



VICERRECTORADO ACADEMICO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

TESIS

**“IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DIRECCIONAL
PETROLERO PARA MINIMIZAR LA DESVIACION EN LA
PERFORACIÓN PILOTO DEL PIQUE CIRCULAR -
COMPAÑÍA MINERA CASAPALCA S.A. - 2018”**

Presentado por:

Bach. José Miguel CASAFRANCA SULLCA

Para obtener el Título Profesional de:

INGENIERO DE MINAS

PASCO – PERÚ

2019

DEDICATORIA

Este trabajo está dirigido primero a Dios, por la oportunidad de existir, a mis padres que nunca me abandonan y a mis hijos que son mi motor y motivo de seguir saliendo adelante.

AGRADECIMIENTO

Expreso mis sinceros agradecimientos a la Gerencia de operaciones de AVG Shaft Technologies S.A. del mismo modo a los colegas de trabajo, que han dejado enseñanza a favor de mi profesión, que han hecho de mí un profesional minero competente, con principios, valores y calidad humana.

Mi especial gratitud a mi Esposa e hijos que siempre están conmigo que me brindaron su apoyo incondicional para lograr el término de mi carrera profesional.

José Miguel CASAFRANCA SULLCA

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la influencia de la implementación del sistema direccional petrolero para minimizar la desviación en la perforación piloto del pique circular de la Compañía Minera Casapalca. Se aplicó un diseño de investigación experimental, en el cual se consideró como muestra los dos primeros tramos de la longitud del proyecto del pique circular, considerando el primer tramo una perforación con método tradicional, con una longitud de 286.34 metros ubicado desde el nivel 4500 hasta el pie Raise Boring ubicado en el nivel 4 y el segundo tramo se aplicó el sistema direccional petrolero, con una longitud de 294.86 metros ubicado desde el nivel 4 hasta el nivel 10. Se utilizó como instrumento la hoja de registros para evaluar, los tiempos, avances y desviación acumulada. Los resultados evidencian que existen diferencias significativas entre los dos sistemas aplicados, en el sistema raise boring se tiene una desviación de 0.38 metros por cada 286.34 metros y el sistema direccional petrolero se tiene una desviación de 0.013 metros por cada 294.86 metros. Por tanto, se concluye que la implementación del sistema direccional petrolero minimiza la desviación al realizar la perforación.

Palabras claves: Control direccional, desviación, perforación, pique, raise boring

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the influence of the implementation of the oil directional system to minimize the deviation in the pilot drilling of the circular shaft of the Casapalca Mining Company. An experimental research design was applied, in which it was considered as sample the first two sections of the project length of the circular shaft, considering the first section a perforation with traditional method, with a length of 286.34 meters located from level 4500 to the Raise Boring foot located on level 4 and the second section was applied the directional oil system, with a length of 294.86 meters located from level 4 to level 10. The record sheet was used as an instrument to evaluate, the times, advances and cumulative deviation. The results show that there are significant differences between the two systems applied, in the raise boring system there is a deviation of 0.38 meters per 286.34 meters and the directional oil system has a deviation of 0.013 meters per 294.86 meters. Therefore, it is concluded that the implementation of the oil directional system minimizes drift when drilling.

Keywords: Directional control, deviation, perforation, shaft, raise boring

INDICE DE CONTENIDO

CARATULA	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
INDICE DE CONTENIDO.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	xiv

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	16
1.2. DELIMITACIONES Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.2.1. Delimitación Temporal.....	17
1.2.2. Delimitación Social	18
1.2.3. Definición del Problema.....	18
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	19
1.3.1. Problema General	19
1.3.2. Problemas Específicos.....	19
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
1.4.1. Objetivo General	19
1.4.2. Objetivos Específicos:.....	20
1.5. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.5.1. Hipótesis General	20
1.5.2. Hipótesis Específicas.....	20
1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	20

1.6.1. Variable Independiente.....	21
1.6.2. Variable Dependiente:.....	21
1.6.3. Operacionalización de variables.....	21
1.7. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
1.7.1. Tipo de Investigación.....	22
1.7.2. Nivel de Investigación.....	22
1.7.3. Método de la Investigación.....	22
1.7.4. Diseño de la Investigación.....	22
1.8. POBLACION Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
1.8.1. Población.....	23
1.8.2. Muestra.....	23
1.8.3. Limitaciones de la Investigación.....	24
1.9. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE datos.....	24
1.9.1. Técnicas.....	24
1.9.2. Instrumentos.....	25
1.10. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
1.10.1. Justificación de la Investigación.....	25
1.10.2. Importancia de la Investigación.....	26

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
2.1.1. Antecedentes de la Compañía.....	30
2.2. BASES TEÓRICAS.....	35
2.2.1. Desviación del Taladro Piloto.....	35
2.2.2. Sistema Giratorio Orientable.....	40

2.3. MARCO HISTÓRICO	41
2.3.1. Marco Teórico Científico	41
2.3.2. Rotary Steerable System (RSS)	41
2.3.3. Raise Boring	49
2.4. DEFINICIÓN DE TERMINOS	57

CAPÍTULO III

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.1. CONFIABILIDAD Y VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO	67
3.1.1. Confiabilidad del Instrumento	67
3.1.2. Alfa de Cronbach	67
3.2. ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LAS VARIABLES	70
3.2.1. Giro de Columna de Perforación	70
3.2.2. Presión de Agua	71
3.2.3. Cálculo de Velocidad y Penetración de Avance	72
3.2.4. Cálculo de Desviación de los Tramos Estudiados	73
3.2.5. Tiempo de perforación	74
3.2.6. Análisis estadístico	75
3.3. PRUEBA DE NORMALIDAD	81

CAPÍTULO IV

PROCESO DE CONTRASTE DE HIPOTESIS

4.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS GENERAL	83
4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA	87

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS	94
CONCLUSIONES	96

RECOMENDACIONES	97
BIBLIOGRAFÍA.....	98
ANEXOS	100

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Tabla de Distribución T- Student.....	101
Anexo 2. Tabla de Interpretación de Coeficiente Correlacional Usamos la Siguiete Escala.	102
Anexo 3 Hoja de Especificaciones Técnicas del Motor de Fondo.	103
Anexo 4. Validación de Instrumento.....	104
Anexo 5. Datos de Perforación sistema Raise Boring Enero 2018	105
Anexo 6. Datos de Perforación sistema Raise Boring Enero 2018	105
Anexo 7: Datos de Perforación sistema Raise Boring Enero 2018	106
Anexo 8. Datos de Perforación sistema Raise Boring Enero 2018	106
Anexo 9. Datos de Perforación sistema Raise Boring Enero 2018	107
Anexo 10. Datos de Perforación sistema Raise Boring Enero 2018	107
Anexo 11. Datos de Perforación sistema Raise Boring Enero 2018	108
Anexo 12. Datos de Perforación sistema Raise Boring Enero 2018	108
Anexo 13. Datos de Perforación sistema Raise Boring Enero 2018	109
Anexo 14. Datos de Perforación sistema Raise Boring Enero 2018	109
Anexo 15. Datos de Perforación sistema Raise Boring Enero 2018	110
Anexo 16. Datos de Perforación sistema Raise Boring Enero 2018	110
Anexo 17. Datos de Perforación sistema Direccional Petrolero Noviembre 2018	111
Anexo 18. Datos de Perforación sistema Direccional Petrolero Noviembre 2018	112
Anexo 19. Datos de Perforación sistema Direccional Petrolero Noviembre 2018	113
Anexo 20. Datos de Perforación sistema Direccional Petrolero Noviembre 2018	114
Anexo 21. Datos de Perforación sistema Direccional Petrolero Noviembre 2018	115
Anexo 22. Datos de Perforación sistema Direccional Petrolero Noviembre 2018	116
Anexo 23. Datos de Perforación sistema Direccional Petrolero Noviembre 2018	117
Anexo 24. Datos de Perforación sistema Direccional Petrolero Noviembre 2018	118
Anexo 25. Datos de Perforación sistema Direccional Petrolero Noviembre 2018	118
Anexo 26. Datos de Perforación sistema Direccional Petrolero Noviembre 2018	119
Anexo 27: Plano de ubicación del Nv 4500 al Nv 4	120
Anexo 28. Plano de ubicación del Nv 4 al Nv 10.....	121
Anexo 29. Matriz de consistencia.....	122

Tabla 31. Prueba de Normalidad	91
Tabla 32. Prueba correlación tiempo Perforación piloto con método tradicional y tiempo Perforación piloto con el sistema giratorio orientado	92
Tabla 33. Estadística de muestras emparejadas	92
Tabla 34. Correlación de muestras emparejadas	92
Tabla 35. Prueba de muestras emparejadas	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño de la investigación	23
Figura 2. Elementos que determinan la desviación espacial del pozo	36
Figura 3. Broca tricónica PDC(Cortadores de Diamantes Policristalinos)	43
Figura 4. Rotary Steerable System (RSS)	48
Figura 5. Torre de perforación.....	51
Figura 6. Placa base	52
Figura 7. Estructura principal	52
Figura 8. Estructura del cabezal	53
Figura 9. Maquina Rb en perforación piloto	56
Figura 10. Índice de consistencia	67
Figura 11. Cuadro estadístico de perforación VS días	75
Figura 12. Dimensión de Hipótesis General.....	83
Figura 13. Curva de Gauss hipótesis general	86
Figura 14. Dimensión de Hipótesis Especifica 1	87
Figura 15. Curva de Gauss de Hipótesis Especifica 1	90
Figura 16. Dimensión de Hipótesis Especifica 2.....	90
Figura 17. Curva de Gauss Hipótesis especifico N° 2.....	93

INTRODUCCIÓN

El pique es una estructura ingenieril y su construcción presenta enormes dificultades. Esta dificultad en gran medida es función de la longitud y sección del pique, además de la naturaleza del terreno y su menor coeficiente de resistencia aerodinámica.

La construcción de piques, chimeneas de ventilación y pase de mineral (ore pass) en la Compañía Minera Casapalca, se realizan con equipos Raise Boring de última tecnología, por lo que su ejecución necesita precisión. Sin embargo, los taladros pilotos no han llegado al lugar planificado por problemas de desviación, factores geotécnicos, factores técnicos y tecnológicos y por tal razón requieren trabajos adicionales como la perforación rimada que es la segunda etapa de realización de chimenea. El requerimiento de la mina en relación con la desviación en los taladros pilotos deben tener un máximo de desviación de 13 cm en todo el pique. La importancia de la investigación radica en que las construcciones del pique deben ser con desviaciones mínimas, ya que la infraestructura es útil para tener acceso al interior mina, transporte de personal, izaje de mineral, instalación de red eléctrica, tuberías de agua, aire, ventilación.

Con el problema de desviación en la perforación piloto, se plantea con el presente estudio de investigación minimizar la desviación con la implementación del sistema direccional petrolero en la perforación piloto del pique circular de la compañía minera Casapalca.

Por tal motivo, el desarrollo de la Tesis comprende:

En el primer Capítulo, Planteamiento del Problema, que trata la fundamentación de la realidad problemática, delimitaciones, objetivos, formulación de hipótesis, operacionalización, tipo y nivel de investigación, método y diseño, técnicas y instrumentos, población y muestra de la investigación.

En el Segundo Capítulo, presenta el Marco Teórico que se basa en los antecedentes encontrados de los métodos de perforación, bases teóricas, marco conceptual y definición de términos.

En el Tercer Capítulo, plasma en general los resultados, confiabilidad y validación del presente estudio que se consigue con la implementación del sistema direccional petrolero.

En el Cuarto Capítulo, describe el proceso de contraste de hipótesis general y específicos.

En el Quinto Capítulo. Se describe la discusión de resultados de acuerdo al planteamiento de las hipótesis.

La tesis concluye con la presentación de las conclusiones, recomendaciones y bibliografías utilizadas en la investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

AVG Shaft Technologies S.A. es una empresa dedicada a la ejecución de proyectos mineros, especializados en la ejecución de chimeneas por el método Raise Boring. La minería peruana es diversa y cada mina tiene peculiaridades que son características únicas. Asimismo cada empresa enfrenta una serie de problemas, AVG Shaft Technologies S.A. no está exento de ello, al igual que muchas empresas contrarresta dificultades que se ha dado desde su inicio; como son las desviaciones de dirección en la perforación del piloto del pique circular; proyecto de 1350 metros de longitud de la Compañía Minera Casapalca S.A.

Por lo antes expuesto, sobre la excesiva desviación en la perforación del piloto del pique circular, esta investigación pretende encontrar la diferencia de desviación durante la perforación con el equipo Raise Boring frente al sistema direccional petrolero.

Comúnmente se tiene un margen de error en chimeneas que son para ventilación, en los cuales no se requieren una precisión, siendo que por cada 100 m. el margen puede alcanzar una desviación máxima de 1m.

El proyecto de pique circular que se viene realizando en la Compañía Minera Casapalca, a cargo de la empresa especializada AVG Shaft Technologies, se ha realizado en 7 tramos. En el primer tramo se trabajó con barras estabilizadoras de perforación, comúnmente usado para la perforación de piques siendo éste no muy beneficioso ya que en el primer tramo de 286.34 metros, tuvo una desviación de 0.38 metros y su ejecución se realizó en un tiempo de 26 días la perforación piloto; estableciéndose que el problema en este tramo era la desviación y el tiempo excesivo, al realizar la perforación piloto.

Teniendo el conocimiento de la desviación en el primer tramo, se plantea el presente estudio de investigación "IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DIRECCIONAL PETROLERO PARA MINIMIZAR LA DESVIACIÓN EN LA PERFORACIÓN PILOTO DEL PIQUE CIRCULAR - COMPAÑÍA. MINERA CASAPALCA S.A. - 2018", en lo que se propone demostrar la minimización del desvío en el taladro piloto.

1.2 DELIMITACIONES Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Delimitación Temporal

La investigación tuvo su inicio en enero del 2018, finalizando en noviembre del mismo año. En todo este tiempo se efectuaron las observaciones de campo, toma de datos y se ha efectuado el procesamiento de datos para su respectivo estudio y análisis del trabajo desarrollado.

1.2.2 Delimitación Social

Respecto a esta delimitación en lo social, en el desarrollo del presente trabajo, se encuentran involucrados los operadores de la empresa AVG Shaft Technologies, quienes laboran en la Compañía Minera Casapalca S.A.; la mayoría de dichos trabajadores son residentes de Junín, Pasco y Huánuco, es decir provenientes de la zona centro. Ello se constituye en una estrategia de la citada empresa, puesto que contrata a personal estrictamente de la zona para evitar contratiempos en la movilización de personal por salidas y retornos de días libres; así mismo para evitar conflictos con las comunidades aledañas.

1.2.3 Definición del Problema

La empresa AVG Shaft Technologies, tiene como política, igual que cualquier empresa, de producir y desarrollar todas sus operaciones con alta productividad, una de ellas cumpliendo los proyectos planteados con calidad, eficiencia y precisión, así mismo minimizando sus costos de operación. En el desarrollo del proyecto del pique de 5.5 metros de diámetro de la compañía minera Casapalca S.A. se observó que, en la ejecución de los dos primeros tramos, se tenía una desviación muy considerable de 0.38 metros, valor que no está permitido para el diseño de un pique con un buzamiento vertical y con respecto a la horizontal. Estos dos primeros tramos se desarrolló con el equipo de Raise Boring, por lo que se planteó la alternativa de ejecutar un tercer tramo con la implementación del equipo denominado sistema direccional petrolero; con el objetivo de minimizar la desviación de la perforación en cuanto a su buzamiento de la labor en mención, puesto que se trata de una labor permanente que va durar durante

toda la vida de la mina y es por donde se va realizar el izaje del personal y el mineral explotado; por lo que requiere que su ejecución sea vertical.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.3.1 Problema General

¿Cómo influye la implementación del sistema direccional petrolero para conservar la dirección en la perforación piloto del pique circular - Compañía Minera Casapalca S.A. 2018?

1.3.2 Problemas Específicos

¿Cómo influye la implementación del sistema direccional petrolero en la desviación de la perforación piloto del pique circular en la Compañía Minera Casapalca S.A.?

¿Cómo influye la implementación del sistema direccional petrolero en el tiempo de perforación piloto del pique circular en la Compañía Minera Casapalca S.A.?

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo General

Determinar cómo influye la implementación del sistema direccional petrolero para conservar la dirección en la perforación piloto del pique circular - Compañía Minera Casapalca S.A. 2018.

1.4.2 Objetivos Específicos:

Establecer cómo influye la implementación del sistema direccional petrolero en la desviación de la perforación piloto del pique circular en la Compañía Minera Casapalca S.A.

Delimitar cómo influye la implementación del sistema direccional petrolero en el tiempo de perforación piloto del pique circular en la Compañía Minera Casapalca S.A.

1.5 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 Hipótesis General

La implementación del sistema direccional petrolero permite conservar la dirección en la perforación piloto del pique circular en la Compañía Minera Casapalca S.A. 2018.

1.5.2 Hipótesis Específicas

La implementación del sistema direccional petrolero influye significativamente en la desviación de la perforación piloto del pique circular en la Compañía Minera Casapalca S.A.

La implementación del sistema direccional petrolero influye positivamente en el tiempo de perforación piloto del pique circular en la Compañía Minera Casapalca S.A.

1.6 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

Se estudiarán cada una de las variables, las que se correlacionarán y compararán. Se identificaron las siguientes variables:

1.6.1 Variable Independiente

Sistema Direccional Petrolero.

- a) Dimensiones.
- Caracterización del sistema direccional petrolero.
 - Tiempo de perforación del sistema direccional petrolero.
 - Asignación de empuje al sistema giratorio orientado.

1.6.2 Variable Dependiente:

Desviación de perforación piloto.

- b) Dimensiones:
- Desviación.
 - Tiempo.

1.6.3 Operacionalización de variables

La operacionalización de las variables independiente y dependiente se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. *Operacionalización de Variables*

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	SUB DIMENSIONES	INDICADOR
Independiente: SISTEMA DIRECCIONAL PETROLERO	El sistema direccional petrolero es la ciencia de desviar un pozo a lo largo de un curso planeado hacia un objetivo bajo superficie en el cual el objetivo esta dado a una distancia y direccion de la vertical. (Separata de perforación de pozos petroleros III Ing. Carlos Ramirez Castañeda)	El sistema direccional petrolero controla la desviación durante la ejecución de la perforación piloto del pique circular.	Caracterización del sistema direccional petrolero	Giro de columna de perforación	RPM
				Presión de agua	psi
			Tiempo de perforación del sistema direccional petrolero	Velocidad de penetración	m/día
				Perforación por metros	cm/min
			Asignación de empuje al sistema direccional petrolero	Penetración de avance	psi
Dependiente: DESVIACIÓN DE PERFORACIÓN PILOTO	La desviación en la perforación piloto con máquina Raise Boring ya sea vertical o inclinado, generalmente despues de ejecutar el proyecto se observa una desviación del taladro piloto por diversas razones.	En la perforación piloto siempre existe desviación ya sea por causas: Técnicas, Geotecnicas y Tecnológicas	Desviación	Longitud	m
			Tiempo	Horas	h

Fuente: Elaboración Propia

1.7 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1 Tipo de Investigación

- Profundidad con que se trata el tema: Estudios previos y exploratorios.
- Tiempo de aplicación de la variable es longitudinal-secuencial.
- Método de estudio de las variables es cuantitativa.
- Por el planteamiento del problema es teórica descriptiva relacional.
- Por el tipo de conocimientos previos es científica.
- Según el método de contrastación de hipótesis es de causa a efecto, pre-experimentales.
- Por los datos que se obtienen son primarias.
- Por el ambiente que se ejecuta es de gabinete.

1.7.2 Nivel de Investigación

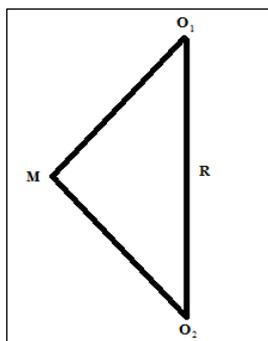
La investigación se realiza en el nivel investigativo exploratorio – correlacional.

1.7.3 Método de la Investigación

El método utilizado en la investigación fue el método técnico, analítico que consiste en establecer las correlaciones de causa y efecto, por lo que se analiza la toma de datos estadísticamente para luego obtener conclusiones en la ejecución del pique circular en la Compañía Minera Casapalca S.A. – 2018. A partir del año 2017 hasta el año 2018.

1.7.4 Diseño de la Investigación

El diseño que se utiliza en la investigación es experimental, por lo que se encuentra adecuado a las características de la investigación, debiendo mencionar que no se tiene un control absoluto de las variables intervinientes.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 1. Diseño de la investigación

Dónde:

M = Muestra.

O₁ = Tipo de Sistema de perforación.

O₂ = Longitud de desviación de la dirección de perforación.

R = Correlación entre las variables consideradas.

1.8 POBLACION Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

1.8.1 Población

Longitud del proyecto del pique de 1 350 metros en la Compañía Minera Casapalca S.A.

1.8.2 Muestra

Los dos primeros tramos de la longitud (primer tramo de 286.34 metros y el segundo tramo de 294.86 metros) del proyecto del pique de 1350 metros en la Compañía Minera Casapalca S.A.

“Arias, J. Villasís, M.Á., Miranda, M.G. (2016), nos señala Consiste en la selección por métodos no aleatorios de una muestra cuyas características sean similares a las de la población objetivo. También puede ser que el investigador seleccione directa e intencionadamente los individuos de la

población. El caso más frecuente de este procedimiento es utilizar como muestra los individuos a los que se tiene fácil acceso” (Arias y Miranda, 2016).

Por lo que nuestra muestra para el presente trabajo son los 294.86 metros antes indicado.

1.8.3 Limitaciones de la Investigación

Las limitaciones que se ha tenido en el desarrollo de la investigación han sido mínimas, los cuales han sido superados solo con la coordinación y debida comunicación con las áreas y jefaturas involucradas de la empresa AVG Shaft Technologie S.A.

Las limitaciones que hemos encontrado podemos describirlas a continuación:

- Desconocimiento del proceso de toma de datos para la investigación, por parte del personal de apoyo, por lo que se tuvo que capacitar y recomendar la importancia del proyecto y la toma de dicha información.
- Escasa información técnica del sistema Rotary Steerable System – Sistema Giratorio Orientable (RSS)
- Carencia de antecedentes sobre el tema específico del trabajo de investigación.

1.9 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

1.9.1 Técnicas

La técnica principal utilizada ha sido el fichaje, asimismo la observación en campo para la toma de datos, el análisis documental, proceso que se adecua a la investigación por ser netamente técnico y correlacional, es decir

se ha efectuado la observación, evaluación y análisis del contenido, para luego realizar el análisis documental y datos comparativos.

1.9.2 Instrumentos

Los instrumentos usados para la nivelación y medio de inclinación se realizaron con:

- Estación total
- Reflex EZ - SHOT

Para el presente trabajo de investigación se realizó la evaluación del tiempo de perforación del sistema direccional petrolero (m/día) y la desviación (m) para el cual se ha utilizado el instrumento de ficha de registro tal como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. *Determinación de técnicas e instrumentos de recolección de datos*

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	INSTRUMENTO
V.I.: Sistema direccional petrolero	Tiempo de perforación del Sistema direccional petrolero	m/día	Ficha de Registro
V. D. Desviación en la perforación piloto	Desviación	m	Ficha de Registro

Fuente: Elaboración propia

1.10 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

1.10.1 Justificación de la Investigación

El proyecto consiste en minimizar la desviación en la dirección de la perforación del proyecto del pique de 1350 metros de longitud en profundidad totalmente vertical con un diámetro circular de 5.5 metros; el pique se inicia desde la cota de 4 500 msnm. y se proyecta hasta la cota 3 250 msnm. Desde el nivel 435 que es la bocamina del yacimiento hasta el nivel 24 que se encuentra en el interior mina, el proyecto del pique se está

desarrollando en ocho tramos en lo cual en los dos primeros tramos se trabajó con barras y estabilizadores que es comúnmente usado para la perforación de piques, el mismo que no era muy beneficioso ya que en el primer tramo de 286.34 metros se tuvo una desviación de 0.38 metros en cuanto a la perforación piloto, se demoró este tramo 26 días en su ejecución. Obteniendo en este tramo una excesiva desviación en cuanto a la dirección de la perforación del pique así mismo el tiempo de ejecución demasiado lento en cuanto al avance en la perforación del piloto.

1.10.2 Importancia de la Investigación

La presente investigación es de gran importancia para toda empresa minera que desea tener un control en la desviación de la dirección de la perforación de un pique ya que por el tipo de labor totalmente vertical la desviación debe ser mínima, en absoluto se puede afirmar que toda empresa minera en un yacimiento mineral para poder tener acceso al interior mina, transporte de personal, izaje de mineral, instalación de red eléctrica, tuberías de agua aire, ventilación requiere de un pique, por ser una labor permanente que va permanecer en todo el tiempo de vida del yacimiento, necesita que su ejecución sea altamente controlado en la dirección, sostenimiento, tipo de roca encajonante. Por lo tanto, se requiere de un sistema de perforación que realice su ejecución con una mínima desviación en su dirección y en un tiempo óptimo; la investigación pretende demostrar que el sistema giratorio orientable (RSS), cumple con las condiciones requeridas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Los antecedentes de estudio son nulos, se ha realizado búsqueda de investigaciones en las universidades, bibliotecas, informes de empresas mineras de acuerdo al título de la investigación, tanto física como virtual, no encontrándose datos que coincidan con los de la investigación. Sin embargo se ha encontrado investigaciones que van dirigidos al estudio de utilización de equipos raise boring y perforación con el sistema direccional petrolero, los temas son parciales ya que no enfoca en los esquemas de la investigación, así por ejemplo la variable del sistema del equipo petrolero en la profundización de piques en el control de la desviación de su dirección no hay estudios, pero sí existe información de profundización de pozos petroleros, lo que se tiene ciertos criterios que se puede recatar, lo que se puede describir.

Según **Givera** (2013) indica textualmente sobre la medición de la desviación efectiva del taladro piloto se realiza con instrumento acondicionado de acuerdo a las

paredes del tren de barrenos. Lo cual se operativiza con frecuencia en los primeros tramos de manera visual, pero conforme va profundizando se requiere de un inclinómetro y la frecuencia de observación va disminuyendo cerca del punto de comunicación. Estos datos según el autor sirven de antecedente para otros trabajos de perforación de taladro piloto. Aunque las mediciones de tipo normal o estándar se realizan cada 25 metros de avance para tipificar con anticipación las desviaciones respecto al eje del pozo y las mismas se pueden sistematizar en el tipo I en el plano vertical (zenital), y en el tipo II en el plano horizontal (azimutal).

Por otro lado, **Medel y Ojeda** (2012) nos hacen mención sobre los métodos usados en la actualidad en la explotación y excavación de minas, ellos destacan el sistema *Raise Boring* no solo por ser eficiente, sino además por ser el más seguro. Cabe señalar que en un principio mostraba la simplicidad de su uso, pero conforme fue pasando el tiempo subyacen elementos primordiales, que determinan la complejidad que hace de este método uno de los más excepcionales en cuanto a su operación como sistema integrado de hombre-máquina-terreno en la presente época contemporánea. Cuya característica de un primer momento es la perforación del tiro piloto en el macizo rocoso que parte de una superficie superior libre donde se instala la máquina hasta el nivel inferior, que se realiza de manera descendente en forma vertical o inclinado de hasta 40°, utilizando como herramienta básica de corte un tricono de insertos de tungsteno colocados en forma céntrica o con una determinada excentricidad de acuerdo a las características de resistencia del terreno. El avance se logra agregando tuberías extensoras y estabilizadoras a la columna de perforación, dependiendo de la profundidad, condiciones geológicas adaptadas a un modelo de interpretación desde su génesis, composición y estado tensional horizontal y vertical,

de tipo orogénico y la redistribución de esfuerzos por efecto de las aberturas subterráneas a raíz de la explotación del yacimiento minero.

En general existe la tendencia de provocar mayores desviaciones, pero en una operación normal la desviación se debe considerar dentro del rango de 1% de la longitud total.

Según **Contreras** (2015) afirma en base al trabajo de campo que el tipo de roca que se presenta en la mina Arcata es el tipo III-B y IV-A de regular a malo. Razón por lo cual, la aplicación de la geomecánica juega un rol importante en cuanto al estudio del terreno y la determinación de los controles geomecánicos y es prioridad del departamento de geomecánica evaluar, difundir y capacitar al personal sobre el comportamiento del macizo rocoso, con el fin de normalizar el tipo de sostenimiento adecuado. En el proceso de construcción de la chimenea RB 874-1N construida con maquina *Raise Boring* RBM6 es de propiedad de la empresa especializada en construcción de chimeneas mecanizadas *Master Drilling* Perú S.A.C. El estudio muestra los distintos tipos de roca en la columna donde debe construirse la chimenea con una inclinación de 85° y de 297 metros de longitud ubicado la cámara en el nivel 3390. Así también la broca tricónica produce detritus que varía desde milímetros hasta centímetros, sin embargo las deflexiones de la cuerda de tuberías esta afecto a la menor o mayor presión de empuje que puede causar la desviación del taladro piloto; sin embargo indica que se pueden dar desviaciones permisibles de 1.5 metros por cada 100metros de perforación en profundidad. Y finalmente dentro de sus conclusiones indica que el uso de sistema *Raise Boring* en la Mina Arcata minimiza la participación directa del trabajador en trabajos de alto riesgo de construcción de chimeneas por métodos convencionales.

2.1.1 Antecedentes de la Compañía

“La Compañía Minera Casapalca S.A., básicamente desarrolla las actividades de exploración, explotación, beneficio de minerales metálicos de Zinc, Plata, Plomo y Cobre; proceso que realiza en la Unidad Económica Administrativa Americana” (Romero, 2010).

2.1.1.1 Historia

“En sus orígenes, Minera Casapalca formó parte de la Empresa Backus y Johnston. Fue constituida en 1889; posteriormente, en 1919, fue adquirida por la compañía Cerro de Pasco Corporation, entonces de capitales norteamericanos; luego, a raíz de la nacionalización de esta empresa, pasa a formar parte de la empresa Minera del Centro del Perú - CENTROMIN PERÚ. El 13 de octubre de 1986 se concreta la constitución legal de Compañía Minera Casapalca S.A., iniciando sus actividades el primero de enero de 1987. En 1987 se logra obtener las principales concesiones de CENTROMIN PERÚ, además de los yacimientos de pequeños mineros circundantes, lo cual marca el primer paso para un desarrollo sostenido. Por los peligros y riesgos existentes durante la operación minera que podría ocasionar los incidentes y accidentes, la empresa toma la decisión de minimizar los problemas y/o accidentes como: caída de roca, falta de ventilación, manipulación de materiales inadecuados, caída de personas, falta de implementos de seguridad, disparo fuera de horario, EPPs en mal estado entre otros. La filosofía de la Compañía Minera Casapalca S.A., desde sus inicios siempre ha sido la de tener un

crecimiento sostenido, superando las adversidades y creyendo firmemente en las capacidades del ser humano como impulsor del desarrollo y de la empresa como generador de riqueza y al mismo tiempo como gestor del progreso del país” (Romero, 2010).

2.1.1.2. Visión Misión y Valores

Visión

Ser un grupo minero referente en la región, reconocido por su excelencia operativa y gestión responsable.

Misión

Somos una empresa minera que busca maximizar el valor para sus accionistas, colaboradores, comunidades y clientes de forma eficiente y con altos estándares de seguridad, medio ambientales y de responsabilidad social.

Valores

Día a día ponemos en práctica los valores de nuestra compañía: Respeto Mutuo, Esfuerzo, Convicción y Desarrollo. Vamos más allá de las palabras, nuestro accionar está comprometido con generar un clima de paz y progreso para nuestros trabajadores y sus familias, para nuestras comunidades vecinas y sus proyectos, para la protección y cuidado del medioambiente, siempre respondiendo a políticas empresariales responsables, que garanticen la sostenibilidad de todo nuestro entorno.

Nuestros valores:

- Respeto Mutuo
- Esfuerzo

- Convicción
- Desarrollo

2.1.1.3 Ubicación y Accesibilidad

“El área de localización de la Unidad Económica Administrativa Americana de la Compañía Minera Casapalca S.A., se encuentra en 3 microcuencas: Microcuencas de la quebrada Huaricancha que está limitada por los cerros Yanañau, Yurocshalla y Lauracocha. Microcuenca de la quebrada Magdalena limitada por los cerros 22 Lauracocha, Putca, Chuquiccuco y Paracte y la Microcuenca de la quebrada Pumatarea limitada por los cerros Huaricancha, Lichicocha, Yanañac y Jabonnioc. Comprendida en el distrito de Chicla, provincia de Huarochirí y departamento de Lima, a una altitud comprendida entre los 4,450 msnm y 5,350 m.s.n.m. Ver Plano N° 01: Ubicación” (Romero, 2010).

Geográficamente, se localiza en la zona central Flanco Oeste de la Cordillera Occidental de los andes, entre las coordenadas UTM:

8 712 000N; 366 000E a 8 704 000N; 366 000E

8 712 000N; 374 000E a 8 704 000N; 374 000E, en el sistema PSAD56.

“El acceso a la Unidad Económica Administrativa Americana, se realiza desde la ciudad de Lima a través de la carretera central, siguiendo las localidades de: Lima – Chosica – Surco – Matucana – San Mateo – Chicla – Casapalca hasta el

Km. 115 donde están situadas las instalaciones de la Empresa Minera Los Quenuales S.A., desde este punto existe una carretera afirmada de 8 Km., que sube por la quebrada El Carmen hacia el Sureste, y que conduce a las instalaciones de Compañía Minera Casapalca S.A. El tiempo de viaje en estas vías es de 3 horas y 20 minutos, según se muestra a continuación la Tabla 1” (Romero, 2010).

Tabla 1. *Ruta y Ubicación de Compañía Minera Casapalca S.A.*

DE	A	TIPO DE VIA	KM	TIEMPO
LIMA	CASAPALCA	Asfaltado	115	3:00 H
QUENUALES	CMC(MINA)	Afirmado	8	0:20 H

Fuente: Compañía Minera Casapalca S.A.

2.1.1.4 Geología

“La Compañía Minera Casapalca S.A. geológicamente se encuentra sobre depósitos cuaternarios, los cuales están suprayaciendo a rocas sedimentarias e intrusivas del Cretáceo Superior y Terciario Inferior. La estructura de mayor prominencia es el anticlinal de Casapalca que se encuentra en la parte central de la mina, este es un pliegue con 80 grados de inclinación del eje axial, que presenta plegamientos menores (anticlinales y sinclinales) en sus flancos NE y SW. En subsuelo se ha reconocido fallas pre-minerales que desplazan a las vetas, como la Gran falla que tiene rumbo N55W. Plegamientos, las unidades estratigráficas en el distrito están plegadas, teniendo sus ejes con rumbo general de N20W, lo que hace que sean aproximadamente paralelos al lineamiento general de los Andes. La estructura de mayor importancia es el anticlinorium

Casapalca que presenta plegamientos (anticlinales y sinclinales) menores en sus flancos. En el flanco suroeste del anticlinorium Casapalca se tiene el sinclinal Rio Blanco constituido por el pórfido Carlos Francisco, tufos Yauliyacu, volcánicos Rio Blanco y calizas Bellavista. El sinclinal americana en el cual todas las unidades volcánicas terciarias son expuestas, tiene como núcleo a las calizas Bellavista, se ubica bordeando el flanco noreste del anticlinorium Casapalca. Fallamientos, en el área de Casapalca, se encuentran tres grandes fallas inversas, conservando cierto paralelismo entre sí, estas fallas son: infiernillo con rumbo N38 grados W y buzamiento 70 grados al SW, Rosaura de rumbo N43 grados W y buzamiento 80 al SW (presenta mineralización), Americana con rumbo N38 grados W y buzamiento 70 grados al NE. La falla Rio Blanco en la parte SW del distrito tiene rumbo cerca de N35 grados E, paralelo al sistema de vetas M y C. En subsuelo la gran falla de rumbo N55 grados W, desplaza a las vetas siendo dicho desplazamiento ligeramente mayor en profundidad” (Romero, 2010).

2.1.1.5. Fisiografía y Clima

“El área de estudio se encuentra típicamente dentro de un ambiente del tipo glaciario, cuyas altitudes llegan hasta los 5,000 m.s.n.m., con zonas de topografía abrupta y fuertes pendientes, con geoformas modeladas por antiguos glaciares, se encuentra comprendida a una altitud entre los 3780 y 5300 m.s.n.m. Su clima es frío y seco, la temperatura promedio anual es entre 10°

a 15° C, descendiendo por las noches a 4° C. Los meses de sequía son desde mayo a octubre, siendo el período de lluvias entre los meses de noviembre a abril y los períodos de helada los meses de mayo, junio y julio” (Romero, 2010).

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Desviación del Taladro Piloto

En la perforación piloto con máquina *Raise Boring* ya sea vertical o inclinado generalmente después de ejecutar el proyecto, se observa una desviación del taladro piloto por diversas razones, así como en distintos tipos de formaciones rocosas que a la vez presenta diferencias en su textura y por lo que el operador no tiene a la mano las características geomecánicas del macizo rocoso. Cuando se perforan taladros pilotos verticales o inclinados, para la construcción de chimeneas *Raise Boring*, con respecto al proyecto, que está referida a un punto, la permisibilidad de la desviación está dado con respecto al centro y una variabilidad adecuada; pero sin embargo según *Sereda H.G. Soloviov E.M.* (1978), el eje del taladro que se inclina bajo cierto ángulo respecto a la vertical o se desvía forzosamente por la misma condición de operación, terreno por intermedio de la energía sea dinámica del tren de tuberías. La desviación del pozo puede ser plana cuando varía con respecto a un plano vertical o espacial en relación a los planos ortogonales verticales y horizontales.

- En el primer caso: con el aumento de la profundidad del taladro el azimut no cambia sigue la misma dirección.

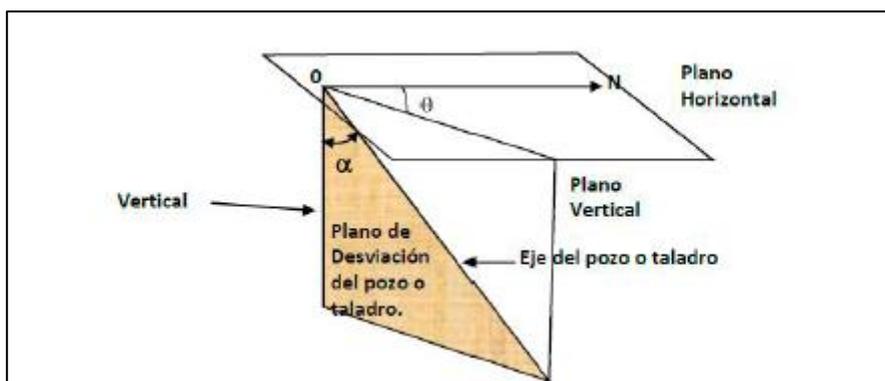
- En el segundo caso: con la profundización de taladro piloto, el azimut cambia constantemente, mediante la siguiente expresión de MM Alexandrov.

$$\Delta i = \sqrt{\Delta\alpha^2 + (\Delta\theta \sin \alpha \text{ med})^2}$$

Dónde:

$\Delta\alpha$ = Magnitud absoluto de la diferencia de los ángulos zenitales al principio α , y al final α^2 .

$\Delta\theta$ = Magnitud absoluta de la diferencia de los ángulos azimutales al principio θ_1 y al final θ_2 del intervalo l.



Fuente: Sereda, H.G., Soloviov, E.M. (1978)

Figura 2. Elementos que determinan la desviación espacial del pozo

De la fórmula y Figura 2, se deduce lo siguiente:

- Cuando $\Delta\theta = 0$, tiene lugar a una desviación plana y por consiguiente, el incremento total del ángulo de desviación del taladro o pozo en la longitud del intervalo L, equivale al incremento del ángulo zenital, es decir:

$$\Delta i = \Delta\alpha = \alpha_2 - \alpha_1$$

- Cuando $\Delta\alpha = \Delta\theta$, tiene lugar la desviación por una línea horizontal y el incremento del ángulo de desviación del pozo de la longitud del intervalo l, se determina, por medio de la fórmula:

$$\Delta i = \Delta \theta \operatorname{sen} \alpha$$

Ya que

$$\alpha \operatorname{med} = \alpha = \text{constante}$$

- Cuando $\Delta \alpha = 0$ y $\Delta \theta = 0$, el pozo o taladro se perfora con inclinación y no hay incremento de ángulo de desviación del mismo, puesto que $\Delta i = 0$.
- Cuando $\Delta \alpha = 90^\circ$, el pozo se perfora horizontalmente y el incremento de su ángulo de desviación ocurre en el plano horizontal, ya que:

$$\Delta i = \Delta \theta = \theta_2 - \theta_1$$

Se recomienda determinar el incremento de la desviación especial del pozo grupalmente como la hipotenusa de un triángulo rectángulo con los catetos $\Delta \alpha$ y $\Delta \theta$ en $\alpha \operatorname{med}$ hallar $\Delta \theta$, es posible, tal caso cuando el valor del azimut, en los límites del intervalo l excede los 360° ; entonces:

$$\Delta \theta = (360 - \theta_2) + \theta_1$$

Si $\Delta \theta > 180^\circ$, entonces, para el cálculo es necesario tomar:

$$\Delta \theta^1 = 360 - \Delta \theta$$

Para el valor calculado del incremento del ángulo de desviación Δi , atribuido a un determinado valor del pozo o taladro y se juzga sobre la intensidad I de desviaciones de este valor último en grado/m, entonces:

$$\frac{\Delta i}{\ell} n$$

Donde:

n : Número que indica, a que intervalo ha sido atribuido la intensidad de desviación del pozo.

ℓ : Longitud del intervalo en cuyo comienzo y final fueron determinado los ángulos α y θ ; en m.

- **Causas de la desviación de perforación de taladro piloto**

La experiencia de muchos años de perforación demuestra que la desviación del taladro piloto ocurre durante cualquier método de perforación. Al perforar en capas dispuestos horizontalmente y de buzamiento suave, integrados por rocas isotrópicas la posibilidad de desviación de los taladros pilotos, es mucho menor que el perforar en capas de buzamiento abrupto, representado por rocas anisotrópicas, por eso en condiciones geológicas favorables se puede perforar de modo convencional un pozo o taladro piloto vertical, observando los procedimientos tecnológicos elementales. En condiciones geotécnica desfavorables e indispensable, la elaboración e introducción de un conjunto de medidas, orientadas a prevenir la desviación del pozo o taladro piloto y este solo será posible al análisis de las causas que origina y se considera:

- ✓ Geotecnia.
- ✓ Técnicas.
- ✓ Tecnológicos.

- **Consecuencias de la desviación de la perforación del taladro piloto**

Como consecuencia de la desviación de los taladros piloto verticales surgen complicaciones, que influye de modo negativo sobre el proceso de perforación.

Obliga a realizar desquinces en el pie de rimado. Lo que significa parar operaciones de perforación generando tiempos muertos para la empresa ejecutora de chimeneas.

- ✓ Se desgasta con más intensidad los aceros de perforación, ocasiona fisuras en las barras de perforación, perdida de diámetro estándar de los

aceros, lo cual conduce a un aumento del desperfecto en los aceros de perforación.

- ✓ Aumenta la probabilidad de derrumbes o colapsos del macizo rocoso en las caras del taladro piloto.
- ✓ Se dificulta la subida y bajada de la columna de tuberías sufriendo un atascamiento de la columna de tuberías.
- ✓ Se deforman las tuberías de perforación en los puntos de desviación.
- ✓ No cumplimiento de los programas de perforación.

- **Aditivos para la perforación del taladro piloto aditivo JCPDS 2000.**

Es un polímero sintético al 50% de material activo, desarrollado para ser utilizado en fluidos de perforación base (agua dulce y agua salada). Se trata de un líquido con un único grado de dispersión PHPA que resiste al congelamiento y al descongelamiento y la degradación de la separación de fases.

Propiedades físicas.

Apariencia física: Líquido blanco viscoso

Peso específico: 2,8 – 3,1

PH solución al 0,5%) : 7 - 7,5

Aplicaciones

JCPDS 2000, viscosifica rápidamente y muestra una excelente limpieza del pozo con características por debajo de la tasa de corte. Se permite la deposición de sólidos fácilmente en la solución cuando se utiliza en el núcleo de perforación del taladro.

- Utilizándolo solo o en combinación con KCl o sustitutos, sirve para estabilizar las lutitas activas mediante la encapsulación de los cortes de perforación y la inhibición de hidratación.
- También actúa como un floculante en 0.01 - 0.05 ppb (0.03 hasta 0.14 kg / m).

Ventajas

- Debido a su estado líquido, el mezclado será mucho más rápido.
- Encapsula de manera instantánea los sólidos de perforación.
- Estabiliza la arcilla y lutitas.

2.2.2 Sistema Giratorio Orientable

La perforación direccional ha sido largamente aceptada como un medio para controlar los pozos.

En tiempos pasados eran usados como soluciones operativas para desviar el pozo alrededor de herramientas atascadas, corregir pozos desviados de la vertical ó pozos de alivio.

Buscando alternativas para aumentar la producción de petróleo y gas, han determinado la necesidad de la perforación direccional controlada en muchas situaciones.

Probablemente el más importante aspecto es que facilita a los productores en el mundo desarrollar depósitos bajo superficie que nunca serian alcanzados económicamente por otros medios.

El primer paso en el planeamiento de cualquier pozo direccional es diseñar la trayectoria del pozo para intersectar un objetivo determinado. El diseño inicial debería proponer los varios tipos de rutas que pueden ser perforados económicamente.

El segundo debería incluir los efectos de la geología sobre los BHA que serán usados y otros factores que podrían influenciar la trayectoria final del pozo.

A. Definición

Perforación direccional controlada es la ciencia de desviar un pozo a lo largo de un curso planeado hacia un objetivo bajo superficie en el cual el objetivo está dado a una distancia y dirección de la vertical.

2.3 MARCO HISTÓRICO

La investigación ejecutada no cuenta con un historial de estudios, el tema de estudio es inédito en el desarrollo de labores mineras, por lo que se considera un alcance innovador dentro de la minería.

2.3.1 Marco Teórico Científico

La investigación por ser una investigación de tipo explorativo no cuenta con investigaciones y menos aún no existe apoyo teórico científico fuera de las instalaciones de la Empresa AVG Shaft Technologies, lo que en esta investigación se da detalles esperando que en el futuro otros investigadores puedan continuar con esta investigación y poder llegar a una consistencia científica.

A continuación detallo algunas teorías que en otras investigaciones tienen cierto grado de similitud a continuación detallo:

2.3.2 Rotary Steerable System (RSS)

La perforación direccional fue inicialmente usada como una operación remedial para desviar alrededor de herramientas atascadas regresando el pozo a su trayectoria vertical o en algunos pozos de alivio para controlar y matar el pozo.

Interés en la perforación direccional comenzó alrededor de 1929 después que una nueva y exacta manera de medir el ángulo de inclinación fuera introducida durante el desarrollo del campo Seminola en Oklahoma.

En 1930 el primer pozo direccional controlado fue perforado en Huntington Beach California, el pozo fue perforado desde una locación en la playa hacia arenas productivas costa afuera, la perforación direccional había recibido una desfavorable publicidad hasta que fue usado para matar un pozo exploratorio cerca de Conroe Texas, como resultado la perforación direccional llegó a establecerse como una forma de controlar los pozos exploratorios y posteriormente ganó favorable reconocimiento de las compañías petroleras y las contratistas.

a) Brocas PDC (*Cortadores de Diamantes Policristalinos*)

Este equipo es un sistema que durante la rotación, los diamantes naturales expuestos raspan y trituran el pozo. Los cortadores de diamantes sintéticos, llamados *Cortadores de Diamantes Policristalinos (PDC)*, están configurados de manera que los cortadores rompan por esfuerzo cortante la roca que está por debajo de la barrena, produciendo recortes de gran tamaño y grandes velocidades de penetración. Los triconos PDC tienen gran demanda para perforar en muchos tipos de rocas, pero especialmente en largas secciones de formaciones medianamente duras a duras.

Las barrenas de PDC son muy durables y eficaces, ofreciendo mayores velocidades de penetración y una larga vida útil. Se fabrican barrenas de PDC de distintos diseños para optimizar la perforación en formaciones particulares. Típicamente, las barrenas de PDC perforan con mayor

rapidez en las lutitas que en las areniscas, y se usan con mayor frecuencia para perforar largas secciones de lutita, en la Figura 3 se muestra un modelo.



Fuente: Separata de perforación de pozos petroleros III

Figura 3. Broca tricónica PDC(Cortadores de Diamantes Policristalinos)

Ambos tipos de barrenas de diamante funcionan de una manera similar a las antiguas barrenas de arrastre “cola de pescado”, porque perforan raspando la roca.

La rotación del tricono cualquiera que sea el tipo de barrena, será necesario hacerla girar para perforar la roca. Se usan tres métodos para hacer girar la barrena en el fondo del pozo.

1. La mesa rotatoria y el kelly hacen girar la columna de perforación y la barrena.
2. Un motor de rotaria viajera (“topdrive”) hace girar la columna de perforación y la barrena.
3. Sólo se hace girar la barrena con un motor hidráulico de lodo en la columna de perforación. (La columna de perforación puede permanecer estática o girar mientras se usa un motor de fondo, de la manera deseada.)

Mesa rotatoria y el Kelly

Una mesa rotatoria es una placa giratoria accionada por engranajes y cadenas, montada en el piso del equipo de perforación, que tiene una gran abertura central para la barrena y la columna de perforación. El buje de junta kelly de la mesa rotatoria es un gran “donut” metálico con un agujero cuadrilateral, hexagonal u octogonal en su centro. Este buje puede aceptar una tubería especial cuadrilateral, hexagonal u octogonal, llamada kelly. El buje de junta kelly en la mesa rotatoria hace girar el kelly, cuya longitud es de aproximadamente 40 pies, de la misma manera que se hace girar una tuerca hexagonal con una llave. El Kelly puede deslizarse libremente hacia arriba y hacia abajo en el buje de junta kelly, de manera que pueda ser levantado mientras que se conecta un tramo de tubería de perforación de 30 pies (la junta más alta de la columna de perforación) en su parte inferior. Luego se baja la tubería de perforación dentro del pozo, hasta que la barrena haga contacto con el fondo, y se puede hacer girar el kelly. El perforador pone en marcha la mesa rotatoria, y a medida que la barrena va perforando, el kelly también se desliza hacia abajo.

Cuando el extremo Superior del kelly alcanza el nivel del buje (al nivel del piso del equipo), el kelly es desconectado de la tubería de perforación y levantado mientras que se añade otro tramo, después de lo cual se repite el proceso de perforación. De manera que el lodo de perforación pueda entrar en la columna de perforación, se conecta una manguera de perforación y una unión giratoria en la parte superior del kelly, para abastecer el lodo a partir de las bombas de lodo. La unión giratoria es un dispositivo hueco que recibe el lodo del tubo vertical y de la manguera de perforación, transmitiéndolo a

través de un sello rotatorio al kelly y dentro de la columna de perforación. Un inconveniente de la configuración del kelly/mesa rotatoria es el hecho que mientras se está sacando la tubería con el kelly desconectado, no se puede bombear ningún lodo y la rotación de la tubería es mínima.

Rotaria viajera.

Una unidad de rotaria viajera presenta considerables ventajas sobre una unidad de mando por kelly/rotatorio. La unidad de rotaria viajera hace girar la columna de perforación con un gran motor hidráulico montado sobre un mecanismo corredizo en la parte superior de la torre de perforación. En vez de perforar con un tramo de 30 pies antes de hacer una conexión, las rotarias viajeras usan “triples” de tubería de perforación de 3 juntas (90 pies) y reducen considerablemente el número de conexiones requeridas, así como el tiempo necesario para realizar una maniobra. Una de las ventajas claves – el perforador puede hacer girar la tubería, subiendo y bajando sobre una distancia de 90 pies dentro del agujero, y hacer circular el lodo simultáneamente. Esto permite ensanchar rápida y fácilmente largos y estrechos tramos del agujero sin atascar la tubería. Debido a estas ventajas, se están instalando unidades de rotaria viajera en la mayoría de los equipos de perforación profunda y de las plataformas de perforación costa fuera.

A) Operación

Los componentes principales de nuestros dispositivos RSS son la carcasa casi sin rotación y el eje montado axialmente, que transmite el par y la presión directamente a la broca. En la circunferencia exterior de la carcasa se montan cuatro patines de control, que se pueden mover radialmente a través de cilindros hidráulicos. La electrónica de medición y control está dispuesta

en las cuatro cámaras traseras de la carcasa. En las cámaras debajo de los patines de control están los componentes del sistema hidráulico. El dispositivo RSS se mantiene en curso por dirección permanente. En el caso de una desviación del proceso de perforación planificado, los patines de control correspondientes se extienden automáticamente, por lo que el dispositivo RSS se alinea de nuevo correctamente.

A.1 Vector EXAKT - Sistema giratorio orientable para taladrado vertical

El sistema de perforación vertical "VectorEXAKT" se diseñó especialmente para la perforación de alto rendimiento de orificios verticales en la industria del petróleo y el gas, así como en la minería y la construcción de túneles.

Las ventajas son:

- Altas velocidades de perforación
- Verticalidad casi absoluta
- Estabilidad optimizada del pozo
- Bajo desgaste en las brocas y el tubo de perforación.
- Reducción de costes.

La dirección de perforación se mide mediante un Magnetkompass dispuesto en el sistema VectorZIEL. Para que la brújula magnética pueda medir la dirección correcta sin la mayor influencia posible, casi todos los componentes del sistema VectorZIEL, así como los otros componentes BHA, están hechos de aceros no magnéticos y no magnetizables. La interferencia magnética aún existente se elimina mediante un método de compensación de desarrollo propio.

A.2 Sistemas Vector EXAKT para la exploración de petróleo y gas.

Los requisitos para la calidad del curso vertical del pozo han aumentado constantemente en los últimos años en muchas aplicaciones de la industria del petróleo y el gas.

Los pozos verticales de varios miles de metros de profundidad deben producirse en línea recta y sin grandes desviaciones horizontales, incluso en condiciones geológicas difíciles, para no interferir con la instalación del pozo.

Incluso en el caso de pozos verticales menos profundos, que se perforan a intervalos cortos desde un sitio de perforación, se debe garantizar un curso recto de perforación para evitar colisiones.

A.3. Sistemas Vector EXAKT en construcción minera y construcción de túneles.

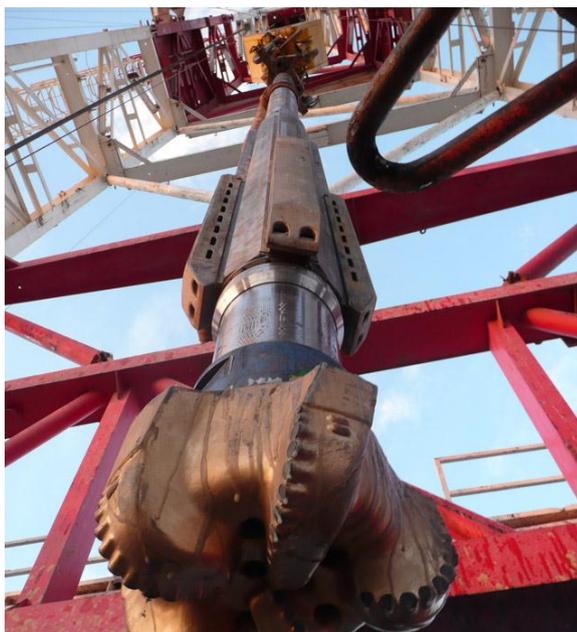
La tecnología RSS para la perforación vertical fue desarrollada por nosotros hace unos 30 años y desde entonces se ha utilizado con mucho éxito en la minería y la construcción de túneles para la creación de:

- Perforación previa para pozos,
- Pozos de gas metano en minas cerradas,
- Agujeros del tiempo también
- agujeros de formación de hielo

Sistemas de perforación vertical Vector EXAKT 400, Vector EXAKT 600, Vector EXAKT 800 y Vector EXAKT 900. Los sistemas Vector EXAKT están disponibles en cuatro tamaños:

- Vector EXACT 400 diámetro de perforación 6" para 6¾ "
- Vector EXAKT 600 diámetro de perforación 8½ " para 9¾"
- Vector EXAKT 800 diámetro de perforación 12¼" para 13¾'

El RSS en la herramienta de direccionamiento como se muestra en la Figura 4.



Fuente: Separata de perforación de pozos petroleros III
Figura 4. *Rotary Steerable System (RSS)*

El Vector EXAKT RSS permanece en curso a través de la dirección continua: cuando hay una desviación de la vertical, el sistema regresará de forma autónoma al curso. También puede ejecutar el sistema Vector EXAKT debajo de un motor para aplicaciones de perforación de alto rendimiento.

Sistema rotativo direccional produce mayor ROP (RATE OF PENETRATION – velocidad de penetración) y el control direccional preciso en vertical o en pozos de sondeo. Esta

herramienta integrada de perforación y medición incorpora un paquete de inspección de inclinación dentro de los 5 pies de la broca junto con un pulsador para la transmisión de datos en tiempo real

2.3.3 Raise Boring

“En esta parte se detalla la referente al equipo y cada uno de los procesos que compete al método Raise Boring en forma descriptiva, lo que en la empresa AVG Shaft Technologies se utilizó. El método Raise Boring consiste principalmente en la utilización de una máquina electrohidráulica, en la cual la rotación se logra a través de un motor eléctrico y el empuje del equipo se realiza a través de bombas hidráulicas, que accionan cilindros hidráulicos. Básicamente la operación consiste en perforar, descendiendo un tiro piloto desde una superficie superior, donde se instala el equipo, hasta un nivel inferior. Posteriormente se conecta en el nivel inferior el escariador el cual actúa en ascenso, excavando por corte y cizalle de la chimenea, según el diámetro requerido por el cliente. Dependiendo de las características del equipo el motor eléctrico puede ser de 150 HP a 500 HP, este rango de potencias irá directamente en relación con el diámetro final de escariado y la longitud del pique o chimenea. En este método de excavación de chimeneas se necesita contar con dos superficies de trabajo: Al inicio de la excavación, en la parte superior y al final de la excavación en la parte inferior. Es decir, el método será aplicable para excavaciones en interior de la mina entre dos galerías o desde superficie a una galería ubicada al interior de la mina. La máquina **Raise Boring** proporciona el empuje y las fuerzas de rotación necesaria para perforación de chimeneas, así como los equipos e instrumentos utilizados para controlar y supervisar el proceso de

perforación de chimeneas. El sistema Raise Boring está compuesto de cinco elementos más relevantes que se describen en las siguientes secciones. Estos son: torre de perforación RB, sistema hidráulico, sistema de lubricación; sistema eléctrico y tablero de control. El equipo de perforación Raise Boring comprende:” (Contreras, 2015).

- Torre de perforación RB
- Pack Hidráulico
- Pack Eléctrico
- Sistema de Lubricación
- Estación de control

A. Componentes

A.1. Torre de Perforación RB

“Es el montaje principal del sistema de perforación Raise Boring, suministra la rotación y la fuerza de empuje necesaria para conducir el piloto y el escariado de perforación, para subir y bajar la columna de perforación” (Contreras, 2015).

Comprende las siguientes partes:

- Placa base
- Mainframe (Estructura principal)
- Headframe (Estructura del cabezal)
- Cilindros hidráulicos
- Columnas
- Tensores
- Crosshead

- Motor principal
- Gearbox (Caja de transmisión)
- Chuck (drivehead)

Las partes que comprende la torre de perforación se muestra en la Figura 5.



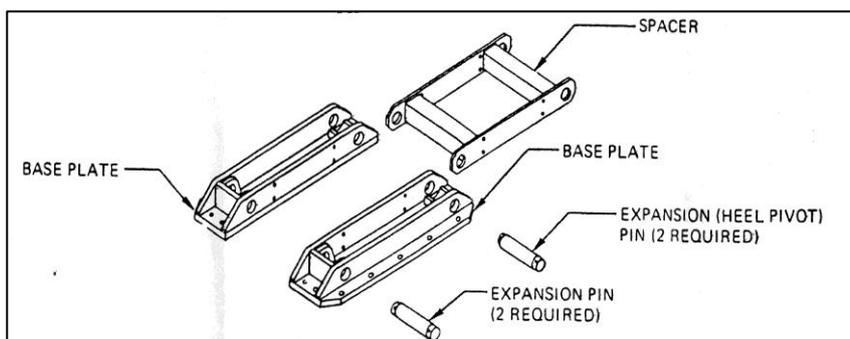
Fuente: Manual de Operaciones Raise Boring

Figura 5. *Torre de perforación*

A.2. Placa Base

“La placa base, es la estructura que soporta el peso del conjunto del Derrick, así como para la transferencia de fuerzas necesarias para la perforación de chimeneas en el sistema de Derrick de montaje. La placa base es la primera estructura de la máquina que se instala sobre la base de concreto y sobre esta se posiciona la máquina y se regula su ángulo de inclinación. La placa base es asegurada en la loza de concreto por unos pernos de anclaje y su posición la define el topógrafo, de acuerdo al ángulo de

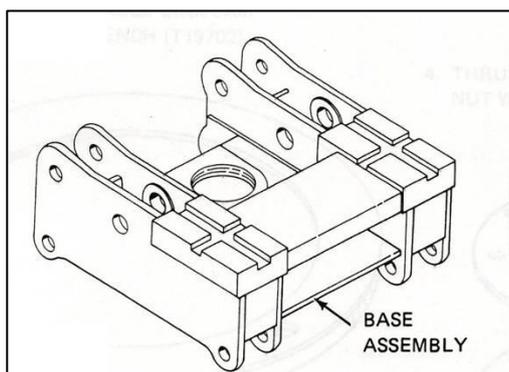
perforación a realizar, como se muestra en la Figura 6” (Contreras, 2015).



Fuente: Manual de Operaciones Raise Boring
Figura 6. Placa base

A.3. Mainframe (Estructura principal)

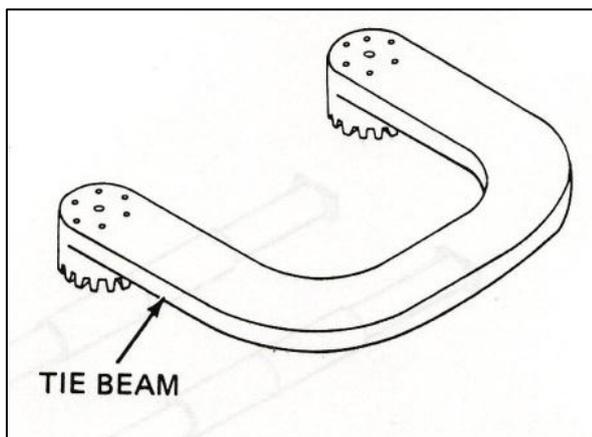
“Es la estructura de cojinete de mayor peso montado sobre la placa base y en la parte posterior con unos pines desmontables que permiten dar la inclinación al Derrick para el ángulo de perforación deseado, como muestra la Figura 7” (Contreras, 2015).



Fuente Manual de Operaciones Raise Boring
Figura 7. Estructura principal

A.4. Headframe (Estructura del cabezal)

“Montado encima de las columnas, amortigua las vibraciones de las columnas y sirve como miembro que comparte las cargas entre las dos columnas. El Headframe es frecuentemente asegurado a las columnas mediante el uso de un sistema de corona con pernos de acoplamiento del engranaje, como muestra la Figura 8” (Contreras, 2015).



Fuente Manual de Operaciones Raise Boring

Figura 8. Estructura del cabezal

B. Planificación y Operación

B.1. Planificación

Una vez adjudicado un proyecto a Master Drilling Perú, la Gerencia de Operaciones determina los recursos a requerir para una adecuada ejecución del proyecto y realizan las coordinaciones necesarias con las demás áreas de la empresa, para esto se convoca a una reunión, denominada Kick Off Meeting.

A continuación se detallan los principales puntos a tratar durante el Kick Off Meeting.

- Fecha de Inicio del proyecto
- Máquina asignada al proyecto
- Cantidad de chimeneas a realizar
- Longitud y diámetro de las chimeneas
- Cronograma de ejecución del proyecto
- Descripción del lugar de trabajo
- Requerimiento de equipos, componentes y herramientas.
- Condiciones de alimentación y hospedaje
- Cantidad de personal a requerir
- Requerimientos de Equipo de protección de personal, camas, colchones, mobiliario, útiles de escritorio y otros similares.
- Requerimiento de equipos de cómputo, internet, teléfonos.
- Solicitud de camionetas
- Determinación de las fechas de traslado de la máquina y herramientas.
- Coordinación para la realización de los exámenes médicos.
- Determinación de la fecha de realización del curso de inducción y otros.

❖ Dimensiones

Las dimensiones de la cámara dependerán según el tipo de máquina a utilizar, según lo establecido en el estándar siguiente como muestra en la Tabla 2:

Tabla 2. Dimensiones de Cámara

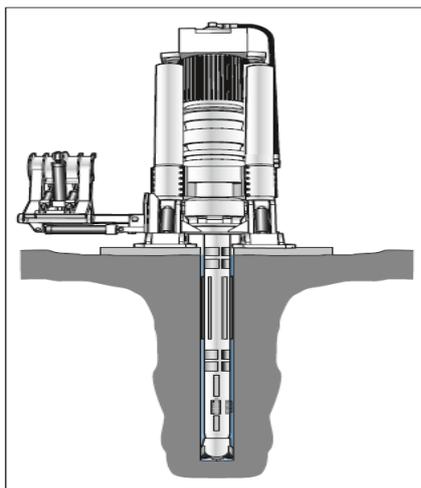
MAQUINA	AREA (M)	ALTURA(M)	TAMAÑO DE LOSA
Boesman	6 X 6	7	3 X 3
Lena	6 X 6	7	3 X 3
Ghana	6 X 6	7	3 X 3
Gatiep	6 X 6	7	3 X 3
RBM-6	6 X 6	7	3 X 3
43R	6 X 6	7	3 X 3
41R	6 X 6	7	3 X 3
61R	6 X 6	7	3 X 3
71R	6 X 6	7	3 X 3

Fuente: Manual de Operaciones Raise Boring

❖ Perforación Piloto

“Realizada en forma descendente, vertical o inclinada, utilizando como herramienta de corte un tricono de rodamientos sellados. El avance de la perforación se logra agregando barras a la columna de perforación, la cual se estabiliza con barras estabilizadoras de piloto. El detritus producto de la perforación es barrido con agua a presión impulsada por bombas, extrayéndolo por el espacio anular que queda entre la pared del pozo y la columna de barras de perforación. Una altura de salida del flujo de agua, con detritus, o " bailing", de 10cm. por encima de la losa de concreto. Bajo ese valor será necesario revisar posibles inconvenientes como: pérdidas de agua por el fondo, falta de volumen de agua para barrer o aumento de densidad del material a extraer. En todos esos casos será necesario agregar aditivos químicos que nos ayuden con la extracción.

Normalmente junto al equipo será necesario tener tres pozas en superficie y dos pozas en interior mina de unos 13.5m³ cada una para almacenamiento y recirculación de agua utilizada en el barrido del detritus. La deflexión o desviación del tiro piloto dependerá de la pericia de operación y de la calidad del macizo rocoso a perforar. La presencia de diques, fallas o discontinuidades en general, tenderá a provocar mayores desviaciones, la cual tenemos un modelo en la Figura 9” (Contreras, 2015).



Fuente: Manual de Operaciones Raise Boring

Figura 9. *Maquina Rb en perforación piloto*

❖ **Rendimiento de Perforación Piloto con Maquina Raise Boring**

El rendimiento de perforación piloto con maquina Raise Boring es variable y depende de la calidad del macizo rocoso, la longitud del proyecto, fallas, diaclasas y buen barrido de detritus del hoyo piloto denominado “*baling*”, la cual debe

ser de 10 a 12 cm a la salida de la boca del pozo. Por ejemplo, en Mina Casapalca, en roca arenisca calcaria de 85 MPa el rendimiento de la perforación piloto es 11 m por día aplicando presión cero con un diámetro de perforación de 13 $\frac{3}{4}$ ”; llegando a penetrar hasta 0.11 m en 6 min.

2.4 DEFINICIÓN DE TERMINOS

Ambiente de Trabajo

Es el lugar donde los trabajadores desempeñan las labores encomendadas o asignadas.

Análisis de Trabajo Seguro (ATS)

Es una herramienta de gestión de Seguridad y Salud Ocupacional que permite determinar el procedimiento de trabajo seguro, mediante la determinación de los riesgos potenciales y definición de sus controles para la realización de las tareas.

Azimuth (Dirección del pozo)

El azimuth de un pozo en un punto es la dirección del pozo sobre el plano horizontal, medido como un ángulo en sentido de las agujas del reloj a partir del Norte de referencia. Esta referencia puede ser el Norte Verdadero, el Magnético o el de Mapa y por convención se mide en sentido de las agujas del reloj. Todas las herramientas magnéticas inicialmente dan la lectura de azimuth con respecto al Norte Magnético.

Auditoria

“Procedimiento sistemático, independiente, objetivo y documentado para evaluar un sistema de gestión de Seguridad y Salud Ocupacional” (Calvo, 2017).

Bit Rollers

Se utiliza en el proceso de perforación piloto para prolongar la vida útil de la broca piloto (tricono).

Broca tricónica

“Es una broca tricónica (componente de corte) que está formado por tres conos que giran en torno a sus ejes, los conos tienen insertos de tungsteno que trituran y penetran la roca por rotación y presión, además cuenta con tres orificios para el barrido del detritus (roca triturada) con presión de agua. Está instalado en el extremo inferior de la barra de inicio de un pie” (Rivera, 2015).

Chimenea

Es una labor vertical entre dos galerías excavada en sentido ascendente.

Desviación

Cambio de la trayectoria que lleva algo o alguien.

Estadística de Seguridad y Salud Ocupacional

“Sistema de registro, análisis y control de la información de incidentes, incidentes peligrosos, accidentes de trabajo y enfermedades ocupacionales, orientado a utilizar la información y las tendencias asociadas en forma proactiva para reducir la ocurrencia de este tipo de eventos” (Calvo, 2017)

Estándares de Trabajo

“Son los modelos, pautas y patrones que contienen los parámetros establecidos por el titular de actividad minera y los requisitos mínimos aceptables de medida, cantidad, calidad, valor, peso y extensión establecidos por estudios experimentales, investigación, legislación vigente y/o resultado del avance tecnológico, con los cuales es posible comparar las actividades de trabajo, desempeño y comportamiento

industrial. Es un parámetro que indica la forma correcta y segura de hacer las cosas. El estándar satisface las siguientes preguntas: ¿Qué hacer?, ¿Quién lo hará?, ¿Cuándo se hará? y ¿Quién es el responsable de que el trabajo sea seguro?” (Calvo, 2017).

Estabilizador de Piloto

“Es un componente de perforación que está conformado por unos Ribs o aletas alrededor del diámetro exterior soldados longitudinalmente con una soldadura de alta dureza y que sirve para estabilizar la columna y mantener la dirección evitando desviaciones del hoyo piloto. El estabilizador debe tener la calibración de 2 mm por debajo de la medida del tricono de perforación” (Contreras, 2015).

Ergonomia

Es la ciencia multidisciplinaria que tiene por objeto adaptar el trabajo a las condiciones psicológicas y fisiológicas del hombre a través de la investigación y adecuación del puesto de trabajo.

Estándares de Trabajo

El estándar es definido como patrones que contienen los parámetros y los requisitos mínimos aceptables establecidos por estudios experimentales, investigación, con los cuales es posible comparar las actividades de trabajo, desempeño y comportamiento industrial.

Fiscalización

Proceso de control sistemático y objetivo que permite la identificación y evaluación de los sistemas de gestión, para luego recomendar acciones correctivas, a efectos de minimizar la ocurrencia de incidentes y accidentes.

Geomecánica

La geomecánica es la disciplina que estudia las características mecánicas de los materiales geológicos que conforman las rocas de formación. Esta disciplina está basada en los conceptos y teorías de mecánica de rocas y mecánica de suelos, que relacionan el comportamiento de la formación bajo los cambios de esfuerzo producto de las operaciones petroleras de perforación, completación y producción de pozos

Implementación

La implementación constituye la realización de determinados procesos y estructuras en un sistema. Representa así la capa más baja en el proceso de paso de una capa abstracta a una capa más concreta.

Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y Medidas de Control (IPERC)

“Proceso sistemático utilizado para identificar los peligros, evaluar los riesgos y sus impactos y para implementar los controles adecuados, con el propósito de reducir los riesgos a niveles establecidos según las normas legales vigentes” (Contreras, 2015).

Incidente

“Suceso con potencial de pérdidas acaecido en el curso del trabajo o en relación con el trabajo, en el que la persona afectada no sufre lesiones corporales” (Contreras, 2015).

Incidente peligroso y/o situación de emergencia

“Todo suceso potencialmente riesgoso que pudiera causar lesiones o enfermedades graves con invalidez total y permanente o muerte a las personas en su trabajo o a la población. Se considera incidente peligroso a evento con pérdidas

materiales, como es el caso de un derrumbe o colapso de labores subterráneas, derrumbe de bancos en tajos abiertos, atrapamiento de personas sin lesiones (dentro, fuera, entre, debajo), caída de jaula y skip en un sistema de izaje, colisión de vehículos, derrumbe de construcciones, desplome de estructuras, explosiones, incendios, derrame de materiales peligrosos, entre otros, en el que ningún trabajador ha sufrido lesiones” (Contreras, 2015).

Inspección

Es un proceso de observación metódica para examinar situaciones críticas de prácticas, condiciones, equipos, materiales y estructuras. Son realizadas por personas capacitadas y conocedoras en la identificación de peligros y evaluación de riesgos.

Izaje

Es una operación que se realiza para mover objetos grandes y/o pesados y que no pueden ser transportados manualmente. El equipo utilizado para el Izaje de carga es todo dispositivo que permite elevar o bajar una carga, previamente calculada en forma segura y controlada.

Perforación

Es agujerar una capa de material estéril por métodos mecánicos o manuales, con el fin de realizar un barrenos para ser luego este llenado de explosivos y fracturar la corteza terrestre

Perforación por percusión

El método consiste en levantar y soltar la herramienta repetidamente. La masa metálica que cae sobre la barrena proporciona la energía requerida para romper la roca, abriendo un agujero a través de ésta.

Perforación rotatoria

La perforación ocurre cuando se hace girar la columna de perforación y la broca triconica, mientras que las barrenas imponen peso sobre la roca

Peligro

Situación o característica intrínseca de algo capaz de ocasionar daños a las personas, equipos, procesos y ambiente.

Pique

En minería, es una perforación en forma vertical en la cual se puede descender en cabrias (ascensores) a profundidades de la tierra. Éstas, por lo general, en la pequeña minería suelen tener profundidades que van de 25 metros y en la gran minería tener profundidades de 1000 metros.

Al fondo de los piques se encuentran galerías, las cuales son fortificadas, ventiladas e iluminadas, su tendencia es en forma horizontal (tipo túneles) que se dirigen a frentes de explotación de minerales, ya sea carbón, cobre u otros.

Los piques se usan a interior mina para poder acarrear mineral de un nivel superior a otro inferior, a esos piques se les llama Piques de acarreo.

Pozo direccional

Un pozo direccional es un tipo de pozo de petróleo o gas que se prepara al perforar un perfil de pozo direccional. En la técnica de perforación direccional, la perforación se realiza en una trayectoria, ángulo y dirección predeterminados del pozo para intersectarse en el objetivo de superficie. Aunque los pozos son más comúnmente perforados verticalmente, a veces es más ventajoso perforar en un ángulo desde la vertical.

Procedimientos Escritos de Trabajo Seguro (PETS)

“Documento que contiene la descripción específica de la forma cómo llevar a cabo o desarrollar una tarea de manera correcta desde el comienzo hasta el final, dividida en un conjunto de pasos consecutivos o sistemáticos. Resuelve la pregunta: ¿Cómo hacer el trabajo/tarea de manera correcta y segura?” (Contreras, 2015).

Profundidad Medida

Es la distancia medida a lo largo de la ruta actual del pozo, desde el punto de referencia en la superficie hasta el punto de registros direccionales. Es la sumatoria de la cantidad de tubos perforados más el ensamblaje de fondo para completar la profundidad del pozo.

Profundidad Vertical Verdadera

Es la distancia vertical desde el nivel de referencia de profundidad hasta el punto correspondiente al curso del pozo.

Macizo Rocoso

Un macizo rocoso es un medio discontinuo, anisótropo y heterogéneo conformado en conjunto tanto por bloques de matriz rocosa y distintos tipos de discontinuidades que afectan al medio rocoso, mecánicamente los macizos rocosos pueden considerarse que presentan resistencia a la tracción nula

Raise Boring

Es una máquina utilizada en la minería subterránea, para excavar un agujero circular entre dos niveles de una mina sin el uso de explosivos.

Riesgo

“Probabilidad de que un peligro se materialice en determinadas condiciones y genere daños a las personas, equipos y al ambiente” (Contreras, 2015).

Riesgo Residual

“Es el riesgo remanente que existe después de que se haya tomado las medidas de seguridad” (Contreras, 2015).

Riesgo Laboral

Contingencia o proximidad de un daño derivado de la actividad laboral. Es la magnitud del daño provocado por los factores de riesgo laboral en la salud del trabajador. Probabilidad de un evento no deseado que puede provocar enfermedad o accidente.

Sistema Hidráulico

Conjunto de mecanismos en cuyo funcionamiento interviene un líquido.

Supervisor

“Es el Ingeniero o Técnico que tiene a su cargo un lugar de trabajo o autoridad sobre uno o más trabajadores en la unidad minera, con los siguientes perfiles:” (Contreras, 2015).

Ingeniero Supervisor

“Es el ingeniero colegiado y habilitado en las especialidades de Ingeniería de Minas, Geología, Química, Metalurgia, Mecánica, Eléctrica, Electrónica, Civil, Ambiental y otras especialidades de acuerdo a las actividades mineras y conexas desarrolladas, con un mínimo de dos (2) años de experiencia en la actividad minera y/o en Seguridad y Salud Ocupacional” (Contreras, 2015).

Trépano

Es un dispositivo que se coloca en el final de una sarta de perforación para que rompa, corte y muele las formaciones rocosas mientras se perfora un pozo. Ya sea éste un pozo de gas, agua o petróleo. Los trépanos son huecos para permitir el paso

del fluido de perforación, que sale a chorros por picos intercambiables. El fluido de perforación lubrica y refrigera el trépano y ayuda a expulsar la roca molida hacia la superficie. En formaciones rocosas no consolidadas los chorros de agua a alta presión ayudan a remover la roca en forma directa permitiendo reducir los tiempos de perforado.

Tubería Iniciadora

Es un componente que sirve para iniciar una perforación piloto lo más guiado posible, facilitando el correcto collareo y es muy necesario su uso en proyectos con inclinaciones.

Tuberías de perforación

Es un componente que cuentan con conexiones de rosca pin (macho) y box (hembra) en los extremos opuestos. Los cuales sirven para la conexión entre los componentes de corte y maquina Raise Boring.

Válvula Check

Prevenir que el agua y el detritus se regresen por la columna de tuberías, suspendiendo detritus y barro alrededor de las tuberías por largos periodos de tiempo.

Ventilación

La ventilación en una mina subterránea es el proceso mediante el cual se hace circular por el interior de la misma el aire necesario para asegurar una atmósfera respirable y segura para el desarrollo de los trabajos.

La ventilación se realiza estableciendo un circuito para la circulación del aire a través de todas las labores. Para ello es indispensable que la mina tenga dos labores de acceso independientes: dos pozos, dos socavones, un pozo y un socavón, etc.

En las labores que sólo tienen un acceso (por ejemplo, una galería en avance) es necesario ventilar con ayuda de una tubería. La tubería se coloca entre la entrada a la labor y el final de la labor. Esta ventilación se conoce como secundaria, en oposición a la que recorre toda la mina que se conoce como principal.

CAPÍTULO III

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

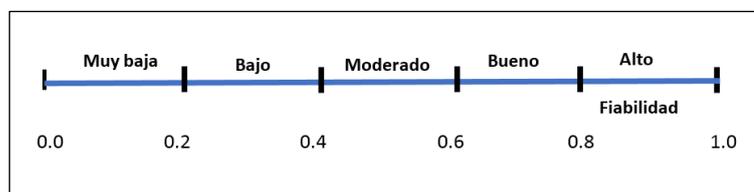
3.1 CONFIABILIDAD Y VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

3.1.1 Confiabilidad del Instrumento

Para la determinación de la confiabilidad se usó el enunciado de Alfa de Cronbach. Así mismo la herramienta software SPSS versión 25

3.1.2 Alfa de Cronbach

Es un índice cuyo valor varia de cero a uno, se trata de un índice de consistencia interna que toma valores de cero a la unidad ver Figura 10.



Fuente: Elaboración propia

Figura 10. *Índice de consistencia*

Alfa de Cronbach sirve para comprobar el instrumento que se está evaluando y que produce resultados consistentes y coherentes. Alfa es por

tanto un coeficiente de correlación al cuadrado que, a grandes rasgos, mide la homogeneidad de los datos promediando todas las correlaciones entre todos los ítems para ver que, efectivamente, se parecen.

$$\alpha = \frac{k}{K - 1} \left\{ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right\}$$

Donde

α : Coeficiente de Alfa de Cronbach

K: El número de ítems

$\sum S_i^2$: Sumatoria de Varianzas de los Ítems

S_T^2 : Varianza de la suma de los Ítems

El total de datos analizados se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Numero de muestras

		N	%
Casos	Válido	28	96.6
	Excluido	1	3.4
	Total	29	100

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4 se muestra las estadísticas de los datos utilizados en la investigación.

Tabla 4. *Estadística de los elementos*

	Media	Desviación	N
Longitud	145.00000000	82.2597512	28
Dirección_La perforacion piloto con metodo tradicional	0.00089	0.00061615	28
Desviación_La perforacion piloto con metodo tradicional	0.0904536	0.08575588	28
Longitud_D	145.000000000	82.2597512	28
Dirección_La perforación piloto con el sistema giratorio orientado	0.0000993	0.00012305	28
Desviación_La perforacion piloto con el sistema giratorio orientado	0.0093536	0.00597157	28

Fuente: Elaboración propia

Se realizaron los cálculos con la utilización del Software SPSS para la obtención del índice de Alfa de Cronbach como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. *Estadísticas de Fiabilidad*

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N° de elementos
0.6	0.587	6

Fuente: Elaboración propia

Por tanto, si relacionamos este resultado 0.600 con el índice de alfa de Cronbach decimos que el instrumento es buena confiabilidad o fiabilidad.

3.1.3. Validez

Según Hernández, R. (2006) “La validez en términos generales, se refiere al grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir”.

La validez aplicada para el instrumento se realizó a través del juicio de expertos para la presente investigación (Anexo 4)

El instrumento que se usó en la presente investigación fueron las fichas de registro. Estas fueron validadas en base al juicio del experto como se evidencia en la Tabla 6.

Tabla 6. Validez por juicio de expertos

Experto	Ficha de Registro: Porcentaje de Tiempo de perforación del Sistema direccional petrolero
Ing. César Alva Vera	6

Fuente: Elaboración propia

3.2 ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LAS VARIABLES

3.2.1 Giro de Columna de Perforación

El sistema direccional petrolero tiene un giro de un solo sentido (horario), que gracias a la combinación del motor de desplazamiento de turbina, convierten la energía hidráulica en energía mecánica de rotación.

El motor de desplazamiento se utiliza el flujo del agua mediante la presión de la bomba de agua, a través de la columna de perforación para girar la broca, así no hay la necesidad de rotar la maquina Raise Boring para perforar. Rotando la broca se obtuvo algunos beneficios:

- Provee excelente poder de rotación hacia la broca.

- Incrementa la velocidad rotacional de la broca.
- Reduce los requerimientos de peso sobre la broca.
- Reduce el desgaste de los componentes de la columna de perforación.
- Reduce la posibilidad de ojos de llave.

3.2.2 Presión de Agua

El fluido de perforación es bombeado en la sección de potencia del motor a una presión que causa que el rotor gire en forma de tornillo en el interior del estator. La fuerza rotacional es luego transmitida al eje de transmisión que se encuentra en la parte más baja del motor y a través del eje de mando hacia la broca

En el presente estudio trabajamos con una broca de tipo de PDC el cual trabajamos a una presión de 40 bar de presión para el logro de 85 revoluciones por minuto, para ello consideramos la hoja técnica del motor de desplazamiento DYNOMAX indicada en el anexo N°3

Displacement (NO LOAD) 0.17 rev./gal.

Factor de desplazamiento del motor.

Expresado en rev/gal.

En nuestro caso nos indica la relación de cuantas revoluciones va a dar el motor en el fondo del taladro piloto dependerá del caudal suministrado, las revoluciones son independientes de la rotación que se en la maquina Raise Boring en la parte superior

En la perforación piloto suministramos un caudal de trabajo de 500 gal, entonces si consideramos el desplazamiento del motor nos dara:

$$500 \text{ gal} \times 0.17 \frac{\text{rev.}}{\text{gal.}} = 85 \text{ rev.}$$

Por lo tanto:

Durante la perforación piloto del pique circular de la compañía minera Casapalca consideramos la presión de 40 bar de presión para poder conseguir el caudal indicado.

3.2.3 Cálculo de Velocidad y Penetración de Avance

La prueba de penetración se realiza para determinar cuál es la mejor velocidad de perforación de la maquina Raise Boring con diferentes condiciones de regulación de presión.

La mejor penetración a trabajar lo va a determinar la regulación de presión con menor amperaje.

Las pruebas de penetración deben realizarse cada hora, en tres ensayos consecutivos de cada 10 minutos uno del otro, para elegir entre estos ensayos la mejor penetración.

Si la variación de presión aumenta muy poca la penetración, pero si aumenta sustancialmente el amperaje, es mejor dejarlo con la regulación de menor presión, como muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Pruebas de penetración

Hora	07:00 (actual)	07:10 (<presión)	07:20(>presión)
Presión (Mpa)	0.1	0	0.2
Amperaje	40	20	50
PENETRACION(CM)por 6 minutos	10.5	10.1	10.8

Fuente: Elaboración propia

Podemos apreciar que en la prueba de las 7:10 se obtiene un avance de 10.1 cm en 6 minutos con un bajo amperaje, por lo cual es lo más recomendable para no exigir mucho al motor eléctrico.

El giro de la columna de perforación es en sentido horario para el cuidado de un posible desacople de las barras y caída de columna de barras.

3.2.4 Cálculo de Desviación de los Tramos Estudiados

Para el cálculo teórico de la desviación de la perforación, con el sistema tradicional (Raise Boring), se ha utilizado las coordenadas UTM, del primer tramo de 286.34 m., las mismas que se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. *Coordenadas UTM primer tramo*

COORDENADAS	P1(M)	P2(M)	Δ (M)
ESTE	366115.158	366115.175	0.017
NORTE	8710483.285	8710483.31	0.025
COTA	4500	0	4500

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de la variación entre las coordenadas, aplicamos lo siguiente:

$$\Delta E = \text{Este de llegada (P2)} - \text{Este de inicio (P1)}$$

$$\Delta N = \text{Norte de llegada (P2)} - \text{Norte de inicio (P1)}$$

Por lo tanto, vamos a aplicar la siguiente fórmula, para calcular la distancia de la desviación:

$$\text{DISTANCIA HORIZONTAL} = \sqrt{\Delta E^2 + \Delta N^2}$$

$$\text{DISTANCIA HORIZONTAL} = \sqrt{0.017^2 + 0.025^2}$$

$$\text{DISTANCIA HORIZONTAL} = 0.03 \text{ m} = \text{desviación del taladro piloto.}$$

Para el cálculo de la desviación de la perforación, con el sistema direccional propuesto, se ha utilizado las coordenadas UTM, del segundo tramo de 294.86 m., las mismas que se muestran en el Tabla 9.

Tabla 9. *Coordenadas UTM segundo tramo*

COORDENADAS	P1(M)	P2(M)	Δ (M)
ESTE	366111.158	366111.181	0.023
NORTE	8710492.753	8710492.82	0.067
COTA	4500	0	4500

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, vamos a aplicar la siguiente fórmula para calcular la distancia de la desviación:

$$\Delta E = \text{Este de llegada (P2)} - \text{Este de inicio (P1)}$$

$$\Delta N = \text{Norte de llegada (P2)} - \text{Norte de inicio (P1)}$$

$$\text{DISTANCIA HORIZONTAL} = \sqrt{\Delta E^2 + \Delta N^2}$$

$$\text{DISTANCIA HORIZONTAL} = \sqrt{0.023^2 + 0.067^2}$$

$$\text{DISTANCIA HORIZONTAL} = 0.07 \text{ m} = \text{desviación del taladro piloto.}$$

3.2.5 Tiempo de perforación

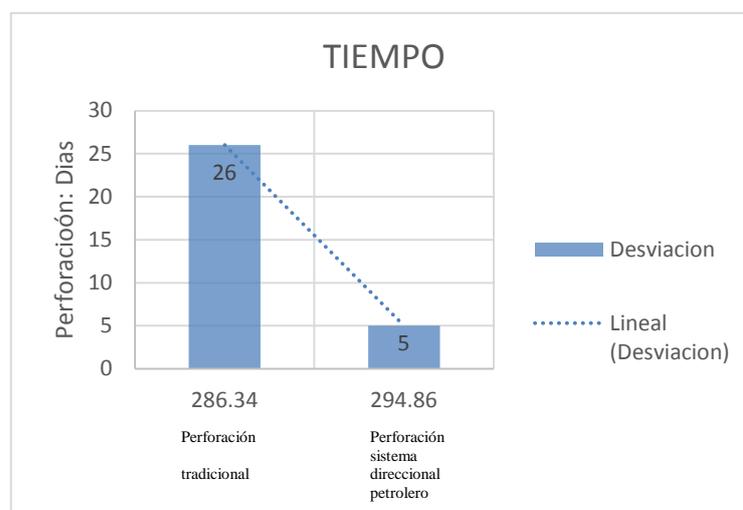
La implementación del sistema direccional petrolero influye positivamente en el tiempo de perforación piloto del pique circular en la Compañía Minera Casapalca S.A.

En el cuadro estadístico se puede observar que al emplear el sistema Raise Boring, en 26 días se tiene un avance de 286.34 metros de perforación longitudinal con respecto al plano vertical en el primer tramo. Obteniendo un promedio de avance diario de 11.01 metros.

Así mismo se puede observar en el cuadro estadístico que al emplear el sistema direccional petrolero se logra realizar 294.86 metros de perforación longitudinal con respecto al plano vertical, en tan solo cinco días de perforación del tercer tramo. Obteniendo un promedio de avance diario de 59 metros.

Se puede notar una diferencia muy significativa ya que el sistema Raise Boring tiene un promedio diario de avance de 11.01 metros y el sistema direccional petrolero por cada día se tiene un promedio de avance de 59 metros.

Por lo que al implementar el segundo sistema se perfora casi la misma longitud en menor tiempo, como muestra en la Figura 11.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 11. Cuadro estadístico de perforación VS días

3.2.6 Análisis estadístico

Según la tipología de la investigación es de tipo exploratorio, por ende, se detallan el análisis cuantitativo a través de la hipótesis general. Se ha utilizado el software Spss Statistics (versión 25), el análisis descriptivo se muestra en las siguientes tablas.

Los datos obtenidos con el sistema tradicional y en el primer tramo de 286.34 m, se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. *Datos con el sistema tradicional*

HORAS	AVANCE	A	B	DESVIACION EN GRADOS	DESVIACION EN CENTIMETROS
01:11	10	0	10	0	0
01:13	20	10	20	0.0001	0.002
00:51	30	20	30	0.0006	0.018
01:17	40	30	40	0.0001	0.004
00:52	50	40	50	0.0002	0.01
01:13	60	50	60	0.0002	0.012
01:03	70	60	70	0.0003	0.021
00:57	80	70	80	0.0001	0.008
00:50	90	80	90	0.0001	0.009
00:47	100	90	100	0.0002	0.02
00:43	110	100	110	0.0002	0.022
00:43	120	110	120	0.0001	0.012
01:04	130	120	130	0.00002	0.003
01:09	140	130	140	0.00001	0.001
01:11	150	140	150	0.00002	0.003
01:20	160	150	160	0.00003	0.005
01:17	170	160	170	0.00005	0.009
01:32	180	170	180	0.00004	0.007
00:54	190	180	190	0.00004	0.008
01:09	200	190	200	0.00002	0.004
00:57	210	200	210	0.00003	0.006
00:56	220	210	220	0.00007	0.015
01:12	230	220	230	0.00006	0.014
01:01	240	230	240	0.00004	0.01
00:59	250	240	250	0.00003	0.008
01:01	260	250	260	0.00005	0.013
00:57	270	260	270	0.00004	0.011
01:10	280	270	280	0.00003	0.008
01:20	290	280	290	0.000045	0.013

Fuente: Elaboración propia

Datos obtenidos con el sistema direccional petrolero, en el segundo tramo de 296.86 m. como muestra la Tabla 11.

Tabla 11. *Datos con el sistema direccional petrolero*

HORAS	AVANCE	A	B	DESVIACION EN GRADOS	DESVIACION EN CENTIMETROS
1:11	10	0	10	0	0.000
1:13	20	10	20	0.0001	0.002
0:51	30	20	30	0.0006	0.018
1:17	40	30	40	0.0001	0.004
0:52	50	40	50	0.0002	0.010
1:13	60	50	60	0.0002	0.012
1:03	70	60	70	0.0003	0.021
0:57	80	70	80	0.0001	0.008
0:50	90	80	90	0.0001	0.009
0:47	100	90	100	0.0002	0.020
0:43	110	100	110	0.0002	0.022
0:43	120	110	120	0.0001	0.012
1:04	130	120	130	0.00002	0.003
1:09	140	130	140	0.00001	0.001
1:11	150	140	150	0.00002	0.003
1:20	160	150	160	0.00003	0.005
1:17	170	160	170	0.00005	0.009
1:32	180	170	180	0.00004	0.007
0:54	190	180	190	0.00004	0.008
1:09	200	190	200	0.00002	0.004
0:57	210	200	210	0.00003	0.006
0:56	220	210	220	0.00007	0.015
1:12	230	220	230	0.00006	0.014
1:01	240	230	240	0.00004	0.010
0:59	250	240	250	0.00003	0.008
1:01	260	250	260	0.00005	0.013
0:57	270	260	270	0.00004	0.011
1:10	280	270	280	0.00003	0.008
1:20	290	280	290	0.000045	0.013

Fuente: Elaboración propia

Los datos estadísticos obtenidos con el programa SPSS, se muestran en la Tabla 12, donde el promedio de la dirección con el sistema tradicional es de 0.00089 y con el sistema giratorio orientado es de 0.0000993

Tabla 12. Descripción de datos

			Estadístico	Desv. Error
Dirección_La perforación piloto con método tradicional	Media		0.0008900	0.00011644
	95% de intervalo de confianza para la	Límite inferior	0.0006511	
		Límite superior	0.0011289	
	Media recortada al 5%		0.0008508	
	Mediana		0.0008100	
	Varianza		0.000	
	Desv. Desviación		0.00061615	
	Mínimo		0.00010	
	Máximo		0.00250	
	Rango		0.00240	
	Rango intercuartil		0.00078	
	Asimetría		1.029	0.441
	Curtosis		0.606	0.858
	Dirección_La perforación piloto con el sistema giratorio orientado	Media		0.0000993
95% de intervalo de confianza para la		Límite inferior	0.0000516	
		Límite superior	0.0001470	
Media recortada al 5%			0.0000816	
Mediana			0.0000500	
Varianza			0.000	
Desv. Desviación			0.00012305	
Mínimo			0.00000	
Máximo			0.00060	
Rango			0.00060	
Rango intercuartil			0.00007	
Asimetría			2.827	0.441
Curtosis			9.821	0.858

Fuente: Elaboración propia SPSS

A continuación, se muestra los datos de las variables Tabla 13, se observa el promedio de la desviación con el método tradicional es de 0.090 y con sistema giratorio orientado 0.0093

Tabla 13. Descripción de datos

		Estadístico	Desv. Error	
Desviación_La perforación piloto con método tradicional	Media	0.0904536	0.01620634	
	95% de Límite inferior	0.0572010		
	intervalo de confianza para la superior	0.1237063		
	Media recortada al 5%	0.0819405		
	Mediana	0.0750000		
	Varianza	0.007		
	Desv. Desviación	0.08575588		
	Mínimo	0.00100		
	Máximo	0.38000		
	Rango	0.37900		
	Rango intercuartil	0.12463		
	Asimetría	1.489	0.441	
	Curtosis	3.360	0.858	
	Desviación_La perforación piloto con el sistema giratorio orientado	Media	0.0093536	0.00112852
		95% de Límite inferior	0.0070380	
intervalo de confianza para la superior		0.0116691		
Media recortada al 5%		0.0091643		
Mediana		0.0084500		
Varianza		0.000		
Desv. Desviación		0.00597157		
Mínimo		0.00000		
Máximo		0.02200		
Rango		0.02200		
Rango intercuartil		0.00855		
Asimetría		0.583	0.441	
Curtosis		-0.275	0.858	

Fuente: Elaboración propia SPSS

A continuación, se muestra la Tabla 14, en la cual se aprecia un tiempo con el sistema tradicional de 9:37 minutos y, con el sistema giratorio orientado de 1:03 minutos.

Tabla 14. *Descripción datos tiempo Perforación piloto con método tradicional y tiempo Perforación piloto con el sistema giratorio orientado*

		Estadístico	Desv. Error	
Tiempo_La perforación piloto con método tradicional	Media	9:37	0:10	
	95% de intervalo de confianza	Límite inferior Límite superior	9:15 9:59	
	Media recortada al 5%	9:31		
	Mediana	9:12		
	Varianza	11291557.143		
	Desv. Desviación	0:56		
	Mínimo	8:45		
	Máximo	12:45		
	Rango	4:00		
	Rango intercuartil	1:07		
	Asimetría	1.808	0.441	
	Curtosis	3.535	0.858	
	Tiempo_La perforación piloto con el sistema giratorio orientado	Media	1:03	0:02
		95% de intervalo de confianza	Límite inferior Límite superior	0:58 1:07
Media recortada al 5%		1:02		
Mediana		1:02		
Varianza		507214.286		
Desv. Desviación		0:11		
Mínimo		0:43		
Máximo		1:32		
Rango		0:49		
Rango intercuartil		0:17		
Asimetría		0.242	0.441	
Curtosis		-0.190	0.858	

Fuente: Elaboración propia SPSS

3.3 PRUEBA DE NORMALIDAD

Para las pruebas de normalidad se tomaron datos estadísticos de acuerdo con las hipótesis formuladas (hipótesis general y específicas) a continuación se detalla las pruebas de normalidad para cada una de ellas. Además, detallamos que según el número de nuestras muestras es de 28 por la cual adoptamos la prueba de normalidad de shapiro Wilk (< 30 muestras).

Prueba de Normalidad: Hipótesis General

Luego de realizar los análisis correspondientes con el programa SPSS se tiene, las prueba de normalidad de la dirección de la perforación piloto con el sistema tradicional y el sistema giratorio orientado ver la Tabla 15, donde nuestro grado de libertad (gl) es 28

Tabla 15. *Prueba de Normalidad*

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Dirección_ La perforación piloto es con método tradicional	0.192	28	0.010	0.902	28	0.013
Dirección_ La perforación piloto es con el sistema giratorio orientado	0.283	28	0.000	0.672	28	0.000

Fuente: Elaboración propia SPSS

Se ha utilizado la tabla de Shapiro Wilk, porque solo se analizaron 29 muestras, de las cuales solo se dio validos 28 muestras con el 96.6% y perdidas 1 que representa el 3.4% de su porcentaje, que es un valor muy pequeño en relación al 100% valores obtenidos se muestran a continuación en la Tabla 16.

Tabla 16. *Resumen de procesamiento de casos*

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Dirección_ La perforación piloto con método tradicional	28	96.6%	1	3.4%	29	100.0%
Dirección_ La perforación piloto con el sistema giratorio orientado	28	96.6%	1	3.4%	29	100.0%

Fuente: Elaboración propia SPSS

Prueba de Normalidad: Hipótesis Específico 1

Luego de realizar los análisis correspondientes con programa SPSS haciendo la prueba de normalidad tanto para la desviación de perforación piloto con el sistema tradicional con el valor de 0.866 y el sistema giratorio orientado con valor de 0.953, datos mostrados en la Tabla 17.

Tabla 17. *Prueba de Normalidad*

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Desviación_La perforación piloto con método tradicional	0.148	28	0.117	0.866	28	0.002
Desviación_La perforación piloto con el sistema giratorio orientado	0.100	28	,200*	0.953	28	0.235

Fuente: Elaboración propia

Prueba de Normalidad: Hipótesis Específico 2

Luego de realizar los análisis correspondientes con programa SPSS, haciendo la prueba de normalidad tanto para el tiempo de perforación piloto con el sistema tradicional con el valor de 0.789 y el sistema giratorio orientado con valor de 0.975, datos mostrados en la siguiente Tabla 18.

Tabla 18. *Prueba de Normalidad*

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo_La perforación piloto con método tradicional	0.264	28	0.000	0.789	28	0.000
Tiempo_La perforación piloto con el sistema giratorio orientado	0.117	28	,200*	0.975	28	0.721

Fuente: Elaboración propia SPSS

CAPÍTULO IV

PROCESO DE CONTRASTE DE HIPOTESIS

Para la ejecución de la prueba de hipótesis se tendrá en cuenta los siguientes datos, ver Tabla 19.

Tabla 19. *Datos para la contrastación de Hipótesis*

Margen de error	Confiabilidad	Valor Crítico	Gado de libertad
0.05	95%	(+/-) 1.703	27

Fuente: Elaboración propia

4.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS GENERAL

En la Figura 12, se muestra la relación entre la variable independiente con la variable dependiente.



Fuente: Elaboración propia

Figura 12. *Dimensión de Hipótesis General*

- **Hipótesis Alterna**

“La implementación del sistema direccional petrolero permite conservar la dirección en la perforación piloto del pique circular en la Compañía Minera Casapalca S.A. 2018.”

- **Hipótesis Nula**

“La implementación del sistema direccional petrolero no permite conservar la dirección en la perforación piloto del pique circular en la Compañía Minera Casapalca S.A. 2018.”

Luego de realizar los análisis correspondientes con programa SPSS se tiene, ver la Tabla 20.

Tabla 20. *Prueba de Normalidad*

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Dirección_ La perforación piloto es con método tradicional	0.192	28	0.010	0.902	28	0.013
Dirección_ La perforación piloto es con el sistema giratorio orientado	0.283	28	0.000	0.672	28	0.000

Fuente: Elaboración propia SPSS

Se ha utilizado la tabla de Shapiro Wilk, porque solo se analizará 28 muestras, cuyos valores obtenidos se muestran a continuación en la Tabla 21.

Tabla 21. *Resumen de procesamiento de casos*

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Dirección_ La perforación piloto con método tradicional	28	96.6%	1	3.4%	29	100.0%
Dirección_ La perforación piloto con el sistema giratorio orientado	28	96.6%	1	3.4%	29	100.0%

Fuente: Elaboración propia SPSS

El resultado obtenido en la correlación de variables de Pearson $r = 0.146$ corresponde a una correlación positiva muy baja, según se puede apreciar en la Tabla 22.

Tabla 22. *Prueba de correlación de variables*

		Dirección_La perforación piloto con método tradicional	Dirección_La perforación piloto con el sistema giratorio orientado
Dirección_La perforación piloto con método tradicional	Correlación de Pearson	1	0.146
	Sig. (bilateral)		0.457
	N	28	28
Dirección_La perforación piloto con el sistema giratorio orientado	Correlación de Pearson	0.146	1
	Sig. (bilateral)	0.457	
	N	28	29

Fuente: Elaboración propia SPSS

También se realizó la prueba de muestras emparejadas como se aprecia en la Tabla 23.

Tabla 23. *Estadística de muestras emparejadas*

	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	
Par 1	Dirección_La perforación piloto con método tradicional	0.0008900	28	0.00061615	0.00011644
	Dirección_La perforación piloto con el sistema giratorio orientado	0.0000993	28	0.00012305	0.00002325

Fuente: Elaboración propia Spss.

Se muestra la correlación de muestras emparejadas de la dirección de perforación tradicional y dirección del sistema giratorio orientado es de 0.146 según muestra la Tabla 24.

Tabla 24. *Correlación de muestras emparejadas*

	N	Correlación	Sig.
Par 1 Dirección_ La perforación piloto con método tradicional & Dirección_ La perforación piloto con el sistema giratorio orientado	28	0.146	0.457

Fuente: Elaboración propia Spss

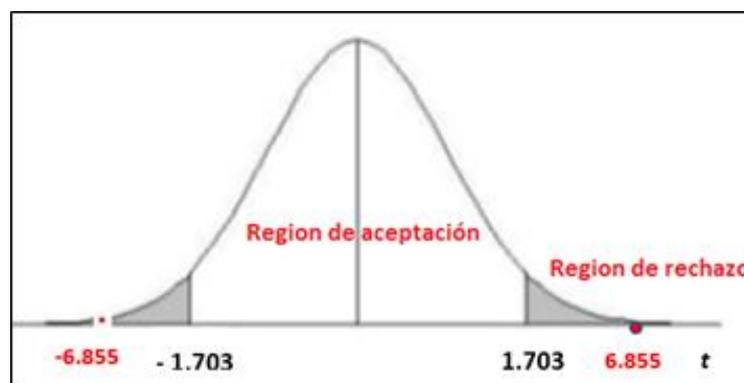
Se describe la prueba de muestras emparejadas de la dirección de perforación tradicional y dirección del sistema giratorio orientado es de 6.855 y con media de 0.00079 según muestra la Tabla 25.

Tabla 25. *Prueba de muestras emparejadas*

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 Dirección_ La perforación piloto con método tradicional - Dirección_ La perforación piloto con el sistema giratorio orientado	0.00079071	0.00061040	0.00011535	0.00055403	0.00102740	6.855	27	0.000

Fuente: Elaboración propia SPSS

Analizando en la Campana de Gauss los resultados obtenidos se establecen en la Figura 13.



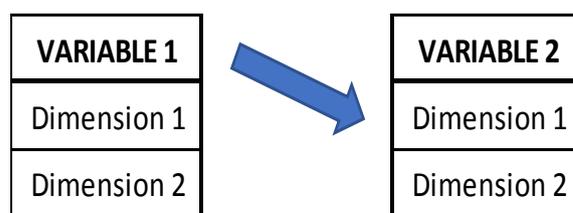
Fuente: Elaboración propia SPSS

Figura 13. *Curva de Gauss hipótesis general*

Conclusión estadística de la hipótesis: Como la variable de Pearson $r = 0.146$ corresponde a una correlación positiva muy baja y $t = 6,855$ se obtiene un valor crítico de 1.703 se observa que el valor obtenido está en el área de rechazo por lo tanto se descarta la hipótesis nula, concluyendo con la aceptación de la hipótesis alternativa: “La implementación del sistema direccional petrolero permite conservar la dirección en la perforación piloto del pique circular en la Compañía Minera Casapalca S.A. 2018.”

4.2 PRUEBA DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA

- **Hipótesis específica 1**



Fuente: Elaboración propia

Figura 14. *Dimensión de Hipótesis Especifica 1*

- **Hipótesis Alterna**

“La implementación del sistema direccional petrolero influye significativamente en la desviación de la perforación piloto del pique circular en la Compañía Minera Casapalca S.A. 2018”

- **Hipótesis Nula**

“La implementación del sistema direccional petrolero no influye significativamente en la desviación de la perforación piloto del pique circular en la Compañía Minera Casapalca S.A. 2018”

Luego de realizar los analices correspondientes con programa SPSS se tiene, ver la Tabla 26.

Tabla 26. Prueba de Normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Desviación_La perforación piloto con método tradicional	0.148	28	0.117	0.866	28	0.002
Desviación_La perforación piloto con el sistema giratorio orientado	0.100	28	,200*	0.953	28	0.235

Fuente: Elaboración propia

Calculamos la correlación de Pearson con el programa SPSS, cuyos valores obtenidos se muestran en la Tabla 27.

Tabla 27. Prueba correlación entre Perforación piloto con método tradicional y Perforación piloto con el sistema giratorio orientado.

		Desviación_La perforación piloto con método tradicional	Desviación_La perforación piloto con el sistema giratorio orientado
Desviación_La perforación piloto con método tradicional	Correlación de Pearson	1	0.109
	Sig. (bilateral)		0.581
	N	28	28
Desviación_La perforación piloto con el sistema giratorio orientado	Correlación de Pearson	0.109	1
	Sig. (bilateral)	0.581	
	N	28	29

Fuente: Elaboración propia SPSS

El resultado obtenido en la correlación de variables de Pearson $r = 0.109$, corresponde a una correlación positiva muy baja. También se realizó la prueba de muestras emparejadas como se muestra en la Tabla 28.

Tabla 28. *Estadística de muestras emparejadas*

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Desviación_La perforación piloto con método tradicional	0.0904536	28	0.08575588	0.01620634
	Desviación_La perforación piloto con el sistema giratorio orientado	0.0093536	28	0.00597157	0.00112852

Fuente: Elaboración propia SPSS

Se muestra la correlación de muestras emparejadas de la dirección de perforación tradicional y dirección del sistema giratorio orientado es de 0.109 según muestra la Tabla 29.

Tabla 29. *Correlación de muestras emparejadas*

		N	Correlación	Sig.
Par 1	Desviación_La perforación piloto con método tradicional & Desviación_La perforación piloto con el sistema giratorio orientado	28	0.109	0.581

Fuente: Elaboración propia SPSS

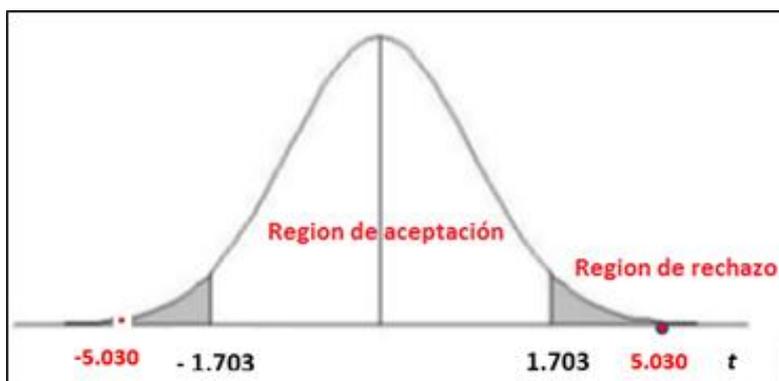
Se describe la prueba de muestras emparejadas de la dirección de perforación tradicional y dirección del sistema giratorio orientado es de 5.030 y con media de 0.0811 según muestra la Tabla 30.

Tabla 30. *Prueba de muestras emparejadas*

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Desviación_La perforación piloto con método tradicional - Desviación_La perforación piloto con el sistema giratorio orientado	0.08110006	0.08531176	0.01612241	0.04801962	0.11418051	5.030	27	0.000

Fuente: Elaboración propia SPSS

Analizando en la Campana de Gauss los resultados obtenidos, ver Figura 15.



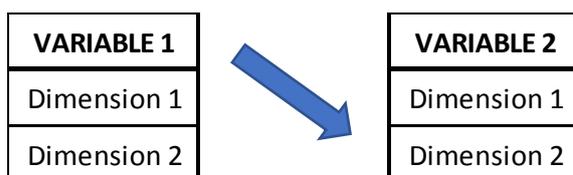
Fuente: Elaboración propia SPSS

Figura 15. *Curva de Gauss de Hipótesis Especifica 1*

Conclusión estadística de la hipótesis: Como la variable de Pearson $r = 0.109$, corresponde a una correlación positiva muy baja y $t = 5,030$ se obtiene un valor crítico de 1.703 se observa que el valor obtenido está en el área de rechazo por lo tanto se descarta la hipótesis nula, concluyendo con la aceptación de la hipótesis alternativa: “La implementación del sistema direccional petrolero influye significativamente en la desviación de la perforación piloto del pique circular en la Compañía Minera Casapalca S.A. 2018”

- **Hipótesis específica 2**

En la Figura 16, se muestra la relación entre la variable independiente con la dimensión 2 de la variable dependiente



Fuente: Elaboración propia SPSS

Figura 16. *Dimensión de Hipótesis Especifica 2*

- **Hipótesis Alterna**

“La implementación del sistema direccional petrolero influye positivamente en el tiempo de perforación piloto del pique circular en la Compañía Minera Casapalca S.A. 2018”

- **Hipótesis Nula**

“La implementación del sistema direccional petrolero no influye positivamente en el tiempo de perforación piloto del pique circular en la Compañía Minera Casapalca S.A. 2018”

Luego de realizar los analices correspondientes con programa SPSS se tiene, ver la Tabla 31.

Tabla 31. *Prueba de Normalidad*

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo_La perforación piloto con método tradicional	0.264	28	0.000	0.789	28	0.000
Tiempo_La perforación piloto con el sistema giratorio orientado	0.117	28	,200*	0.975	28	0.721

Fuente: Elaboración propia SPSS

Calculamos la correlación de Pearson con el programa SPSS, cuyos valores obtenidos se muestran en la Tabla 32.

Tabla 32. Prueba correlación tiempo Perforación piloto con método tradicional y tiempo Perforación piloto con el sistema giratorio orientado

		Tiempo_La perforación piloto con método tradicional	Tiempo_La perforación piloto con el sistema giratorio orientado
Tiempo_La perforación piloto con método tradicional	Correlación de Pearson	1	-0.101
	Sig. (bilateral)		0.609
	N	28	28
Tiempo_La perforación piloto con el sistema giratorio orientado	Correlación de Pearson	-0.101	1
	Sig. (bilateral)	0.609	
	N	28	29

Fuente: Elaboración propia SPSS

El resultado obtenido en la correlación de variables de Pearson $r = -0.101$, corresponde a una correlación negativa muy baja. También se realizó la prueba de muestras emparejadas como se muestra en la Tabla 33.

Tabla 33. Estadística de muestras emparejadas

	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Tiempo_La perforación piloto con método tradicional	9:37	28	0:56	0:10
Par 1				
Tiempo_La perforación piloto con el sistema giratorio orientado	1:03	28	0:11	0:02

Fuente: Elaboración propia SPSS

Se muestra la correlación de muestras emparejadas de la dirección de perforación tradicional y dirección del sistema giratorio orientado es de -0.101 según muestra la Tabla 34

Tabla 34. Correlación de muestras emparejadas

	N	Correlación	Sig.
Par 1 Tiempo_La perforación piloto con método tradicional & Tiempo_La perforación piloto con el sistema giratorio orientado	28	-0.101	0.609

Fuente: Elaboración propia SPSS

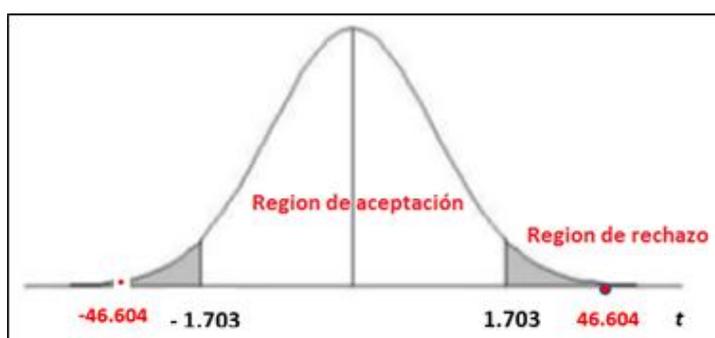
Se describe la prueba de muestras emparejadas de la dirección de perforación tradicional y dirección del sistema giratorio orientado es de 46.604 y con media de 8.34 según muestra la Tabla 35.

Tabla 35. *Prueba de muestras emparejadas*

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Tiempo_La perforación piloto con método tradicional - Tiempo_La perforación piloto con el sistema giratorio orientado	8.34	0.58	0.11	8.11	8.57	46.604	27	0.000

Fuente: Elaboración propia SPSS

Analizando en la Campana de Gauss los resultados obtenidos Figura 17.



Fuente: Elaboración propia SPSS

Figura 17. Curva de Gauss Hipótesis específico N° 2

Conclusión estadística de la hipótesis: Como la variable Pearson $r = -0.101$, corresponde a una correlación negativa muy baja y $t = 46.604$ se obtiene un valor crítico de 1.703 se observa que el valor obtenido está en el área de rechazo por lo tanto se descarta la hipótesis nula, concluyendo con la aceptación de la hipótesis alternativa: “La implementación del sistema direccional petrolero influye positivamente en el tiempo de perforación piloto del pique circular en la Compañía Minera Casapalca S.A. 2018”

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el presente trabajo de investigación, los resultados obtenidos han sido contundentes y relevantes, con el uso del sistema direccional petrolero; como es en el caso de la desviación en la perforación piloto, cuya desviación ha sido prácticamente nula, puesto que las coordenadas de inicio fueron (366111.158,8710492.753) y las coordenadas al final de la perforación fueron (366111.181,8710492.820), observándose que la diferencia entre los valores de las coordenadas son mínimas.

Según Medel y Ojeda 2012 nos hace mención que el uso del sistema Raise Boring menciona que la tendencia a mejorar la desviación se considera eficiente cuando está dentro del rango del 1% de la longitud total, en nuestro caso la longitud total de la perforación piloto del primer tramo fue de 294.86 m; por lo que el 1% vendría a ser de 2.94 m. Los resultados del presente trabajo, es mucho menor al rango indicado, puesto que para los 294.86 m, se ha obtenido una desviación total de 0.013 m, siendo tan solamente el $4.4 \times 10^{-5}\%$ de la longitud total de la perforación, con la utilización del sistema direccional

petrolero. La desviación en este caso es óptima y no requiere trabajos posteriores; con buenos beneficios para la empresa minera, así como para los contratistas que realizan la construcción de chimeneas

En lo que respecta al tiempo que demanda la perforación con el sistema direccional petrolero, los resultados igualmente son relevantes y concluyentes; puesto que de 26 días que demandaba realizar la perforación con el sistema tradicional, se ha logrado reducir a tan solamente 5 días, con el sistema direccional petrolero. Debemos señalar que estos resultados no son factibles de discusión, en razón a que no se cuenta con antecedentes de trabajos similares, en las labores de ejecución de piques.

CONCLUSIONES

1. Se concluye que, con la implementación del Sistema Direccional Petrolero, se ha logrado conservar la dirección de la perforación, por haber logrado mantener los puntos de dirección inicial, de acuerdo a lo proyectado, puesto que se ha logrado una verticalidad con una aproximación del 89.996° , valor que representa una plomada cuasi perfecta.
2. En cuanto a la desviación de la perforación, los resultados del presente trabajo, han arrojado un valor mucho menor al rango proyectado, puesto que para los 294.86 m, se ha obtenido una desviación total de 0.013 m, siendo tan solamente el $4.4 \times 10^{-5}\%$ de la longitud total de la perforación.
3. Con la Implementación del Sistema Direccional Petrolero, se ha logrado minimizar el tiempo en la perforación durante la ejecución del pique circular en la Compañía Minera Casapalca S.A. de 26 días de perforación con el sistema tradicional a tan solo 5 días con el sistema direccional petrolero, es decir que se tuvo una disminución en esta dimensión del 80.77% mantener
4. En lo que respecta al avance, se ha logrado conseguir de 11 m diarios con el sistema tradicional a 59 m con la implementación del sistema direccional petrolero, lográndose una eficiencia del 436.36%.

RECOMENDACIONES

1. Dado los resultados obtenidos y habiendo sido reconocido por la Compañía Minera Casapalca, se recomienda la implementación del sistema direccional petrolero para futuros proyectos de piques.
2. Se recomienda, realizar un análisis de costos exhaustivo, para que la decisión de la implementación del sistema direccional petrolero, justifique su inversión inicial.
3. Se sugiere realizar un estudio de traslado de las barras direccionales, para los casos en que se aplique el sistema direccional petrolero dentro de mina.
4. Se sugiere que complementariamente a la implementación del sistema direccional petrolero, se evalúe un mejor diseño de las secciones de las cámaras de Raise Boring.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro, M., Becerra A.(2011). Procesos de Pozos Petroleros 2a ed., Lima-Perú, Ed. Instituto de Ingenieros del Perú, 90 pp.
- Amalla, P. (2005). Guía para Redactar Proyectos e Informes de Investigación. 2ª ed., Lima – Perú, Ed. Universo,196 pp.
- Briceno, E. (2010). Técnicas Prácticas en la ejecución de piques. 3a ed., Lima-Perú, Ed. Instituto de Ingenieros del Perú,160 pp.
- Cruz, I. (2013). Identificación de los Problemas del Terreno. 2ª ed., Perú, Ed Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía, 290 pp.
- Cía. Minera Casapalca (2018) S.A. Proyecto del Pique Circular., Área de Planeamiento, 110 pp.
- Goetsch, D. (1996). Occupational Health and Safety. 2ª ed., USA, Ed. Prentice Hall USA, 260 pp.
- Hernández, R., Collado, F. (2006). Metodología de la Investigación, 2a ed., México, Ed. Mc Graw Hill, 226 pp.
- Romero, D. (2010). Tesis: Implementación del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional en la Compañía Minera Casapalca S.A. Lima-Perú.

PÁGINAS DE INTERNET:

Hernández, P. (2002) Gestión Integral. En:

www.casadellibro.com/gestiónminera/871078

Madrid, 500 pp.

Madera, J. (2011) Profundización en minería. En:

https://www.fraternidad.com/descargas/profundizacion_22.pdf . España,

16 pp.

Moretti, S. (2014) Desviaciones de Labores Mineras. En:

www.lrq.es/laboresmineras/controlendesviaciones/

España, 200 pp.

Moretti, S. (2014) Operación del sistema rss. En:

www.geomin.es/manualdeoperaciones/rss/

España, 180 pp.

Moretti, S. (2014) Manual de Operaciones Raise Boring. En:

www.bsigroup.com/manualdeoperaciones/raiseboring.pdf

España, 230 pp.

Saavedra, P. (2010) Servicios Auxiliares en Minería. En:

www.sigweb.cl/biblioteca/serviciosmineroschile.pdf. Chile, 65 pp.

Tomal, L. (2002) Normativa de Seguridad Minera. En:

www.sernageomin.cl/.../mineria/normativaminera.

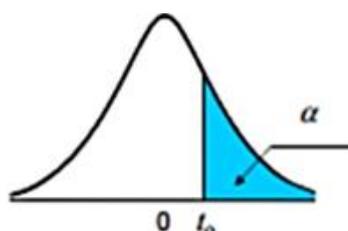
Madrid, 375 pp.

Zevallos, R. (2012) Pozos petroleros. En:

<http://industrialapunt.es.blogspot.com/2009/03/conceptos>. Perú, 55 pp.

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de Distribución T- Student



$n \backslash \alpha$	0,450	0,400	0,350	0,30	0,250	0,200	0,100	0,050	0,025	0,020	0,010	0,005	$\alpha \backslash n$
1	0,15838	0,32492	0,50953	0,72654	1,00000	1,37638	3,07768	6,31375	12,7062	15,8945	31,8205	63,6567	1
2	0,14213	0,28868	0,44475	0,61721	0,81650	1,06066	1,88562	2,91999	4,30265	4,84873	6,96456	9,92484	2
3	0,13660	0,27667	0,42420	0,58439	0,76489	0,97847	1,63774	2,35336	3,18245	3,48191	4,54070	5,84091	3
4	0,13383	0,27072	0,41416	0,56865	0,74070	0,94096	1,53321	2,13185	2,77645	2,99853	3,74695	4,60409	4
5	0,13218	0,26718	0,40823	0,55943	0,72669	0,91954	1,47588	2,01505	2,57058	2,75651	3,36493	4,03214	5
6	0,13108	0,26483	0,40431	0,55338	0,71756	0,90570	1,43976	1,94318	2,44691	2,61224	3,14267	3,70743	6
7	0,13029	0,26317	0,40154	0,54911	0,71114	0,89603	1,41492	1,89458	2,36462	2,51675	2,99795	3,49948	7
8	0,12971	0,26192	0,39947	0,54593	0,70639	0,88889	1,39682	1,85955	2,30600	2,44898	2,89646	3,35539	8
9	0,12925	0,26096	0,39787	0,54348	0,70272	0,88340	1,38303	1,83311	2,26216	2,39844	2,82144	3,24984	9
10	0,12889	0,26018	0,39659	0,54153	0,69981	0,87906	1,37218	1,81246	2,22814	2,35931	2,76377	3,16927	10
11	0,12859	0,25956	0,39555	0,53994	0,69745	0,87553	1,36343	1,79588	2,20099	2,32814	2,71808	3,10581	11
12	0,12835	0,25903	0,39469	0,53862	0,69548	0,87261	1,35622	1,78229	2,17881	2,30272	2,68100	3,05454	12
13	0,12814	0,25859	0,39396	0,53750	0,69383	0,87015	1,35017	1,77093	2,16037	2,28160	2,65031	3,01228	13
14	0,12796	0,25821	0,39333	0,53655	0,69242	0,86805	1,34503	1,76131	2,14479	2,26378	2,62449	2,97684	14
15	0,12781	0,25789	0,39279	0,53573	0,69120	0,86624	1,34061	1,75305	2,13145	2,24854	2,60248	2,94671	15
16	0,12767	0,25760	0,39232	0,53501	0,69013	0,86467	1,33676	1,74588	2,11991	2,23536	2,58349	2,92078	16
17	0,12755	0,25735	0,39190	0,53438	0,68920	0,86328	1,33338	1,73961	2,10982	2,22385	2,56693	2,89823	17
18	0,12745	0,25712	0,39153	0,53382	0,68836	0,86205	1,33039	1,73406	2,10092	2,21370	2,55238	2,87844	18
19	0,12735	0,25692	0,39120	0,53331	0,68762	0,86095	1,32773	1,72913	2,09302	2,20470	2,53948	2,86093	19
20	0,12727	0,25674	0,39091	0,53286	0,68695	0,85996	1,32534	1,72472	2,08596	2,19666	2,52798	2,84534	20
21	0,12719	0,25658	0,39064	0,53246	0,68635	0,85907	1,32319	1,72074	2,07961	2,18943	2,51765	2,83136	21
22	0,12712	0,25643	0,39039	0,53208	0,68581	0,85827	1,32124	1,71714	2,07387	2,18289	2,50832	2,81876	22
23	0,12706	0,25630	0,39017	0,53175	0,68531	0,85753	1,31946	1,71387	2,06866	2,17696	2,49987	2,80734	23
24	0,12700	0,25617	0,38997	0,53144	0,68485	0,85686	1,31784	1,71088	2,06390	2,17154	2,49216	2,79694	24
25	0,12694	0,25606	0,38978	0,53115	0,68443	0,85624	1,31635	1,70814	2,05954	2,16659	2,48511	2,78744	25
26	0,12689	0,25595	0,38961	0,53089	0,68404	0,85567	1,31497	1,70562	2,05553	2,16203	2,47863	2,77871	26
27	0,12685	0,25586	0,38945	0,53065	0,68368	0,85514	1,31370	1,70329	2,05183	2,15782	2,47266	2,77068	27
28	0,12681	0,25577	0,38930	0,53042	0,68335	0,85465	1,31253	1,70113	2,04841	2,15393	2,46714	2,76326	28

Fuente: Probabilidad e Inferencia Estadística – Rufino Moya C.(2004)

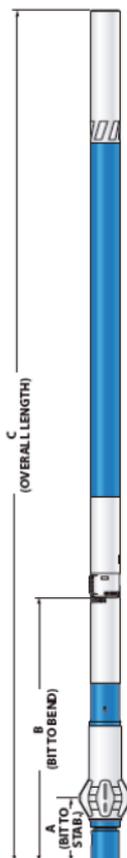
Anexo 2. Tabla de Interpretación de Coeficiente Correlacional Usamos la Siguiete Escala.

Valor	Significado
-1	Correlación negativa grande y perfecta
-0,9 a -0,99	Correlación negativa muy alta
-0,7 a -0,89	Correlación negativa alta
-0,4 a -0,69	Correlación negativa moderada
-0,2 a -0,39	Correlación negativa baja
-0,01 a -0,19	Correlación negativa muy baja
0	Correlación nula
0,01 a 0,19	Correlación positiva muy baja
0,2 a 0,39	Correlación positiva baja
0,4 a 0,69	Correlación positiva moderada
0,7 a 0,89	Correlación positiva alta
0,9 a 0,99	Correlación positiva muy alta
1	Correlación positiva grande y perfecta

Anexo 3 Hoja de Especificaciones Técnicas del Motor de Fondo.



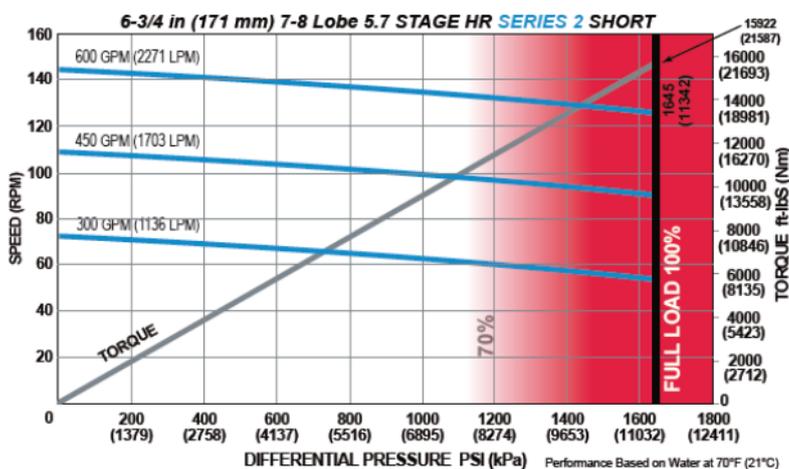
6-3/4 in (171 mm) 7-8 Lobe 5.7 Stage HR SERIES 2 SHORT*



Bit Size Range		8-1/2 - 9-7/8 in	216 - 251 mm
Bit Box Connection		4-1/2 REGULAR	
Bearing Load On Bottom	Dynamic	162100 lbf	72110 daN
	Static	510500 lbf	227080 daN
Bearing Load Off Bottom	Dynamic	162100 lbf	72110 daN
	Static	510500 lbf	227080 daN
Max. Overpull (for re-run)		602600 lbf	268000 daN
Absolute Overpull		1004400 lbf	447000 daN
Adjustable Makeup Torque		25000 ft-lbs	33895 Nm
A = Bit to Stabilizer (centre)		17.2 in	437 mm
B = Bit to Bend	Adjustable	66 in	1676 mm
	Fixed	54 in	1372 mm
C = Overall (with Dump Sub)		381.1 in	9680 mm
Weight		2948 lbs	1337.2 kg

Lobe Configuration	7-8 Lobe 5.7 Stage HR	
Displacement (NO LOAD)	0.17 rev/gal	0.04 rev/l
Max. Differential @ FULL LOAD	1,645 psi	11,342 kPa
Max. Torque	15,922 ft-lbs	21,587 Nm
Max. Power	382 HP	285 kW

Flow Rate		Speed
GPM	LPM	RPM
300	1,136	53 - 72
450	1,703	90 - 108
600	2,271	126 - 144



Possible damage may occur when motor is run higher than 70% of Maximum Differential Pressure.

ADJUSTABLE BUILD RATE: 6-3/4 in (171 mm) 7-8 Lobe 5.7 Stage HR SERIES 2 SHORT

Hole Size	SLICK			STABILIZED		
	8-1/2 (216 mm)	8-3/4 (222 mm)	9-7/8 (251 mm)	8-1/2 (216 mm)	8-3/4 (222 mm)	9-7/8 (251 mm)
BEND ANGLE	Degrees per 100 Feet (30 m)			Degrees per 100 Feet (30 m)		
0.39	-	-	-	1.06	1.18	1.69
0.78	2.11	1.57	-	3.1	3.14	3.66
1.15	4.26	3.72	1.29	5.55	5.43	5.53
1.50	6.3	5.76	3.32	7.86	7.74	7.29
1.83	8.22	7.68	5.24	10.04	9.92	9.41
2.12	9.9	9.36	6.93	11.95	11.84	11.32
2.38	11.41	10.87	8.44	13.67	13.56	13.04
2.60	12.69	12.15	9.72	15.12	15.01	14.49
2.77	13.68	13.14	10.7	16.25	16.13	15.62
2.90	14.43	13.89	11.46	17.1	16.99	16.47
2.97	14.84	14.3	11.86	17.57	17.45	16.94
3.00	15.01	14.47	12.04	17.76	17.65	17.13

FBH BUILD RATE: 6-3/4 in (171 mm) 7-8 Lobe 5.7 Stage HR SERIES 2 SHORT

Hole Size	SLICK			STABILIZED		
	8-1/2 (216 mm)	8-3/4 (222 mm)	9-7/8 (251 mm)	8-1/2 (216 mm)	8-3/4 (222 mm)	9-7/8 (251 mm)
BEND ANGLE	Degrees per 100 Feet (30 m)			Degrees per 100 Feet (30 m)		
1.25	4.4	3.76	0.87	5.97	5.85	6.27
1.50	5.85	5.21	2.33	7.57	7.46	7.58
1.75	7.3	6.66	3.78	9.17	9.06	8.89
2.00	8.76	8.12	5.23	10.78	10.66	10.2
2.25	10.21	9.57	6.69	12.38	12.27	11.75
2.38	10.96	10.32	7.44	13.21	13.1	12.58

This information is for reference only. Build rates are theoretical calculations using three-point geometry and new motor builds. Actual rate predictions will depend on formation characteristics, bit profiles, and WOB.

For custom motor configurations and build rates, please contact your DYNOMAX office.

Anexo 4. Validación de Instrumento

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

TIEMPO DE PERFORACIÓN DEL SISTEMA DIRECCIONAL PETROLERO (m/día)

TABLA DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS				
Apellidos y Nombres del Experto: <u>ALVA VERA CESAR EDUARDO</u>				
Título y/o Grado:				
Ph.D ()	Doctor ()	Magister.....()	Ingeniero... (X)	Otros Especifique ()
Unidad Minera que Labora: <u>CASAPALCA</u>				
Fecha: <u>14-05-19..</u>				
TÍTULO DEL PROYECTO				
"IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DIRECCIONAL PETROLERO PARA MINIMIZAR LA DESVIACION EN LA PERFORACIÓN PILOTO DEL PIQUE CIRCULAR - COMPAÑÍA. MINERA CASAPALCA S.A. - 2018"				
TABLA DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS				
Mediante la tabla de evaluación de expertos, usted tiene la facultad de evaluar a cada una de las preguntas marcando con una "X" en las columnas SI o NO, asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems indicando sus observaciones y/o sugerencia, con la finalidad de mejorar la coherencia de las siguientes:				
ITEMS	PREGUNTAS	APRECIA		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	¿El instrumento de medición cumple con el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el Título de la Investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se menciona las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
6	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo para que se registre la información sin inconvenientes?	X		
TOTAL		6		
SUGERENCIAS:.....				
.....				
 Firma del Experto CIP 150851 CESAR ALVA VERA INGENIERO RESIDENTE AVG SHAFT TECHNOLOGIES S.A.				

Anexo 5. Datos de Perforación sistema Raise Boring Enero 2018

TIEMPO DE INICIO	TIEMPO FINALIZADO	HORAS	AVANCE	DESVIACIÓN ACUMULADA	OPERACIÓN
08:00	08:25	00:25			INSPECCION
08:25	10:35	02:10	1.52		PERFORACION
10:45	13:05	02:20	1.52		PERFORACION
13:15	15:39	02:24	1.52		PERFORACION
15:54	18:15	02:21	1.52		PERFORACION
20:00	20:35	00:35	1.52		PERFORACION
20:45	22:15	01:30	1.52		PERFORACION
22:25	23:50	01:25	1.52		PERFORACION
00:00	01:35	01:35	1.52		PERFORACION
01:45	03:30	01:45	1.52		PERFORACION
04:15	07:00	02:45		0.01°	MEDICION
	PERFORACION		13.68		
	ACUMULADO		13.68		

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 6. Datos de Perforación sistema Raise Boring Enero 2018

TIEMPO DE INICIO	TIEMPO FINALIZADO	HORAS	AVANCE	DESVIACIÓN ACUMULADA	OPERACIÓN
08:30	09:55	01:25	1.52		PERFORACION
10:10	11:45	01:35	1.52		PERFORACION
12:00	13:20	01:20	1.52		PERFORACION
13:35	15:05	01:30	1.52		PERFORACION
15:20	16:45	01:25	1.52		PERFORACION
17:00	18:20	01:20	1.52		PERFORACION
20:00	21:20	01:20	1.52		PERFORACION
21:35	22:55	01:20	1.52		PERFORACION
23:10	00:35	01:25	1.52		PERFORACION
00:50	02:15	01:25	1.52		PERFORACION
02:30	03:55	01:25	1.52		PERFORACION
05:00	07:00	02:00		0.07°	MEDICION
	PERFORACION		16.72		
	ACUMULADO		30.4		

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 7: Datos de Perforación sistema Raise Boring Enero 2018

TIEMPO DE INICIO	TIEMPO FINALIZADO	HORAS	AVANCE	DESVIACIÓN ACUMULADA	OPERACIÓN
08:25	10:00	01:35	1.52		PERFORACION
10:15	11:45	01:30	1.52		PERFORACION
12:00	13:25	01:25	1.52		PERFORACION
13:40	15:05	01:25	1.52		PERFORACION
15:20	16:45	01:25	1.52		PERFORACION
17:00	18:25	01:25	1.52		PERFORACION
20:15	21:44	01:29	1.52		PERFORACION
22:00	23:20	01:20	1.52		PERFORACION
23:35	00:50	01:15	1.52		PERFORACION
01:05	02:25	01:20	1.52		PERFORACION
02:40	04:10	01:30	1.52		PERFORACION
05:00	07:00	02:00		0.12°	MEDICION
PERFORACION			16.72		
ACUMULADO			47.12		

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 8. Datos de Perforación sistema Raise Boring Enero 2018

TIEMPO DE INICIO	TIEMPO FINALIZADO	HORAS	AVANCE	DESVIACIÓN ACUMULADA	OPERACIÓN
08:25	10:10	01:45	1.52		PERFORACION
10:25	11:50	01:25	1.52		PERFORACION
12:05	13:35	01:30	1.52		PERFORACION
17:00	18:25	01:25	1.52		PERFORACION
20:15	21:35	01:20	1.52		PERFORACION
21:55	23:15	01:20	1.52		PERFORACION
23:30	00:55	01:25	1.52		PERFORACION
01:50	03:05	01:35	1.52		PERFORACION
03:20	04:35	01:15	1.52		PERFORACION
05:05	07:00	01:55		0.14°	MEDICION
PERFORACION			13.68		
ACUMULADO			60.80		

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 9. Datos de Perforación sistema Raise Boring Enero 2018

TIEMPO DE INICIO	TIEMPO FINALIZADO	HORAS	AVANCE	DESVIACIÓN ACUMULADA	OPERACIÓN
09:25	10:45	01:20	1.52		PERFORACION
11:00	12:35	01:35	1.52		PERFORACION
12:50	14:25	01:35	1.52		PERFORACION
14:40	16:15	01:35	1.52		PERFORACION
16:30	17:55	01:25	1.52		PERFORACION
20:15	21:44	01:29	1.52		PERFORACION
22:00	23:35	01:35	1.52		PERFORACION
23:50	01:15	01:25	1.52		PERFORACION
01:30	02:50	01:20	1.52		PERFORACION
03:05	04:25	01:20	1.52		PERFORACION
05:15	07:00	01:45		0.15°	MEDICION
	PERFORACION		15.2		
	ACUMULADO		76.00		

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 10. Datos de Perforación sistema Raise Boring Enero 2018

TIEMPO DE INICIO	TIEMPO FINALIZADO	HORAS	AVANCE	DESVIACIÓN ACUMULADA	OPERACIÓN
08:20	09:45	01:25	1.52		PERFORACION
10:00	11:25	01:25	1.52		PERFORACION
11:40	13:05	01:25	1.52		PERFORACION
13:20	14:45	01:25	1.52		PERFORACION
15:00	16:30	01:30	1.52		PERFORACION
16:45	18:25	01:40	1.52		PERFORACION
20:15	21:20	01:05	1.00		PERFORACION
	COMUNICACIÓN			21CM	
	PERFORACION		10.12		
	ACUMULADO		86.12		

Fuente: Elaboración Propia

SEGUNDO TRAMO DE 200.22 METROS

Anexo 11. Datos de Perforación sistema Raise Boring Enero 2018

TIEMPO DE INICIO	TIEMPO FINALIZADO	HORAS	AVANCE	DESVIACIÓN ACUMULADA	OPERACIÓN
10:15	12:45	02:30	1.52		PERFORACION
12:55	15:05	02:10	1.52		PERFORACION
15:15	17:50	02:35	1.52		PERFORACION
20:00	22:25	02:25	1.52		PERFORACION
22:35	00:05	01:30	1.52		PERFORACION
00:15	01:50	01:35	1.52		PERFORACION
02:00	03:35	01:35	1.52		PERFORACION
03:45	05:25	01:40	1.52		PERFORACION
06:15	07:00	00:45		0.002°	MEDICION
	PERFORACION		12.16		
	ACUMULADO		12.16		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 12. Datos de Perforación sistema Raise Boring Enero 2018

TIEMPO DE INICIO	TIEMPO FINALIZADO	HORAS	AVANCE	DESVIACIÓN ACUMULADA	OPERACIÓN
08:20	09:35	01:15	1.52		PERFORACION
09:45	11:05	01:20	1.52		PERFORACION
11:15	12:35	01:20	1.52		PERFORACION
12:45	14:05	01:20	1.52		PERFORACION
14:15	15:25	01:10	1.52		PERFORACION
15:35	16:55	01:20	1.52		PERFORACION
17:05	18:15	01:10	1.52		PERFORACION
20:00	21:20	01:20	1.52		PERFORACION
21:30	22:35	01:05	1.52		PERFORACION
22:45	00:05	01:35	1.52		PERFORACION
00:15	01:35	01:20	1.52		PERFORACION
01:45	03:10	01:25	1.52		PERFORACION
03:20	04:30	01:10	1.52		PERFORACION
04:40	06:05	01:25	1.52		PERFORACION
06:35	07:00	00:25		0.01°	MEDICION
	PERFORACION		21.28		
	ACUMULADO		45.60		

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 13. Datos de Perforación sistema Raise Boring Enero 2018

TIEMPO DE INICIO	TIEMPO FINALIZADO	HORAS	AVANCE	DESVIACIÓN ACUMULADA	OPERACIÓN
08:30	09:45	01:15	1.52		PERFORACION
09:55	11:15	01:20	1.52		PERFORACION
11:25	12:40	01:15	1.52		PERFORACION
12:50	14:15	01:25	1.52		PERFORACION
14:25	15:35	01:10	1.52		PERFORACION
15:45	17:05	01:20	1.52		PERFORACION
17:15	18:25	01:10	1.52		PERFORACION
20:00	21:20	01:20	1.52		PERFORACION
21:30	22:45	01:15	1.52		PERFORACION
22:55	00:20	01:35	1.52		PERFORACION
00:30	01:35	01:20	1.52		PERFORACION
01:45	03:10	01:25	1.52		PERFORACION
03:20	04:30	01:10	1.52		PERFORACION
04:40	05:55	01:15	1.52		PERFORACION
06:35	07:00	00:25		0.06°	MEDICION
	PERFORACION		21.28		
	ACUMULADO		80.56		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 14. Datos de Perforación sistema Raise Boring Enero 2018

TIEMPO DE INICIO	TIEMPO FINALIZADO	HORAS	AVANCE	DESVIACIÓN ACUMULADA	OPERACIÓN
08:40	09:55	01:15	1.52		PERFORACION
10:05	11:20	01:15	1.52		PERFORACION
11:30	12:50	01:20	1.52		PERFORACION
13:00	14:25	01:25	1.52		PERFORACION
14:35	15:50	01:15	1.52		PERFORACION
16:00	17:20	01:20	1.52		PERFORACION
17:30	18:45	01:15	1.52		PERFORACION
20:00	21:15	01:15	1.52		PERFORACION
21:25	22:45	01:20	1.52		PERFORACION
22:55	00:10	01:15	1.52		PERFORACION
00:20	01:35	01:20	1.52		PERFORACION
01:45	03:05	01:20	1.52		PERFORACION
03:15	04:30	01:15	1.52		PERFORACION
04:40	06:00	01:20	1.52		PERFORACION
06:35	07:00	00:25		0.08°	MEDICION
	PERFORACION		21.28		
	ACUMULADO		121.60		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 15. Datos de Perforación sistema Raise Boring Enero 2018

TIEMPO DE INICIO	TIEMPO FINALIZADO	HORAS	AVANCE	DESVIACIÓN ACUMULADA	OPERACIÓN
08:20	09:45	01:25	1.52		PERFORACION
09:55	11:20	01:25	1.52		PERFORACION
11:30	12:40	01:10	1.52		PERFORACION
12:50	14:20	01:30	1.52		PERFORACION
14:35	15:45	01:10	1.52		PERFORACION
16:00	17:10	01:10	1.52		PERFORACION
17:25	18:35	01:10	1.52		PERFORACION
20:00	21:15	01:15	1.52		PERFORACION
21:25	22:35	01:10	1.52		PERFORACION
22:50	00:10	01:20	1.52		PERFORACION
00:25	01:35	01:20	1.52		PERFORACION
01:45	03:00	01:15	1.52		PERFORACION
03:15	04:35	01:20	1.52		PERFORACION
04:50	06:15	01:25	1.52		PERFORACION
06:45	07:00	00:15		0.09°	MEDICION
	PERFORACION		21.28		
	ACUMULADO		161.12		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 16. Datos de Perforación sistema Raise Boring Enero 2018

TIEMPO DE INICIO	TIEMPO FINALIZADO	HORAS	AVANCE	DESVIACIÓN ACUMULADA	OPERACIÓN
08:35	09:55	01:20	1.52		PERFORACION
10:10	11:30	01:20	1.52		PERFORACION
11:45	12:40	00:55	1.52		PERFORACION
12:55	14:20	01:25	1.52		PERFORACION
14:35	15:50	01:15	1.52		PERFORACION
16:00	17:10	01:10	1.1		PERFORACION
17:10	19:00	01:50			COMUNICACIÓN
19:00	19:00	00:00		0.11	MEDICION
	PERFORACION		8.7	38 CM	
	ACUMULADO		200.22		

Fuente: Elaboración propia

TERCER TRAMO DE 300 METROS

Anexo 17. Datos de Perforación sistema Direccional Petrolero Noviembre 2018

TIEMPO DE INICIO	TIEMPO FINALIZADO	HORAS	AVANCE	DESVIACION ACUMULADA	OPERACIÓN
12:30	14:00	1:30			
14:00	14:20	0:20			
14:20	14:33	0:13			
14:33	14:47	0:14	1.52	0.00°	PERFORACION
15:02	15:10	0:08	1.52	0.00°	PERFORACION
15:27	15:39	0:12	1.52	0.00°	PERFORACION
15:54	16:03	0:09	1.52	0.00°	PERFORACION
16:40	16:50	0:10	1.52	0.00°	PERFORACION
17:07	17:16	0:09	1.52	0.001°	PERFORACION
17:34	17:43	0:09	1.52	0.001°	PERFORACION
18:03	18:12	0:09	1.52	0.001°	PERFORACION
18:24	18:32	0:08	1.52	0.001°	PERFORACION
18:24	19:00	0:36			TRASLADO
		Acumulado	43.68		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 18. Datos de Perforación sistema Direccional Petrolero Noviembre 2018

TIEMPO DE INICIO	TIEMPO FINALIZADO	HORAS	AVANCE	DESVIACION ACUMULADA	OPERACIÓN
21:38	21:52	0:14	1.52	0.002°	PERFORACION
23:23	23:33	0:10	1.52	0.002°	PERFORACION
23:48	00:00	0:12	1.52	0.001°	PERFORACION
00:15	00:22	0:07	1.52	0.001°	PERFORACION
00:33	00:46	0:13	1.52	0.002°	PERFORACION
01:04	01:12	0:08	1.52	0.004°	PERFORACION
01:25	01:35	0:10	1.52		PERFORACION
01:49	01:56	0:07	1.52		PERFORACION
02:12	02:20	0:08	1.52		PERFORACION
02:34	02:43	0:09	1.52		PERFORACION
02:59	03:06	0:07	1.52		PERFORACION
03:21	03:28	0:07	1.52	0.001°	PERFORACION
03:45	03:52	0:07	1.52	0.001°	PERFORACION
04:08	04:15	0:07	1.52	0.004°	PERFORACION
04:30	04:37	0:07	1.52	0.002°	PERFORACION
04:51	04:58	0:07	1.52	0.004°	PERFORACION
05:12	05:20	0:08	1.52	0.001°	PERFORACION
05:34	05:42	0:08	1.52	0.002°	PERFORACION
06:03	07:00	0:57			TRASLADO
		Acumulado	71.04		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 19. Datos de Perforación sistema Direccional Petrolero Noviembre 2018

TIEMPO DE INICIO	TIEMPO FINALIZADO	HORAS	AVANCE	DESVIACION ACUMULADA	OPERACIÓN
08:53	09:02	0:09	1.52		PERFORACION
09:16	09:24	0:08	1.52	0.003°	PERFORACION
09:42	09:51	0:09	1.52	0.001°	PERFORACION
10:02	10:16	0:14	1.52	0.001°	PERFORACION
10:29	10:39	0:10	1.52	0.004°	PERFORACION
10:51	11:00	0:18	1.52	0.004°	PERFORACION
11:10	11:20	0:10	1.52		PERFORACION
11:34	11:44	0:10	1.52		PERFORACION
12:02	12:09	0:07	1.52		PERFORACION
12:25	12:33	0:08	1.52		PERFORACION
15:12	15:19	0:07	1.52		PERFORACION
16:20	16:30	0:10	1.52	0.002°	PERFORACION
16:48	16:55	0:07	1.52	0.004°	PERFORACION
17:10	17:17	0:07	1.52	0.004°	PERFORACION
17:38	17:45	0:07	1.52	0.001°	PERFORACION
18:00	18:07	0:07	1.52	0.004°	PERFORACION
18:31	18:39	0:08	1.52	0.002°	PERFORACION
		Acumulado	96.88		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 20. Datos de Perforación sistema Direccional Petrolero Noviembre 2018

TIEMPO DE INICIO	TIEMPO FINALIZADO	HORAS	AVANCE	DESVIACION ACUMULADA	OPERACIÓN
21:48	21:58	0:10	1.52	0.007°	PERFORACION
22:13	22:19	0:06	1.52	0.004°	PERFORACION
22:36	22:49	0:13	1.52	0.001°	PERFORACION
23:02	23:11	0:18	1.52	0.004°	PERFORACION
23:26	23:34	0:08	1.52	0.005°	PERFORACION
23:48	23:56	0:08	1.52	0.006°	PERFORACION
00:09	00:18	0:09	1.52	0.002°	PERFORACION
00:30	00:39	0:09	1.52	0.002°	PERFORACION
00:53	01:01	0:08	1.52	0.007°	PERFORACION
01:15	01:25	0:10	1.52	0.004°	PERFORACION
01:37	01:45	0:08	1.52	0.001°	PERFORACION
01:59	02:08	0:09	1.52	0.002°	PERFORACION
02:20	02:30	0:10	1.52	0.004°	PERFORACION
02:39	02:48	0:09	1.52	0.001°	PERFORACION
03:01	03:09	0:08	1.52	0.002°	PERFORACION
03:22	03:31	0:09	1.52	0.002°	PERFORACION
03:42	03:49	0:07	1.52	0.004°	PERFORACION
03:58	04:07	0:09	1.52	0.001°	PERFORACION
04:15	04:23	0:08	1.52	0.006°	PERFORACION
04:32	04:40	0:08	1.52	0.002°	PERFORACION
04:50	04:58	0:08	1.52	0.001°	PERFORACION
05:09	05:17	0:08	1.52		PERFORACION
05:47	07:00	1:13			PERFORACION
		Acumulado	130.32		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 21. Datos de Perforación sistema Direccional Petrolero Noviembre 2018

TIEMPO DE INICIO	TIEMPO FINALIZADO	HORAS	AVANCE	DESVIACION ACUMULADA	OPERACIÓN
08:59	09:08	0:09	1.52	0.001°	PERFORACION
09:24	09:35	0:11	1.52	0.001°	PERFORACION
09:49	09:57	0:08	1.52	0.004°	PERFORACION
10:10	10:18	0:08	1.52	0.002°	PERFORACION
10:32	10:39	0:07	1.52	0.001°	PERFORACION
10:54	11:02	0:08	1.52	0.007°	PERFORACION
11:17	11:25	0:02	1.52	0.002°	PERFORACION
11:41	11:47	0:06	1.52	0.002°	PERFORACION
12:02	12:08	0:06	1.52	0.001°	PERFORACION
12:43	12:49	0:06	1.52	0.007°	PERFORACION
13:34	13:40	0:06	1.52	0.005°	PERFORACION
13:59	14:06	0:07	1.52	0.002°	PERFORACION
14:26	14:36	0:10	1.52	0.004°	PERFORACION
14:52	14:58	0:06	1.52	0.007°	PERFORACION
15:24	15:30	0:06	1.52	0.002°	PERFORACION
15:45	15:51	0:06	1.52	0.002°	PERFORACION
16:04	16:11	0:07	1.52	0.001°	PERFORACION
16:27	16:33	0:06	1.52	0.002°	PERFORACION
16:48	16:54	0:06	1.52	0.002°	PERFORACION
17:09	17:14	0:05	1.52	0.001°	PERFORACION
17:39	17:45	0:06	1.52	0.002°	PERFORACION
17:56	18:03	0:07	1.52	0.004°	PERFORACION
18:28	18:33	0:05	1.52	0.004°	PERFORACION
		Acumulado	165.28		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 22. Datos de Perforación sistema Direccional Petrolero Noviembre 2018

TIEMPO DE INICIO	TIEMPO FINALIZADO	HORAS	AVANCE	DESVIACION ACUMULADA	OPERACIÓN
20:55	21:03	0:08	1.52	0.002°	PERFORACION
22:45	22:51	0:06	1.52	0.002°	PERFORACION
23:08	23:13	0:05	1.52	0.001°	PERFORACION
00:00	00:06	0:06	1.52	0.007°	PERFORACION
00:16	00:23	0:07	1.52	0.007°	PERFORACION
00:34	00:40	0:06	1.52	0.004°	PERFORACION
00:48	00:55	0:07	1.52	0.001°	PERFORACION
01:04	01:13	0:09	1.52	0.002°	PERFORACION
01:22	01:29	0:07	1.52	0.003°	PERFORACION
01:46	01:54	0:08	1.52	0.004°	PERFORACION
02:05	02:13	0:08	1.52	0.001°	PERFORACION
02:23	02:38	0:15	1.52	0.001°	PERFORACION
03:09	03:19	0:10	1.52	0.002°	PERFORACION
03:30	03:41	0:11	1.52	0.002°	PERFORACION
03:51	04:02	0:11	1.52	0.001°	PERFORACION
04:13	04:23	0:10	1.52	0.006°	PERFORACION
04:36	04:45	0:09	1.52	0.001°	PERFORACION
05:01	05:11	0:10	1.52	0.002°	PERFORACION
05:29	05:38	0:09	1.52	0.001°	PERFORACION
		Acumulado	194.16		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 23. Datos de Perforación sistema Direccional Petrolero Noviembre 2018

TIEMPO DE INICIO	TIEMPO FINALIZADO	HORAS	AVANCE	DESVIACION ACUMULADA	OPERACIÓN
10:08	10:17	0:09	1.52	0.001°	PERFORACION
10:32	10:44	0:12	1.52	0.002°	PERFORACION
10:54	11:06	0:12	1.52	0.002°	PERFORACION
11:17	11:27	0:10	1.52	0.004°	PERFORACION
11:37	11:46	0:09	1.52	0.0001°	PERFORACION
12:00	12:09	0:09	1.52	0.002°	PERFORACION
12:20	12:30	0:02	1.52	0.001°	PERFORACION
12:32	12:49	0:17	1.52	0.007°	PERFORACION
12:59	13:09	0:10	1.52	0.006°	PERFORACION
13:21	13:30	0:09	1.52	0.001°	PERFORACION
13:42	13:53	0:11	1.52	0.002°	PERFORACION
14:03	14:14	0:11	1.52	0.002°	PERFORACION
14:25	14:34	0:09	1.52	0.003°	PERFORACION
14:50	15:01	0:11	1.52	0.007°	PERFORACION
15:04	15:23	0:19	1.52	0.004°	PERFORACION
15:35	15:45	0:10	1.52	0.002°	PERFORACION
15:56	16:07	0:11	1.52	0.002°	PERFORACION
16:19	16:31	0:12	1.52	0.001°	PERFORACION
16:33	16:49	0:16	1.52	0.001°	PERFORACION
17:00	17:09	0:09	1.52	0.002°	PERFORACION
17:22	17:30	0:08	1.52	0.002°	PERFORACION
17:41	17:52	0:11	1.52	0.007°	PERFORACION
18:02	18:13	0:11	1.52	0.004°	PERFORACION
		Acumulado	229.12		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 24. Datos de Perforación sistema Direccional Petrolero Noviembre 2018

TIEMPO DE INICIO	TIEMPO FINALIZADO	HORAS	AVANCE	DESVIACION ACUMULADA	OPERACIÓN
19:00	20:00	1:00			TRASLADO
20:00	21:45	1:45			OTROS
21:45	22:00	0:15			LAVADO
22:00	23:00	1:00			MANTTO
23:00	23:24	0:24			LAVADO
23:24	00:00	0:36			OTROS
00:00	04:45	4:45			LIMPIEZA DE POZA
04:45	05:05	0:20			LAVADO
05:05	05:13	0:08			CAMBIO
05:13	05:25	0:12	1.52	0.002°	PERFORACION
05:25	05:27	0:02			LAVADO
05:27	05:39	0:12			CAMBIO
05:39	05:50	0:18	1.52	0.004°	PERFORACION
05:50	05:52	0:02			LAVADO
05:52	06:01	0:06			CAMBIO
06:01	06:15	0:14	1.52		PERFORACION
		Acumulado	233.68		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 25. Datos de Perforación sistema Direccional Petrolero Noviembre 2018

TIEMPO DE INICIO	TIEMPO FINALIZADO	HORAS	AVANCE	DESVIACION ACUMULADA	OPERACIÓN
14:18	14:30	0:12	1.52	0.007°	PERFORACION
14:42	14:51	0:09	1.52	0.002°	PERFORACION
15:15	15:31	0:16	1.52	0.002°	PERFORACION
15:50	15:59	0:06	1.52	0.001°	PERFORACION
16:12	16:20	0:08	1.52	0.007°	PERFORACION
16:33	16:44	0:11	1.52	0.004°	PERFORACION
16:58	17:06	0:08	1.52	0.001°	PERFORACION
17:28	17:36	0:08	1.52	0.001°	PERFORACION
17:51	17:58	0:07	1.52	0.002°	PERFORACION
18:12	18:18	0:06	1.52	0.004°	PERFORACION
18:31	18:37	0:06	1.52	0.001°	PERFORACION
		acumulado	250.40		

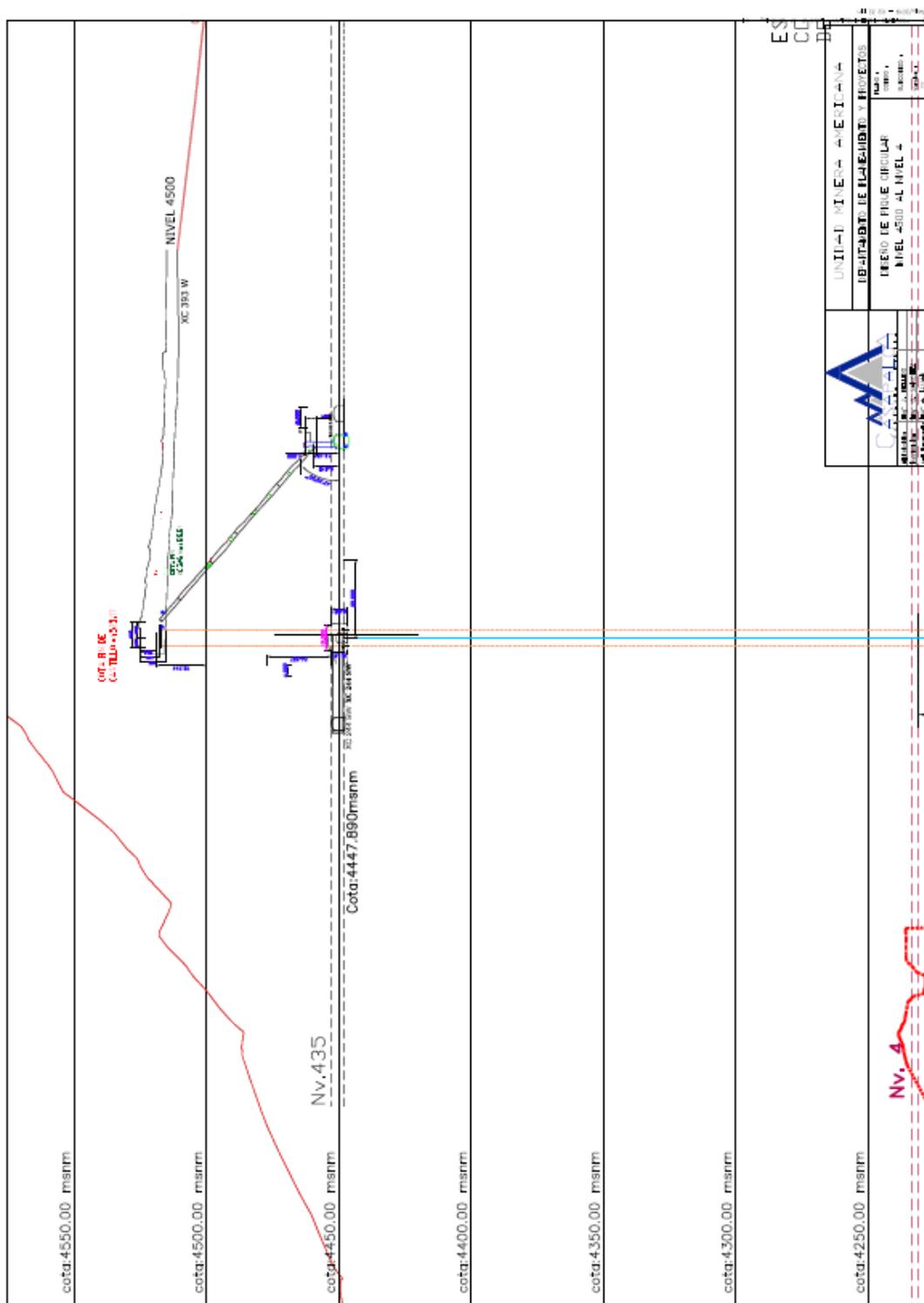
Fuente: Elaboración propia

Anexo 26. Datos de Perforación sistema Direccional Petrolero Noviembre 2018

TIEMPO DE INICIO	TIEMPO FINALIZADO	HORAS	AVANCE	DESVIACION ACUMULADA	OPERACIÓN
18:53	19:05	0:12	1.52	0.004°	PERFORACION
19:16	19:25	0:09	1.52	0.001°	PERFORACION
19:36	19:45	0:09	1.52	0.001°	PERFORACION
19:56	20:05	0:09	1.52	0.001°	PERFORACION
20:18	20:24	0:18	1.52	0.002°	PERFORACION
20:35	20:41	0:06	1.52	0.001°	PERFORACION
20:52	20:59	0:07	1.52	0.002°	PERFORACION
21:20	21:26	0:06	1.52	0.002°	PERFORACION
21:37	21:43	0:06	1.52	0.001°	PERFORACION
21:54	22:03	0:09	1.52	0.004°	PERFORACION
22:17	22:28	0:11	1.52	0.007°	PERFORACION
22:58	23:08	0:10	1.52	0.001°	PERFORACION
23:22	23:30	0:08	1.52	0.001°	PERFORACION
23:45	23:52	0:07	1.52	0.001°	PERFORACION
00:05	00:14	0:09	1.52	0.002°	PERFORACION
00:28	00:35	0:07	1.52	0.004°	PERFORACION
00:50	00:57	0:07	1.52	0.001°	PERFORACION
01:10	01:17	0:07	1.52	0.002°	PERFORACION
01:32	01:43	0:11	1.52	0.004°	PERFORACION
01:52	02:00	0:08	1.52	0.007°	PERFORACION
02:12	02:22	0:10	1.52	0.001°	PERFORACION
02:31	02:39	0:08	1.52	0.002°	PERFORACION
02:50	03:00	0:10	1.52	0.004°	PERFORACION
03:10	03:17	0:07	1.52	0.001°	PERFORACION
03:28	03:36	0:08	1.52	0.007°	PERFORACION
03:39	03:56	0:17	1.52	0.004	PERFORACION
04:08	04:20	0:12	1.52	0.002°	PERFORACION
04:34	04:43		1.52	0.007°	PERFORACION
		Acumulado	294.86		

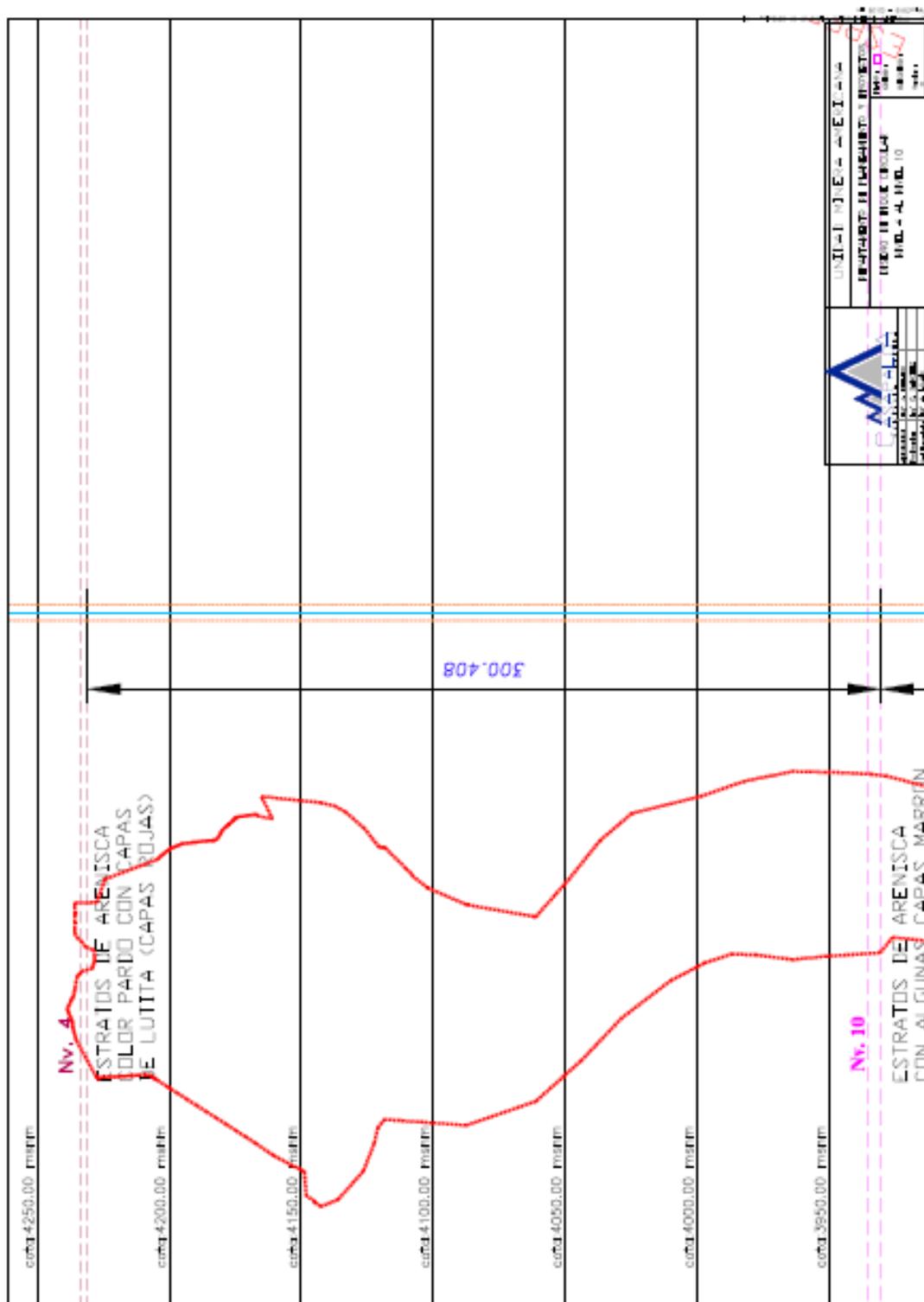
Fuente: Elaboración propia

Anexo 27: Plano de ubicación del Nv 4500 al Nv 4



Fuente: Departamento de topografía Compañía Minera Casapalca

Anexo 28. Plano de ubicación del Nv 4 al Nv 10



Fuente: Departamento de topografía Compañía Minera Casapalca

Anexo 29. Matriz de consistencia

MATRÍZ DE CONSISTENCIA

"IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DIRECCIONAL PETROLERO PARA MINIMIZAR LA DESVIACIÓN EN LA PERFORACIÓN PILOTO DEL PIQUE CIRCULAR - COMPAÑÍA. MINERA CASAPALCA S.A. - 2018"							
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	SUBDIMENSIONES	POBLACION	DISEÑO
PROBLEMA GENERAL:	OBJETIVO GENERAL:	HIPÓTESIS GENERAL:	INDEPENDIENTE				METODO
¿Cómo influye la implementación del sistema direccional petrolero para conservar la dirección en la perforación piloto del pique circular - Compañía Minera Casapalca S.A. 2018?	Deteminar cómo influye la implementación del sistema direccional petrolero para conservar la dirección en la perforación piloto del pique circular - Compañía Minera Casapalca S.A. 2018	La implementación del sistema direccional petrolero permite conservar la dirección en la perforación piloto del pique circular en la Compañía Minera Casapalca S.A. 2018	Sistema direccional petrolero	Caracterización del sistema direccional petrolero	Giro de columna de perforación presión de agua	Longitud del proyecto del pique 1345 m. en la Cía Minera Casapalca S.A.	Técnico Analítico Correlacional
				Tiempo de perforación del sistema direccional petrolero	Velocidad de penetración Perforación por metros		
				Asignación de empuje al sistema giratorio orientado	Penetración de avance		
PROBLEMA ESPECÍFICO:	OBJETIVO ESPECIFICO:	HIPÓTESIS ESPECIFICA:	DEPENDIENTE			MUESTRA	NIVEL DE INVESTIGACIÓN
¿Cómo influye la implementación del sistema direccional petrolero en la desviación de la perforación piloto del pique circular en la Compañía Minera Casapalca S.A.?	Determinar como influye la implementación del sistema direccional petrolero en la desviación de la perforación piloto del pique circular en la Compañía Minera Casapalca S.A.	La implementación del sistema direccional petrolero influye significativamente en la desviación de la perforación piloto del pique circular en la Compañía Minera Casapalca S.A.	Desviación de la dirección de perforacion del pique	Desviación	Longitud	Los tres primeros tramos del pique circular de la Cía Minera casapalca S.A.	Exploratorio, Correlacional
							PRE EXPERIMENTAL
¿Cómo influye la implementación del sistema direccional petrolero en el tiempo de perforación piloto del pique circular en la Compañía Minera Casapalca S.A.?	Determinar como influye la implementación del sistema direccional petrolero en el tiempo de perforación piloto del pique circular en la Compañía Minera Casapalca S.A.	La implementación del sistema direccional petrolero influye positivamente en el tiempo de perforación piloto del pique circular en la Compañía Minera Casapalca S.A.		Tiempo	Días	M= Muestra 1 = Tipo .de sistema de perforación 2= Longitud de desviación r = Correlación	