

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**TESIS**

**Medición de sondajes diamantinos para la evaluación de  
trayectoria de pozos de exploración geológica – Unidad Minera**

**EL PORVENIR - NEXA**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Geólogo**

**Autor: Bach. Chris Steeb SOTO DE LA CRUZ**

**Asesor: Dr. Julio Alejandro MARCELO AMES**

**Cerro de Pasco – Perú - 2022**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**TESIS**

**Medición de sondajes diamantinos para la evaluación de  
trayectoria de pozos de exploración geológica – Unidad Minera  
EL PORVENIR - NEXA**

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

---

**Dr. Reynaldo MEJIA CACERES**

**PRESIDENTE**

---

**Mg. Luis Arturo LAZO PAGAN**

**MIEMBRO**

---

**Mg. Eder Guido ROBLES MORALES**

**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

A mi madre por su constancia, dedicación y apoyo incondicional.

A mi padre, por su ejemplo de esfuerzo y sacrificio.

A mis hermanas por sus consejos y motivación.

A mi esposa por ser mi soporte y cimiento en esta etapa de mi vida.

A mi hijo, debido que él viene este motivo de ser el mejor.

*Chris Soto*

## **AGRADECIMIENTO**

A cada docente de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Geológica por su valimiento en mi formación profesional.

A mi asesor de tesis, por su gran capacidad y experiencia profesional, quien me encamino en lo correcto durante toda la trayectoria del presente proyecto.

A la Empresa EXPLOMIN y Compañía Minera NEXA RESOURCES, por darme la oportunidad de desarrollarme personal y profesionalmente, y por el apoyo necesario para el desarrollo de esta tesis.

A toda mi familia y amistades, por su participación que de una u otra manera me ayudaron a seguir adelante, a ellos mi más grande y sincera gratitud y respeto.

## RESUMEN

La presente investigación se centrará en las mediciones de sondajes de exploración geológica con el fin de evaluar la trayectoria de los pozos ejecutados en las operaciones de perforación diamantina, estos realizados en las labores de la Unidad Minera El Porvenir – NEXA, ubicado en el distrito de San Francisco de Asis de Yarusyacan, Provincia de Pasco, departamento de Pasco a una altitud que va desde 4070 a 4270 m.s.n.m., el estudio contempla principalmente en la evaluación de los datos de medición, la cual nos basaremos primero en la elección de un equipo de medición necesaria para esta investigación y para este tipo de yacimiento SKARN del tipo Porfirítico, la evaluación de los resultados arrojados de la medición la tendremos del software ejecutable del equipo, procesando y reprocesando la información a partir de los datos topográficos del collar levantados por la Unidad Minera EL PORVENIR – NEXA, del cual tendremos resultados tanto numéricos como gráficos y así interpretarlos de acuerdo a la trayectoria que toma a partir de los parámetros aplicados en el proceso de perforación.

**Palabras clave:** Desviación de sondajes, perforación diamantina, exploraciones.

## **ABSTRACT**

This research will focus on the measurements of geological exploration drilling in order to evaluate the trajectory of the wells executed in diamond drilling operations, these carried out in the work of the El Porvenir Mining Unit - NEXA, located in the district of San Francisco de Asis de Yarusyacan, Province of Pasco, department of Pasco at an altitude ranging from 4070 to 4270 meters above sea level, the study mainly contemplates the evaluation of the measurement data, which we will base ourselves first on the choice of a measurement equipment necessary for this investigation and for this type of SKARN deposit of the Porphyritic type, the evaluation of the results obtained from the measurement We will have it from the executable software of the equipment, processing and reprocessing the information from the topographic data of the collar collected by the EL PORVENIR - NEXA Mining Unit, from which we will have both numerical and graphic results and thus interpret them according to the trajectory it takes to starting from the parameters applied in the drilling process.

**Keywords:** Drilling deviation, diamond drilling, explorations.

## INTRODUCCION

Las investigaciones del subsuelo en cuanto a la exploración que se refiere han evolucionado significativamente en los últimos años, esto se debe al gigantesco crecimiento minero en el Perú y a sus estudios exploratorios realizados dentro de este campo.

Debido a esto, la evolución por querer conocer, oscultar, investigar, analizar el subsuelo a mayores profundidad, nos lleva a realizar estudios y métodos de perforación que estos a su vez tienen su base en las investigaciones a profundidad de gran envergadura donde es necesario llegar (Perforación Profunda), mediante el uso de Perforadora Diamantina con recuperación de muestra que es utilizado en todo tipo de suelo y mantos rocosos donde la profundidad a perforar depende del equipo a utilizar y que en algunos campos como el de la minería, estas perforaciones alcanzan profundidades superiores a los 1000 m.

La empresa EXPLOMIN, contratista de la Compañía Minera NEXA Resources Unidad minera El porvenir, realizan campañas de perforación diamantina en labores de interior mina y superficie mina, tanto para taladros de operaciones y exploraciones geológicas a fin de estimar la valorización que pueda o no ser rentable para su desarrollo y explotación.

La perforación diamantina de exploración geológica, se tomados en cuenta en este proyecto, son sin duda uno de los pilares sostenibles de la Compañía Minera NEXA Resources, por ende, la calidad tomada en cuenta durante el proceso de perforación para los resultados finales es alta.

Teniendo en cuenta esto, y partiendo de la premisa de que todos los sondajes tienden a desviarse, se realizó las mediciones de sondajes de los pozos exploratorios, a fin de conocer los datos de orientación de perforación y evaluar la trayectoria del pozo,

procesando y reprocesando la información obtenida, así tener una perspectiva final tanto operacional como tecnológica, redimiendo la precisión del cliente que es NEXA.



## ÍNDICE

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**RESUMEN**

**ABSTRACT**

**INTRODUCCION**

### CAPITULO I

#### PROBLEMA DE INVESTIGACION

<b>1.1.</b>	<b>Identificación y determinación del problema</b>	<b>1</b>
<b>1.2.</b>	<b>Delimitación de la investigación</b>	<b>2</b>
1.2.1.	Delimitación espacial	2
1.2.2.	Delimitación temporal	2
1.2.3.	Delimitación del universo	2
<b>1.3.</b>	<b>Formulación del problema</b>	<b>2</b>
1.3.1.	Problema general	2
1.3.2.	Problemas específicos	3
<b>1.4.</b>	<b>Formulación de objetivos</b>	<b>3</b>
1.4.1.	Objetivo general	3
1.4.2.	Objetivos específicos	3
<b>1.5.</b>	<b>Justificación de la investigación</b>	<b>3</b>
<b>1.6.</b>	<b>Limitaciones de la investigación</b>	<b>4</b>

**CAPITULO II**  
**MARCO TEORICO**

<b>2.1. Antecedentes de estudio</b>	<b>5</b>
2.1.1. Antecedentes Nacionales	5
2.1.2. Antecedentes Internacionales	7
<b>2.2. Bases teóricas-científicas</b>	<b>8</b>
2.2.1. Perforación Diamantina	9
2.2.2. Equipo de perforación	9
2.2.2.1. Máquina de perforación	9
2.2.2.2. Sarta de perforación	20
2.2.2.3. Broca o Corona de perforación	20
2.2.2.4. Escariador (Reaming Shell):	26
2.2.2.5. Barras de perforación	29
2.2.2.6. Barras de revestimiento (casing)	29
2.2.2.7. Tubo interior porta testigo (Corel Barrel)	30
2.2.2.8. Bomba de lodos	31
2.2.2.9. fluidos de perforación	32
2.2.3. Estudio de las desviaciones de los sondajes de perforación	34
2.2.3.1. ¿Por qué se desvía un pozo de perforación?	35
2.2.3.2. ¿Por qué es importante medir un pozo de perforación?	37
2.2.4. Instrumentos de medición de sondajes	41
2.2.4.1. Tipo de equipos de medición de sondajes	41
2.2.4.2. Tecnologías y principios científicos de los instrumentos de medición	42
2.2.4.3. Instrumentos de medición de sondajes más usados:	43

2.2.5. Aplicaciones de la medición de pozos de perforación	44
2.2.5.1. Aplicaciones en el campo de la exploración geológica	44
2.2.5.2. Otras aplicaciones	46
<b>2.3. Definición de términos básicos</b>	<b>47</b>
<b>2.4. Formulación de Hipótesis</b>	<b>50</b>
2.4.1. Hipótesis General	50
2.4.2. Hipótesis Específicas	50
<b>2.5. Identificación de las variables</b>	<b>51</b>
2.5.1. Variable independiente	51
2.5.2. Variables dependientes	51
<b>2.6. Definición operacional de variables e indicadores</b>	<b>51</b>

### CAPITULO III.

#### METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

<b>3.1. Tipo de investigación</b>	<b>53</b>
<b>3.2. Nivel de investigación</b>	<b>53</b>
<b>3.3. Métodos de investigación</b>	<b>53</b>
<b>3.4. Diseño de investigación</b>	<b>53</b>
<b>3.5. Población y muestra</b>	<b>54</b>
3.5.1. Población	54
3.5.2. Muestra	54
<b>3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos</b>	<b>54</b>
3.6.1. Toma de datos	54
3.6.2. Planificación de monitoreo	55

3.6.3. Codificación del punto del pozo de toma de datos	55
3.6.4. Preparación de materiales, equipo e instrumentaria de protección	56
<b>3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación</b>	<b>57</b>
3.7.1. Selección de los instrumentos de investigación	57
3.7.1.1. Reportes de perforación diamantina	57
3.7.1.2. Libretas de campo	57
3.7.1.3. Datos del equipo de medición	58
3.7.2. Validación de los instrumentos de investigación	58
3.7.3. Confiabilidad de los instrumentos de investigación	58
<b>3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos</b>	<b>58</b>
<b>3.9. Tratamiento estadístico</b>	<b>59</b>
<b>3.10. Orientación ética filosófica y epistémica</b>	<b>59</b>

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

<b>4.1. Descripción del trabajo de campo</b>	<b>60</b>
4.1.1. Generalidades	60
4.1.1.1. Ubicación geográfica y política	60
4.1.1.2. Accesibilidad	62
4.1.1.3. Clima	63
4.1.2. Geología	64
4.1.2.1. Contexto Geológico:	64
4.1.2.2. Geología Regional	66
4.1.2.3. Estratigrafía	66
4.1.2.4. Geología Local	69

4.1.2.5. Geología estructural:	70
4.1.2.6. Mineralización	73
4.1.2.7. Controles de la mineralización	75
4.1.2.8. Alteraciones de la roca y del mineral	77
4.1.3. Geología económica	79
4.1.3.1. Mineralogía	79
4.1.4. Minería	80
<b>4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados</b>	<b>82</b>
4.2.1. Datos recopilados antes de la medición de sondaje	82
4.2.2. Elección del equipo de medición de sondajes a usar	88
4.2.2.1. Desde el punto de vista tecnológico	88
4.2.2.2. Desde el punto de vista económico	90
4.2.2.3. Disposición final, elección del equipo de medición	90
4.2.3. Proceso de medición de sondajes	91
4.2.3.1. Instalación del equipo de medición	91
4.2.3.2. Sincronización del equipo con la Tablet mediante el software REFLEXGYRO V. 5.6.8.	93
4.2.3.3. Programación del equipo de medición	94
4.2.3.4. Armado del equipo de medición al fondo del sondaje	95
4.2.3.5. Toma de datos	97
4.2.3.6. Finalización de medición y procesado de datos	99
4.2.4. Resultados de la medición de sondajes (Data Cruda)	102
4.2.4.1. Sondaje PEEPD00927	104
4.2.4.2. Sondaje PEEPD01028	106
4.2.4.3. Sondaje PEEPD01053	109

4.2.5. Resultados del reprocesamiento de medición a partir de datos topográficos	111
4.2.5.1. Sondaje PEEPD00927 _____	115
4.2.5.2. Sondaje PEEPD01028 _____	119
4.2.5.3. Sondaje PEEPD01053 _____	124
4.2.6. Evaluación de resultados de los sondeos medidos _____	128
4.2.6.1. Sondaje PEEPD00927 _____	128
4.2.6.2. Sondaje PEEPD01028 _____	132
4.2.6.3. Sondaje PEEPD01053 _____	137
<b>4.3. Prueba de Hipótesis _____</b>	<b>140</b>
<b>4.4. Discusión de resultados _____</b>	<b>141</b>

## **CONCLUSIONES**

## **RECOMENDACIONES**

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

## **ANEXOS**

## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACION**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

El valor actual de los metales ha hecho incrementar el número de las exploraciones en el territorio nacional. El interés de conseguir mejores resultados hace que aumenten las profundidades de los sondajes, lo cual acrecienta la complejidad de las operaciones y por tanto la calidad en cuanto a la perforación diamantina.

Los sondeos diamantinos son perforaciones que tienen como objetivo la investigación del subsuelo y la toma de muestras, pero su principal problema es el alejamiento del punto objetivo en la perforación que siempre se da, debido al sentido de rotación de la sonda y la profundidad que conlleva. Estas pueden alcanzar profundidades desde algunas decenas hasta algunas centenas de metros (comúnmente entre 50 y 400 m) y ocasionalmente 500 a 1000 metros, esto es, mientras más profundo sea el sondaje, la muestra se aleja más de su objetivo. Es

por tanto que son necesarias realizar mediciones para poder evaluar la trayectoria de éstas.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

### **1.2.1. Delimitación espacial**

El presente proyecto de investigación se realizó dentro del entorno de la Unidad Minera EL PORVENIR de la compañía minera NEXA RESOURCES, en labores de mina subterránea donde se realiza los trabajos de perforación diamantina llamados cámaras de perforación DDH.

### **1.2.2. Delimitación temporal**

La recojo de las variables de interés y la aplicación de los instrumentos de recojo de información se llevó a cabo dentro del área de trabajo, que duró aproximadamente 9 meses del año 2019.

### **1.2.3. Delimitación del universo**

La recolección de información de medición de sondajes será exclusivamente de los pozos de exploración geológica que tengan la mayor profundidad perforada, debido a que ahí radica los mayores problemas de desviaciones que requieren de su evaluación.

## **1.3. Formulación del problema**

### **1.3.1. Problema general**

¿En qué medida las mediciones de sondajes diamantinos influirán en la evaluación de la trayectoria de pozos de exploración geológica en la Unidad minera EL PORVENIR – NEXA?



### **1.3.2. Problemas específicos**

¿Qué equipo de medición es el adecuado para poder realizar las mediciones en pozos de exploración Geológica en la Unidad Minera EL PORVENIR - NEXA?

¿Cómo se procesarán los datos de medición de sondajes realizados en la Unidad Minera EL PORVENIR - NEXA?

¿Cómo se reprocesarán los datos de medición a partir de datos topográficos con el fin de evaluar la trayectoria de los pozos de exploración geológica en la Unidad Minera EL PORVENIR – NEXA?

## **1.4. Formulación de objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Evaluar la trayectoria de los pozos de exploración geológica en la Unidad Minera EL PORVENIR – NEXA.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

Determinar el equipo de medición adecuada para realizar las mediciones de los pozos de exploración geológica.

Procesar correctamente los datos de las mediciones adquiridos con el equipo de medición.

Ejecutar los datos topográficos en los datos de medición de sondaje para reprocesar y evaluar la trayectoria de los pozos de exploración geológica.

## **1.5. Justificación de la investigación**

La presente investigación se justifica, debido a que al realizar la medición y evaluar la trayectoria en sondajes de exploración se incrementa la precisión al objetivo, obteniendo la ubicación correcta del pozo en coordenadas, así como su

inclinación y dirección, accediendo saber la desviación que ha tenido con respecto a su diseño original y definir áreas de exploración rentables en cada una de las áreas de investigación. Esta información es fundamental en el modelamiento geológico para el área de producción.

Además, los aportes del presente proyecto de investigación servirán de guía para otros investigadores interesados en el tema de medición de la trayectoria de sondajes no solo en exploraciones, sino además en áreas de sondajes de operación, teniendo en cuenta aspectos técnicos, medioambientales y de seguridad ocupacional.

#### **1.6. Limitaciones de la investigación**

Las limitaciones han de ser la carencia o poca información en cuanto a investigaciones científicas realizadas en este ámbito de exploración geológica, específicamente en el tema de mediciones.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

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

##### **2.1.1. Antecedentes Nacionales**

Arana Vigo, Jose (2014). “Medición de trayectoria de pozos de prospección geológica” minera Yanacocha – distrito de Hualgayoc, provincia y departamento de Cajamarca. Universidad nacional de Cajamarca.

Donde concluye, que los datos numéricos y gráficos obtenidos nos muestran una desviación de 25.70 m con respecto al punto esperado. La longitud de diseño fue de 900 m, la perforación lograda fue de 838.96 m, esto es, se perforaron 61.04 m menos. La inclinación fue de  $70\ 44^\circ$  con respecto a la horizontal, para un diseño de  $65^\circ$ , por ende, todos los pozos se desvían.

Así mismo menciona que, el equipo de medición de mejor tecnología es el Gyro Reflex, basado en nanotecnología y dotado de cuatro giróscopos que trabajan en serie. Esto accediendo al girar (los giróscopos) logren un alineamiento paralelo al eje terrestre y se pueda determinar la inclinación y el azimut real del

pozo. Su principal fortaleza con respecto a los equipos magnéticos es que no existen alteraciones de los resultados por presencia de metales ferrosos en el pozo.

Además, indica que, la medición de pozos de prospección geológica accede conocer la ubicación en coordenadas de las diferentes muestras o testigos de una perforación este dato es importante, porque el impacto que puede ocasionar la presencia de una formación geológica en el sub suelo define la viabilidad de un proyecto, además la medición no utiliza ningún material peligroso ni contaminante, por lo que el proceso de medición de pozos de prospección no impacta negativamente el medio ambiente. Además, accede perforar menos pozos, porque los datos obtenidos por la medición tienen una ubicación más precisa y el muestreo es más confiable.

Mantilla Tafur, Víctor Hugo (2019) “Control De La Trayectoria De Taladros Variando Tipo De Broca Y Parámetros De Perforación Con Sistema Diamantina” Universidad Privada Del Norte.

Determina que, se tiene una mejor trayectoria de los taladros variando el tipo de broca (2 -4 y 4 -7), variando los parámetros de perforación con sistema diamantina: X1: Profundidad del taladro (m), el parámetro operacional X2: Velocidad de rotación de la corona (RPM), el parámetro operacional X3: Caudal del fluido (gal/min), y el parámetro operacional X4: Pulldown (PSI).

Concluye que, los parámetros de perforación influyen de forma significativa en la inclinación (dip) del taladro. Esto es, al variar los parámetros de perforación, además varía la inclinación del taladro. Al revisar las contribuciones individuales, se puede observar que solo la Profundidad influye significativamente en inclinación del sondaje.

En Cerro de Pasco no existen estudios realizados con respecto al tema. La Minera NEXA RESOURCES, realiza campañas de perforación en sus operaciones y en exploraciones, las perforaciones son tipo diamantina y las realiza la Empresa Especializada EXPLOMIN. Anteriormente no se realizaba las mediciones de los sondajes, por tema de costos y presupuesto que acaecía la empresa contratista, pero a partir de enero del año 2020 se propusieron a arriesgar todo tipo de mejoras en cuanto a las máquinas de perforación, presupuesto que entraría a dichas mediciones de sondajes, esto surge debido a que la compañía minera NEXA exigía la calidad de sus sondajes de perforación, esto es, evaluar la trayectoria de los pozos y así tener una mayor precisión en las operaciones.

### **2.1.2. Antecedentes Internacionales**

Silva, Al. (2008). “Informe Sobre La Tarea De Medir Variaciones En La Dimensión De Pozos”. Lngetro Chile. Pag. 57.

Menciona que, en el año 2004, realizó un estudio sobre mediciones de pozos en exploraciones geológicas presentado en la feria internacional de minería EXPOMIN CHILE apoyado con el equipo de medición GYROSMART que utilizaba giroscopios MEMS, la innovación de este equipo fue la batería interna que utilizaba el equipo, cuya duración era de 3 horas.

Silva, Al. (2008). “Informe Sobre La Tarea De Medir Variaciones En La Dimensión De Pozos”. Lngetro Chile. Pag. 29.

En el año 1996 la compañía “Stockholm Precisión Tools AB” (STP), presentó sus equipos de medición para la industria petrolera, minera y gas natural, los instrumentos de SPT son innovadores y actualmente cuentan con equipos de tecnología de navegación con giróscopos buscadores de norte. Esta innovación

accede al instrumento ubicarse sin necesidad de ingresar datos iniciales como azimut y coordenadas.

En el año 1974 se funda la empresa “Reflex” que produce equipos de medición, siendo su primer producto el Fotobor, basado en toma fotográfica; posteriormente en el año 1990, presenta el instrumento Maxibor instrumento de tecnología óptica y que tuvo mucho éxito, después de presentar innumerables instrumentos, en el año 2005 presenta el Maxibor II, versión vigente a la fecha. Reflex adquiere el GyroSmart mejorando su performance en cuanto a diseño, robustez, software, transmisión de datos, duración de baterías, y hardware para procesamiento de datos. Actualmente es el equipo más versátil y de mejores resultados en el mercado internacional.

Cabe resaltar que estos equipos además de su uso en las industrias petroleras, mineras y gasíferas, se usaron en el rescate de los mineros chilenos atrapados en la mina San José en Atacama, Chile, que se realizó con el apoyo de un instrumento GyroReflex, operado por un contratista de mediciones australiano.

Como ya se mencionó, en el Perú poco se conocen los estudios realizados sobre el tema; existen trabajos de medición realizados por empresas especializadas las que principalmente brindan servicios a la industria del petróleo y minería.

## **2.2. Bases teóricas-científicas**

La perforación diamantina ha ido evolucionando con el tiempo con la incorporación y empleo de diferentes tecnologías, aunque muchas han ido cayendo en desuso, bien por la eficiencia conseguida, o bien por otros condicionantes externos (económicos, medioambientales, etc.).

### **2.2.1. Perforación Diamantina**

La perforación con extracción de testigos o diamantina es un método de perforación rotatorio que se utiliza para extraer muestras de núcleo de rocas y suelos. Sus aplicaciones más comunes se pueden encontrar en investigaciones mineras, geológicas o con fines de cimentación profunda en obras de ingeniería. La designación de diamantina se debe a que utiliza una corona (brocas de sección anular) de acero con diamantes industriales integrados a una matriz de carburo de tungsteno para excavar. Existen dos métodos de perforación de diamantina, uno de ellos es el método convencional y el otro es el denominado por “cable o wireline”. Al perforar con el método convencional la sarta de perforación debe ser retirada completa, una vez que la porta testigo sea vaciado. Al perforar con el método wireline sólo se retira el tubo interior para la obtención del testigo y no es necesario retirar toda la sarta de perforación.

### **2.2.2. Equipo de perforación**

Consta de los siguiente

#### **2.2.2.1. Máquina de perforación**

Consiste en un motor o motorin de 20 a 140 HP que acciona, a través de un panel control, un sistema de transmisión de rotación a una unidad de rotación o CHUCK, que en su interior se encuentra la tubería de perforación y en cuyo extremo se encuentra la corona diamantina. El CHUCK tiene la autonomía de rotar en 360° en un plano vertical, que accede a efectuar perforaciones con la inclinación que se requiera. El avance esta activado por un sistema hidráulico mediante pistones ubicados en el bastidor de la unidad de rotación.

**Figura 1**

Maquina Perforadora DIAMEC U8 con sus componentes



**Fuente:** Atlas COPCO, 2010 “Productos de exploración”

Desde los inicios de 1,860 estos equipos son conocidos como máquinas de perforación diamantina, y han sido desarrollados para una alta performance en recuperación de muestras, con la operación conjunta de productos diamantados. A diferencia de otros equipos de perforación rotaria, estos equipos tienen alta velocidad de rotación. Típicamente un equipo Diamond Drill opera a 1000 R.P.M. o más, comparado con una perforadora rotaria normal, que opera de 60 - 120 R.P.M. ó una perforadora Down the hole de aproximadamente 5 - 20 R.P.M.



Un equipo de perforación diamantina debe ser capaz de perforar taladros en superficie, taladros con ángulos, perforación horizontal o hacia arriba. Tales taladros requieren que la presión sobre la broca sea aplicada por la máquina.

### **Clasificación de los equipos de perforación diamantina**

Los equipos de perforación diamantina se pueden clasificar de acuerdo a los sistemas de perforación a emplear, los cuales son:

Sistema convencional: A este sistema de perforación convencional, se le denomina "operación tubo por tubo", debido a que para obtener la muestra se procede a retirar toda la columna de perforación y para continuar avanzando se agrega un tubo adicional y se tiene que volver a ingresar al taladro toda la columna de perforación retirada.

Sistema Wireline: Este sistema consiste en un método de perforación, en el cual, para obtener la muestra, se realiza una operación de desenganche del tubo interior, a través de un cable Wireline, y por consiguiente con este sistema, no se requiere retirar toda la columna de perforación, dado que la muestra obtenida discurre con el tubo interior a lo largo de la columna de perforación.

A continuación, una subclasificación de los equipos de perforación diamantina, sobre la base de su fuente de poder de accionamiento.

Sistema Convencional: En este sistema contamos con equipos de accionamiento neumático y Electrohidráulico. Estos equipos son muy versátiles, de fácil instalación, con una muy buena capacidad de penetración. Su limitación principal es su capacidad de perforación en

profundidad, pues están diseñadas para una limitada capacidad de perforación. La limitación en el caso de los equipos neumáticos es el aire comprimido.

Sistema Wireline: En este sistema contamos con equipos de accionamiento: Neumático, Mecánico y Electro hidráulico

**Perforación con equipos mecánicos:** Son equipos diseñados principalmente para trabajos en superficie y su sistema de accionamiento puede ser Diesel o eléctrico. No son muy versátiles, requieren de accesos para su instalación respectiva, por ser equipos de difícil maniobrabilidad. Dentro de los equipos existentes en el mercado tenemos a los equipos: Longyear 38 y Longyear 44, de la empresa Boart Longyear.

**Perforación con equipos hidráulicos:** En esta clasificación nos encontramos con dos alternativas de acuerdo a su principal aplicación en el sistema de perforación a realizar y son como sigue: Equipos de superficie y subterráneo.

A continuación, otra subclasificación de los equipos de perforación diamantina, sobre la ubicación y area de perforación.

Equipos de Superficie: Son equipos modulares, accionados por motores Diesel turbocargados versátiles, de transporte práctico y muy poderosos, con altas performances de rendimientos. Estos equipos están preparados para realizar taladros negativos en forma vertical y con inclinaciones de hasta - 45° grados. Dentro de los equipos más comunes en este rubro tenemos:

Equipos LF-70 y LF-140 de Boart Longyear.

Equipos CS-1000, CS-2000 y CS-3000 de Christensen Boyles.

Equipo Diamec 282 de Atlas Copco.

Equipos Subterráneos: Los de última generación son equipos modulares de accionamiento electro-hidráulico, en el cual la operación del equipo es realizada a través de un panel de control, además realizan operaciones de acoples y desacoples de las barras en forma automática a través de la misma máquina, el cual nos lleva a un resultado final de máxima productividad. Los equipos con estas características técnicas, son como sigue:

Equipos LM-45, LM-55, LM-75 y LM-90 de Boart Longyear.

Equipos Diamec 232, Diamec 252 y Diamec 262 de Atlas Copco.

Equipos BBS-10, BBS-15 de Boyles Bross.

Se adjuntan algunas vistas, para una mayor ilustración de los equipos mencionados en párrafos anteriores.

## Equipo De Perforación Diamantina Operación Subterránea

Neumática

*Figura 2*

Máquina perforadora de operación neumática.



*Fuente:* Oscar Rosales Reyes, 2002 – “Innovación Tecnológica en perforación diamantina”

## Equipo De Perforación Diamantina Operación Superficial

*Figura 3*

Máquina LF90.



*Fuente:* Oscar Rosales Reyes, 2002 – “Innovación Tecnológica en perforación diamantina”)

**Figura 4**

Maquina VERSADRILL-03.



**Fuente:** Elaboración propia, 2020.

## Equipo De Perforación Diamantina Para Operación Subterránea

*Figura 5*

Maquina LM75.



*Fuente:* Elaboración Propia, 2020.

**Figura 6**

Maquina DRILLCAT.



**Fuente:** Elaboración propia, 2020.



**Figura 7**

Máquina DE-140 con RODHANDLER

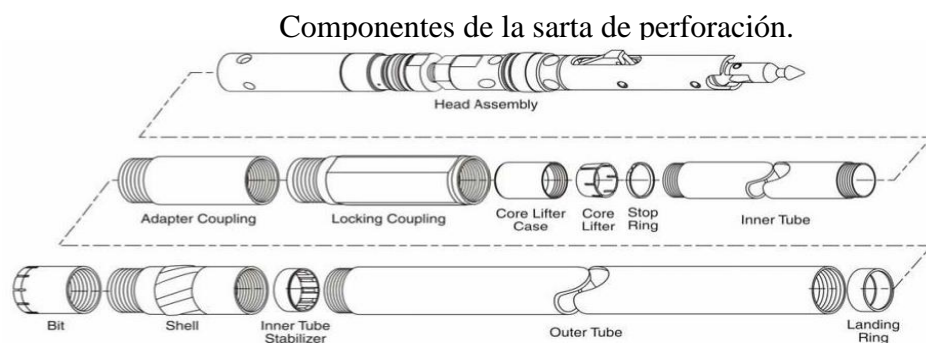


**Fuente:** Elaboración propia, 2020.

### 2.2.2.2. Sarta de perforación

La columna o sarta de perforación es la encargada de transmitir y soportar las fuerzas axiales y de torsión, guiar y colocar la trayectoria del pozo y acceder la circulación de fluidos para enfriar el pozo y enfriar la barrena. Cuenta con los siguientes componentes: broca o corona (bit), reaming Shell o escariador, inner tube stabilizer, barel (outer tube) o tubo exterior, landing ring, adapter coupling, locking coupling, y dentro de ello el porta-resorte (core lifter case), resorte (core lifter broached), seguro (stop ring), tubo interior (inner tube) y cabezal o culatín (head assembly).

**Figura 8**



**Fuente:** BOART LONGYEAR, 2006 “Manual de operación y servicio”

### 2.2.2.3. Broca o Corona de perforación

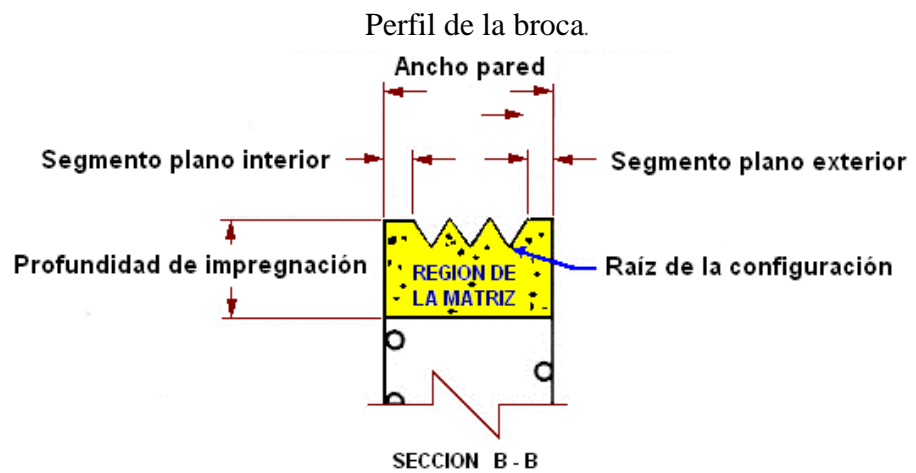
Las coronas o brocas son uno de los constituyentes esenciales de una perforación diamantina, ubicado en frente de la sarta cumple la función de cortar la roca y avanzar con el sondaje. Las coronas diamantinas son brocas de sección anular, de manera que avanza la perforación se talla una muestra de la roca de forma cilíndrica que se introduce en el barril porta testigos inmediatamente detrás de la corona. Existen diferentes tipos de coronas, según la función que desempeñan: brocas de carburo de tungsteno, brocas de carburo de tungsteno triturado,

brocas con diamantes, brocas con diamantes insertados, brocas con diamantes impregnados, en la cual esta última son utilizados en su gran mayoría en los sondajes exploratorios.

En el mercado existe una variedad de fabricantes de coronas sacatestigos impregnadas. La simple gama de 3 productos y con códigos de color fue aceptada prontamente como estándar para la industria de los sondajes diamantinos. En forma progresiva, se han introducido nuevas matrices, materiales diamantados y técnicas de fabricación para crear una gama nueva y mejorada de productos; se trata de las **coronas impregnadas de Serie**. Las Coronas de Serie están codificadas por color y numéricamente del 2 al 10 para eliminar la confusión causada por las coronas codificadas y ofrecidas por otros fabricantes. Como simple guía, mientras más dura es el tipo de roca, mayor es la Serie, esto es, Serie 10 para rocas más duras y las Series 2 y 4 para las formaciones más blandas y abrasivas. En todo caso debe tenerse en cuenta, que muchos otros factores influyen en la selección y empleo de una Corona de Serie.

En los esquemas a continuación se muestra la estructura típica de una corona diamantada. Para visualizar la estructura, se muestra una planta y un perfil de la corona. Se puede observar las vías de agua, la región de la matriz, ancho de pared, etc.

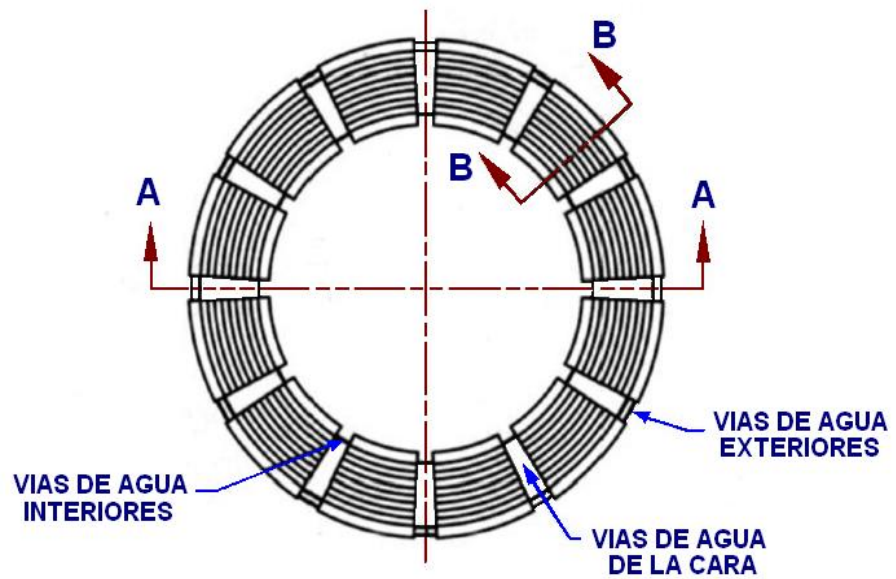
**Figura 9**



*Fuente: GEOTEC, 2005 "manual del perforista"*

**Figura 10**

Vista transversal de la Broca



*Fuente: GEOTEC, 2005 "manual del perforista"*

### Criterios generales de selección de coronas:

Las coronas de Christensen se clasifican según el número de Serie, esta denominación se basa en una descripción de la norma DCDMA, sigla de “Diamond Code Drill Manufacturies Association”, de que considera el tipo de terreno o formación a perforar, relacionando la dureza de la roca con el número de Serie de la corona. Esto significa que si el terreno es blando, fracturado, abrasivo; la corona apropiada sería una Serie # 1 ó # 2. Para la formación dura, la Serie de la corona más alta, Serie # 9 o más.

Es importante tomar en cuenta las velocidades y la potencia de la sonda, para el diámetro y profundidad del pozo a perforar. Si se dispone de un equipo de alta potencia y empuje, se recomienda usar una corona de Serie baja, por el contrario, si se dispone de un equipo de baja potencia, se debe usar coronas de Serie alta.

Sonda baja potencia: Use número Serie alta.

Sonda alta potencia: Use número Serie baja

Es importante obtener la mayor información geológica posible de las condiciones esperadas del terreno, tales como: tipo de roca esperada, dureza de la roca, condiciones del pozo. Es así, que según la condición de la roca se debe considerar:

Roca dureza baja, grano grueso, fracturada => Use número Serie baja.








Roca dureza alta, grano fino, competente => Use número de Serie alta.

### Criterios geológicos de selección de coronas:

A continuación, se presenta una tabla que relaciona el tipo de roca, las características de la roca y la correspondencia con la corona de serie recomendada.

**Tabla 1**

#### Criterios Geológicos de selección de Broca.

<b>Característica de la Roca</b>	<b>Tipos de Roca</b>	<b>Corona o Broca</b>
Extremadamente dura y compacta, de grano fino y no abrasiva. La potencia de la sonda debe ser limitada.	Cuarzo, calcedonia, jaspe, riolitas, taconitas, chert, rocas con mineral de hierro.	Serie # 10 Dorada 
Muy dura y compacta, de grano fino y moderadamente abrasiva. Es una corona de corte muy rápido y capaz de perforar a altas velocidades de penetración.	Dioritas, cuarcitas, taconitas, riolitas	Serie # 9 Púrpura 
Dura, de grano fino a medio grueso. Formaciones sólidas a suavemente fracturadas.	Andesita, granito, gneiss, esquisto, basalto, gabro, diorita, hematita, pórfido silificado.	Serie # 8 Negra 
Moderadamente abrasiva, grano fino a grueso. Formaciones sólidas a suavemente fracturadas.	Pegmatitas, gabro, monzonitas, dolomita, serpentina, pizarra	Serie # 7 Negra 
Abrasiva, de grano medio a grueso. Formación medianamente fracturada. Se comporta bien en formaciones sujetas a cambios en la dureza y abrasividad de la roca	Calcita, conglomerados, areniscas, riolita, talco, pizarra	Serie # 6 Negra 
Abrasiva, grano grueso. Formación fracturada y quebrada.	Arenisca, pegmatitas, cuarcitas.	Serie # 4 Gris 
Extremadamente abrasiva, grano medio a grueso. De blanda a muy dura, altamente fracturada, fallas y derrumbes.	Areniscas, granitos, piedras calizas, cuarcitas	Serie # 2 Roja 

**Fuente:** Aspectos relevantes de perforación, GEOTEC, 2005.

Para la selección de la corona correcta para el terreno adecuado, hay que determinar:

La velocidad.

La potencia de la sonda, para el diámetro (tamaño) y profundidad del pozo a perforar.

En seguida hay que obtener la siguiente información posible respecto de:

Tipos de rocas esperadas.

Condiciones en el fondo del pozo.

La gama de coronas impregnadas se fabrica en tamaños que se adaptan a los barriles de la gran mayoría de las empresas que están en la competencia. Las condiciones de perforación a menudo son difíciles en donde las formaciones cambian repetidamente en un intervalo de perforación muy corto. En esta circunstancia, se recomienda la corona de Serie inmediatamente menor, la que cortará la más dura de las formaciones esperadas.

Se debe tener cuidado para restringir las velocidades de penetración en cualquier roca abrasiva que se encuentre, con el fin de proteger la corona de un desgaste excesivo. Por otro lado, si la desviación del pozo se transforma en un problema, una corona de Serie inmediatamente mayor a la seleccionada en principio, combinada con velocidades de penetración reducidas, puede contribuir a poner el pozo bajo control. En ciertos casos, especialmente en terrenos fracturados, se debe desarrollar un programa con lodo de perforación para mantener la estabilidad del pozo.

**Tabla 2**

Dureza de la roca y su relación con las coronas.

TIPO DE ROCA	DUREZA ROCA				
	BLANDA	MEDIA	DURA	MUY DURA	ULTRA DURA
Serpentina Arenisca Caliza Yeso Calcita Lutita Talco	Dolerita Dolomita Andesita Basalto	Pegmatita Peridotita Gabro Esquisto Norita	Cuarcita Riolita Granito Gneis Diorita	Taconita Jaspe Cuarzo Chert	
Corona de Serie N°	1				
	6				
	2				
	7				
	8				
	9				
	10				

**Fuente:** GEOTEC, 2005 “Aspectos relevantes de perforación”.

**2.2.2.4. Escariador (Reaming Shell):**

El escariador o ensanchador va ubicado inmediatamente después de la corona donde su primera función es conservar el diámetro nominal de la perforación a lo largo del pozo con la finalidad de acceder que una nueva corona sea bajada al pozo sin atascarse. La segunda función es estabilizar el barril porta testigo protegiendo con esto el desgaste excesivo en el extremo inferior y evitar las oscilaciones de la corona.



**Figura 11**

Escariador BQ, NQ Y HQ.



**Fuente:** GEOTEC, 2005 “Aspectos relevantes de perforación”

Los escariadores incrustados pueden emplearse en todo tipo de formaciones rocosas, desde blandas a muy duras, competentes o altamente fracturadas.

Existen 3 tipos de escariadores que se adaptan a todas las aplicaciones de perforación:

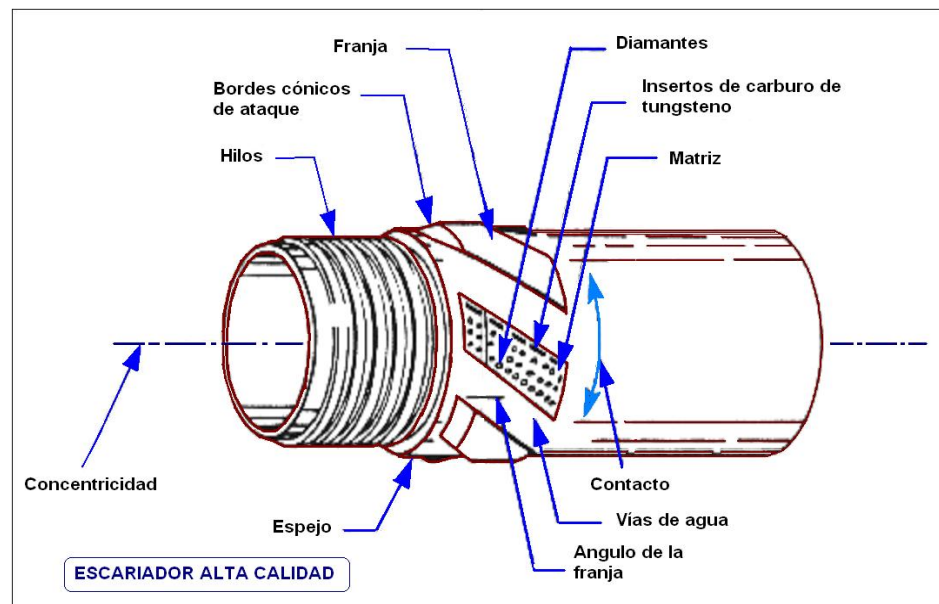
Escariador de alta calidad, de prolongada vida útil, para usar en pozos profundos, diseñado para durar entre 6 y 10 coronas impregnadas en condiciones normales de perforación, en roca dura.

Escariador para pozos cortos, de bajo costo, para perforaciones de sobrecarga; diseñado para durar entre 3 y 6 coronas impregnadas en condiciones normales de perforación.

Escariador corregido, para pozos rectos y profundos. Diseñado para durar entre 6 y 10 coronas impregnadas en roca dura. Es un escariador de vida útil prolongada.

**Figura 12**

Partes del escariador



**Fuente:** GEOTEC, 2005 “Aspectos relevantes de perforación”

#### Selección del escariador y aplicación:

Se deben emplear siempre escariadores del mismo tamaño, tanto con las coronas sacatestigos incrustadas como las impregnadas. Aunque los escariadores diamantados duran más que las coronas (3 a 6 veces) se recomienda alternar 2 o más escariadores en cada pozo, con el fin de mantener el diámetro adecuado del pozo y descartar los escariadores que se desgastan bajo su diámetro. Si no se respeta esta norma empírica (dada por la experiencia), se obtendrá una corona mal estabilizada o un pozo bajo medida que deberá escarearse posteriormente. Se recomienda usar un calibre de anillo para verificar el desgaste del escariador.

#### **2.2.2.5. Barras de perforación**

Las funciones principales de las barras de perforación son las siguientes:

Transferir torque y rotación desde la máquina perforadora hasta la corona.

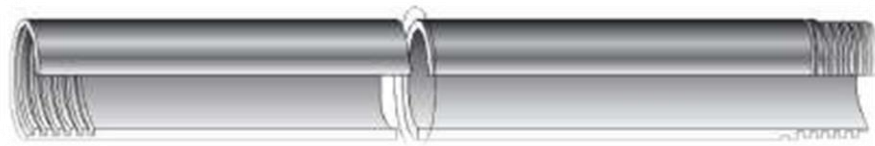
Transferir las fuerzas de levantamiento y extracción.

Servir como una línea de distribución para el agua de lavado.

Servir como una línea de distribución para el ensamblaje del tubo interior.

*Figura 13*

Corte longitudinal de la barra de perforación



*Fuente: Simone J. Oyarzo, 2012 “seminario sondajes DDH”*

#### **2.2.2.6. Barras de revestimiento (casing)**

Las barras o tuberías de revestimiento cumplen con la función principal de estabilizar el material de recubrimiento y las formaciones no estables con tendencia a derrumbe, además cuenta con un diámetro mayor a las barras de perforación.

Usualmente estas son las barras que están es descarte o llamados “tubos viejos”.

**Figura 14**

Barras de revestimiento



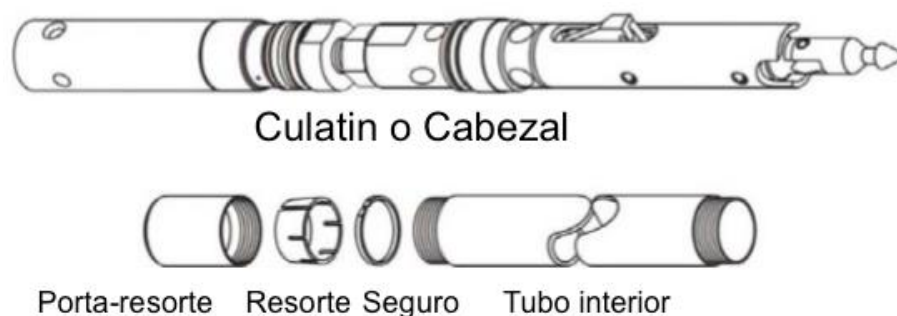
**Fuente:** Simone J. Oyarzo, 2012 “seminario sondajes DDH”

#### **2.2.2.7. Tubo interior porta testigo (Corel Barrel)**

Para un sistema de perforación por cable wireline el barril porta testigo almacena la muestra de testigo en el tubo interior que la corona diamantada corta desde la roca, accediendo extraer la muestra del fondo del pozo sin necesidad de extraer todo el sistema de perforación. Todos los barriles portan testigo mediante cable pipeline incluyen los siguientes componentes principales: Cabezal o Culatín, porta-resorte o zapata (Core lifter), resorte (Core lifter broached), seguro (stop ring), tubo interior (inner tube).

**Figura 15**

Componentes del Corel barel



**Fuente:** Simone J. Oyarzo, 2012 “seminario sondajes DDH”

**Figura 16**

Ensamblaje del tubo interior con sistema Wireline



**Fuente:** Simone J. Oyarzo, 2012 “seminario sondajes DDH”

#### **2.2.2.8. Bomba de lodos**

La función principal de la bomba de lodos o de lavado es hacer circular los medios de lavado en la sarta de perforación desde la fuente de lodos hasta el fondo del pozo. La bomba de lavado utilizada comúnmente en la perforación con recuperación de testigo es la bomba de acción simple con tres cilindros (tríples), la característica principal de esta bomba es brindar un flujo de líquido parejo constante con un mínimo de fluctuación.

*Figura 17*

Bomba de lodos tipo CHAMBER



*Fuente:* Elaboración propia, 2020

#### **2.2.2.9. fluidos de perforación**

Se llama fluido de perforación, lodo, aditivo, agua pesada, al líquido que accede:

Enfriar la sonda (barras, coronas, etc.).

Elevar los detritos de perforación y sacarlos fuera del pozo.

Sostener las paredes del pozo.

El fluido debe ser siempre capaz de depositar una “costra” o “cake” o pasta que reemplace un entubado. Los fluidos de perforación son habitualmente suspensiones coloidales (gelatinas) en base a arcillas, en las que el agua se presenta bajo las formas siguientes:

Agua libre entre las partículas.

Agua adsorbida, esto es, fija rígidamente sobre la superficie de las partículas.

Agua adsorbida o de solvatación formando parte integral de las partículas y transformándolas más o menos en gelatina.

El agua adsorbida, depende de la superficie total de las partículas y la de solvatación, de su volumen. Por tanto, para una cantidad de agua determinada, el agua de adsorción será tanto más importante cuánto más pequeña sea la dimensión de las partículas. Por ejemplo, las bentonitas, cuyas partículas en casi su totalidad tienen una medida inferior a una micra, son excelentes para la fabricación de fluidos de perforación.

Si se seca al aire un lodo, sólo se evapora el agua libre dejando un resto plástico que forma la costra. Las aguas de adsorción y de solvatación no pueden extraerse de este modo. La experiencia muestra que las partículas de arcilla poseen una carga eléctrica y que las propiedades de suspensión dependen de esta carga. Para las partículas muy finas, los efectos de su masa son despreciables ante las acciones eléctricas y basta con modificar éstas, mediante la incorporación de iones, para cambiar la estructura del fluido. Estos iones se incorporan al fluido por medio de electrolitos, o bien por aquellos que se encuentran en las formaciones que se perforan y que se mezclan con el lodo, o bien por los que se agregan para conseguir determinados resultados. El funcionamiento de un fluido es extremadamente complejo, las características más importantes son:

pH.

Agua libre y espesor de la costra.

Densidad.

Viscosidad y Tixotropía.

### **2.2.3. Estudio de las desviaciones de los sondajes de perforación**

Las desviaciones importantes y que son materia de estudio, se presentan principalmente en pozos perforados con sistemas de rotación, esto no implica que pozos perforados con otros sistemas no se desvíen, todas las perforaciones son susceptibles de desviarse. La importancia de estudiar y determinar la desviación de un pozo de prospección, depende de la finalidad de la perforación y de la profundidad, en este sentido es muy importante indicar que las desviaciones materia de estudio son de pozos de exploración geológica de profundidades mayores a los 200 metros.

Cuando se va a perforar un pozo, se tiene una dirección de perforación elegida, este dato depende del estudio, y de manera general, lo indica el equipo de geólogos o ingenieros a cargo de la exploración, sobre este dato es que se mide la desviación de un pozo.



**Tabla 3**

Secuencia común de una perforación.

ITEM	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
1	Cota de boca	Dato suministrado por el cliente o geólogo del proyecto.
2	Coordenadas de la boca	Dato suministrado por el cliente o geólogo del proyecto.
3	Fecha de inicio de la perforación	Cumplidas las etapas previas y requerimientos de la autoridad competente; Plan medio ambiental, procedimientos, etc.
4	Fecha estimada de finalización del proyecto.	El perforista o empresa de perforación, se ciñe al cronograma pactado del proyecto, de acuerdo al equipo y rendimientos estimados.
5	Tipo de maquinaria de perforación y elemento de corte a usar.	El tipo de equipo se define de acuerdo a la magnitud de la obra, a lo que solicita el geólogo, al tipo de terreno y al presupuesto asignado.
6	Espesor de cada tramo diferenciado.	Este dato debe ser proporcionado por el geólogo. El perforista no debe sugerir o indicar el espesor, pues la operación pierde objetividad.
7	Profundidad de cada tramo.	Este dato es consecuencia del anterior.
8	Diámetro de la perforación.	Esto se define por el perforista en acuerdo con el cliente o supervisor asignado por él.
9	Descripción del testigo.	Esta labor es el objetivo principal de la perforación, está a cargo del geólogo y debe ser almacenado convenientemente. (Cajas de testigos)
10	Características del terreno.	Clase de roca, color, grado de alteración, textura, estructura, foliación, ángulo de la estratificación con el eje de sondeo.
11	Fracturación.	Tipo, ángulo que forma con el eje, aspecto superficial, tipo de apertura, ancho, relleno y tipo.
12	Tamaño del testigo obtenido	Este dato, permite una rápida clasificación del macizo.
13	Avance.	Es responsabilidad del perforista, y es de mucha importancia, ya que puede brindar datos sobre tramos durante la perforación. Dando una idea previa del tipo de roca. Asimismo, influye en los costos de perforación.
14	Ensayos de penetración.	De acuerdo a lo que se necesite, pueden ser parte del plan de perforación, o se pueden decidir hacer durante la misma. Se pueden usar otras herramientas de medición o prospección.
15	Muestras	Es la parte fundamental de una perforación de prospección geológica. La define el geólogo con el proyectista, quienes deberán interpretar las diferentes muestras obtenidas o enviar a laboratorio para su análisis.
16	Niveles freáticos	El nivel freático es determinante en la perforación, no solo operativamente, ya que este dato también es muy importante al momento de evaluar las muestras. Operativamente, es necesario conocerlo y tomar medidas adecuadas, ya que el fluido de perforación inunda el pozo y si existe presencia de agua hay que controlar los niveles permanentemente.
17	Otros	Todas las incidencias que se consideren relevantes para la prospección, deben ser registradas. Estos datos, al relacionarse, proporcionan una valiosa información al proyecto.

**Fuente:** López, 2002 “Geología aplicada a la ingeniería civil”

### 2.2.3.1. ¿Por qué se desvía un pozo de perforación?

Existen varias causas que producen que un pozo, durante su perforación, se desvíe de su trayectoria de diseño. Estas causas o factores, las podemos agrupar en cuatro tipos:

#### Las propiedades estructurales del suelo:

Cuando el suelo está constituido por un macizo rocoso de alta dureza, la herramienta de perforación consigue una dirección más estable,

esto es la desviación es menor. Cuando la estructura del suelo es muy suave, la herramienta de corte es susceptible de tomar una dirección errónea, esto debido a que las fuerzas de resistencia del suelo son prácticamente nulas frente a la presión ejercida por la corona, por lo que la herramienta puede tomar cualquier camino fácilmente (Carbajal, “Manual de perforación y voladura de rocas”).

Asimismo, cuando el suelo cambia de duro a blando o viceversa, o cuando se encuentra un macizo con un buzamiento que corta la trayectoria de la perforación, la herramienta "busca" un camino menos pesado para continuar, produciéndose la desviación. Los pozos no verticales son muy susceptibles de desviarse, si el perforista no tiene la experiencia o técnica (Carbajal, “Manual de perforación y voladura de rocas”).

La elección del diámetro de perforación: Sí el diámetro elegido es muy grande comparado con el diámetro del varillaje (tubería de perforación) se produce una desviación por falta de resistencia de la sarta de perforación al pandeo, además del desgaste prematuro de ésta (Carbajal, 2009 “Manual de perforación y voladura de rocas”).

Mal alineamiento, mal anclado de maquina y emboque: Esto sucede cuando al momento de instalar los equipos no se le da la orientación adecuada, esto es se realiza un error de operación o maniobra (emboque) desviándose el pozo de su trayectoria de diseño. Este error es muy común (Carbajal, 2009 “Manual de perforación y voladura de rocas”).

Demasiado empuje del pistón de avance (push down): Ocurre cuando el operador del equipo de perforación o perforadora, por falta de experiencia o exceso de confianza, excede en la aplicación de la presión o empuje de la sarta de perforación, generando una desviación positiva hacia arriba (Silva, 2008 “Informe sobre la tarea de medir variaciones en la dimensión de pozos”).

Factores típicos que influyen en las desviaciones:

Condiciones litológicas

Diámetro del pozo.

Tipo de corona o broca.

Tipo y calidad de barras.

Los escariadores.

La velocidad de rotación.

La presión o empuje de perforación.

La habilidad o experiencia del perforista.

La posición inicial.

El ángulo del pozo.

Profundidad del pozo.

Cambio litológico abrupto.

**2.2.3.2. ¿Por qué es importante medir un pozo de perforación?**

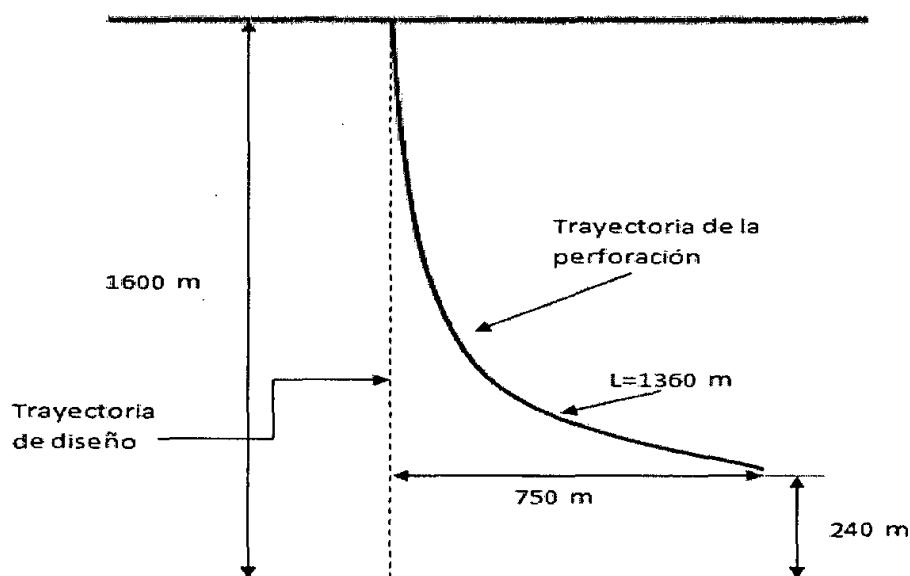
La medición de pozos de sondeo o sondaje, tiene por finalidad lograr establecer el inicio y fin de la trayectoria de los pozos perforados. Partiendo de la premisa real de que todos los pozos se desvían, es muy importante verificar la desviación e inclinación del pozo, esto nos accede saber un punto de origen (coordenada inicial) hasta llegar al fondo del

pozo con un punto final (coordenada final) Este último punto además verifica la longitud real del pozo, esto es la profundidad o metros perforados (Silva, 2008 “Informe sobre la tarea de medir variaciones en la dimensión de pozos”).

(Chamberfort Oklahoma, 1962 “Perforaciones y sondeos”), manifiesta que los pozos pueden tener desviaciones extraordinarias, cita el caso de una perforación de 1 ,600 m de profundidad en Oklahoma, el fondo del pozo con respecto a la vertical se había desviado 750 m y la longitud del pozo era la de diseño, pero se encontraba 240 m por encima de la cota de diseño. Parecería poco probable este tipo de desviaciones, teniendo en cuenta que la tubería de perforación es de acero y necesariamente tiene que curvarse para que la desviación ocurra, sin embargo, se ha comprobado que la curvatura ocurre en la "junta" de la tubería, esto debido a que al unir enroscando la tubería, el hilo de la rosca sufre un desgaste por flexión durante la aplicación de la fuerza al perforar, esto origina que la tubería pueda flexionarse en algún sentido con ángulos menores en un primer momento, pudiendo mantenerse así o curvándose permanentemente durante toda la operación de perforación.

**Figura 18**

Desviación del sondaje.



**Fuente:** Chamberfort Oklahoma, 1962 “Perforaciones y sondeos”

Es muy importante medir la trayectoria de estos pozos, debido a que el sondaje se realiza en diferentes puntos de un área determinada. Los resultados obtenidos a diferentes profundidades en un pozo 1, son relacionados con los resultados a las mismas profundidades con un pozo 2, y así sucesivamente en todos los pozos abiertos. Estos puntos perforados forman una malla de perforación de gran escala, debido a que se encuentran a distancias considerables, por lo que la desviación de cada pozo es muy importante al momento de realizar la correlación y análisis de los testigos y formar un volumen de mantos importantes a se tomará en cuenta. En la exploración para dimensionar depósitos minerales, estos volúmenes pueden ser extremadamente diferentes si los datos de medición no son los correctos, este es un problema grave, debido a que las

decisiones, que se toman en base a esa información, pueden determinar la viabilidad del proyecto.

La tendencia mundial es de elevar y uniformizar los estándares de estimación de los recursos y reservas minerales, para esto se han emitido estrictas normativas como la National Instrument 43-101 (NI 43-101). Esta norma se estableció en Canadá y fue desarrollada por la Canadian Securities Administrators (CSA) después del mayor escándalo en la historia de la minería de oro protagonizado por Bre-X Minerals Ud. Empresa fundada por David Walsh, quien en 1995 presentó informes sobre reservas en la jungla de Borneo (Indonesia) conocido como el yacimiento de Busang, estos informes indicaban reservas por 6,500 toneladas de oro, que representaban casi el 8 % de las reservas mundiales del metal precioso ( Mueller, 2009 Revista “Oro y finanzas”).

Las acciones de Bre-X ante esta noticia subieron de \$ 2.00 a \$ 275 dólares canadienses, cuando uno de los inversionistas decidió probar las reservas y realizó los estudios, se dio con la ingrata sorpresa de encontrar que el "yacimiento" no contenía más que piedras sin valor alguno. Ante esta estafa de grandes proporciones, es que la NI 43-101 se emite esperando los siguientes resultados:

Que los inversionistas dispongan de información suficiente para tomar una decisión más confiable sobre la inversión.

Proporciona información que no sea engañosa.

Entender el significado de los resultados.

Poder comparar resultados similares.

Entender los riesgos y limitaciones de los datos.

Generar confianza para con los profesionales que preparan y emiten la información.

Esta Norma es internacional y se aplica en muchos países que la han adoptado para sustentar y validar sus estudios, en el Perú su uso es muy común. En este sentido es que la medición para el control de la trayectoria de los pozos de perforación, aportan información muy valiosa, y que puede sustentar una exploración exitosa, de ser el caso (Pineda, 2008 “medición de perforación de pozos”).

#### **2.2.4. Instrumentos de medición de sondajes**

Los equipos utilizados en la medición de sondaje son de diferente tecnología, esto se debe a la complejidad que representa tomar datos y calcular la posición en rumbo e inclinación de la trayectoria del pozo (rumbo y buzamiento de capas o fracturas).

##### **2.2.4.1. Tipo de equipos de medición de sondajes**

Absolutos: Toman mediciones independientes entre sí, de tal manera que un error no es arrastrado a la siguiente lectura. Son generalmente magnéticos.

Relacionales: Usan una dirección como referencia y miden en forma relativa los cambios con respecto a esta. No son magnéticos. En el mercado existen equipos basados en estos principios, expondremos los diferentes tipos de equipos y tecnologías, así como las experiencias obtenidas en campo.

En los equipos de medición, interesa conocer el grado de precisión del equipo, su resolución y repetitividad. Cualquiera de estos

factores individualmente no es suficiente. Esto es, la resolución no mejora con mayor repetitividad, se puede repetir un dato consistentemente malo.

#### **2.2.4.2. Tecnologías y principios científicos de los instrumentos de medición**

##### Equipos Magnéticos:

Con Brújula – Tropari: Así como todos los que usan película de revelado. El principio es hacer una lectura usando una brújula con inclinómetro basculante y mecanismo de fijación por engranajes, que accede leer en superficie, o tomarle una foto en el punto de medición y revelarla después. Este tipo de medición no accede detectar anomalías magnéticas y tienen baja resolución, su uso está quedando rezagado.

Clinómetro Óptico (1990): Este instrumento consiste en un cilindro de 70 mm de diámetro en el que se aloja una plomada, un nivel de burbuja orientado y una cámara fotográfica. Se introduce el instrumento en el pozo y la cámara va tomando una fotografía cada cierta profundidad, registrando la posición de la burbuja, en un plano cardinal orientado y la posición del eje con respecto a la plomada.

Con Magnetómetros: Miden la intensidad del campo magnético de la tierra en cada punto de medición y acceden hacer un contraste rápido con las lecturas regionales (back ground) y con ello estimar si hubo perturbación magnética. La resolución o aproximación con estos equipos son de décima de grado, miden la inclinación con acelerómetros.

##### Equipos No Magnéticos:

Instrumento Óptico (1,990): Instrumento que accede medir la desviación con respecto a una posición inicial, comúnmente es la

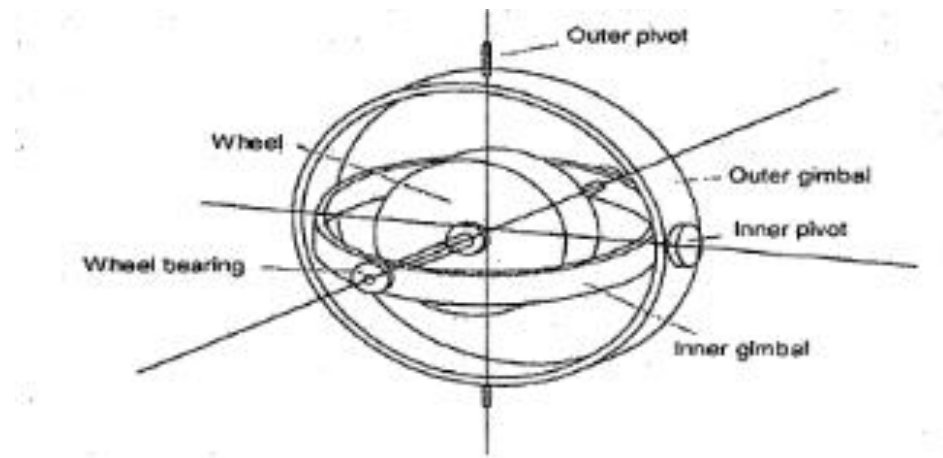


orientación inicial del pozo medido por topografía convencional. La inclinación la mide con acelerómetros, no debe usarse en pozos cercanos a la vertical ( $90^\circ$  con respecto a la horizontal) debido a que no logra discernir entre los círculos el ángulo correcto. (Fuente: Carbajal, 2009 “Manual de perforación y voladura de rocas”)

Giroscopio: Cuando el terreno perforado tiene excesivo contenido de minerales magnéticos (hierro, magnetita, etc) o cuando se requiere medir a través de las barras de perforación (tubería metálica) se usa el giroscopio. Estos equipos son muy delicados y caros, miden el cambio de en la fuerza centrípeta al basculamiento y son muy precisos. (fuente: Carbajal, 2009 “Manual de perforación y voladura de rocas”)

**Figura 19**

Configuración típica giroscopio mecánico de dos ejes



**Fuente:** Carbajal, 2009 “Manual de perforación y voladura de rocas”

#### **2.2.4.3. Instrumentos de medición de sondajes más usados:**

Actualmente los instrumentos de medición más utilizados son los que se basan en tecnologías giroscópicas, seguidos por los equipos multishot no magnéticos, equipos de medición de tensión-elongación y multishot magnético. El orden puede variar, pero es lo más común.

Existen en el mercado varias empresas que han desarrollado estos equipos, los más conocidos son:

Multishot y GyroReflex de la compañía sueca Reflex.

Multishot Gyroscopic STP de la compañía sueca Stockholm Precision Tools.

Deviflex, equipos de tensión-elongación de la compañía sueca Devico.

### **2.2.5. Aplicaciones de la medición de pozos de perforación**

La exploración geológica en perforación diamantina llega a alcanzar grandes profundidades, actualmente es muy usada, pero no hasta hace unos años se restringía a la actividad minera y petrolera, esto debido a su alto costo.

La aplicación de las mediciones en estos aspectos es muy importante debido a que dará un panorama de la orientación del pozo que se perforo.

#### **2.2.5.1. Aplicaciones en el campo de la exploración geológica**

La exploración geológica define el trabajo geológico sobre el terreno o levantamiento de campo, que implica el examen sistemático de una región para información geológica. El objetivo puede ser económico o puramente científico. Bajo este concepto la exploración geológica enmarca a toda investigación sobre el suelo, interna y externamente; sin embargo, para efectos de estudio en esta parte, el enfoque se centrará en la exploración geológica minera. (fuente: Lahee, 1962 “Geología Practica”).

En minería: La exploración geológica se da en la perforación a grandes profundidades, el objetivo es obtener muestras significativas que puedan dar información sobre posibles reservas de minerales metálicos y

no metálicos. La medición es importante debido al carácter financiero de este tipo de operaciones, datos confiables aseguran una inversión con cierto grado de seguridad y viceversa (Lahee, 1962). En minería los pozos que se perforan pueden tener muchos fines, además del muestreo de minerales. (fuente: Lahee, 1962 “Geología Practica”).

Pozos de prospección de fuentes de agua: Para control de escorrentías internas, explotación para consumo humano e industrial. Estos pozos se miden para determinar las coordenadas de los puntos de los afluentes subterráneos. (fuente: Lahee, 1962 “Geología Practica”).

Pozos para tronadura (voladura): Esta perforación se realiza para cargar explosivos, para remover el mineral o material "volado". Las mallas de perforación obedecen a un diseño que contempla distancias de separación entre pozos, esto es muy importante pues la carga de explosivo que se utiliza depende de este dato. La medición de estos pozos es de mucha importancia (fuente: Lahee, 1962 “Geología Practica”).

Chimeneas: Estas estructuras son necesarias en la minería subterránea. Las cuales pueden ser profundas, por lo que es importante determinar su trayectoria durante su construcción de las mismas (fuente: Lahee, 1962 “Geología Practica”).

Perforación dirigida: Cuando se quiere orientar la perforación, a medida que se avanza con el sondaje del pozo se va midiendo para corregir la trayectoria. Un caso donde se aplicó este sistema fue en el rescate de los mineros chilenos en la mina San José en el desierto de Atacama en el año 2010. En este rescate se utilizó un giroscopio que fue midiendo la trayectoria del pozo que debería, inicialmente, establecer

comunicación con la superficie, para finalmente ser la ruta de salida caso (fuente: Pineda, 2008 “medición de perforación de pozos”).

En petróleo: La industria del petróleo es altamente competitiva y los yacimientos se encuentran generalmente a grandes profundidades, incluso debajo del fondo marino. Esta actividad requiere de una alta especialización y recursos financieros. Debido a la gran profundidad y a los equipos de perforación de alta rotación las temperaturas por la fricción generada dentro de los pozos llegan casi a los 1000 °C por lo que es necesario utilizar una funda de alta resistencia para proteger el instrumento de medición (fuente: Pineda, 2008 “Medición de perforación de pozos”).

Estos pozos llegan hasta 2,000 metros de profundidad, por lo que es necesario medir sus desviaciones.

#### **2.2.5.2. Otras aplicaciones**

Las mediciones giroscópicas tienen múltiples aplicaciones fuera del ámbito de la exploración geológica. Se usan para medir perfiles de fondos marinos, inclinación de taludes inaccesibles, dirección e inclinación de tuberías horizontales y verticales y otras aplicaciones donde exista una dirección e inclinación que determinar en espacios determinados por paredes longitudinales y continuas (fuente: Lahee, 1962 “Geología Practica” 2da edición).

### 2.3. Definición de términos básicos

**Giroscopio:** Herramienta versátil de toma sencilla y múltiple, que accede de una manera segura obtener la dirección e inclinación del pozo. Sus lecturas de dirección no tienen interferencia por presencia de metales cercanos a ella. La variabilidad de su uso la hace ser una de las más ventajosas de las herramientas de medición y sus aplicaciones pudiesen ser: tomas sencillas y múltiples dentro de la sarta de perforación o de revestimiento, operaciones con wireline, tomas o registros en pozos horizontales, orientación de núcleos continuo.

**Agujero ciego:** Pozo que no produce recuperación de fluido de los fluidos de perforación.

**Revestimiento:** Tubos huecos de acero utilizados para soportar paredes de la perforación o cuando deben detenerse pérdidas de líquido.

**Agujero de hundimiento:** Pozo cuyas paredes o fondo son inestables y huecos o colapsan dentro del pozo perforado.

**Barril de testigo:** Tubo hueco de acero utilizado para recoger los testigos de roca perforada.

**Bit de perforación:** Una broca que corta muestras de rocas cilíndricas y consiste en una broca de perforación con el conjunto de superficies de diamantes o diamantes impregnados en una mezcla de carburo de tungsteno de acero templado, poco policristalino, o carburo de tungsteno (TC) insertos montados en un bit cilíndrico que corta muestras de roca cilíndrica.

**Conjunto de perforación:** Incluye unidad de poder de perforación, mástil o torre de perforación, bombas de circulación, y la plataforma de montaje.

**Varilla de perforación:** Tubos de acero huecos que están conectados al bit o barril de testigo y a la cabeza giratoria de la unidad de potencia de perforación.

**Plataforma de perforación:** Una plataforma para un conjunto de perforación.

**Overshot:** Un mecanismo de enganche en el extremo del cable de elevación, especialmente diseñado para adherirse o liberar la broca piloto o conjuntos de barriles de testigo cuando se utiliza la perforación de alambre (wireline).

**Montaje de bit piloto:** Diseñado para encajar en la sección final de la barra de perforación para la perforación wireline sin toma de muestra. La broca piloto puede ser de arrastre, cono rodillo o tipo botones de diamante. El bit se puede configurar para sobresalir de la varilla de perforación en función de la formación que se está perforando. (D5876)

**Orificio de exprimido:** Pozo cuyas paredes se mueven por la abertura perforada y por presión sobre las barras de perforación.

**Wireline:** Un cable hecho de hilos de acero conectados a un tambor de izar, que sirve para subir y bajar el barril del testigo, barras de perforación, u otro equipo, según sea necesario en el agujero de perforación.

**Perforación wireline:** Un proceso de perforación rotatoria usando varillas de perforación de diámetro ampliado con trozos de enganche piloto especiales o tubos de muestras que suben o bajan en el interior de las varillas con un alambre y mecanismo de enganche over shot.

**Inclinómetro:** Es una herramienta especial de medición que se coloca más cerca de la broca que un MWD, y por eso da registros más exactos. Se coloca entre la broca y el motor de fondo.

**Brújula:** Instrumento que sirve para medir el rumbo y azimut y el buzamiento de las estructuras geológicas.

**Buzamiento:** (dip), término usado para indicar el ángulo de inclinación de las rocas estratificadas o de estructuras geológicas.

**Macizo:** Término usado en geotecnia para referirse a áreas rocosas cuyo núcleo está constituido de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias.

**Muestra:** Pedazo de roca o mineral, de un tamaño y peso adecuado que pueda servir de elemento del cual se pueda obtener toda la información necesaria para realizar un estudio propuesto.

**Proyección:** Representación gráfica sobre un plano horizontal de las diferentes estructuras geológicas, topográficas o cualquier tipo de estructura, que se ubica encima o debajo de este plano.

**Rumbo:** Dirección que sigue la línea de intersección formada entre el plano horizontal y el plano del estrato o estructura geológica, con respecto al norte o al sur.

**Guía litológica:** Se debe entender un aspecto principal que existe una conexión entre el tipo de litología y el tipo de yacimiento que estamos buscando. Las rocas juegan un papel importante durante la exploración de yacimientos; debido a que cada tipo de roca hospeda diferente tipo de yacimiento; en el caso del Manto Intermedio se reconocen rocas carbonatadas que hospedan la mineralización de Zn-Pb.

**Azimut:** Ángulo que con el meridiano forma el círculo vertical que pasa por un punto de la esfera celeste o del globo terráqueo. Lo más usual es medir el azimut desde el Norte (sea verdadero, magnético o arbitrario).

**Broca:** Unidad que enrolla y desenrolla un cable de acero con el cual se baja soporta el peso de la misma, perfora el subsuelo y permite la apertura del pozo.

**Buzamiento:** Inclinación de un filón o de una capa del terreno. Ángulo con respecto al horizonte sobre el plano de la fractura.

**Empuje Push Down (apretar):** Operación mediante la cual se mantiene en contacto la herramienta de corte con la roca durante la perforación.

**Percusión:** Impacto producido por el golpeo del pistón del equipo sobre el terreno, estas ondas de choque se transmiten a la herramienta de corte a través del varillaje.

**Perforación:** Es agujerear algo atravesando alguna capa. Operación de excavación, consistente generalmente en calar un pozo, abrir un túnel o abrir barrenos en el terreno.

**Posteador:** Tipo de barreno helicoidal.

**Rotación:** Movimiento que hace girar la herramienta de corte para que ataque radialmente la roca.

**Sistema de lodos:** Métodos que prepara, almacena, bombea, inyecta y circula permanentemente por dentro de la sarta un lodo de perforación cumple varios objetivos: lubrica y mantiene fría la broca, sostiene las paredes del pozo y saca a la superficie el material rocoso que se va perforando.

**Tubería o "sarta" de perforación:** Tubos de acero que se van uniendo a medida que avanza la perforación. A los tubos unidos se le conoce como "sarta" de perforación. El primer tubo que se coloca lleva en la punta una broca.

## **2.4. Formulación de Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis General**

La medición de los sondajes diamantinos nos arrojará y registrará datos de orientación del pozo, como azimuth, inclinación, coordenadas y profundidad del pozo, obteniendo resultados de alta confiabilidad, con estas se podrán evaluar la trayectoria de estas.

### **2.4.2. Hipótesis Específicas**



El equipo de medición adecuada para realizar las mediciones de pozos de exploración geológica será el GYROFLEX, ésta tomará datos de excelente y alta calidad.

Las mediciones se ejecutarán con el software del equipo denominado REFLEXGYRO V. 5.6.8, programa por defecto ejecutable del GYROFLEX, este procesara los datos para su evaluación.

Los datos topográficos serán registrados y asignados por el área de topografía de la Unidad Minera EL PORVENIR, estos se podrán ejecutar en los datos de medición como punto inicial o partida, reprocesará la información y se tendrá la trayectoria de los pozos de exploración geológica.

## **2.5. Identificación de las variables**

### **2.5.1. Variable independiente**

Medición de sondajes diamantinos

### **2.5.2. Variables dependientes**

Evaluación de trayectoria de pozos de exploración geológica.

## **2.6. Definición operacional de variables e indicadores**

La definición operacional establecerá las normas y procedimientos que se seguirán, para así medir las variables en este proyecto de investigación.

La forma en que se miden las variables es indirecta unidimensional debido a que tiene su propia la variable, la dimensión y indicadores, que se mostrarán en la siguiente tabla:

**Tabla 4**

Operacionalización de variables

TÍTULO: Medición de sondajes diamantinos para la evaluación de trayectoria de pozos de exploración Geológica – Unidad Minera EL PORVENIR - NEXA.				
DEFINICIÓN DE VARIABLES	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	DEFINICION OPERACIONAL
<b>INDEPENDIENTE:</b>				
<b>Medición de sondajes diamantinos.</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Medición de sondajes:</b> Proceso de cuantificar la posición en rumbo e inclinación de la trayectoria del pozo de perforación.</li> <li>• <b>Pozos de perforación:</b> Sondas de exploración geológica donde existe un punto en el que se realizó la perforación diamantina.</li> </ul>	Realizando la medición de sondajes diamantinos con el equipo de medición adecuada se podrá obtener datos de orientación del pozo.	Medición de sondajes Determinación del equipo de medición.	Equipo de medición. Equipo de medición GYROFLEX. Datos de orientación del pozo.	Si realizamos las mediciones de los sondajes diamantinos con el equipo de medición GYROFLEX lograremos obtener datos de orientación del pozo y aplicando el software por defecto ejecutable del equipo REFLEXGYRO
<b>DEPENDIENTE:</b>				
<b>Evaluación de trayectoria de pozos.</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Trayectoria de pozos de perforación diamantina:</b> es la dirección de los pozos de perforación registradas en datos de azimuth, inclinación y coordenadas.</li> </ul>	El procesamiento de datos de medición de sondajes se realizará con el software por defecto ejecutable del equipo, y aplicando los datos topográficos se reprocesará la información para evaluar la trayectoria del pozo	Procesamiento de datos Reprocesamiento de datos	Software REFLEXGYRO V.5.6.8. Datos topográficos. Trayectoria de pozos de exploración geológica	V.5.6.8 lograremos procesar los datos de medición, y a partir de los datos topográficos se reprocesará la información desde el punto inicial o partida a fin de evaluar la trayectoria de los pozos de exploración geológica.

**Fuente:** Elaboración propia, 2020.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION**

#### **3.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación Aplicativo.

#### **3.2. Nivel de investigación**

El Nivel de Investigación es Descriptivo, que caracteriza los procesos de mediciones de sondajes diamantinos de exploración geológica.

#### **3.3. Métodos de investigación**

El método de investigación es el método cuantitativo, ya que usa la recolección de datos y llevándolos a etapas de: observación, proceso, análisis y reproceso de datos donde se logra postular una hipótesis que manifiesta la información de la calidad de medición y aportara a los resultados finales.

#### **3.4. Diseño de investigación**

El diseño de la investigación es no experimental y transversal, está relacionada a condiciones o conexiones existentes, la toma de datos se realizará por única vez, esto es, se realizará mediciones solo una y única vez por sondaje.

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

Todos los sondajes diamantinos del programa de perforación de exploración geológica de una campaña de 2000 m, realizados en las labores de la Unidad Minera EL PORVENIR – NEXA.

#### **3.5.2. Muestra**

Se tomarán en cuenta los 3 sondajes con mayor profundidad perforada, debido a que son las más representativas desde el punto de vista operacional, de un programa de perforación exploratoria en una campaña de 2000 m, realizados en las labores de la Unidad Minera EL PORVENIR – NEXA.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La técnica de recolección de datos se realizó de la siguiente manera:

#### **3.6.1. Toma de datos**

La toma de datos se recopilará de todos los reportes de avance de sondajes más profundos en la perforación de exploración geológica una vez finalizado el sondaje, observando las características del terreno, el tipo de roca y las condiciones existentes; se recoge las lecturas de los parámetros aplicados del sondaje de perforación tales como: profundidad del taladro (m), velocidad de rotación (RPM), caudal del fluido (gal/min), pulldown, inclinación (dip) y azimut se mide mediante un inclinómetro, teniendo en cuenta que a mayor avance se tiene mayor empuje y rotación por ende mayor desviación del pozo, por lo tanto, se tomaran en cuenta los sondajes con mayor profundidad los cuales son puntos clave para su evaluación.

El muestreo que se realizara será del tipo simple debido a que la medición se ejecutara una sola vez, reflejándose de esta forma las condiciones del medio en

un momento concreto. Una muestra simple se lleva a cabo cuando se deseen analizar parámetros como el Azimut, Inclinación, coordenadas UTM, la temperatura del equipo, etc., que precisen una determinación rápida.

Para esta investigación se realizaron mediciones de sondajes con el equipo GYROFLEX, por la eficiencia y calidad de sus resultados.

### **3.6.2. Planificación de monitoreo**

La planificación del monitoreo se realiza en gabinete para diseñar el trabajo de monitoreo que incluye el establecimiento del ámbito de evaluación, estos datos (data cruda) serán reprocesados con los datos del levantamiento topográfico del sondaje a evaluar adquiridos por el área de topografía, obteniendo la trayectoria y así proceder a su evaluación.

La herramienta principal o software en esta etapa es del mismo equipo de medición denominado REFLEXGYRO V.5.6.8., el cual nos ayudara a evaluar los sondajes tomados en diferentes puntos de vista.

### **3.6.3. Codificación del punto del pozo de toma de datos**

El punto debe ser identificado y reconocido claramente para que permita su ubicación exacta una vez finalizado la perforación. En la determinación de la ubicación se utilizará las coordenadas del punto de monitoreo y estas deben registrarse en el sistema UTM para puntos en sondajes exploratorios.

**Figura 20**

Codificación de sondajes para su evaluación



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

#### **3.6.4. Preparación de materiales, equipo e indumentaria de protección**

Para realizar un monitoreo efectivo, se deberán preparar con anticipación los materiales de trabajo, la movilidad para trasladar los equipos al punto de evaluación o cámara de perforación, tener presente que se debe contar con la presencia de agua y energía eléctrica en la misma cámara, formatos (registro de campo) de acuerdo con la necesidad u objetivo del monitoreo de igual forma el equipo de medición GYROFLEX debe tener todos los materiales y equipos de muestreo, operativos y debidamente calibrados, el operador como la maquina debe de estar operativos y por último tener en cuenta los estándares de seguridad,

debido a que no se realizarán las mediciones si no se presentan las condiciones favorables, como presencia de gases, falta de sostenimiento o malla sobre cargada, etc., y siempre contar con todos los EPP'S asignados por la empresa.

### **3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación**

Los instrumentos de investigación utilizadas en esta tesis son del tipo descriptivo en forma de observaciones, debido a que la información se recauda de las hojas de reporte realizados por los mismos.

En cierto sentido, conocen toda la información necesaria para recopilarla en la base de datos, realiza durante la jornada de perforación, es observacional debido a que se toma datos de campo sobre los parámetros de perforación que ellos aplicaron en su labor.

Los datos arrojados de las mediciones de sondajes tienen el mismo aspecto, pero a diferencia de lo anterior, estos son dados por un equipo, tratados de la misma manera, dándonos datos esenciales, procesarla y reprocesarla a partir de datos topográficos a fin de evaluar la trayectoria del pozo en cuestión.

#### **3.7.1. Selección de los instrumentos de investigación**

Como se mencionó anteriormente se tomarán en cuenta los siguientes:

##### **3.7.1.1. Reportes de perforación diamantina**

Ejecutados y desarrollados por la misma empresa contratista EXPLOMIN y rellenados por los perforistas, estos consideramos como una especie de encuesta debido a que nos proporciona información esencial para el desarrollo de esta tesis.

##### **3.7.1.2. Libretas de campo**

Estas realizada de manera presencial, rellenadas en campo, que consiste en anotar los parámetros de perforación realizadas en la jornada.

### **3.7.1.3. Datos del equipo de medición**

Estos adquiridos de la medición de los sondajes donde nos proporciona información esencial sobre la orientación de la misma, esto en forma directa.

### **3.7.2. Validación de los instrumentos de investigación**

Todos los instrumentos mencionados párrafos arriba son validados, debido a que son visados por el jefe de proyecto de la Unidad EL PORVENIR, firmado y sellado por el mismo, verificando y dando su punto de vista de veracidad tanto en la operación de perforación, la toma de datos en campo y en las mediciones de los sondajes, ya que de no ser así la empresa contratista sufriría amonestaciones económicas basadas en UIT por parte del cliente que es NEXA.

### **3.7.3. Confiabilidad de los instrumentos de investigación**

La confiabilidad de los instrumentos de investigación es de alta calidad del desarrollo de los reportes, la toma de datos de campo y las mediciones realizadas.

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

Para la medición del sondaje y el procesado de datos se empleó el software del equipo de medición que lleva por defecto (REFLEXGYRO V. 5.6.8). Estas mediciones permitieron representar la trayectoria del proceso de perforación al inicio de cada perforación y evaluar la trayectoria hasta el fin de la jordana (fin de taladro) del cual se recolectará la base de datos para interpretar y como aplicar los parámetros establecidos de la perforación diamantina.

La técnica que se usó en el procesamiento de datos es la **estadística descriptiva** en la cual a través de un conjunto de procedimientos se presenta los



datos mediante tablas y gráficos, cuyos resultados de los datos paramétricos determinaran los resultados estadísticos.

### **3.9. Tratamiento estadístico**

Al ser las mediciones de los sondeos variables cuantitativas, se realizará una estadística descriptiva lo cual se mostrarán con gráficos y tablas y se implementará controles de acuerdo con estos resultados.

### **3.10. Orientación ética filosófica y epistémica**

Investigación donde no se incluyen personas, esta se basa en el paradigma explicativo, el cual solo se utilizará información cuantitativa o cuantificable para describir y procesar los datos.

Se salvaguarda la propiedad intelectual respetando el derecho de autor, haciéndolo evidente al registrar la correspondiente cita.

Investigación que tiene valor, ya que representa un juicio sobre la importancia social y científica de la investigación, se plantea una intervención que conduce a mejoras desde el punto de vista operacional, produciendo conocimientos que pueda abrir oportunidad de superación, aunque no sea de forma inmediata.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIONES**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

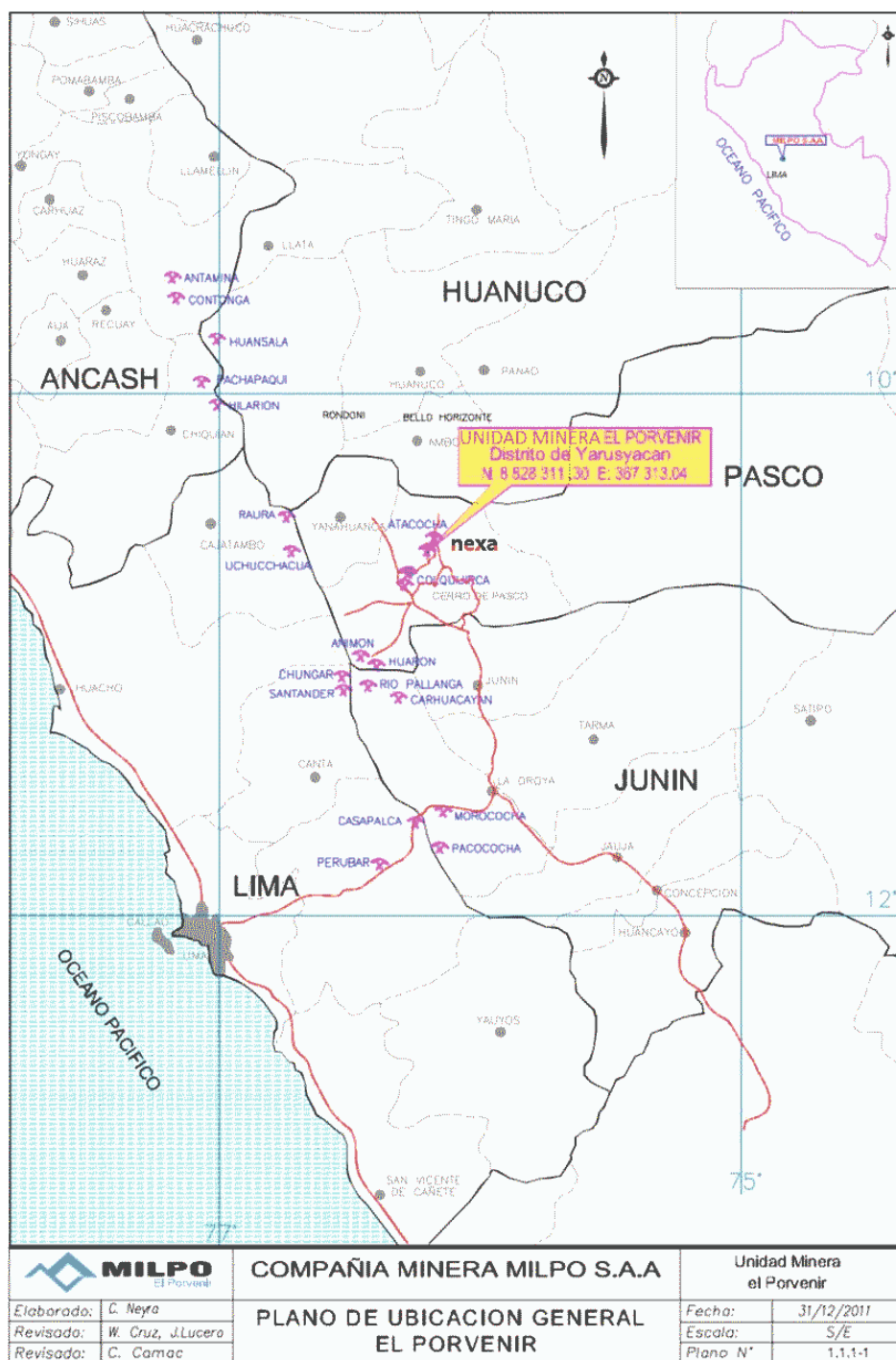
##### **4.1.1. Generalidades**

###### **4.1.1.1. Ubicación geográfica y política**

Políticamente, la Unidad El porvenir se encuentra en el distrito de Yarusyacan, Provincia de Cerro de Pasco, situada a 16 km al NE de la localidad de Cerro de Pasco. Geográficamente en el tramo de la cordillera central que forma el nudo de Pasco, en el flanco E de la gran falla Milpo - Atacocha, en medio de los ríos tingo y Huallaga con cota de 4200 m.s.n.m. y  $10^{\circ}35$  de latitud Sur y  $76^{\circ}12$  de longitud Oeste.

**Figura 21**

**Mapa de la ubicación de la Unidad Minera EL PORVENIR –  
Yarusyacan - Pasco.**



**Fuente:** NEXA REOSURCES, 2018

#### 4.1.1.2. Accesibilidad

**Tabla 5**

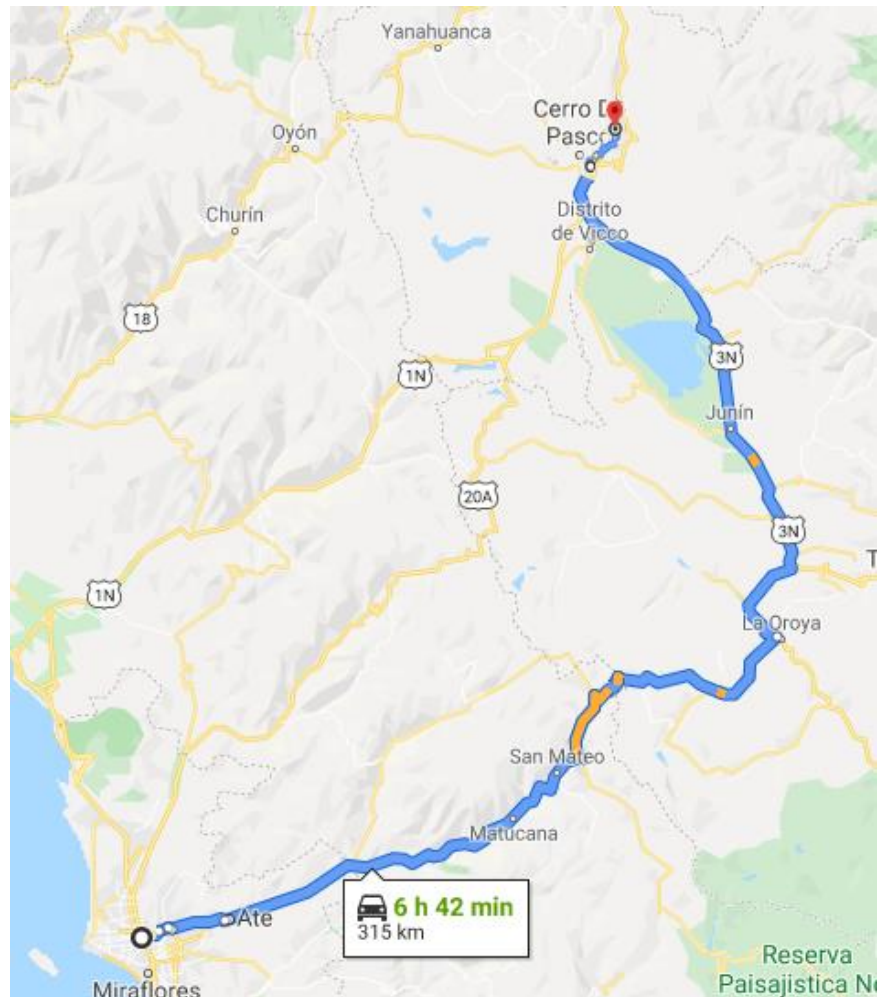
Accesibilidad a la localidad de Milpo, la carretera es totalmente asfaltada.

RUTA	DISTANCIA
Lima – La Oroya – Cerro de Pasco	315 km
Cerro de Pasco – Milpo	17 km

**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 22**

Accesibilidad directamente desde Lima



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 23**

Accesibilidad desde Cerro de Pasco.



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

#### **4.1.1.3. Clima**

El clima de enero a diciembre es muy frío, pero con lluvias moderadas. La temperatura máxima en Milpo es 14°C en noviembre y 11°C en junio.

El promedio de la cifra climática de Milpo es de 6,4. Esto se basa en varios factores, como las temperaturas promedio, la probabilidad de precipitación y las experiencias climáticas de otros.

## **4.1.2. Geología**

### **4.1.2.1. Contexto Geológico:**

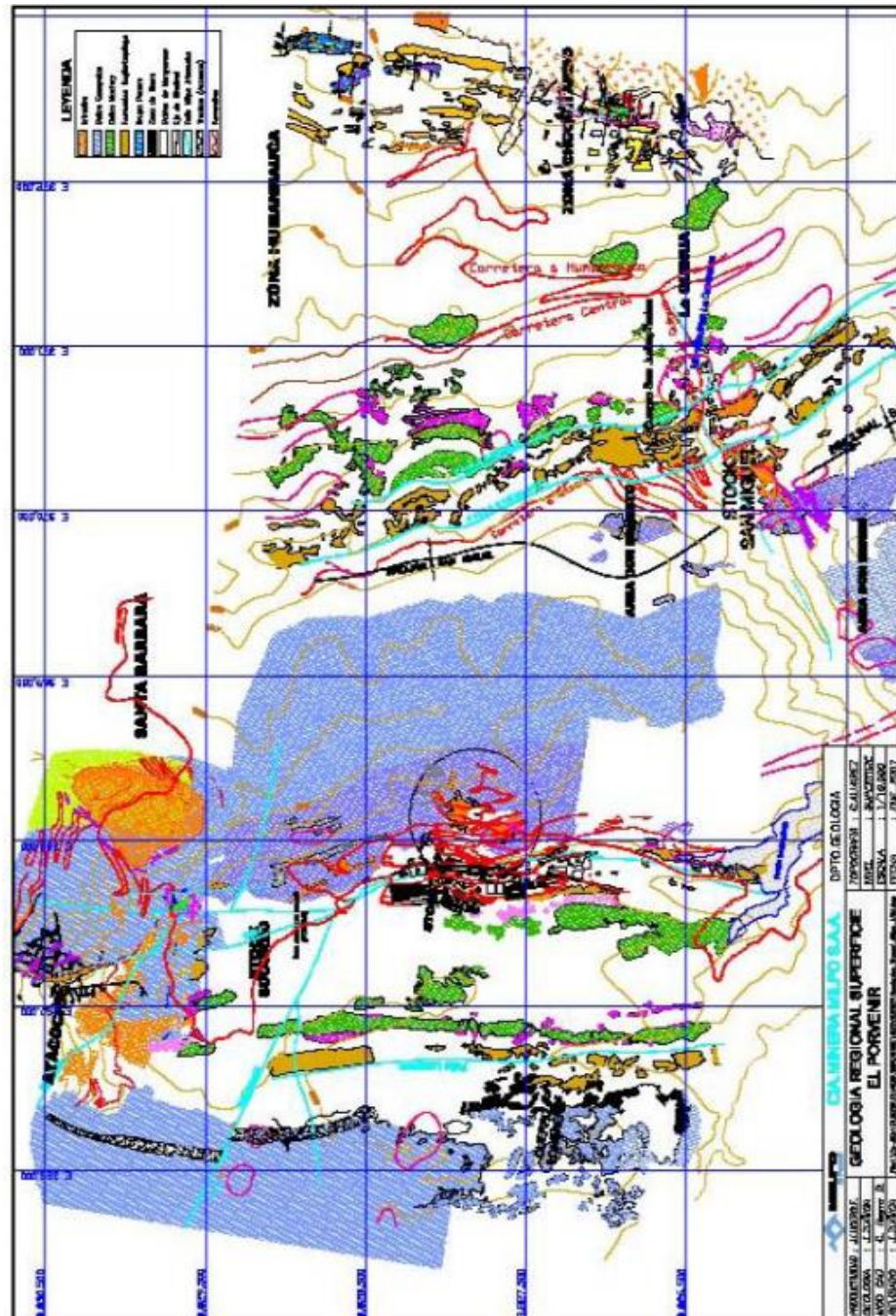
Los Yacimientos Milpo y Atacocha coinciden con el rumbo de la falla regional. Estos yacimientos están ligados a stocks de intrusivos Dacíticos que han originado y creado las condiciones necesarias para la deposición mineral. En el rumbo de la falla Milpo – Atacocha, se muestran fallas de desgarre diagonales a la principal, y que han servido de fiders para el paso de las soluciones mineralizante.

El origen de la geología empieza con los sedimentos del Grupo Pucara dentro de ella las calizas Uliachin del Triásico y calizas del Jurásico. Megard (1968) realizo la división de la serie Pucará en 3 pisos: Chambará (Soriano – Retianos), Aramachay (Hettangiano – Sinemuriano Medio) y Condorsinga (Sinemuriano Superior – Terciario Superior). El techo superior lo conforma el Grupo Goyllarisquizga y la formación Machay pertenecientes al Cretáceo Inferior y Superior respectivamente, las que estan intruídas por los Intrusivos Dacíticos y Andesíticos. En profundidad estos valores disminuyen progresivamente, incrementándose los valores de Zn, Cu, Fe, Cd, y Bi. Hay otros minerales como platas rojas y sulfosales de otra generación que mantiene los valores de plata. La distribución horizontal de minerales desde el intrusivo a la caliza así: intrusivo alterado, abundante pirita, diseminación de esfalerita en skarn, esfalerita, galena, mármol y caliza además del emplazamiento horizontal lejos del intrusivo (más de 100 m.), en niveles más bajos (-760) se encuentran cuerpos de Pb y Ag atribuidos a la gradiente geotérmica conducidos por diques y fallas. Las brechas mixtas de clastos de mármol,

skarn e intrusivo presentan Ag-Pb. En contacto intrusivo-skarn - mármol están constituidos por Pb, Zn y Fe.

*Figura 24*

Geología regional Unidad Minera EL PORVENIR



*Fuente:* NEXA RESOURCES, 2018

#### **4.1.2.2. Geología Regional**

La estructura fundamental es un sinclinal asimétrico con plano axial de rumbo N-S concordante al plegamiento regional desplazado por la falla inversa Milpo - Atacocha a consecuencia de ella se encuentra una distorsión en la secuencia estratifica de las formaciones Pucará, Goyllarisquizga y Machay de edad Jurásica. El marco geológico del distrito mineral es ocasionado por procesos orogénicos y magnáticos ocurridos en el Terciario que provocaron en los sedimentos plegamientos, 3 periodos de fracturamiento e intrusiones sub volcánicas en formas de stocks, diques y sills. Dichos procesos dieron inicio a diversos tipos de depósitos de remplazamiento metasomático a través de estructuras preexistentes. Hay cuerpos ubicados en el contacto intrusivo-caliza englobados en intrusivos tipo roof pendants y cuerpos de brechas post mineral relacionadas con intrusivos. Se muestran vetas de 150 m de longitud y 350 m de profundidad conocida, mineralizadas de galena, esfalerita y sulfosales de plata de rumbo Noreste, buzamiento sub vertical en intrusivo y calizas, así como vetas de rumbo E-O, sub verticales, de poca potencia, de gran contenido de Ag emplazadas en las areniscas del Goyllarisquizga.

#### **4.1.2.3. Estratigrafía**

La secuencia de caliza de Milpo intercalada ente la Formación Mitú y Goyllarisquizga fue denominada como Pucará por Me Laughlin en 1924 y Jenk en 1951 incrustó dentro de ella a las calizas Uliachín 24 del Triasico y a la caliza Paria del Jurásico. Megard (1968) subdividió la serie Pucará en tres pisos: Chambará (NoreanoReteaeno), Aramachay



(Hettangiano-Sinemuriano Medio) y Condorsinga (Sinemurinao Superior-Toarciano Superior). El estudio paleontológico realizado por J.L. Guizado indica que los fósiles recolectados de las calizas adyacentes a la falla Milpo Atacocha muestran una edad correspondiente a los pisos Noriano y Retiano de la Formación Chambará

#### Grupo Pucará:

Consiste en calizas de color negro grisáceo a negro pardusco con placas alternas de piedra caliza con nódulos cortos, orientación N 20 ° W e inmersión vertical que ocurre en capas de 0.10 ma 0.50 m. M. Grueso con una capacidad total de 2000m. Dependiendo de la edad de este grupo, hay tres divisiones: la Formación Chambará, la Formación Aramachay y la Formación Condorsinga. todos corresponden a un yacimiento estrictamente marina.

#### Grupo Goyllarisquizga:

Existe una obvia o cuestionable disonancia con el grupo Pucará, ya que la falla Milpo Atacocha une estas formaciones paralelas entre sí. Presenta una petrología muy diversa representada por las siguientes rocas: arenisca con granos que varían de gris a marrón claro, cuarzo impuro de grano medio de color gris claro, cuarcita silíceo y cuarzo calcedonia matriz, basalto con textura amigdaloides de color gris a marrón.

#### Formación Aramachay:

Yace en concordancia encima del Grupo Goyllarisquizga, con buzamiento y rumbo parecido a este grupo, está representada principalmente por calizas arenosas de colores grises y pardos claro a amarillento, en bancos de 0.10 m a 0.40 m. De espesor y horizontales ínter

estratificados de basalto de color marrón de textura amigdaloides, con una potencia de 100 m.

#### Rocas Intrusivas:

Las intrusiones de Milpo -Atacocha de edad Terciaria estarían vinculados (K.A.M. Gunnes) al cinturón magmático Cenozoico situado al SO del Batolito Costa del Batolito de la Cordillera Blanca, del cual formaron stocks hipabisales agrupados a un sistema de fallas profundas (de dirección andina) relacionadas al Tectonismo Andino. Los stocks sub volcánicos se muestran en el distrito como cuerpos de 1 km<sup>2</sup> de extensión aproximadamente, representados por Santa Bárbara, San Gerardo y Milpo. Además existen diques y sills que intruyen a las calizas Pucará hacia el techo y cerca al Goyllarisquizga con dirección NS utilizando como zonas de ingreso la falla Milpo-Atacocha, y fracturas preexistentes. Los intrusivos tienen gran importancia en la génesis del yacimiento, así como en la localización, magnitud y mineralización de los cuerpos y vetas existentes. Finalmente roca intrusivo-caliza existe una zona de alteración de metamorfismo, skarn y mármol.

#### Intrusivos Dacíticos:

Composición "Granodiorítica, homólogo a una dacita" en la clasificación de rocas volcánicas e hipabisales. Los "intrusivos Dacíticos" están directa e indirectamente asociados con las vetas y cuerpos de mineralización económica del yacimiento.

#### Intrusivos Andesíticos:

De composición "Diorítica", equivalente a la andesita, como roca volcánica e hipabisales.

#### **4.1.2.4. Geología Local**

##### Afloramiento:

Las labores de explotación comenzaron en la veta porvenir y el tratamiento de mineral en Huarancaca a 40 kilómetros de la zona mineralizada. El primer molino se instala en 1 951, la planta de "skin and float", en 1 953 y la puesta en marcha del segundo molino en 1 955, alcanzando una capacidad productiva de 80 mil toneladas de mineral al año. En 1 956 se construye la central hidroeléctrica "La Candelaria", la cual opera con una sola turbina hasta 1 958, en que se instalan dos más.

##### Cuerpos mineralizados

Son depósitos de gran magnitud y contornos irregulares verticalmente de manera de tubos, y de variada ocurrencia. Cuerpos ubicados en las aureolas del contacto con el intrusivo Dacíticos más favorable asociada y diseminada en el skarn. La intensidad está controlada por la extensión del modelo fracturado, con una aureola de caliza decolorada o mármol.

Cuerpos emplazados en bloques erráticos de caliza englobados dentro de stock, que tiene áreas de 1 600 m<sup>2</sup> Estos tipos de cuerpos mineralizados ocurren frecuentemente relacionados a los intrusivos Dacíticos, no hay evidencias de su ocurrencia en o cerca de los contactos con los intrusivos Andesíticos.

##### Vetas:

Las principales vetas en Milpo relacionadas con los sistemas de fracturamiento muestran las características del elipsoide de deformación originadas por su fuerza Compresión de dirección E. Las vetas en

fracturas de tensión tienen un rumbo N°65° a 70°E y N50° A 60°W, buzando al N. Las vetas además tienen características peculiares que las diferencian:

Las vetas relacionadas a diques emplazados en fracturas que son continuación de diques.

Vetas en intrusivo y caliza, que cruzan tanto a las calizas y al stock y se presentan hacia el lado Sur de éste.

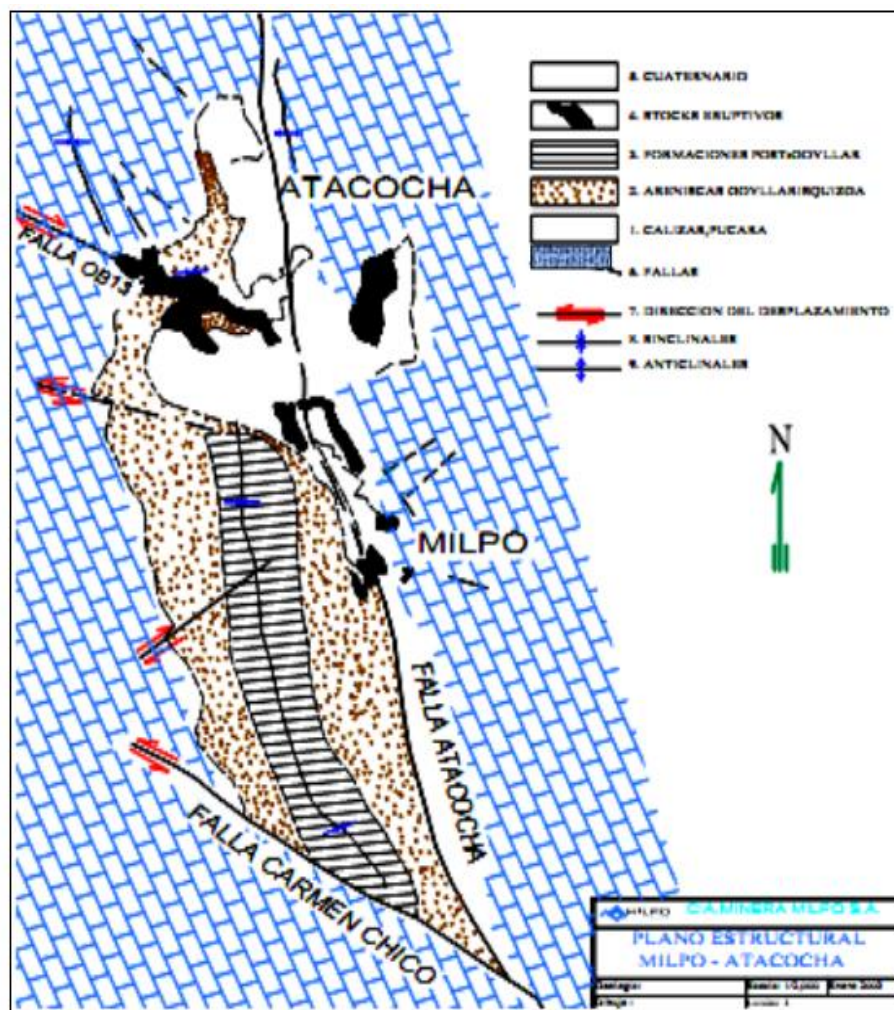
Vetas en el grupo Goyllarisquizga por lo menos se conoce siete vetas de rumbo N 40° E y N 70° E de buzamiento vertical, con 0.10 m. A 1.00 de ancho, ubicados en esta formación y al W de la falla Milpo - Atacocha. Son vetas con mineralización irregular de acuerdo al tipo de roca que cruzan favorable en arenisca y no favorable en lutitas.

#### **4.1.2.5. Geología estructural:**

Las estructuras más resaltantes en el depósito Milpo, en orden cronológico: Sinclinal Milpo Atacocha, Falla Regional Milpo Atacocha y fracturamientos.

*Figura 25*

Geología estructural de la Unidad Minera EL PORVENIR



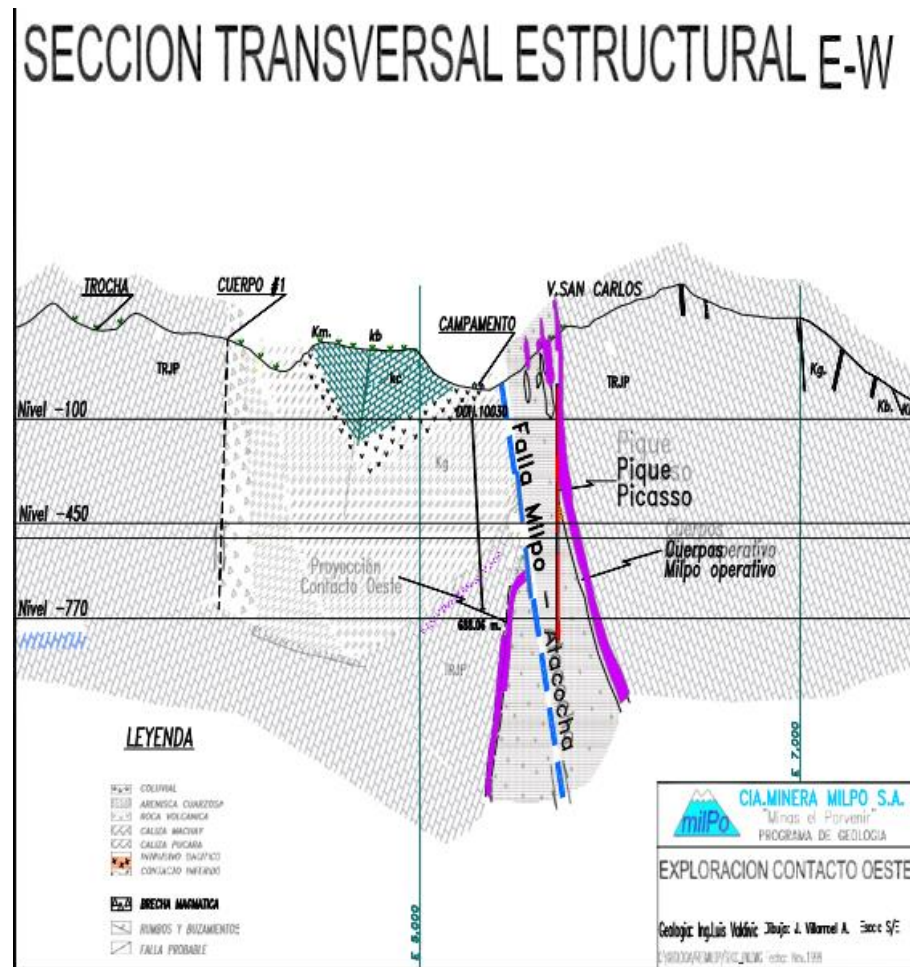
**Fuente:** NEXA RESOURCES, 2018

El Sinclinal Milpo-Atacocha:

Es un pliegue cóncavo asimétrico cuyo eje se dirige al NO. Los sedimentos del depósito han sido comprimidos a E -O en la segunda fase de la orogenia andina (plegamiento Incaico) ocurrida durante el Eoceno y el Oligoceno del Terciario, ocasionando que las calizas Pucará se encuentren buzando verticalmente en el centro y a todo el largo del eje. La Formación Goyllarisquizga buza 50° al Oeste.

**Figura 26**

Geología estructural de la Unidad Minera EL PORVENIR, Sección transversal



**Fuente:** NEXA RESPURCES, 2016

La Falla Regional Milpo-Atacocha:

Es la estructura de mayor importancia del distrito y tiene un rumbo N-S con longitud de 15 Km. de Yarusyacán en el norte hasta Carmen Chico en el Sur, Megard (1919) tomaran en cuenta que la falla Milpo-Atacocha incluido a un sistema de fractura miento que estuvo presente desde el Triásico tardío a consecuencia de una tectónica distensiva, que actuó en el Perú central desde el Triásico al Cretáceo Superior, además fue responsable del hundimiento del flanco oriental. En el transcurso la

tectogénesis andina, estas fallas se activaron nuevamente debido al levantamiento andino, originando enormes movimientos verticales que se pondrá en contacto, uno al lado del otro, la parte inferior de Formación Pucará con las areniscas de la Formación Goyllarisquizga en el distrito de Milpo. K.A y M. Gunnes, postulan que los stocks hipabisales e incluso los pulsos del magnetismo ocurridos en el distrito básico-ácido-básico están asociados y controlados por el fallamiento Milpo-Atacocha y por tanto de diferentes etapas de mineralización.

#### Fracturamientos:

Los sistemas de fracturamiento más jóvenes concordantes con la tectónica de bloques, vinculados con las fuerzas compresionales E a O, de acuerdo con el "elipsoide de deformación" unas concordaban a fracturas de tensión (rumbo E-O) también de fracturas de cizalla rumbo N65° - 70°E y N50° - 60°O.

#### **4.1.2.6. Mineralización**

La mineralización está vinculado a la zona de metamorfismo de contacto entre intrusivos hipabisales: stocks, sills y diques y las rocas sedimentarias de las formaciones Pucará, fundamentalmente Goyllarisquizga que se presentan al E de la falla Milpo - Atacocha. Dos stocks uno ácido dacítico y otro básico andesítico provenientes de la cámara magmática andina, marmolizaron a las calizas Pucará en el contacto y el proceso metasomático originó skarn.

En los bordes de los contactos se originó el endoskarn granates andracíticos y diopsidos, los stocks erráticos de caliza englobados dentro

del intrusivo se metamorfizaran además a diópsido andrédita, wollastonita, vesuvianita.

Durante el enfriamiento se produjo el metamorfismo retrógrado, las soluciones forman exoskams y los volátiles migran al interior del intrusivo incrementando la presión, que rompe expansivamente la costra sólida por el escape de volátiles, originando espacios vacíos que son ocupados por soluciones que depositan nuevos minerales; feldespatos potásicos, esfalerita, calcopirita, galena, pirita.

Las soluciones circularon a lo largo de los contactos formando aureolas y de las diversas vías relacionadas al fracturamiento, donde los minerales de las soluciones remplazaron a las calizas en variadas intensidades, aparentemente los contactos son los intrusivos andesíticos no fueron favorables para esta deposición.

En superficie el remplazamiento está limitado a vetas angostas e irregulares y a cuerpos de brechas de pequeña magnitud, que en profundidad forman depósitos bien mineralizados.

Existen zonas o intervalos a lo largo del contacto donde la caliza muestra escasa o ninguna alteración y otras donde el fracturamiento y alteración es intensa y aunque la mineralización no está íntegramente confinada en las calizas alteradas, éstas son las áreas más favorables y económicas.

La mineralización además ocurre en brechas calcáreas y en los intrusivos que contienen mineralización en vetillas.



#### **4.1.2.7. Controles de la mineralización**

Los controles de mineralización, a los cuales se han sometido nuestro yacimiento, son los siguientes:

##### Control Litológico:

La sustitución limita a las calizas Pucará, lo que a menudo refleja un control litológico, desde el punto de vista de presencia del intrusivo a través de la falla Atacocha entre dichas calizas Pucará al este y las areniscas Goyllarisquizga hacia el Oeste, percibiendo remplazamiento y formación de cuerpos irregulares en las calizas y rellenos en fracturas de poca importancia en las areniscas con someras impregnaciones de Sulfuros en areniscas gruesas. El mármol blanco a gris blanquecino es recomendado para la formación de cuerpos mineralizados de plomo y plata con poco porcentaje de zinc.

##### Control Mineralógico:

La constancia de distribución de las concentraciones de pirita, zinc-pirita - zinc-plomo, plata, en la asociación mineralógica de los contactos, es evidencia de los controles mineralógicos durante el proceso de mineralización. La distribución primordial de la pirita cerca del endoskrarn (Skarn desarrollado dentro del intrusivo) lo que sugiere un fuerte remplazamiento de los calcosilicatos por este mineral en la distribución horizontal, predominando así en profundidad. La poca acoplación del plomo y la plata en las masas de pirita es claramente definida en los cuerpos; la presentación de fluorita y venillas de galena es un control mineralógico fundamental para determinar cuerpos o lentes en la zona de mármol dentro de la aureola de contacto. Se especifica la

asociación de los cuerpos tiene una dirección horizontal indicada, comenzando con la alteración del intrusivo hacia la zona de skarn, terminando en el mármol y la caliza negra; en función de condiciones adecuadas; temperatura, presión y tiempo; la evolución de las asociaciones mineralógicas establece un estado ambiental de una aproximada constancia de azufre, una disminución de fierro y un crecimiento del contenido de zinc, plomo y plata hacia el mármol. El mineral de cobre se encuentra en proporciones insignificantes en los niveles es más notoria y siempre relacionada a las masas de pirita.

Control estructural:

Sin la presencia no habría sido posible el remplazamiento de la magnitud del yacimiento de Milpo, ya que la distribución de los silicatos y sulfuros tiene un vínculo estrecho con las diversas estructuras.

Además, el cambio por los silicatos de la parte afectada del calcáreo Pucará, existen halos de los mismos, en las paredes de las diversas fracturas y fallas localmente desarrolladas en las calizas.

A pesar del remplazamiento parcial del skarn por los sulfuros (pirita, galena, esfalerita), se ve en algunos sitios de la mina, un control por fallas y dique.

En la parte Oeste de la mina las fracturas tensiones preliminares que siguen una orientación general Este -Oeste han sido rellenados por minerales de plomo-plata y zinc. Un control importante se aprecia la brecha producida por minerales tectónicos, inicialmente en las calizas al norte de los cuerpos veta 3, y éxito, zona denominada Carmen Norte.

### Control por Contacto:

Lo primordial es el control por contacto de intrusivo pacífico Milpo y las calizas Pucará. Las soluciones hidrotermales portadores de los sulfuros metálicos, usaron el contacto y el fracturamiento existente como áreas de debilidad para circular y depositar su contenido metálico en el proceso de solución y deposición esencialmente continuo. De tal forma ubicaremos mineral como lentes de remplazamiento en la zona de contacto, fundamentalmente en el mármol y el skarn, además como filones de pequeña corrida que cruzan el contacto a ambos lados y a lo largo.

#### **4.1.2.8. Alteraciones de la roca y del mineral**

Se muestran tres tipos:

Alteraciones hipógenas de cajas.

Alteraciones supérgenas de cajas.

Alteraciones supérgenas de minerales.

La alteración hipógena de sus cajas representada por la caolinización y piritización del tipo hidrotermal, la silicificación, cloritización, propilitización, calcitización, propilitización, y recristalización de las calizas (mármol).

La alteración hipógena es previa a la metalización y es de manera epitermal. La alteración supérgena de cajas se muestra por la limonitización de la piritización, caolinización de los volcánicos y rocas intrusivas y la disolución de las calizas. La alteración supérgena de los minerales están formadas por la limonitización de la pirita; la esfalerita y la galena son importantes para la alteración supérgena y no es profunda.

Por lo tanto, dichos halos de alteración se muestran muy irregularmente y su extensión varía de algunos cm a más de 100 m.

En el intrusivo la alteración de la roca cambia de muestra en muestra y consiste en descomponer de los ferromagnesianos (biotita y hornblenda) en clorita, calcita, así como la de los feldespatos en Clorita y caolín. En muchos casos el intrusivo se encuentra piritizado en los márgenes del cuerpo, y relacionados con la mineralización de plomo y zinc. En el área de contactos predomina fundamentalmente el skarn con granate, diópsido y epídota; se ve a veces un poco de propilitización y es de suma importancia la localización y análisis de las alteraciones, nos estará indicando las probabilidades de cuerpos mineralizados y una escasa mineralización, nos estará manifestando una nula o pobre mineralización. En las intrusivas (F. De las Casas y C. Canepa) se observaron los siguientes minerales de alteración: Clorita, Epídota La calcita se muestra como descomposición de los minerales ferromagnesianos. Clorita sericita y caolín como descomposición de los feldespatos, así además piritización. En las calizas se aprecia aureolas de recristalización marmolización, silicatización (skarn) y piritización relacionada con la mineralización de Pb. y Zn. Por ende la alteración del yacimiento de Milpo estaría representada por: Marmolización silicatización, sericitización, propilitización y argilitización.

### **4.1.3. Geología económica**

#### **4.1.3.1. Mineralogía**

##### **Esfalerita**

En la mayoría se encuentra compacta, granular y fina granular-fina, cristalizada y masiva; los cristales son de forma de tetraedros y cubos.

##### **Galena**

En la mayoría se encuentra bien cristalizada, fundamentalmente en las zonas de mármol, en cristales cúbicos de clivaje perfecto, además compacta y masiva; se muestra porcentajes altos de plata. La galena está en buenas cantidades después de la esfalerita con la que se está asociada y constituye al segundo mineral principal de mena, después de la esfalerita.

##### **Pirita**

Formando grandes masas, secuentemente cristalizada, en la mayoría en cubos y piritoedros. Se muestra maclamiento y las caras de los cristales tienen paralelas a las aristas del cristal; los cristales encontrados en Milpo tienen de cm a 0.05 m de diámetro. Comúnmente se encuentra en la roca intrusiva rellenando fracturas como cristales de impregnación, además en estado masivo vinculada a la esfalerita más que a la galena. La pirita se muestra en gran totalidad del yacimiento, pero en mayor cantidad en la aureola de contacto caliza - intrusivo (endoskarn).

##### **Calcita**

Rellenando fracturas vinculados a minerales de mena en geodas y drusas. Se muestra en varias formas de cristalización: escalenoédrica.

La mayoría de las veces ésta presenta compacta en cristales diminutos y en mayoría de los casos su colora es blanco, amarillento a grisáceo por las impurezas, su brillo es vidrio - resinoso.

#### **Calcopirita**

Se ven muy pequeña cantidad en forma de impregnaciones y venillas dentro del intrusivo, comúnmente en el contacto caliza-intrusivo y a profundidad.

#### **4.1.4. Minería**

El yacimiento Milpo conocido en el siglo XV, ha sido trabajado en forma artesanal hasta el año de 1942, en que se constituye la Compañía Minera Milpo S.A. En el año de 1979, se finaliza la ejecución de la actual planta de flotación contando con sistemas modernos de izaje, chancado y concentración de mineral controlados electrónicamente.

La zona alta de la mina se explotó con métodos de minado convencionales como: Corte y Relleno Ascendente con winches de arrastres para la limpieza del mineral y relleno convencional, corte y relleno ascendente con circado y relleno con rotura de cajas.

La mecanización en la construcción de chimeneas mediante plataformas Alimack; mecanización en el avance de frentes de desarrollos y explotación con jumbos Neumáticos e Hidráulicos; la adquisición de equipos de perforación Upper Drill y al adquisición de Scooptrams Diesel de 3.5 yd<sup>3</sup>, volquetes de bajo perfil de 13,5 T. y 16 T.; Accedió la mecanización del corte y relleno ascendente con perforación en breasting llegando a concentrar la explotación en 10 tajeo.

A mediados de 1996 se puso en práctica el corte y relleno ascendente con acceso mediante rampas involucrando el 50% de los tajeos, tal cambio accedió mejorar los índices de productividad; se experimentó en dos tajeos pilotos el Sublevel Stopping con resultados satisfactorios.

En 1997 por primera vez en Milpo se inicia la explotación Mecanizada con Jumbos Electrohidráulicos en dos tajeos con el método de corte y Relleno Ascendente con perforación en Breasting.

El mineral roto es cargado y extraído completamente del tajo, cuando toda la tajada ha sido disparada, el volumen extraído es rellenado con un material estéril para el soporte de las cajas, proporcionando una plataforma mientras la próxima rebanada sea minada.

El material de relleno puede ser una roca estéril proveniente de las labores de desarrollo en la mina y es distribuido mecánicamente sobre el área tajeada: así mismo en el minado moderno de corte y relleno es práctica común el uso del relleno hidráulico, este material procede de los relaves de la planta concentradora, mezclando con agua y transportando a la mina a través de tuberías; cuando el agua del relleno es drenado entonces queda un relleno competente con una superficie uniforme, en algunos casos el material es mezclado con cemento que proporciona una superficie más dura, que mejora las características del soporte

El método de minado actual usado por la Compañía Minera Milpo S.A. Unidad El Porvenir, es el Corte y Relleno Ascendente con acceso libre y perforación en breasting mecanizada, por lo que se espera un alto nivel de productividad y mejor estabilidad de los hastiales y de la caja techo.

El minado de corte y relleno es en forma de tajadas horizontales empezando del fondo hacia arriba.

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

### **4.2.1. Datos recopilados antes de la medición de sondaje**

Los sondajes que tendremos en cuenta serán los 3 pozos de mayor profundidad perforada en taladros de exploración geológica, estos son:

PEEPD00927 = 417.20 m. perforados.

PEEPD01028 = 501.00 m. perforados.

PEEPD01053 = 442.00 m. perforados.

Con toda la recolección de reportes de perforación y los apuntes de campo, se efectúa una base de datos correspondiente a los tramos perforados por guardia de la jornada de perforación hasta finalizar el sondaje.

A continuación, se muestra la lectura del inclinómetro de los 3 sondajes mencionados, ya que desde ahí se inicia la perforación, de no tener una lectura exacta de acuerdo al proyecto se tomará en cuenta una orientación errónea y se tendrá que realizar las respectivas maniobras para instalar correctamente la máquina de perforación en el punto a perforar.

Además, se mostrará la base de datos de los sondajes en cuestión.



**Figura 27**

Se muestra la lectura de inclinación correcta del sondaje PEEPD00927 de acuerdo al proyecto.



**Fuente:** Elaboración Propia, 2020

**Figura 28**

Se muestra la lectura de inclinación correcta del sondaje PEEPD01028 de acuerdo al proyecto



**Fuente:** Elaboración Propia, 2020

**Figura 29**

Se muestra la lectura de inclinación correcta del sondaje PEEPD01053 de acuerdo al proyecto



**Fuente:** Elaboración Propia, 2020

**SONDAJE N° 01**

**Tabla 6**

Datos y parámetros de perforación del sondeaje PEEPD00927

AÑO	MES VAL.	MES	DIA	GUARDIA	E.E	MAQUINA	CATEGORIA	NIVEL	SONDAJE	DESDE	HASTA		LINEA	AZIMUT	INCLIN.	PROYECT.	OBJETIVOS	VELOCIDAD ROTACION (RPM)	CAUDAL FLUIDO (Gal/Min)	PRESION DE AVANCE O PULLDOWN (bar)
2019	AGOSTO	AGOSTO	17	Dia	EXPLOMIN	LM 75-2	EXPLORACION	3970	PEEPD00927	0.00	20.30	20.30	HQ(0-385)	50°	-46°	400.00	VDONERNESTO	950	10 - 12	2500
2019	AGOSTO	AGOSTO	17	Noche	EXPLOMIN	LM 75-2	EXPLORACION	3970	PEEPD00927	20.30	45.60	25.30	HQ(0-385)	50°	-46°	400.00	VDONERNESTO	950	10 - 12	2500
2019	AGOSTO	AGOSTO	18	Dia	EXPLOMIN	LM 75-2	EXPLORACION	3970	PEEPD00927	45.60	87.60	42.00	HQ(0-385)	50°	-46°	400.00	VDONERNESTO	1000	10 - 12	3000
2019	AGOSTO	AGOSTO	18	Noche	EXPLOMIN	LM 75-2	EXPLORACION	3970	PEEPD00927	87.60	141.70	54.10	HQ(0-385)	50°	-46°	400.00	VDONERNESTO	1000	10 - 12	3000
2019	AGOSTO	AGOSTO	19	Dia	EXPLOMIN	LM 75-2	EXPLORACION	3970	PEEPD00927	141.70	178.30	36.60	HQ(0-385)	50°	-46°	400.00	VDONERNESTO	1000	10 - 12	3000
2019	AGOSTO	AGOSTO	19	Noche	EXPLOMIN	LM 75-2	EXPLORACION	3970	PEEPD00927	178.30	216.00	37.70	HQ(0-385)	50°	-46°	400.00	VDONERNESTO	1000	10 - 12	3000
2019	AGOSTO	AGOSTO	20	Dia	EXPLOMIN	LM 75-2	EXPLORACION	3970	PEEPD00927	216.00	236.70	20.70	HQ(0-385)	50°	-46°	400.00	VDONERNESTO	1000	10 - 12	3000
2019	AGOSTO	AGOSTO	20	Noche	EXPLOMIN	LM 75-2	EXPLORACION	3970	PEEPD00927	236.70	262.60	25.90	HQ(0-385)	50°	-46°	400.00	VDONERNESTO	1000	10 - 12	3000
2019	SEPTIEMBRE	AGOSTO	21	Dia	EXPLOMIN	LM 75-2	EXPLORACION	3970	PEEPD00927	262.60	276.90	14.30	HQ(0-385)	50°	-46°	400.00	VDONERNESTO	1000	10 - 12	3000
2019	SEPTIEMBRE	AGOSTO	21	Noche	EXPLOMIN	LM 75-2	EXPLORACION	3970	PEEPD00927	276.90	301.40	24.50	HQ(0-385)	50°	-46°	400.00	VDONERNESTO	1000	10 - 12	3000
2019	SEPTIEMBRE	AGOSTO	22	Dia	EXPLOMIN	LM 75-2	EXPLORACION	3970	PEEPD00927	301.40	323.00	21.60	HQ(0-385)	50°	-46°	400.00	VDONERNESTO	1000	10 - 12	3000
2019	SEPTIEMBRE	AGOSTO	22	Noche	EXPLOMIN	LM 75-2	EXPLORACION	3970	PEEPD00927	323.00	339.20	16.20	HQ(0-385)	50°	-46°	400.00	VDONERNESTO	1000	10 - 12	3000
2019	SEPTIEMBRE	AGOSTO	23	Dia	EXPLOMIN	LM 75-2	EXPLORACION	3970	PEEPD00927	339.20	350.10	10.90	HQ(0-385)	50°	-46°	400.00	VDONERNESTO	1000	10 - 12	3000
2019	SEPTIEMBRE	AGOSTO	23	Noche	EXPLOMIN	LM 75-2	EXPLORACION	3970	PEEPD00927	350.10	352.60	2.50	HQ(0-385)	50°	-46°	400.00	VDONERNESTO	1000	10 - 12	3000
2019	SEPTIEMBRE	AGOSTO	24	Dia	EXPLOMIN	LM 75-2	EXPLORACION	3970	PEEPD00927	352.60	364.20	11.60	HQ(0-385)	50°	-46°	400.00	VDONERNESTO	1500	10 - 12	3000
2019	SEPTIEMBRE	AGOSTO	24	Noche	EXPLOMIN	LM 75-2	EXPLORACION	3970	PEEPD00927	364.20	385.50	21.30	HQ(0-385)	50°	-46°	400.00	VDONERNESTO	1500	10 - 12	3000
2019	SEPTIEMBRE	AGOSTO	25	Dia	EXPLOMIN	LM 75-2	EXPLORACION	3970	PEEPD00927	385.50	409.80	24.30	NQ(385-600)	50°	-46°	400.00	VDONERNESTO	1500	8 - 10	3000
2019	SEPTIEMBRE	AGOSTO	25	Noche	EXPLOMIN	LM 75-2	EXPLORACION	3970	PEEPD00927	409.80	417.20	7.40	NQ(385-600)	50°	-46°	400.00	VDONERNESTO	1500	8 - 10	3000
2019	SEPTIEMBRE	AGOSTO	26	Dia	EXPLOMIN	LM 75-2	EXPLORACION	3970	PEEPD00927	417.20	417.20	0.00	NQ(385-600)	50°	-46°	400.00	VDONERNESTO	1500	8 - 10	3000
2019	SEPTIEMBRE	AGOSTO	26	Noche	EXPLOMIN	LM 75-2	EXPLORACION	3970	PEEPD00927	417.20	417.20	0.00	NQ(385-600)	50°	-46°	400.00	VDONERNESTO	1500	8 - 10	3000
2019	SEPTIEMBRE	AGOSTO	27	Dia	EXPLOMIN	LM 75-2	EXPLORACION	3970	PEEPD00927	417.20	417.20	0.00	NQ(385-600)	50°	-46°	400.00	VDONERNESTO	1500	8 - 10	3000

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**SONDAJE N° 02:**

**Tabla 7**

**Datos y parámetros de perforación del sondeaje PEEPD01028**

AÑO	MES VAL.	MES	DIA	GUARDIA	E.E	MAQUINA	CATEGORIA	NIVEL	SONDAJE	DESDE	HASTA		LINEA	AZIMUT	INCLIN.	PROYECT.	OBJETIVOS	VELOCIDAD ROTACION (RPM)	CAUDAL FLUIDO (Gal/Min)	PRESION DE AVANCE O PULLDOWN (bar)
2019	OCTUBRE	OCTUBRE	12	Dia	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	0.00	0.00	0.00	HQ(0-338)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	0	0	0
2019	OCTUBRE	OCTUBRE	12	Noche	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	0.00	0.00	0.00	HQ(0-338)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	0	0	0
2019	OCTUBRE	OCTUBRE	13	Dia	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	0.00	5.90	5.90	HQ(0-338)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	1000	10 - 12	2500
2019	OCTUBRE	OCTUBRE	13	Noche	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	5.90	12.10	6.20	HQ(0-338)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	1200	10 - 12	2500
2019	OCTUBRE	OCTUBRE	14	Dia	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	12.10	32.80	20.70	HQ(0-338)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	1200	10 - 12	2500
2019	OCTUBRE	OCTUBRE	14	Noche	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	32.80	42.50	9.70	HQ(0-338)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	1200	10 - 12	2500
2019	OCTUBRE	OCTUBRE	15	Dia	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	42.50	66.00	23.50	HQ(0-338)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	1200	10 - 12	2500
2019	OCTUBRE	OCTUBRE	15	Noche	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	66.00	95.70	29.70	HQ(0-338)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	1200	10 - 12	2500
2019	OCTUBRE	OCTUBRE	16	Dia	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	95.70	117.00	21.30	HQ(0-338)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	1200	10 - 12	2500
2019	OCTUBRE	OCTUBRE	16	Noche	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	117.00	140.30	23.30	HQ(0-338)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	1200	10 - 12	2500
2019	OCTUBRE	OCTUBRE	17	Dia	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	140.30	165.00	24.70	HQ(0-338)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	1200	10 - 12	2500
2019	OCTUBRE	OCTUBRE	17	Noche	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	165.00	174.00	9.00	HQ(0-338)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	1200	10 - 12	2500
2019	OCTUBRE	OCTUBRE	18	Dia	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	174.00	174.00	0.00	HQ(0-338)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	1200	10 - 12	2500
2019	OCTUBRE	OCTUBRE	18	Noche	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	174.00	177.00	3.00	HQ(0-338)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	1200	10 - 12	2500
2019	OCTUBRE	OCTUBRE	19	Dia	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	177.00	177.00	0.00	HQ(0-338)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	1200	10 - 12	2500
2019	OCTUBRE	OCTUBRE	19	Noche	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	177.00	199.40	22.40	HQ(0-338)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	1200	10 - 12	2500
2019	OCTUBRE	OCTUBRE	20	Dia	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	199.40	214.60	15.20	HQ(0-338)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	1200	10 - 12	3000
2019	OCTUBRE	OCTUBRE	20	Noche	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	214.60	237.00	22.40	HQ(0-338)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	1200	10 - 12	3000
2019	NOVIEMBRE	OCTUBRE	21	Dia	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	237.00	258.00	21.00	HQ(0-338)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	1200	10 - 12	3000
2019	NOVIEMBRE	OCTUBRE	21	Noche	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	258.00	282.00	24.00	HQ(0-338)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	1200	10 - 12	3000
2019	NOVIEMBRE	OCTUBRE	22	Dia	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	282.00	300.00	18.00	HQ(0-338)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	1200	10 - 12	3000
2019	NOVIEMBRE	OCTUBRE	22	Noche	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	300.00	315.00	15.00	HQ(0-338)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	1200	10 - 12	3000
2019	NOVIEMBRE	OCTUBRE	23	Dia	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	315.00	321.40	6.40	HQ(0-338)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	1200	10 - 12	3000
2019	NOVIEMBRE	OCTUBRE	23	Noche	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	321.40	330.00	8.60	HQ(0-338)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	1200	10 - 12	3000
2019	NOVIEMBRE	OCTUBRE	24	Dia	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	330.00	336.10	6.10	HQ(0-338)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	1200	10 - 12	3000
2019	NOVIEMBRE	OCTUBRE	24	Noche	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	336.10	338.90	2.80	NQ(338-600)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	1500	8 - 10	3500
2019	NOVIEMBRE	OCTUBRE	25	Dia	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	338.90	351.10	12.20	NQ(338-600)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	1500	8 - 10	3500
2019	NOVIEMBRE	OCTUBRE	25	Noche	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	351.10	374.20	23.10	NQ(338-600)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	1500	8 - 10	3500
2019	NOVIEMBRE	OCTUBRE	26	Dia	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	374.20	386.50	12.30	NQ(338-600)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	1500	8 - 10	3500
2019	NOVIEMBRE	OCTUBRE	26	Noche	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	386.50	408.10	21.60	NQ(338-600)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	1500	8 - 10	3500
2019	NOVIEMBRE	OCTUBRE	27	Dia	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	408.10	411.20	3.10	NQ(338-600)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	1500	8 - 10	3500
2019	NOVIEMBRE	OCTUBRE	27	Noche	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	411.20	432.20	21.00	NQ(338-600)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	1500	8 - 10	3500
2019	NOVIEMBRE	OCTUBRE	28	Dia	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	432.20	453.10	20.90	NQ(338-600)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	1500	8 - 10	3500
2019	NOVIEMBRE	OCTUBRE	28	Noche	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	453.10	483.10	30.00	NQ(338-600)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	1500	8 - 10	3500
2019	NOVIEMBRE	OCTUBRE	29	Dia	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	483.10	492.10	9.00	NQ(338-600)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	1500	8 - 10	3500
2019	NOVIEMBRE	OCTUBRE	29	Noche	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	492.10	501.00	8.90	NQ(338-600)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	1500	8 - 10	3500
2019	NOVIEMBRE	OCTUBRE	30	Dia	EXPLOMIN	H-400-04A	EXPLORACION	4050	PEEPD01028	501.00	501.00	0.00	NQ(338-600)	120°	0°	500.00	VDONERNESTO	1500	8 - 10	3500

*Fuente:* Elaboración propia, 2020

SONDAJE N° 03

Tabla 8

Datos y parámetros de perforación del sondeaje PEEPD01053

AÑO	MES VAL.	MES	DIA	GUARDIA	E.E	MAQUINA	CATEGORIA	NIVEL	SONDAJE	DESDE	HASTA		LINEA	AZMUT	INCLIN.	PROYECT.	OBJETIVO	VELOCIDAD ROTACION (RPM)	CAUDAL FLUIDO (Gal/Min)	PRESION DE AVANCE O PULLDOWN (bar)
2019	NOVIEMBRE	OCTUBRE	30	Noche	EXPLOMIN	DRILLCAT	EXPLORACION	4050	PEEPD01053	0.00	11.50	11.50	HQ(0-171)	147°	19°	440.00	VDONERNESTO	950	10 - 12	2200
2019	NOVIEMBRE	OCTUBRE	31	Dia	EXPLOMIN	DRILLCAT	EXPLORACION	4050	PEEPD01053	11.50	53.40	41.90	HQ(0-171)	147°	19°	440.00	VDONERNESTO	1000	10 - 12	2500
2019	NOVIEMBRE	OCTUBRE	31	Noche	EXPLOMIN	DRILLCAT	EXPLORACION	4050	PEEPD01053	53.40	66.00	12.60	HQ(0-171)	147°	19°	440.00	VDONERNESTO	1000	10 - 12	2500
2019	NOVIEMBRE	NOVIEMBRE	1	Dia	EXPLOMIN	DRILLCAT	EXPLORACION	4050	PEEPD01053	66.00	71.50	5.50	HQ(0-171)	147°	19°	440.00	VDONERNESTO	1000	10 - 12	2500
2019	NOVIEMBRE	NOVIEMBRE	1	Noche	EXPLOMIN	DRILLCAT	EXPLORACION	4050	PEEPD01053	71.50	85.30	13.80	HQ(0-171)	147°	19°	440.00	VDONERNESTO	1000	10 - 12	2500
2019	NOVIEMBRE	NOVIEMBRE	2	Dia	EXPLOMIN	DRILLCAT	EXPLORACION	4050	PEEPD01053	85.30	101.80	16.50	HQ(0-171)	147°	19°	440.00	VDONERNESTO	1000	10 - 12	2500
2019	NOVIEMBRE	NOVIEMBRE	2	Noche	EXPLOMIN	DRILLCAT	EXPLORACION	4050	PEEPD01053	101.80	101.80	0.00	HQ(0-171)	147°	19°	440.00	VDONERNESTO	1000	10 - 12	2500
2019	NOVIEMBRE	NOVIEMBRE	3	Dia	EXPLOMIN	DRILLCAT	EXPLORACION	4050	PEEPD01053	101.80	112.60	10.80	HQ(0-171)	147°	19°	440.00	VDONERNESTO	1000	10 - 12	2500
2019	NOVIEMBRE	NOVIEMBRE	3	Noche	EXPLOMIN	DRILLCAT	EXPLORACION	4050	PEEPD01053	112.60	112.60	0.00	HQ(0-171)	147°	19°	440.00	VDONERNESTO	1000	10 - 12	2500
2019	NOVIEMBRE	NOVIEMBRE	4	Dia	EXPLOMIN	DRILLCAT	EXPLORACION	4050	PEEPD01053	112.60	128.70	16.10	HQ(0-171)	147°	19°	440.00	VDONERNESTO	1000	10 - 12	2500
2019	NOVIEMBRE	NOVIEMBRE	4	Noche	EXPLOMIN	DRILLCAT	EXPLORACION	4050	PEEPD01053	128.70	156.20	27.50	HQ(0-171)	147°	19°	440.00	VDONERNESTO	1000	10 - 12	2500
2019	NOVIEMBRE	NOVIEMBRE	5	Dia	EXPLOMIN	DRILLCAT	EXPLORACION	4050	PEEPD01053	156.20	171.00	14.80	NQ(171-600)	147°	19°	440.00	VDONERNESTO	1500	8 - 10	3000
2019	NOVIEMBRE	NOVIEMBRE	5	Noche	EXPLOMIN	DRILLCAT	EXPLORACION	4050	PEEPD01053	171.00	204.10	33.10	NQ(171-600)	147°	19°	440.00	VDONERNESTO	1500	8 - 10	3000
2019	NOVIEMBRE	NOVIEMBRE	6	Dia	EXPLOMIN	DRILLCAT	EXPLORACION	4050	PEEPD01053	204.10	227.70	23.60	NQ(171-600)	147°	19°	440.00	VDONERNESTO	1500	8 - 10	3000
2019	NOVIEMBRE	NOVIEMBRE	6	Noche	EXPLOMIN	DRILLCAT	EXPLORACION	4050	PEEPD01053	227.70	246.00	18.30	NQ(171-600)	147°	19°	440.00	VDONERNESTO	1500	8 - 10	3000
2019	NOVIEMBRE	NOVIEMBRE	7	Dia	EXPLOMIN	DRILLCAT	EXPLORACION	4050	PEEPD01053	246.00	270.00	24.00	NQ(171-600)	147°	19°	440.00	VDONERNESTO	1500	8 - 10	3000
2019	NOVIEMBRE	NOVIEMBRE	7	Noche	EXPLOMIN	DRILLCAT	EXPLORACION	4050	PEEPD01053	270.00	297.00	27.00	NQ(171-600)	147°	19°	440.00	VDONERNESTO	1500	8 - 10	3000
2019	NOVIEMBRE	NOVIEMBRE	8	Dia	EXPLOMIN	DRILLCAT	EXPLORACION	4050	PEEPD01053	297.00	327.00	30.00	NQ(171-600)	147°	19°	440.00	VDONERNESTO	1500	8 - 10	3000
2019	NOVIEMBRE	NOVIEMBRE	8	Noche	EXPLOMIN	DRILLCAT	EXPLORACION	4050	PEEPD01053	327.00	350.80	23.80	NQ(171-600)	147°	19°	440.00	VDONERNESTO	1500	8 - 10	3000
2019	NOVIEMBRE	NOVIEMBRE	9	Dia	EXPLOMIN	DRILLCAT	EXPLORACION	4050	PEEPD01053	350.80	371.70	20.90	NQ(171-600)	147°	19°	440.00	VDONERNESTO	1500	8 - 10	3000
2019	NOVIEMBRE	NOVIEMBRE	9	Noche	EXPLOMIN	DRILLCAT	EXPLORACION	4050	PEEPD01053	371.70	399.00	27.30	NQ(171-600)	147°	19°	440.00	VDONERNESTO	1500	8 - 10	3000
2019	NOVIEMBRE	NOVIEMBRE	10	Dia	EXPLOMIN	DRILLCAT	EXPLORACION	4050	PEEPD01053	399.00	413.00	14.00	NQ(171-600)	147°	19°	440.00	VDONERNESTO	1500	8 - 10	3000
2019	NOVIEMBRE	NOVIEMBRE	10	Noche	EXPLOMIN	DRILLCAT	EXPLORACION	4050	PEEPD01053	413.00	420.00	7.00	NQ(171-600)	147°	19°	440.00	VDONERNESTO	1500	8 - 10	3000
2019	NOVIEMBRE	NOVIEMBRE	11	Dia	EXPLOMIN	DRILLCAT	EXPLORACION	4050	PEEPD01053	420.00	420.00	0.00	NQ(171-600)	147°	19°	440.00	VDONERNESTO	1500	8 - 10	3000
2019	NOVIEMBRE	NOVIEMBRE	11	Noche	EXPLOMIN	DRILLCAT	EXPLORACION	4050	PEEPD01053	420.00	428.60	8.60	NQ(171-600)	147°	19°	440.00	VDONERNESTO	1500	8 - 10	3000
2019	NOVIEMBRE	NOVIEMBRE	12	Dia	EXPLOMIN	DRILLCAT	EXPLORACION	4050	PEEPD01053	428.60	431.20	2.60	NQ(171-600)	147°	19°	440.00	VDONERNESTO	1500	8 - 10	3000
2019	NOVIEMBRE	NOVIEMBRE	12	Noche	EXPLOMIN	DRILLCAT	EXPLORACION	4050	PEEPD01053	431.20	440.50	9.30	NQ(171-600)	147°	19°	440.00	VDONERNESTO	1500	8 - 10	3000
2019	NOVIEMBRE	NOVIEMBRE	13	Dia	EXPLOMIN	DRILLCAT	EXPLORACION	4050	PEEPD01053	440.50	442.00	1.50	NQ(171-600)	147°	19°	440.00	VDONERNESTO	1500	8 - 10	3000

Fuente: Elaboración propia, 2020

A la vez tendremos que determinar el equipo de medición que se usara para realizar las mediciones de los sondajes, esto tiene que ser seleccionado de acuerdo a la calidad y fiabilidad de toma de datos que muestra el instrumento.

#### **4.2.2. Elección del equipo de medición de sondajes a usar**

##### **4.2.2.1. Desde el punto de vista tecnológico**

El equipo de medición que se necesitará para realizar las mediciones de los sondajes de exploración geológica tendrá que ser todo terreno, esto es, donde se podrá usar desde pozos de terrenos complicados a pozos con presencia de agua.

Esta altamente descartado los equipos de medición cuya tecnología de orientación se basa en el norte magnético, debido a que las vetas o cuerpos en donde ingresara el equipo de medición por medio del pozo de perforación son minerales de magnetita y pirrotita, ello hace que se pierda la orientación del pozo y arroje datos erróneos al finalizar la medición.

**Tabla 9**

Comparación de tres medidores de sondajes más rentables en el mercado

INSTRUMENTO	TECNOLOGÍA	MARCA DE REFERENCIA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Multishot	Magnética	Flexit	Los registros son muy precisos porque sus componentes de lecturas son tres acelerómetros y tres magnetómetros, obteniendo como dato aparte del azimuth e inclinación la dirección de la broca con respecto a la gravedad	Al ser magnéticos este debe de registrar fuera de la sarta de barras con extensiones de aluminio llamadas moneles o barras antimagnéticas, al estar fuera del revestimiento tiene alto porcentaje de atrapamiento. Además, en yacimientos donde se encuentran cuerpos o diseminados de magnetita las lecturas de azimuth sufren alteraciones.
Multishot	Acelerómetros	Devico	Precisión de $\pm 0.1^\circ$ , medición en todos los ángulos requeridos incluso positivos, analiza la dirección y los perfiles de la estratificación, foliación y grietas	Tecnología muy sensible, lo cual hace que los registros se repitan seguidamente debido a errores por movimiento. Costo muy elevado de calibración
Giroscópio	Giroscópica	Reflex	Medición en todos los ambientes (magnéticos y no magnéticos), todos los ángulos, diseño resistente sin partes móviles, puede medir en todos los intervalos requeridos obteniendo mayor información. Precision en inclinación $\pm 0.1^\circ$ y en azimuth $\pm 0.2^\circ$ , software muy amigable.	Necesita que se le ingrese un dato preciso de azimuth inicial para poder orientarse con el norte verdadero.

**Fuente:** López, 2002 “Geología aplicada a la ingeniería civil”

Como se observa y por el antecedente anterior optaremos por una tecnología Giroscópica de marca REFLEX basada en orientaciones no magnéticas, lo cual nos arrojaran datos verídicos y de más precisión.

#### 4.2.2.2. Desde el punto de vista económico

El instrumento de medición para esta investigación es el giroscópico de la marca REFLEX, desde el punto de vista económico su costo puede llegar a ser el doble que el instrumento que rechazamos anteriormente.

**Tabla 10**

Análisis tecno-económico de tres medidores de sondaje

INSTRUMENTO	TECNOLOGIA	FABRICANTE	COSTO DEL EQUIPO US\$	PRECIO POR SERVICIO DE MEDICION (m) US\$
Multishot	Magnético	Flexit	50,000.00	1.80
Multishot	Acelerómetros	Devico	125,000.00	3.50
Giroscópica	Giroscópica	Reflex	145,000.00	4.80

**Fuente:** López, 2002 “Geología aplicada a la ingeniería civil”

Como se observa, el equipo de mayor precio ha de ser el Giroscópico, debido a que brinda mejores resultados del punto de vista técnico. Por otra parte, la diferencia de costos de la tecnología de acelerómetros y la Giroscópica es mínima, por lo tanto, seguiremos teniendo como mejor opción al equipo de medición giroscópica marca REFLEX.

#### 4.2.2.3. Disposición final, elección del equipo de medición

A continuación, se presenta una comparación de tres equipos, donde muestra la disponibilidad del equipo, el soporte técnico y las referencias de uso en otras labores de trabajo, estos representados en la



escala de LIKERT del 1 al 5, de manera que el numero 1 indica menor cantidad y el 5 es de mayor cantidad.

**Tabla 11**

Cuadro comparativo para la selección de equipo de medición

INSTRUMEN TO	TECNOLOGIA	ARCA DE REFERENCIA	EVALUACION TECNICA	EVALUACION ECONOMICA	DISPONIBILIDAD	SOPO RTE TECNICO	REFERENCIAS DE USO	TOTAL
Multishot	Magnético	Flexit	3	5	3	4	2	17
Multishot	Acelerómetros	Devico	2	4	2	2	1	11
Giroscópica	Giroscópica	Reflex	5	3	5	5	5	23

**Fuente:** López, 2002 “Geología aplicada a la ingeniería civil”

Del análisis determinamos que, el equipo de medición a usar será el de tecnología Giroscópica de la marca REFLEX denominado “GYROFLEX” el cual nos mostrará y arrojará información precisa y confiable.

Una vez tenida toda la información requerida y el equipo de medición a utilizar, se procederá a realizar la medición de sondajes.

#### **4.2.3. Proceso de medición de sondajes**

Para realizar la medición una vez terminado el sondaje se realiza la siguiente operación:

##### **4.2.3.1. Instalación del equipo de medición**

Una vez traslado todos los componentes del equipo de medición, que consta de dos maletas, a la cámara de perforación, se procederá a la instalación y ejecución de la misma.

**Figura 30**

Equipo completo GYROFLEX, tanto en componentes como el  
contómetro



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 31**

Instalación del equipo de medición



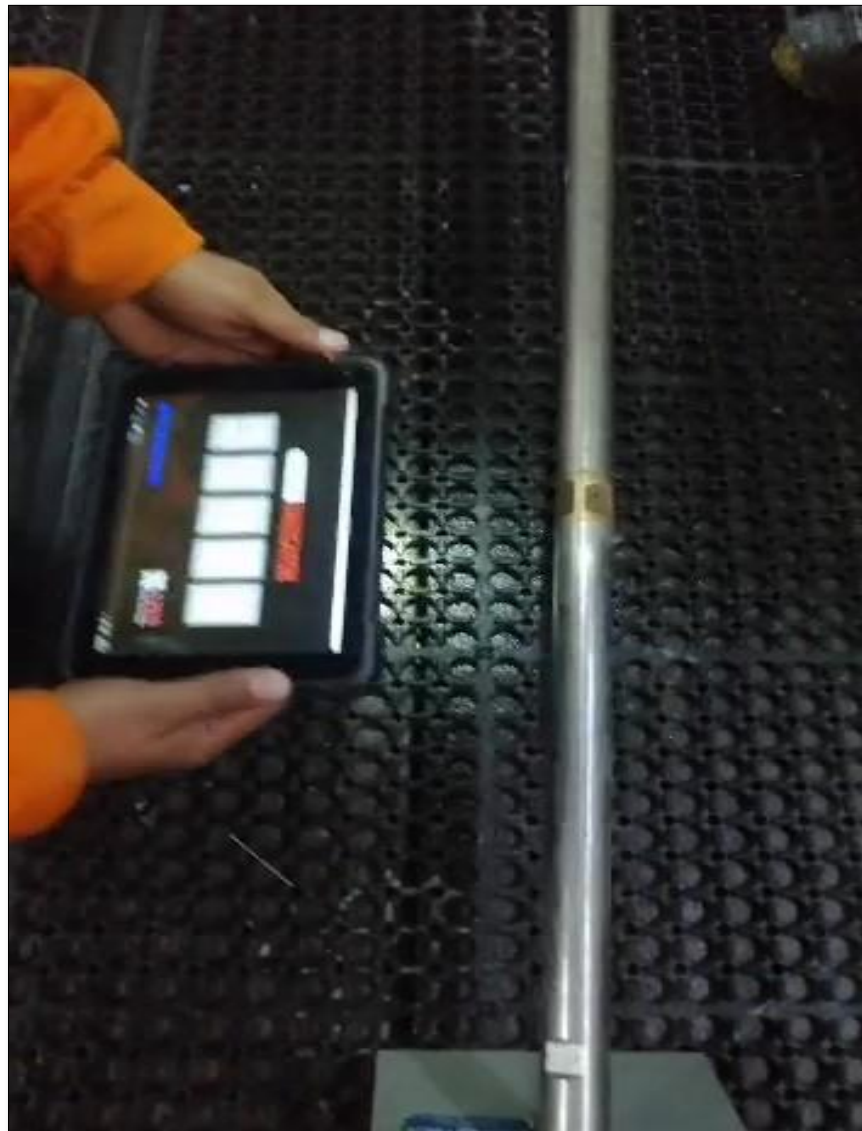
**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**4.2.3.2. Sincronización del equipo con la Tablet mediante el software REFLEXGYRO V. 5.6.8.**

Una vez instalado el equipo se realizará la sincronización mediante puertos de bluetooth ubicados en ambas partes, tanto en la Tablet como en el equipo, iniciando el software REFLEXGYRO V. 5.6.8 para la toma de datos del sondaje a medir.

*Figura 32*

Sincronización del equipo con la Tablet



*Fuente:* Elaboración propia, 2020

#### 4.2.3.3. Programación del equipo de medición

Una vez instalada, ejecutado el software REFLEXGYRO V.5.6.8 y sincronizada, se procederá a la programación del equipo, donde se digitará los siguientes datos:

Tiempo de llegada del equipo al fondo del sondaje.

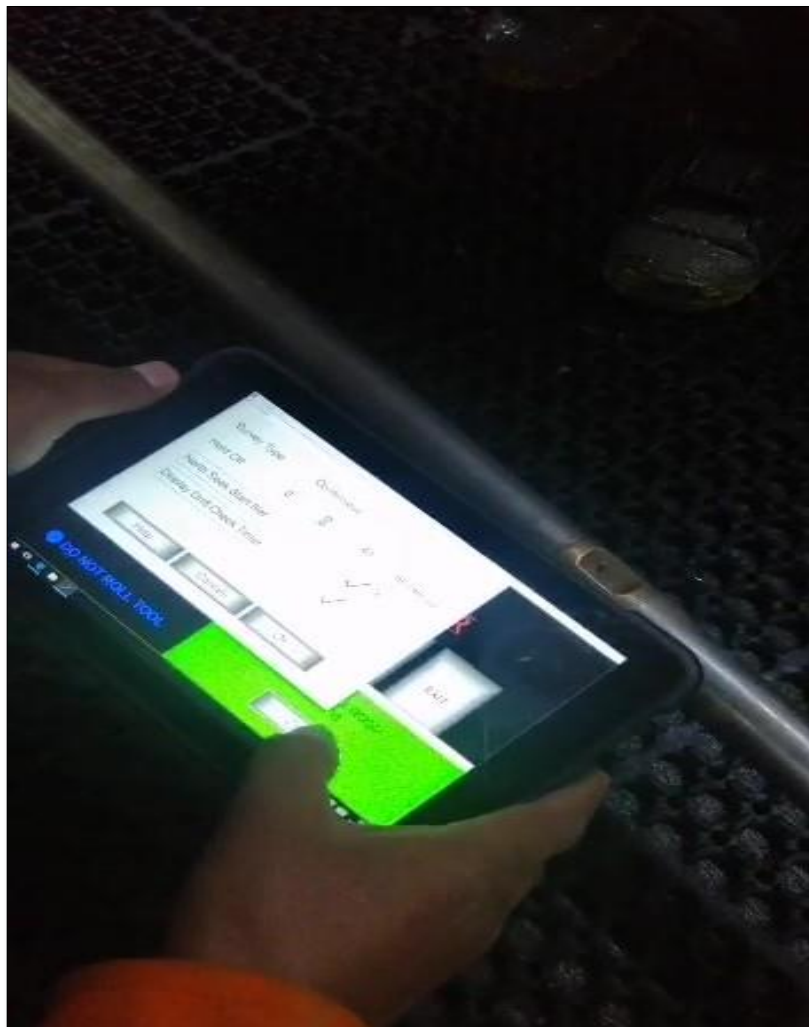
Inclinación inicial, esto corroborado con el inclinómetro.

Azimuth inicial, esto corroborado con el proyecto.

Código del sondaje.

**Figura 33**

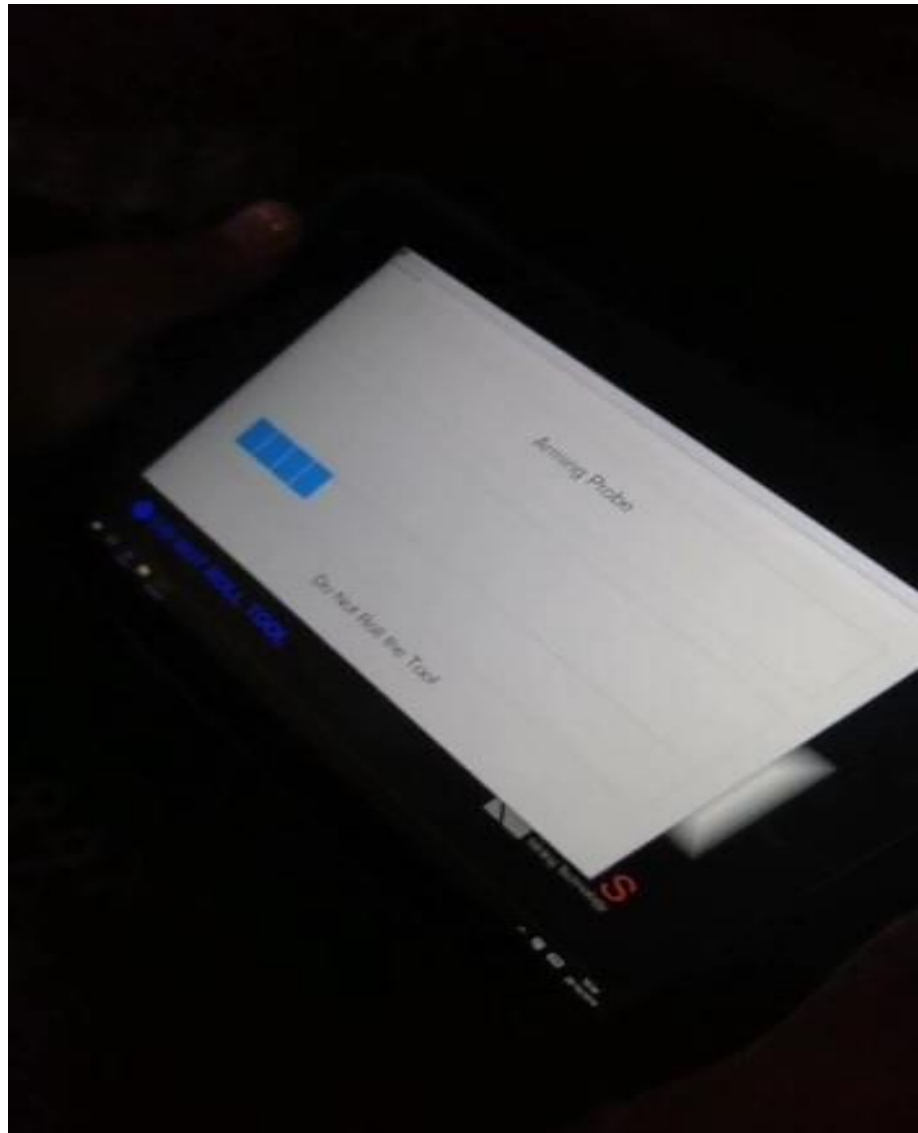
Digitación de datos del sondaje en la Tablet



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 34**

Proceso de programación una vez ingresado los datos



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

#### **4.2.3.4. Armado del equipo de medición al fondo del sondaje**

Una vez realizado los procesos anteriores se realizará el armado del equipo de medición al fondo del pozo (con la regla de los 10 m.), esto se realiza introduciendo el equipo en la columna de perforación, se engancha al over shot o pescador con el cable wireline, se coloca el

contómetro al final de la tubería y se procede al bombeo de lodos hasta llegar al final del sondaje.

**Figura 35**

Introducción del equipo de medición a la columna de perforación



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 36**

Armado del equipo de medición donde muestra el contómetro que llegó al fondo del pozo



*Fuente: Elaboración propia, 2020*

#### **4.2.3.5. Toma de datos**

Una vez armado el equipo (estacionado en el fondo del sondaje), se procederá a la toma de datos desde el fondo hasta el collar del sondaje, proceso denominado en “OUTRUN” o “salida”.

La toma de datos se realiza de la siguiente manera:

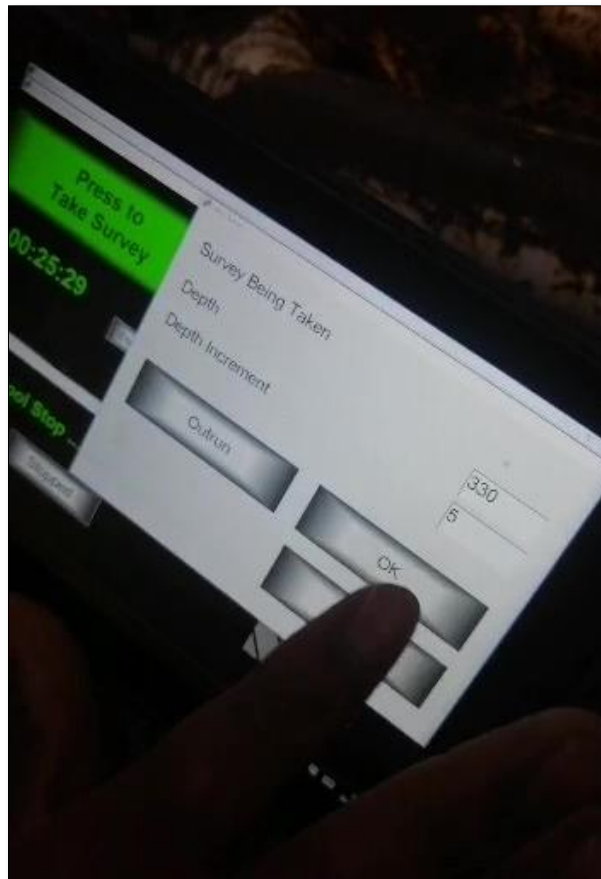
El perforista (con ayuda de la maquina) jalara el equipo de medición con el cable wireline de manera pausada y constante de acuerdo a como lo requiera el operador de la medición.

La toma de datos se realizará en una constante de 5 metros, debido a que de esta manera se tendrá la calidad requerida, para esto nos apoyaremos del contómetro.

Al llegar el equipo a los primeros 5 metros desde el fondo de sondaje se procederá a tomar el primer disparo (primer dato). Luego, a los 10 metros se realizará otro disparo y así sucesivamente hasta llegar al collar del sondaje.

**Figura 37**

Tramo y constante de medición

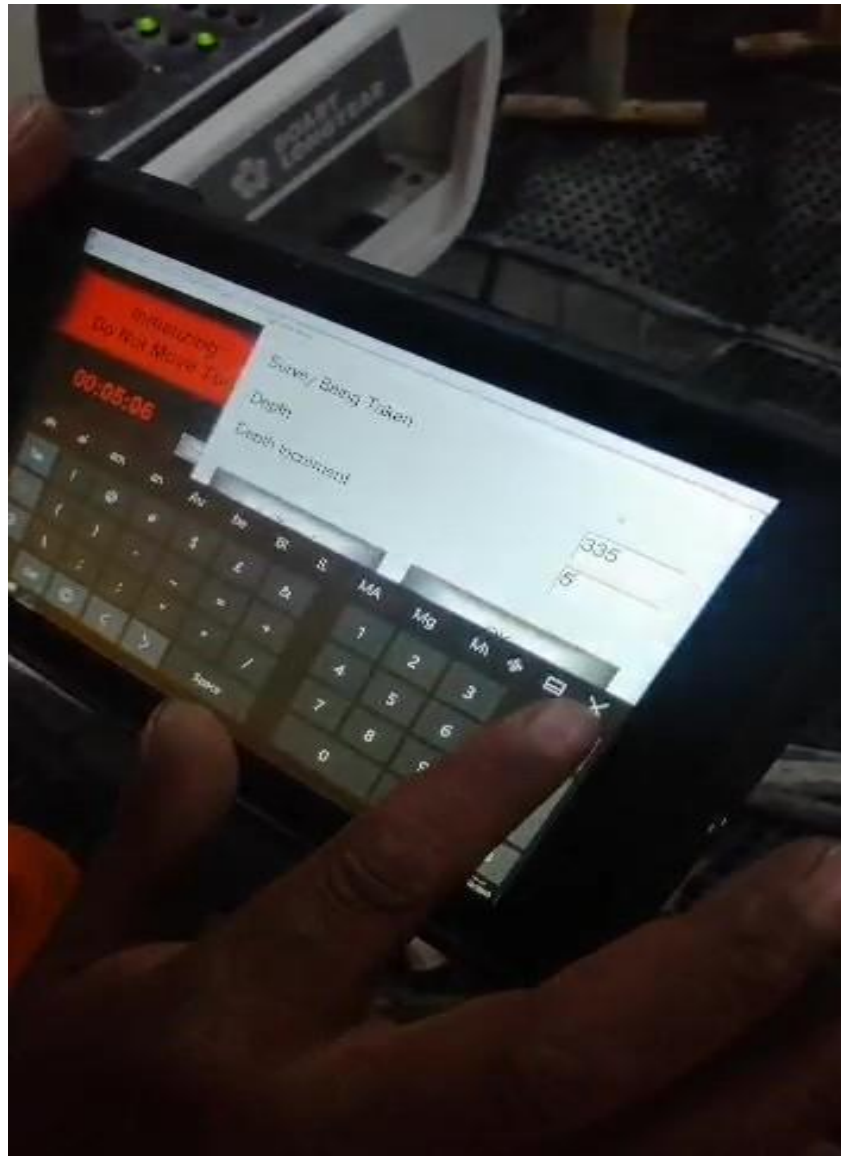


**Fuente:** Elaboración propia, 2020



**Figura 38**

Primer disparo de toma de datos



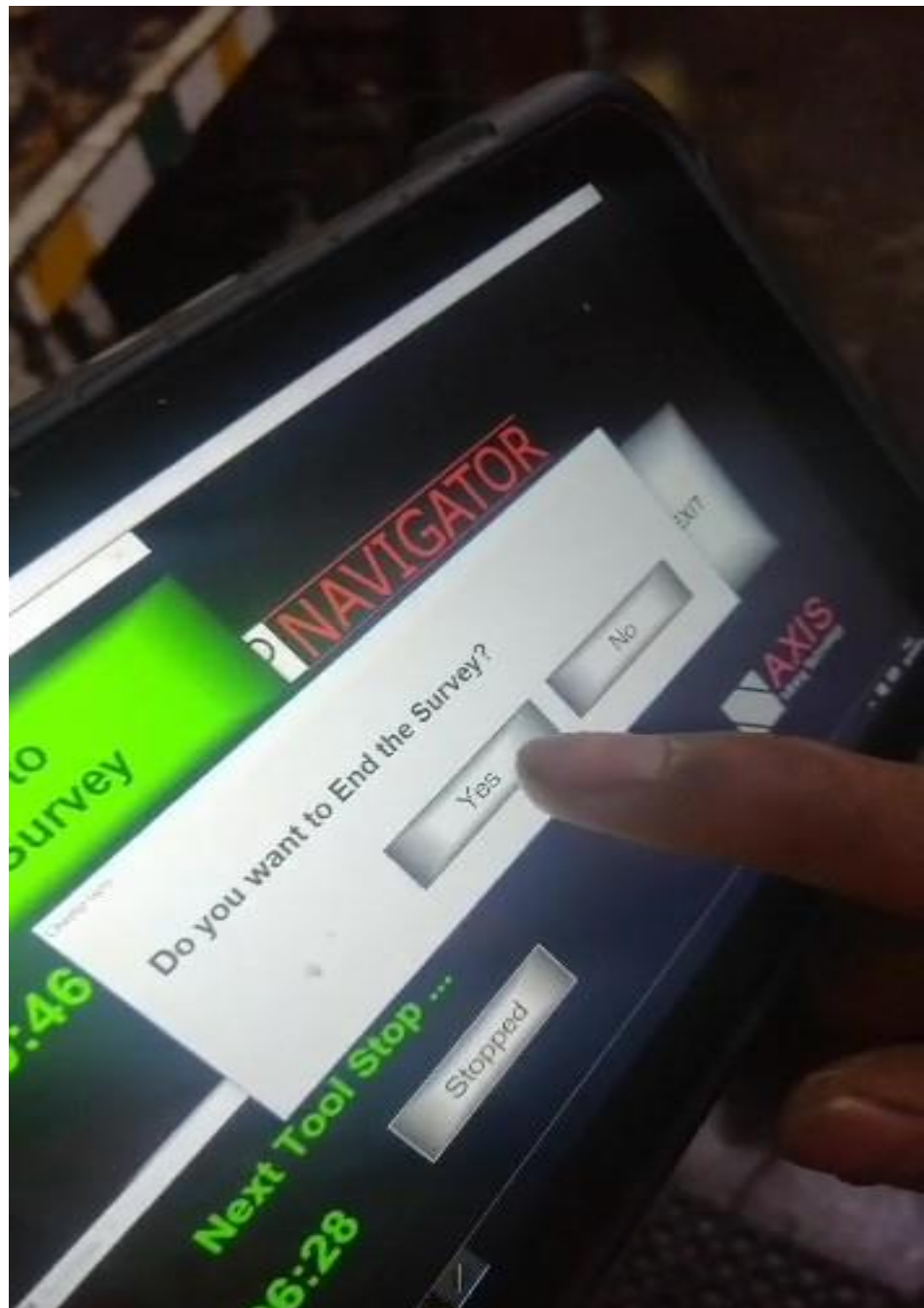
*Fuente: Elaboración propia, 2020*

#### **4.2.3.6. Finalización de medición y procesado de datos**

Cuando el equipo llegue al collar del sondaje se finalizará la medición, se retira el equipo y se coloca en una zona plana, los datos tomados están almacenados en el equipo de medición, por lo que se tendrá que procesar la data y llevarla a la Tablet con ayuda del software REFLEXGYRO V. 5.6.8.

*Figura 39*

Finalización de medición de sondaje



*Fuente: elaboración propia, 2020)*

**Figura 40**

Retiro de equipo



*Fuente: elaboración propia, 2020)*

**Figura 41**

Proceso de datos de medición

Depth	Dip	Azi	Quality	W	W
0.00	10.73	307.82		44.78	979.80
5.00	11.10	308.00		44.78	978.20
10.00	11.25	308.12		44.78	978.50
15.00	11.77	308.20		44.78	978.00
20.00	11.50	308.11		44.78	987.00
25.00	11.98	308.07		44.78	987.00
30.00	12.15	308.05		44.78	987.00
35.00	11.81	308.07		44.78	987.00
40.00	11.73	308.05		44.78	987.00
45.00	11.69	308.12		44.78	987.00
50.00	11.50	308.12		44.78	987.00
55.00	11.85	308.25		44.78	987.00
60.00	11.78			44.78	987.00

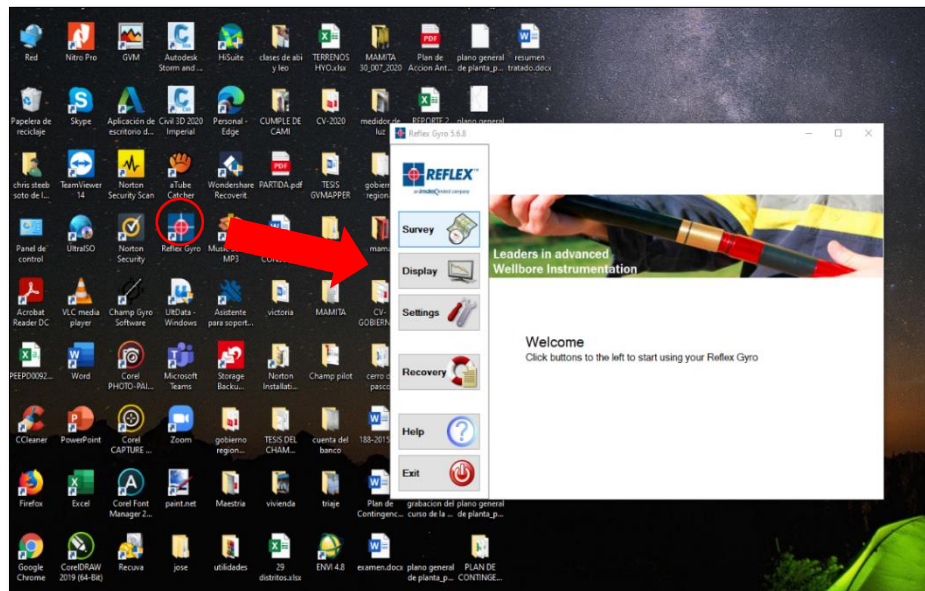
*Fuente: elaboración propia, 2020)*

#### 4.2.4. Resultados de la medición de sondajes (Data Cruda)

Para la presentación de resultados de la medición de sondajes, fue necesario la utilización de una laptop (a partir de ahora PC2) donde se instaló el software REFLEXGYRO V. 5.6.8., aquí se procesó los datos adquiridos de la medición y almacenados en la Tablet (a partir de ahora PC1) del equipo de medición.

*Figura 42*

Software REFLEXGYRO V.5.6.8. ejecutado

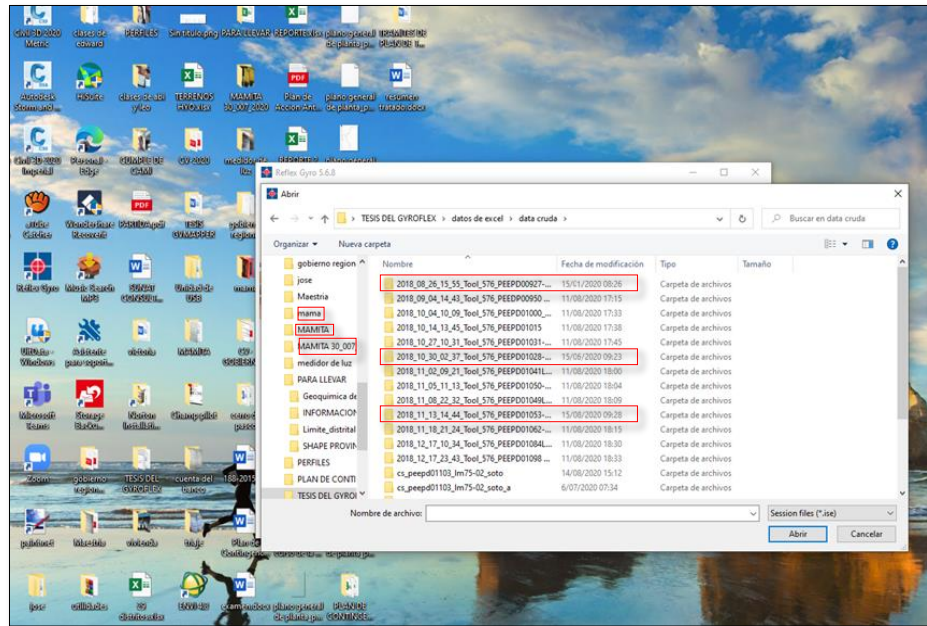


*Fuente:* Elaboración propia, 2020

Se descargó las mediciones de los sondajes PEEPD00927, PEEPD01028, PEEPD01053 provenientes de la PC1 y se almacenó en la PC2 donde serán procesados:

**Figura 43**

Se observa los sondeos trasladados y almacenados en la PC2 para su procesado



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 44**

Vista previa del procesamiento de datos del sondeaje PEEPD00927

The image shows the 'Individual Survey View' window in Reflex Gyro 5.6.8. The window title is 'Reflex Gyro 5.6.8' and the address bar shows the path 'PEEPD00927-LM75-02-RUB-out'. The table displays the following data:

Station	Dip [deg]	Azimuth [deg]	Easting [m]	Northing [m]	Elevation [m]	Temperature [C]	Station Quality [%]
0	45.914	0	0	0	0	15.223	100
5	-45.834	359.806	-0.006	3.481	-3.589	15.247	100
10	-45.741	359.83	-0.014	6.968	-7.173	15.272	100
15	-45.726	359.896	-0.019	10.458	-10.753	15.284	100
20	-45.657	0.116	-0.019	13.95	-14.331	15.294	100
25	-45.584	0.063	-0.013	17.454	-17.889	15.302	100
30	-45.514	359.876	-0.011	20.961	-21.462	15.308	100
35	-45.362	0.075	-0.009	24.47	-25.024	15.318	100
40	-45.581	0.067	-0.004	27.976	-28.589	15.339	100
45	-45.473	0.182	0.004	31.479	-32.157	15.356	100
50	-45.314	0.048	0.011	34.99	-35.717	15.386	100
55	-45.206	0.033	0.014	38.51	-39.289	15.414	100
60	-45.122	0.178	0.02	42.035	-42.814	15.438	100
65	-45.042	0.283	0.035	45.565	-46.354	15.462	100
70	-44.93	0.319	0.054	49.102	-49.889	15.473	100
75	-44.909	0.36	0.075	52.642	-53.419	15.484	100
80	-44.669	0.375	0.088	56.191	-56.942	15.492	100
85	-44.577	0.483	0.124	59.749	-60.454	15.495	100
90	-44.512	0.505	0.155	63.313	-63.961	15.496	100
95	-44.385	0.615	0.19	66.882	-67.463	15.491	100
100	-44.391	0.651	0.229	70.455	-70.96	15.494	100
105	-44.356	0.683	0.279	74.028	-74.457	15.501	100
110	-44.23	0.769	0.327	77.607	-77.949	15.52	100
115	-44.21	0.946	0.381	81.19	-81.436	15.535	100
120	-44.188	0.731	0.434	84.774	-84.921	15.557	100
125	-44.202	0.757	0.48	88.359	-88.407	15.584	100
130	-44.226	0.878	0.531	91.942	-91.894	15.604	100
135	-44.143	0.762	0.583	95.527	-95.379	15.63	100
140	-44.016	1.189	0.946	99.118	-98.857	15.652	100
145	-43.981	0.995	0.714	102.715	-102.33	15.68	100
150	-44.069	1.06	0.779	106.309	-105.805	15.715	100
155	-43.884	1.19	0.849	109.907	-109.277	15.76	100
160	-43.78	1.359	0.929	113.513	-112.739	15.804	100
165	-43.758	1.421	1.017	117.123	-116.197	15.863	100
170	-43.7	1.426	1.107	120.735	-119.653	15.913	100
175	-43.777	1.38	1.195	124.347	-123.11	15.962	100
180	-43.764	1.313	1.28	127.956	-126.569	16.002	100

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

A continuación, se mostrarán los resultados de las mediciones procesadas de los sondajes en cuestión lo cual se expresarán en tablas, estos tomados en cuenta como data cruda.

#### 4.2.4.1. Sondaje PEEPD00927

*Tabla 12*

Resultado del procesamiento de medición del sondaje PEEPD00927

Station [m]	Dip [deg]	Azimuth [deg]	Easting [m]	Northing [m]	Elevation [m]	Station Quality [%]
0	-45.914	0	0	0	0	100
5	-45.834	359.806	-0.006	3.481	-3.589	100
10	-45.741	359.93	-0.014	6.968	-7.173	100
15	-45.726	359.896	-0.019	10.458	-10.753	100
20	-45.657	0.116	-0.019	13.95	-14.331	100
25	-45.384	0.083	-0.013	17.454	-17.899	100
30	-45.514	359.976	-0.011	20.961	-21.462	100
35	-45.362	0.075	-0.009	24.47	-25.024	100
40	-45.581	0.097	-0.004	27.976	-28.589	100
45	-45.473	0.182	0.004	31.479	-32.157	100
50	-45.314	0.048	0.011	34.99	-35.717	100
55	-45.206	0.033	0.014	38.51	-39.268	100
60	-45.122	0.178	0.02	42.035	-42.814	100
65	-45.042	0.293	0.035	45.565	-46.354	100
70	-44.93	0.319	0.054	49.102	-49.889	100
75	-44.909	0.36	0.075	52.642	-53.419	100
80	-44.669	0.375	0.098	56.191	-56.942	100
85	-44.577	0.483	0.124	59.749	-60.454	100
90	-44.512	0.505	0.155	63.313	-63.961	100
95	-44.385	0.615	0.19	66.882	-67.463	100
100	-44.391	0.651	0.229	70.455	-70.96	100
105	-44.356	0.863	0.276	74.028	-74.457	100
110	-44.23	0.769	0.327	77.607	-77.949	100
115	-44.21	0.946	0.381	81.19	-81.436	100
120	-44.188	0.731	0.434	84.774	-84.921	100
125	-44.202	0.757	0.48	88.359	-88.407	100
130	-44.226	0.878	0.531	91.942	-91.894	100
135	-44.143	0.792	0.583	95.527	-95.379	100
140	-44.016	1.189	0.646	99.118	-98.857	100
145	-43.981	0.995	0.714	102.715	-102.33	100
150	-44.069	1.06	0.779	106.309	-105.805	100

Station [m]	Dip [deg]	Azimuth [deg]	Easting [m]	Northing [m]	Elevation [m]	Station Quality [%]
155	-43.884	1.19	0.849	109.907	-109.277	100
160	-43.76	1.359	0.929	113.513	-112.739	100
165	-43.758	1.421	1.017	117.123	-116.197	100
170	-43.7	1.428	1.107	120.735	-119.653	100
175	-43.777	1.38	1.195	124.347	-123.11	100
180	-43.764	1.313	1.28	127.956	-126.569	100
185	-43.783	1.435	1.367	131.566	-130.028	100
190	-43.649	1.288	1.453	135.179	-133.483	100
195	-43.493	1.213	1.532	138.8	-136.93	100
200	-43.406	1.224	1.609	142.429	-140.368	100
205	-43.275	1.244	1.687	146.065	-143.8	100
210	-43.127	1.422	1.772	149.709	-147.223	100
215	-42.984	1.477	1.864	153.361	-150.636	100
220	-42.886	1.634	1.964	157.02	-154.042	100
225	-42.807	1.651	2.069	160.685	-157.442	100
230	-42.821	1.714	2.176	164.351	-160.84	100
235	-42.762	1.596	2.282	168.019	-164.237	100
240	-42.747	1.751	2.39	171.688	-167.631	100
245	-42.746	1.626	2.498	175.359	-171.025	100
250	-42.673	1.757	2.606	179.031	-174.417	100
255	-42.631	1.817	2.721	182.707	-177.804	100
260	-42.545	1.787	2.837	186.386	-181.188	100
265	-42.571	1.872	2.954	190.067	-184.57	100
270	-42.46	1.831	3.073	193.751	-187.949	100
275	-42.38	1.826	3.191	197.44	-191.321	100
280	-42.247	1.971	3.314	201.135	-194.687	100
285	-42.176	1.996	3.442	204.836	-198.047	100
290	-42.185	2.024	3.572	208.539	-201.404	100
295	-42.078	2.142	3.707	212.245	-204.758	100
300	-42.025	2.195	3.847	215.955	-208.107	100
305	-41.959	2.392	3.996	219.668	-211.452	100
310	-41.892	2.367	4.15	223.385	-214.793	100
315	-41.787	2.514	4.309	227.107	-218.128	100
320	-41.698	2.592	4.475	230.834	-221.457	100
325	-41.673	2.594	4.644	234.564	-224.782	100
330	-41.594	2.669	4.816	238.297	-228.104	100
335	-41.572	2.75	4.992	242.033	-231.423	100
340	-41.545	2.817	5.174	245.77	-234.74	100
345	-41.491	2.853	5.359	249.509	-238.054	100
350	-41.434	2.978	5.55	253.251	-241.365	100
355	-41.364	3.065	5.748	256.996	-244.671	100

Station [m]	Dip [deg]	Azimuth [deg]	Easting [m]	Northing [m]	Elevation [m]	Station Quality [%]
360	-41.283	3.2	5.953	260.746	-247.973	100
365	-41.26	3.292	6.166	264.498	-251.271	100
370	-41.197	3.31	6.382	268.252	-254.566	100
375	-41.091	3.371	6.602	272.011	-257.856	100
380	-40.962	3.574	6.83	275.776	-261.138	100
385	-40.878	3.634	7.068	279.546	-264.413	100
390	-40.787	3.726	7.31	283.322	-267.682	100
395	-40.708	3.729	7.557	287.102	-270.946	100
400	-40.442	3.707	7.803	290.891	-274.198	100

*Fuente:* Elaboración propia, 2020

#### 4.2.4.2. Sondaje PEEPD01028

*Tabla 13*

Resultado del procesamiento de medición del sondaje PEEPD01028

Station [m]	Dip [deg]	Azimuth [deg]	Easting [m]	Northing [m]	Elevation [m]	Station Quality [%]
0	0.52	0	0	0	0	100
5	0.49	0.028	0.001	5	0.044	100
10	0.266	0.009	0.003	10	0.077	100
15	0.141	0.043	0.005	15	0.095	100
20	0.018	0.001	0.007	20	0.102	100
25	-0.573	359.923	0.004	25	0.078	100
30	-0.291	0.139	0.006	29.999	0.04	100
35	-0.388	0.025	0.014	34.999	0.01	100
40	-0.31	0.088	0.018	39.999	-0.02	100
45	-0.074	0.248	0.033	44.999	-0.037	100
50	0.078	0.297	0.057	49.999	-0.037	100
55	0.388	0.387	0.087	54.999	-0.016	100
60	0.533	0.524	0.127	59.999	0.024	100
65	0.713	0.743	0.182	64.998	0.078	100
70	0.849	0.825	0.25	69.997	0.146	100
75	1.003	0.758	0.319	74.996	0.227	100
80	1.226	0.674	0.382	79.995	0.324	100
85	1.461	0.776	0.445	84.993	0.442	100
90	1.522	0.73	0.511	89.991	0.572	100
95	1.703	0.701	0.573	94.988	0.712	100
100	1.826	0.739	0.636	99.986	0.866	100
105	2.072	0.789	0.702	104.982	1.036	100
110	2.173	0.925	0.777	109.978	1.222	100



Station [m]	Dip [deg]	Azimuth [deg]	Easting [m]	Northing [m]	Elevation [m]	Station Quality [%]
115	2.395	0.848	0.854	114.974	1.421	100
120	2.507	0.882	0.93	119.969	1.635	100
125	2.589	0.785	1.003	124.963	1.857	100
130	2.524	0.859	1.074	129.958	2.08	100
135	2.824	0.921	1.152	134.952	2.313	100
140	2.617	0.859	1.229	139.945	2.551	100
145	2.792	0.707	1.297	144.939	2.786	100
150	2.858	0.774	1.362	149.933	3.033	100
155	2.906	0.733	1.428	154.926	3.284	100
160	3.013	0.835	1.496	159.919	3.543	100
165	3.247	0.892	1.571	164.911	3.816	100
170	3.286	1.009	1.654	169.902	4.1	100
175	3.438	1.009	1.742	174.893	4.394	100
180	3.617	1.064	1.832	179.882	4.701	100
185	3.726	1.135	1.928	184.871	5.021	100
190	3.787	1.098	2.025	189.859	5.349	100
195	3.891	1.182	2.124	194.847	5.684	100
200	4.002	1.131	2.225	199.834	6.028	100
205	4.115	1.191	2.326	204.821	6.382	100
210	4.219	1.2	2.43	209.807	6.745	100
215	4.405	1.23	2.536	214.791	7.121	100
220	4.584	1.305	2.646	219.775	7.513	100
225	4.697	1.305	2.76	224.757	7.917	100
230	4.891	1.5	2.882	229.738	8.335	100
235	5.063	1.567	3.015	234.717	8.769	100
240	5.162	1.61	3.153	239.696	9.215	100
245	5.221	1.612	3.293	244.673	9.667	100
250	5.439	1.721	3.438	249.649	10.131	100
255	5.615	1.763	3.589	254.624	10.613	100
260	5.778	1.76	3.742	259.597	11.109	100
265	5.891	1.856	3.899	264.568	11.618	100
270	6.042	1.906	4.062	269.539	12.137	100
275	6.247	2.016	4.232	274.507	12.672	100
280	6.43	2.129	4.412	279.473	13.224	100
285	6.585	2.151	4.597	284.437	13.791	100
290	6.667	2.2	4.786	289.4	14.368	100
295	6.564	2.252	4.979	294.363	14.944	100
300	6.624	2.408	5.181	299.326	15.518	100
305	6.576	2.425	5.39	304.289	16.093	100
310	6.628	2.385	5.599	309.251	16.668	100
315	6.591	2.428	5.807	314.214	17.243	100

Station [m]	Dip [deg]	Azimuth [deg]	Easting [m]	Northing [m]	Elevation [m]	Station Quality [%]
320	6.74	2.472	6.02	319.175	17.824	100
325	6.75	2.434	6.232	324.136	18.411	100
330	6.726	2.514	6.446	329.097	18.998	100
335	6.87	2.668	6.671	334.057	19.589	100
340	6.981	2.69	6.903	339.015	20.192	100
345	7.087	2.771	7.139	343.972	20.805	100
350	7.067	2.921	7.386	348.927	21.421	100
355	7.216	2.974	7.641	353.882	22.042	100
360	7.249	3.06	7.902	358.835	22.672	100
365	7.359	3.157	8.171	363.787	23.307	100
370	7.342	3.232	8.447	368.739	23.947	100
375	7.381	3.228	8.727	373.69	24.588	100
380	7.465	3.426	9.014	378.639	25.234	100
385	7.491	3.386	9.309	383.588	25.884	100
390	7.615	3.541	9.608	388.536	26.542	100
395	7.623	3.768	9.924	393.481	27.205	100
400	7.673	3.907	10.256	398.426	27.87	100
405	7.758	4.013	10.598	403.369	28.541	100
410	7.788	4.069	10.947	408.31	29.217	100
415	7.759	4.035	11.297	413.252	29.894	100
420	7.838	4.119	11.649	418.193	30.572	100
425	7.828	4.114	12.005	423.134	31.254	100
430	7.869	4.148	12.362	428.074	31.936	100
435	7.852	4.192	12.722	433.014	32.62	100
440	7.875	4.214	13.085	437.954	33.304	100
445	7.866	4.196	13.448	442.893	33.989	100
450	7.913	4.317	13.816	447.832	34.675	100
455	7.909	4.344	14.19	452.771	35.363	100
460	7.947	4.425	14.568	457.708	36.053	100
465	7.908	4.526	14.955	462.645	36.743	100
470	7.945	4.545	15.346	467.582	37.432	100
475	7.935	4.638	15.743	472.518	38.123	100
480	7.917	4.647	16.143	477.454	38.812	100
485	7.995	4.706	16.547	482.39	39.504	100
490	7.987	4.823	16.958	487.324	40.199	100
495	8.038	4.814	17.374	492.258	40.896	100

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

#### 4.2.4.3. Sondaje PEEPD01053

*Tabla 14*

Resultado del procesamiento de medición del sondaje PEEPD01053

Station [m]	Dip [deg]	Azimuth [deg]	Easting [m]	Northing [m]	Elevation [m]	Station Quality [%]
0	19.057	0	0	0	0	100
5	19.12	0.139	0.006	4.725	1.635	100
10	19.071	359.987	0.011	9.45	3.271	100
15	18.958	359.96	0.009	14.177	4.9	100
20	18.931	359.894	0.003	18.906	6.523	100
25	18.71	0.028	0	23.639	8.136	100
30	18.686	0.04	0.002	28.375	9.739	100
35	18.697	0.127	0.009	33.111	11.341	100
40	18.735	0.163	0.021	37.847	12.946	100
45	18.728	0.23	0.037	42.582	14.551	100
50	18.711	0.179	0.054	47.318	16.156	100
55	18.828	0.54	0.084	52.052	17.765	100
60	18.486	0.646	0.133	56.789	19.364	100
65	18.326	359.914	0.156	61.533	20.943	100
70	18.435	0.037	0.154	66.278	22.52	100
75	18.491	0.027	0.157	71.02	24.103	100
80	18.547	0.092	0.162	75.761	25.691	100
85	18.692	0.11	0.17	80.5	27.288	100
90	18.913	0.184	0.182	85.233	28.899	100
95	19.166	0.251	0.2	89.959	30.53	100
100	19.33	0.303	0.223	94.68	32.179	100
105	19.496	0.361	0.25	99.395	33.84	100
110	19.522	0.534	0.287	104.108	35.51	100
115	19.712	0.619	0.334	108.818	37.189	100
120	19.828	0.554	0.383	113.523	38.88	100
125	19.932	0.495	0.426	118.225	40.58	100
130	20.065	0.536	0.468	122.923	42.29	100
135	20.265	0.659	0.517	127.616	44.014	100
140	20.508	0.802	0.577	132.303	45.756	100
145	20.718	0.867	0.645	136.982	47.516	100
150	20.943	1.044	0.723	141.654	49.294	100
155	21.242	1.128	0.811	146.319	51.094	100
160	21.281	1.21	0.906	150.977	52.907	100
165	21.332	1.379	1.011	155.634	54.723	100
170	21.375	1.498	1.128	160.29	56.544	100
175	21.326	1.655	1.256	164.945	58.364	100

Station [m]	Dip [deg]	Azimuth [deg]	Easting [m]	Northing [m]	Elevation [m]	Station Quality [%]
180	21.37	1.762	1.395	169.6	60.185	100
185	21.333	1.894	1.544	174.254	62.005	100
190	21.31	2.017	1.703	178.909	63.823	100
195	21.428	2.183	1.873	183.562	65.645	100
200	21.397	2.335	2.057	188.214	67.47	100
205	21.487	2.438	2.251	192.863	69.298	100
210	21.529	2.494	2.451	197.511	71.131	100
215	21.526	2.573	2.657	202.158	72.966	100
220	21.531	2.563	2.865	206.804	74.801	100
225	21.5	2.662	3.077	211.451	76.635	100
230	21.482	2.682	3.294	216.098	78.466	100
235	21.54	2.776	3.515	220.745	80.3	100
240	21.462	2.829	3.743	225.391	82.132	100
245	21.515	2.871	3.974	230.038	83.964	100
250	21.522	2.904	4.208	234.683	85.798	100
255	21.54	3.056	4.45	239.328	87.633	100
260	21.541	3.198	4.704	243.972	89.469	100
265	21.524	3.347	4.969	248.616	91.304	100
270	21.702	3.491	5.247	253.256	93.146	100
275	21.767	3.657	5.536	257.891	94.997	100
280	21.774	3.772	5.837	262.525	96.852	100
285	21.761	3.896	6.147	267.158	98.706	100
290	21.791	4.026	6.468	271.79	100.561	100
295	21.769	4.151	6.799	276.421	102.416	100
300	21.795	4.299	7.141	281.052	104.271	100
305	21.867	4.426	7.494	285.68	106.131	100
310	21.889	4.55	7.857	290.305	107.994	100
315	22.058	4.46	8.222	294.928	109.865	100
320	22.199	4.551	8.585	299.545	111.748	100
325	22.256	4.63	8.956	304.159	113.64	100
330	22.325	4.786	9.336	308.77	115.536	100
335	22.377	4.957	9.728	313.377	117.438	100
340	22.298	5.052	10.132	317.984	119.338	100
345	22.204	5.078	10.54	322.594	121.231	100
350	22.19	5.202	10.955	327.205	123.12	100
355	22.176	5.338	11.38	331.815	125.008	100
360	22.167	5.489	11.817	336.425	126.895	100
365	22.155	5.442	12.258	341.034	128.781	100
370	22.129	5.529	12.701	345.644	130.666	100
375	22.139	5.601	13.15	350.254	132.549	100
380	22.154	5.73	13.607	354.863	134.434	100

Station [m]	Dip [deg]	Azimuth [deg]	Easting [m]	Northing [m]	Elevation [m]	Station Quality [%]
385	22.13	5.884	14.076	359.47	136.319	100
390	22.101	5.992	14.555	364.077	138.201	100
395	22.08	6.038	15.04	368.685	140.081	100
400	22.083	6.1	15.53	373.292	141.961	100
405	22.071	6.176	16.026	377.899	143.84	100
410	22.137	6.361	16.531	382.504	145.722	100
415	21.595	6.705	17.059	387.114	147.584	100
420	21.634	6.194	17.582	391.733	149.426	100
425	22.241	5.639	18.06	396.346	151.294	100
430	22.376	5.604	18.513	400.95	153.192	100
435	21.77	6.035	18.983	405.559	155.071	100

*Fuente:* Elaboración propia, 2020

#### **4.2.5. Resultados del reprocesamiento de medición a partir de datos topográficos**

Una vez procesada la información en la PC2, se seguirá con el último paso, el reprocesado de la información a partir de datos topográficos el cual nos es proporcionado por el área de Topografía de la Unidad Minera EL PORVENIR – NEXA, esto con el fin de obtener la trayectoria del pozo y generar resultados no solo numéricos sino además gráficos.

Los datos topográficos, representados en tablas, entregados por topografía son los siguientes:

**Tabla 15**

Datos topográficos de los sondeos para evaluar la trayectoria donde muestran los sondeos en cuestión resaltados y pendientes.

LECTURAS DE DESVIACION U.M. EL PORVENIR												
ID	Categoría	Eastings	Northing	Elevación	Azimu	Inclinaci	Op del Su	Upto/Estado de Le	De Perfo	Reporte Fisi	Observaciones	
PEEP00575		367664.707	8827506.85	3944.285	32.047	5.823		Gyro/ Entregado	Finalizada	Entregado		
PEEP00927	EXPLORACION	367883.327	8827905.917	3977.137	49.805	-46.023		Pendiente	Finalizada	Pendiente		
PEEP00928	OPERACION	368426.396	8827924.554	3494.11	304.659	-10.594		Gyro/ Entregado	Finalizada	Entregado		
PEEP00929	OPERACION	368323.82	8828115.064	4050.505	209.845	4.931		Gyro/ Entregado	Finalizada	Entregado		
PEEP00930	OPERACION	368425.241	8828027.657	3505.078	299.206	33.168		Gyro/ Entregado	Finalizada	Entregado		
PEEP01028	EXPLORACION	367998.034	8826745.288	4049.315	119.936	0.204		Pendiente	Finalizada	Pendiente		
PEEP01029	OPERACION	367909.2286	8826445.906	4033.034	94.949	-0.323		Gyro/ Entregado	Finalizada	Entregado		
PEEP01030	OPERACION	368469.201	8828073.745	3396.616	295.914	-31.417		Gyro/ Entregado	Finalizada	Entregado		
PEEP01031	EXPLORACION	367724.617	8827288.518	3924.925	209.248	-27.622		Gyro/ Entregado	Finalizada	Entregado		
PEEP01053	EXPLORACION	367997.4890	8826744.1490	4049.8520	147.402	15.145		Pendiente	Finalizada	Pendiente		
PEEP01054	OPERACION	368321.9770	8828117.7800	4051.4190	254.391	25.185		No se realizo lectura	Finalizada	Entregado		
PEEP01055	OPERACION	368326.3600	8828114.8180	4052.2000	176.21	40.776		Gyro/ Entregado	Finalizada	Entregado	Cdmb260783.	
PEEP01056	OPERACION	367910.2567	8826447.3631	4033.5873	72.33	10.686		Gyro/ Entregado	Finalizada	Entregado		
PEEP01057	OPERACION	368467.7660	8828071.3710	3399.2250	254.965	18.669		No se realizo lectura	Finalizada	Entregado		
PEEP01058	EXPLORACION	367883.5470	8827905.5390	3977.8604	59.991	4.844		Gyro/ Entregado	Finalizada	Entregado		
PEEP01059	OPERACION	367910.3833	8826448.3569	4033.5693	61.197	10.494		Gyro/ Entregado	Finalizada	Entregado	Se elimina lectura a los 155,160 y 165	
PEEP01060	OPERACION	367922.8222	8828338.1377	3674.4825	104.453	-5.448		No se realizo lectura	Finalizada	Entregado		
PEEP01061	EXPLORACION	367962.0960	8828968.6280	3392.9140	190.968	-30.370		Gyro/ Entregado	Finalizada	Entregado		
PEEP01062	EXPLORACION	367881.9150	8827907.0610	3977.4840	15.154	-14.727		Gyro/ Entregado	Finalizada	Entregado		
PEEP01063	EXPLORACION	367723.8070	8827290.3510	3924.7970	239.866	-28.886		Gyro/ Entregado	Finalizada	Entregado		
PEEP01064	OPERACION	367922.6629	8828340.0211	3674.8098	75.017	5.412		No se realizo lectura	Finalizada	Entregado		
PEEP01065	OPERACION	367922.4342	8828342.3699	3674.8166	45.112	5.646		No se realizo lectura	Finalizada	Entregado		
PEEP01066	OPERACION	367922.7477	8828339.0967	3674.4998	90.096	-4.903		No se realizo lectura	Finalizada	Entregado		
PEEP01067	EXPLORACION	368000.1440	8826746.8370	4049.3830	84.665	0.296		Gyro/ Entregado	Finalizada	Entregado	Se elimina lectura a los 15	
PEEP01068	GEOMECANICA	368130.5581	8826976.5436	4063.8005	9.239	2.279		Gyro/ Entregado	Finalizada	Entregado		

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

El reprocesamiento consiste en aplicar los datos del levantamiento topográfico del sondeo realizado por topografía, a los resultados de procesamiento de medición de sondeos.

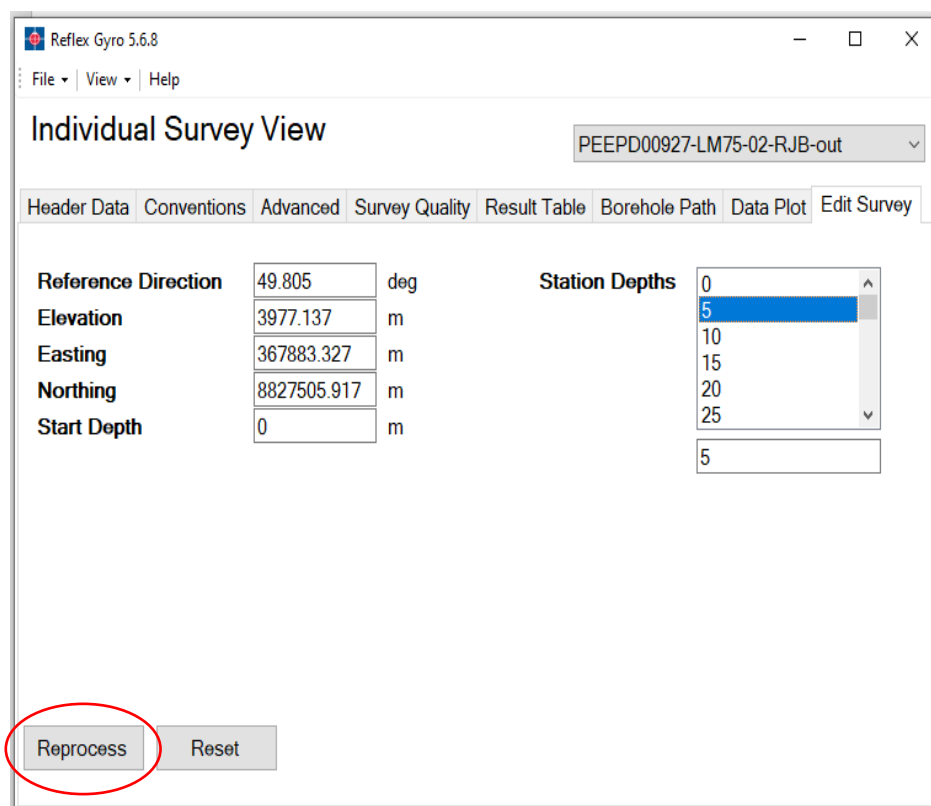
Para esto se necesitará el software REFLEXGYRO V.5.6.8., y se realizará de la siguiente manera:

Una vez procesada la data cruda en la PC2, se podrá reprocesar la información siempre y cuando se tenga los datos del collar del sondeo (datos de levantamiento topográfico).

Se registrarán los datos topográficos en las casillas en blanco de acuerdo a lo requerido, estos son: Azimut, elevación, Este, Norte, inicio de profundidad (que en este caso fue de salida) y por último la constante de toma de datos (que fueron 5 m.)

**Figura 45**

Registro del dato topográfico en la data cruda de medición para el reproceso de la información del sondaje PEEPD00927



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

Una vez rellenado los datos se realizará el reproceso, este dato topográfico será se tomará en cuenta como punto inicial del pozo y así los demás datos arrastraran esta información llegando a reprocesar toda la data de medición, como se muestra en la siguiente figura:

**Figura 46**

Data reprocesada a partir de un dato topográfico del sondaje PEEPD00927, donde muestra las coordenadas, azimut e inclinación del sondaje.

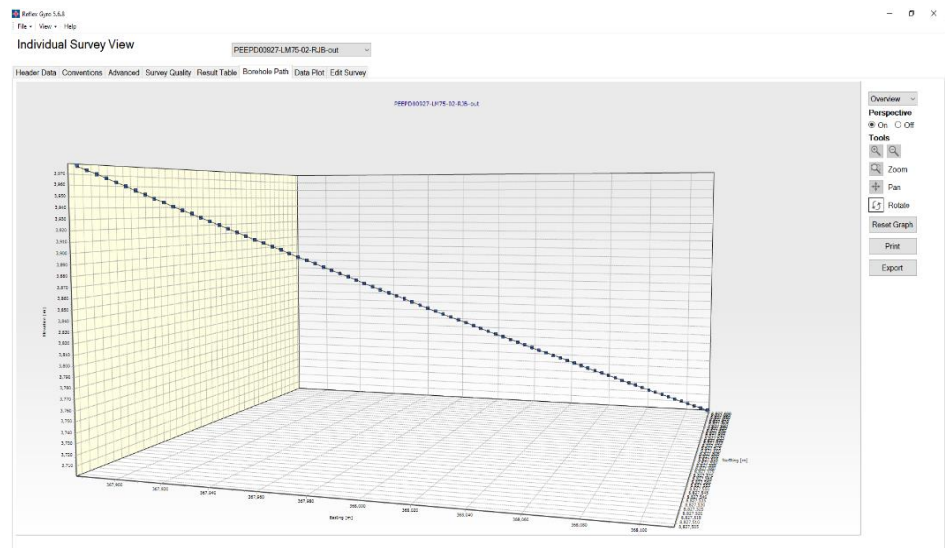
Station [m]	Dip [deg]	Azimuth [deg]	Easting [m]	Northing [m]	Elevation [m]	Station Quality [%]
0	-45.914	49.855	367883.527	8827505.917	3077.137	100
5	-45.834	49.611	367885.982	8827508.168	3073.548	100
10	-45.741	49.735	367888.64	8827510.425	3069.964	100
15	-45.728	49.701	367891.303	8827512.681	3066.384	100
20	-45.657	49.921	367893.871	8827514.935	3062.806	100
25	-45.384	49.888	367896.651	8827517.191	3059.238	100
30	-45.514	49.781	367899.331	8827519.454	3055.675	100
35	-45.382	49.88	367902.012	8827521.717	3052.113	100
40	-45.581	49.902	367904.694	8827523.978	3048.549	100
45	-45.473	49.967	367907.375	8827526.23	3044.98	100
50	-45.314	49.853	367910.062	8827528.491	3041.421	100
55	-45.206	49.838	367912.752	8827530.76	3037.869	100
60	-45.122	49.983	367915.449	8827533.03	3034.323	100
65	-45.042	50.098	367918.155	8827535.298	3030.783	100
70	-44.93	50.124	367920.868	8827537.566	3027.248	100
75	-44.909	50.165	367923.586	8827539.835	3023.718	100
80	-44.869	50.18	367926.311	8827542.107	3020.195	100
85	-44.577	50.288	367929.047	8827544.384	3016.683	100
90	-44.512	50.31	367931.788	8827546.66	3013.176	100
95	-44.385	50.42	367934.537	8827548.937	3009.674	100
100	-44.391	50.456	367937.292	8827551.213	3006.177	100
105	-44.356	50.668	367940.052	8827553.483	3002.68	100
110	-44.23	50.574	367942.819	8827555.754	3000.188	100
115	-44.21	50.751	367945.59	8827558.025	3000.701	100
120	-44.188	50.536	367948.362	8827560.298	3002.216	100
125	-44.202	50.562	367951.13	8827562.578	3008.73	100
130	-44.226	50.883	367953.9	8827564.85	3005.243	100
135	-44.143	50.597	367956.672	8827567.124	3001.758	100
140	-44.016	50.994	367959.455	8827569.394	3008.28	100
145	-43.981	50.8	367962.247	8827571.663	3004.807	100
150	-44.069	50.885	367965.034	8827573.933	3001.332	100
155	-43.884	50.985	367967.827	8827576.201	3007.86	100
160	-43.76	51.164	367970.634	8827578.467	3004.398	100
165	-43.758	51.226	367973.448	8827580.731	3000.94	100
170	-43.7	51.233	367976.265	8827582.993	3007.484	100
175	-43.777	51.185	367979.081	8827585.256	3004.027	100
180	-43.764	51.118	367981.893	8827587.521	3000.568	100

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

Finalmente se tendrá la trayectoria del sondaje en resultados gráficos como se muestra a continuación:

**Figura 47**

Vista en 3D de la trayectoria del sondaje PEEPD00927



**Fuente:** Elaboración propia, 2020



Este proceso se realizó de la misma manera a los demás sondajes.

#### 4.2.5.1. Sondaje PEEPD00927

##### Resultado numérico:

*Tabla 16*

Resultado del reprocesamiento de medición del sondaje PEEPD00927

Station [m]	Dip [deg]	Azimuth [deg]	Easting [m]	Northing [m]	Elevation [m]	Station Quality [%]
0	-45.914	49.805	367883.327	8827505.917	3977.137	100
5	-45.834	49.611	367885.982	8827508.168	3973.548	100
10	-45.741	49.735	367888.64	8827510.425	3969.964	100
15	-45.726	49.701	367891.303	8827512.681	3966.384	100
20	-45.657	49.921	367893.971	8827514.935	3962.806	100
25	-45.384	49.888	367896.651	8827517.191	3959.238	100
30	-45.514	49.781	367899.331	8827519.454	3955.675	100
35	-45.362	49.88	367902.012	8827521.717	3952.113	100
40	-45.581	49.902	367904.694	8827523.976	3948.548	100
45	-45.473	49.987	367907.375	8827526.23	3944.98	100
50	-45.314	49.853	367910.062	8827528.491	3941.421	100
55	-45.206	49.838	367912.752	8827530.76	3937.869	100
60	-45.122	49.983	367915.449	8827533.03	3934.323	100
65	-45.042	50.098	367918.155	8827535.298	3930.783	100
70	-44.93	50.124	367920.868	8827537.566	3927.248	100
75	-44.909	50.165	367923.586	8827539.835	3923.718	100
80	-44.669	50.18	367926.311	8827542.107	3920.195	100
85	-44.577	50.288	367929.047	8827544.384	3916.683	100
90	-44.512	50.31	367931.788	8827546.66	3913.176	100
95	-44.385	50.42	367934.537	8827548.937	3909.674	100
100	-44.391	50.456	367937.292	8827551.213	3906.177	100
105	-44.356	50.668	367940.052	8827553.483	3902.68	100
110	-44.23	50.574	367942.819	8827555.754	3899.188	100
115	-44.21	50.751	367945.59	8827558.025	3895.701	100
120	-44.188	50.536	367948.362	8827560.298	3892.216	100
125	-44.202	50.562	367951.13	8827562.576	3888.73	100
130	-44.226	50.683	367953.9	8827564.85	3885.243	100
135	-44.143	50.597	367956.672	8827567.124	3881.758	100
140	-44.016	50.994	367959.455	8827569.394	3878.28	100
145	-43.981	50.8	367962.247	8827571.663	3874.807	100
150	-44.069	50.865	367965.034	8827573.933	3871.332	100
155	-43.884	50.995	367967.827	8827576.201	3867.86	100
160	-43.76	51.164	367970.634	8827578.467	3864.398	100

Station [m]	Dip [deg]	Azimuth [deg]	Easting [m]	Northing [m]	Elevation [m]	Station Quality [%]
165	-43.758	51.226	367973.448	8827580.731	3860.94	100
170	-43.7	51.233	367976.265	8827582.993	3857.484	100
175	-43.777	51.185	367979.081	8827585.256	3854.027	100
180	-43.764	51.118	367981.893	8827587.521	3850.568	100
185	-43.783	51.24	367984.706	8827589.784	3847.109	100
190	-43.649	51.093	367987.521	8827592.05	3843.654	100
195	-43.493	51.018	367990.338	8827594.327	3840.207	100
200	-43.406	51.029	367993.16	8827596.611	3836.769	100
205	-43.275	51.049	367995.988	8827598.897	3833.337	100
210	-43.127	51.227	367998.826	8827601.184	3829.914	100
215	-42.984	51.282	368001.675	8827603.471	3826.501	100
220	-42.886	51.439	368004.535	8827605.756	3823.095	100
225	-42.807	51.456	368007.402	8827608.041	3819.695	100
230	-42.821	51.519	368010.271	8827610.325	3816.297	100
235	-42.762	51.401	368013.141	8827612.611	3812.9	100
240	-42.747	51.556	368016.014	8827614.898	3809.506	100
245	-42.746	51.431	368018.887	8827617.184	3806.112	100
250	-42.673	51.562	368021.762	8827619.471	3802.721	100
255	-42.631	51.622	368024.644	8827621.756	3799.333	100
260	-42.545	51.592	368027.529	8827624.042	3795.949	100
265	-42.571	51.677	368030.417	8827626.328	3792.568	100
270	-42.46	51.636	368033.307	8827628.614	3789.189	100
275	-42.38	51.631	368036.201	8827630.905	3785.816	100
280	-42.247	51.776	368039.103	8827633.197	3782.45	100
285	-42.176	51.801	368042.013	8827635.487	3779.09	100
290	-42.185	51.829	368044.925	8827637.778	3775.733	100
295	-42.078	51.947	368047.843	8827640.067	3772.379	100
300	-42.025	52	368050.767	8827642.354	3769.03	100
305	-41.959	52.197	368053.7	8827644.637	3765.685	100
310	-41.892	52.172	368056.639	8827646.917	3762.344	100
315	-41.787	52.319	368059.584	8827649.198	3759.009	100
320	-41.698	52.397	368062.538	8827651.477	3755.68	100
325	-41.673	52.399	368065.496	8827653.755	3752.355	100
330	-41.594	52.474	368068.459	8827656.033	3749.033	100
335	-41.572	52.555	368071.426	8827658.309	3745.714	100
340	-41.545	52.622	368074.398	8827660.582	3742.397	100
345	-41.491	52.658	368077.374	8827662.854	3739.083	100
350	-41.434	52.783	368080.355	8827665.123	3735.772	100
355	-41.364	52.87	368083.344	8827667.39	3732.466	100
360	-41.283	53.005	368086.34	8827669.653	3729.164	100
365	-41.26	53.097	368089.343	8827671.912	3725.866	100

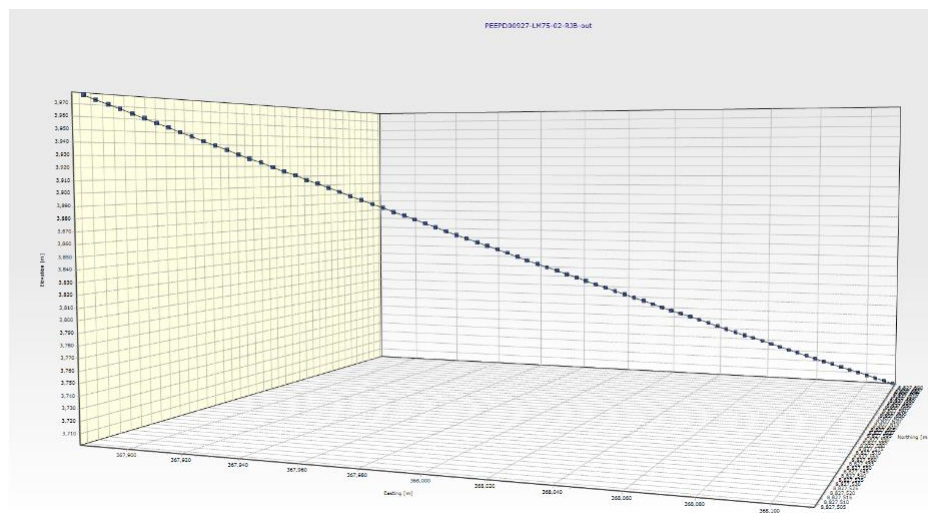
Station [m]	Dip [deg]	Azimuth [deg]	Easting [m]	Northing [m]	Elevation [m]	Station Quality [%]
370	-41.197	53.115	368092.351	8827674.169	3722.571	100
375	-41.091	53.176	368095.363	8827676.428	3719.281	100
380	-40.962	53.379	368098.387	8827678.683	3715.999	100
385	-40.878	53.439	368101.42	8827680.935	3712.724	100
390	-40.787	53.531	368104.461	8827683.186	3709.455	100
395	-40.708	53.534	368107.507	8827685.438	3706.191	100
400	-40.442	53.512	368110.561	8827687.695	3702.939	100

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

### Resultado Grafico:

**Figura 48**

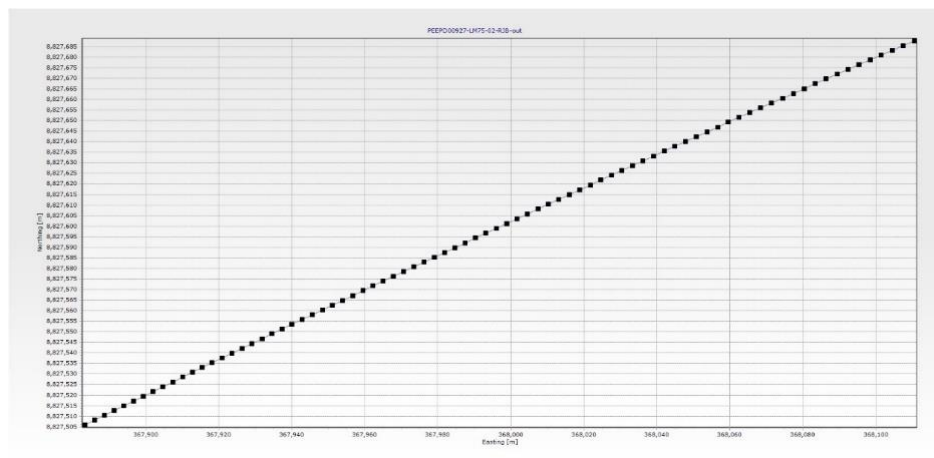
Vista en 3D de la trayectoria del sondaje PEEPD00927



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 49**

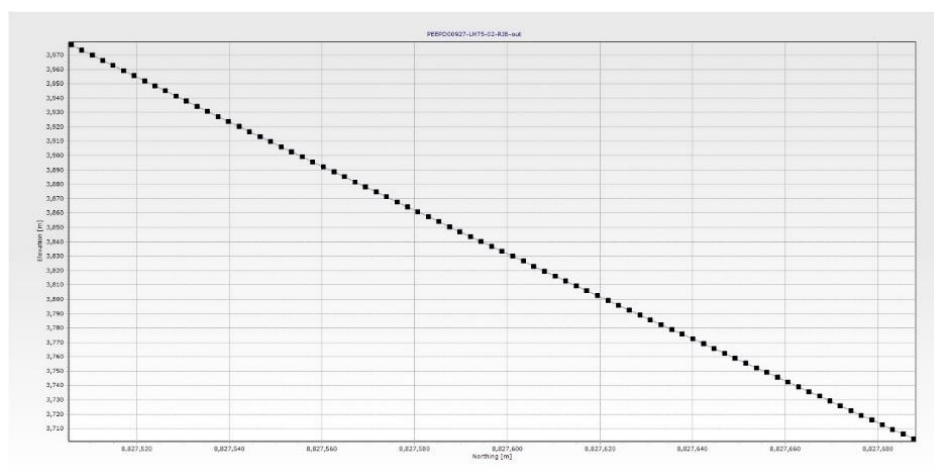
Vista en planta de la trayectoria del sondaje PEEPD00927



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 50**

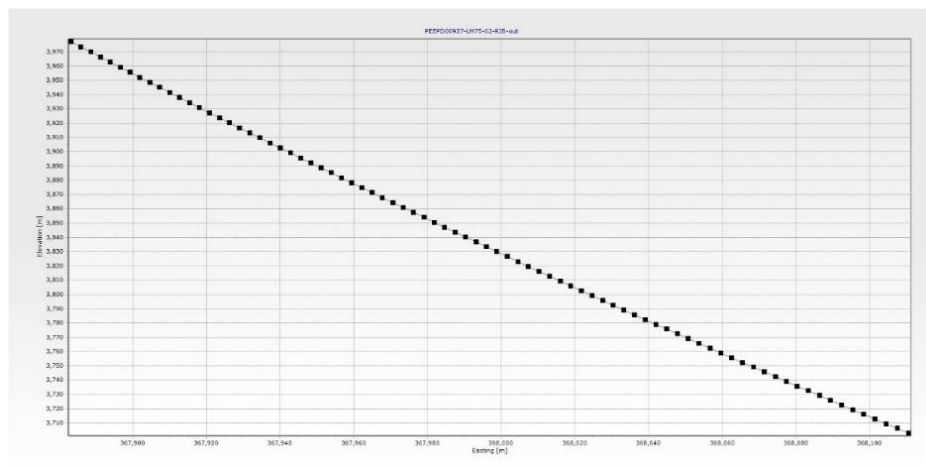
Vista al Norte de la trayectoria del sondaje PEEPD00927



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 51**

Vista al Este de la trayectoria del sondaje PEEPD00927



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

#### 4.2.5.2. Sondaje PEEPD01028

##### Resultado numérico

**Tabla 17**

Resultado del re-procesamiento de medición del sondaje PEEPD01028

Station [m]	Dip [deg]	Azimuth [deg]	Easting [m]	Northing [m]	Elevation [m]	Station Quality [%]
0	0.52	119.936	367998.034	8826744.149	4049.319	100
5	0.49	119.94	367990.647	8826712.333	4049.084	100
10	0.266	119.921	367987.438	8826708.499	4049.117	100
15	0.141	119.955	367984.228	8826704.665	4049.135	100
20	0.018	119.913	367981.019	8826700.831	4049.142	100
25	-0.573	119.835	367977.813	8826696.994	4049.118	100
30	-0.291	120.051	367974.603	8826693.161	4049.08	100
35	-0.388	119.937	367971.39	8826689.33	4049.05	100
40	-0.31	120	367898.178	8826685.498	4049.02	100
45	-0.074	120.16	367894.959	8826681.673	4049.003	100
50	0.078	120.209	367891.732	8826677.853	4049.003	100
55	0.388	120.299	367888.502	8826674.037	4049.024	100
60	0.533	120.436	367885.263	8826670.227	4049.064	100
65	0.713	120.655	367882.013	8826666.428	4049.118	100
70	0.849	120.737	367878.753	8826662.638	4049.186	100
75	1.003	120.67	367875.493	8826658.848	4049.267	100
80	1.226	120.586	367872.238	8826655.054	4049.364	100
85	1.461	120.688	367868.983	8826651.26	4049.482	100

Station [m]	Dip [deg]	Azimuth [deg]	Easting [m]	Northing [m]	Elevation [m]	Station Quality [%]
90	1.522	120.642	367865.725	8826647.469	4049.612	100
95	1.703	120.613	367862.471	8826643.676	4049.752	100
100	1.826	120.651	367859.217	8826639.883	4049.906	100
105	2.072	120.701	367855.96	8826636.093	4050.076	100
110	2.173	120.837	367852.697	8826632.309	4050.262	100
115	2.395	120.76	367849.432	8826628.527	4050.461	100
120	2.507	120.794	367846.17	8826624.744	4050.675	100
125	2.589	120.697	367842.91	8826620.96	4050.897	100
130	2.524	120.771	367839.65	8826617.175	4051.12	100
135	2.824	120.833	367836.386	8826613.394	4051.353	100
140	2.617	120.771	367833.123	8826609.613	4051.591	100
145	2.792	120.619	367829.866	8826605.827	4051.826	100
150	2.858	120.686	367826.613	8826602.038	4052.073	100
155	2.906	120.645	367823.359	8826598.25	4052.324	100
160	3.013	120.747	367820.103	8826594.464	4052.583	100
165	3.247	120.804	367816.842	8826590.684	4052.856	100
170	3.286	120.921	367813.577	8826586.908	4053.14	100
175	3.438	120.921	367810.307	8826583.137	4053.434	100
180	3.617	120.976	367807.036	8826579.367	4053.741	100
185	3.726	121.047	367803.762	8826575.602	4054.061	100
190	3.787	121.01	367800.487	8826571.838	4054.389	100
195	3.891	121.094	367797.211	8826568.076	4054.724	100
200	4.002	121.043	367793.934	8826564.316	4055.068	100
205	4.115	121.103	367790.657	8826560.556	4055.422	100
210	4.219	121.112	367787.378	8826556.798	4055.785	100
215	4.405	121.142	367784.099	8826553.043	4056.161	100
220	4.584	121.217	367780.817	8826549.291	4056.553	100
225	4.697	121.217	367777.533	8826545.542	4056.957	100
230	4.891	121.412	367774.244	8826541.8	4057.375	100
235	5.063	121.479	367770.947	8826538.066	4057.809	100
240	5.162	121.522	367767.647	8826534.336	4058.255	100
245	5.221	121.524	367764.346	8826530.608	4058.707	100
250	5.439	121.633	367761.042	8826526.884	4059.171	100
255	5.615	121.675	367757.734	8826523.166	4059.653	100
260	5.778	121.672	367754.426	8826519.449	4060.149	100
265	5.891	121.768	367751.116	8826515.737	4060.658	100
270	6.042	121.818	367747.802	8826512.029	4061.177	100
275	6.247	121.928	367744.483	8826508.327	4061.712	100
280	6.43	122.041	367741.159	8826504.633	4062.264	100
285	6.585	122.063	367737.832	8826500.945	4062.831	100

Station [m]	Dip [deg]	Azimuth [deg]	Easting [m]	Northing [m]	Elevation [m]	Station Quality [%]
290	6.667	122.112	367734.503	8826497.259	4063.408	100
295	6.564	122.164	367731.171	8826493.576	4063.984	100
300	6.624	122.32	367727.832	8826489.899	4064.558	100
305	6.576	122.337	367724.487	8826486.227	4065.133	100
310	6.628	122.297	367721.143	8826482.554	4065.708	100
315	6.591	122.34	367717.799	8826478.882	4066.283	100
320	6.74	122.384	367714.453	8826475.212	4066.864	100
325	6.75	122.346	367711.107	8826471.543	4067.451	100
330	6.726	122.426	367707.76	8826467.876	4068.038	100
335	6.87	122.58	367704.405	8826464.216	4068.629	100
340	6.981	122.602	367701.046	8826460.561	4069.232	100
345	7.087	122.683	367697.685	8826456.911	4069.845	100
350	7.067	122.833	367694.316	8826453.268	4070.461	100
355	7.216	122.886	367690.941	8826449.631	4071.082	100
360	7.249	122.972	367687.563	8826445.999	4071.712	100
365	7.359	123.069	367684.179	8826442.374	4072.347	100
370	7.342	123.144	367680.791	8826438.753	4072.987	100
375	7.381	123.14	367677.4	8826435.135	4073.628	100
380	7.465	123.338	367674.003	8826431.523	4074.274	100
385	7.491	123.298	367670.602	8826427.916	4074.924	100
390	7.615	123.453	367667.198	8826424.313	4075.582	100
395	7.623	123.68	367663.782	8826420.722	4076.245	100
400	7.673	123.819	367660.356	8826417.143	4076.91	100
405	7.758	123.925	367656.922	8826413.571	4077.581	100
410	7.788	123.981	367653.483	8826410.004	4078.257	100
415	7.759	123.947	367650.044	8826406.439	4078.934	100
420	7.838	124.031	367646.604	8826402.874	4079.612	100
425	7.828	124.026	367643.161	8826399.313	4080.294	100
430	7.869	124.06	367639.718	8826395.753	4080.976	100
435	7.852	124.104	367636.272	8826392.195	4081.66	100
440	7.875	124.126	367632.824	8826388.639	4082.344	100
445	7.866	124.108	367629.376	8826385.083	4083.029	100
450	7.913	124.229	367625.925	8826381.53	4083.715	100
455	7.909	124.256	367622.47	8826377.982	4084.403	100
460	7.947	124.337	367619.012	8826374.438	4085.093	100
465	7.908	124.438	367615.548	8826370.899	4085.783	100
470	7.945	124.457	367612.08	8826367.364	4086.472	100
475	7.935	124.55	367608.609	8826363.832	4087.163	100
480	7.917	124.559	367605.134	8826360.303	4087.852	100
485	7.995	124.618	367601.658	8826356.776	4088.544	100

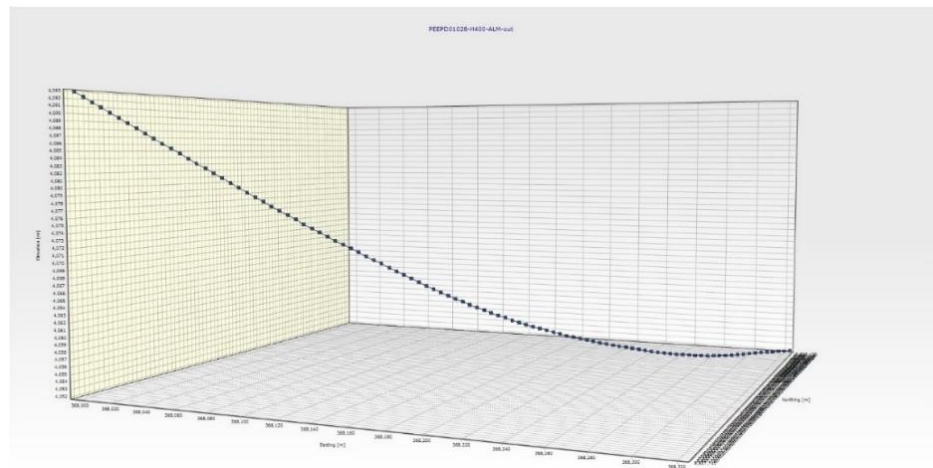
Station [m]	Dip [deg]	Azimuth [deg]	Easting [m]	Northing [m]	Elevation [m]	Station Quality [%]
490	7.987	124.735	367598.177	8826353.255	4089.239	100
495	8.038	124.726	367594.692	8826349.738	4089.936	100

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

### Resultado Grafico:

**Figura 52**

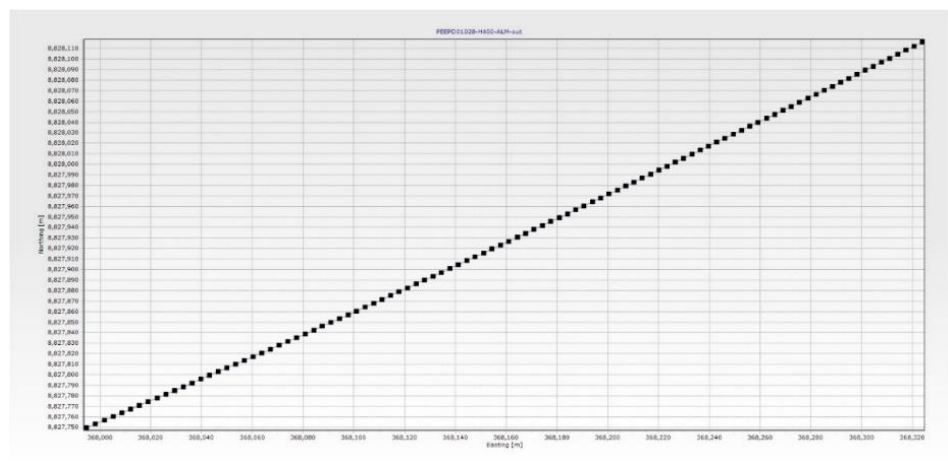
Vista en 3D de la trayectoria del sondaje PEEPD01028



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 53**

Vista en planta de la trayectoria del sondaje PEEPD01028

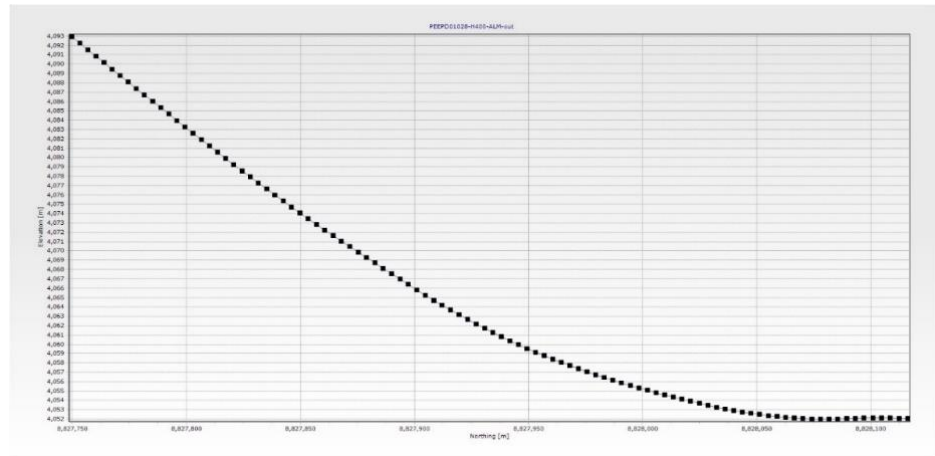


**Fuente:** Elaboración propia, 2020



**Figura 54**

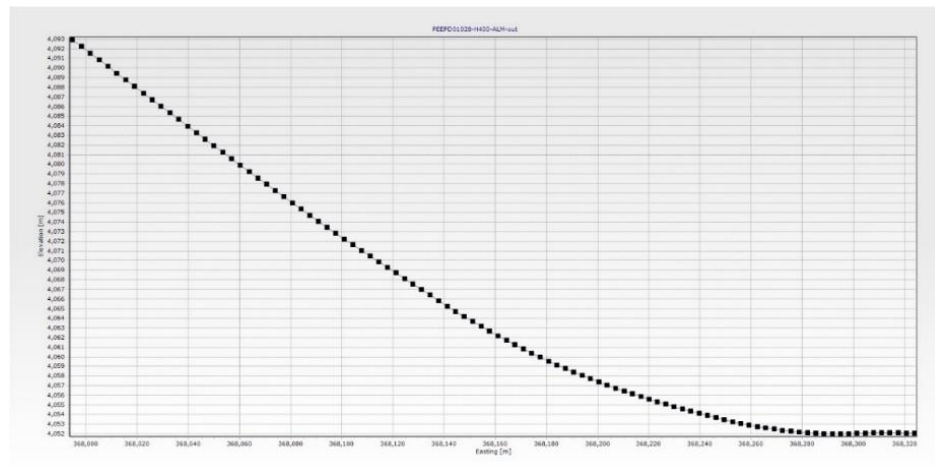
Vista al Norte de la trayectoria del sondaje PEEPD01028



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 55**

Vista al Este de la trayectoria del sondaje PEEPD01028



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

### 4.2.5.3. Sondaje PEEPD01053

#### Resultado numérico:

*Tabla 18*

Resultado del reprocesamiento de medición del sondaje PEEPD01053.

Station [m]	Dip [deg]	Azimuth [deg]	Easting [m]	Northing [m]	Elevation [m]	Station Quality [%]
0	19.057	147.402	367997.469	8826744.149	4049.852	100
5	19.12	147.541	368000.01	8826740.165	4051.487	100
10	19.071	147.389	368002.551	8826736.182	4053.123	100
15	18.958	147.362	368005.099	8826732.2	4054.752	100
20	18.931	147.296	368007.652	8826728.22	4056.375	100
25	18.71	147.43	368010.205	8826724.234	4057.988	100
30	18.686	147.442	368012.754	8826720.243	4059.591	100
35	18.697	147.529	368015.3	8826716.249	4061.193	100
40	18.735	147.565	368017.841	8826712.253	4062.798	100
45	18.728	147.632	368020.378	8826708.255	4064.403	100
50	18.711	147.581	368022.915	8826704.256	4066.008	100
55	18.828	147.942	368025.441	8826700.252	4067.617	100
60	18.486	148.048	368027.951	8826696.235	4069.216	100
65	18.326	147.316	368030.488	8826692.225	4070.795	100
70	18.435	147.439	368033.046	8826688.229	4072.372	100
75	18.491	147.429	368035.598	8826684.232	4073.955	100
80	18.547	147.494	368038.149	8826680.235	4075.543	100
85	18.692	147.512	368040.694	8826676.239	4077.14	100
90	18.913	147.586	368043.234	8826672.245	4078.751	100
95	19.166	147.653	368045.765	8826668.253	4080.382	100
100	19.33	147.705	368048.289	8826664.264	4082.031	100
105	19.496	147.763	368050.806	8826660.277	4083.692	100
110	19.522	147.936	368053.314	8826656.286	4085.362	100
115	19.712	148.021	368055.812	8826652.293	4087.041	100
120	19.828	147.956	368058.306	8826648.303	4088.732	100
125	19.932	147.897	368060.803	8826644.319	4090.432	100
130	20.065	147.938	368063.298	8826640.338	4092.142	100
135	20.265	148.061	368065.786	8826636.358	4093.866	100
140	20.508	148.204	368068.26	8826632.377	4095.608	100
145	20.718	148.269	368070.724	8826628.398	4097.368	100
150	20.943	148.446	368073.175	8826624.42	4099.146	100
155	21.242	148.53	368075.613	8826620.443	4100.945	100
160	21.281	148.612	368078.043	8826616.467	4102.759	100
165	21.332	148.781	368080.464	8826612.487	4104.575	100
170	21.375	148.9	368082.873	8826608.502	4106.396	100

Station [m]	Dip [deg]	Azimuth [deg]	Easting [m]	Northing [m]	Elevation [m]	Station Quality [%]
175	21.326	149.057	368085.273	8826604.511	4108.216	100
180	21.37	149.164	368087.664	8826600.515	4110.037	100
185	21.333	149.296	368090.046	8826596.513	4111.857	100
190	21.31	149.419	368092.42	8826592.506	4113.675	100
195	21.428	149.585	368094.783	8826588.494	4115.497	100
200	21.397	149.737	368097.134	8826584.477	4117.322	100
205	21.487	149.84	368099.476	8826580.455	4119.15	100
210	21.529	149.896	368101.811	8826576.432	4120.983	100
215	21.526	149.975	368104.142	8826572.406	4122.818	100
220	21.531	149.965	368106.469	8826568.379	4124.653	100
225	21.5	150.064	368108.794	8826564.35	4126.487	100
230	21.482	150.084	368111.115	8826560.318	4128.318	100
235	21.54	150.178	368113.432	8826556.284	4130.152	100
240	21.462	150.231	368115.743	8826552.247	4131.984	100
245	21.515	150.273	368118.052	8826548.208	4133.816	100
250	21.522	150.306	368120.357	8826544.168	4135.65	100
255	21.54	150.458	368122.656	8826540.125	4137.485	100
260	21.541	150.6	368124.944	8826536.076	4139.321	100
265	21.524	150.749	368127.222	8826532.021	4141.156	100
270	21.702	150.893	368129.488	8826527.962	4142.998	100
275	21.767	151.059	368131.742	8826523.901	4144.849	100
280	21.774	151.174	368133.984	8826519.835	4146.704	100
285	21.761	151.298	368136.219	8826515.764	4148.558	100
290	21.791	151.428	368138.444	8826511.689	4150.413	100
295	21.769	151.553	368140.66	8826507.609	4152.268	100
300	21.795	151.701	368142.867	8826503.524	4154.123	100
305	21.867	151.828	368145.063	8826499.435	4155.983	100
310	21.889	151.952	368147.249	8826495.342	4157.846	100
315	22.058	151.862	368149.432	8826491.252	4159.717	100
320	22.199	151.953	368151.613	8826487.166	4161.6	100
325	22.256	152.032	368153.787	8826483.079	4163.492	100
330	22.325	152.188	368155.951	8826478.99	4165.388	100
335	22.377	152.359	368158.102	8826474.897	4167.289	100
340	22.298	152.454	368160.245	8826470.798	4169.19	100
345	22.204	152.48	368162.384	8826466.695	4171.083	100
350	22.19	152.604	368164.518	8826462.587	4172.972	100
355	22.176	152.74	368166.644	8826458.474	4174.86	100
360	22.167	152.891	368168.759	8826454.355	4176.747	100
365	22.155	152.844	368170.871	8826450.234	4178.633	100
370	22.129	152.931	368172.982	8826446.111	4180.517	100
375	22.139	153.003	368175.087	8826441.986	4182.401	100
380	22.154	153.132	368177.184	8826437.857	4184.286	100

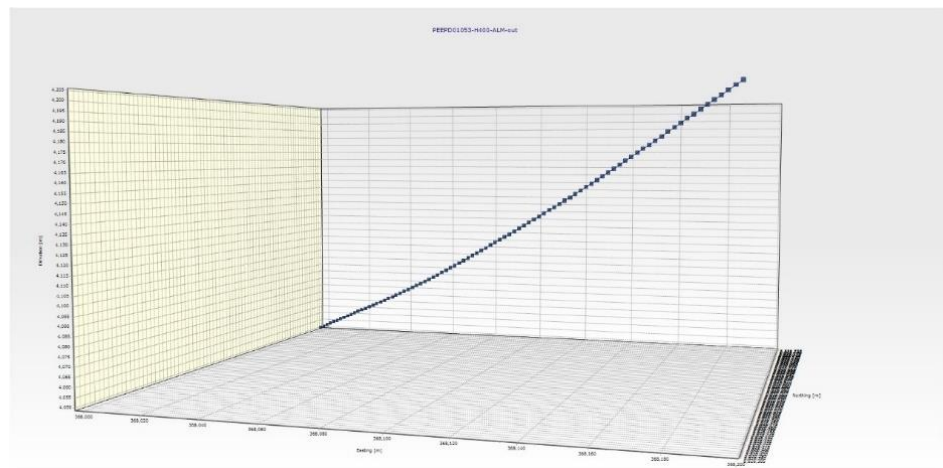
Station [m]	Dip [deg]	Azimuth [deg]	Easting [m]	Northing [m]	Elevation [m]	Station Quality [%]
385	22.13	153.286	368179.272	8826433.723	4186.171	100
390	22.101	153.394	368181.35	8826429.583	4188.053	100
395	22.08	153.44	368183.424	8826425.44	4189.933	100
400	22.083	153.502	368185.493	8826421.295	4191.813	100
405	22.071	153.578	368187.558	8826417.147	4193.692	100
410	22.137	153.763	368189.612	8826412.995	4195.574	100
415	21.595	154.107	368191.651	8826408.826	4197.436	100
420	21.634	153.596	368193.7	8826404.654	4199.278	100
425	22.241	153.041	368195.782	8826400.51	4201.146	100
430	22.376	153.006	368197.88	8826396.387	4203.043	100
435	21.77	153.437	368199.968	8826392.251	4204.922	100

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

### Resultado Grafico:

**Figura 56**

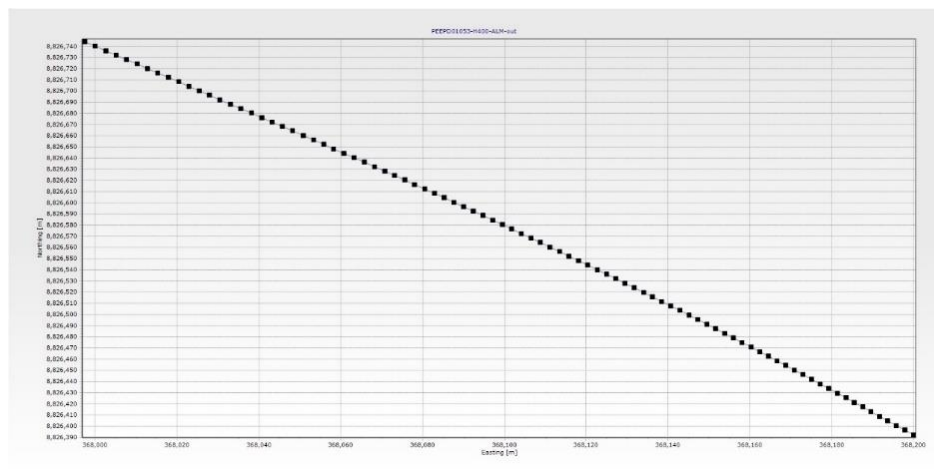
Vista en 3D de la trayectoria del sondaje PEEPD01053



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 57**

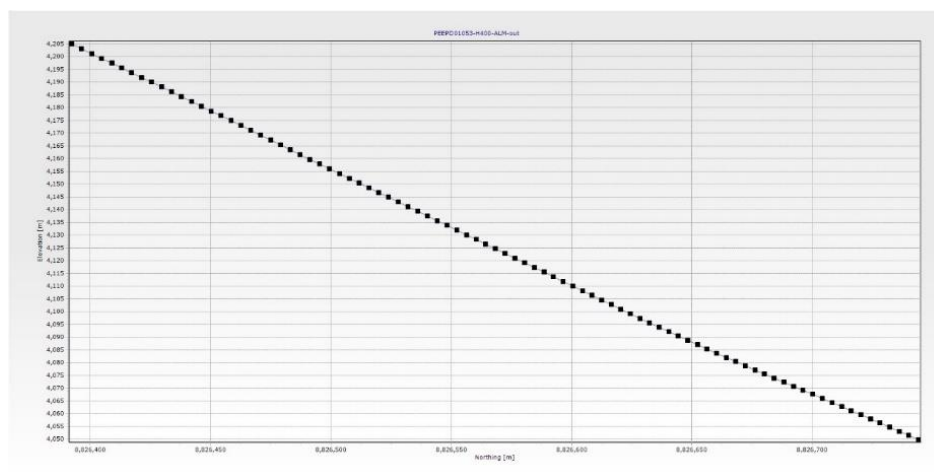
Vista en planta de la trayectoria del sondaje PEEPD01053.



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 58**

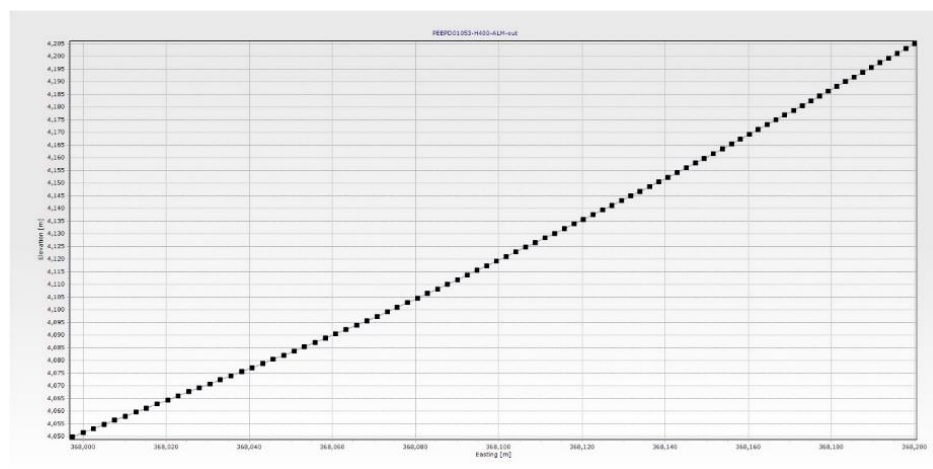
Vista al Norte de la trayectoria del sondaje PEEPD01053



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 59**

Vista al Este de la trayectoria del sondaje PEEPD01053



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

#### **4.2.6. Evaluación de resultados de los sondajes medidos**

Como se muestra en los resultados ya mostrados de las mediciones, se puede observar la trayectoria del pozo, modelado con ayuda del software REFLEXGYRO V.5.6.8. a partir de los datos topográficos de levantamientos del collar de los sondajes.

Se realizará la evaluación de cada sondaje a partir de todo lo plasmado anteriormente, teniendo en cuenta de que se trata de una investigación del nivel descriptivo:

##### **4.2.6.1. Sondaje PEEPD00927**

Se tiene que:

Datos iniciales aproximados: Haciendo una comparativa entre los datos de medición ya reprocesados con los datos topográficos, tanto en azimut como en inclinación, se puede observar una similitud de información los cuales están dentro del rango de error (no mayor a 0.5°), esto quiere decir que se ha iniciado correctamente la perforación, punto de

partida importante para toda la operación debido a que de ser lo contrario se tendría un sondaje erróneo.

**Tabla 19**

Tabla de resultados de la medición del sondaje PEEPD00927

PEEPD00927					
	AZ	INCLINACION	ESTE	NORTE	COTA
<b>PROCESADO</b>	0°	-45.914°	0	0	0
<b>REPROCESADO</b>	49.805°	-45.914°	367883.327	8827505.92	3977.137
<b>TOPOGRAFIA</b>	49.805°	-46.023°	367883.327	8827505.92	3977.137
<b>PROYECTO</b>	50°	-46°	-----	-----	-----

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

Desviación del sondaje: Los resultados arrojados del reprocesamiento de datos indica que:

**Tabla 20**

Tabla de resultados de desviación del sondaje PEEPD0927

PEEPD00927						
Station [m]	Dip [deg]	Azimuth [deg]	Easting [m]	Northing [m]	Elevation [m]	Station Quality [%]
0	-45.914	49.805	367883.33	8827505.9	3977.137	100
400	-40.442	53.512	368110.56	8827687.7	3702.939	100
Desviación	5.472	3.707				

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 21**

**Avance diario de perforación VS desviación del sondaje PEEPD00927**

**EL PORVENIR**

OROS

PEEPD00927

**LM75\_02**

Meta Mensual (metros) 650.00  
 Meta Diaria (metros) 20.97  
 Periodo de Trabajo 31.00

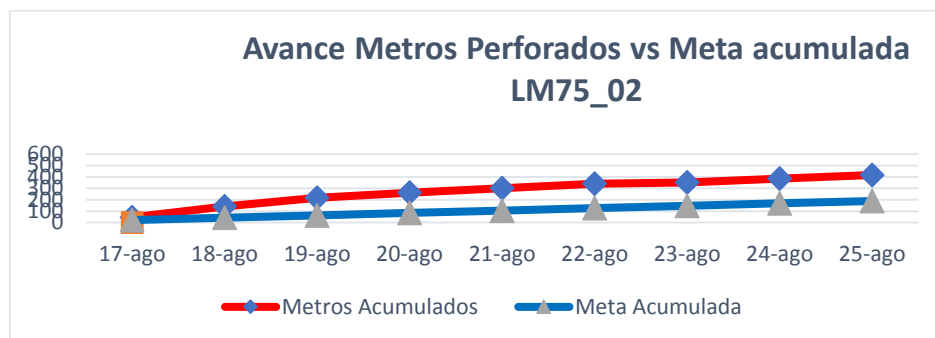
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Datos	17-Ago	18-Ago	19-Ago	20-Ago	21-Ago	22-Ago	23-Ago	24-Ago	25-Ago
Turno A	20.30	42.00	36.60	20.70	14.30	21.60	10.90	11.60	24.30
Turno B	25.30	54.10	37.70	25.90	24.50	16.20	2.50	21.30	7.40
<b>Total</b>	<b>45.60</b>	<b>96.10</b>	<b>74.30</b>	<b>46.60</b>	<b>38.80</b>	<b>37.80</b>	<b>13.40</b>	<b>32.90</b>	<b>31.70</b>
Metros Acumulados	45.6	141.7	216	262.6	301.4	339.2	352.6	385.5	417.2
Meta Acumulada	21	42	63	84	105	126	147	168	189
% Avance	✓ 217%	✓ 338%	✓ 343%	✓ 313%	✓ 287%	✓ 270%	✓ 240%	✓ 230%	✓ 221%
Nueva Meta diaria	20	18	16	14	13	12	12	12	11

Metros	0-50	50-100	100-150	150-200	200-250	250-300	300-350	350-400
Datos de medición (gyroflex)	-45.914	-45.314	-44.391	-44.069	-43.406	-42.673	-42.025	-41.434
Desviación generada (*)	0.600	0.923	0.322	0.663	0.733	0.648	0.591	0.992
Desviación acumulada (*)	0.6	1.523	1.845	2.508	3.241	3.889	4.48	5.472
Desviación esperada (*)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 60**

**Avance diario VS meta acumulada del sondaje PEEPD00927**

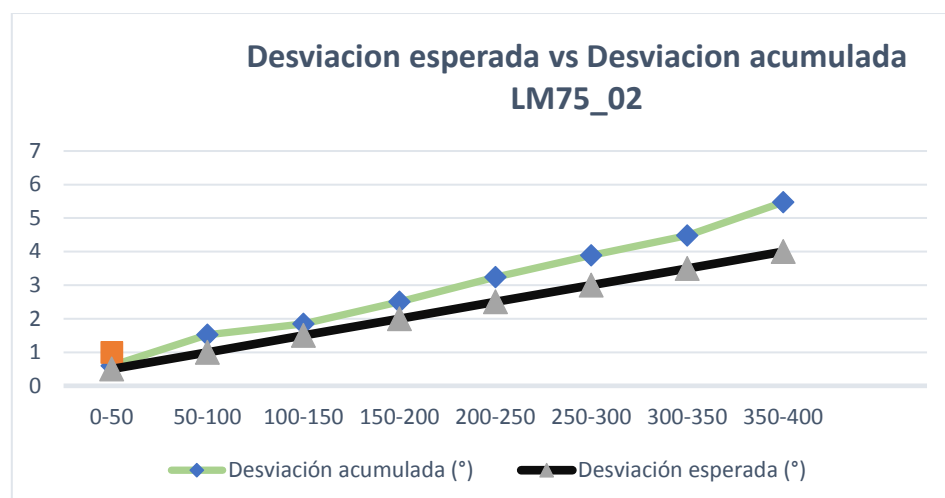


**Fuente:** Elaboración propia, 2020



**Figura 61**

Avance diario VS desviación esperada del sondaje PEEPD00927



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

Una desviación de 5.472° respecto a la inclinación Datos que se encuentran fuera del rango de desviación y 3.707° respecto al azimut, dato que se encuentra dentro del rango (por cada 100m. la desviación debe ser menor o igual a 1°), y visados en los resultados gráficos indicando una perforación casi favorable para la operación, esto debido al uso de los parámetros de perforación de manera incorrecta o diversos problemas que surgen durante la operación, esto se evidencia a continuación:

**Tabla 22**

Parámetros de perforación aplicados en el sondaje PEEPD00927

SONDAJE	DESDE	HASTA		VELOCIDAD	CAUDAL	PRESION DE
				ROTACION	FLUIDO	AVANCE O
				(RPM)	(Gal/Min)	PULLDOWN (PSI)
PEEPD00927	0.00	20.30	20.30	950	10 - 12	2500
PEEPD00927	20.30	45.60	25.30	950	10 - 12	2500
PEEPD00927	45.60	87.60	42.00	1000	10 - 12	3000
PEEPD00927	87.60	141.70	54.10	1000	10 - 12	3000
PEEPD00927	141.70	178.30	36.60	1000	10 - 12	3000
PEEPD00927	178.30	216.00	37.70	1000	10 - 12	3000

PEEPD00927	216.00	236.70	20.70	1000	10 - 12	3000
PEEPD00927	236.70	262.60	25.90	1000	10 - 12	3000
PEEPD00927	262.60	276.90	14.30	1000	10 - 12	3000
PEEPD00927	276.90	301.40	24.50	1000	10 - 12	3000
PEEPD00927	301.40	323.00	21.60	1000	10 - 12	3000
PEEPD00927	323.00	339.20	16.20	1000	10 - 12	3000
PEEPD00927	339.20	350.10	10.90	1000	10 - 12	3000
PEEPD00927	350.10	352.60	2.50	1000	10 - 12	3000
PEEPD00927	352.60	364.20	11.60	1500	10 - 12	3000
PEEPD00927	364.20	385.50	21.30	1500	10 - 12	3000
PEEPD00927	385.50	409.80	24.30	1500	8 - 10	3000
PEEPD00927	409.80	417.20	7.40	1500	8 - 10	3000

---

*Fuente:* Elaboración propia, 2020

Donde se observa los parámetros de perforación aplicados en el sondaje, indicando que la velocidad de rotación y presión de avance inicial es menor con respecto al final debido a que al inicio de sondaje debe ser pausado y con lentitud por el tema de desviación y seguir con esto hasta finalizar el sondaje, por lo que se ve existe un aumento en la velocidad de rotación casi finalizando el pozo por lo que el caudal del fluido fue disminuido en este punto debido a complicaciones del terreno, debido a que a más caudal de agua a profundidades considerables el pozo se desestabilizara y generara problemas innecesarios como atrapamiento de tubería, desgaste prematuro de broca, etc.

#### **4.2.6.2. Sondaje PEEP01028**

Se tiene que:

- Datos iniciales aproximados: Haciendo una comparativa entre los datos de medición ya reprocesados con los datos topográficos, tanto en azimut como en inclinación, se puede observar una similitud de información los cuales

están dentro del rango de error (no mayor a 0.5°), esto quiere decir que se ha iniciado correctamente la perforación, muy similar al anterior sondaje, punto de partida importante para toda la operación debido a que de ser lo contrario se tendría un sondaje erróneo.

**Tabla 23**

Tabla de resultados de la medición del sondaje PEEPD01028

PEEPD01028					
	AZ	INCLINACION	ESTE	NORTE	COTA
PROCESADO	0°	0.52°	0	0	0
REPROCESADO	119.936°	0.52°	367998.034	8826745.29	4049.319
TOPOGRAFIA	119.936°	0.204°	367998.034	8826745.29	4049.319
PROYECTO	120°	0°	-----	-----	-----

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

- Desviación del sondaje: Los resultados arrojados del reprocesamiento de datos indica que:

**Tabla 24**

Tabla de resultados de desviación del sondaje PEEPD01028

PEEPD01028						
Station [m]	Dip [deg]	Azimuth [deg]	Easting [m]	Northing [m]	Elevation [m]	Station Quality [%]
0	0.52	119.936	367998.03	8826744.1	4049.319	100
495	8.038	124.726	367594.69	8826349.7	4089.936	100
Desviación	7.518	4.79				

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 25**

**Avance diario de perforación VS desviación del sondaje PEEPD01028**

**EL PORVENIR**  
**OROS**  
**PEEPD01028**

**H400-04A**  
 Meta Mensual (metros) 650.00  
 Meta Diaria (metros) 20.97  
 Periodo de Trabajo 31.00

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Datos	12-Oct	13-Oct	14-Oct	15-Oct	16-Oct	17-Oct	18-Oct	19-Oct	20-Oct	21-Oct	22-Oct	23-Oct	24-Oct	25-Oct	26-Oct	27-Oct	28-Oct	29-Oct	30-Oct
Turno A	0.00	5.90	20.70	23.50	21.30	24.70	0.00	0.00	15.20	21.00	18.00	6.40	6.10	12.20	12.30	3.10	20.90	9.00	0.00
Turno B	0.00	6.20	9.70	29.70	23.30	9.00	3.00	22.40	22.40	24.00	15.00	8.60	2.80	23.10	21.60	21.00	30.00	8.90	0.00
<b>Total</b>	<b>0.00</b>	<b>12.10</b>	<b>30.40</b>	<b>53.20</b>	<b>44.60</b>	<b>33.70</b>	<b>3.00</b>	<b>22.40</b>	<b>37.60</b>	<b>45.00</b>	<b>33.00</b>	<b>15.00</b>	<b>8.90</b>	<b>35.30</b>	<b>33.90</b>	<b>24.10</b>	<b>50.90</b>	<b>17.90</b>	<b>0.00</b>
Metros Acumulados	0.00	12.10	42.5	95.7	140.3	174	177	199.4	237	282	315	330	338.9	374.2	408.1	432.2	483.1	501	501
Meta Acumulada	21	42	63	84	105	126	147	168	189	210	231	252	273	294	315	335	356	377	398
% Avance	0%	29%	68%	114%	134%	138%	121%	119%	126%	134%	137%	131%	124%	127%	130%	128%	136%	133%	128%
Nueva Meta diaria	21.67	22	22	21	20	19	20	20	19	18	17	17	17	16	15	15	12	11	12

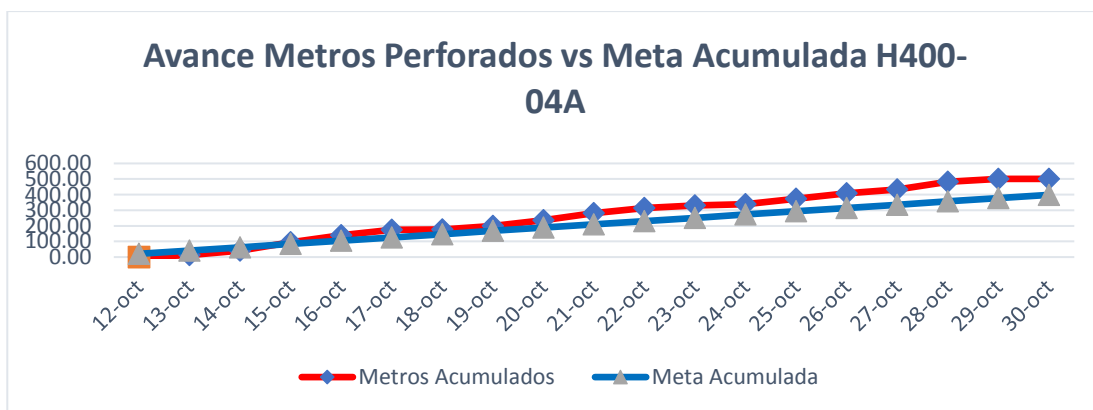
  

Metros	0-50	50-100	100-150	150-200	200-250	250-300	300-350	350-400	400-450	450-500									
Datos de medición (gyroflex)	0.520	0.078	1.826	2.858	4.002	5.439	6.624	7.067	7.673	7.913									
	0.078	1.826	2.858	4.002	5.439	6.624	7.067	7.673	7.913	8.038									
Desviación generada (*)	0.442	1.748	1.032	1.144	1.437	1.185	0.443	0.606	0.240	0.125									
Desviación acumulada (*)	0.442	2.19	3.222	4.365	5.803	6.988	7.431	8.037	8.277	8.402									
Desviación esperada (*)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0									

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 62**

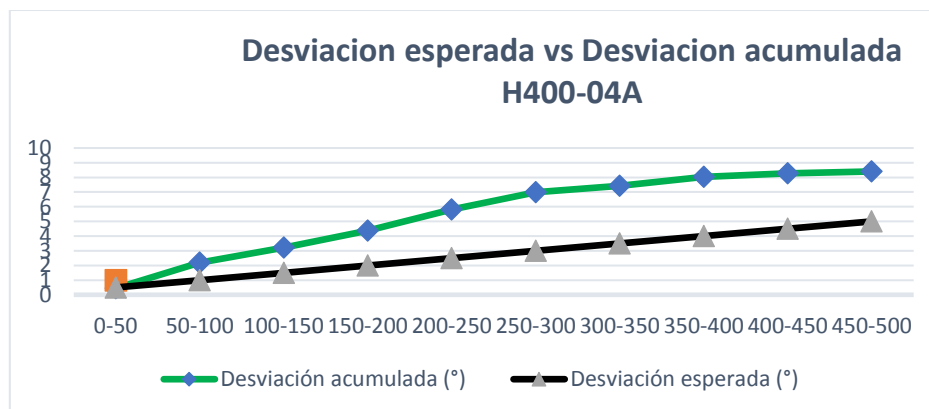
**Avance diario VS meta acumulada del sondaje PEEPD01028**



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 63**

Avance diario VS desviación esperada del sondaje PEEPD01028



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

Una desviación de  $7.518^\circ$  respecto a la inclinación y  $4.79^\circ$  respecto al azimut. Datos que se encuentran fuera del rango de desviación (por cada 100m. la desviación debe ser menor o igual a  $1^\circ$ ). Sin embargo, el azimut está al tope de error o muestra una desviación al límite el cual está dentro del rango, esto es visado en los resultados gráficos indicando una perforación desfavorable para la operación, esto debido al uso incorrecto o apresurado de los parámetros de perforación evidenciados a continuación:

**Tabla 26**

Parámetros de perforación aplicados en el sondaje PEEPD01028

SONDAJE	DESDE	HASTA		VELOCIDAD ROTACION (RPM)	CAUDAL FLUIDO (Gal/Min)	PRESION DE AVANCE O PULLDOWN (PSI)
PEEPD01028	0.00	5.90	5.90	1000	10 - 12	2500
PEEPD01028	5.90	12.10	6.20	1200	10 - 12	2500
PEEPD01028	12.10	32.80	20.70	1200	10 - 12	2500
PEEPD01028	32.80	42.50	9.70	1200	10 - 12	2500
PEEPD01028	42.50	66.00	23.50	1200	10 - 12	2500
PEEPD01028	66.00	95.70	29.70	1200	10 - 12	2500
PEEPD01028	95.70	117.00	21.30	1200	10 - 12	2500
PEEPD01028	117.00	140.30	23.30	1200	10 - 12	2500
PEEPD01028	140.30	165.00	24.70	1200	10 - 12	2500
PEEPD01028	165.00	174.00	9.00	1200	10 - 12	2500

PEEPD01028	174.00	174.00	0.00	1200	10 - 12	2500
PEEPD01028	174.00	177.00	3.00	1200	10 - 12	2500
PEEPD01028	177.00	177.00	0.00	1200	10 - 12	2500
PEEPD01028	177.00	199.40	22.40	1200	10 - 12	2500
PEEPD01028	199.40	214.60	15.20	1200	10 - 12	3000
PEEPD01028	214.60	237.00	22.40	1200	10 - 12	3000
PEEPD01028	237.00	258.00	21.00	1200	10 - 12	3000
PEEPD01028	258.00	282.00	24.00	1200	10 - 12	3000
PEEPD01028	282.00	300.00	18.00	1200	10 - 12	3000
PEEPD01028	300.00	315.00	15.00	1200	10 - 12	3000
PEEPD01028	315.00	321.40	6.40	1200	10 - 12	3000
PEEPD01028	321.40	330.00	8.60	1200	10 - 12	3000
PEEPD01028	330.00	336.10	6.10	1200	10 - 12	3000
PEEPD01028	336.10	338.90	2.80	1500	8 - 10	3500
PEEPD01028	338.90	351.10	12.20	1500	8 - 10	3500
PEEPD01028	351.10	374.20	23.10	1500	8 - 10	3500
PEEPD01028	374.20	386.50	12.30	1500	8 - 10	3500
PEEPD01028	386.50	408.10	21.60	1500	8 - 10	3500
PEEPD01028	408.10	411.20	3.10	1500	8 - 10	3500
PEEPD01028	411.20	432.20	21.00	1500	8 - 10	3500
PEEPD01028	432.20	453.10	20.90	1500	8 - 10	3500
PEEPD01028	453.10	483.10	30.00	1500	8 - 10	3500
PEEPD01028	483.10	492.10	9.00	1500	8 - 10	3500
PEEPD01028	492.10	501.00	8.90	1500	8 - 10	3500
PEEPD01028	501.00	501.00	0.00	1500	8 - 10	3500

*Fuente:* Elaboración propia, 2020

Donde se muestra los parámetros de perforación aplicados en el sondaje, indicando que la velocidad de rotación y presión de avance inicial es menor con respecto al final debido a que al inicio de sondaje debe ser pausado y con lentitud por el tema de desviación, para este caso se tuvo una elevación de presión de avance y velocidad de rotación tomados en cuenta por lo que el sondaje tendió a desviarse tal como se muestra en la tabla de desviación de sondaje y los resultados gráficos. El caudal del fluido se mantiene hasta los 336.10 m debido a complicaciones del terreno, debido a que a más caudal de agua a grandes profundidades el pozo se desestabilizará.

#### 4.2.6.3. Sondaje PEEPD01053

Se tiene que:

Datos iniciales aproximados: Haciendo una comparativa entre los datos de medición ya reprocesados con los datos topográficos, tanto en azimut como en inclinación, se puede observar una similitud de información los cuales están dentro del rango de error (no mayor a 0.5°), esto quiere decir que se ha iniciado correctamente la perforación, punto de partida importante para toda la operación debido a que de ser lo contrario se tendría un sondaje erróneo.

**Tabla 27**

Tabla de resultados de la medición del sondaje PEEPD01053

PEEPD01053					
	AZ	INCLINACION	ESTE	NORTE	COTA
PROCESADO	0°	19.057°	0	0	0
REPROCESADO	147.402°	19.057°	367997.469	8826744.19	4049.852
TOPOGRAFIA	147.402°	19.145°	367997.469	8826744.19	4049.852
PROYECTO	147°	19°	-----	-----	-----

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

Desviación del sondaje: Los resultados arrojados del reprocesamiento de datos indica que:

**Tabla 28**

Tabla de resultados de desviación del sondaje PEEPD01056

PEEPD01053						
Station [m]	Dip [deg]	Azimuth [deg]	Easting [m]	Northing [m]	Elevation [m]	Station Quality [%]
0	19.057	147.402	367997.47	8826744.1	4049.852	100
435	21.77	153.437	368199.97	8826392.3	4204.922	100
Desviación	2.713	6.035				

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 29**

**Avance diario de perforación VS desviación del sondaje PEEPD01056**

**EL PORVENIR**  
**OROS**  
**PEEPD01056**

**DRILLCAT**  
 Meta Mensual (metros) 650.00  
 Meta Diaria (metros) 20.97  
 Período de Trabajo 31.00

Datos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Turno A	0.00	41.90	5.50	16.50	10.80	16.10	14.80	23.60	24.00	30.00	20.90	14.00	0.00	2.60	1.50
Turno B	11.50	12.60	13.80	0.00	0.00	27.50	33.10	18.30	27.00	23.80	27.30	7.00	8.60	9.30	0.00
<b>Total</b>	<b>11.50</b>	<b>54.50</b>	<b>19.30</b>	<b>16.50</b>	<b>10.80</b>	<b>43.60</b>	<b>47.90</b>	<b>41.90</b>	<b>51.00</b>	<b>53.80</b>	<b>48.20</b>	<b>21.00</b>	<b>8.60</b>	<b>11.90</b>	<b>1.50</b>
Metros Acumulados	11.5	66	85.3	101.8	112.6	156.2	204.1	246	297	350.8	399	420	428.6	440.5	442
Meta Acumulada	21	42	63	84	105	126	147	168	189	210	231	252	273	294	315
% Avance	55%	157%	136%	121%	107%	124%	139%	147%	157%	167%	173%	167%	157%	150%	141%
Nueva Meta diaria	21	20	20	20	21	20	19	18	16	14	13	12	12	12	13

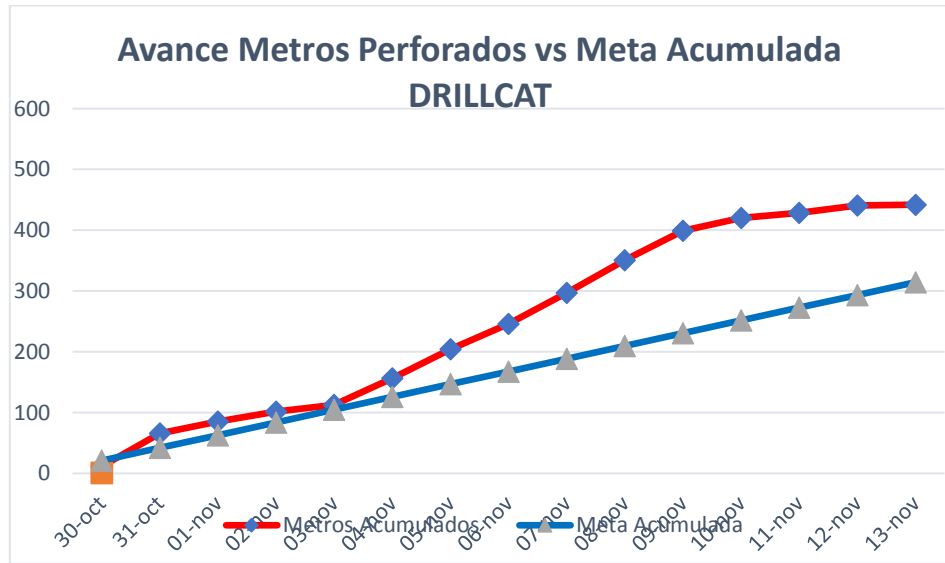
  

Metros	0-50	50-100	100-150	150-200	200-250	250-300	300-350	350-400							
Datos de medición (gyroflex)	19.057	18.711	19.330	20.943	21.397	21.522	21.795	22.190							
	18.711	19.330	20.943	21.397	21.522	21.795	22.190	22.083							
Desviación generada (")	0.346	0.619	1.613	0.454	0.125	0.273	0.395	0.107							
Desviación acumulada (")	0.346	0.965	2.578	3.032	3.157	3.43	3.825	3.932							
Desviación esperada (")	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0							

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 64**

**Avance diario VS meta acumulada del sondaje PEEPD01056**

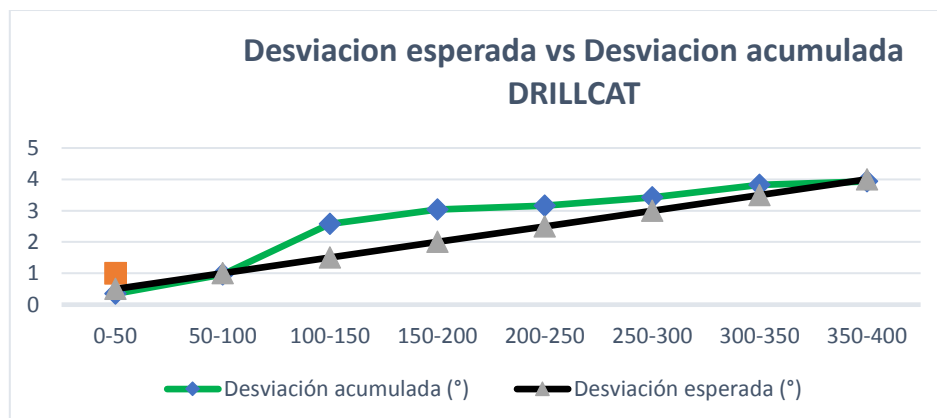


**Fuente:** Elaboración propia, 2020



**Figura 65**

Avance diario VS desviación esperada del sondaje PEEPD01056



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

Una desviación de  $2.713^\circ$  respecto a la inclinación, dato que se encuentran dentro del rango de desviación, mientras que el azimut muestra una desviación de  $6.035^\circ$  (por cada 100m. la desviación debe ser menor o igual a  $1^\circ$ ) dato que se encuentra fuera del rango, estos pueden ser visados en los resultados gráficos, indicando una perforación casi favorable para la operación, esto debido al correcto uso de los parámetros de perforación evidenciados a continuación:

**Tabla 30**

Parámetros de perforación aplicados en el sondaje PEEPD01056

SONDAJE	DESDE	HASTA		VELOCIDAD ROTACION (RPM)	CAUDAL FLUIDO (Gal/Min)	PRESION DE AVANCE O PULLDOWN (PSI)
PEEPD01053	0.00	11.50	11.50	950	10 - 12	2200
PEEPD01053	11.50	53.40	41.90	1000	10 - 12	2500
PEEPD01053	53.40	66.00	12.60	1000	10 - 12	2500
PEEPD01053	66.00	71.50	5.50	1000	10 - 12	2500
PEEPD01053	71.50	85.30	13.80	1000	10 - 12	2500
PEEPD01053	85.30	101.80	16.50	1000	10 - 12	2500
PEEPD01053	101.80	101.80	0.00	1000	10 - 12	2500
PEEPD01053	101.80	112.60	10.80	1000	10 - 12	2500
PEEPD01053	112.60	112.60	0.00	1000	10 - 12	2500
PEEPD01053	112.60	128.70	16.10	1000	10 - 12	2500
PEEPD01053	128.70	156.20	27.50	1000	10 - 12	2500

PEEPD01053	156.20	171.00	14.80	1500	8 - 10	3000
PEEPD01053	171.00	204.10	33.10	1500	8 - 10	3000
PEEPD01053	204.10	227.70	23.60	1500	8 - 10	3000
PEEPD01053	227.70	246.00	18.30	1500	8 - 10	3000
PEEPD01053	246.00	270.00	24.00	1500	8 - 10	3000
PEEPD01053	270.00	297.00	27.00	1500	8 - 10	3000
PEEPD01053	297.00	327.00	30.00	1500	8 - 10	3000
PEEPD01053	327.00	350.80	23.80	1500	8 - 10	3000
PEEPD01053	350.80	371.70	20.90	1500	8 - 10	3000
PEEPD01053	371.70	399.00	27.30	1500	8 - 10	3000
PEEPD01053	399.00	413.00	14.00	1500	8 - 10	3000
PEEPD01053	413.00	420.00	7.00	1500	8 - 10	3000
PEEPD01053	420.00	420.00	0.00	1500	8 - 10	3000
PEEPD01053	420.00	428.60	8.60	1500	8 - 10	3000
PEEPD01053	428.60	431.20	2.60	1500	8 - 10	3000
PEEPD01053	431.20	440.50	9.30	1500	8 - 10	3000
PEEPD01053	440.50	442.00	1.50	1500	8 - 10	3000

*Fuente:* Elaboración propia, 2020

Donde se evidencia los parámetros de perforación aplicados en el sondaje, indicando que la velocidad de rotación y presión de avance inicial es menor con respecto al final debido a que al inicio de sondaje debe ser pausado y con lentitud por el tema de desviación, el caudal del fluido se mantiene hasta cierta profundidad debido a complicaciones del terreno, debido a que a más caudal de agua a profundidades considerables el pozo se desestabilizara.

#### **4.3. Prueba de Hipótesis**

La presente investigación es aplicada, por lo que las pruebas de hipótesis se plantean por el cumplimiento de los objetivos, teniendo en cuenta los resultados.

La medición de los sondajes se realizó con el equipo GYROFLEX y nos asistió en el registro de los datos de orientación del pozo como, azimut, inclinación y coordenadas referenciales esto para ser procesadas y reprocesadas a partir de datos topográficos, estos datos son confiables y de alta calidad debido que el equipo mencionado tiene una tecnología giroscópica no magnética, debido

a que las zonas de perforación llegan a cortar cuerpos y vetas de atracción magnética como es la magnetita, esto evitando errores de lectura o descalibración del equipo.

INSTRUMENTO	TECNOLOGIA	MARCA DE REFERENCIA	EVALUACION TECNICA	EVALUACION ECONOMICA	DISPONIBILIDAD	SOPO RTE TECNICO	REFERENCIAS DE USO	TOTAL
Multishot	Magnético	Flexit	3	5	3	4	2	17
Multishot	Acelerómetros	Devico	2	4	2	2	1	11
Giroscópica	Giroscópica	Reflex	5	3	5	5	5	23

Este cuadro fue elaborado por M.J. López en el año 2002 en su libro “Geología aplicada a la ingeniería civil” en su 2da editorial, donde se puede apreciar que, por efecto, el equipo de medición más rentable es el equipo con tecnología Giroscópica de la marca REFLEX, teniendo en cuenta evaluaciones técnicas y evaluaciones económicas, estos evaluados con la escala de LIKERT representada en rangos del 1 al 5, y finalmente indicando un resultado resaltando y mayor a los demás (23).

A la par, para el procesamiento y reprocesamiento de datos se requirió un software de modelamiento de pozos, para esto se encuentra el REFLEXGYRO V. 5.6.8 programa por defecto ejecutable del equipo, este asistió en el desarrollo de la información y se pudo evaluar la trayectoria de los pozos medidos.

#### 4.4. Discusión de resultados

La investigación realizada se da por el problema existente sobre las mediciones de los sondajes de exploración geológica con el fin de evaluar la trayectoria del pozo en la Unidad Minera EL PORVENIR – NEXA ejecutada por la E.E. EXPLOMIN, debido a que el cliente NEXA solicitó más calidad a sus sondajes, por los datos erróneos de modelamiento por el alejamiento del sondaje

al objetivo, y más seguimiento de trayectoria de los pozos, debido a que no solo afecta a nivel geológico, sino además a nivel operacional y de desarrollo.

Por ello, el objetivo principal es el de evaluar la trayectoria de los sondajes diamantinos perforados de exploración geológica que ayude a elevar la calidad en cuanto a la perforabilidad y trayectoria del sondaje.

Una vez observada el comportamiento de las variables estudiadas (medición de sondajes) en la evaluación de la trayectoria (inclinación, azimut y coordenadas), en los sondajes perforados de exploración geológica, PEEPD000927, PEEPD01028, PEEPD01053 selectos, y después de haber analizado, que equipo de medición es el adecuado para dichas mediciones y recolectar datos de los reportes de perforación y datos tomados de campo de los sondajes mencionados, se debate los resultados obtenidos de la siguiente manera:

En primer lugar debemos decir que el equipo de mayor excelencia en cuanto a medición de sondajes para esta investigación es el equipo de medición GYROFLEX, debido a que se realizó una comparativa con demás equipos en cuanto a rendimiento operacional y económico en base a que contamos con cuerpos y vetas con presencia de magnetismo como es la magnética, sin embargo y debido a esto, debido a que este equipo es del tipo giroscópica y no magnética, no arrojó un azimut referencial debido al magnetismo, por lo que tuvimos esa deficiencia, la de no poder obtener este azimut referencial de cada sondaje al finalizar la medición, por ende recurrimos a datos topográficos del levantamiento del collar del taladro, y es así como pudimos subsanar esta deficiencia cumpliendo con nuestros objetivos y tener una trayectoria completa.

En segundo lugar, tenemos que para los sondajes PEEPD00923, PEEPD01028 y PEEPD01053 los datos de medición con equipo GYROFLEX, procesada y reprocesada con el software REFLEXGYRO V. 5.6.8. programa ejecutable por defecto del mismo equipo y los datos proporcionados del proyecto, existe un inicio de perforación del todo favorable, debido a que arrojan resultados dentro del rango de error dispuestos por NEXA.

**Tabla 31**

Resultado final de la medición del sondaje PEEPD00927

PEEPD00927					
	AZ	INCLINACION	ESTE	NORTE	COTA
REPROCESADO	49.805°	-45.914°	367883.327	8827505.92	3977.137
PROYECTO	50°	-46°	-----	-----	-----
RANGO DE ERROR PERMITIDA	<0.5°	<0.5°			
ERROR EJECUTADA	0.2°	0.086°			

*Fuente:* Elaboración propia, 2020

**Tabla 32**

Resultado final de la medición del sondaje PEEPD001028

PEEPD01028					
	AZ	INCLINACION	ESTE	NORTE	COTA
REPROCESADO	119.936°	0.52°	367998.034	8826745.29	4049.319
PROYECTO	120°	0°	-----	-----	-----
RANGO DE ERROR PERMITIDA	<0.5°	<0.5°			
ERROR EJECUTADA	0.06°	0.086°			

*Fuente:* Elaboración propia, 2020

**Tabla 33**

Resultado final de la medición del sondaje PEEPD001056

PEEPD01053					
	AZ	INCLINACION	ESTE	NORTE	COTA
REPROCESADO	147.402°	19.057°	367997.469	8826744.19	4049.852
PROYECTO	147°	19°	-----	-----	-----
RANGO DE ERROR PERMITIDA	<0.5°	<0.5°			
ERROR EJECUTADA	0.4°	0.057°			

*Fuente:* Elaboración propia, 2020

En estas condiciones los sondajes deberían de tener una buena orientación y una trayectoria excepcional, esto si realmente se cumplen con todos los

estándares de perforabilidad, y la paciencia suficiente para la operación debido a que además deben cumplir los rangos de error dispuestos por el cliente:

**Tabla 34**

PEEPD01053						
Station [m]	Dip [deg]	Azimuth [deg]	Easting [m]	Northing [m]	Elevation [m]	Station Quality [%]
0	19.057	147.402	367997.469	8826744.15	4049.852	100
435	21.77	153.437	368199.968	8826392.25	4204.922	100
Rango de Desviación	1° cada 100 m	1° cada 100 m				
Límite de Desviación	4.35	4.35				
Desviación Ejecutada	2.713	6.035				
Error ejecutado	1.637	-1.685				

Resultado final de desviación del sondaje PEEP00927

PEEPD00927						
Station [m]	Dip [deg]	Azimuth [deg]	Easting [m]	Northing [m]	Elevation [m]	Station Quality [%]
0	-45.914	49.805	367883.33	8827505.9	3977.137	100
400	-40.442	53.512	368110.56	8827687.7	3702.939	100
Rango de desviación	1° cada 100 m	1° cada 100 m				
Límite de desviación	4	4				
Desviación ejecutada	5.472	3.707				
Error ejecutado	-1.472	0.293				

*Fuente:* Elaboración propia, 2020

**Tabla 35**

Resultado final de desviación del sondaje PEEP01028

PEEPD01028						
Station [m]	Dip [deg]	Azimuth [deg]	Easting [m]	Northing [m]	Elevation [m]	Station Quality [%]
0	0.52	119.936	367998.034	8826744.15	4049.319	100
495	8.038	124.726	367594.692	8826349.74	4089.936	100
Rango de Desviación	1° cada 100 m	1° cada 100 m				
Límite de Desviación	4.95	4.95				
Desviación Ejecutada	7.518	4.79				
Error Ejecutado	-2.568	0.16				

*Fuente:* Elaboración propia, 2020

**Tabla 36**

Resultado final de desviación del sondaje PEEP01056

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

Donde, por lo visto, los sondeos arrojan resultados con una desviación considerable al menos en uno de sus características con respecto a sus puntos iniciales, excepto el sondeo PEEPD01053 que está casi dentro del rango de los límites permitidos.

Para los sondeos PEEPD00927 y PEEPD01028 indican un resultado de desviación de  $5.472^\circ$  y  $7.518^\circ$  respectivamente teniendo en cuenta que el sondeo debería desviarse solo  $4^\circ$  para PEEPD00927 y  $4.95^\circ$  para PEEPD01028, estos alejándose del objetivo principal que se debió perforar el cual dispuso el cliente, haciendo una diferencia de  $-1.472^\circ$  y  $-2.568$  respectivamente, estos se tomarán en cuenta como error ejecutado, donde este dato no debe llegar a ser negativo. Por otra parte, el azimut de ambos sondeos está dentro del rango de  $4^\circ$  y  $4.95^\circ$  respectivamente, donde PEEPD00927 tiene una desviación de  $3.707^\circ$  con un error ejecutado positivo de  $0.293^\circ$  aceptable, y PEEPD01028 con una desviación de  $4.79^\circ$  con un error ejecutado de  $0.16^\circ$  además aceptable.

Para el sondeo PEEPD01053 los datos indican que no existe mucha desviación en cuanto a los rangos establecidos por el cliente, la inclinación tiene una desviación de  $2.713^\circ$  en un rango de  $4.35^\circ$  el cual es aceptable, y el azimut tiene una desviación de  $6.035^\circ$  el cual supera los  $4.35^\circ$  de rango pero que es aceptable debido a que a diferencia de los demás sondeos esta tiene menos relevancia.

Como mencionamos anteriormente, los sondeos deberían de tener una buena orientación y una trayectoria excepcional debido a que se iniciaron correctamente tal cual nos indica los datos iniciales del sondeo al momento de empezar a perforar el pozo.

Pero por lo visto eso no sucede, los datos de mediciones en corroboración con los datos de campo que fueron exclusivamente para observar parámetros de perforación, nos dieron resultados donde la trayectoria del sondaje empieza a alterarse y a desviarse cuando se aplican mayores esfuerzos al terreno.

Los sondajes PEEPD00927 y PEEPD01028 lo evidencian, donde se aplicaron una elevada presión de avance y velocidad de rotación superando los 1500 RPM en rotación y 3500 PSI en avance, esto altero la trayectoria del sondaje y al final la operación.

Caso contrario sucedió con el sondaje PEEPD01053 donde la velocidad de rotación no supera los 1500 RPM y presión de avance no supera los 3000 psi, teniendo una mínima desviación en cuanto a los rangos establecidos, por lo que se pudo controlar la trayectoria y pudo llegar al objetivo que dispuso el cliente.



## CONCLUSIONES

El equipo de medición de mejor excelencia tanto en tecnología como en aspecto económico es el GYROREFLEX, debido a que es de tecnología giroscópica no magnética, esencial para esta investigación debido a que su ventaja en las demás es que no existen alteraciones de los resultados por presencia de metales ferrosos en el pozo.

Se concluye que, los datos de mediciones son procesados correctamente con el equipo de medición selecto, conteniendo el software ejecutable por defecto REFLEXGYRO V. 5.6.8. para su verificación.

Se concluye que, los datos topográficos de los levantamientos del collar de cada sondaje son esenciales debido a que este equipo de medición por ser de tecnología no magnética, no arroja datos de azimut por lo que esta deficiencia es subsanada con la inclusión de este dato, pudiendo obtener la trayectoria del pozo, se pudo reprocesar y determinar los datos numéricos como gráficos y además pudimos observar las desviaciones con respecto a los puntos iniciales proyectados.

Se concluye que, los parámetros de perforación aplicados a los sondajes diamantinos tienen mucha relevancia al momento de la operación, debido a que a más fuerza de la máquina hacia el terreno a perforar se tendrá mucha más alteración en la trayectoria del sondaje estos evidenciados en los datos numéricos como gráficos de los pozos medidos.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda hacer un procedimiento estándar de elección equipos de mediciones, el cual tenga en cuenta los aspectos tecnológicos, económicos e innovadores, de acorde a las necesidades del cliente u operador.

Se recomienda realizar las mediciones con el equipo GYROREFLEX y procesar los datos de medición con el software REFLEXGYRO V. 5.6.8. a todos los sondajes de perforación tanto en exploraciones como en operaciones, debido a que en esta investigación se obtuvo excelentes resultados.

Para la reprocesamiento de los datos de mediciones es recomendable hacer los levantamientos topográficos del collar de los sondajes en dos o tres oportunidades debido a que así se podrá realizar un promedio de valores, con el fin de tener más precisión en los resultados.

Se recomienda aplicar los parámetros de perforación adecuados para evitar mayores desviaciones en los sondajes y mas en taladros largos de exploración geológica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Perforación y voladura de rocas en minería J. Bernaola Alonso - J. Castilla Gómez  
- J. Herrera Herbert
- Camberfort, H. 1962. Perforaciones y sondeos. 2 ed. Editorial Omega. Madrid. España. 149 p.
- Carbajal, A 2009. Manual de Perforación y Voladura de Rocas. Instituto Tecnológico Geominero de España. 250 p.
- Juárez BE; Rodríguez RA. 2005. Mecánica de Suelos. Fundamentos de la Mecánica de Suelos. Tomo 1. 3°. Editorial LIMUSA. México. 235 p.
- Labor Occupational Safety and Health (LOSH) Universidad de California, Los Angeles. Documento en línea. Disponible en [http://www.losh.ucla.edu/losh/resourcesheets/msds\\_espanol.pdf](http://www.losh.ucla.edu/losh/resourcesheets/msds_espanol.pdf)
- Lahee, F. 1962. Geología Práctica. 2 ed. Editorial Omega. Barcelona. España. 349 p.
- López, MJ. 2002. Geología Aplicada a la Ingeniería Civil. 2 ed. Editorial Dossat. Madrid. España. 158 p.
- Mueller, M. 2009. Revista Oro y Finanzas 30 de diciembre. Fecha de consulta C/23 1 07114. Documento en línea. Disponible en <http://www.oroymas.com>.
- SENAMHI - Cajamarca. Fecha de Consulta C/03 1 07/14. Documento en línea. [www.senamhi.gob.pe](http://www.senamhi.gob.pe).
- Silva, AL. 2008. Informe sobre la tarea de medir variaciones en la dimensión de pozos. Ingetrol Chile. 70 p.
- Pineda, LC. 2008. Medición de perforación de pozos. Fecha de Consulta C/03 1 07/14. Documento en línea. Disponible en [http://es.scribd.com/lpineda\\_22/info](http://es.scribd.com/lpineda_22/info).

Takashi, K. 2007. Formulación de un proyecto y análisis de factibilidad. Seminario Internacional. Guía operacional para la preparación de proyectos de préstamo ODA de Japón. Agencia de cooperación internacional del Japón JI CA.

Veccio, J; Luna G. 2009. Laboratorio de Mecánica de Suelos. Edit. Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada Bolivariana. UNEFA-NAGÜANAGÜA. Carabobo-Venezuela. 345 p.

## **ANEXOS**

Anexo 1: Instrumento de recolección de datos.

Reflex Gyro 5.6.8

File | View | Help

## Individual Survey View

PEEPD00927-LM75-02-RJB-out

Header Data | Conventions | Advanced | Survey Quality | Result Table | Borehole Path | Data Plot | Edit Survey

<b>Reference Direction</b>	<input type="text" value="49.805"/>	deg	<b>Station Depths</b>	<input type="text" value="0"/>
<b>Elevation</b>	<input type="text" value="3977.137"/>	m		<input type="text" value="5"/>
<b>Easting</b>	<input type="text" value="367883.327"/>	m		<input type="text" value="10"/>
<b>Northing</b>	<input type="text" value="8827505.917"/>	m		<input type="text" value="15"/>
<b>Start Depth</b>	<input type="text" value="0"/>	m		<input type="text" value="20"/>
				<input type="text" value="25"/>

5

Reprocess    Reset

## Anexo 2: Procedimiento de validación y confiabilidad

### Procedimiento

1.- Se realizó la instalación del software del administrador y usuarios con aprobación del experto.
2.- Se procedió realizando las indicaciones del ingreso de los datos por un personal capacitado para el proceso y reproceso.
3.- Se va a proceder con la exportación de los datos de todos los sondeos con el fin de tener una interpretación general de las mediciones que vamos a estudiar.

### Validación y Confiabilidad

#### Datos Generales

Apellidos y Nombres del experto: Huanca Yupanqui Juan Antonio

Cargo de la institución: Jefe de Operaciones / Explomin

	INACEPTABLE	DEFICIENTE	REGULAR	BUENO	EXCELENTE
INDICADORES	1	2	3	4	5
COHERENCIA					X
CLARIDAD					X
ESCALA					X
RELEVANCIA					X

Explomin

Ing. Juan Huanca  
Jefe de Operaciones

D.N.I. N°: 43906758

Anexo 3: Reportes de perforación.

FORMULARIO										REVISIÓN	02		
REPORTE DIARIO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA										APROBADO	May-16		
										PAGINA	1 DE 1		
PROYECTO	EL PORVENIR									SONDEO N°	283		
CLIENTE	MAPSA									BLIZAMIENTO / INCLINACIÓN	-30°		
UBICACIÓN	NU-405D									AZIMUT / DIRECCIÓN	283		
FECHA	02-02-19									TIPO DE MAGUINA	H-400		
<b>AVANCE DE PERFORACIÓN</b>										<b>DESCRIPCIÓN DEL TIEMPO</b>			
LONGIT. DE TUB. EN EL SONDEO AL FIN DEL TURNO	331.10 m									DESCRIPCIÓN PERFORACIÓN HG <input checked="" type="checkbox"/> BG <input type="checkbox"/> Horas de Seguridad Inducción Diaria Llenado de IPERC Estandarización / Orden y Limpieza Mantenimiento Preventivo Mantenimiento Correctivo Horas Muertas Traslado de Personal Refrigerio Faltas de Personal / Materiales Stand By Stand by ( ) Stand by ( ) Horas Operativas Instalación / Desinstalación de Equipos Movimiento entre Plataformas / Puntos Acondicionamiento de Sondeo Lavado del Sondeo Preparación de Lodos Cementado y Fraguado Medición de Sondajes Pruebas Geotécnicas Maniobra de Recuperación de Tubería Maniobra de Tubería Rimado Instalación / Retiro de Casing Triconeo Reperforado SUB TOTAL HORAS TOTAL HORAS	TOTAL METROS	TOTAL HORAS	
LONGIT. DEL TUB. SOBRRANTE FUERA DEL SONDEO AL FIN DEL TURNO	2.80 m										33.70	7.00	
PROFUNDIDAD AL FIN DEL TURNO	326.20 m												
PROFUNDIDAD AL COMIENZO DEL TURNO	292.30 m												
CONSTANTE	2.10 m												
TOTAL PERFORADO DURANTE EL TURNO	33.70 m												
<b>RENDIMIENTO DE LAS BROCAS, REAMING SHELL Y CASING SHOE</b>													
TIPO	MARCA	DIAMETRO	SERIE	CONDIC	METROS PERFORADOS		TOTAL						
BROCA	Fordia	NQ	NWL-1079VA3	US300	DESDE	HASTA							
BROCA					292.50	326.20	33.70						
BROCA													
R SHELL	Pilot	NQ	K-0304	US300	292.50	326.20	33.70						
R SHELL													
R SHELL													
CASING SHOE													
CASING SHOE													
CASING SHOE													
<b>REVESTIMIENTO</b>													
CASING	DIAMETRO	ANT. SECC		PROFUNDIDAD (m)		TOTAL	HORAS BAJADA						
BAJADA		METROS	UNIDAD	DESDE	HASTA								
BAJADA													
BAJADA													
<b>CONTROL DE PERFORACION POR CORRIDA</b>										<b>CONSUMO DE COMBUSTIBLE</b>		<b>HOROMETRO</b>	
NUMERO DE CORRIDA	METROS PERFORADOS			TESTIGOS			% RECUP. DE AGUA	EQUIPO	DESCRIPCIÓN	PETROLEO D-2	HR INICIO	HR FINAL	TOTAL HORAS
	DESDE	HASTA	TOTAL	LONG.	% RECUP.	% RECUP.							
1	292.50	295.60	3.10	3.10	100%	100%	PERFORADORA H-400		2950		2957	07-Hrs	
2	295.60	298.70	3.10	3.10	100%	100%							
3	298.70	301.80	3.10	3.10	100%	100%							
4	301.80	304.90	3.10	3.10	100%	100%							
5	304.90	308.00	3.10	3.10	100%	100%							
6	308.00	311.10	3.10	3.10	100%	100%							
7	311.10	314.20	3.10	3.10	100%	100%							
8	314.20	317.30	3.10	3.10	100%	100%							
9	317.30	320.40	3.10	3.10	100%	100%							
10	320.40	323.50	3.10	3.10	100%	100%							
11	323.50	326.60	3.10	3.10	100%	100%							
<b>DETALLADO DE ACTIVIDADES</b>													
HORA		DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD											
DESDE	HASTA												
6:30	7:00	INDUCCIÓN DIARIA											
7:00	7:30	TRASLADO PERSONAL											
7:30	8:00	LLENADO I PERC											
8:00	8:30	MANTEN. PREVENTIVO											
8:30	12:00	MANIOBRA PERFORACION											
12:00	1:00	REPOSICION											
1:00	5:30	MANIOBRA PERFORACION											
5:30	6:00	ORDEN Y LIMPIEZA											
6:00	6:30	TRASLADO PERSONAL											
* Se realizaron 2 Puntos (23-24)													
* Se hizo levantamiento del punto PESP01164													
<b>DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA</b>													
DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA													
<b>MATERIALES PERDIDOS O DANADOS</b>										<b>CONSUMIBLES</b>			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	APLICACIÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	APLICACIÓN						
SUPERV. OPE. JOSE Cortez fallo													
PERFORISTA Cristian Alvarado D													
AYUDANTE 1 ELIZABETH OLIVERO P													
AYUDANTE 2 RUTHER AYALA B													
AYUDANTE 3													
SUPERVISIÓN CLIENTE										EXPLOMIN DEL PERU S.A.			

Fuente: Base de datos Explomin\_Reportes, 2019

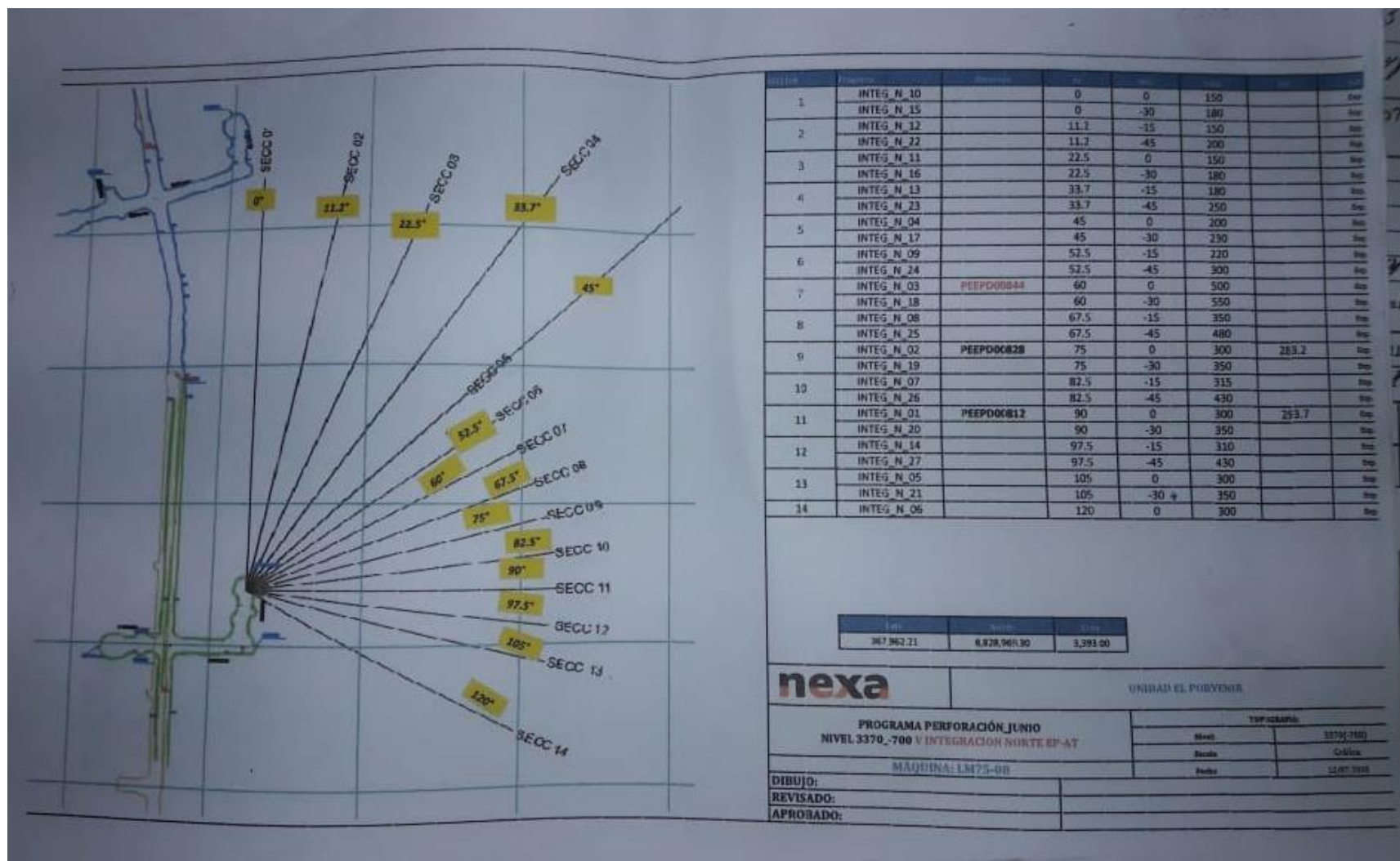


Anexo 4: Reportes de perforación.

Explomin		FORMULARIO		CÓDIGO	F-OPE-07							
		REPORTES DIARIO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA		REVISIÓN	02							
				APROBADO	May-16							
				PAGINA	1 DE 1							
PROYECTO	El Poyen	SONDEO N°	PEEPD01417	BUZAMIENTO / INCLINACIÓN	4, 30°							
CLIENTE	MADDEC	TIPO DE MAQUINA	A	AZIMUT / DIRECCIÓN	275							
UBICACIÓN	NV: 3370			TURNOS	COTA m.s.n.m. 3378							
FECHA	29.06.19	1m15.66		HOJA	1.1							
AVANCE DE PERFORACIÓN			73.10	DESCRIPCIÓN DEL TIEMPO								
LONGIT. DE TUB. EN EL SONDEO AL FIN DEL TURNO			0.00	PERFORACION HO	72.00							
LONGIT. DEL TUB. SOBRENTE FUERA DEL SONDEO AL FIN DE TURNO			72.00	NO	72.00							
PROFUNDIDAD AL FIN DEL TURNO			0.00	Horas de Seguridad	0.50							
PROFUNDIDAD AL COMIENZO DEL TURNO			1.10	Inducción Diaria	0.50							
CONSTANTE			72.00	Llenado de IPERC	0.50							
TOTAL PERFORADO DURANTE EL TURNO				Estandarización / Orden y Limpieza								
RENDIMIENTO DE LAS BROCAS, REAMING SHELL Y CASING SHOE				Mantenimiento	0.50							
TIPO	MARCA	DIAMETRO	SERIE	CONDIC	METROS PERFORADOS							
BROCA	Hayden	8Q	HA597B2	usado	0.00							
BROCA			3777A		72.00							
BROCA					72.00							
R SHELL	P10T	8Q	K.778B	usado	0.00							
R SHELL					72.00							
R SHELL					72.00							
CASING SHOE												
CASING SHOE												
CASING SHOE												
REVESTIMIENTO				REAMING SHELL Y CASING SHOE								
CASING	DIAMETRO	ANT. SECC	PROFUNDIDAD (m)	TOTAL	HORAS BAJADA							
BAJADA		METROS	UNIDAD	DESDE	HASTA							
BAJADA												
BAJADA												
BAJADA												
				SUB TOTAL HORAS	0.50 11.50							
				TOTAL HORAS	12.00							
CONTROL DE PERFORACION POR CORRIDA			CONSUMO DE COMBUSTIBLE			HOROMETRO						
NUMERO DE CORRIDA	DESDE	METROS PERFORADOS	TOTAL	LONG.	% RECUR	% RECUP	EQUIPO	DESCRIPCION	PETROLEO	HR INICIO	HR FINAL	TOTAL HORAS
1	0.00	2.60	2.60	2.60	100%	100%	PERFORADORA	1m 75.66	D-2	12546	12553	7.00
2	2.60	4.10	1.50	1.50	100%	100%	LUMINARIA					
3	4.10	7.40	3.30	3.00	100%	100%						
4	7.40	9.60	2.20	2.20	100%	100%						
5	9.60	10.40	1.30	1.30	100%	100%						
6	10.40	12.50	1.90	1.90	100%	100%						
7	12.50	15.80	3.00	3.00	100%	100%						
8	15.80	18.40	2.60	2.60	100%	100%						
9	18.40	19.50	1.10	1.10	100%	100%						
10	19.50	21.20	1.70	1.70	100%	100%						
11	21.20	23.20	2.00	2.00	100%	100%						
12	23.20	25.90	2.70	2.70	100%	100%						
13	25.90	27.10	1.20	1.20	100%	100%						
14	27.10	30.10	3.00	3.00	100%	100%						
15	30.10	33.10	3.00	3.00	100%	100%						
16	33.10	36.10	3.00	3.00	100%	100%						
17	36.10	39.10	3.00	3.00	100%	100%						
18	39.10	42.10	3.00	3.00	100%	100%						
19	42.10	45.10	3.00	3.00	100%	100%						
20	45.10	48.10	3.00	3.00	100%	100%						
21	48.10	51.00	2.90	2.90	100%	100%						
22	51.00	53.40	2.40	2.40	100%	100%						
23	53.40	56.40	3.00	3.00	100%	100%						
24	56.40	58.20	1.80	1.80	100%	100%						
25	58.20	60.00	1.80	1.80	100%	100%						
26	60.00	63.00	3.00	3.00	100%	100%						
27	63.00	66.00	3.00	3.00	100%	100%						
28	66.00	69.00	3.00	3.00	100%	100%						
29	69.00	72.00	3.00	3.00	100%	100%						
30	72.00											
DETALLADO DE ACTIVIDADES												
HORA		DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD										
DESDE	HASTA											
7:00	7:30	Inducción diaria										
7:30	8:00	Traslado de personal										
8:00	8:30	Llenado de IPERC										
8:30	9:00	Mantenimiento preventivo										
9:00	9:30	Orden y Limpieza										
9:30	10:00	Preparación de lodo										
10:00	10:30	Falta de ventilación										
10:30	11:00	Perforación										
11:00	11:30	Refrigerio										
11:30	12:00	Perforación										
12:00	12:30	Perforación										
12:30	13:00	Traslado de personal										
DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA												
* Ha primer hora se estuvo por falta de ventilación * Luego se continuo con la perforación durante el turno * se corta terreno en la superficie.												
MATERIALES PERDIDOS O DAÑADOS				CONSUMIBLES								
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	APLICACIÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	APLICACIÓN					
				* F-plus	balde	continua	sondeje.					
				* PH	balde	continua	sondeje.					
SUPERV. OPE.	Alex Vega Ramos			V°B°				V°B°				
PERFORISTA	Ramiro Milla Esteban											
AYUDANTE 1	Callype moscoso Sergio											
AYUDANTE 2	Jose Benachea Julio											
AYUDANTE 3				SUPERVICION CLIENTE				EXPLOMIN DEL PERU S.A				

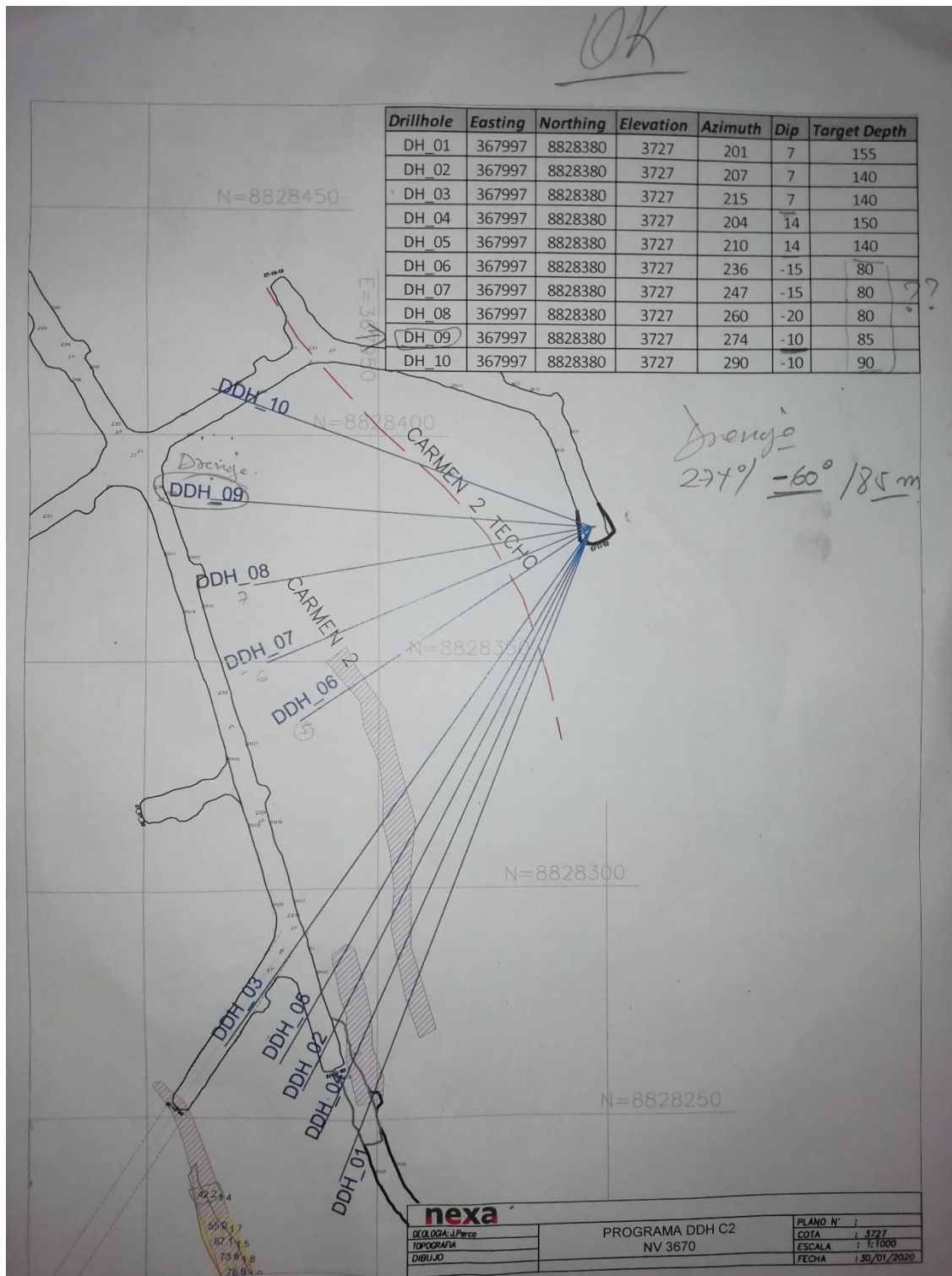
Fuente: Base de datos Explomin\_Reportes, 2019

Anexo 5. Plano de malla de perforación Maquina VERSADRILL-03, campaña 2019



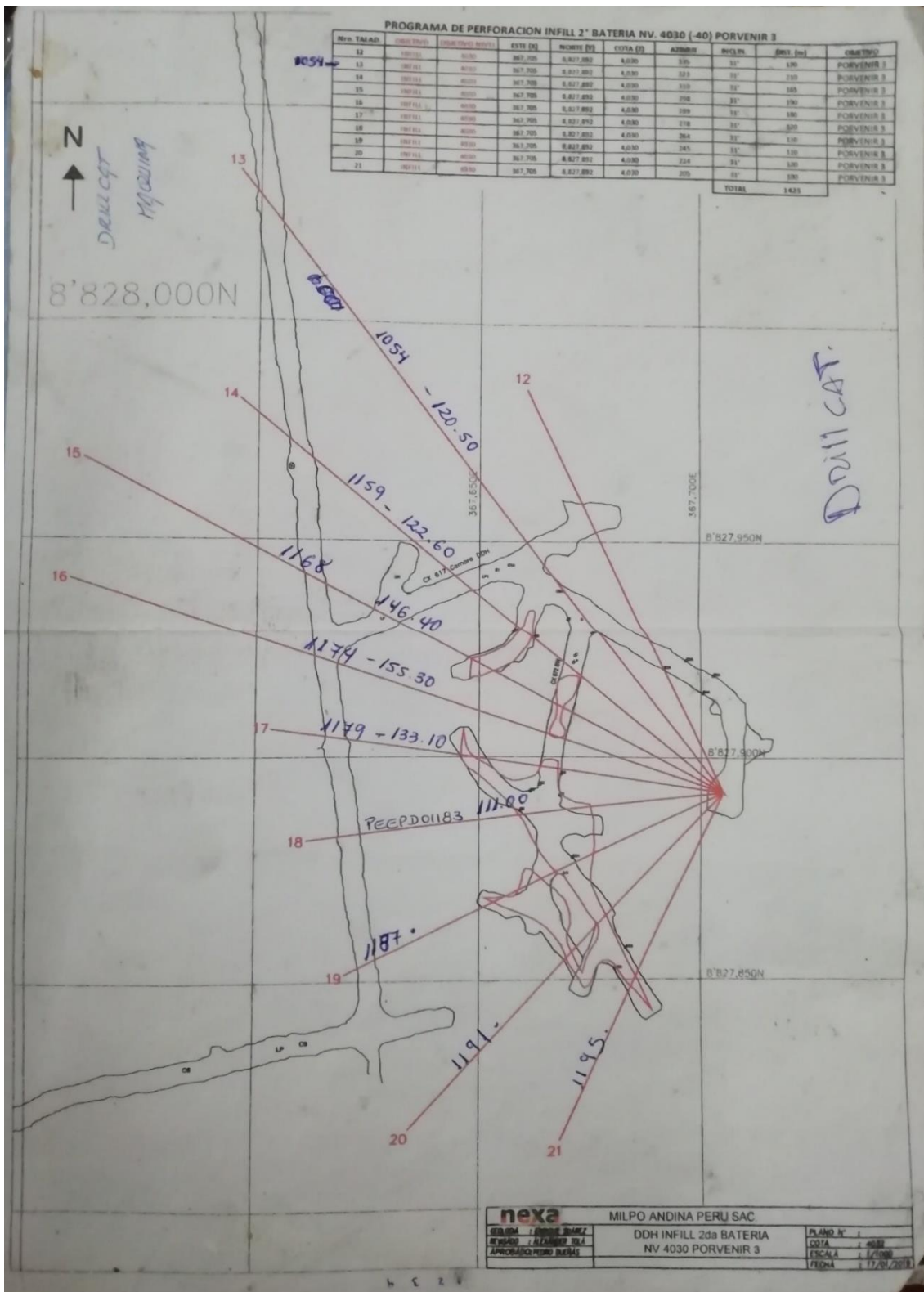
Fuente: Planoteca Planeamiento, Compañía Minera NEXA RESOURCES, 2019

**Anexo 6.** Plano de malla de perforación Maquina LM75, campaña 2019



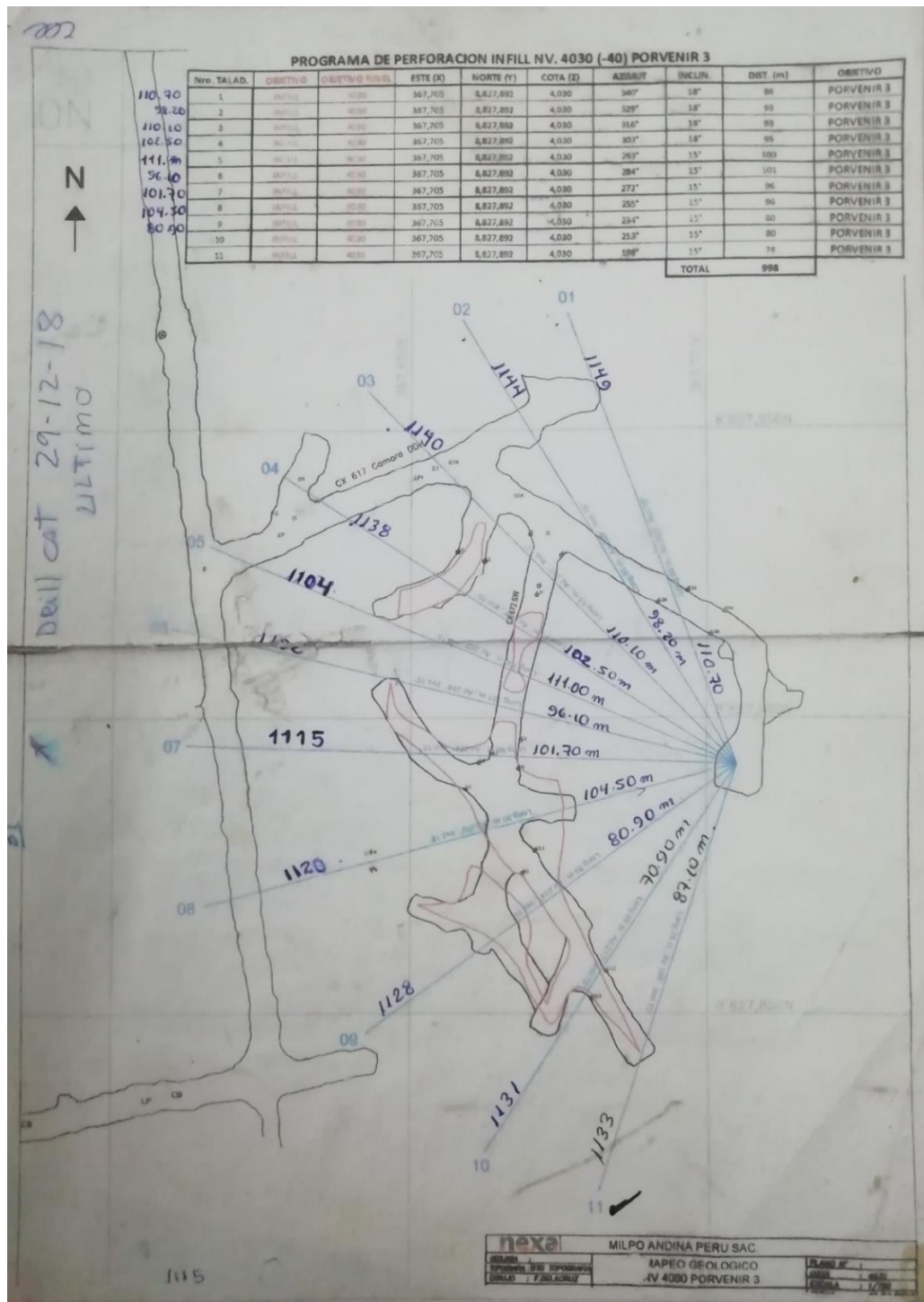
**Fuente:** Planoteca Planeamiento, Compañía Minera NEXA RESOURCES, 2019

Anexo 7. Plano de malla de perforación Maquina H400-04A, campaña 2019



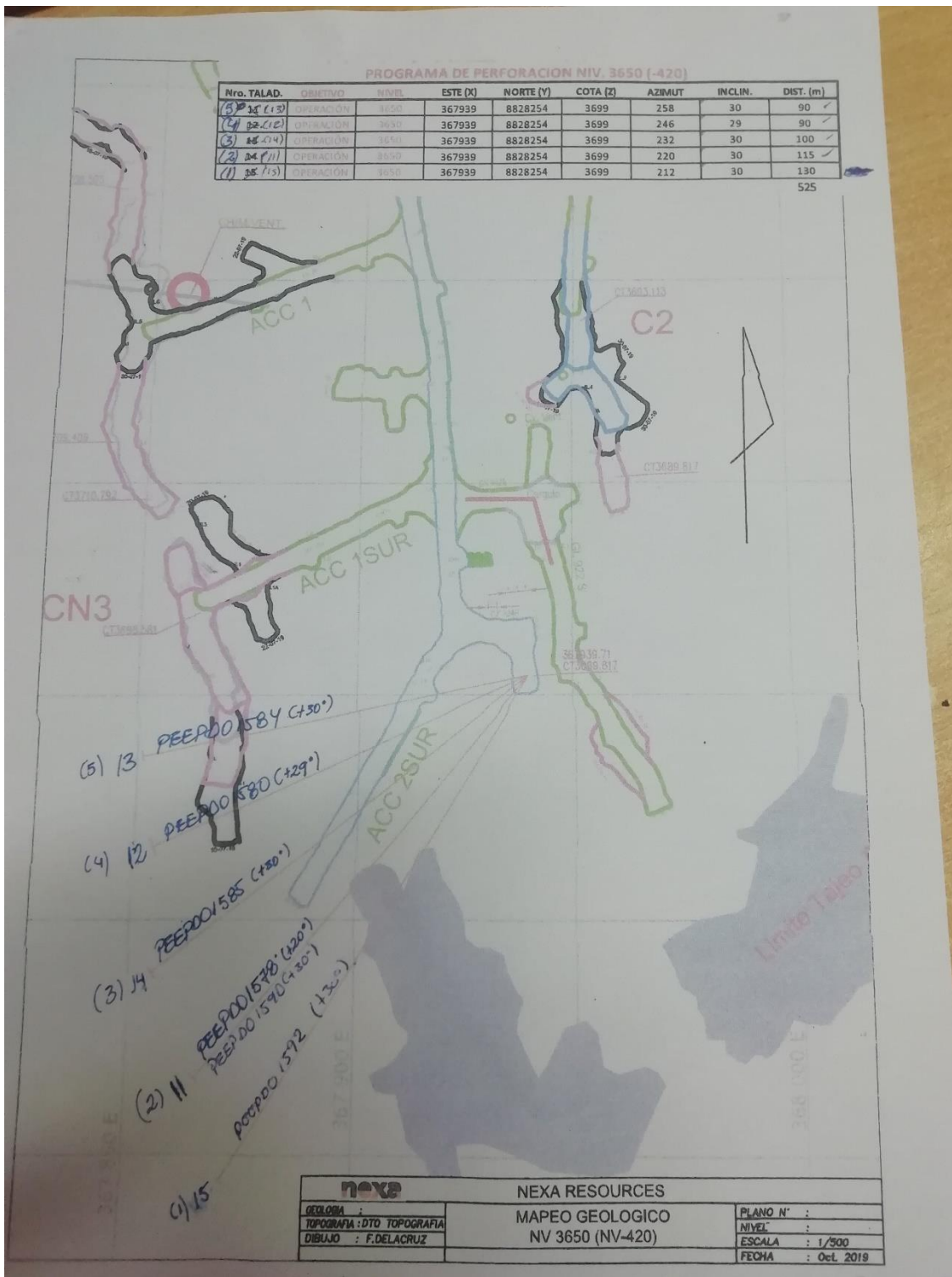
Fuente: Planoteca Planeamiento, Compañía Minera NEXA RESOURCES, 2019

**Anexo 8.** Plano de malla de perforación Maquina DRILLCAT, campaña 2019



**Fuente:** Planoteca Planeamiento, Compañía Minera NEXA RESOURCES, 2019

Anexo 9. Plano de malla de perforación Maquina DE-140-03, campaña 2019



Fuente: Planoteca Planeamiento, Compañía Minera NEXA RESOURCES, 2019

**Anexo 10.** Ingreso a operaciones, boca mina Don Ernesto



**Fuente:** Elaboración propia, 2020.

## Anexo 11. Matriz de consistencia del proyecto

TÍTULO: Medición de sondajes diamantinos para la evaluación de trayectoria de pozos de exploración Geológica - unidad minera el porvenir – NEXA. TESISTA: Chris Steeb Soto De La Cruz							
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	LÍNEA Y SUB LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	TIPO, METODO, NIVEL Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN
<p><b>GENERAL:</b> ¿En qué medida las mediciones de sondajes diamantinos influirán en la evaluación de la trayectoria de pozos de exploración geológica en la Unidad minera EL PORVENIR – NEXA?</p> <p><b>ESPECÍFICO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Qué equipo de medición es el adecuado para poder realizar las mediciones en pozos de exploración Geológica en la Unidad Minera EL PORVENIR - NEXA?</li> <li>¿Cómo se procesarán los datos de medición de sondajes realizados en la Unidad Minera EL PORVENIR - NEXA?</li> <li>¿Cómo se reprocesarán los datos de medición a partir de datos topográficos con el fin de evaluar la trayectoria de los pozos de exploración geológica en la Unidad Minera EL PORVENIR – NEXA?</li> </ul>	<p><b>GENERAL:</b> Evaluar la trayectoria de los pozos de exploración geológica en la Unidad Minera EL PORVENIR – NEXA.</p> <p><b>ESPECÍFICOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar el equipo de medición adecuada para realizar las mediciones de los pozos de exploración geológica.</li> <li>Procesar correctamente los datos de las mediciones adquiridos con el equipo de medición.</li> <li>Ejecutar los datos topográficos en los datos de medición de sondaje para reprocesar y evaluar la trayectoria de los pozos de exploración geológica.</li> </ul>	<p><b>GENERAL:</b> El equipo de medición realizará mediciones correctas y se obtendrá datos de alta confiabilidad, con estas se podrán evaluar la trayectoria de los pozos de exploración geológica.</p> <p><b>ESPECÍFICOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>El equipo de medición adecuada para realizar las mediciones de pozos de exploración geológica será el GYROFLEX, esta tomará datos de excelente y alta calidad.</li> <li>Las mediciones se ejecutarán con el software del equipo denominado REFLEXGYRO V. 5.6.8, programa por defecto ejecutable del GYROFLEX, este procesara los datos para su evaluación.</li> <li>Los datos topográficos serán registrados y asignados por el área de topografía de la Unidad Minera EL PORVENIR, estos se podrán ejecutar en los datos de medición como punto inicial o partida, reprocesará la información y se tendrá la trayectoria de los pozos de exploración geológica.</li> </ul>	<p><b>INDEPENDIENTE:</b> X: Medición de sondajes diamantinos de exploración geológica.</p> <p><b>DEPENDIENTE:</b> Y: Evaluación de trayectoria de pozos de exploración geológica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Medición de sondajes.</li> <li>Determinación del equipo de medición.</li> <li>Procesamiento de datos.</li> <li>Reprocesamiento de datos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Equipo de medición.</li> <li>pozos de exploración geológica.</li> <li>equipo de medición GYROFLEX</li> <li>datos de excelente y alta calidad.</li> <li>Software REFLEXGYRO V.5.6.8</li> <li>Datos topográficos</li> <li>Trayectoria de pozos de exploración geológica.</li> </ul>	<p><b>LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:</b> Geotecnia, evaluación de riesgo, tratamiento.</p> <p><b>SUB LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:</b> Modelos y exploración de Yacimientos</p>	<p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b> De acuerdo a los objetivos planteados, el presente estudio, es del tipo aplicativo.</p> <p><b>METODO DE INVESTIGACION:</b> El método de investigación es el método inductivo, llevando etapas de: observación, proceso, análisis y reproceso de datos donde se logra postular una hipótesis que manifiesta la información de la calidad de medición y aportara a los resultados finales.</p> <p><b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN:</b> el nivel de investigación es descriptivo, el cual describimos las características de los procesos de mediciones de sondajes diamantinos de exploración geológica.</p> <p><b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:</b> El diseño de la investigación es no experimental y transversal porque requiere e interpreta lo que es, es decir, está relacionada a las condiciones o conexiones existentes.</p>