\ kg \ / \ 2420\ kg/m3$$

$$Volumen = 85.07\ m3$$

El volumen que posee el tapón hermético de la bocamina NV. 700 Esperanza, es de 85.07 m3.

4.1.5.1.7. Densidad del tapón hermético

La densidad del tapón hermético se determinó a través de la ecuación:

$$Densidad = masa \ / \ volumen$$

$$Densidad = 205\ 869.4\ \ kg \ / \ \ 85.07\ m3$$

$$Densidad = 2420\ kg/m3$$

La densidad que posee el tapón hermético de la bocamina NV. 700 Esperanza, es de 2420 kg/m3.

4.1.5.2. Resultados de las dimensiones químicas del tapón hermético

4.1.5.2.1. Potencial de Hidrógeno del tapón hermético

El potencial de hidrógeno de las ácidas que están en contacto con el tapón hermético de la bocamina NV. 700 Esperanza fue de 5.12, esto indica que tiene un pH moderadamente ácido, el control del pH es muy

importante, debido a que estas aguas están en contacto con la losa de concreto del tapón hermético, debido a que un agua con pH ácido debilita y desintegra lentamente el concreto.

4.1.6. Descripción de la mejora de calidad del medio ambiente

La investigación se realizó en la bocamina Esperanza (NV. 590, NV. 595, NV. 650 y NV. 700), en la cual previamente, se construyeron tapones herméticos; no obstante, estos tapones, mostraron fugas por sus coronas, esto debido a la presión de las aguas ácidas, en base a ello se realizó la construcción de un pre tapón y un muro de mampostería.

Se realizó el análisis de la calidad de agua en la Unidad de Producción Recuperada antes de la construcción del tapón hermético (pre – test), en las cuales se consideró los siguientes parámetros: Conductividad eléctrica, Potencial de hidrógeno, Oxígeno disuelto, Arsénico, Cadmio y Plomo; para determinar la calidad del agua.

Mientras que, para la determinación de la calidad de suelo, se realizó el análisis de la calidad de suelo en la Unidad de Producción Recuperada antes de la construcción de los tapones herméticos (pre – test), en la que se consideró los siguientes parámetros: Cadmio, Plomo, Mercurio y Arsénico.

Asimismo, se realizó los mismos análisis de agua y de suelo en la Unidad de Producción Recuperada, después de la construcción de los tapones herméticos; en donde se demostró que la implementación de tapones herméticos, adecuadamente diseñados y construidos, ayudan a mejorar la calidad tanto del suelo y del agua; por lo cual se indicó que se mejoró la calidad del medio ambiente.

Para la determinación de la mejora de la calidad de medio ambiente; se realizó a través de la comparación con los Estándares de Calidad Ambiental

(ECA) para agua D.S. N° - 004 – 2017 MINAM (ECA categoría 3: Subcategoría D1, riego de vegetales) y para suelo D.S. N° 011 – 2017 – MINAM; como se mostró en los gráficos de abajo; los análisis tanto de agua como de suelo, después de la construcción de tapones herméticos en cuña y monolíticos sin refuerzo en la bocamina Esperanza (NV. 590, NV. 595, NV. 650 y NV. 700); se mejoró la calidad, ya que las concentraciones de los parámetros determinados disminuyeron y llegaron a cumplir con los estándares.

4.1.6.1. Resultados del Pre – Test de la calidad de agua

Para determinar la calidad de agua, se tomaron en cuenta los siguientes parámetros: Conductividad eléctrica, Potencial de hidrógeno (pH), Oxígeno Disuelto, Arsénico, Cadmio y Plomo; estos parámetros se analizaron antes de la construcción de tapones herméticos en cuña y monolíticos sin refuerzo en la bocamina Esperanza (NV. 590, NV. 595, NV. 650 y NV. 700) y fueron analizados en la Unidad de Producción Recuperada de la mina Esperanza.

4.1.6.1.1. Conductividad eléctrica (CE):

Tabla 249

Descripción del análisis de la conductividad eléctrica

CE	Mínimo	Máximo
UPR (pre-test)	1310.00	1339.00

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

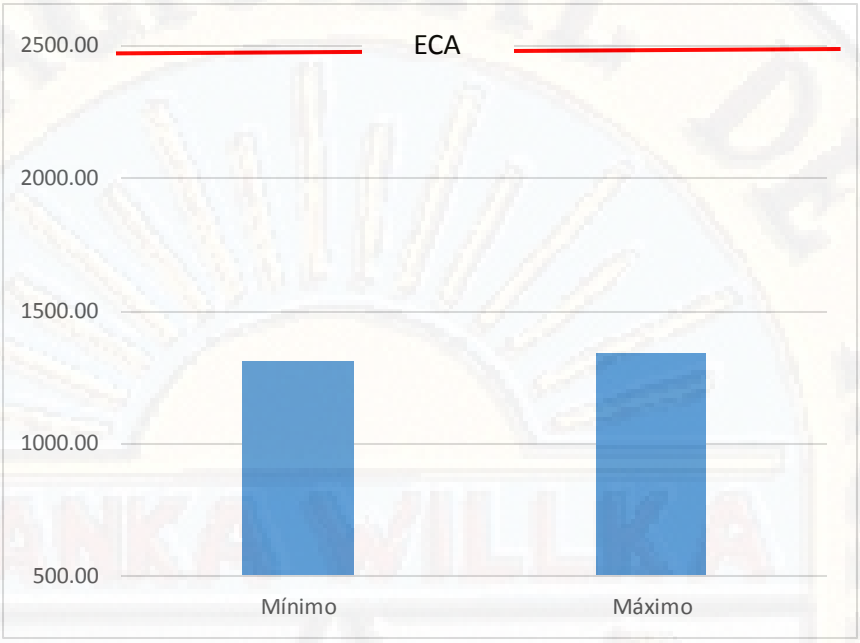


Figura 34. Resultados del análisis de la conductividad eléctrica

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

Como se observó en la tabla 29 y figura 34, los resultados del análisis del parámetro de la conductividad eléctrica, en la medición mínima se obtuvo una conductividad de 1310 uS/cm y en la medición máxima se obtuvo una conductividad de 1339 uS/cm: ambas mediciones no llegan a sobrepasar los Estándares de Calidad Ambiental para agua, categoría 3 subcategoría D1 (riego de vegetales), ya que el valor máximo permitido es de 2500 uS/cm.

4.1.6.1.2. Potencial de hidrógeno (pH):

Tabla 30

Descripción del análisis del potencial de hidrógeno

pH	Mínimo	Máximo
UPR (pre-test)	5.90	6.10

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

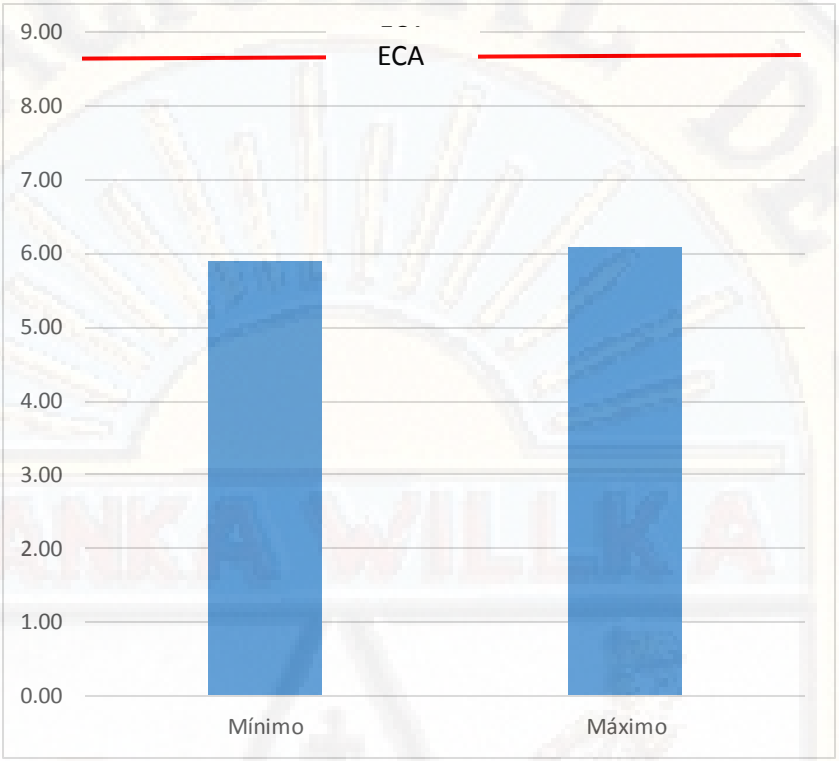


Figura 35. Resultados del análisis del potencial de hidrógeno

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

Como se observó en la tabla 30 y figura 35, los resultados del análisis del parámetro de potencial de hidrógeno (pH), en la medición mínima se obtuvo un pH de 5.9 y en la medición máxima se obtuvo un pH de 6.1; esto indica que ambas mediciones no cumplían con los Estándares de Calidad Ambiental para agua, categoría 3 subcategoría D1 (riego de vegetales), ya que el valor permitido es el rango entre 6.5 a 8.5.

4.1.6.1.3. Oxígeno disuelto (OD):

Tabla 31

Descripción del análisis del oxígeno disuelto

OD	Mínimo	Máximo
UPR (pre-test)	2.42	2.58

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

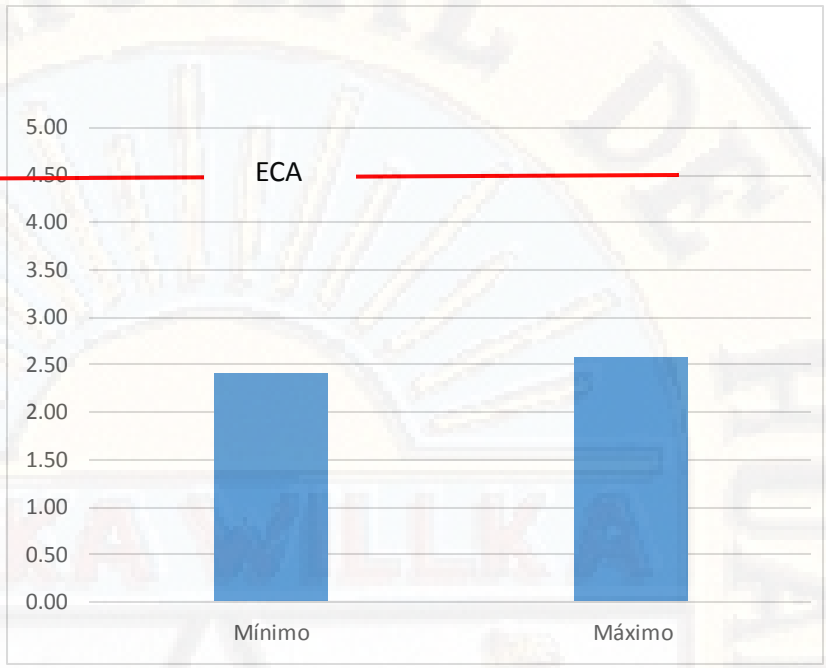


Figura 36. Resultados del análisis del oxígeno disuelto

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

Como se observó en la tabla 31 y figura 36, los resultados del análisis del parámetro de oxígeno disuelto (OD), en la medición mínima se obtuvo una concentración de 2.42 mg/L y en la medición máxima se obtuvo una concentración de 2.58 mg/L; esto indica que ambas mediciones no cumplían con los Estándares de Calidad Ambiental para agua, categoría 3 subcategoría D1 (riego de vegetales), ya que el valor permitido es una concentración mayor a 4 mg/L.

4.1.6.1.4. Arsénico (As):

Tabla 32

Descripción del análisis del arsénico

As	Mínimo	Máximo
UPR (pre-test)	0.08	0.09

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

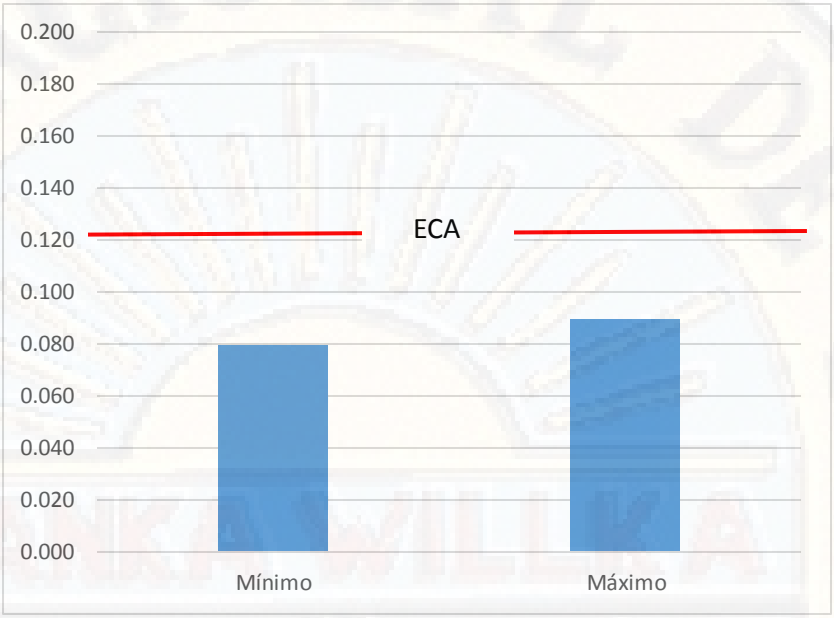


Figura 37. Resultados del análisis del arsénico

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

Como se observó en la tabla 32 y figura 37, los resultados del análisis del parámetro de Arsénico (Ar), en la medición mínima se obtuvo una concentración de 0.08 mg/L y en la medición máxima se obtuvo una concentración de 0.09 mg/L; esto indica que ambas mediciones cumplían con los Estándares de Calidad Ambiental para agua, categoría 3 subcategoría D1 (riego de vegetales), ya que el valor máximo permitido es una concentración de 0.1 mg/L.

4.1.6.1.5. Cadmio (Cd):

Tabla 253

Descripción del análisis del arsénico

Cd	Mínimo	Máximo
UPR (pre-test)	0.009	0.012

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

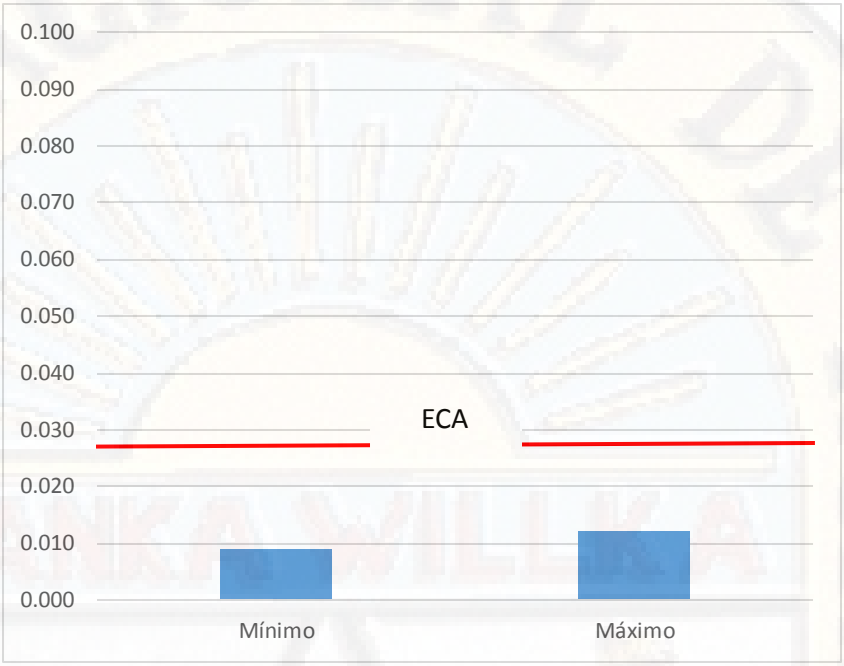


Figura 38. Resultados del análisis del cadmio

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

Como se observó en la tabla 33 y figura 38, los resultados del análisis del parámetro de Cadmio (Cd), en la medición mínima se obtuvo una concentración de 0.009 mg/L y en la medición máxima se obtuvo una concentración de 0.012 mg/L; esto indica que la medición mínima cumplía con los Estándares de Calidad Ambiental para agua, categoría 3 subcategoría D1 (riego de vegetales), pero llegando casi al límite, mientras que la medición máxima no llega a cumplir con el ECA; ya que el valor máximo permitido es una concentración de 0.01 mg/L.

4.1.6.1.6. Plomo (Pb):

Tabla 264

Descripción del análisis del plomo

Pb	Mínimo	Máximo
UPR (pre-test)	0.01	0.012

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

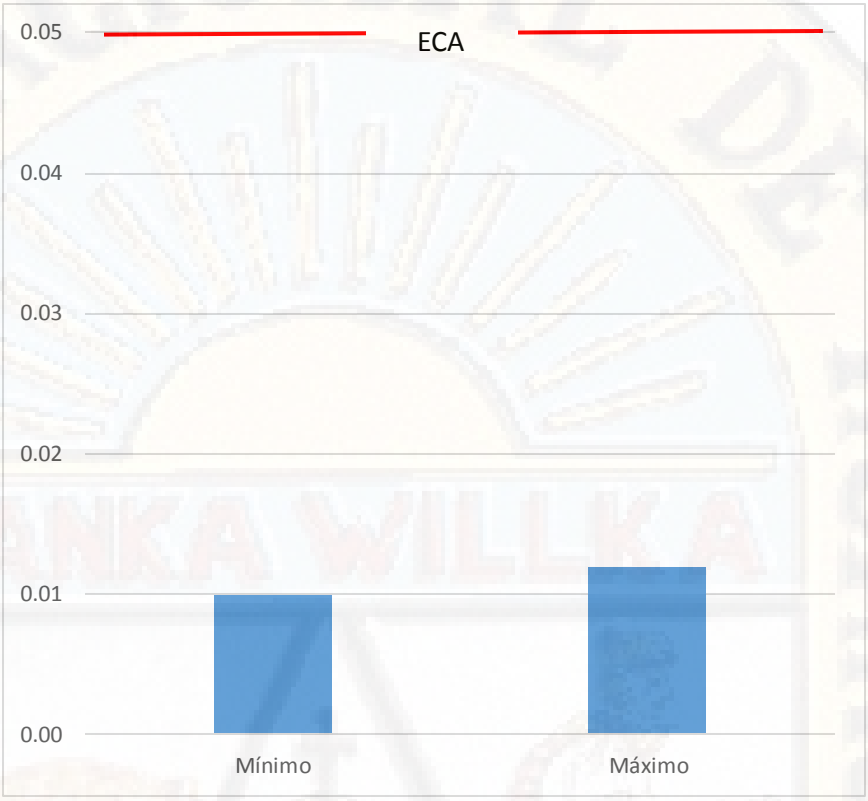


Figura 39. Resultados del análisis del plomo

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

Como se observó en la tabla 34 y figura 39, los resultados del análisis del parámetro de Plomo (Pb), en la medición mínima se obtuvo una concentración de 0.01 mg/L y en la medición máxima se obtuvo una concentración de 0.012 mg/L; esto indica que ambas mediciones cumplían con los Estándares de Calidad Ambiental para agua, categoría 3 subcategoría D1 (riego de vegetales); ya que el valor máximo permitido es una concentración de 0.05 mg/L.

4.1.6.2. Resultados del Pre – Test de la calidad de suelo

4.1.6.2.1. Cadmio (Cd):

Tabla 275

Descripción del análisis del cadmio

Cd	Mínimo	Máximo
UPR (pre-test)	58.00	62.00

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

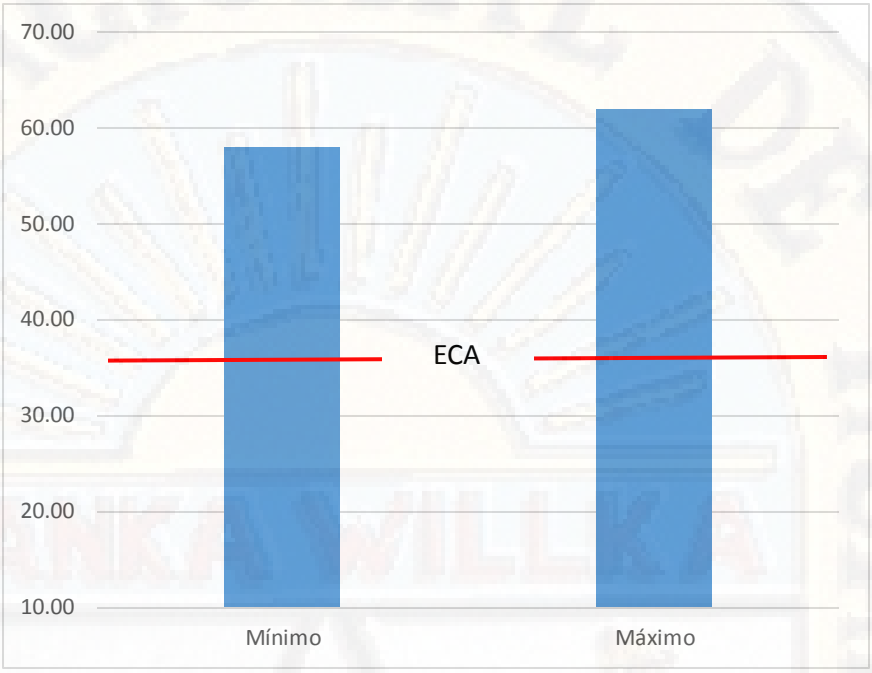


Figura 40. Resultados del análisis del cadmio

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

Como se observó en la tabla 35 y figura 40, los resultados del análisis del parámetro de Cadmio (Cd), en la medición mínima se obtuvo una concentración de 58 mg/kg y en la medición máxima se obtuvo una concentración de 62 mg/kg; esto indica que ambas mediciones no cumplían con los Estándares de Calidad Ambiental para suelo (suelo comercial/ industrial/ extractivo); ya que el valor máximo permitido es una concentración de 22 mg/kg.

4.1.6.2.2. Plomo (Pb):

Tabla 286

Descripción del análisis del plomo

Pb	Mínimo	Máximo
UPR (pre-test)	1256.00	1285.00

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

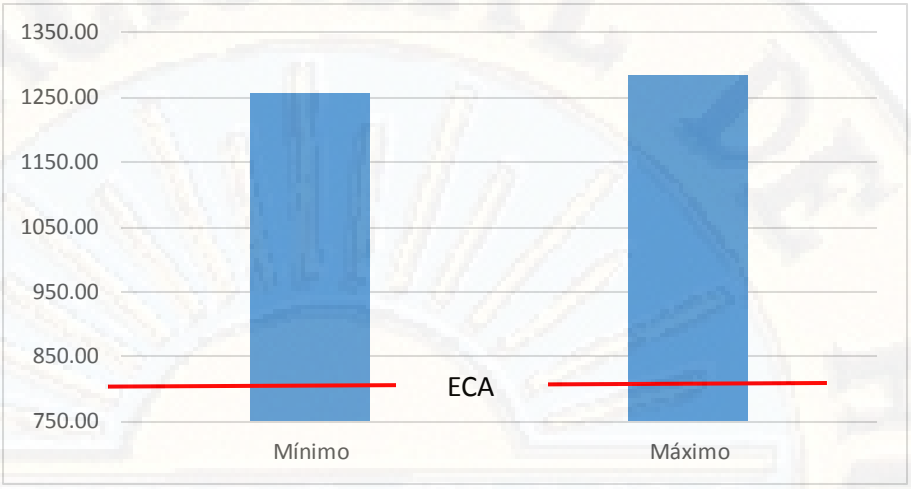


Figura 41. Resultados del análisis del plomo

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

Como se observó en la tabla 36 y figura 41, los resultados del análisis del parámetro de Plomo (Pb), en la medición mínima se obtuvo una concentración de 1256 mg/kg y en la medición máxima se obtuvo una concentración de 1285 mg/kg; esto indica que ambas mediciones no cumplían con los Estándares de Calidad Ambiental para suelo (suelo comercial/ industrial/ extractivo); ya que el valor máximo permitido es una concentración de 800 mg/kg.

4.1.6.2.3. Mercurio (Hg):

Tabla 297

Descripción del análisis del mercurio

Hg	Mínimo	Máximo
UPR (pre-test)	68.00	72.00

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

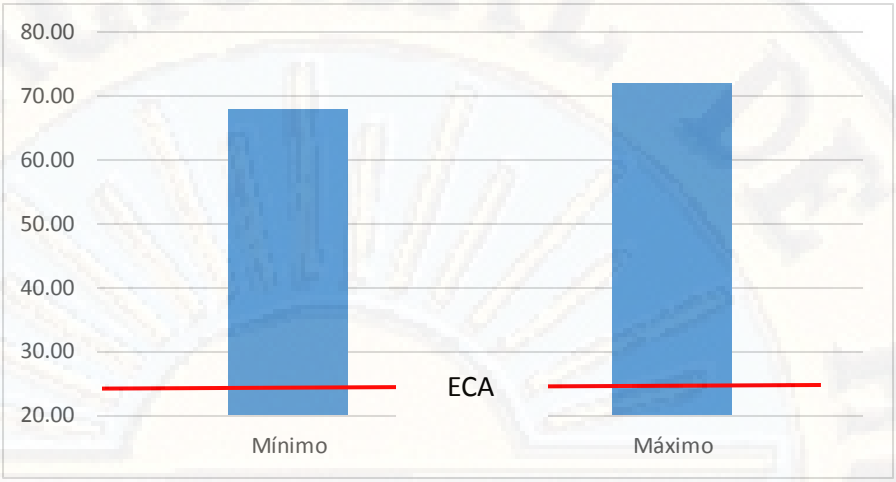


Figura 42. Resultados del análisis del mercurio

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

Como se observó en la tabla 37 y figura 42, los resultados del análisis del parámetro de Mercurio (Hg), en la medición mínima se obtuvo una concentración de 68 mg/kg y en la medición máxima se obtuvo una concentración de 72 mg/kg; esto indica que ambas mediciones no cumplían con los Estándares de Calidad Ambiental para suelo (suelo comercial/ industrial/ extractivo); ya que el valor máximo permitido es una concentración de 24 mg/kg.

4.1.6.2.4. Arsénico (As):

Tabla 308

Descripción del análisis del arsénico

As	Mínimo	Máximo
UPR (pre-test)	274.00	277.00

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

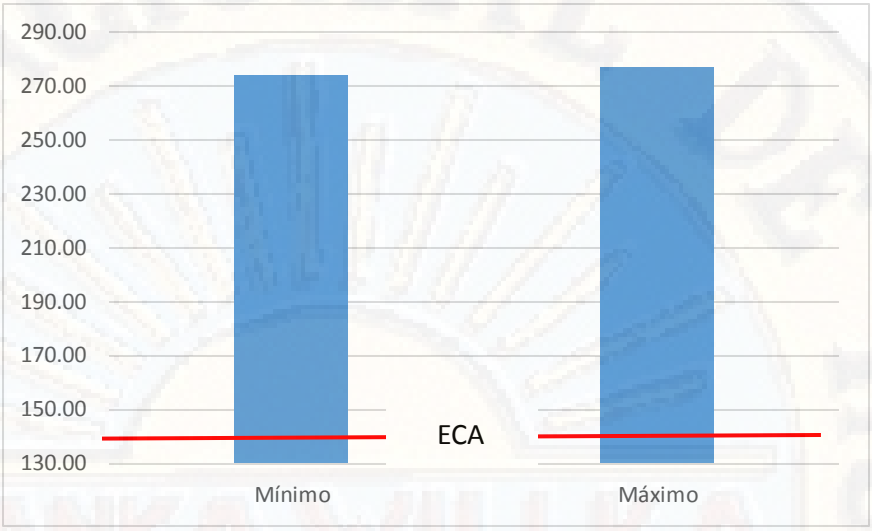


Figura 43. Resultados del análisis del arsénico

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

Como se observó en la tabla 38 y figura 43, los resultados del análisis del parámetro de Arsénico (As), en la medición mínima se obtuvo una concentración de 274 mg/kg y en la medición máxima se obtuvo una concentración de 277 mg/kg; esto indica que ambas mediciones no cumplían con los Estándares de Calidad Ambiental para suelo (suelo comercial/ industrial/ extractivo); ya que el valor máximo permitido es una concentración de 140 mg/kg.

4.1.6.3. Resultados del Post – Test de la calidad de agua

4.1.6.3.1. Conductividad eléctrica (CE):

Tabla 319

Descripción del análisis de la conductividad eléctrica

CE	Mínimo	Máximo
UPR (post-test)	909.00	925.00

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

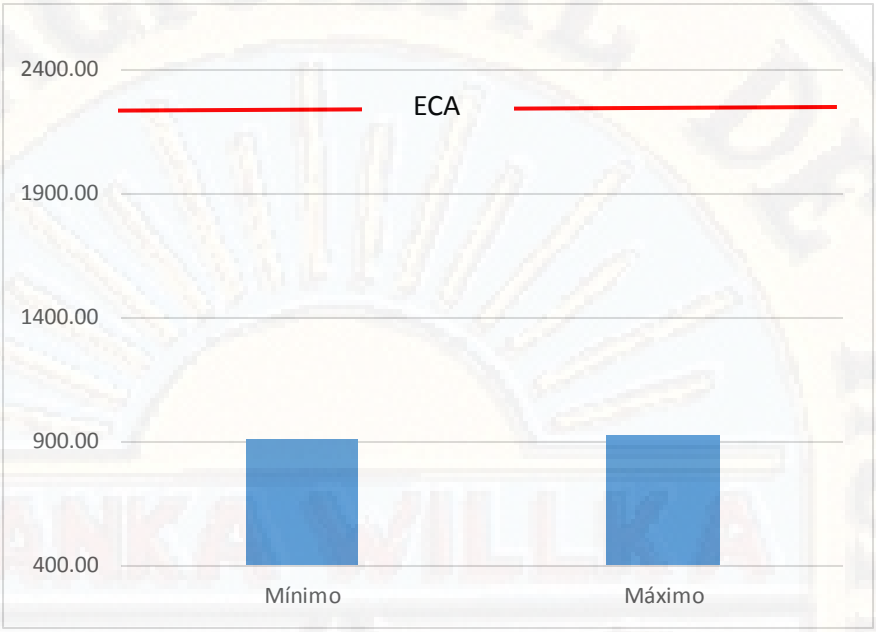


Figura 44. Resultados del análisis de la conductividad eléctrica

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

Como se observó en la tabla 39 y figura 44, los resultados del análisis del parámetro de Conductividad electrica (CE), en la medición mínima se obtuvo una conductividad de 909 uS/cm y en la medición máxima se obtuvo una conductividad de 925 uS/cm; esto indica que ambas mediciones cumplían con los Estándares de Calidad Ambiental para agua, categoría 3 subcategoría D1 (riego de vegetales; ya que el valor máximo permitido es una concentración de 140 mg/kg, esto demuestra en comparación con los resultados de pre test, que se disminuyó la conductividad eléctrica, lo que evidencia que la evaluación de tapones herméticos influye en la disminución de la conductividad.

4.1.6.3.2. Potencial de hidrógeno (pH):

Tabla 40

Descripción del análisis del potencial de hidrógeno

pH	Mínimo	Máximo
UPR (post-test)	6.60	6.90

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

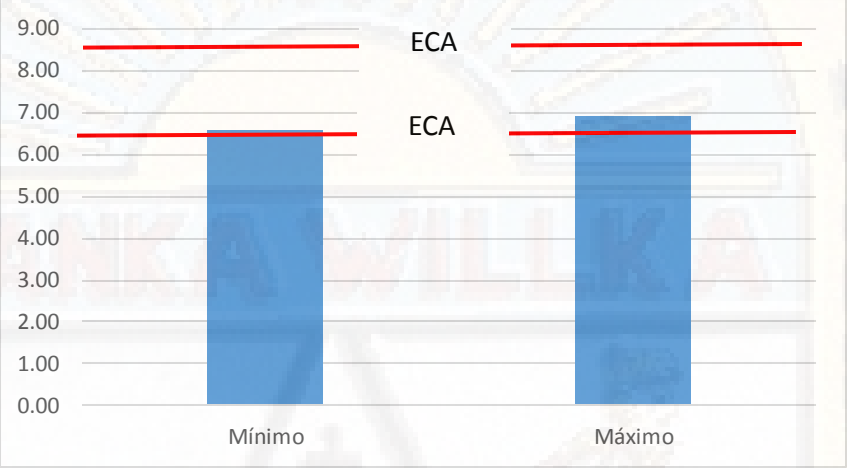


Figura 45. Resultados del análisis del potencial de hidrógeno

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

Como se observó en la tabla 40 y figura 45, los resultados del análisis del parámetro de potencial de hidrógeno (pH), en la medición mínima se obtuvo un pH de 6.6 y en la medición máxima se obtuvo un pH de 6.9; esto indica que ambas mediciones cumplían con los Estándares de Calidad Ambiental para agua, categoría 3 subcategoría D1 (riego de vegetales; ya que el valor permitido está en el rango de 6.5 – 8.5, esto demuestra en comparación con los resultados de pre test, que aumento el pH, lo que evidencia que la evaluación de tapones herméticos influye en el aumento del pH, ya que el pH es uno de los parámetros más importantes que determina la calidad de agua, ya que el pH de un agua que se cercano al 7 muestra, que la concentración de metales, cloruros y sulfatos es mínima.

4.1.6.3.3. Oxígeno disuelto (OD):

Tabla 41

Descripción del análisis del oxígeno disuelto

OD	Mínimo	Máximo
UPR (post-test)	5.70	6.20

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

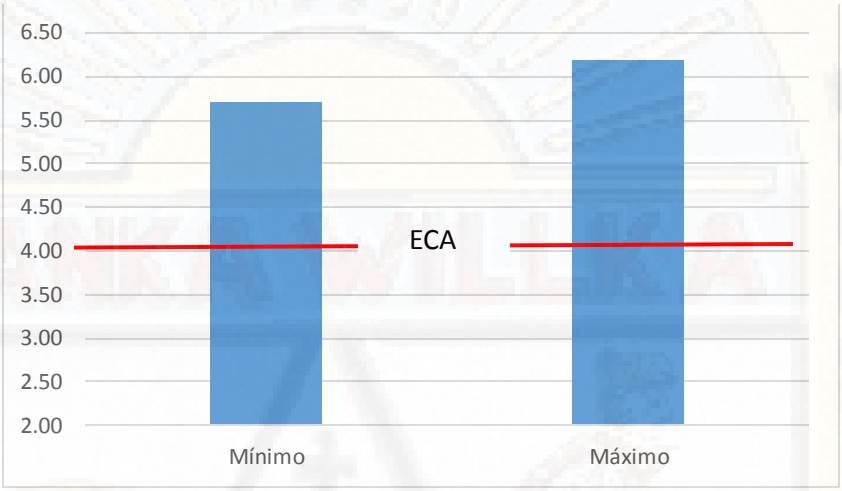


Figura 46. Resultados del análisis del oxígeno disuelto

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

Como se observó en la tabla 41 y figura 46, los resultados del análisis del parámetro de oxígeno disuelto (OD), en la medición mínima se obtuvo una concentración de 5.7 mg/L y en la medición máxima se obtuvo una concentración de 6.2 mg/L; esto indica que ambas mediciones cumplían con los Estándares de Calidad Ambiental para agua, categoría 3 subcategoría D1 (riego de vegetales), ya que el valor permitido es una concentración mayor a 4 mg/L, esto demuestra en comparación con los resultados de pre test, que aumento la concentración de oxígeno disuelto, lo que evidencia que la evaluación de tapones herméticos influye en el aumento del oxígeno disuelto, este parámetro es uno de los parámetros más

importantes que determina la calidad de agua; por lo tanto se evidencia que se mejoró la calidad de este parámetro en el agua.

4.1.6.3.4. Arsénico (As):

Tabla 42

Descripción del análisis del arsénico

As	Mínimo	Máximo
UPR (post-test)	0.0001	0.0002

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

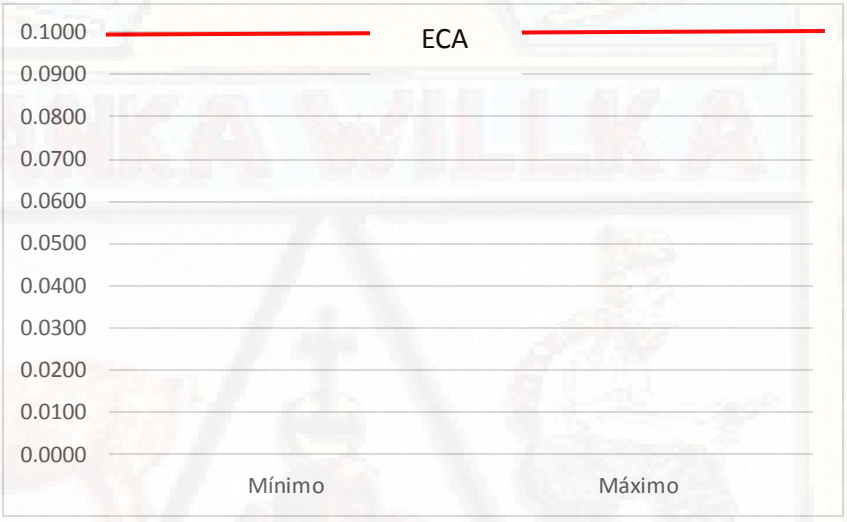


Figura 47. Resultados del análisis del arsénico

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

Como se observó en la tabla 42 y figura 47, los resultados del análisis del parámetro de arsénico (Ar), en la medición mínima se obtuvo una concentración de 0.0001 mg/L y en la medición máxima se obtuvo una concentración de 0.0002 mg/L; esto indica que ambas mediciones cumplían con los Estándares de Calidad Ambiental para agua, categoría 3 subcategoría D1 (riego de vegetales), ya que el valor permitido es una concentración menor a 0.1 mg/L, esto demuestra en comparación con los resultados de pre test, que disminuyó la concentración del arsénico, lo que evidencia que la evaluación de tapones herméticos influye en la disminución del arsénico; por lo tanto se evidencia que se mejoró la calidad de este parámetro en el agua.

4.1.6.3.5. Cadmio (Cd):

Tabla 43

Descripción del análisis del arsénico

Cd	Mínimo	Máximo
UPR (post-test)	0.0002	0.0003

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

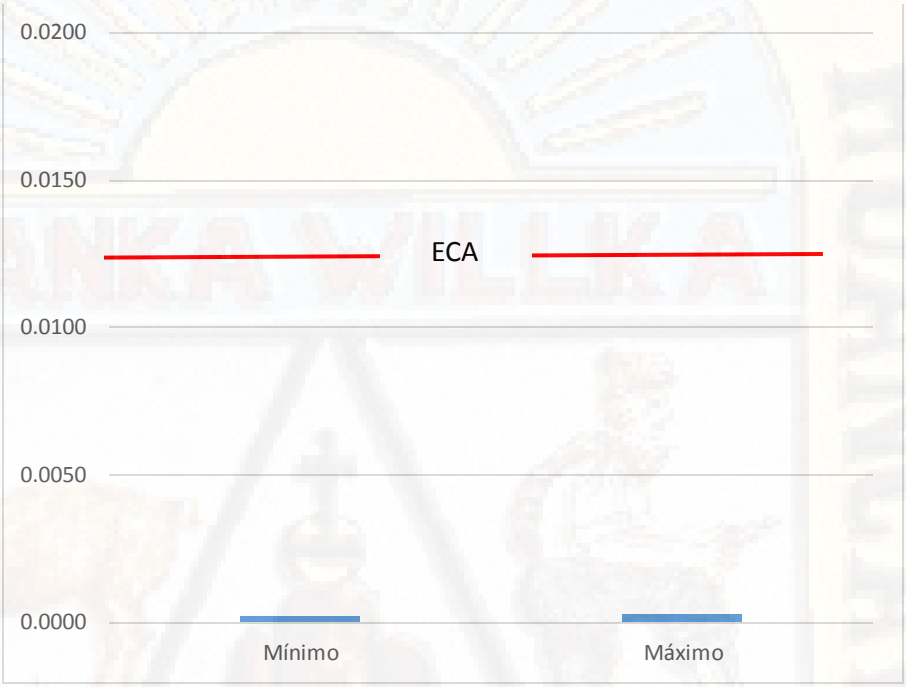


Figura 48. Resultados del análisis del cadmio

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

Como se observó en la tabla 43 y figura 48, los resultados del análisis del parámetro de cadmio (Cd), en la medición mínima se obtuvo una concentración de 0.0002 mg/L y en la medición máxima se obtuvo una concentración de 0.0003 mg/L; esto indica que ambas mediciones cumplían con los Estándares de Calidad Ambiental para agua, categoría 3 subcategoría D1 (riego de vegetales), ya que el valor permitido es una concentración menor a 0.01 mg/L, esto demuestra en comparación con los resultados de pre test, que disminuyó la concentración del cadmio, lo que evidencia que la evaluación de tapones herméticos influye en la disminución de este metal; por lo tanto se evidencia que se mejoró la calidad de este parámetro en el agua.

4.1.6.3.6. Plomo (Pb):

Tabla 324

Descripción del análisis del plomo

Pb	Mínimo	Máximo
UPR (post-test)	0.0006	0.0008

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

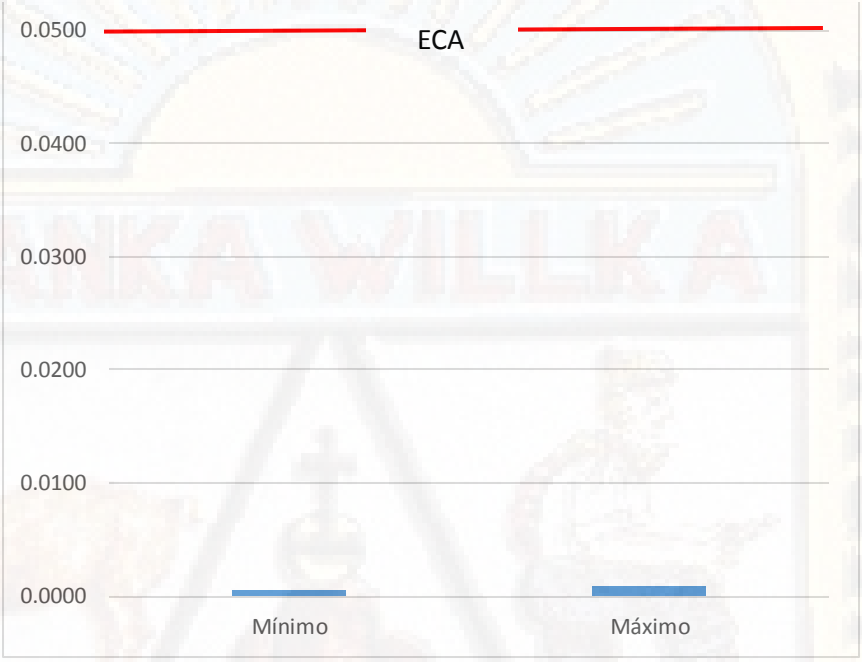


Figura 49. Resultados del análisis del plomo

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

Como se observó en la tabla 44 y figura 49, los resultados del análisis del parámetro de plomo (Pb), en la medición mínima se obtuvo una concentración de 0.0006 mg/L y en la medición máxima se obtuvo una concentración de 0.0008 mg/L; esto indica que ambas mediciones cumplían con los Estándares de Calidad Ambiental para agua, categoría 3 subcategoría D1 (riego de vegetales), ya que el valor permitido es una concentración menor a 0.05 mg/L, esto demuestra en comparación con los resultados de pre test, que disminuyó la concentración del plomo, lo que evidencia que la evaluación de tapones herméticos influye en la disminución de este metal; por lo tanto se evidencia que se mejoró la calidad de este parámetro en el agua.

4.1.6.4. Resultados del Post – Test de la calidad de suelo

4.1.6.4.1. Cadmio (Cd):

Tabla 335
Descripción del análisis del cadmio

Cd	Mínimo	Máximo
UPR (post-test)	19.00	21.00

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

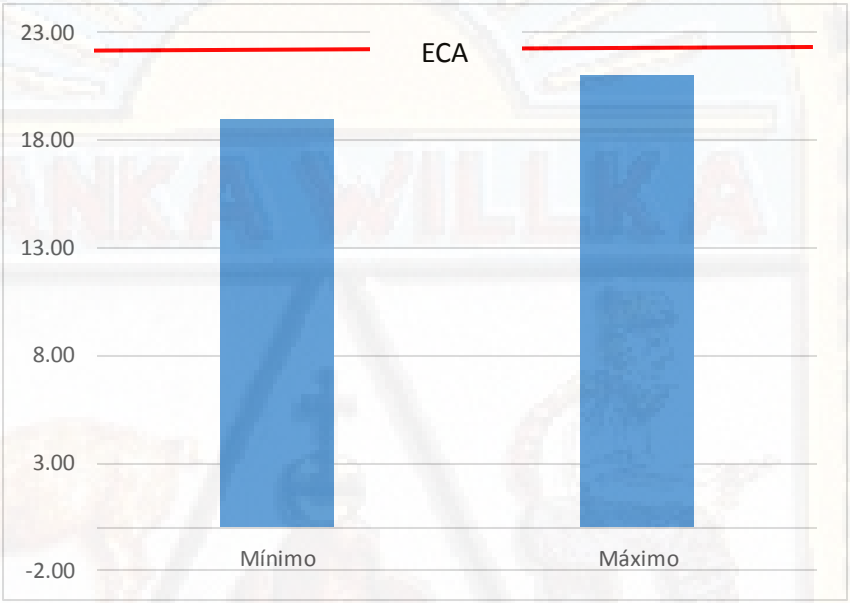


Figura 50. Resultados del análisis del cadmio

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

Como se observó en la tabla 45 y figura 50, los resultados del análisis del parámetro de Cadmio (Cd), en la medición mínima se obtuvo una concentración de 19 mg/kg y en la medición máxima se obtuvo una concentración de 21 mg/kg; esto indica que ambas mediciones cumplían con los Estándares de Calidad Ambiental para suelo (suelo comercial/ industrial/ extractivo); ya que el valor máximo permitido es una concentración de 22 mg/kg, esto demuestra en comparación con los resultados de pre test, que disminuyó la concentración del cadmio, lo que evidencia que la evaluación de tapones herméticos influye en la disminución de este metal; por lo tanto se evidencia que se mejoró la calidad de este parámetro en el suelo.

4.1.6.4.2. Plomo (Pb):

Tabla 346

Descripción del análisis del plomo

Pb	Mínimo	Máximo
UPR (post-test)	784.00	791.00

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

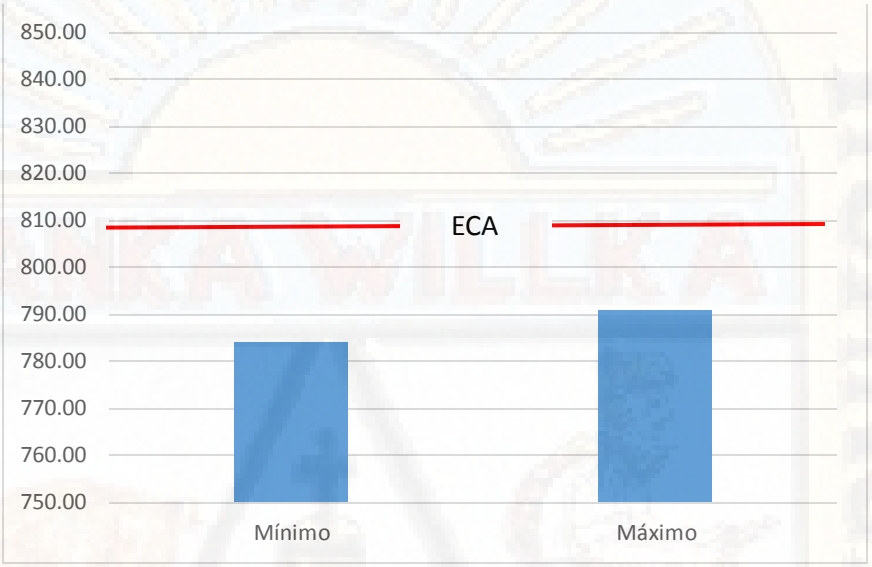


Figura 51. Resultados del análisis del plomo

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

Como se observó en la tabla 46 y figura 51, los resultados del análisis del parámetro de plomo (Pb), en la medición mínima se obtuvo una concentración de 784 mg/kg y en la medición máxima se obtuvo una concentración de 791 mg/kg; esto indica que ambas mediciones cumplían con los Estándares de Calidad Ambiental para suelo (suelo comercial/ industrial/ extractivo); ya que el valor máximo permitido es una concentración de 800 mg/kg, esto demuestra en comparación con los resultados de pre test, que disminuyó la concentración del plomo, lo que evidencia que la evaluación de tapones herméticos influyó en la disminución de este metal; por lo tanto se evidencia que se mejoró la calidad de este parámetro en el suelo.

4.1.6.4.3. Mercurio (Hg):

Tabla 357

Descripción del análisis del mercurio

Hg	Mínimo	Máximo
UPR (post-test)	21.00	24.00

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

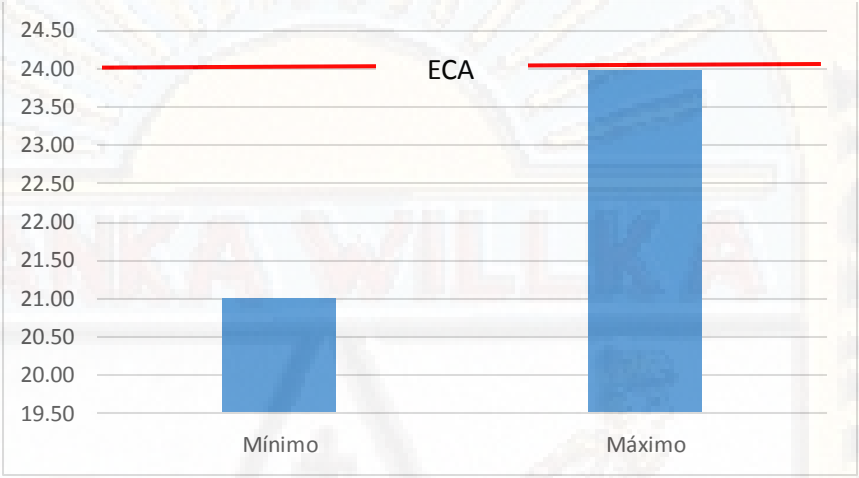


Figura 52. Resultados del análisis del mercurio

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

Como se observó en la tabla 47 y figura 52, los resultados del análisis del parámetro de mercurio (Hg), en la medición mínima se obtuvo una concentración de 21 mg/kg y en la medición máxima se obtuvo una concentración de 24 mg/kg; esto indica que ambas mediciones cumplían con los Estándares de Calidad Ambiental para suelo (suelo comercial/ industrial/ extractivo); ya que el valor máximo permitido es una concentración de 24 mg/kg, esto demuestra en comparación con los resultados de pre test, que disminuyó la concentración del mercurio, lo que evidencia que la evaluación de tapones herméticos influyó en la disminución de este metal; por lo tanto se evidencia que se mejoró la calidad de este parámetro en el suelo.

4.1.6.4.4. : Arsénico (As)

Tabla 368

Descripción del análisis del arsénico

As	Mínimo	Máximo
UPR (post-test)	137.00	139.00

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

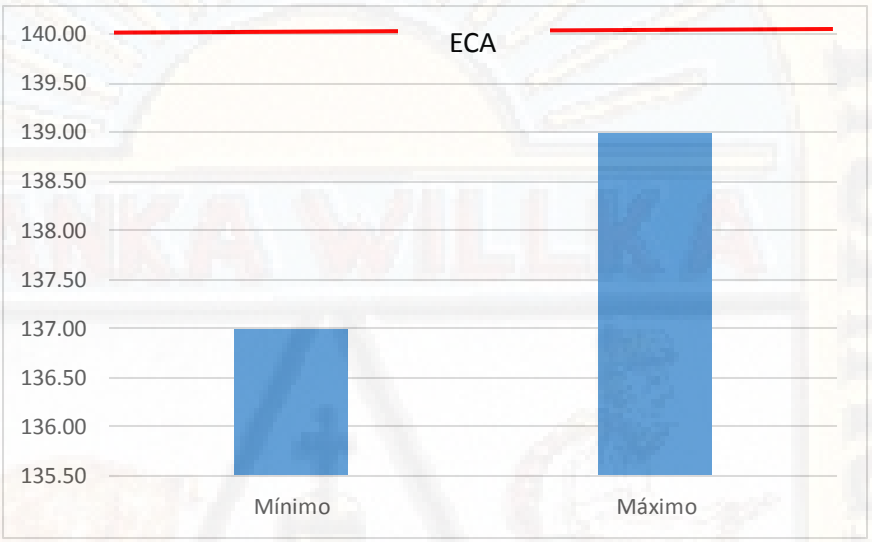


Figura 53. Resultados del análisis del arsénico

Fuente: Elaboración propia – procesada en M. Excel 16

Como se observó en la tabla 48 y figura 53, los resultados del análisis del parámetro de arsénico (Ar), en la medición mínima se obtuvo una concentración de 137 mg/kg y en la medición máxima se obtuvo una concentración de 139 mg/kg; esto indica que ambas mediciones cumplían con los Estándares de Calidad Ambiental para suelo (suelo comercial/ industrial/ extractivo); ya que el valor máximo permitido es una concentración de 140 mg/kg, esto demuestra en comparación con los resultados de pre test, que disminuyó la concentración del arsénico, lo que evidencia que la evaluación de tapones herméticos influyó en la disminución de este metal; por lo tanto se evidencia que se mejoró la calidad de este parámetro en el suelo.

4.2. Prueba de hipótesis

4.2.1. Prueba de la hipótesis de las dimensiones de la variable mejoramiento da la calidad del medio ambiente:

4.2.1.1. Contraste de la Hipótesis especifica 01

a) Planteamiento de Hipótesis:

Hipótesis Nula (H0): La evaluación de tapones herméticos en el plan de cierre en la bocamina esperanza, no mejora la calidad del agua en la unidad de producción Recuperada - CIA de minas Buenaventura S.A.A. – Huancavelica.

Hipótesis Alterna (H1): La evaluación de tapones herméticos en el plan de cierre en la bocamina esperanza, mejora la calidad del agua en la unidad de producción Recuperada - CIA de minas Buenaventura S.A.A. – Huancavelica.

Nivel de significancia o riesgo:

La influencia de la evaluación de tapones herméticos sobre la calidad del agua en la Unidad de Producción Recuperada.

Tabla 379. *Prueba ANOVA de un factor para la calidad de agua*

		gl	F	Sig.
CE	Entre grupos	1	605.492	**.002**
	Dentro de grupos	2		
	Total	3		
pH	Entre grupos	1	80.000	**.012**
	Dentro de grupos	2		
	Total	3		
OD	Entre grupos	1	172.750	**.006**

	Dentro de grupos	2		
	Total	3		
Ar	Entre grupos	1	287.952	**.003**
	Dentro de grupos	2		
	Total	3		
Cd	Entre grupos	1	46.643	**.021**
	Dentro de grupos	2		
	Total	3		
Pb	Entre grupos	1	105.040	**.009**
	Dentro de grupos	2		
	Total	3		

Fuente: Elaboración propia – procesada en SPSS v. 23

Se observa en la Tabla N° 49, se encontró que la evaluación de tapones herméticos si influyó en la calidad del agua, ya que como se observó en la tabla, se evidenció que el nivel de significancia de todos las parámetros analizados fue menor a 0.05; por lo que se rechazó la hipótesis nula ya que el nivel de significancia o P-valor es menor a este nivel de significación, lo que corroboró la hipótesis que planteó el investigador.

b) Decisión Estadística

En base al P-valor obtenido de los parámetros son menores a 0.05; por lo tanto, se aceptó la hipótesis alterna y se rechazó la hipótesis nula. Dando así que la evaluación de tapones herméticos si mejoró la calidad del agua en la unidad de producción Recuperada - CIA de minas Buenaventura S.A.A. – Huancavelica.

c) Conclusión Estadística

Se concluyó que la evaluación de tapones herméticos mejoró de manera positiva y significativa la calidad del agua en la Unidad de Producción Recuperada; dando así que la calidad del agua mejoró después de la construcción de los tapones herméticos en la bocamina Esperanza (NV. 590, NV. 595, NV. 650 y NV. 700), mejorando la calidad del agua en esta unidad, con un 95% de confianza con significancia bilateral menor a 0.05.

4.2.1.2. Contraste de la Hipótesis especifica 02

a) Planteamiento de Hipótesis:

Hipótesis Nula (H0): La evaluación de tapones herméticos en el plan de cierre en la bocamina esperanza, no mejora la calidad del suelo en la unidad de producción Recuperada - CIA de minas Buenaventura S.A.A. – Huancavelica

Hipótesis Alterna (H2): La evaluación de tapones herméticos en el plan de cierre en la bocamina esperanza, mejora la calidad del suelo en la unidad de producción Recuperada - CIA de minas Buenaventura S.A.A. – Huancavelica

Nivel de significancia o riesgo:

La influencia de la evaluación de tapones herméticos sobre la calidad del suelo en la Unidad de Producción Recuperada.

Tabla 50. *Prueba ANOVA de un factor para la calidad de suelo*

		gl	F	Sig.
Cd	Entre grupos	1	320.000	**.003**

	Dentro de grupos	2		
	Total	3		
Pb	Entre grupos	1	1048.490	**.001**
	Dentro de grupos	2		
	Total	3		
Hg	Entre grupos	1	361.000	**.003**
	Dentro de grupos	2		
	Total	3		
Ar	Entre grupos	1	5817.308	**.000**
	Dentro de grupos	2		
	Total	3		

Fuente: Elaboración propia – procesada en SPSS v. 23

Se observa en la Tabla N° 50, se encontró que la evaluación de tapones herméticos si influyó en la calidad del suelo, ya que como se observó en la tabla, se evidenció que el nivel de significancia de todos las parámetros analizados fue menor a 0.05; por lo que se rechazó la hipótesis nula ya que el nivel de significancia o P-valor es menor a este nivel de significación, lo que corroboró la hipótesis que planteó el investigador.

b) Decisión Estadística

En base al P-valor obtenido de los parámetros son menores a 0.05; por lo tanto, se aceptó la hipótesis alterna y se rechazó la hipótesis nula. Dando así que la evaluación de tapones herméticos si mejoró la calidad del suelo en la unidad de producción Recuperada - CIA de minas Buenaventura S.A.A. – Huancavelica.

c) Conclusión Estadística

Se concluyó que la evaluación de tapones herméticos mejoró de manera positiva y significativa la calidad del suelo en la Unidad de Producción Recuperada; dando así que la calidad del suelo mejoró después de la construcción de tapones herméticos en la bocamina Esperanza (NV. 590, NV. 595, NV. 650 y NV. 700), mejorando la calidad del suelo en esta unidad, con un 95% de confianza con significancia bilateral menor a 0.05.

4.2.1.3. Contraste de la Hipótesis general

a) Planteamiento de Hipótesis:

Hipótesis Nula (H0): La evaluación de tapones herméticos en el plan de cierre en la bocamina esperanza, no mejora la calidad del medio ambiente en la unidad de producción Recuperada - CIA de minas Buenaventura S.A.A. – Huancavelica.

Hipótesis Alterna (HG): La evaluación de tapones herméticos en el plan de cierre en la bocamina esperanza, mejora la calidad del medio ambiente en la unidad de producción Recuperada - CIA de minas Buenaventura S.A.A. – Huancavelica.

Nivel de significancia o riesgo:

La influencia de la evaluación de tapones herméticos sobre la calidad del medio ambiente.

Se observó en las tablas 49 y 50, que se encontró que la calidad de agua y suelo mejoran a través de la evaluación de tapones herméticos, ya que como se observa en estas tablas se evidencia que el nivel de significancia de los parámetros

evaluados es menor a 0,05, debido a ello se rechaza la hipótesis nula, lo que corrobora la hipótesis que plateo el investigador.

b) Decisión Estadística

De acuerdo a lo mencionado líneas arriba se tomó la decisión estadística de acoger la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula. Dando así que la evaluación de tapones herméticos en el plan de cierre de la bocamina Esperanza mejoró la calidad del medio ambiente en la unidad de producción Recuperada - CIA de minas Buenaventura S.A.A. – Huancavelica, esto debido a que se demostró que los parámetros de la calidad del agua y del suelo han sido mejorados a través de la evaluación de tapones herméticos, y estos son componentes importantes del medio ambiente.

c) Conclusión Estadística

Se concluyó que la evaluación de tapones herméticos en el plan de cierre de la bocamina Esperanza mejoró la calidad del medio ambiente en la unidad de producción Recuperada - CIA de minas Buenaventura S.A.A. – Huancavelica, con un 95% de confianza y con significancia bilateral menor a 0.05.

4.3. Discusión de resultados

En este apartado se realizó la discusión de los resultados obtenidos en la investigación, en contraste con los resultados de otros investigadores y las teorías que sustentan el estudio.

Con respecto al objetivo específico N° 01, el cual fue: Evaluar la influencia de tapones herméticos en el plan de cierre en la bocamina Esperanza para mejorar la calidad de agua en la unidad de producción recuperada – CIA de minas Buenaventura S.A.A. – Huancavelica, se tiene que Paucar (2015) en su investigación

llegó a la conclusión de que en el plan de cierre de la Mina Recuperada, se optó por la construcción de tapones herméticos para mejorar la calidad del agua; por otro lado la Compañía Minera Colquirrumi S.A. (2014), en Hualgayoc – Cajamarca, realizó la construcción de un tapón hermético en el 2014, que presentaba las siguientes dimensiones: 7 m de largo, 5.5 m de alto y 2.5 m de ancho, este tapón influyo en la mejora del cuerpo receptor Hualgayoc, ya que según sus análisis de agua en el año 2012 su pH fue de 5.43, mientras que en el 2014, posterior a la construcción de tapón hermético su pH subió a 6.08, el pH indica que la presencia de metales pesados en el cuerpo receptor es mínima; en comparación a los resultados las dimensiones de los tapones herméticos de la bocamina Esperanza son similares al del caso planteado, ya que sus dimensiones fueron: ancho, en un rango entre 2.4 m a 2.7 m, alto en un rango entre 2.8 m a 2.9 m y la longitud en un rango entre 6 m a 12 m; y el pH en el pre-test fue de 6.10 mientras que en el post test fue de 6.90, lo cual indicó que se mejoró la calidad del agua, al igual que en el caso expuesto. Por otro lado, según Carter y Castro (2007), la construcción de tapones herméticos, construidos de una forma adecuada en base a un buen diseño, limitan peligros potenciales, para certificar la seguridad pública y mejorar la calidad del agua, después del cierre de la mina.

Con respecto al objetivo específico N° 02, el cual fue: Evaluar la influencia de tapones herméticos en el plan de cierre en la bocamina Esperanza para mejorar la calidad de suelo en la unidad de producción recuperada – CIA de minas Buenaventura S.A.A. – Huancavelica, se tiene que Huayhua (2017) en su investigación llegó a la conclusión de que al realizar la construcción de tapones herméticos en el plan de cierre de mina, re llega a recuperar la calidad del suelo inicial o similar a la de su entorno, este tapón presentó unas dimensiones de 5.5 m x 6.5 m x 1.5 m; asimismo, Paucar (2015) en su investigación plasmó que el cierre de bocaminas a través de tapones herméticos, posee una alta garantía de mejora ambiental, para lo cual se construyó un tapón hermético que presento una dimensión de 2.6 m x 2.8 m x 16 m; lo que a comparación con los resultados obtenidos en la

investigación son similares ya que las dimensiones de los tapones herméticos fueron: ancho, en un rango entre 2.4 m a 2.7 m, alto en un rango entre 2.8 m a 2.9 m y la longitud en un rango entre 6 m a 12 m; a comparación con los resultados de los investigadores, las dimensiones de los tapones herméticos son similares, y refuerza los resultados de la investigación, debido a que en ambas investigaciones se demostró la mejora de la calidad del suelo; en contraste con lo que manifiestan Carter y Castro (2007), de que los tapones herméticos que son construidos de manera adecuada mantiene y garantiza la mejora de la calidad del suelo.

Con respecto al objetivo general, el cual fue: Evaluar los tapones herméticos para mitigar el drenaje de agua acidas a superficie y disminuir la contaminación ambiental en la unidad de producción recuperada – CIA de minas Buenaventura S.A.A. – Huancavelica; se tiene que Paucar (2015) en su investigación llegó a la conclusión de que la bocamina Norma Flor (BNF-16) de la Mina Recuperada – Huancavelica, representa un riesgo ambiental moderado para el entorno natural; debido a ello en el plan de cierre de mina, se optó por la construcción de tapones herméticos para mejorar la calidad del agua; las dimensiones de este tapón hermético fueron 2.6 m x 2.8 m x 16 m, llegando a la conclusión de que la construcción de tapones herméticos permanentes son un método de remediación ambiental; por otro lado la Compañía Minera Colquirrumi S.A. (2014), en Hualgayoc – Cajamarca, realizó la construcción de un tapón hermético en el 2014, que presentaba las siguientes dimensiones: 7 m de largo, 5.5 m de alto y 2.5 m de ancho; el sellado de la bocamina mejoró la calidad del medio ambiente, en comparación a los resultados las dimensiones de los tapones herméticos de la bocamina Esperanza son similares al del caso planteado, ya que sus dimensiones fueron: ancho, en un rango entre 2.4 m a 2.7 m, alto en un rango entre 2.8 m a 2.9 m y la longitud en un rango entre 6 m a 12 m, la construcción de estos tapones herméticos, influyeron en la mejora de la calidad del medio ambiente, ya que las concentraciones de los parámetros analizados en el pre test, fueron mayores a las concentraciones de los parámetros analizados en el post test. Por otro lado, según Carter y Castro (2007), la construcción de tapones

herméticos, construidos de una forma adecuada en base a un buen diseño, limitan peligros potenciales, para certificar la seguridad pública y mejorar la calidad del agua, después del cierre de la mina.

CONCLUSIONES

- Se concluyó que, los tapones herméticos en el plan de cierre construidos en la bocamina Esperanza (NV. 590, NV. 595, NV. 650 Y NV. 700), influyeron en la mejora de la calidad del medio ambiente en la Unidad de Producción Recuperada – CIA de minas Buenaventura S.A.A. – Huancavelica., esto debido a que los tapones herméticos que presentaron las siguientes dimensiones:

	Dimensiones de la labor		Longitud de tapón hermético	Volumen de tapón hermético	Carga Hidráulica	PH	Presión del liquido	Resistencia a la comprensión	Tipo de roca
	Ancho(m)	Alto(m)	mts	m3	mts	Acido/base	Mpa	Kg/cm2	
NV. 590 ESPERANZA	2.4	2.9	8.00	104.14	130.8	4.7	3.85	280	andesita
NV. 595 ESPERANZA	2.4	2.8	12.00	149.33	199.9	4.6	5.88	280	andesita
NV. 650 ESPERANZA	2.4	2.8	7.00	87.11	110	4.5	3.24	280	andesita
NV. 700 ESPERANZA	2.7	2.9	6.00	85.07	58.4	5.1	1.72	280	andesita

Mitigaron el drenaje de aguas ácidas a la superficie de la bocamina, por lo que, al evaluar el diseño y construcción de los tapones herméticos, se determinó que fueron adecuados, y que estos influyeron en la mejora de la calidad del medio ambiente, debido en gran parte al tamaño de longitud de estos, y al caudal de las aguas acidas que existía en esta bocamina.

- Se concluyó, que los tapones herméticos en el plan de cierre construidos en la bocamina Esperanza (NV. 590, NV. 595, NV. 650 Y NV. 700), influyen en la mejora de la calidad del agua en la Unidad de Producción Recuperada, ya que al realizar la prueba de hipótesis entre el pre test y post test, el nivel de significancia de los parámetros analizados fueron menores a 0.05.
- Se concluyó, que los tapones herméticos en el plan de cierre construidos en la bocamina Esperanza (NV. 590, NV. 595, NV. 650 Y NV. 700), influyen en la mejora de la calidad del suelo en la Unidad de Producción Recuperada, ya que al realizar la prueba de hipótesis entre el pre test y post test, el nivel de significancia de los parámetros analizados fueron menores a 0.05.

RECOMENDACIONES

- A las empresas mineras, se recomienda realizar la construcción de tapones herméticos para mejorar la calidad del medio ambiente, previa una evaluación de sus dimensiones y el caudal de aguas ácidas a los que están sometidos estos tapones.

- A la CIA de minas Buenaventura S.A.A., se recomienda implementar un plan de recuperación de las fuentes de agua, para acelerar la mejora de la calidad de agua.

- A la CIA de minas Buenaventura S.A.A., se recomienda implementar un plan de recuperación de suelos, para acelerar la mejora de la calidad de suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aduvire, H. & López, C. (1990). *"Metodología para la clausura y abandono de minas y evaluación del riesgo e impacto ambiental"*. Madrid.

Aguayo, S. (2007). *"Curso internacional Cierre de minas en sus aspectos normativos y tecnológicos"*. Master alfa.

Buey, G. (17 de Marzo de 2012). *Calidad de suelo*. Obtenido de EcuRed: https://www.ecured.cu/Calidad_del_suelo

Campos, R. (2003). *"Cierre de Unidad Minera Santa Bárbara"*. 3er Congreso Internacional de Medio Ambiente en Minería.

Colegio de Ingenieros del Perú. (2003). *"Tercer Congreso Internacional de Medio Ambiente"*. Lima – Perú.

Dirección General de Asuntos Ambientales. (1996). *"IX Guía Ambiental para el Cierre y Abandono de Minas"*. DGAA del MEM.

FUNDESNAP. (s.f.). *Comites locales de monitoreo ambiental*. Obtenido de FUNDESNAP: http://fundesnap.org/files/comites_locales_cepf.pdf

Loredo, P., & Pendás, F. (2002). *"El agua en el cierre de minas. Oviedo"*: Universidad de Oviedo, Departamento de Explotación y Prospección de Minas.

Lozada, A. (2003). *"Plan de Cierre concurrente a una mina"*. 3er Congreso Internacional de Medio Ambiente en Minería.

Medio Ambiente Consultores. (s.f.). *¡Què es la dimensión ambiental?* Obtenido de https://www.medio-ambiente.cl/medio-ambiente-2/dimension-ambiental/

Ministerio de Energía y Minas. (2017). *Catálogo de medidas ambientales en el marco del IGAFOM*. Lima: Ministerio de Energía y Minas.

Peña, C. (2006). *"Tesis de Minas, Cierre de Minas de la Unidad Chino en Compañía Minera Caraveli SAC"*. Perú.

Rolandi, S. & Blasco, O. (2003). "*Instrumentación para el drenaje del talud de la mina de Lignitos De Meirama"*. Madrid: IGME.

Vázquez, J. (24 de Junio de 2011). *Calidad del agua*. Obtenido de EcuRed: https://www.ecured.cu/Calidad_del_agua

Apéndice

Apéndice N° 01

Matriz de Consistencia.

TÍTULO: EVALUACIÓN DE TAPONES HERMÉTICOS EN EL PLAN DE CIERRE EN LA BOCAMINA ESPERANZA PARA MEJORAR EL MEDIO AMBIENTE EN LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN RECUPERADA - CIA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A. - HUANCAVELICA

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS Y VARIABLE:	METODOLOGÍA
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA: ¿Cómo influyó la evaluación de tapones herméticos en el plan de cierre en la bocamina Esperanza para mejorar el medio ambiente en la Unidad de Producción Recuperada - CIA de minas Buenaventura S.A.A. - Huancavelica? **PROBLEMAS ESPECÍFICOS:** ¿Cómo influyó la evaluación de tapones herméticos en el plan de cierre en la bocamina Esperanza para mejorar la calidad de agua en la unidad de producción Recuperada – CIA de minas Buenaventura S.A.A. - Huancavelica? ¿Cómo influyó la evaluación de tapones herméticos en el plan de cierre en la bocamina Esperanza para mejorar la calidad del suelo en la unidad de producción Recuperada – CIA de minas Buenaventura S.A.A. - Huancavelica?	**OBJETIVO GENERAL:** Evaluar los tapones herméticos para mitigar el drenaje de agua acidas a superficie y disminuir la contaminación ambiental en la unidad de producción recuperada – CIA de minas Buenaventura S.A.A. – Huancavelica. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:** •Evaluar la influencia de tapones herméticos en el plan de cierre en la bocamina Esperanza para mejorar la calidad de agua en la unidad de producción recuperada – CIA de minas Buenaventura S.A.A. – Huancavelica. •Evaluar la influencia de tapones herméticos en el plan de cierre en la bocamina Esperanza para mejorar la calidad de suelo en la unidad de producción recuperada – CIA de minas Buenaventura S.A.A. – Huancavelica	**ANTECEDENTES:** **NIVEL INTERNACIONAL** **Jorge Oyarzun Muñoz "PLANES DE CIERRE MINEROS EN LA CIA MINERA EL INDIO" CHILE. Coquimbo - 2008** El presente estudio nos describe el plan de cierre mineros, el uso final del sitio en restauración y las expectativas de las partes interesadas. **NIVEL NACIONAL** **Luis Abdón Aguilar Gonzales "PLAN DE CIERRE DE MINAS EN LA U.E.A. SAN ANDRES-MINA SAN JUAN DE LA COMPAÑÍA MINERA CARAVELI S.A.C." – Arequipa 2008.** El presente estudio describe el plan de cierre de mina donde se ve el marco legal y la ley de cierre de minas N° 28090. **NIVEL LOCAL** **Paucar Freddy realizó el estudio de tesis: DISEÑO DE TAPONES HERMÉTICOS EN LABORES DE REMEDIACIÓN PASIVO AMBIENTAL PARA LA MINA "RECUPERADA" – HUANCAVELICA - 2015** En la cual se planteó el objetivo principal de diseñar el tapón hermético para la remediación del pasivo ambiental de la mina Recuperada.	**HIPÓTESIS GENERAL**: La evaluación de tapones herméticos en el plan de cierre en la bocamina Esperanza, mejora la calidad del medio ambiente en la unidad de producción Recuperada - CIA de minas Buenaventura S.A.A. – Huancavelica. **HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:** La evaluación de tapones herméticos en el plan de cierre en la bocamina Esperanza, mejora la calidad del agua en la unidad de producción Recuperada - CIA de minas Buenaventura S.A.A. – Huancavelica. La evaluación de tapones herméticos en el plan de cierre en la bocamina Esperanza, mejora la calidad del suelo en la unidad de producción Recuperada - CIA de minas Buenaventura S.A.A. – Huancavelica. **VARIABLES:** **Variable independiente:** **X_1:** Evaluación de tapones hermético **Variable dependiente:** **Y_1:** Mejorar la calidad del medio ambiente.	**Tipo de Investigación**: Aplicada o tecnológica **Nivel de Investigación:** Descriptiva - Explicativa **MÉTODO DE INVESTIGACIÓN:** Método descriptivo **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:** pre experimental con pre y post test de un solo grupo **GE: 0_1 X 0_2** Dónde: G.E. : Grupo Pre Experimental. 01 : Pre test. 02 : Post test. X :Manipulación de la variable independiente. **POBLACIÓN Y MUESTRA:** **La Población**. U.P RECUPERADA exclusivamente a la mina esperanza. ECM CORPORACIÓN MINERA TAURO SAC **Muestra**. La muestra que se toma es las bocaminas de la mina esperanza. **TÉCNICAS O INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:** **Técnicas:** La técnica que se aplicó en la investigación fue la observación **Los Instrumento**: Datos de campo (insitu), pre test y post test, comparaciones estadísticas y documentación.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

CUADRO Nº 01. Cronograma del Proyecto de tesis

Nº	ETAPAS Y TAREAS DE LA INVESTIGACIÓN	2019/2020									
		F	M	A	M	J	J	A	S	O	N
1	**PLANIFICACIÓN**										
1.1.	Información Básica	X									
1.2.	Investigación bibliográfica	X									
1.3.	Elaboración del Marco Teórico	X									
1.4.	Formulación del Proyecto	X									
1.5.	Aprobación			X							
2	**INSTRUMENTACIÓN**										
2.1.	Elaboración de instrumentos de investigación			X							
2.2.	Gestión Apoyo Institucional			X							
2.3.	Diseño y validación de instrumentos			X							
3.	**EJECUCIÓN / TRABAJO DE CAMPO**										
3.1.	Organización y tabulación de datos			X							
4.	**ANÁLISIS DE DATOS**										
4.1.	Organización y tabulación de datos			X							
4.2.	Análisis e interpretación de datos				X						
5.	**PREPARACIÓN DE INFORME**										

5.1.	Redacción de borrador informe					X					
5.2.	Revisión borrador Informe						X				
5.3.	Aprobación borrador Informe							X			
5.4.	Tipeado Final y Anillado							X			
6.	**PRESENTACIÓN Y SUSTENTACIÓN**										X
6.1.	Presentación del informe final										X

PRESUPUESTO

Cuadro Nº 02: Presupuesto del Plan de Tesis.

Cant.	Unidad medida	Detalle	Costo Unit	Costo Total	Fuente
04	Cientos	Hojas bond A4 75 gr.	0.025	10.00	Auto financiado
06	Und.	Lapiceros	0.70	4.20	
01	Und.	Regla	1.00	1.00	
01	Und.	Calculadora	12.00	12.00	
06	Und.	CDs	1.50	9.00	
01	Und.	USB	65.00	65.00	
01	Und.	Material bibliográfico	85.00	85.00	
01	Und.	Tonner	40.00	40.00	
50	Und.	Fotostáticas	0.10	50.00	
45	Horas	Internet	1.00	45.00	

86	p/hoja	Digitación	0.50	43.00	
90	p/hoja	Impresiones	0.40	36.00	
12	Veces	Transporte	1.00	12.00	
06	Und.	Refrigerio	4.00	24.00	
20	Und.	Impresión de fotografías	1.50	30.00	
				total	S/. 466.2

Panel fotográfico

ARQUITECTURA E INGENIERÍA
EDIFICACIONES Y OTROS SERVICIOS GENERALES
MECÁNICA DE SUELOS

GARUDHA INGENIEROS S.A.C.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION EN ROCA
ASTM D 3148

PROYECTO	:	MINA RECUPERADA
SOLICITADO	:	COMPAñIA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.
UBICACIÓN	:	DISTRITO :LIRCAY - PROVINCIA : ANGARAES - DEPARTAMENTO: HUANCAVELICA
FECHA:	:	AGOSTO - 2014

MUESTRA	:	**ROCA - 03**	**REC. M - 3**	**NV 615**	Diametro (cm)	:	3.10
PROGRESIVA	:				Altura (cm)	:	6.20

DESCRIPCION :

- **Roca: Profunda - Ignea**
- **Color: GRIS**
- **Grado de Alteración:** Baja
- **Resistencia Baja** (se indenta superficialmente con la punta de la picota) **Clase - D**
- **Condición Buena (A4)** Estan ligeramente abiertas, moderadamente rugosas
- **Roca Media (R - 3)** Roca de 25 - 50 MPa
- **Reacción al HCl Nula**
- **Condiciones de Agua Subterranea seca**

Prensa hidráulica utilizada	**SOILTEST**	

MUESTRA	PROGRESIVA	Fuerza (kg)	Area (cm^2)	Resistencia a la compresión (MPa)
ROCA		2267.96	7.50	**30.2**

Observaciones :

Peso :	119.78	gr
Volumen :	46.80	cm3
Densidad :	**2.560**	gr/cm3

LABORATORIO
GARUDHA INGENIEROS S.A.C.

Jr. Pedro Remy 198 – Urb. Ingeniería – San Martín de Porres
Teléf. 482-9856 – 998976466 garudha.ingenieros.sac@gmail.com
http://www.garudhaingenieros.com/

ALFREDO ZEGARRA TAMBO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP Nº 58647

ARQUITECTURA E INGENIERÍA
EDIFICACIONES Y OTROS SERVICIOS GENERALES
MECÁNICA DE SUELOS

GARUDHA INGENIEROS S.A.C.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION EN ROCA
ASTM D 3148

PROYECTO	:	MINA RECUPERADA
SOLICITADO	:	COMPAñIA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.
UBICACIÓN	:	DISTRITO :LIRCAY - PROVINCIA : ANGARAES - DEPARTAMENTO: HUANCAVELICA
FECHA:	:	AGOSTO - 2014

	:					Diametro (cm)	:	3.10
MUESTRA	:	**ROCA - 04**	**REC.**	**M - 1**	**NV 610**	Altura (cm)	:	6.20
PROGRESIVA	:							

DESCRIPCION :

- **Roca: Profunda - Ignea**
- **Color: GRIS**
- **Grado de Alteración:** Baja
- **Resistencia Alta** (se rompe con mas de 3 golpes de picota) **Clase - B**
- **Condición Buena (A4)** Estan ligeramente abiertas, moderadamente rugosas
- **Roca Muy Dura (R - 5)** Roca de 100 - 250 MPa
- **Reacción al HCl Nula**
- **Condiciones de Agua Subterranea seca**

Prensa hidráulica utilizada	**SOILTEST**	

MUESTRA	PROGRESIVA	Fuerza (kg)	Area (cm^2)	Resistencia a la compresión (MPa)
ROCA		11113.00	7.50	**148.2**

Observaciones	:	Peso :	127.32	gr
		Volumen :	46.80	cm3
		Densidad :	**2.721**	gr/cm3

LABORATORIO
GARUDHA INGENIEROS S.A.C.
Jr. Pedro Remy 198 – Urb. Ingeniería – San Martín de Porres
Teléf. 482-9856 – 998976466 garudha.ingenieros.sac@gmail.com
http://www.garudhaingenieros.com/

ALFREDO ZEGARRA TAMBO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 58647

Fig. Preparado de lechada para su luego lanzado

Fig. Se aprecia el proceso de solaqueado para sellar las aberturas

Fig. Donde se muestra la faena de todo el personal en la labor de vaciado

Fig. Realizando el asentamiento o prueba de abrams

Fig. Charla de seguridad de 10 minutos