

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



T E S I S

Evaluación de la precisión de equipo GyroMaster mediante la medición de la trayectoria de sondajes diamantinos en pozos de exploración geológica – Mina Ragra – Vanacorp Perú S.A.

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Geólogo

Autores:

Bach. Alexis Gerson CONTRERAS AYALA

Bach. Shirley Jojayra VICENTE LLANA

Asesor:

Mg. Eder Guido ROBLES MORALES

Cerro de Pasco - Perú – 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



T E S I S

Evaluación de la precisión de equipo GyroMaster mediante la medición de la trayectoria de sondajes diamantinos en pozos de exploración geológica – Mina Ragra – Vanacorp Perú S.A.

Dr. Tito Marcial ARIAS ARZAPALO
PRESIDENTE

Dr. Jose Fermin HINOJOSA DE LA SOTA
MIEMBRO

Mg. Vidal Victor CALSINA COLQUI
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 278-2025-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

Evaluación de la precisión de equipo GyroMaster mediante la medición de la trayectoria de sondajes diamantinos en pozos de exploración geológica – Mina Ragra – Vanacorp Perú S.A.

Apellidos y nombres de los tesisistas

Bach. Alexis Gerson, CONTRERAS AYALA

Bach. Shirley Jojaya. VICENTE LLANA

Apellidos y nombres del Asesor:

Mg. Eder Guido ROBLES MORALES

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Geológica

Índice de Similitud

5 %

APROBADO

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes.

Cerro de Pasco, 2 de junio de 2025



Firmado digitalmente por PALOMINO
ISIDRO Ruben Edgar FAU
20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 02.06.2025 12:19:59 -05:00

DEDICATORIA

A nuestros padres, quienes con su esfuerzo y sacrificio nos han brindado las oportunidades necesarias para alcanzar nuestras metas

A nuestros hermanos, por su amor, apoyo incondicional y por ser fuente constante de inspiración y fortaleza a lo largo de este camino.

A nuestros mejores amigos, quienes siempre nos ofrecieron su ánimo y compañía en los momentos difíciles, y a todos aquellos que, de una manera u otra, nos motivaron a seguir adelante en este desafío académico.

A todos los que creen en el poder del esfuerzo y la perseverancia como medios para alcanzar los sueños.

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de esta tesis. En primer lugar, queremos reconocer a nuestro asesor por su invaluable apoyo, paciencia y orientación durante todo este proyecto. Su conocimiento y valiosos consejos fueron clave para la culminación exitosa de esta investigación.

También agradecemos a cada docente de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Geológica, quienes nos proporcionaron el conocimiento necesario y la inspiración para alcanzar este logro.

A nuestras familias, que siempre nos han brindado su apoyo incondicional, dándonos la fortaleza y el ánimo para superar cada reto que se presentó en el camino.

Por último, queremos extender nuestro agradecimiento a VANACORP PERU S.A y STOCKHOLM PRECISION TOOLS AB que, de alguna manera, contribuyeron al desarrollo de este trabajo, brindándonos la oportunidad de desarrollarnos personal y profesionalmente. Su ayuda fue esencial en cada etapa del proceso.

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en mina Ragra, operada por Vanacorp Perú S.A., en respuesta a problemas de precisión detectados en las mediciones de trayectoria de sondajes diamantinos. Durante las campañas de los años 2015-2016, se identificaron problemas generados por la falta de medición continua y la ausencia de una evaluación sistemática de los factores que influyen en la desviación de pozos, tales como: condiciones litológicas, geomecánicas y operativas. En 2022, la situación se agravó, ya que no se certificaron los datos de desviación y se desconocía el equipo de medición utilizado, generando incertidumbre en la confiabilidad de los resultados.

Ante esta problemática, el objetivo general del estudio fue evaluar la precisión del equipo GyroMaster al realizar mediciones de trayectoria en los pozos de exploración geológica. Para ello, se diseñó una investigación de tipo explorativa y aplicada, con enfoque cuantitativo, utilizando un diseño no experimental correlacional. La muestra estuvo conformada por seis sondajes ejecutados en la campaña 2023, en los cuales se utilizó el equipo GyroMaster de Stockholm Precision Tools Ab.

Los resultados demostraron que el GyroMaster posee una alta precisión, con diferencias máximas de 0.04° en el Dip y 0.131° en el Azimut, valores que se encuentran dentro de los parámetros técnicos establecidos ($\pm 0.05^\circ$ para Dip y $\pm 0.5^\circ$ para Azimut). Llegando a la conclusión de que el GyroMaster es una herramienta precisa y confiable para el control de calidad en sondajes diamantinos, permitiendo optimizar el modelamiento geológico y reducir riesgos operativos y económicos en proyectos de exploración minera.

Palabras clave: precisión, medición de trayectoria, sondajes diamantinos, exploración geológica.

ABSTRACT

This research was conducted at the Ragra mine, operated by Vanacorp Perú S.A., in response to precision issues identified in the trajectory measurements of diamond drill holes. During the 2015–2016 drilling campaigns, problems arose due to the lack of continuous measurement and the absence of a systematic evaluation of the factors influencing borehole deviation, such as lithological, geomechanical, and operational conditions. In 2022, the situation worsened, as deviation data were uncertified and the measuring equipment used was unknown, generating uncertainty about the reliability of the results.

Given this context, the main objective of the study was to evaluate the accuracy of the GyroMaster device in measuring the trajectory of geological exploration boreholes. To achieve this, an exploratory and applied study was designed, with a quantitative approach and a non-experimental correlational design. The sample consisted of six drill holes executed during the 2023 campaign, in which the GyroMaster equipment from Stockholm Precision Tools AB was used.

The results showed that the GyroMaster provides high accuracy, with maximum differences of 0.04° in Dip and 0.131° in Azimuth, which are within the technical specifications ($\pm 0.05^\circ$ for Dip and $\pm 0.5^\circ$ for Azimuth).

It was concluded that the GyroMaster is a precise and reliable tool for quality control in diamond drilling, enabling improved geological modeling and reducing operational and economic risks in mineral exploration projects.

Keywords: accuracy, trajectory measurement, diamond drilling, geological exploration.

INTRODUCCION

La planificación de las operaciones mineras requiere de herramientas de medición de trayectoria altamente precisas para garantizar un control de calidad eficiente. Dado que se invierten millones de dólares en estas operaciones, incluso un pequeño error en la precisión de dichas herramientas puede resultar en una pérdida considerable de tiempo operativo y recursos financieros. En la industria de la perforación, los errores no solo implican costos económicos, sino que también pueden afectar gravemente la reputación de la empresa e, incluso más importante, causar daños al medio ambiente.

Entender con exactitud la precisión de un giroscopio buscador de norte puede ser complicado, especialmente cuando la información se presenta de manera poco clara, justificando nuestra investigación porque es indispensable la medición de la trayectoria de sondajes para el modelamiento y así poder ubicar posibles targets de exploración en las siguientes campañas de perforación.

Nuestro objetivo es evaluar la precisión del equipo Gyromaster al realizar la medición de trayectoria de sondajes diamantinos en pozos de exploración geológica en Mina Ragra – Vanacorp Perú S.A.

Es importante señalar que al medir la trayectoria de los pozos de prospección geológica en subida y bajada, se evalúa la precisión de la medición de la trayectoria de los pozos de exploración, logrando obtener una data exacta del pozo en coordenadas, así como su inclinación y dirección.

Los resultados de esta investigación llevaron a la conclusión de que la precisión del equipo Gyromaster mediante las mediciones de la trayectoria de sondajes exploratorios de la campaña de perforación 2023 en Mina Ragra – Vanacorp Perú SA , con respecto al azimut y respecto a la inclinación se categoriza como alta precisión.

Este proyecto de investigación está estructurado en cuatro capítulos, de los cuales el Primer Capítulo abarca el problema de investigación: la identificación, delimitación y formulación del problema, objetivos, justificación y limitaciones de la

investigación; Segundo capítulo comprende el marco teórico: Antecedentes de estudios, bases teóricas, definición de algunos términos básicos que le dan sustento a la investigación, las posibles respuestas de la investigación, la determinación de los factores o variables y sus indicadores; el contenido del Tercer Capítulo corresponde a la Metodología y técnicas de investigación; finalmente el Cuarto Capítulo, muestra los resultados y la discusión de la investigación: en donde se describe el trabajo de campo, la presentación, análisis e interpretación de resultados, prueba de hipótesis y discusión de resultados.

INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION

INDICE

INDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación.....	2
1.3.	Formulación del problema	3
1.3.1.	Problema general.....	3
1.3.2.	Problemas específicos	3
1.4.	Formulación de objetivos.....	3
1.4.1.	Objetivo general.....	3
1.4.2.	Objetivos específicos	3
1.5.	Justificación de la investigación.....	4
1.6.	Limitaciones de la investigación	4

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1.	Antecedentes de estudio	5
2.2.	Bases teóricas – científicas	10
2.3.	Definición de términos básicos.	26
2.4.	Formulación de hipótesis.....	29
2.4.1.	Hipótesis general	29

2.4.2. Hipótesis específicas.....	29
2.5. Identificación de variables	30
2.6. Definición operacional de variables e indicadores	31

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación.....	32
3.2. Nivel de investigación.....	32
3.3. Métodos de investigación	32
3.4. Diseño de investigación.....	33
3.5. Población y muestra	33
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	33
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	34
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	35
3.9. Tratamiento estadístico	35
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica.	36

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	37
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados	66
4.3. Prueba de hipótesis.....	119
4.4. Discusión de resultados.....	120

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Equipo GyroMaster	10
Figura 2. Profundidad medida en una tubería.....	12
Figura 3. Azimut e inclinación.....	12
Figura 4. Representación de la Verdadera Profundidad Vertical Submarina.	13
Figura 5. Toma de coordenadas reales del GyroMaster.....	14
Figura 6. Distancia de cierre.....	15
Figura 7. Diferencia entre precisión y exactitud	16
Figura 8. a) Barras de pared doble para circulación reversa. b) Esquema de circulación del fluido (aire o agua) en sistemas de circulación normal y reversa (con tricono).....	18
Figura 9. Sonda Diamec U8 y sus componentes.....	19
Figura 10. Componentes sarta de perforación.	19
Figura 11. Broca o corna de perforación.	20
Figura 12. Escariadores.	21
Figura 13. Barra de perforación.....	21
Figura 14. Desviación de sondajes.....	24
Figura 15. Desviación estándar representada en la campana de Gauss.....	33
Figura 16. Plano de ubicación de Mina Ragra.....	38
Figura 17. Vista panorámica que muestra la fisiografía del proyecto, se muestra al fondo la Cordillera y la peneplanicie andina hacia la derecha.	39
Figura 18. Geología Regional Mina Ragra.	42
Figura 19. Interpretación estructural del distrito: zona fallamiento en bloques.....	47
Figura 20. Afloramiento de la formación Jumasha en los alrededores de la laguna Punrun, nótese los estratos fuertemente plegados	49
Figura 21. Afloramiento de la formación Celendín, se observa una intercalación de calizas y margas en contacto con las capas rojas de la Fm Casapalca, formando el sobrecurrimiento Callejón.....	50

Figura 22. Afloramiento de la formación Casapalca, se observa un flanco del tajo de Mina Ragra, se observa una gruesa secuencia de capas rojas (limolitas margosas) cortadas por diques dacíticos.	51
Figura 23. Afloramiento de la formación Casapalca, en el tajo de mina Ragra, intercalada se observa una zona de lutitas carbonosas con finos horizontes de asfaltitas que es la zona prospectiva por vanadio.	51
Figura 24. Afloramiento de material coluvial al pie de la Cordillera Callejón	52
Figura 25. Afloramiento de los diques dacíticos, nótese al lado izquierdo se aprecia alteración supérgena mientras que a la derecha están casi inalterados. .	54
Figura 26. Dique diorítico cortado en los sondajes de exploración, se muestran prácticamente prístinos y débil fracturamiento.	55
Figura 27. Plano geológico local proyecto Mina Ragra.....	56
Figura 28. Columna Estratigráfica del Proyecto Mina Ragra	57
Figura 29. Mapa Geológico-Estructural proyecto Mina Ragra	60
Figura 30. Mapa Geológico de la antigua Mina Ragra.....	61
Figura 31. Muestra conformada por carbón (lignito) con trazas de óxidos de vanadio, calcosina y calcopirita. Untuosa al tacto.	62
Figura 32. Sondaje P-03. Se observa una zona de falla con intenso desarrollo de minerales arcillosos.	63
Figura 33. Microscopía de una muestra de superficie se observa desarrollo de cuarzo I, sericita y Arcillas	64
Figura 34. Microscopía de una muestra de superficie se observa desarrollo de cuarzo II y Cuarzo III en carbón.....	64
Figura 35. Sondaje P-02, dique diorítico propilitizado, se observa cloritas, pirita y calcita.	65
Figura 36. Paragénesis preliminar para el proyecto Mina Ragra (según estudios minerográficos BISA, 2015, 2016 e información existente).	65
Figura 37. Plan de perforación de Mina Ragra – Campaña 2023.	67

Figura 38. Norte Magnético vs Norte Geográfico.....	70
Figura 39. Medicion de pozo utilizando el equipo GyroMaster - SPT.....	71
Figura 40. Equipo Gyromaster y Depth Counter.....	72
Figura 41. Armado del módulo sensor y modulo batería.	73
Figura 42. Centralizadores de tubería NQ, HQ, PQ.....	73
Figura 43. Programación del sondaje DDHMR2343.....	75
Figura 44. Tiempos de medición del sondaje.	75
Figura 45. Vista previa de la data del sondaje DDHMR2343.....	77
Figura 46. Registro de datos topográficos para el procesamiento de la medición en el software SPT SURVEY SOFTWARE.....	88
Figura 47. Vista en 3D de la medición del sondaje DDHMR2343.....	91
Figura 48. Vista en 3D de la medición del sondaje DDHMR2344.....	93
Figura 49. Vista en 3D de la medición del sondaje DDHMR2345.....	95
Figura 50. Vista en 3D de la medición del sondaje DDHMR2346.....	96
Figura 51. Vista en 3D de la medición del sondaje DDHMR2347.....	98
Figura 52. Vista en 3D de la medición del sondaje DDHMR2348.....	100
Figura 53. Vista en planta y sección (3D) del modelamiento de sondajes en el software Leapfrog GEO.	102
Figura 54. Ficha técnica del equipo GyroMaster usado en las mediciones.....	108
Figura 55. Gráfico comparativo de cada profundidad en Dip y Azimut del sondaje DDHMR2343.	109
Figura 56. Gráfico comparativo de cada profundidad en Dip y Azimut del sondaje DDHMR2344.	111
Figura 57. Gráfico comparativo de cada profundidad en Dip y Azimut del sondaje DDHMR2345.	112
Figura 58. Gráfico comparativo de cada profundidad en Dip y Azimut del sondaje DDHMR2346.	113

Figura 59. Gráfico comparativo de cada profundidad en Dip y Azimut del sondaje DDHMR2347.	114
Figura 60. Gráfico comparativo de cada profundidad en Dip y Azimut del sondaje DDHMR2348.	116
Figura 61. Certificado de calibración del equipo GyroMaster usado en las mediciones.	117
Figura 62. Certificado de verificación del equipo GyroMaster usado en las mediciones.	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de variables e indicadores	31
Tabla 2	Data cruda de la medición In-Run del sondaje DDHMR2343.....	78
Tabla 3	Data cruda de la medición Out-Run del sondaje DDHMR2343.	79
Tabla 4	Data cruda de la medición In-Run del sondaje DDHMR2344.....	80
Tabla 5	Data cruda de la medición Out-Run del sondaje DDHMR2344.	81
Tabla 6	Data cruda de la medición In-Run del sondaje DDHMR2345.....	82
Tabla 7	Data cruda de la medición Out-Run del sondaje DDHMR2345.	83
Tabla 8	Data cruda de la medición In-Run del sondaje DDHMR2346.....	84
Tabla 9	Data cruda de la medición Out-Run del sondaje DDHMR2346.	84
Tabla 10	Data cruda de la medición In-Run del sondaje DDHMR2347.....	85
Tabla 11	Data cruda de la medición Out-Run del sondaje DDHMR2347.	85
Tabla 12	Data cruda de la medición In-Run del sondaje DDHMR2348.....	86
Tabla 13	Data cruda de la medición Out-Run del sondaje DDHMR2348.	87
Tabla 14	Collar de los sondajes – campaña de perforación 2023.....	88
Tabla 15	Resultados del procesamiento de datos en la medición In-Run del sondaje DDHMR2343.	89
Tabla 16	Resultados del procesamiento de datos en la medición Out-Run del sondaje DDHMR2343.	90
Tabla 17	Resultados del procesamiento de datos en la medición In-Run del sondaje DDHMR2344.	91
Tabla 18	Resultados del procesamiento de datos en la medición Out-Run del sondaje DDHMR2344.	92
Tabla 19	Resultados del procesamiento de datos en la medición In-Run del sondaje DDHMR2345.	93
Tabla 20	Resultados del procesamiento de datos en la medición Out-Run del sondaje DDHMR2345.	94

Tabla 21	Resultados del procesamiento de datos en la medición In-Run del sondeaje DDHMR2346.	95
Tabla 22	Resultados del procesamiento de datos en la medición Out-Run del sondeaje DDHMR2346.	96
Tabla 23	Resultados del procesamiento de datos en la medición In-Run del sondeaje DDHMR2347.	97
Tabla 24	Resultados del procesamiento de datos en la medición Out-Run del sondeaje DDHMR2347.	97
Tabla 25	Resultados del procesamiento de datos en la medición In-Run del sondeaje DDHMR2348.	98
Tabla 26	Resultados del procesamiento de datos en la medición Out-Run del sondeaje DDHMR2348.	99
Tabla 27	Collar y Survey planeado que fue cargado al Leapfrog GEO.	101
Tabla 28	Coordenadas planeadas del final del cada sondeaje.	103
Tabla 29	Diferencia entre las coordenadas planeadas y medidas del sondeaje DDHMR2343.	103
Tabla 30	Diferencia entre las coordenadas planeadas y medidas del sondeaje DDHMR2344.	104
Tabla 31	Diferencia entre las coordenadas planeadas y medidas del sondeaje DDHMR2345.	104
Tabla 32	Diferencia entre las coordenadas planeadas y medidas del sondeaje DDHMR2346.	105
Tabla 33	Diferencia entre las coordenadas planeadas y medidas del sondeaje DDHMR2347.	106
Tabla 34	Diferencia entre las coordenadas planeadas y medidas del sondeaje DDHMR2348.	106
Tabla 35	Comparativo de datos procesados de las mediciones In-Run y Out-Run del sondeaje DDHMR2343.	108

Tabla 36	Comparativo de datos procesados de las mediciones In-Run y Out-Run del sondaje DDHMR2344.....	110
Tabla 37	Comparativo de datos procesados de las mediciones In-Run y Out-Run del sondaje DDHMR2345.....	111
Tabla 38	Comparativo de datos procesados de las mediciones In-Run y Out-Run del sondaje DDHMR2346.....	113
Tabla 39	Comparativo de datos procesados de las mediciones In-Run y Out-Run del sondaje DDHMR2347.....	114
Tabla 40	Comparativo de datos procesados de las mediciones In-Run y Out-Run del sondaje DDHMR2348.....	115
Tabla 41	Desviación en metros con respecto al plan de perforación de los sondajes – Campaña 2023.	121
Tabla 42	Desviación en metros de los sondajes – Campaña 2023.....	122

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

La empresa Vanacorp Perú S.A. desde el año 2015 desarrolla trabajos de exploración de yacimientos en mina Ragra y ha realizado diferentes campañas de sondajes entre los años 2015-2016 y 2022, en la ejecución de trabajos se presentaron problemas por la falta de medición continua y evaluación de factores que influyen en la desviación de pozos. En la campaña 2015-2016, se empleó el equipo Reflex donde se obtuvieron desviaciones fuera de los rangos permitidos en azimut e inclinación debido a los problemas ya mencionados, como tal los resultados de estas mediciones determinaron variaciones de 0° hasta 3.6° en el azimut, mientras que para la inclinación los valores indicaron variaciones de 0° hasta 6.4° para los primeros 200 m y de 6.4° hasta 9.6° en los tramos de 200 m a 300m, sobrepasando los rangos de desviación permitidos. Asimismo, en la campaña de 2022, el problema se agravó, ya que los datos de desviación proporcionados por la empresa perforista no fueron certificados, y se desconocía el equipo de medición utilizado, lo que generó incertidumbre en la precisión de los resultados.

La probabilidad de generar resultados inexactos y no verificados en las mediciones de desviación en las campañas de sondaje de 2015-2016 y 2022,

por lo que existe incertidumbre sobre la precisión y confiabilidad de los datos obtenidos. Esto afectará la correcta interpretación y modelamiento de la trayectoria de los pozos de perforación, para el éxito de futuras actividades de exploración y explotación. Dada la necesidad de contar con una data confiable que refleje adecuadamente la realidad en campo, se ha optado por contratar los servicios del equipo GyroMaster, reconocido por su alta precisión en medición de trayectoria. Sin embargo, es necesario corroborar la precisión de este equipo antes de su implementación definitiva para asegurar que cumple con los estándares de precisión necesarios y permite un modelamiento confiable.

La presente investigación plantea la necesidad de evaluar la precisión del equipo GyroMaster en la medición de trayectorias en sondajes diamantinos en pozos de exploración geológica en Mina Ragra, considerando que es preciso contar con herramientas de medición de trayectoria de sondajes de alta precisión para garantizar el control de calidad en toda operación de perforación. Considerando que una operación minera involucra una inversión millonaria, la más mínima imprecisión en la herramienta de medición de trayectoria de pozos puede convertirse en cuantiosas pérdidas de tiempo operativo y un elevado costo financiero.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

El presente estudio se desarrolló en la región Pasco, provincia de Pasco, entre los distritos de Huayllay y Tinyahuarco, caseríos de Lancari y Los Andes de Pucará aproximadamente a 65 km al Oeste de la ciudad de Pasco y a 375 km al Noreste de la ciudad de Lima.

1.2.2. Delimitación temporal

El trabajo se llevó a cabo durante los meses de Enero – Junio del 2023, entre la toma de datos y su respectivo análisis y procesamiento. Y entre Julio - agosto del 2024 en el desarrollo de informe.

1.2.3. Delimitación Conceptual

En este estudio, la precisión se refiere a la exactitud con la que el equipo GyroMaster mide la trayectoria in-run y out-run de los sondajes diamantinos en pozos de exploración geológica. El GyroMaster es un dispositivo giroscópico que mide orientaciones sin influencia magnética.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es la precisión del equipo GyroMaster al realizar la medición de trayectoria de sondajes diamantinos en pozos de exploración geológica de mina Ragra – Vanacorp Perú S.A.?

1.3.2. Problemas específicos

- a. ¿Cuáles son las causas para que un sondaje pueda desviarse fuera de los rangos permitidos en los pozos de exploración geológica – mina Ragra – Vanacorp Perú S.A.?
- b. ¿Cuál es la desviación final de cada sondaje con respecto al planeado, usando datos de las coordenadas que nos brinda el equipo GyroMaster en los pozos de exploración geológica – mina Ragra – Vanacorp Perú S.A.?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la precisión del equipo GyroMaster al realizar la medición de trayectoria de sondajes diamantinos en pozos de exploración geológica de mina Ragra – Vanacorp Perú S.A.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Identificar las causas que inducen que los sondajes puedan desviarse fuera de los rangos permitidos en los pozos de exploración geológica – mina Ragra – Vanacorp Perú S.A.

- b. Calcular la desviación final de cada sondaje con respecto al planeado usando datos de las coordenadas que nos brinda el equipo GyroMaster en los pozos de exploración geológica – mina Ragra – Vanacorp Perú S.A

1.5. Justificación de la investigación

El proyecto se justifica porque es indispensable la medición de la trayectoria de sondajes para el modelamiento y así poder ubicar posibles targets de exploración en las siguientes campañas de perforación, con el presente trabajo se espera evaluar las mediciones de los sondajes exploratorios y cuál es la precisión del equipo para seguir usándolo en las próximas campañas de perforación.

1.6. Limitaciones de la investigación

Las limitaciones son: la información privada por parte de la empresa minera y la poca información que se tiene acerca de los giroscopios y su uso para la industria minera.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes internacionales

Silva, et al. (2008). "Informe sobre la tarea de medir variaciones en la dimensión de pozos". Ingetrol 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, et al. (2008). "Informe Sobre La Tarea De Medir Variaciones En La Dimensión De Pozos". Ingetrol Chile. Pag. 29. En 1996, la empresa Stockholm Precision Tools AB (SPT) presentó sus equipos de medición destinados a las industrias del petróleo, la minería y el gas natural. Los instrumentos de SPT se destacan por su innovación, ya que actualmente incluyen tecnología de navegación con giroscopios que buscan el norte. Esta tecnología permite que el equipo se posicione sin requerir datos iniciales como el azimut y las coordenadas.

En 1974 se fundó la empresa Reflex, dedicada a la producción de equipos de medición, cuyo primer producto fue el Fotobor, basado en la toma de fotografías. Más tarde, en 1990, lanzaron el Maxibor, un instrumento de tecnología óptica que tuvo gran éxito. Tras numerosos lanzamientos, en 2005 presentaron el Maxibor II, versión que sigue vigente hasta hoy. Reflex también adquirió el GyroSmart, optimizando su beneficio en diseño, su potencia, software, flujo de información, duración de la batería y hardware para el procesamiento de información. En este momento, a nivel internacional, se le considera el equipo con mayor versatilidad y los resultados más sobresalientes. (Silva, 2008).

Además de su aplicación en las industrias del petróleo, la minería y el gas, estos equipos también se utilizan en estudios de suelos para grandes estructuras. Un ejemplo notable fue el uso del instrumento GyroReflex en el rescate de los mineros chilenos que quedaron atrapados en la mina San José, ubicada en Atacama, Chile, operado por un contratista australiano especializado en el tema (Silva, 2008).

Stockholm Precision tools (SPT) – 1996 Stockholm Precision Tools (SPT) es una empresa sueca especializada en la fabricación y distribución de estudios direccionales avanzados herramientas. Durante más de 25 años ha sido un proveedor de confianza para las mayores empresas de Minería, Ingeniería Civil y Petróleo y Gas en todo el mundo. Su objetivo esta centrado en desarrollar tecnologías de vanguardia capaces de ayudar a: Reducir los costos del proyecto, garantizar el control de calidad y elevar los estándares de precisión de la industria al más alto nivel. Mediante una alta precisión de acimut e inclinación, con valores estables de 3 sigma. Alta resolución con registro de puntos de datos cada cm del pozo/perforación, proporcionando al usuario la representación de la trayectoria más precisa y la posición geoespacial del yacimiento o cuerpo mineralizado con la integración de un software potente,

rápido y automatizado, y su plataforma de almacenamiento seguro de datos, SPT SmartCloud™ (tools, 2024)

Wilde & Summerhill (2012). “Precision and Accuracy in Borehole Surveying Using Gyroscopic Tools”, este estudio realizado por Wilde y Summerhill explora el uso de herramientas giroscópicas en la medición de trayectorias de pozos en la industria minera. Los autores concluyen que la precisión de las mediciones ha mejorado drásticamente con el uso de equipos basados en giroscopios como el GyroMaster. El estudio detalla cómo la inclinación y desviación del pozo pueden corregirse mediante el uso de estos dispositivos, lo que permite una mayor exactitud en las operaciones de perforación (Wilde & Summerhill, 2012)

Gyrodata Incorporated (2018). “Evaluation of Gyroscopic Surveying Tools for Exploration Drilling” en 2018, Gyrodata Incorporated realizó un análisis detallado de las herramientas de medición giroscópica utilizadas en la perforación de exploración. El informe evalúa la precisión de varias tecnologías, incluido el GyroMaster, destacando su capacidad para registrar datos precisos incluso en pozos con alta desviación o condiciones geológicas complicadas. Este estudio es relevante para la evaluación de la precisión del GyroMaster en proyectos de exploración, como el caso de la Mina Ragra en Perú (Gyrodata Incorporated, 2018)

2.1.2. Antecedentes nacionales

Soto (2022) en su investigación “Medición de sondajes diamantinos para la evaluación de trayectoria de pozos de exploración geológica – Unidad Minera EL PORVENIR – NEXA”, la evaluación de la trayectoria de los sondajes diamantinos realizados para exploración geológica contribuye a elevar la calidad de la perforación, impactando positivamente tanto en la perforabilidad del macizo rocoso como en el control de la desviación del sondaje; contemplando como metodología la recolección de datos y llevándolos a etapas de:

observación, proceso, análisis y reproceso de datos, obteniendo los siguientes resultados: como punto inicial, se identifica al equipo de medición GYROFLEX como el más idóneo y de mayor excelencia para la medición de sondajes en el marco de esta investigación, en segundo lugar, se tiene que para los sondajes PEEPD00923, PEEPD01028 y PEEPD01053 los datos de medición con equipo GYROFLEX, procesada y reprocesada existe un inicio de perforación del todo favorable, en el que los sondajes muestran resultados con una desviación importante diferenciándose en al menos una de sus características respecto a sus valores iniciales, a excepción del sondaje PEEPD01053 que se encuentra cercano del categoría de los límites admitidos; Los datos numéricos y gráficos obtenidos de los pozos medidos evidencian una relación directa entre los parámetros de perforación y la trayectoria del sondaje diamantino. Específicamente, se determinó que el aumento de la fuerza ejercida por la máquina sobre el terreno al perforar tiene un impacto considerable en la alteración de la trayectoria del sondaje, lo que subraya la importancia de controlar este parámetro durante la operación.

Mantilla (2019) en su estudio titulado "Control de la Trayectoria de Taladros Variando Tipo de Broca y Parámetros de Perforación con Sistema Diamantina" de la Universidad Privada del Norte, determina que la trayectoria de los taladros mejora al cambiar el tipo de broca (2-4 y 4-7) y ajustar los parámetros de perforación. Estos parámetros incluyen: X1 (profundidad del taladro en metros), X2 (velocidad de rotación de la corona en RPM), X3 (caudal del fluido en gal/min) y X4 (presión de empuje o pulldown en PSI). El estudio concluye que estos factores influyen significativamente en la inclinación (dip) del taladro, observándose que, al modificarlos, cambia también dicha inclinación. Sin embargo, al analizar las contribuciones individuales, se destaca que solo la profundidad tiene un impacto notable en la inclinación del sondaje.

Arana (2014) en su estudio titulado "Medición de Trayectoria de Pozos de Prospección Geológica" realizado en Minera Yanacocha, en el distrito de Hualgayoc, provincia y departamento de Cajamarca, concluye que los datos numéricos y gráficos muestran una desviación de 25.70 metros respecto al punto esperado. El diseño original contemplaba una longitud de 900 metros, pero la perforación alcanzada fue de 838.96 metros, lo que indica, que se perforaron 61.04 metros menos. La inclinación fue de $70^{\circ} 44'$ en relación a la horizontal, cuando el diseño requería 65° , lo que ocasionó que todos los pozos se desviaran. Asimismo, menciona que el Gyro Reflex es el equipo de medición más avanzado tecnológicamente, basado en nanotecnología y equipado con cuatro giroscopios en serie. Estos giroscopios, al girar, logran un alineamiento paralelo al eje terrestre, permitiendo determinar con precisión la inclinación y el azimut real del pozo. A diferencia de los equipos magnéticos, el Gyro Reflex no sufre alteraciones en los resultados por la presencia de metales ferrosos en el pozo. Además, destaca que la medición de pozos de prospección geológica permite determinar con exactitud las coordenadas de las muestras obtenidas, lo cual es crucial para evaluar la viabilidad de un proyecto, ya que la presencia de ciertas formaciones geológicas en el subsuelo puede ser determinante. Este proceso no utiliza materiales peligrosos ni contaminantes, por lo que no genera un impacto negativo en el medio ambiente. Además, al proporcionar datos más precisos, permite reducir la cantidad de pozos necesarios y aumenta la confiabilidad del muestreo.

Mendoza (2020) en su estudio titulado "Análisis de la desviación en sondajes diamantinos en la minería peruana", Mendoza Huamán investiga las causas y efectos de la desviación en los pozos perforados en el contexto de la minería peruana. A través de un análisis exhaustivo de datos de perforación, se concluye que la implementación de tecnologías precisas en la medición de trayectorias es esencial para mejorar la confiabilidad de las muestras

geológicas. Este estudio enfatiza la relevancia de equipos como el GyroMaster, que podría contribuir a reducir la desviación y mejorar la calidad de la información geológica obtenida en proyectos de exploración.

Córdova (2017) en su tesis "Evaluación de métodos de medición de trayectoria en perforaciones diamantinas en la región de Cajamarca", Córdova Valle investiga diversos métodos de medición y su efectividad en condiciones geológicas locales. El estudio examina el uso de tecnologías giroscópicas y magnéticas, evaluando sus ventajas y desventajas en la medición de trayectorias de sondajes diamantinos. Córdova concluye que la elección de la tecnología adecuada es crítica para minimizar desviaciones y mejorar la precisión de las mediciones, lo que puede ser un punto de comparación valioso al evaluar el GyroMaster en el contexto específico de la mina Ragra.

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. Equipo GyroMaster

El GyroMaster es una herramienta de tecnología moderna, un giroscopio buscador de norte con sensores de estado sólido para todas las aplicaciones de fondo del sondaje. Es el único giroscopio en la industria minera que es capaz de medir continuamente el azimut desde la vertical absoluta y hacia arriba. (SPT, 2023)

Figura 1. *Equipo GyroMaster*



Fuente: (SPT, 2023) "Manual de uso GyroMaster"

La clave de la elevada precisión de este equipo reside en su método de medición continua. Mientras que otras herramientas solo capturan datos en intervalos de unos 30 metros por cada lectura y tienen limitaciones para medir continuamente en ángulos verticales o casi verticales, este equipo registra continuamente puntos de datos cada centímetro. Al obtener información de posición tan detallada y constante a lo largo de la trayectoria, se garantiza una determinación exacta del camino del pozo, resultando en una herramienta de alta precisión (SPT, 2023)

Este equipo no recibe interferencias por parte del terreno, a diferencia de un equipo Magnético. Así como tampoco genera incertidumbre en los datos registrados como lo hace un equipo de azimut referenciado.

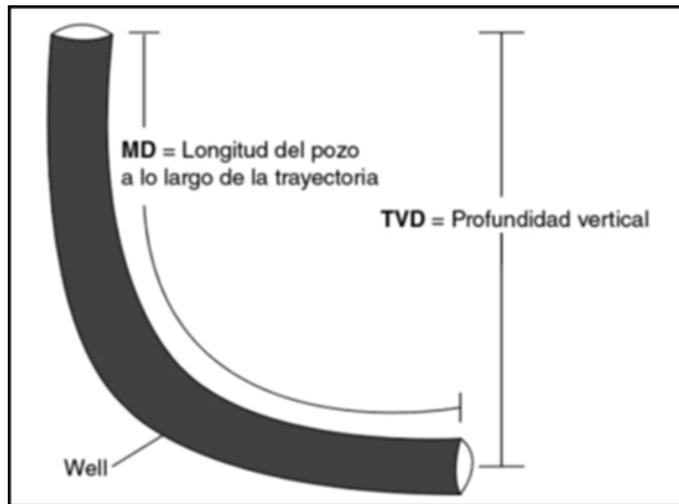
2.2.2. Reportes automatizados GyroMaster

La fiabilidad de la operación está garantizada por el software. Además, al utilizarse conjuntamente con el módulo de telemetría, permite disponer de información en tiempo real. Crea automáticamente reportes en formatos que no pueden ser modificados por los usuarios, garantizando así el más alto estándar en el control de calidad.

Para aclarar la terminología de los reportes, se han recopilado todos los términos técnicos que utilizan, junto con sus definiciones. El objetivo es asegurar la correcta comprensión de los significados físicos y técnicos de la terminología empleada por la herramienta en los reportes que genera automáticamente. Los parámetros que se aparecen en un reporte de medición de trayectoria son:

- **MD [m/ft] – Measured Depth (Profundidad medida):** Esto define la medida total de la longitud del pozo o la obtenida mediante el cabestrante.

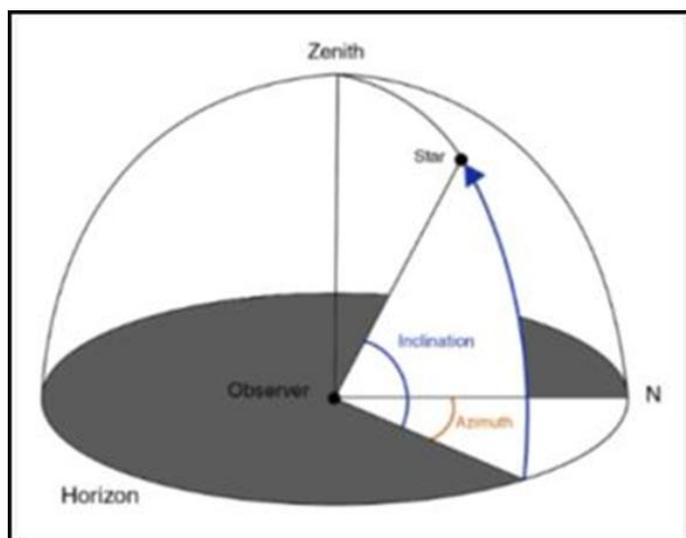
Figura 2. Profundidad medida en una tubería.



Fuente: (SPT, 2023) "Manual de uso GyroMaster"

- **INC [°] – Inclinación:** Indica la desviación angular desde la vertical de la trayectoria del pozo en cualquier punto. Se mide mediante la combinación de datos de tres acelerómetros ubicados ortogonalmente.
- **AZIM [°] Azimut:** Las herramientas SPT, equipadas con Tecnología Navibore™, son capaces de encontrar la dirección del norte verdadero y determinar el azimut del pozo. El azimut, a su vez, representa la dirección del pozo medida con respecto al norte verdadero.

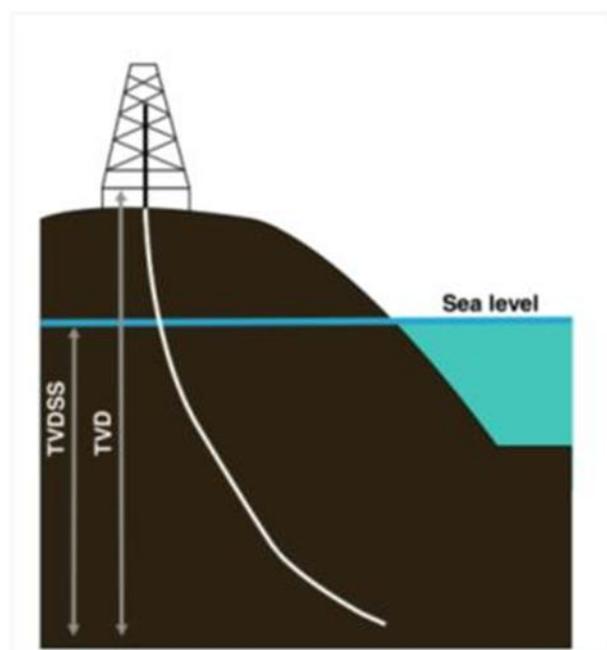
Figura 3. Azimut e inclinación.



Fuente: (SPT, 2023) "Manual de uso GyroMaster"

- **TF [°] – Toolface Gravitatorio:** Este término se refiere al ángulo de la cara de la herramienta con respecto al vector gravitacional. Se mide en sentido horario. A modo de ilustración, un toolface de 0 grados indica que la herramienta apunta al lado alto del pozo, mientras que uno de 180 grados significa que apunta al lado bajo (dirección de la gravedad).
- **Gyro TF [°] – True North Toolface:** Utilizado en pozos verticales, este concepto indica la distancia angular de la cara de la herramienta tomando como referencia el Norte Geográfico.
- **TVD [m] – Profundidad Vertical Verdadera:** La profundidad vertical verdadera es la distancia vertical entre un punto en la trayectoria del pozo y un punto de referencia (generalmente la superficie o profundidad cero). Conocer esta medida posibilita determinar la presión hidrostática generada por los fluidos de perforación.

Figura 4. Representación de la Verdadera Profundidad Vertical Submarina.

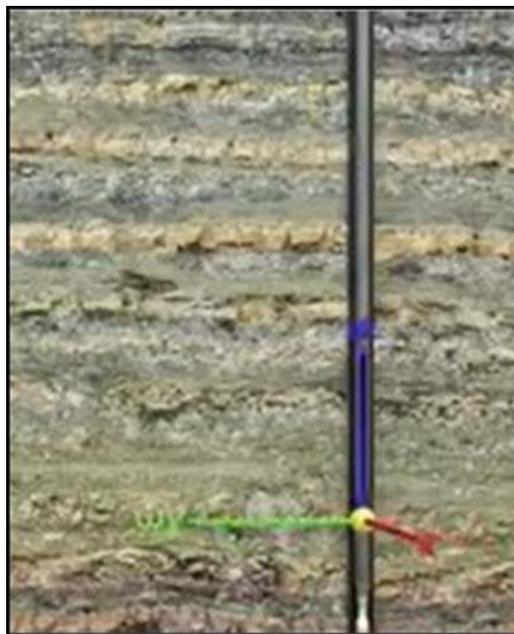


Fuente: (SPT, 2023) "Manual de uso GyroMaster"

- **ALT [m] – Altitud:** La distancia vertical de cualquier punto en la tierra respecto al nivel del mar.

- **TVDSS [m] – Verdadera Profundidad Vertical Submarina:** Esta medida es la distancia vertical desde un punto en la trayectoria del pozo (usualmente el fondo o el punto más reciente perforado) tomando como referencia el nivel del mar.
- **E/W [m] – Este /Oeste:** Esto describe las distancias proyectadas horizontalmente que indican la posición de cualquier punto en el eje X.
- **N/S [m] – Norte/Sur:** Son las distancias proyectadas en el plano horizontal que definen la posición de cualquier punto a lo largo del eje Y.

Figura 5. Toma de coordenadas reales del GyroMaster.



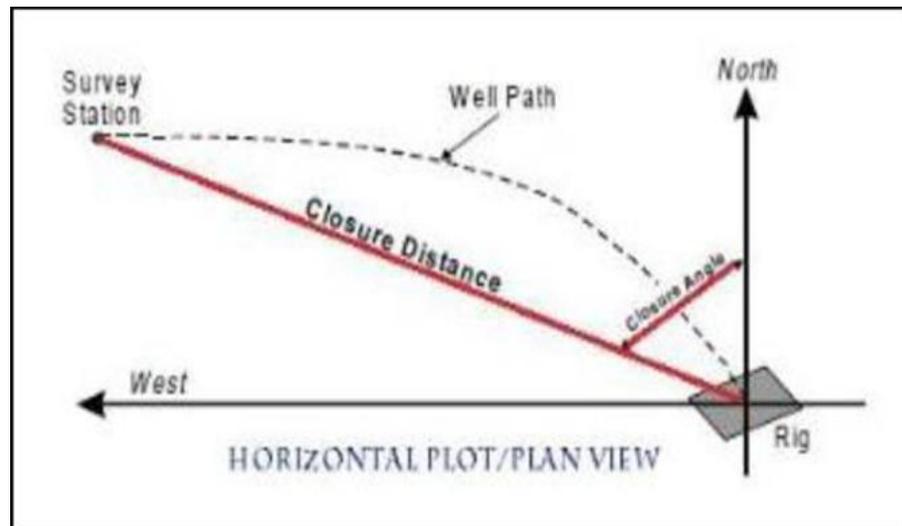
Fuente: (SPT, 2023) "Manual de uso GyroMaster"

- **VS [m] – Sección vertical:** Este término se refiere a la distancia horizontal de la trayectoria del pozo vista al proyectarla sobre un plano vertical definido por un azimut determinado.
- **DLS [°/30m] – DogLeg Severity:** Este parámetro cuantifica la tasa de cambio en el azimut y la inclinación de la trayectoria del pozo en función de su profundidad. Es interesante notar que, a veces, durante la perforación direccional, el perforista procura lograr valores elevados de esta tasa

(conocida como DLS) con el propósito de prevenir ciertos tipos de fallas operacionales o geológicas.

- **C. DIR [°] – Dirección de cierre:** Define el ángulo de una estación de medición específica referenciado al Norte, con el collar del pozo sirviendo como punto original de la trayectoria.
- **C. DIST [°] – Distancia de cierre:** Para una estación particular en el reporte, esto representa la distancia proyectada en el plano horizontal desde el punto donde comenzó la medición. Su valor se determina mediante la hipotenusa derivada de las coordenadas de la estación.

Figura 6. *Distancia de cierre*



Fuente: (SPT, 2023) "Manual de uso GyroMaster"

- **|G| – Gravedad:** El componente de la gravedad que actúa sobre el instrumento.
- **T [°C/°F] – Temperatura:** Este dato muestra la temperatura ambiente dentro del conjunto de electrónica donde reside el sistema giroscópico de estado sólido buscador de norte

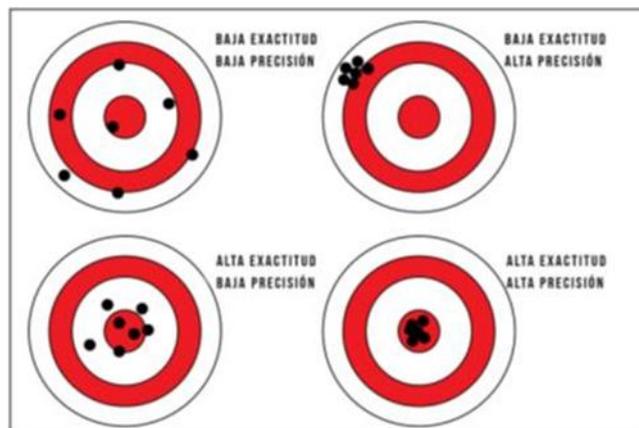
2.2.3. Diferencia de exactitud y precisión

La precisión y la exactitud son dos factores importantes y diferentes a considerar en las mediciones de datos. Aunque ambas reflejan la cercanía de

una medición a un valor verdadero, existen ciertas diferencias que las distinguen.

La precisión es la consistencia de los resultados cuando se repiten varias mediciones y la exactitud refleja cuán cerca está una medición de un valor conocido o aceptado. Conocer la diferencia es importante porque la precisión nos brinda datos sucesivos por ende es más fiables y la exactitud solo nos aproxima al objetivo siendo menos fiable.

Figura 7. *Diferencia entre precisión y exactitud*



Fuente: (Castro, 2019) "¿Cuál es la diferencia entre precisión y exactitud?"

Esta comparación, a menudo fácilmente olvidada, pone de manifiesto la importancia crítica de la precisión en las herramientas utilizadas para medir pozos dentro de las operaciones mineras.

La correcta localización del núcleo de perforación en coordenadas globales 3D, un sistema absoluto, depende fundamentalmente de la calidad de los datos. Una falta menor de precisión puede acarrear errores en la estimación de las reservas minerales, lo cual es crítico para la planificación de la mina. Una ubicación incorrecta del mineral podría hacer que se le clasifique equivocadamente como estéril.

2.2.4. Perforación diamantina

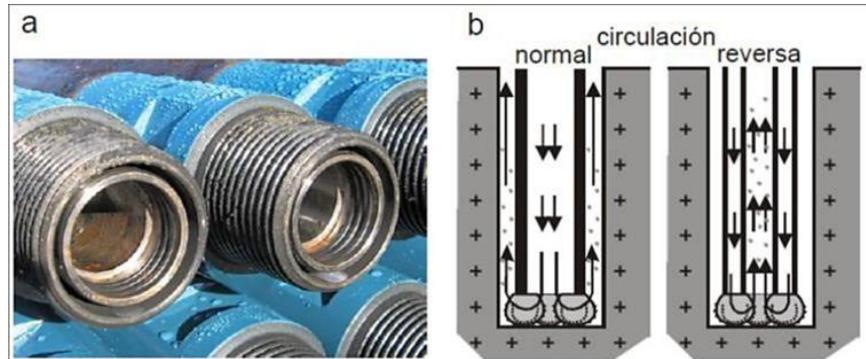
Lambert Barrientos A. (2010) en su Manual de Sondeos sistema de Perforación de Pozos con Corona Diamante indica que para la prospección

minera es indispensable realizar un estudio detallado y riguroso tanto de los rasgos naturales de la superficie como de las diferencias existentes entre ellos. En el pasado, la prospección a menudo se limitaba a formas de exploración superficiales como encontrar afloramientos, buscar rocas en depósitos de ríos o tamizar oro, y su éxito se basaba frecuentemente en la casualidad. No obstante, estas técnicas visuales y típicamente locales demostraron ser ineficaces para detectar yacimientos minerales situados a gran profundidad y totalmente sepultados. La localización de estos depósitos profundos requiere, por lo general, iniciar con métodos geofísicos y proseguir con perforaciones de exploración.

Fernandez (2015) define, los sondeos son perforaciones destinadas a la investigación del subsuelo y la toma de muestras. Sus profundidades típicas oscilan entre 50 y 400 m (desde decenas hasta centenas de metros), aunque ocasionalmente pueden extenderse hasta entre 500 y 1000 metros.

Según el camino que toma el medio de circulación (aire, agua o agua con aditivos) durante la perforación, existen dos sistemas principales: circulación normal y circulación reversa (RC). En la circulación normal, el medio inyectado desciende por dentro de la tubería de perforación y retorna hacia arriba por el espacio anular entre la tubería y la pared del pozo, arrastrando los recortes. Por el contrario, en la circulación reversa, que emplea tubería de doble pared, el medio de inyección desciende por el espacio anular entre las dos paredes de la tubería y asciende por el interior de la tubería interna, transportando los recortes.

Figura 8. a) Barras de pared doble para circulación reversa. b) Esquema de circulación del fluido (aire o agua) en sistemas de circulación normal y reversa (con tricono).



Fuente: (Fernández R, 2015) "Apuntes didácticos de geología de minas"

2.2.5. Equipo de perforación

Sonda de perforación

Es un motor o motorín, con una potencia que oscila entre 20 y 140 HP, que, mediante un panel de control, acciona un sistema de transmisión que hace girar una unidad de rotación, conocida como CHUCK. Dentro de esta unidad se encuentra la tubería de perforación, con una corona diamantina en su extremo. El CHUCK puede girar 360° en un plano vertical, lo que permite realizar perforaciones con la inclinación requerida. El avance se lleva a cabo mediante un sistema hidráulico, operado por pistones situados en el bastidor de la unidad de rotación.

Figura 9. Sonda Diamec U8 y sus componentes

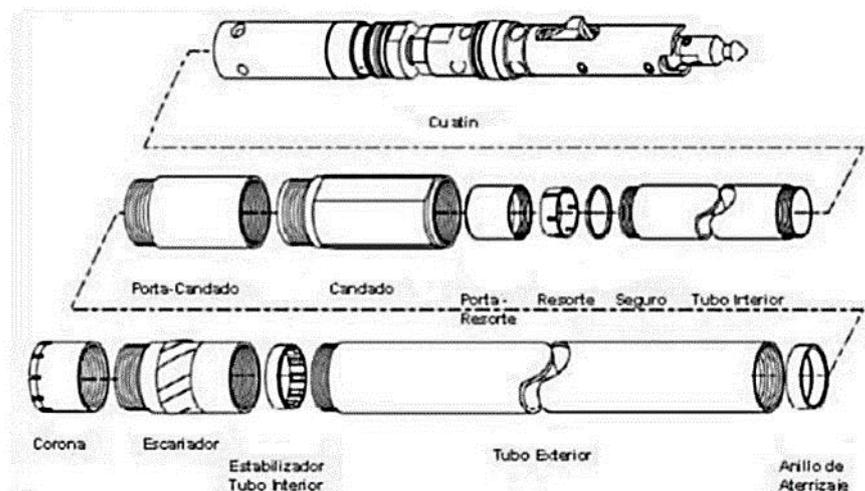


Fuente: (Atlas Copco, 2010) "Productos de exportación"

Sarta de perforación

La sarta o columna de perforación tiene la función de transmitir y soportar las fuerzas axiales y de torsión, guiar y establecer la trayectoria del pozo, y permitir la circulación de fluidos para enfriar tanto el pozo como la barrena. Está compuesta por los siguientes elementos: corona, escariador, estabilizador, tubo interior, tubo exterior, porta-candado, candado, porta-resorte, resorte, seguro, tubo interior y culatín.

Figura 10. Componentes sarta de perforación.



Fuente: (A. de Simone-J Oyarzo, 2012) "Seminario Sondajes DDH"

Corona de perforación

Las coronas o brocas son componentes esenciales de la perforación diamantina, situadas al frente de la sarta. Su propósito es cortar la roca para que el sondaje avance. Específicamente, las coronas diamantinas tienen una sección anular, un diseño que permite recuperar una muestra cilíndrica de roca (conocida como testigo) a medida que la perforación progresa. Esta muestra se deposita directamente en el barril portatestigos, ubicado inmediatamente detrás de la corona. Existen diferentes tipos de coronas, categorizados por su material o función, como las de carburo de tungsteno (simple o triturado) y las que incorporan diamantes (con diamantes, insertados o impregnados).

Figura 11. *Broca o corna de perforación.*



Fuente: (A. de Simone-J Oyarzo, 2012) "Seminario Sondajes DDH"

Escariador

La principal tarea del escariador o ensanchador, ubicado justo detrás de la corona, es asegurar que la perforación mantenga su diámetro nominal. Esto es importante para permitir que las brocas subsiguientes puedan pasar por el pozo sin quedar atascadas. Su segunda función es estabilizar el barril porta testigo, protegiendo el extremo inferior del desgaste excesivo y previniendo las oscilaciones de la corona.

Figura 12. Escariadores.



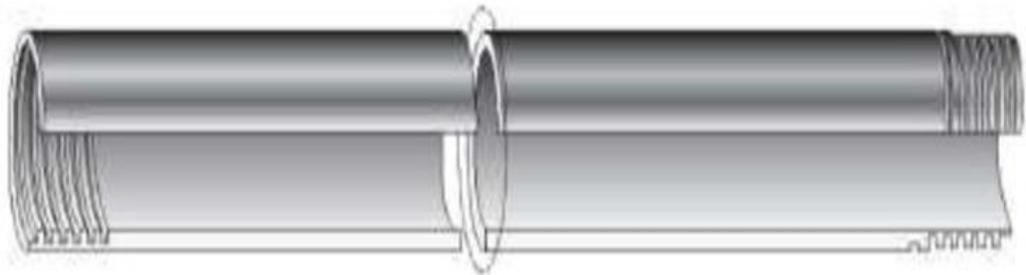
Fuente: (A. de Simone-J Oyarzo, 2012) "Seminario Sondajes DDH"

Barras de perforación

Las barras de perforación cumplen las siguientes funciones principales:

1. Transmitir el torque y la rotación desde la máquina perforadora hacia la broca (corona).
2. Transferir las fuerzas requeridas para levantar y extraer la sarta de perforación.
3. Servir como conducto para hacer circular el agua de lavado.
4. Actuar como guía o canal para el ensamblaje del tubo interior (en sistemas de extracción de testigo)..

Figura 13. Barra de perforación.



Fuente: (A. de Simone-J Oyarzo, 2012) "Seminario Sondajes DDH"

2.2.6. ¿Por qué un pozo de perforación se desvía?

Hay varias razones por las que un pozo puede desviarse de su trayectoria planificada durante la perforación. Estos factores se pueden dividir en cuatro categorías:

Las propiedades estructurales del terreno influyen en la desviación de los sondajes. Según Carbajal (2009), un macizo rocoso de alta dureza promueve una dirección de perforación más estable, reduciendo así la desviación. Por el contrario, en terrenos de estructura muy suave, la herramienta de corte tiende a desviarse con facilidad. Esto se debe a que la resistencia del suelo es mínima en comparación con la presión de la broca, permitiendo que la herramienta siga cualquier camino sin mayor oposición.

Carbajal (2009) también señala que los cambios en la dureza del suelo (de duro a blando o a la inversa), o el encuentro con formaciones rocosas buzantes que cortan la trayectoria, causan desviación. Esto sucede porque la herramienta de perforación busca un camino más fácil para progresar. Además, los pozos no verticales son muy propensos a desviarse, especialmente si el perforista carece de la experiencia o técnica necesaria.

Según Carbajal (2009), la elección del diámetro de perforación es relevante. Si el diámetro del pozo seleccionado es significativamente mayor que el de la tubería de perforación (varillaje), se produce desviación. Esto se debe a que la sarta de perforación pierde resistencia al pandeo, lo que, además, causa un desgaste prematuro de la misma.

Carbajal (2009) detalla que el "mal alineamiento y emboque" es un error operacional muy frecuente. Sucede cuando, al instalar los equipos, no se les da la orientación adecuada (un error de maniobra o emboque), lo que provoca que el pozo se desvíe de la trayectoria planificada.

El término "Demasiado empuje" o "push down" describe una situación que ocurre cuando el operador de la máquina perforadora, por falta de

experiencia o exceso de confianza, aplica una presión o empuje excesivo sobre la sarta de perforación. Según Silva (2008), esto genera una desviación del pozo hacia arriba (desviación positiva).

Los factores típicos que influyen en las desviaciones son:

- Condiciones litológicas
- Diámetro del pozo
- Tipo de corona
- Tipo de barra
- 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

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

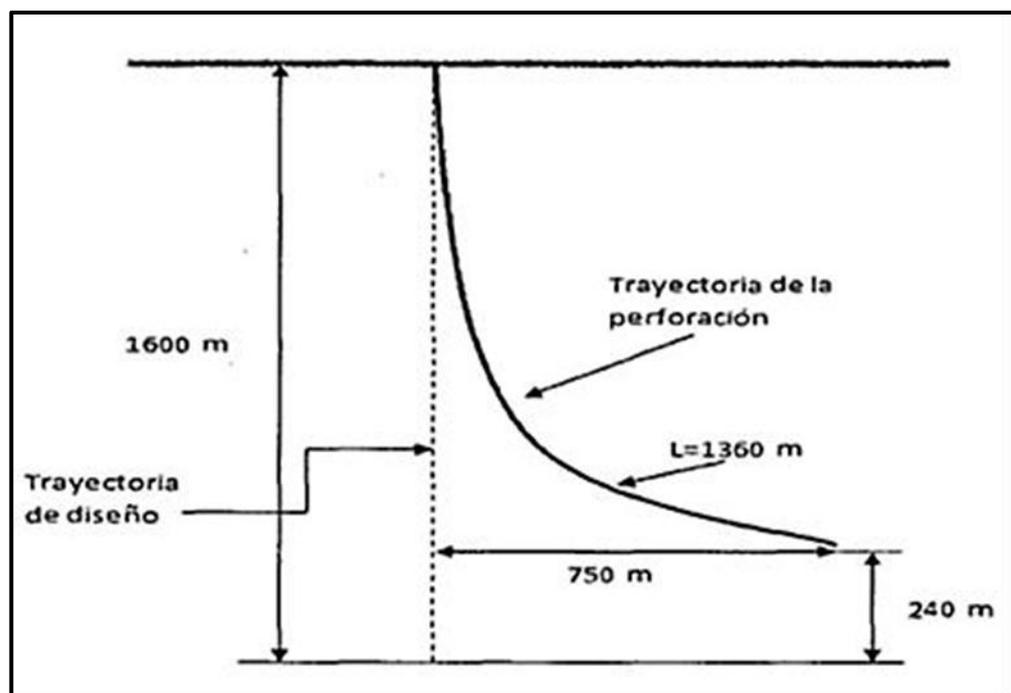
Según Silva (2008), la medición de pozos de sondeo o sondaje busca determinar con precisión la trayectoria completa de las perforaciones, desde su inicio hasta su fin. Partiendo de la realidad de que todos los pozos se desvían, es fundamental verificar su desviación e inclinación. Esto permite establecer con exactitud la ubicación desde el punto de origen (coordenada inicial) hasta el fondo del pozo (coordenada final), validando además la longitud real perforada.

En su publicación "Perforaciones y Sondeos", Camberfort (1968) sostiene que los pozos pueden presentar desviaciones extraordinarias. Cita como ejemplo una perforación de 1,600 m en Oklahoma, cuyo fondo se había desviado 750 m horizontalmente de la vertical y se encontraba 240 m por encima de la elevación de diseño, a pesar de haber alcanzado la longitud prevista. Aunque podría parecer improbable que la tubería de acero se curve tanto, se ha

comprobado que la curvatura significativa ocurre en las juntas de la tubería. Esto se debe a que el hilo de la rosca en la unión sufre desgaste por flexión al aplicar fuerza durante la perforación, permitiendo que la tubería se flexione con pequeños ángulos inicialmente y posiblemente mantenga esa curvatura permanentemente.

Camberfort (1968) subraya la necesidad de medir la trayectoria de los pozos, ya que las perforaciones se distribuyen en un área determinada. Los datos de un pozo a varias profundidades se relacionan con los de otros pozos a las mismas profundidades para todos los pozos (geológicos o hidrogeológicos). Dado que estos pozos forman una malla de perforación espaciada, la desviación de cada uno es vital para la correlación y el análisis de testigos, así como para modelar volúmenes de mantos importantes. En la evaluación de depósitos minerales, si los datos de medición no son correctos, los volúmenes estimados pueden ser extremadamente diferentes, un problema grave dado que las decisiones sobre la viabilidad del proyecto se basan en esta información.

Figura 14. Desviación de sondajes.



Fuente: (Camberfort, 1968) "Perforaciones y sondeos"

Según Mueller (2009) en la Revista Oro y Finanzas, la tendencia global apunta a elevar y unificar los estándares para la estimación de recursos y reservas minerales. Como resultado, se han implementado normativas rigurosas como la National Instrument 43-101 (NI 43-101). Esta norma canadiense, desarrollada por la Canadian Securities Administrators (CSA), surgió a raíz del mayor escándalo en la historia de la minería de oro, protagonizado por Bre-X Minerals Ltd. La empresa, fundada por David Walsh, había presentado en 1995 informes fraudulentos que reclamaban 6,500 toneladas de oro en el yacimiento de Busang, Borneo (Indonesia), lo que equivalía a casi el 8 % de las reservas mundiales de oro.

Pineda (2008) argumenta en "Medición de perforación de pozos" que, como respuesta al anuncio (de reservas), las acciones de Bre-X ascendieron de \$2.00 a \$275 CAD. Posteriormente, un inversionista decidió comprobar las reservas por su cuenta y se encontró con la desagradable revelación de que el presunto "yacimiento" no albergaba más que piedras sin valor alguno.

Ante esta estafa de grandes proporciones, es que la NI 43- 101 se emite esperando los siguientes resultados:

- a. Que los inversionistas dispongan de información suficiente para tomar una decisión más confiable sobre la inversión.
- b. Proporciona información que no sea engañosa.
- c. Entender el significado de los resultados.
- d. Poder comparar resultados similares.
- e. Entender los riesgos y limitaciones de los datos.
- f. Generar confianza para con los profesionales que preparan y emiten la información.

Esta norma, de alcance internacional y adoptada por muchos países para validar estudios (siendo su uso muy común en Perú), subraya la

importancia de medir la trayectoria de los pozos de perforación. Dicha medición proporciona información muy valiosa, esencial para sustentar una prospección exitosa. De manera similar, en ingeniería civil existen incontables casos de grandes estructuras que han colapsado debido a prospecciones (investigaciones del subsuelo) inadecuadas o deficientes, siendo los problemas de cimentación ocasionados por información deficiente muy recurrentes.

2.3. Definición de términos básicos

Azimut: Es un ángulo medido en el plano horizontal desde un punto de referencia, típicamente el norte, hasta un objeto en el cielo o en la superficie terrestre. Este ángulo se expresa en grados, donde 0° representa el norte, 90° el Este, 180° el sur y 270° el Oeste, siendo fundamental para la orientación y la determinación de la posición relativa de los objetos (Real Academia Española, 2021; Encyclopaedia Britannica, Inc., 2021).

Barreno (a): Es un instrumento de acero diseñado para perforar o hacer agujeros en diversos materiales, como madera, metal o plástico. Su estructura generalmente consiste en una punta afilada que facilita la penetración en el material, y se utiliza ampliamente en la construcción, la carpintería y la metalurgia. Existen diferentes tipos de barrenos, como los barrenos helicoidales, que permiten una perforación más eficiente y rápida (Diccionario de la lengua española, 2021; Pérez, 2019).

Broca: Es una herramienta de corte utilizada para perforar agujeros en diversos materiales, como madera, metal, plástico y hormigón. Generalmente consta de un vástago, que se inserta en un taladro, y una punta afilada, que puede tener distintas formas y tamaños según la aplicación específica. Las brocas están diseñadas para proporcionar una perforación precisa y eficiente, y se utilizan ampliamente en la construcción, la carpintería y la metalurgia. Existen diferentes tipos de brocas, como las brocas helicoidales, las brocas de pala y

las brocas para concreto, cada una adaptada a materiales y usos particulares (Diccionario de la lengua española, 2021; García, 2020).

Buzamiento: Es un término utilizado en geología y geografía que se refiere a la inclinación o ángulo de una capa de roca o estrato respecto a la horizontal. Este ángulo se mide en grados y puede ser crítico para entender la estructura geológica de un área, así como la distribución de recursos minerales y la estabilidad de taludes. El buzamiento es un factor importante en la interpretación de mapas geológicos y en la planificación de excavaciones y construcciones (Diccionario de la lengua española, 2021; López, 2019).

Emboque: Es un término utilizado en minería y geología que se refiere a la abertura o entrada de un túnel, pozo o galería, a menudo diseñada para acceder a un mineral o recurso subterráneo. También se puede referir al lugar donde se inicia un túnel (Diccionario de la lengua española, 2021; Martínez, 2020).

Empuje push down (apretar): Se refiere a una técnica o acción en la que se aplica presión hacia abajo sobre un objeto o material, generalmente para compactarlo, fijarlo o lograr que se ajuste en un espacio determinado. Esta acción se utiliza en diversas aplicaciones, como en la construcción, la jardinería y la manipulación de materiales (Diccionario de la lengua española, 2021; González, 2018).

Giroscopio: Es un dispositivo que mide o mantiene la orientación y la estabilidad de un objeto en movimiento. Funciona basándose en el principio de conservación del momento angular, permitiendo que un objeto gire sobre un eje y mantenga su orientación en el espacio. Los giroscopios se utilizan en diversas aplicaciones, como en navegación, aviones, smartphones y sistemas de control en vehículos (Diccionario de la lengua española, 2021; Martínez, 2019).

Litología: Es la rama de la geología que estudia las características físicas y químicas de las rocas, incluyendo su composición, textura y estructura.

Se enfoca en clasificar las rocas en diferentes tipos, como ígneas, sedimentarias y metamórficas, para comprender su formación y distribución en la superficie terrestre (Diccionario de la lengua española, 2021; Pérez, 2018).

Macizo rocoso: Es una gran masa de roca que se presenta de manera sólida y cohesiva, a menudo caracterizada por su resistencia y estabilidad. Generalmente, se forma por procesos geológicos como la actividad volcánica o la acumulación de rocas sedimentarias y puede estar compuesto de diferentes tipos de rocas, como ígneas, metamórficas o sedimentarias. Los macizos rocosos son importantes en la geología, ya que pueden influir en el paisaje y en la distribución de recursos minerales (Diccionario de la lengua española, 2021; López, 2017).

Muestra: Es un subconjunto representativo de un conjunto más grande, utilizado en investigaciones y análisis para obtener información sobre la totalidad sin necesidad de examinarla en su totalidad (Diccionario de la lengua española, 2021; Hernández, 2019).

Overshot: Es un tipo de rueda hidráulica que se utiliza para aprovechar la energía del agua al caer sobre ella desde una altura, permitiendo convertir la energía hidráulica en energía mecánica (Diccionario de la lengua española, 2021; Pérez, 2018).

Perforación: Es el proceso de crear un agujero en un material, generalmente mediante herramientas especializadas, para diversos fines, como la extracción de recursos, la construcción o la investigación (Diccionario de la lengua española, 2021; González, 2019).

Perforación wireline: La perforación wireline es un método de perforación que utiliza un cable delgado y resistente para realizar tareas como la extracción de muestras, la instalación de herramientas y la realización de mediciones en pozos de petróleo y gas (Diccionario de la lengua española, 2021; Martínez, 2020).

Proyección: Es el proceso de representar un objeto tridimensional en una superficie bidimensional, utilizando técnicas matemáticas o gráficas para facilitar su visualización y análisis (Diccionario de la lengua española, 2021; Sánchez, 2020).

Rotación: Es el movimiento de un objeto alrededor de un eje, donde cada punto del objeto describe una trayectoria circular en torno a ese eje (Diccionario de la lengua española, 2021; González, 2019).

Rumbo: Es la dirección en la que se mueve o se orienta un objeto, expresada generalmente en grados respecto al norte, utilizada en navegación y geografía (Diccionario de la lengua española, 2021; Rodríguez, 2018).

Wireline: Se refiere a un método de perforación en el que se utilizan cables delgados y resistentes para realizar tareas como la recolección de datos, la instalación de herramientas y la recuperación de muestras en pozos de petróleo y gas (Diccionario de la lengua española, 2021; Martínez, 2020)

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Al realizar la medición de la trayectoria de sondajes diamantinos se determina que la precisión del equipo GyroMaster se encuentra dentro de los parámetros establecidos $\pm 0.05^\circ$ en Dip y $\pm 0.5^\circ$ en Azimut, en los sondajes diamantinos de los pozos de exploración geológica en mina Ragra de Vanacorp Perú S.A.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a. Los factores geológicos, factores de perforación y factores operativos inducen a la desviación de los pozos de exploración geológica – mina Ragra – Vanacorp Perú S.A
- b. La desviación final de cada sondaje con respecto al planeado es mínima en los pozos de exploración geológica – mina Ragra – Vanacorp Perú S.A.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable independiente

Medición de la trayectoria de sondajes diamantinos

2.5.2. Variable dependiente

Precisión del equipo GyroMaster.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 1 Operacionalización de variables e indicadores

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE: Medición de la trayectoria de sondajes diamantinos	Es un proceso técnico que permite determinar con precisión la ubicación, inclinación y dirección de un pozo durante su perforación (Arana Vigo, 2014).	Realizando la medición de sondajes diamantinos con el equipo de medición adecuado se podrá obtener datos de azimut e inclinación del pozo.	Desviación angular	<ul style="list-style-type: none"> • Grados (°) y metros • Grados (°) y metros
			Orientación de medición (azimut e inclinación)	
VARIABLE DEPENDIENTE: Precisión de equipo GyroMaster	Es un equipo buscador de Norte de medición continua, capaz de deshacerse de las fuentes de error que presentan los equipos con azimut referenciado o referencia magnética (SPT, informe interno).	Se realizará mediante la variación de resultados en in y out con graficas en sección, planta y 3D del procesamiento de datos que se efectuará con el software propio del equipo.	Desviación angular in	<ul style="list-style-type: none"> • Metros(m) • Grados (°)
			Desviación angular out	<ul style="list-style-type: none"> • Grados (°) • Metros(m)

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación a emplear en el desarrollo del presente trabajo, es del tipo explorativo y aplicativo por que buscamos información mediante el uso de equipos y se evalúa la precisión del equipo de medición con la aplicación de datos numéricos generados por el equipo. (Vigo, 2014)

3.2. Nivel de investigación

El nivel que utilizamos en el presente estudio es correlacional, debido a que tuvo como objetivo determinar la relación o grado de asociación entre las variables, sin manipularlas. Esto se respalda en el enfoque cuantitativo por el uso de herramientas estadísticas para medir dicha relación.

3.3. Métodos de investigación

El método de investigación a emplear es el método cuantitativo, ya que usaremos la recolección de datos y pasará por los procesos de: medición en campo, generación de datos, procesamiento y análisis; donde se podrá evaluar la calidad de las mediciones y la precisión del equipo usado.

3.4. Diseño de investigación

El diseño de investigación es del tipo no experimental, correlacional porque procesamos los datos generados y su posterior análisis, como variable para solucionar el tema planteado en el proyecto.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población representa los 28 sondajes diamantinos entre históricos y actuales perforados hasta la fecha en los años 2015, 2022 y 2023; dentro de la etapa de exploración geológica en Mina Ragra – Vanacorp Perú SA.

3.5.2. Muestra

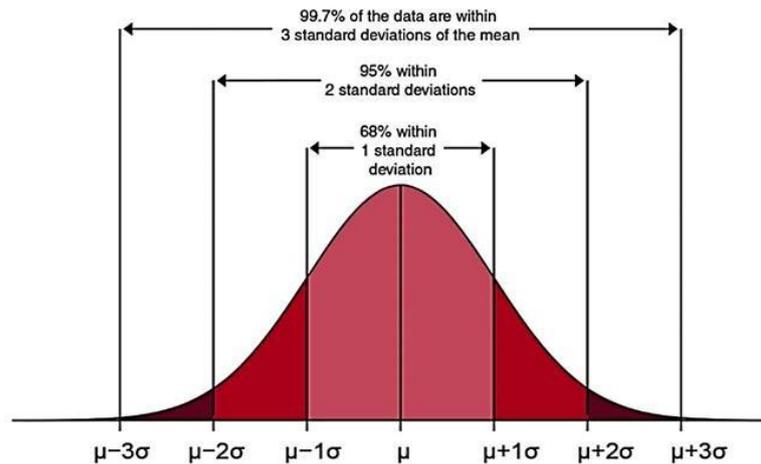
Representa los sondajes de la campaña de perforación 2023 en los que se utilizó el equipo GyroMaster, haciendo un total de 06 pozos de exploración geológica entre los meses de enero a marzo del año 2023 en Mina Ragra – Vanacorp Perú SA.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

Para la obtención de datos se usará los datos recopilados de los reportes de medición final: in (bajada) y out (subida); trabajando con 3 sigma, en el cual la desviación estándar cuando se trata de precisión no es una buena práctica citar a 1 sigma ya que no refleja la magnitud total del error de la herramienta.

Figura 15. *Desviación estándar representada en la campana de Gauss.*



Fuente: (SPT, 2019) "Claves para escoger la herramienta de medición correcta".

3.6.2. Instrumentos

Para tomar en cuenta el equipo usado en el presente estudio se propone 3 tipos de herramientas: Buscador de norte con medición continua donde los datos son de calidad y de alta definición a lo largo de la trayectoria del pozo, equipo referenciado con medición continua donde el valor de referencia es la dirección de la tubería de perforación y equipo buscador de norte con medición multishot donde a intervalos cortos mayor tiempo de medición, y mayor diferencia entre mediciones las cuales se alejan de la realidad.

Los instrumentos usados para la recolección de datos son: el equipo buscador de norte con medición continua GyroMaster y sus accesorios (Depth Counter, centralizadores, absorvedor de impacto, destorcedor, dispositivo Android), asimismo es necesario la máquina de perforación para llevar a cabo este estudio.

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

Para la recolección de datos se utilizaron instrumentos estructurados, elaborados en base a los objetivos de investigación y los indicadores de las variables. Estos instrumentos fueron sometido a una validación de contenido por juicio de expertos, aplicándose el coeficiente correspondiente, lo que evidenció una validez aceptable. Posteriormente, se aplicó una prueba piloto a una

muestra alternativa, calculándose la confiabilidad mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, obteniendo una alta consistencia interna del instrumento.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento de datos se empleó el software de escritorio del equipo de medición Spt Survey Software y Leapfrog Geo para el modelamiento de los sondajes en 3D.

La técnica de procesamiento de datos que empleamos es la de organización de datos, donde las mediciones realizadas son una representación numérica de la trayectoria cada sondaje perforado y estos datos son generados en todas las vistas por el software Spt Survey Software, calculándonos la desviación de los sondajes con respecto al planeado. Generaremos los reportes en formatos PDF y XLS, para posteriormente procesarlos con los datos del levantamiento topográfico del collar de cada sondaje finalizado; con esto se generarán las vistas en 3D de los sondajes y su variación con respecto al planeado.

La técnica que se usó en el análisis de datos es la estadística descriptiva en el cual a través del procesamiento se presenta los datos mediante tablas y gráficos, cuyas comparaciones nos representan los resultados esperados. Proyectamos estos datos tridimensionales sobre una superficie plana de un mapa para crear un conjunto bidimensional de coordenadas Este y Norte. Analizamos cual es la variación de los sondajes ejecutados con respecto al planeado en cálculo de porcentaje y metros desviados.

3.9. Tratamiento estadístico

Los resultados obtenidos se organizan en tablas y gráficos. Por esta razón, en el presente estudio se utilizará estadística descriptiva para analizar los datos en función de los parámetros del equipo, lo que facilitará el procesamiento y la interpretación de los resultados obtenidos.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

El presente estudio cumple con el adecuado comportamiento ético respetando los derechos de autor de las fuentes externas, al registrar la correspondiente cita y referencia de los trabajos y autores utilizados.

Se cumple con las normas de información, en donde los datos y resultados son precisos, así como una discusión objetiva de la importancia del trabajo realizado.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Generalidades

Ubicación y acceso

El proyecto Mina Ragra se encuentra en la sierra central del Perú, específicamente en la región Pasco, provincia de Pasco, entre los distritos de Huayllay y Tinyahuarco, en los caseríos de Lancari y Los Andes de Pucará. Está situado aproximadamente a 65 km al Oeste de la ciudad de Pasco y a 375 km al Noreste de Lima.

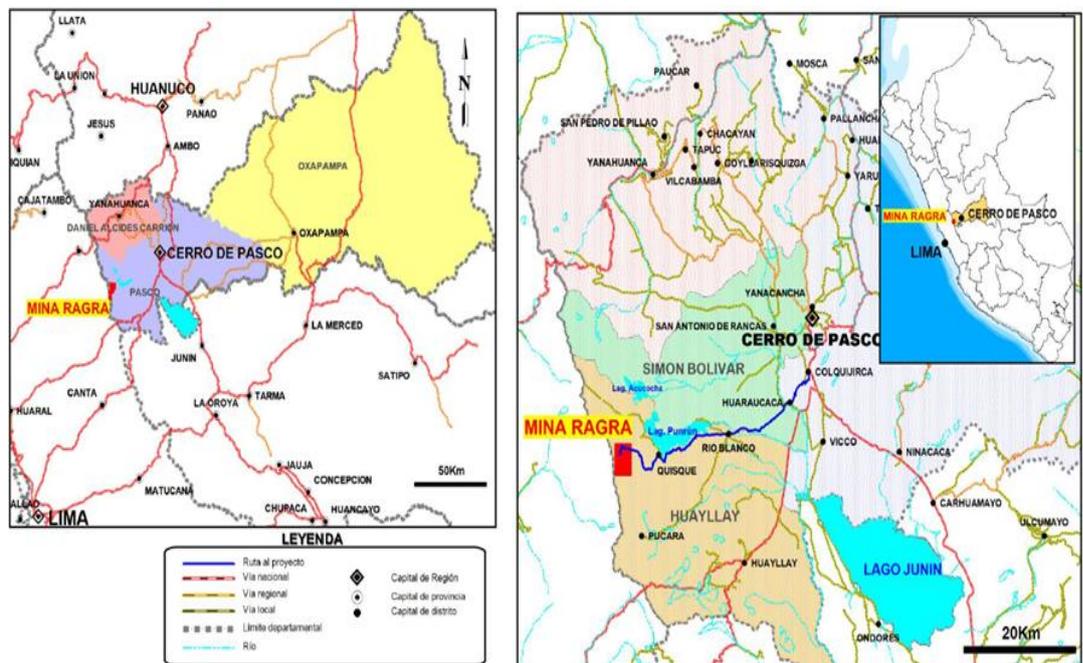
Desde un punto de vista geográfico, el proyecto se ubica en el cuadrángulo de Oyón (22-j), con coordenadas UTM de 8'798,930N y 328,150E, según el Datum WGS 84 - Zona 18 Sur, y tiene una altitud promedio de 4,725 metros sobre el nivel del mar.

Para acceder al proyecto Mina Ragra desde Lima, se toma la Carretera Central hasta el centro minero de Colquijirca, y luego se continúa por una trocha carrozable hasta llegar a la comunidad campesina de Lancari (Bañadería), donde se localiza el proyecto.

Accesibilidad al proyecto

ORIGEN - DESTINO	DISTANCIA (Km)	ESTUDIO DE LA VÍA	TIEMPO
Lima – Colquijirca (Cerro de Pasco)	310	Carretera asfaltada	7 hrs
Colquijirca – Lancari (Bañadería)	51.6	Trocha carrozable	2 hrs
Lancari - Proyecto	4.5	Carretera asfaltada	20 min

Figura 16. Plano de ubicación de Mina Ragra.



Fuente: Elaboración propia.

Fisiografía

El proyecto está ubicado en el borde entre la cordillera Occidental y la penillanura andina, cuya división es un sistema de fallamientos inversos (sobreescurrimientos) que se alinean paralelas al sistema andino, en esta zona el rasgo geomorfológico más importante es la Superficie Puna, conformada por una vasta zona de topografía suave y ondulante y la zona de cordillera conformada por los picos elevados y quebradas abruptas que caracterizan los andes centrales. Esta divisoria ha marcado claramente dos bloques geomorfológicos, el occidental representado básicamente por la línea de

cordillera y el bloque oriental definido por la penillanura andina. Las formaciones más resistentes en el bloque oriental constituyen elevaciones con alturas similares o algo menores que los picos del bloque occidental. Mientras tanto, otras formaciones, como las “Capas rojas”, crean una vasta planicie de altura constante, generalmente llamada Altiplano. En el área estudiada, esta planicie corresponde casi totalmente al afloramiento de las capas rojas terciarias. La superficie Puna, que se desarrolló al final del Mioceno, está compuesta principalmente por sedimentos cretáceos y volcánicos terciarios sobre los que se formó.

Figura 17. *Vista panorámica que muestra la fisiografía del proyecto, se muestra al fondo la Cordillera y la peneplanicie andina hacia la derecha.*



Fuente: Elaboración propia.

Clima, Vegetación y Fauna

El clima en el proyecto corresponde a la región Puna, que se encuentra a altitudes de entre 4,000 y 5,000 metros sobre el nivel del mar. Las temperaturas son frías durante todo el año, oscilando entre 3 y 5°C, y pueden descender por debajo de los cero grados centígrados especialmente entre mayo y julio. La estación lluviosa abarca de diciembre a marzo, con precipitaciones mensuales promedio que pueden llegar a entre 120 y 140 mm.

La vegetación en esta área es típica de la región Puna, predominando pajonales y pastizales naturales de gramíneas como el ichu, así como plantas

almohadilladas y bofedales. En los lagos y lagunas, se pueden observar variedades de totora y plantas acuáticas. La zona carece de terrenos cultivables.

En cuanto a la fauna, destacan los auquénidos como la alpaca, la llama y ovinos que pastan en las partes bajas de los cerros. También se encuentran zorros, vizcachas, pumas, zorrinos y el venado o taruca. Entre las aves, se observan la huallata, diversas especies de patos, la gaviota andina, perdices y otras aves no especificadas. Los ríos y lagos albergan truchas, mientras que los bofedales y lagunas son el hábitat de pequeños anfibios y reptiles. La población local se dedica principalmente al pastoreo de ovinos y auquénidos, mientras que la agricultura no está presente en esta región.

Geología

- **Marco geológico regional**

Regionalmente el proyecto Mina Ragra está ubicado entre el segmento central de la cordillera occidental de los Andes y la penillanura andina, dominado por una extensa faja de sedimentos carbonatados cretácicos y fuertemente plegados que se alinean en dirección NW-SE (formaciones Celendín y Jumasha) cubiertos por una secuencia detrítica continental de fines del Cretácico y Terciario inferior conocida como la formación Casapalca (capas rojas) y luego se tiene una secuencia volcánica terciaria consistente de lavas andesíticas y piroclásticos, toda esta secuencia está cortada por numerosos diques de composición diorítica, dacítica y algunos diques ultrabásicos que corresponderían al magmatismo bimodal terciario relacionado al ciclo de deformación del geosinclinal andino post batolito.

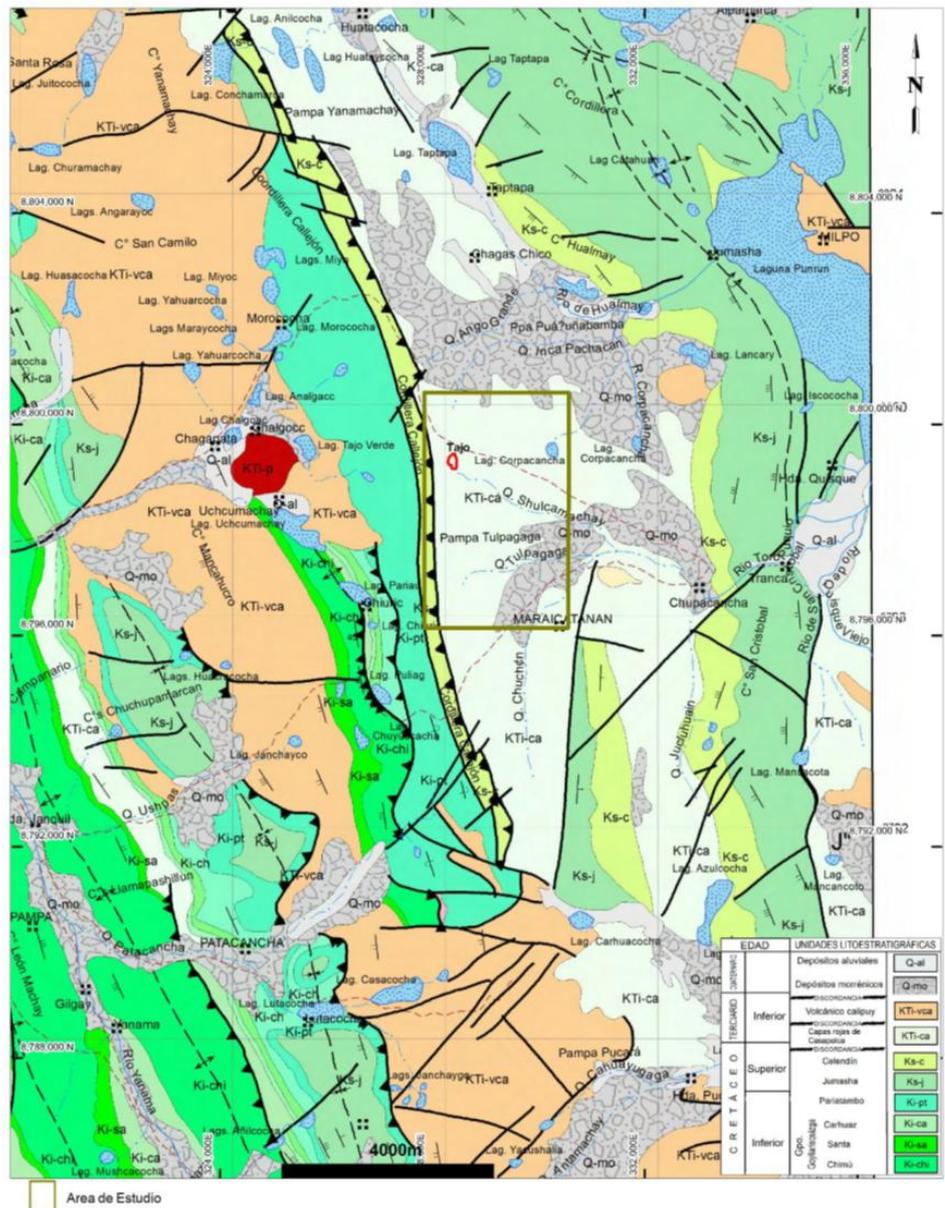
El rasgo estructural más relevante en la zona es una zona de sobrescurrimientos entre los que destaca el sobrescurrimiento de la

cordillera Callejón de alcance regional y que es paralelo al sistema de Fallas longitudinales regionales conocida como Cerro de Pasco – Ayacucho que expone los sedimentos cretácicos por encima de las capas rojas. Este sobre escurrimiento origina una línea de montaña conocida como la Cordillera Callejón, y que tiene una elongación NW-SE, estas estructuras fueron desarrolladas durante la fase Incaica de la tectónica andina (Eoceno) y que ha dividido la zona en dos bloques estructurales, en el flanco Este se sitúa la penillanura andina una extensa meseta conformada por sedimentos continentales cretácicos producidos durante una fase erosiva intensa que al terminar el levantamiento andino descansan en discordancia sobre los sedimentos cretácicos moderadamente plegados y hacia el Oeste se tiene la subcuenca cretácica en donde se tiene casi completo el ciclo sedimentario del cretáceo y donde se pone de manifiesto también la mayor intensidad de los esfuerzos compresivos ocasionando numerosas fases de plegamiento.

Metalogeneticamente el proyecto está ubicado en la franja mesozoica de los andes centrales donde también ocurren yacimientos epitermales de Au-Ag (colquijirca, san Gregorio) y polimetálicos de Pb-Zn- (Ag) (Milpo, Atacocha, Cerro de Pasco). El corredor estructural formado por las Fallas Cerro de Pasco – Ayacucho (al Este) y La Oroya – Huancavelica (al Oeste) de orientación andina NW-SE controlan de alguna manera las ocurrencias de mineralización en esta zona, donde el sobrescurrimiento Callejón es una de las estructuras principales que se formaron producto de los esfuerzos compresivos de gran magnitud que marcaron la tectónica en esta zona, y que luego al

disminuir estos o tener lapsos de relativa tranquilidad originan las fallas transversales o tangenciales que representan los conductos que permitieron el emplazamiento de soluciones mineralizantes en el proyecto Mina Ragra.

Figura 18. Geología Regional Mina Ragra.



Fuente: VANACORP PERU SA

- **Zona de fallamiento en bloques**

Estructuralmente el proyecto Mina Ragra está emplazado en el bloque estructural de los andes centrales del Perú conocida como

Zona de Fallamiento en bloques (J. Cobbing, 1973). La característica principal de esta zona es la presencia de un borde de ruptura y de acortamiento vertical representado por fallamientos inversos y sobreescurrecimientos que limitan esta zona al Oeste, mientras que hacia el Este se tiene una secuencia de sinclinales y anticlinales en sedimentos mesozoicos con buzamientos más suaves. Existe una transición abrupta en el estilo estructural a lo largo de la Divisoria Continental. Un área caracterizada por grandes pliegues recostados y cabalgamientos hacia el Este cambia súbitamente a una región de plegamientos suaves y cuencas amplias y planas. Un elevado número de fallas inversas de alto ángulo en esta región corrobora esta interpretación. Además, algunos de los pliegues más grandes están asociados con fallas, el ejemplo más claro de un pliegue fallado es la estructura compleja del lago Punrun, donde debido a una gran falla inversa de alto ángulo (cordillera Callejón), las calizas Jumasha están sobre las capas rojas de la formación Casapalca (Cobbing, 1973). En las calizas existe el eje de un anticlinal recostado que desaparece con la falla. El flanco occidental del anticlinal es relativamente ancho y plano. Tales pliegues asimétricos con sus flancos orientales muy inclinados o invertidos y sus flancos occidentales amplios, están también representados por los anticlinales Uchucchagua y Raura.

Con cierta seguridad, se puede afirmar que los pliegues en esta zona están generalmente asociados a fallas. Los anticlinales de Raura y Uchucchagua son estructuras relativamente sencillas en forma de cúpula, cuyos ejes se sitúan próximos al borde oriental. Sus flancos occidentales buzan por debajo del frente de

cabalgamiento de la zona de pliegues y cabalgamientos regional, mostrando imbricación a pequeña escala vinculada a este frente. En marcado contraste, la estructura de Punrun (ver Fig. 2.2) es muy compleja, conectando e incluso fusionándose en parte con el anticlinal Uchucchagua. La porción Sur de Punrun comprende un anticlinal recostado asociado a una falla inversa de alto ángulo, ambos orientados inicialmente hacia el Norte. Sin embargo, en el área del lago Punrun, hay un cambio abrupto de dirección, con el pliegue y la falla adoptando una orientación de 330° , lo que genera un amplio afloramiento de calizas. Al Este de Punrun, dos anticlinales y un sinclinal continúan con la dirección de 330° hasta el cierre de la estructura en la caliza. La parte Suroriental de esta estructura está fallada, mientras que la Suroccidental permanece sin fallar. Adicionalmente, un anticlinal con orientación de 300° es interceptado por un sinclinal transversal de 80° con una peculiar morfología en forma de caja. Al Norte de este sinclinal transversal, se observa un anticlinal bien definido de eje curvo, desde cuyos flancos se desprenden numerosos pliegues con buzamiento a ángulos rectos, uno de los cuales conforma el anticlinal Uchucchagua. La estructura se vuelve progresivamente más compleja hacia su borde occidental, debido a la imbricación asociada a su proximidad a las estructuras de la zona de pliegues y cabalgamientos regional.

Las causas de este complejo plegamiento cruzado no se comprenden completamente en la actualidad. No obstante, es plausible sugerir que los pliegues se originan principalmente por la acción de movimientos de la cobertura a lo largo de fallas que se

cruzan con diferentes orientaciones (360°, 330°, 300° y 80°). Al Noreste de la estructura Punrun, se encuentran un par de domos elongados (stocks) alineados. Una falla significativa bordea el flanco occidental del domo más septentrional, planteándose la hipótesis de que esta falla podría ser una continuación de la que delimita el borde oriental de la estructura Punrun. En la esquina Noreste del área, una falla mayor con rumbo de 330° es responsable de generar una gran cantidad de pliegues apretados en los sedimentos cretáceos y en las Capas Rojas.

Aunque las fallas cruzadas son grandes y significativas a nivel local, no se consideran representativas de esta zona a gran escala. Se postula que las fallas principales con orientación andina afectan al basamento. Siendo muy difícil distinguir entre fallas inversas de alto ángulo que se originan en el basamento y aquellas que solo se desarrollan en la cobertura por encima de la superficie de despegue basal, no hay razón para pensar que fallas similares a las del basamento no estén presentes en la zona de pliegues y cabalgamientos. Sin embargo, la alineación de fuentes termales y zonas de mineralización sugiere fuertemente que el fallamiento del basamento, de hecho, sí ha logrado penetrar en la cobertura rocosa.

Fallas

Las fallas pueden ser clasificadas en:

- a. Fallas paralelas a la orientación andina; y
- b. Fallas transversales

Las fallas con dirección andina se encuentran principalmente en el extremo occidental de la zona de fallamiento en bloques (zona de sobrecurrimiento). Estas fallas afectan al basamento, el cual está

cerca de la superficie con una cobertura de plataforma relativamente delgada. Estas fallas han controlado la sedimentación a través de gran parte del Mesozoico y posiblemente desde antes, la evolución dinámica de estas fallas indica que tuvieron cambios en la dirección de esfuerzos, actuando al principio como fallas normales, y luego variando a movimientos inversos, hasta lo que conocemos actualmente como sobreescurrecimientos de alto ángulo. La dirección de compresión es de 245° - 65° esto es, aproximadamente de Suroeste a Noreste y está de acuerdo con la orientación de estas fallas inversas de alto ángulo.

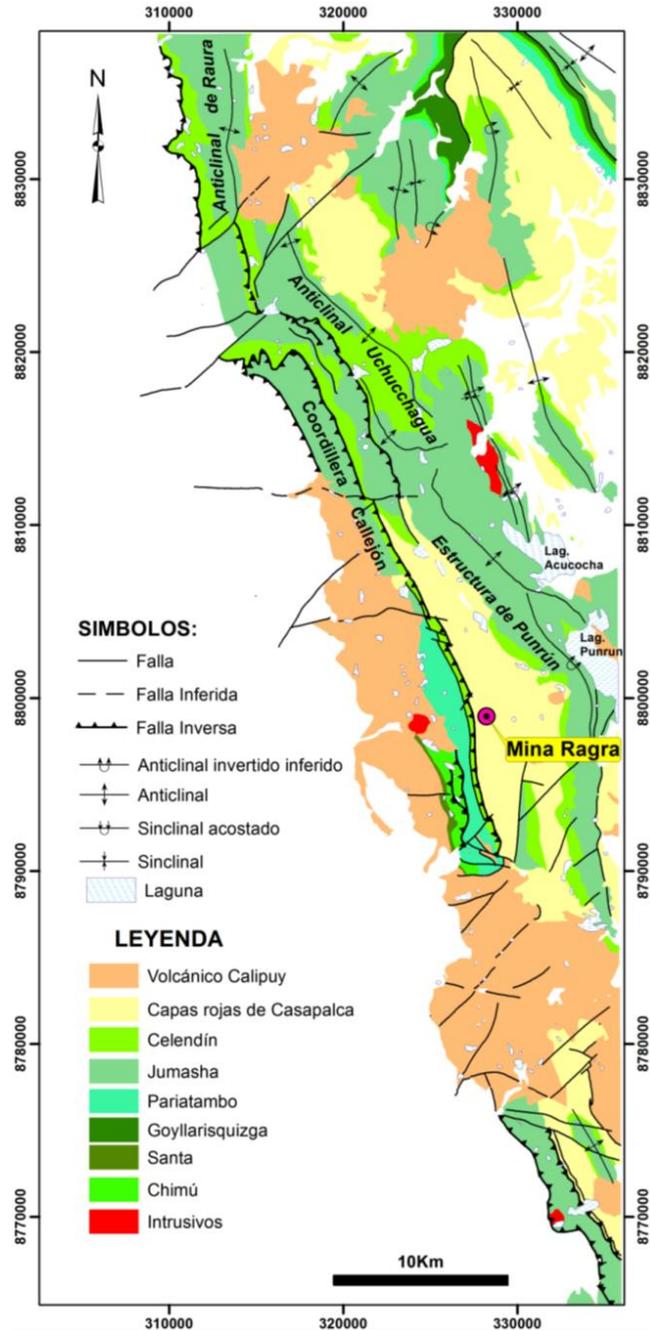
En la zona de pliegues y sobreescurrecimientos muchas de las fallas que siguen esta dirección son deslizamientos asociados con el desarrollo de pliegues con despegamiento. Indudablemente existen fallas en el basamento, pero éstas son difíciles de distinguir de las fallas asociadas al plegamiento.

Aunque las fallas en esta dirección no son tan abundantes como las fallas transversales, probablemente son más importantes debido a que pueden estar relacionadas a muchas etapas del desarrollo de los Andes en el Mesozoico. Las fallas transversales tienen una orientación máxima de 300° - 310° y otras de 40° - 50° . Este patrón está de acuerdo con un sistema de fallas de desplazamiento de rumbo que se desarrolla como resultado de una compresión horizontal orientada de 265° a 85° .

La figura en general es de una compresión horizontal de Suroeste a Noreste que actuó durante un período muy largo y que pudo ser intermitente. Este esfuerzo compresivo fue el que produjo las fallas inversas de alto ángulo y también fue la principal responsable del desarrollo de zonas plegadas a lo largo de la dirección andina.

Posiblemente existieron ligeros cambios en la orientación de la dirección de compresión, lo cual podría explicar las irregularidades en la distribución de las fallas de desplazamiento horizontal.

Figura 19. Interpretación estructural del distrito: zona fallamiento en bloques.



Fuente: VANACORP PERU SA.

Marco geológico local

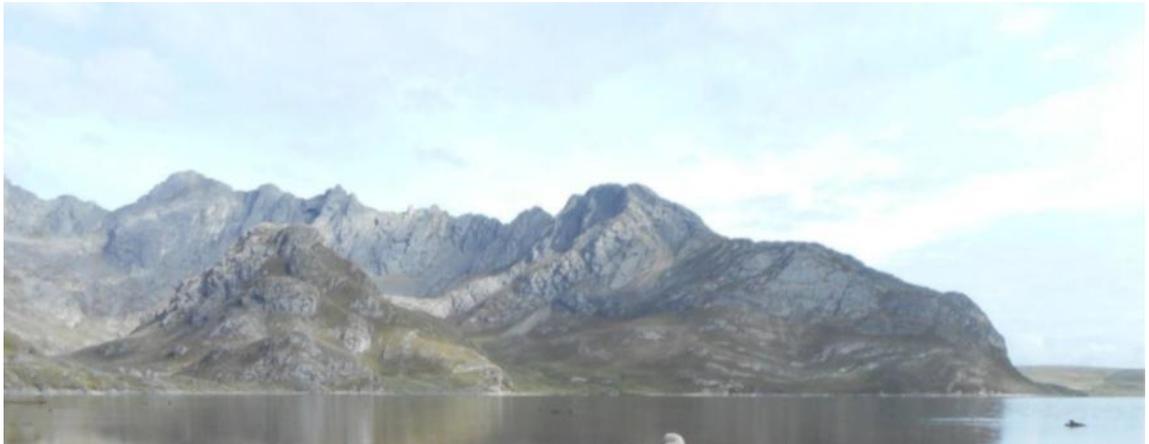
La geología del área de estudio está conformada por una gruesa secuencia de rocas mesozoicas cretácicas representadas desde la base por una gruesa secuencia de calizas de la formación Jumasha, continuando luego con una secuencia margosa de la formación Celendín, luego en evidente discordancia erosional se tiene areniscas y lutitas margosas de la formación Casapalca. Toda esta secuencia aparece cortada por numerosos diques y cuerpos subvolcanicos de composición variada, predominando los diques dioríticos, dacíticos y dioritas horblendicas que corresponderían a fases magmáticas eocénicas.

- **Lito estratigrafía**

Formación Jumasha:

Aflora hacia el Este del proyecto en los alrededores de la laguna Punrun y está constituida por calizas masivas gris claras en superficie intemperizada a gris azuladas en fractura fresca, intercalada con delgados horizontes de dolomitas y lutitas en la base. En la zona intermedia puede presentar una secuencia delgada de margas que se considera un horizonte guía (sucesión Marcadora). Se observa fuertemente plegada formando sinclinales y anticlinales volcados y fallados, el contacto con la formación Celendín es gradacional variando el espesor de los bancos e incrementándose los niveles margosos. Se le asigna una edad entre el Turoniano y Coniciano (cretáceo Superior). No se registró en los sondajes.

Figura 20. Afloramiento de la formación Jumasha en los alrededores de la laguna Punrun, nótese los estratos fuertemente plegados



Fuente: Elaboración propia.

Formación Celendín:

Sobreyaciendo a la formación Jumasha casi concordantemente. Litológicamente está constituida por una secuencia carbonatada con intercalaciones de calizas y calizas margosas en estratos delgados de color gris y pardo. Sus afloramientos más conspicuos se encuentran hacia el Oeste del proyecto en la zona de la cordillera Callejón, se encuentra sobreyaciendo a las capas rojas de la formación Casapalca en un claro sobreescorrimento que corre subparalelo al sistema andino NW-SE. La formación Celendín presenta una variedad de fósiles, como los ammonites (Wilson, 1963) y permiten atribuirle una edad comprendida entre el Coniaciano y el Santoniano (cretáceo superior). No se registraron en los sondajes.

Figura 21. Afloramiento de la formación Celendín, se observa una intercalación de calizas y margas en contacto con las capas rojas de la Fm Casapalca, formando el sobrecurrimiento Callejón



Fuente: Elaboración propia.

Formación Casapalca:

En el proyecto aflora en los alrededores del tajo de Mina Ragra, su contacto hacia el Oeste con la formación Celendín es a través del sobrecurrimiento Callejón, y hacia el Este forma un flanco de un homoclinal echado. Litológicamente consiste de limolitas margosas de colores rojo y verde, hacia la parte superior se aprecia intercalados con delgados horizontes de areniscas y margas. En los sondajes se aprecian limolitas margosas bastante friables de color rojizo por la presencia de $OxFe$ y algunos tramos verdosos (ausencia de oxidación) con presencia de pirita fina diseminada. Intercalado con las lutitas margosas ocurren horizontes de lutitas arbonosas con presencia de asfaltitas (lignitos ricos en vanadio) y diseminación de carbon y sulfuros como la pirita y patronita como trazas, también se aprecia numerosas vetillas de yeso (anhidrita) que cortan esta unidad. Se ha definido esta zona como el horizonte prospectivo y se le ha asignado una edad post-Santoniano más antigua que la del volcánico Calipuy; esta formación es equivalente de la formación Chota del Norte del Perú, a la cual Wilson (1967) le ha asignado una edad Campaniana.

Figura 22. Afloramiento de la formación Casapalca, se observa un flanco del tajo de Mina Ragra, se observa una gruesa secuencia de capas rojas (limolitas margosas) cortadas por diques dacíticos.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 23. Afloramiento de la formación Casapalca, en el tajo de mina Ragra, intercalada se observa una zona de lutitas carbonosas con finos horizontes de asfaltitas que es la zona prospectiva por vanadio.



Fuente: Elaboración propia.

Depósitos morrénicos (Q - mo):

Se observa al Este del tajo Mina Ragra, y al pie de la línea de montaña, se presenta como afloramientos irregulares de morrenas laterales cuyo espesor varía de 0.5m a 2.0m. Litológicamente está conformado por fragmentos angulosos de calizas en una matriz areno arcillosa.

Depósitos aluviales y coluviales (Q - al):

Forman parte del material acumulado en las quebradas y valles, y las escombreras que se forman al pie de los cerros (foto 2.6). Son conglomerados heterolíticos conformados por fragmentos de diferente composición, en una matriz areno-arcillosa.

Figura 24. Afloramiento de material coluvial al pie de la Cordillera Callejón



Fuente: Elaboración propia.

Rocas Intrusivas:

En la zona de estudio se han reconocido diversos diques intrusivos que cortan la secuencia sedimentaria, esto corroboraría la ocurrencia de una fase de magmatismo bimodal post batolito. En el área se han reconocido hasta 4 tipos de diques intrusivos que podría indicarnos la ocurrencia de

fallas que estuvieron activas durante el terciario temprano asociado con la cercanía a algún centro magmático.

Diques de Dacita Porfirítica:

Ocurren cortando la secuencia sedimentaria y son transversales a la sedimentación, presentan inflexiones, cambios de rumbo y segmentaciones debido a que han sido sometidos a distintas direcciones de esfuerzos y cortadas por fallamientos posteriores, presentan anchos variables desde 5 hasta 20m. En el mapeo se han reconocido rumbos entre N50E, N30W, S80W y N80W y subverticales (foto 2.7). Mineralógicamente están constituidos por plagioclasas y feldespatos en una pasta vítrea, granos de cuarzo subredondeados y biotitas con algunos minerales máficos, ocasionalmente presentan alteración supérgena, con una débil oxidación, la alteración hidrotermal es ausente por lo que se asume que son post mineral. En los sondajes ocurren cortando las lutitas margosas y sus contactos son cortantes y no muestran un grado de alteración por lo que se presume que se trataría de intrusivos anhidros.

Figura 25. Afloramiento de los diques dacíticos, nótese al lado izquierdo se aprecia alteración supérgena mientras que a la derecha están casi inalterados.



Fuente: Elaboración propia.

Diques de Diorita:

Ocurren alineados al Este del tajo de Mina Ragra, presentan una dirección N10W, con potencias entre 1 a 5m. Mineralógicamente están conformados por plagioclasas, oligoclasas, minerales máficos como hornblendas y biotitas. En los sondajes se presentan alterados por lo que se presume que son premineral o singenéticos, presentan una débil alteración propílica conformada por pirita, cloritas y calcita, son algo concordantes con la estratificación, a manera de sills.

Figura 26. *Dique diorítico cortado en los sondajes de exploración, se muestran prácticamente prístinos y débil fracturamiento.*

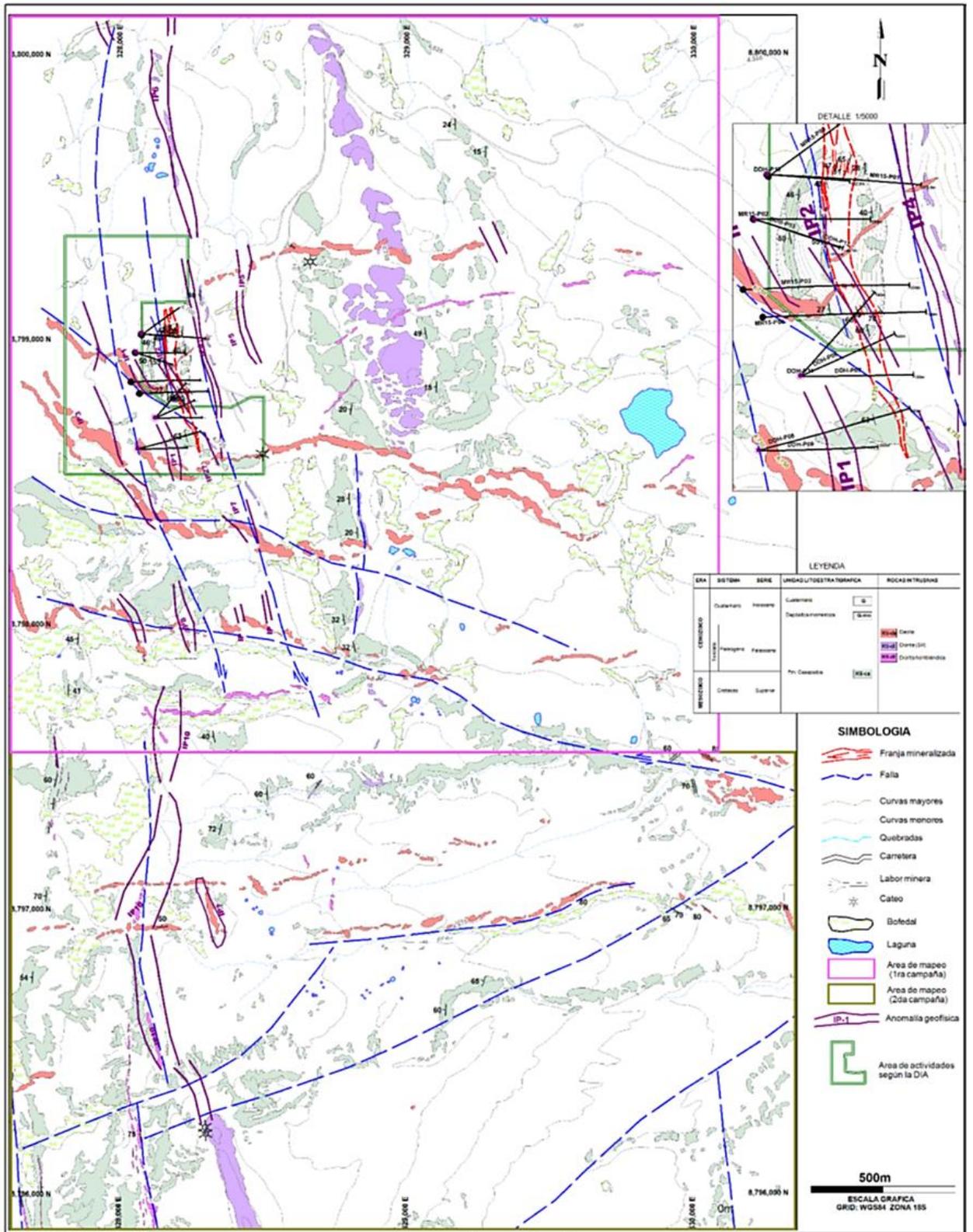


Fuente: Elaboración propia.

Diques de andesita Horbléndica

Ocurre hacia el Este del tajo de Mina Ragra, se presentan como afloramientos discontinuos con una orientación de variable entre N45E y N75E, y un ancho promedio de 6-10m. mineralógicamente está compuesto por oligoclasas, andesinas, biotitas, y bastones de horblendas en una matriz feldespática volcánica. Por lo general se presentan inalteradas y no se han registrado en los sondajes.

Figura 27. Plano geológico local proyecto Mina Ragra.



Fuente: VANACORP PERU SA.

Figura 28. Columna Estratigráfica del Proyecto Mina Ragra

ERA	UNID ESTRAT	ESPESOR m	LITOLOGIA	DESCRIPCION	MINA RAGRA	FOTOGRAFIAS	
CRETACICO	CRETACEO SUPERIOR TERCIARIO INFERIOR	300m		Lavas andesíticas y piroclásticas			
				Discordancia			
	CRETACEO SUPERIOR TERCIARIO INFERIOR	1000m		Consta de lutitas rojas y calizas pizarrosas, con estratos delgados de conglomerado y caliza	Lutitas margosa de color rojo y gris verdoso, con vetillas de carbón, yeso y vanadio. Diques de composición dacítica y diorítica.		
		200m		Intercalación de lutitas con intercalaciones de caliza	Calizas margas y gris oscuro		
	CRETACEO SUPERIOR	600m		Caliza masiva, consta de calizas claras Aflora en los acantilados de Jumasha de la laguna de Punrun	Calizas y margas fuertemente plegadas		
	CRETACEO INFERIOR	FORMACIÓN PARIATAMBO	100m		Margas y Calizas		
		FORMACIÓN OHULEC	100m		Margas amarillas intemperizadas y Calizas		
		FORMACIÓN GOYLLARISQUIZGA	500m		Areniscas y lutitas		

Fuente: VANACORP PERU SA.

Marco Estructural local

Estructuralmente el proyecto se encuentra en zona de fallamiento en bloques, dentro de la estructura de la tectónica andina de los andes centrales. Está representado básicamente por una serie de estructuras de sobrecorrimiento evidencian la magnitud de los esfuerzos de compresión a que fueron sometidas estas rocas durante la fase incaica del tectonismo andino. En el área del proyecto se han evidenciado algunos rasgos importantes que describimos a continuación:

Sistema N-S y NNE-SSW y NNW-SSE:

Son fracturas y fallas de movimiento inverso y dextral y son subparalelas al sistema andino y a la zona de sobrecorrimiento distrital que limita el margen occidental de la zona de fallamiento en bloques. Algunas de estas fallas siguen la dirección de algunos diques y también están controlando el emplazamiento de la mineralización. Esto es evidente ya que la zona mineralizada está alineada justo en su eje por una falla de este sistema y que incluso desplaza a los diques, lo que indicaría además que tuvo varias fases con reactivaciones. Los ejes de plegamiento también están definidos por este sistema presentando pliegues con buzamientos suaves y moderados (de 20-45°). Este sistema estructural podría ser la clave para prospectar por cuerpos similares a Mina Ragra soterrados y cercanos a este, entendiendo la mecánica del emplazamiento y la génesis del yacimiento, inclusive las anomalías geofísicas (IP10) presentan elongaciones definidas en este sistema.

Sistema E-W N50-60W:

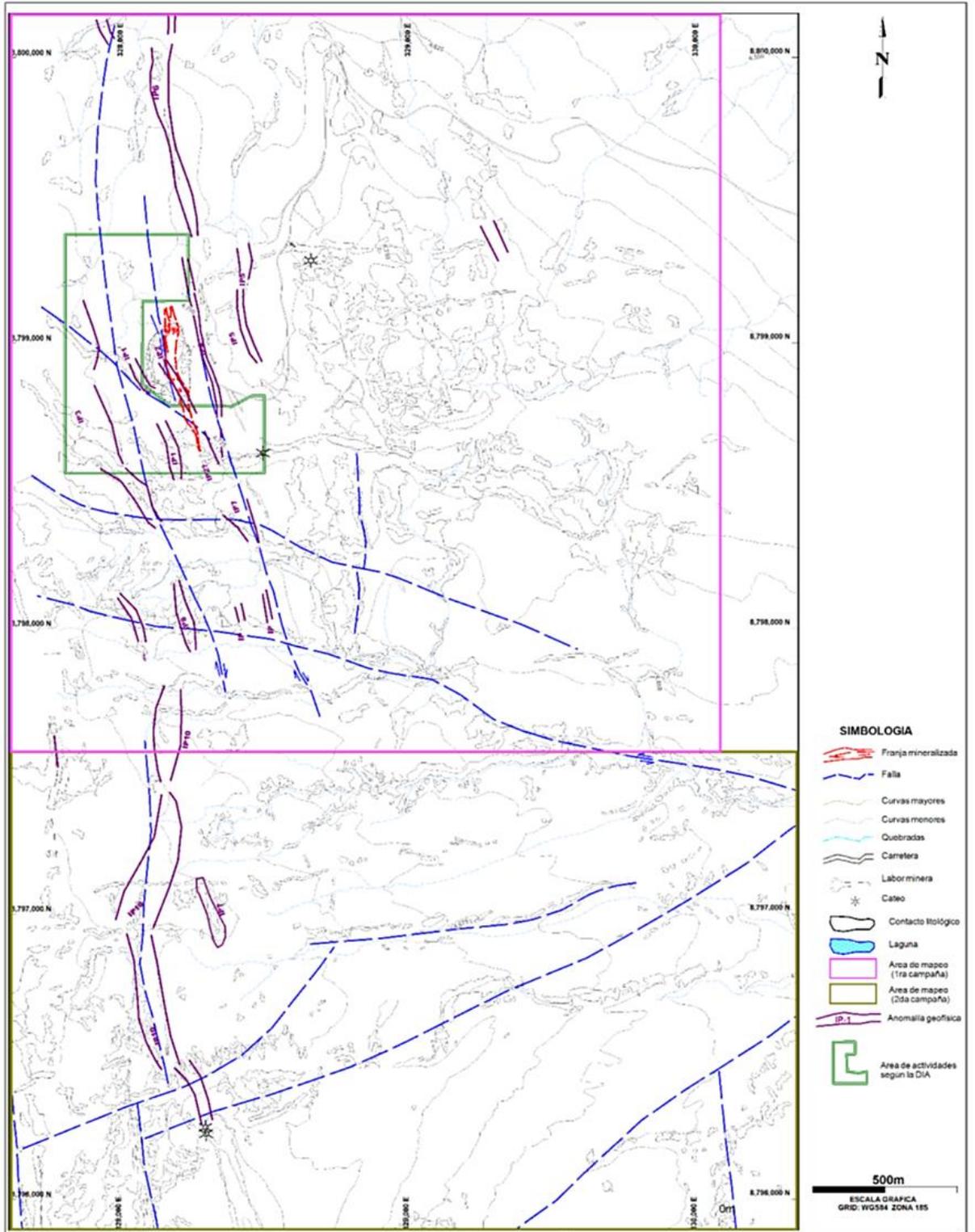
Este sistema de fallas transversales al sistema principal son fracturas de desgarre o de cizalla, producidas durante el desarrollo de los esfuerzos compresivos, y durante ligeros cambios en la dirección de esfuerzos. En la zona están representadas por el emplazamiento de diques y algunos sistemas de

fracturas evidenciados en los sondajes. En la zona no se tiene evidencias que estén relacionados con alguna fase de mineralización.

Sistema N40-45E:

Son fracturas transcurrentes con ligero movimientos gravitacionales, producidos durante el reacomodo y disminución de los esfuerzos compresivos principales. En el área de estudio está representado por los diques andesíticos tardíos, que no representan mayor interés prospectivo en el área.

Figura 29. Mapa Geológico-Estructural proyecto Mina Ragra



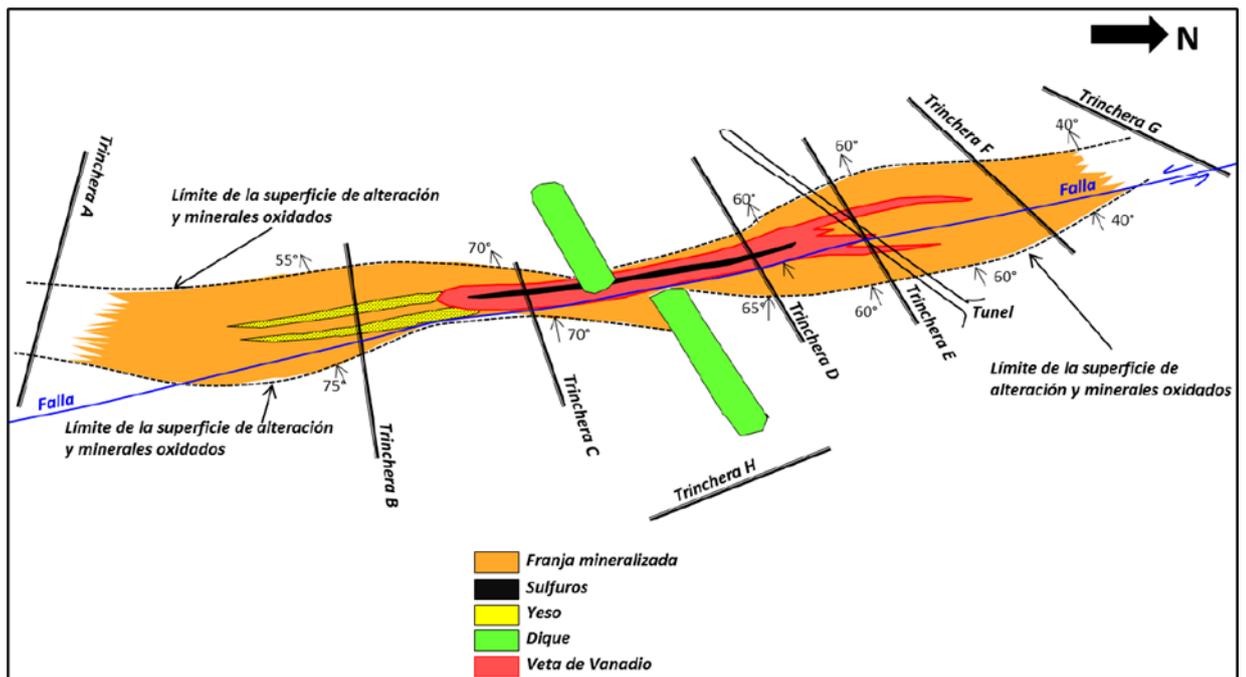
Fuente: VANACORP PERU SA.

Descripción del yacimiento

- Mineralización

La mineralización en el proyecto Mina Ragra está constituida por una estructura principal de sulfuro de vanadio, carbón y asfaltita emplazada en una zona de falla en medio de lutitas margosas y carbonosas de la formación Casapalca, esta estructura ha sido explotada antiguamente y de la cual solo quedan algunos vestigios. De los informes antiguos se desprende que la veta principal tenía una dimensión de 170m de longitud, 30m de ancho y una profundidad de 60m.

Figura 30. Mapa Geológico de la antigua Mina Ragra.



Fuente: VANACORP PERU SA.

Actualmente con los trabajos recientes se ha evidenciado una zona mineralizada de mantos paralelos (evidenciado por sondajes y afloramientos en superficie) conformadas por asfaltitas, quisqueítas (variedad de carbón sulfurado), sulfuro de vanadio (patronita) y óxidos de vanadio que en profundidad se presentan como finas

venillas en la mena y como ganga múltiples venillas irregulares de yeso y pirita fina diseminada. Todas estas venillas se encuentran dispuestas en forma subparalela a la estratificación presentando una orientación de N-S variando a casi N60W y un plunge de 40-50° al W. De los estudios microscópicos podemos deducir también que existe trazas de molibdenita asociada a la mena, óxidos de vanadio (oxyvanita), vanadatos, sulfatos de níquel (retgersita) y calcopirita. Presentandose una paragénesis preliminar elaborada en base a la información de los estudios microscópicos y trabajos de campo.

Figura 31. *Muestra conformada por carbón (lignito) con trazas de oxidos de vanadio, calcosina y calcopirita. Untuosa al tacto.*



Fuente: VANACORP PERU SA.

Alteración Hidrotermal

No se observa una zona dominante de alteración hidrotermal, aunque se ha observado una delgada aureola de unos 0.5 a 2m de ancho alrededor de la estructura principal y las venillas de carbón y sulfuros conformada por minerales de alteración hidrotermal evidenciando trazas de sericitización, argilización y

una débil silicificación. En los diques dioríticos se aprecia una evidente propilitización acompañada de sericitización, argilización y oxidación supérgena.

Argilización intermedia:

Se manifiesta por la escasa presencia de minerales arcillosos en la matriz de las rocas pelíticas, conformadas por montmorillonita, illitas, cloritas y anhidrita (yeso) como venillas. No se observa una aureola definida por este tipo de alteración, aunque sin embargo en la zona de diques dioríticos se observa una aureola definida por minerales arcillosos y óxidos de Fe lo que indicaría que la mineralización fue posterior al emplazamiento de estas rocas. En los sondajes se aprecia un fuerte incremento de minerales arcillosos sobre todo en la zona de fallas y fracturamiento.

Figura 32. Sondaje P-03. Se observa una zona de falla con intenso desarrollo de minerales arcillosos.

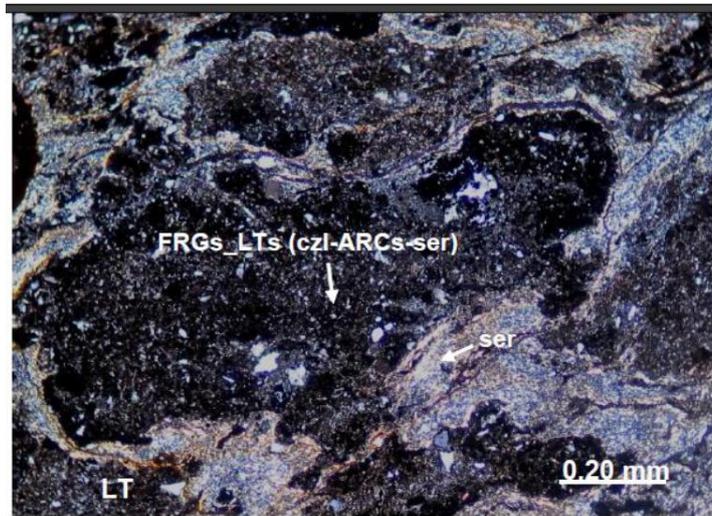


Fuente: VANACORP PERU SA.

Sericitización:

Está definida por la presencia de Sericita principalmente en los diques dioríticos y las zonas de contacto. En los sondajes se aprecia remplazando sobre todo plagioclasas y feldespatos y también en las zonas de falla. No se ha definido una zona con predominio de Sericita.

Figura 33. Microscopia de una muestra de superficie se observa desarrollo de cuarzo I, sericita y Arcillas

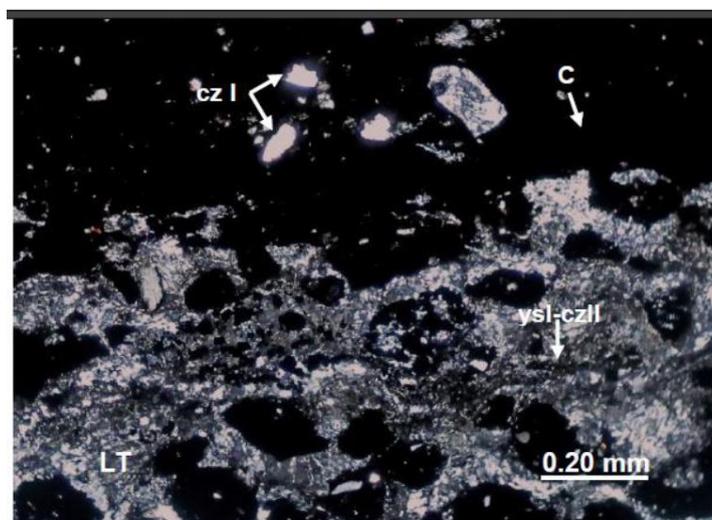


Fuente: VANACORP PERU SA.

Silicificación:

Evidenciado sobre todo en la microscopia por la generación de cuarzo II y III. Se observa principalmente asociado al carbón y como micro venillas solo distinguible al microscopio. En los sondajes se ha observado algunas débiles manifestaciones de sílice calcedonica en los contactos de los diques dacíticos con las rocas pelíticas de la formación Casapalca.

Figura 34. Microscopia de una muestra de superficie se observa desarrollo de cuarzo II y Cuarzo III en carbón.



Fuente: VANACORP PERU SA.

Propilitización:

Es evidente sobre todo en las aureolas de contacto de los diques dioríticos con las rocas encajantes y en las cercanías de zonas mineralizadas. Esta caracterizado por la ocurrencia de cloritas remplazando máficos, pirita remplazando la magnetita y calcita.

Figura 35. Sondaje P-02, dique diorítico propilitizado, se observa cloritas, pirita y calcita.



Fuente: VANACORP PERU SA.

Figura 36. Paragénesis preliminar para el proyecto Mina Ragra (según estudios minerográficos BISA, 2015, 2016 e información existente).

	fase sedimentaria	tectonismo	hidrotermalismo	supergena
pirita	██████████		██████████	
carbon	██████████			
asfaltita		██████████		
patronita			██████████	
sulfuros de Ni			██████████	
oxidos de vanadio y vanadatos				██████████
molibdenita			██████████	
marcasita			██████████	
calcopirita			██████████	
azufre nativo			██████████	
anhidrita			██████████	
Limonitas				██████████
hematitas				██████████
calcosina				██████████
electrum				██████████

Fuente: VANACORP PERU SA.

Tipo de Depósito

La mineralización en el proyecto Mina Ragra es compleja y a la luz de las investigaciones desarrolladas sobre todo por Wilson, Hernández y Hewett, se trataría en un principio de un yacimiento sedimentario epigenético de carbón, el cual luego por tectonismo ha sido transformado a asfaltitas, las cuales migran y son redepositadas a través de fracturas y fallas como un proceso diapírico en rocas de la formación Casapalca y finalmente por un proceso de coquificación con aporte de azufre se formó un cuerpo de patronita (sulfuro de vanadio) y asfaltita (quisqueíta) en forma de filones y cuerpos elongados como relleno.

Exploración

Los trabajos de exploración desarrollados durante el 2015, 2016 2022 y 2023 consistieron de cartografiado geológico superficial a escala 1:5,000, muestreo superficial de rocas mediante canales, muestreo de suelos, geofísica IP, estudios microscópicos y sondajes diamantinos.

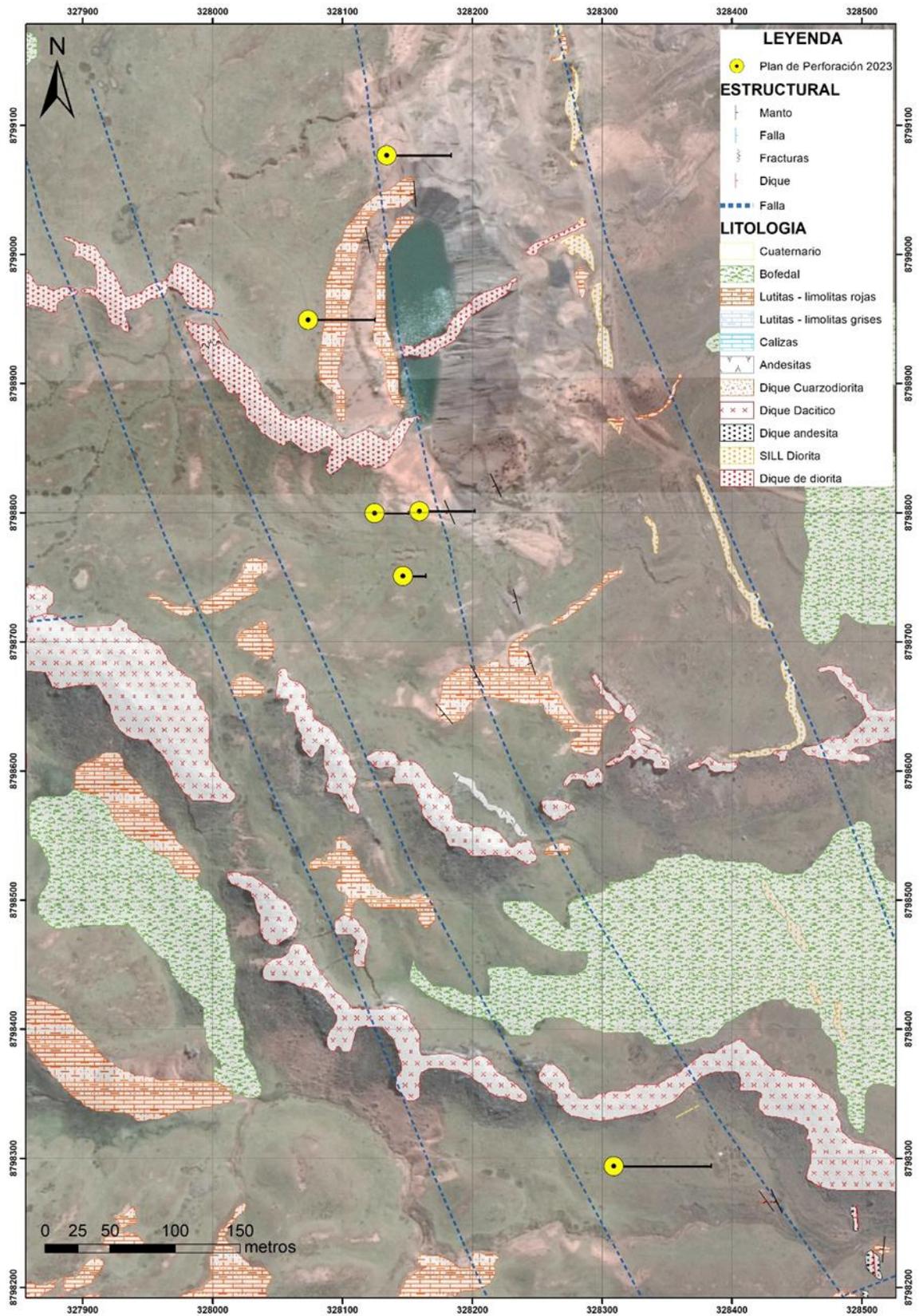
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Plan de Perforación

Los sondajes que se tomarán en cuenta para el presente estudio serán los 6 pozos exploratorios de la campaña de perforación 2023 con una profundidad máxima de 150 metros perforados.

- DDHMR2343 – 149.60 metros
- DDHMR2344 – 150.00 metros
- DDHMR2345 – 100.40 metros
- DDHMR2346 – 60.00 metros
- DDHMR2347 – 70.00 metros
- DDHMR2348 – 150.00 metros

Figura 37. Plan de perforación de Mina Ragra – Campaña 2023.



Fuente: Elaboración propia.

Plan de perforación 2023

A continuación, se muestra los datos planeados (Dip y Azimut) para la campaña de perforación 2023:

- DDHMR2343
 - Azimut: 90°
 - Dip: -80°
- DDHMR2344
 - Azimut: 90°
 - Dip: -70°
- DDHMR2345
 - Azimut: 90°
 - Dip: -80°
- DDHMR2346
 - Azimut: 90°
 - Dip: -45°
- DDHMR2347
 - Azimut: 90°
 - Dip: -45°
- DDHMR2348
 - Azimut: 90°
 - Dip: -60°

Elección del equipo de medición de trayectoria

Se destaca la importancia de la precisión en las herramientas de medición de pozos para la minería, un punto a menudo subestimado (como evidencia una comparación anterior). Los datos exactos son cruciales para la correcta localización tridimensional del núcleo. Pequeños errores de precisión pueden llevar a errores en la estimación de reservas, con serias implicaciones

para la planificación minera, incluyendo la posibilidad de que el mineral sea mal identificado como estéril por una ubicación imprecisa. Un desafío técnico adicional, a menudo no considerado por los giroscopios de medición, es que la dirección de la sonda no es la misma si la medición se toma desde dentro o fuera de la tubería. Para mejorar la fiabilidad, se buscan soluciones que van desde reportes protegidos contra edición hasta procesos automatizados que reducen el error humano.

Giroscopios *Magnéticos*

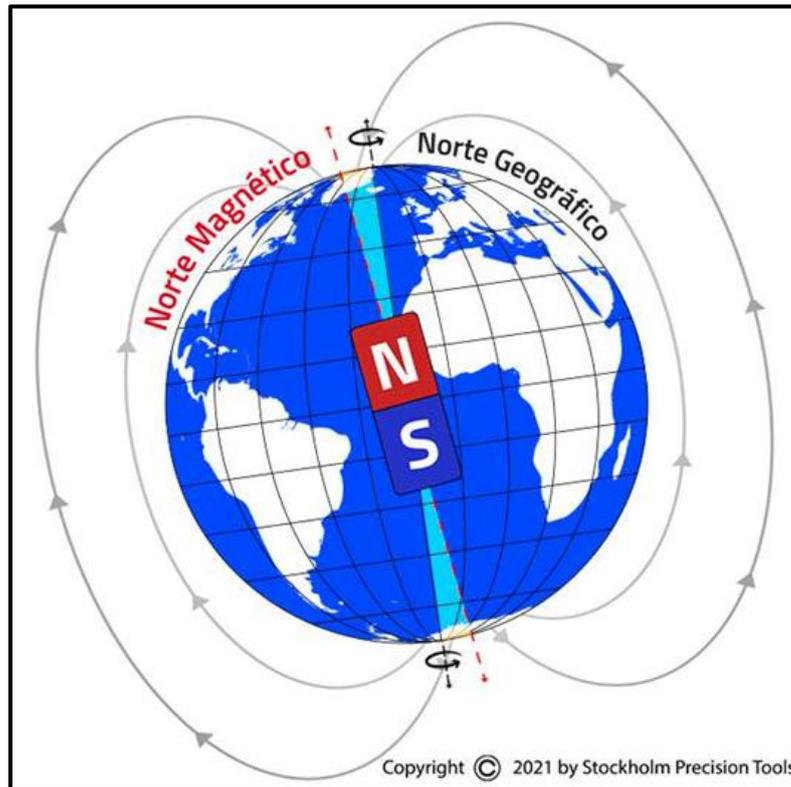
Antigua pero confiable bajo un ambiente sin interferencia magnética; esa es la mejor manera de describir este tipo de herramienta. A pesar de ello, su tecnología está muy desactualizada en ciertas aplicaciones, pues, aunque inicialmente puede generar cierto ahorro, la pérdida de dinero será luego mucho mayor al evaluar el valor potencial de un proyecto y el tiempo que se dedica en obtener resultados. En ambientes libres de magnetismo o en pozos no verticales, las herramientas magnéticas han sido históricamente parte integral de muchos proyectos alrededor del mundo. Por el contrario, los entornos afectados magnéticamente son la debilidad de esta tecnología. (sptab)

Por ser una opción menos costosa y más robusta, las herramientas magnéticas han sido tradicionalmente el estándar en topografía y sin duda conservan un lugar importante en la explotación minera. Las incertidumbres asociadas a estos instrumentos merecen ser reevaluadas o matizadas. Las herramientas magnéticas referencian la dirección del pozo al Norte Magnético. Es importante mencionar, aunque parezca obvio, que no proporcionan resultados precisos cuando operan en entornos magnéticos (con interferencia magnética).

En las últimas herramientas se pueden descargar los datos brutos del magnetómetro y del acelerómetro, así como realizar comprobaciones de control

de calidad sobre la vibración, la intensidad del campo magnético y la inclinación para excluir exploraciones erróneas. (sptab).

Figura 38. Norte Magnético vs Norte Geográfico.



Fuente: Stockholm Precision Tools AB.

Giroscopios Referenciados

Uno de los usos pioneros de los sensores giroscópicos en la medición de trayectoria fue el gyro de referencia (gyro libre). Una de las principales razones por las que se considera superior a las herramientas magnéticas es su inmunidad a la interferencia magnética. Gracias a una mayor precisión y facilidad de uso, el gyro de referencia resulta ideal para pozos no profundos. Sin embargo, la deriva constituye un problema significativo para este tipo de gyro. A esto se suma el riesgo de error humano, ya que su funcionamiento depende de la introducción manual de datos y la precisión de la medición inicial proporcionada. Además, cabe destacar que estas herramientas no son efectivas en pozos completamente verticales o subverticales.

Giroscopios *Buscadores de Norte*

El Buscador de Norte reina dentro de las herramientas giroscópicas de medición de trayectoria. No afectado por magnetismo y consistentemente más confiable que el gyro de referencia, permite al operador realizar mediciones orientadas al norte geográfico, en lugar de hacer referencia a datos introducidos manualmente. El modo de medición continua de las herramientas de SPT permite a los usuarios obtener puntos de datos en cada centímetro y en todos los rangos de inclinación, desde la vertical a horizontal.

Figura 39. *Medicion de pozo utilizando el equipo GyroMaster - SPT.*



Fuente: Elaboración propia.

Medición de la *trayectoria* de sondajes.

Las mediciones de los sondajes siempre se tienen que realizar como mínimo 10 metros antes de la profundidad perforada, para reducir la distancia del equipo armado y los metros del tubo interior que queda dentro del pozo.

Para le ejecución de las mediciones del sondaje se debe tener en cuenta el siguiente procedimiento:

Inspección del equipo de medición y sus accesorios.:

Se requiere verificar que todos los accesorios estén en correcto estado, sin rotura o desgaste.

El equipo Gyromaster y sus accesorios en total constan de 3 maletas; Equipo de medición, Depth Counter y accesorios (Centralizadores, destorcedor de cable, barra de peso, absorbedor de impacto y alicate de presión).

Figura 40. Equipo Gyromaster y Depth Counter.



Fuente: Elaboración propia.

Armado del equipo de medición.

Se procede al armado del equipo conectando la batería al equipo giroscopio GyroMaster de forma vertical, para añadir comodidad y evitar dañar la rosca.

Figura 41. Armado del módulo sensor y modulo batería.



Fuente: Elaboración propia.

Siempre se tiene que respetar el siguiente flujo en la ubicación de los accesorios: Destorcedor de cable, centralizador superior, modulo batería, modulo sensor, centralizador inferior, barra de peso, absorbedor de impacto.

Elección de accesorios a usar:

Se usaron dos centralizadores de ertalon o dos centralizadores ajustables de acero tipo flejes (de acuerdo al diámetro de la línea de perforación PQ, HQ o NQ) en máquinas de perforación que estén perforando ángulos con inclinación de entre -90° hasta los -35° .

Figura 42. Centralizadores de tubería NQ, HQ, PQ.



Fuente: Elaboración propia.

Opcionalmente se agrega una barra de peso, cuando se observe que la inclinación dificulte el descenso del equipo GyroMaster con el cable, así que, se recomienda barras de peso cuando la maquina este perforando ángulos de inclinación cercanos a los -35° o cerca también a -90° y esto es para agregar tensión y firmeza al cable wireline.

Sincronización del dispositivo de mano con el equipo de medición y contador de metros:

Encenderemos el dispositivo Android, de esta manera se emparejará el bluetooth del contador óptico al dispositivo Android, si no fuera posible ingresaremos a la configuración interna del dispositivo Android y emparejaremos manualmente.

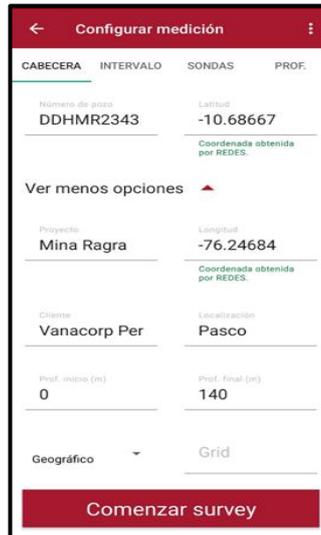
Se ingresará a la aplicación GyroMaster con la última versión del aplicativo actualizado, para establecer la conexión; de esta manera también nos aseguramos que hay conexión con la herramienta.

Programación del sondeaje

En la pestaña de "CABECERA" del aplicativo GyroMaster, completar toda la información necesaria como numero/nombre del sondeaje, proyecto, profundidad de inicio, profundidad final, Grid, nombre del operador, empresa, localización. El valor de la latitud y longitud el dispositivo Android se actualizará automáticamente, si tardara mucho colocarlo manualmente, asegurándose de que este valor es correcto.

Después de haber completado todas las columnas, se acerca el dispositivo Android al bluetooth del equipo GyroMaster e iniciara la medición presionando la opción "COMENZAR SURVEY" para dar inicio a la medición. Cuando la herramienta pasa a la lista de verificación, la pantalla cambiará, y el tiempo de espera se iniciará. Utilizar este tiempo para colocar la herramienta en una posición de partida ideal.

Figura 43. Programación del sondaje DDHMR2343.



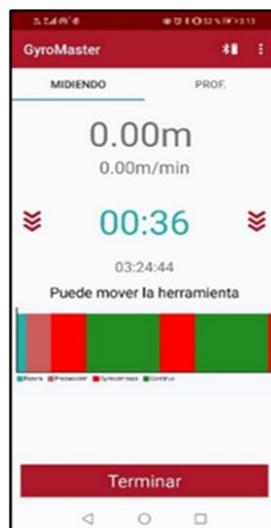
Fuente: Elaboración propia.

Toma de datos:

Luego el operador de la perforadora bajara el GyroMaster hasta la altura del collar; en donde el operador Survey indicara que apague la máquina para que este sin ayuda del personal de la maquina coloque el contador óptico, con sumo cuidado y pasara el cable wireline entre las poleas.

El GyroMaster necesitará algo más de 2 minutos para orientarse, este tiempo es muy importante porque debe de permanecer totalmente estable el Giroscopio.

Figura 44. Tiempos de medición del sondaje.



Fuente: Elaboración propia.

Descendemos el instrumento a una velocidad de 40m/min. respetando las paradas programadas en el dispositivo Android, estas paradas son mostradas por el contador de tiempo. 40 segundos antes pararemos progresivamente; hasta estar completamente estacionados en 30 segundos, antes de que el tiempo llegue a 0, y siempre trataremos de mantener el cable wire line tenso durante el descenso

Luego haremos una parada estacionaria, la herramienta debe de estar completamente parada, sin ninguna perturbación.

Una vez que el GyroMaster ha llegado al fondo, cambiamos la dirección presionando los 3 puntos de configuración y seleccionaremos “Nuevo Outrun” (subida).

Subimos la herramienta, respetando la velocidad, siempre de 40m/min y las paradas definidas y siempre manteniendo el cable tenso y firme.

Una vez que se llegó a los cero metros. El operador cliqueara en la barra de opción “Terminar” y confirmamos con “SI” para dar por finalizado el registro.

Finalización de la medición:

El operador Survey indicara al perforista de que apague la máquina y retirara el contador óptico y retirara el cable que conecta el conector al módulo Bluetooth de sensor de profundidad para no dañarlo.

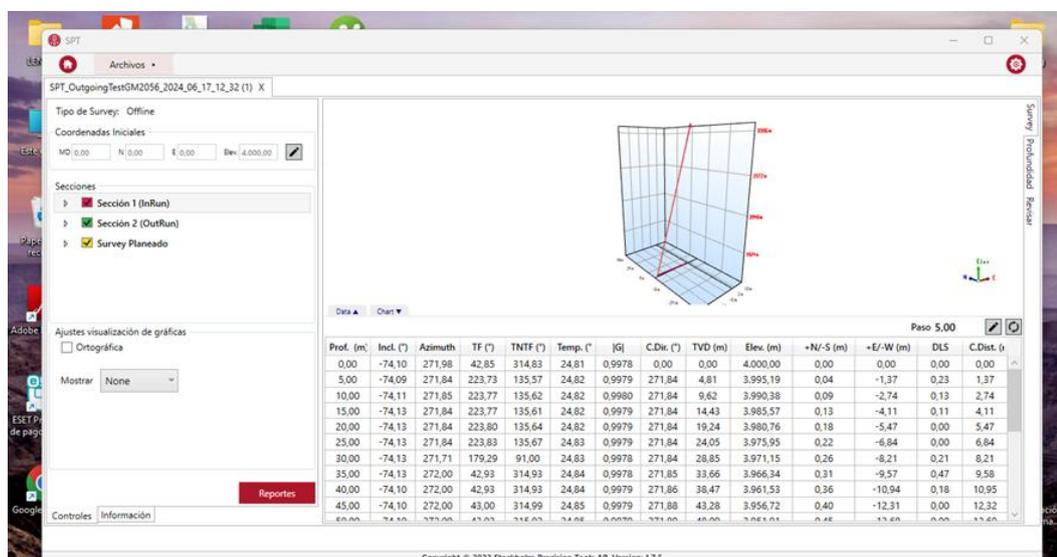
El ayudante de perforación retirara con mucho cuidado el GyroMaster del interior de la sonda y lo colocara en la cama de tubos, una vez que este el equipo firme en la cama de tubos el ayudante de perforación desconectara el Overshot de la punta de lanza del equipo de medición.

El operador Survey y un ayudante de máquina de perforación, cogerán el equipo de medición desde los extremos y lo conducirán hasta caballete de forma seguro. Finalmente se procederá a la descarga de la información.

4.2.2. Resultados de las mediciones

Para ver el resultado en tiempo real de las mediciones de los sondajes se usa el dispositivo Android Blackview, para realizar el procesamiento de los datos con las coordenadas UTM tomadas con puntos topográficos hacemos uso del software de escritorio SPT SURVEY SOFTWARE, aquí procesamos los datos tomados en las mediciones de acuerdo a la data cruda arrojada en el almacenamiento del dispositivo.

Figura 45. Vista previa de la data del sondaje DDHMR2343



Fuente: Elaboración propia.

Se procede a descargar las mediciones en data cruda de los siguientes sondajes:

- DDHMR2343
- DDHMR2344
- DDHMR2345
- DDHMR2346
- DDHMR2347
- DDHMR2348

Se continúa con el procesamiento de datos, cargando la data al software y generando los reportes de data cruda.

A continuación, se muestran los resultados de las mediciones de la trayectoria de sondajes cargadas al software, de los cuales se registrarán en un intervalo de 5 metros, los siguientes datos son data cruda sin realizar el procesamiento:

SONDAJE DDHMR2343

Tabla 2 Data cruda de la medición In-Run del sondaje DDHMR2343

MD	Dip	Az.	Elev.	+E/-W	+N/-S
(m)	(°)	(°)	(m)	(m)	(m)
0.000	-79.885	89.734	0.000	0.000	0.000
5.000	-79.910	89.712	-4.923	0.876	0.004
10.000	-79.882	89.740	-9.845	1.755	0.008
15.000	-79.880	89.771	-14.767	2.633	0.012
20.000	-79.900	89.716	-19.690	3.510	0.017
25.000	-79.913	89.716	-24.612	4.385	0.021
30.000	-79.885	89.739	-29.535	5.264	0.025
35.000	-79.880	89.734	-34.457	6.143	0.029
40.000	-79.898	89.717	-39.379	7.019	0.033
45.000	-79.914	89.722	-44.302	7.895	0.038
50.000	-79.893	89.728	-49.224	8.773	0.042
55.000	-79.879	89.729	-54.147	9.651	0.046
60.000	-79.881	89.674	-59.069	10.530	0.050
65.000	-79.907	89.707	-63.992	11.405	0.055
70.000	-79.914	89.706	-68.914	12.281	0.060
75.000	-79.885	89.731	-73.836	13.160	0.064
80.000	-79.879	89.730	-78.759	14.038	0.068
85.000	-79.880	89.740	-83.681	14.917	0.072
90.000	-79.901	89.711	-88.603	15.793	0.076
95.000	-79.914	89.713	-93.526	16.669	0.081
100.000	-79.906	89.722	-98.449	17.545	0.085
105.000	-79.876	89.737	-103.371	18.424	0.090
110.000	-79.880	89.735	-108.293	19.303	0.094
115.000	-79.896	89.717	-113.216	20.180	0.098
120.000	-79.914	89.721	-118.138	21.055	0.102
125.000	-79.912	89.688	-123.061	21.931	0.106
130.000	-79.882	89.749	-127.983	22.810	0.110
135.000	-79.879	89.752	-132.905	23.688	0.114
140.000	-79.893	89.712	-137.828	24.566	0.118

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3 *Data cruda de la medición Out-Run del sondaje DDHMR2343.*

MD	Dip	Az.	Elev.	+E/-W	+N/-S
(m)	(°)	(°)	(m)	(m)	(m)
0.000	-79.882	89.747	0.000	0.000	0.000
5.000	-79.880	89.741	-4.922	0.879	0.004
10.000	-79.876	89.744	-9.844	1.758	0.008
15.000	-79.889	89.725	-14.767	2.635	0.012
20.000	-79.914	89.722	-19.689	3.510	0.016
25.000	-79.914	89.719	-24.612	4.386	0.021
30.000	-79.909	89.677	-29.535	5.262	0.025
35.000	-79.886	89.744	-34.457	6.140	0.029
40.000	-79.879	89.744	-39.379	7.019	0.033
45.000	-79.879	89.743	-44.302	7.898	0.037
50.000	-79.879	89.665	-49.224	8.776	0.041
55.000	-79.908	89.717	-54.146	9.652	0.045
60.000	-79.914	89.715	-59.069	10.528	0.050
65.000	-79.914	89.714	-63.992	11.403	0.054
70.000	-79.902	89.739	-68.914	12.280	0.058
75.000	-79.880	89.738	-73.837	13.159	0.062
80.000	-79.879	89.736	-78.759	14.037	0.066
85.000	-79.879	89.739	-83.681	14.916	0.071
90.000	-79.882	89.694	-88.603	15.794	0.075
95.000	-79.911	89.719	-93.526	16.670	0.079
100.000	-79.914	89.720	-98.449	17.546	0.083
105.000	-79.914	89.717	-103.371	18.421	0.088
110.000	-79.911	89.688	-108.294	19.297	0.092
115.000	-79.887	89.738	-113.216	20.175	0.096
120.000	-79.879	89.741	-118.139	21.054	0.100
125.000	-79.879	89.742	-123.061	21.933	0.104
130.000	-79.873	89.755	-127.983	22.812	0.108
135.000	-79.903	89.719	-132.905	23.688	0.113
140.000	-79.915	89.716	-137.828	24.563	0.117

Fuente: Elaboración propia.

SONDAJE DDHMR2344

Tabla 4 Data cruda de la medición In-Run del sondaje DDHMR2344

MD	Dip	Az.	Elev.	+E/-W	+N/-S
(m)	(°)	(°)	(m)	(m)	(m)
0.000	-70.245	91.358	0.000	0.000	0.000
5.000	-70.253	91.358	-4.706	1.689	-0.040
10.000	-70.256	91.346	-9.412	3.377	-0.080
15.000	-70.274	91.347	-14.119	5.064	-0.120
20.000	-70.288	91.346	-18.826	6.750	-0.159
25.000	-70.289	91.347	-23.533	8.436	-0.199
30.000	-70.289	91.346	-28.240	10.122	-0.238
35.000	-70.268	91.358	-32.946	11.810	-0.278
40.000	-70.249	91.358	-37.652	13.499	-0.318
45.000	-70.254	91.359	-42.358	15.188	-0.358
50.000	-70.254	91.360	-47.064	16.877	-0.398
55.000	-70.259	91.339	-51.770	18.565	-0.438
60.000	-70.282	91.349	-56.477	20.251	-0.478
65.000	-70.289	91.350	-61.184	21.937	-0.517
70.000	-70.289	91.349	-65.891	23.623	-0.557
75.000	-70.284	91.332	-70.598	25.310	-0.597
80.000	-70.254	91.361	-75.304	26.999	-0.637
85.000	-70.254	91.363	-80.010	28.687	-0.677
90.000	-70.254	91.364	-84.716	30.376	-0.717
95.000	-70.254	91.372	-89.422	32.065	-0.757
100.000	-70.267	91.355	-94.128	33.753	-0.797
105.000	-70.287	91.353	-98.835	35.439	-0.837
110.000	-70.289	91.355	-103.542	37.124	-0.877
115.000	-70.289	91.356	-108.249	38.810	-0.917
120.000	-70.273	91.368	-112.956	40.498	-0.956
125.000	-70.252	91.367	-117.662	42.187	-0.997
130.000	-70.254	91.367	-122.368	43.876	-1.037
135.000	-70.254	91.372	-127.074	45.564	-1.077
140.000	-70.265	91.358	-131.780	47.252	-1.117

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5 *Data cruda de la medición Out-Run del sondaje DDHMR2344.*

MD	Dip	Az.	Elev.	+E/-W	+N/-S
(m)	(°)	(°)	(m)	(m)	(m)
0.000	-70.274	91.350	0.000	0.000	0.000
5.000	-70.287	91.345	-4.707	1.686	-0.040
10.000	-70.289	91.343	-9.414	3.372	-0.079
15.000	-70.287	91.345	-14.121	5.058	-0.119
20.000	-70.271	91.357	-18.827	6.746	-0.158
25.000	-70.256	91.353	-23.533	8.434	-0.198
30.000	-70.254	91.356	-28.239	10.123	-0.238
35.000	-70.261	91.381	-32.946	11.811	-0.278
40.000	-70.256	91.368	-37.652	13.500	-0.318
45.000	-70.254	91.367	-42.358	15.189	-0.358
50.000	-70.249	91.365	-47.063	16.878	-0.399
55.000	-70.268	91.357	-51.770	18.565	-0.439
60.000	-70.289	91.357	-56.477	20.251	-0.479
65.000	-70.289	91.357	-61.184	21.937	-0.518
70.000	-70.283	91.327	-65.891	23.623	-0.558
75.000	-70.259	91.368	-70.597	25.312	-0.599
80.000	-70.254	91.365	-75.303	27.001	-0.639
85.000	-70.251	91.365	-80.009	28.690	-0.679
90.000	-70.263	91.354	-84.715	30.378	-0.719
95.000	-70.289	91.354	-89.422	32.063	-0.759
100.000	-70.289	91.355	-94.129	33.749	-0.799
105.000	-70.289	91.355	-98.836	35.435	-0.838
110.000	-70.271	91.368	-103.543	37.123	-0.878
115.000	-70.256	91.367	-108.249	38.812	-0.919
120.000	-70.254	91.368	-112.955	40.500	-0.959
125.000	-70.254	91.369	-117.661	42.189	-0.999
130.000	-70.258	91.348	-122.367	43.878	-1.039
135.000	-70.286	91.357	-127.074	45.564	-1.079
140.000	-70.289	91.356	-131.781	47.250	-1.119

Fuente: Elaboración propia.

SONDAJE DDHMR2345**Tabla 6** *Data cruda de la medición In-Run del sondaje DDHMR2345.*

MD	Dip	Az.	Elev.	+E/-W	+N/-S
(m)	(°)	(°)	(m)	(m)	(m)
0.000	-80.272	90.593	0.000	0.000	0.000
5.000	-80.272	90.484	-4.928	0.845	-0.008
10.000	-80.242	90.510	-9.856	1.693	-0.015
15.000	-80.235	90.509	-14.783	2.541	-0.023
20.000	-80.235	90.502	-19.711	3.389	-0.030
25.000	-80.258	90.569	-24.639	4.234	-0.038
30.000	-80.270	90.568	-29.567	5.079	-0.047
35.000	-80.267	90.566	-34.495	5.924	-0.055
40.000	-80.269	90.477	-39.423	6.769	-0.063
45.000	-80.244	90.484	-44.351	7.617	-0.070
50.000	-80.235	90.491	-49.278	8.465	-0.077
55.000	-80.238	90.491	-54.206	9.313	-0.084
60.000	-80.266	90.555	-59.134	10.158	-0.092
65.000	-80.268	90.550	-64.062	11.003	-0.101
70.000	-80.267	90.478	-68.990	11.848	-0.108
75.000	-80.253	90.466	-73.918	12.695	-0.115
80.000	-80.234	90.476	-78.845	13.543	-0.122
85.000	-80.234	90.481	-83.773	14.391	-0.129
90.000	-80.246	90.546	-88.700	15.238	-0.136

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7 Data cruda de la medición Out-Run del sondaje DDHMR2345.

MD	Dip	Az.	Elev.	+E/-W	+N/-S
(m)	(°)	(°)	(m)	(m)	(m)
0.000	-80.258	90.462	0.000	0.000	0.000
5.000	-80.238	90.414	-4.928	0.848	-0.006
10.000	-80.236	90.402	-9.855	1.696	-0.012
15.000	-80.246	90.396	-14.783	2.543	-0.018
20.000	-80.271	90.490	-19.711	3.388	-0.025
25.000	-80.269	90.502	-24.639	4.233	-0.032
30.000	-80.270	90.495	-29.567	5.078	-0.040
35.000	-80.255	90.439	-34.495	5.924	-0.046
40.000	-80.236	90.428	-39.423	6.772	-0.053
45.000	-80.237	90.418	-44.350	7.620	-0.059
50.000	-80.261	90.509	-49.278	8.465	-0.065
55.000	-80.267	90.514	-54.206	9.311	-0.073
60.000	-80.267	90.523	-59.134	10.156	-0.081
65.000	-80.269	90.448	-64.062	11.001	-0.088
70.000	-80.240	90.452	-68.990	11.849	-0.095
75.000	-80.233	90.444	-73.917	12.697	-0.101
80.000	-80.237	90.439	-78.845	13.545	-0.108
85.000	-80.264	90.527	-83.773	14.390	-0.115
90.000	-80.267	90.535	-88.701	15.235	-0.123

Fuente: Elaboración propia

SONDAJE DDHMR2346

Tabla 8 Data cruda de la medición In-Run del sondaje DDHMR2346.

MD	Dip	Az.	Elev.	+E/-W	+N/-S
(m)	(°)	(°)	(m)	(m)	(m)
0.000	-45.320	89.659	0.000	0.000	0.000
5.000	-45.296	89.637	-3.554	3.517	0.022
10.000	-45.285	89.633	-7.107	7.035	0.044
15.000	-45.291	89.658	-10.660	10.552	0.066
20.000	-45.313	89.657	-14.215	14.068	0.087
25.000	-45.317	89.656	-17.770	17.584	0.108
30.000	-45.308	89.629	-21.325	21.101	0.130
35.000	-45.287	89.631	-24.878	24.619	0.153
40.000	-45.283	89.633	-28.431	28.137	0.175
45.000	-45.289	89.630	-31.984	31.654	0.198
50.000	-45.298	89.653	-35.538	35.171	0.219

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9 Data cruda de la medición Out-Run del sondaje DDHMR2346.

MD	Dip	Az.	Elev.	+E/-W	+N/-S
(m)	(°)	(°)	(m)	(m)	(m)
0.000	-45.280	89.630	0.000	0.000	0.000
5.000	-45.280	89.625	-3.553	3.518	0.023
10.000	-45.288	89.647	-7.106	7.036	0.046
15.000	-45.306	89.650	-10.660	10.552	0.067
20.000	-45.306	89.652	-14.215	14.069	0.089
25.000	-45.304	89.624	-17.769	17.585	0.110
30.000	-45.284	89.632	-21.322	21.103	0.133
35.000	-45.282	89.630	-24.875	24.621	0.156
40.000	-45.283	89.627	-28.428	28.139	0.179
45.000	-45.297	89.652	-31.982	31.656	0.201
50.000	-45.319	89.653	-35.537	35.172	0.222

Fuente: Elaboración propia.

SONDAJE DDHMR2347

Tabla 10 Data cruda de la medición In-Run del sondaje DDHMR2347.

MD	Dip	Az.	Elev.	+E/-W	+N/-S
(m)	(°)	(°)	(m)	(m)	(m)
0.000	-45.516	90.176	0.000	0.000	0.000
5.000	-45.487	90.167	-3.565	3.505	-0.010
10.000	-45.504	90.171	-7.132	7.009	-0.020
15.000	-45.509	90.169	-10.699	10.513	-0.030
20.000	-45.508	90.152	-14.266	14.017	-0.041
25.000	-45.491	90.140	-17.831	17.523	-0.049
30.000	-45.483	90.141	-21.396	21.028	-0.058
35.000	-45.483	90.143	-24.962	24.534	-0.067
40.000	-45.489	90.166	-28.527	28.039	-0.076
45.000	-45.509	90.165	-32.094	31.543	-0.086
50.000	-45.510	90.163	-35.661	35.047	-0.096
55.000	-45.499	90.134	-39.227	38.552	-0.105
60.000	-45.484	90.135	-42.792	42.057	-0.113

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11 Data cruda de la medición Out-Run del sondaje DDHMR2347.

MD	Dip	Az.	Elev.	+E/-W	+N/-S
(m)	(°)	(°)	(m)	(m)	(m)
0.000	-45.509	90.147	0.000	0.000	0.000
5.000	-45.484	90.125	-3.565	3.506	-0.008
10.000	-45.486	90.122	-7.131	7.011	-0.015
15.000	-45.495	90.148	-10.697	10.516	-0.023
20.000	-45.513	90.154	-14.264	14.019	-0.032
25.000	-45.511	90.156	-17.831	17.523	-0.042
30.000	-45.491	90.128	-21.396	21.029	-0.050
35.000	-45.483	90.131	-24.961	24.534	-0.058
40.000	-45.484	90.128	-28.527	28.040	-0.066
45.000	-45.489	90.144	-32.092	31.545	-0.074
50.000	-45.507	90.157	-35.659	35.049	-0.084
55.000	-45.509	90.158	-39.226	38.553	-0.093
60.000	-45.500	90.132	-42.792	42.057	-0.103

Fuente: Elaboración propia.

SONDAJE DDHMR2348

Tabla 12 Data cruda de la medición In-Run del sondeaje DDHMR2348.

MD	Dip	Az.	Elev.	+E/-W	+N/-S
(m)	(°)	(°)	(m)	(m)	(m)
0.000	-58.815	90.098	0.000	0.000	0.000
5.000	-58.803	90.064	-4.277	2.590	-0.004
10.000	-58.781	90.074	-8.553	5.182	-0.007
15.000	-58.773	90.078	-12.828	7.774	-0.011
20.000	-58.774	90.091	-17.104	10.366	-0.015
25.000	-58.795	90.122	-21.381	12.956	-0.020
30.000	-58.801	90.128	-25.658	15.546	-0.025
35.000	-58.801	90.112	-29.934	18.136	-0.031
40.000	-58.790	90.096	-34.211	20.727	-0.035
45.000	-58.774	90.103	-38.486	23.319	-0.040
50.000	-58.773	90.109	-42.762	25.912	-0.045
55.000	-58.784	90.146	-47.038	28.503	-0.050
60.000	-58.802	90.149	-51.315	31.093	-0.057
65.000	-58.801	90.152	-55.592	33.683	-0.064
70.000	-58.801	90.109	-59.869	36.273	-0.070
75.000	-58.778	90.118	-64.144	38.865	-0.075
80.000	-58.773	90.124	-68.420	41.457	-0.081
85.000	-58.773	90.116	-72.696	44.049	-0.087
90.000	-58.786	90.168	-76.972	46.640	-0.093
95.000	-58.802	90.171	-81.249	49.230	-0.101
100.000	-58.801	90.172	-85.526	51.820	-0.109
105.000	-58.795	90.134	-89.802	54.411	-0.115
110.000	-58.776	90.142	-94.078	57.003	-0.122
115.000	-58.770	90.149	-98.353	59.595	-0.128
120.000	-58.767	90.190	-102.629	62.188	-0.135
125.000	-58.791	90.191	-106.905	64.778	-0.144
130.000	-58.790	90.194	-111.182	67.369	-0.153
135.000	-58.785	90.152	-115.458	69.961	-0.161
140.000	-58.765	90.162	-119.733	72.553	-0.168

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13 Data cruda de la medición Out-Run del sondaje DDHMR2348.

MD (m)	Dip (°)	Az. (°)	Elev. (m)	+E/-W (m)	+N/-S (m)
0.000	-58.776	90.142	0.000	0.000	0.000
5.000	-58.788	90.173	-4.276	2.591	-0.008
10.000	-58.790	90.171	-8.553	5.182	-0.016
15.000	-58.773	90.135	-12.828	7.774	-0.022
20.000	-58.762	90.137	-17.103	10.367	-0.028
25.000	-58.763	90.139	-21.378	12.960	-0.034
30.000	-58.783	90.186	-25.655	15.551	-0.042
35.000	-58.790	90.184	-29.931	18.142	-0.050
40.000	-58.787	90.168	-34.207	20.733	-0.058
45.000	-58.762	90.145	-38.482	23.327	-0.065
50.000	-58.758	90.146	-42.757	25.920	-0.072
55.000	-58.762	90.144	-47.032	28.513	-0.078
60.000	-58.786	90.191	-51.308	31.104	-0.086
65.000	-58.789	90.190	-55.585	33.695	-0.095
70.000	-58.789	90.190	-59.861	36.286	-0.103
75.000	-58.769	90.154	-64.136	38.878	-0.111
80.000	-58.761	90.154	-68.411	41.471	-0.118
85.000	-58.762	90.156	-72.686	44.064	-0.125
90.000	-58.778	90.201	-76.962	46.656	-0.133
95.000	-58.785	90.198	-81.239	49.247	-0.142
100.000	-58.786	90.234	-85.515	51.838	-0.152
105.000	-58.786	90.232	-89.791	54.429	-0.162
110.000	-58.792	90.231	-94.067	57.020	-0.173
115.000	-58.778	90.190	-98.343	59.612	-0.182
120.000	-58.764	90.182	-102.618	62.205	-0.190
125.000	-58.764	90.174	-106.894	64.798	-0.199
130.000	-58.777	90.210	-111.169	67.389	-0.207
135.000	-58.796	90.212	-115.446	69.980	-0.216
140.000	-58.794	90.210	-119.723	72.570	-0.226

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3. Resultados de las mediciones a partir de las coordenadas

Una vez cargada la data cruda al software, tendremos que procesar los datos añadiendo las coordenadas y elevación de acuerdo a los datos obtenidos según el levantamiento topográfico realizado por el área de exploraciones usando el GPS Diferencial a partir de 2 BM, puntos de referencia, con la finalidad de obtener las gráficas y coordenadas de los sondajes para el modelamiento en 3D.

A continuación, se muestra una tabla con los datos obtenidos por el levantamiento topográfico del collar de los sondajes.

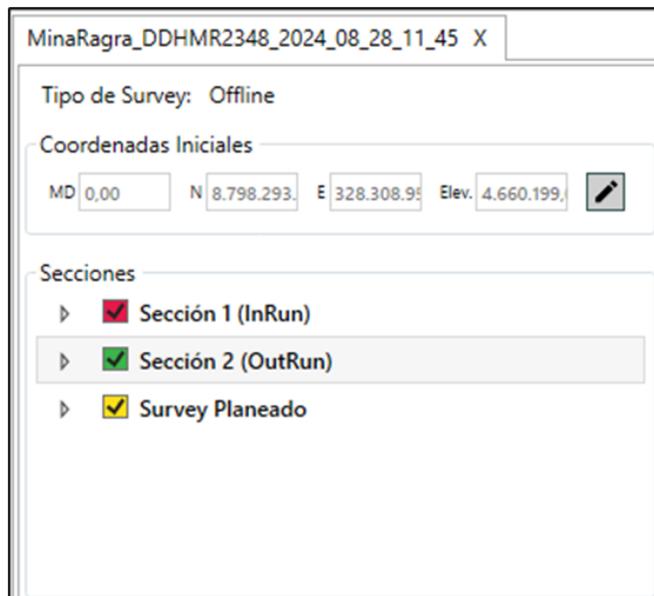
Tabla 14 Collar de los sondajes – campaña de perforación 2023.

HOLE ID	EASTING	NORTHING	ELEVATION	OBSERVACION
DDHMR2343	328124.867	8798799.570	4705.638	ACTUAL
DDHMR2344	328073.631	8798949.240	4705.826	ACTUAL
DDHMR2345	328146.671	8798750.894	4702.144	ACTUAL
DDHMR2346	328159.349	8798800.977	4703.079	ACTUAL
DDHMR2347	328134.154	8799076.738	4691.919	ACTUAL
DDHMR2348	328308.955	8798293.664	4660.199	ACTUAL

Fuente: Elaboración propia.

A partir de los datos obtenidos, hacemos el procesamiento, añadiendo estos datos al software SPT SURVEY SOFTWARE. Se registrarán los datos topográficos en las casillas correspondientes de acuerdo a las coordenadas (Norte - Este) y elevación.

Figura 46. Registro de datos topográficos para el procesamiento de la medición en el software SPT SURVEY SOFTWARE.



Fuente: Elaboración propia.

Obtenemos los datos del procesamiento de los sondajes según el collar, además de las gráficas en 3D de las mediciones In-Run y Out-Run de acuerdo al planeado y su desviación de estas.

SONDAJE DDHMR2343

Tabla 15 Resultados del procesamiento de datos en la medición In-Run del sondeaje DDHMR2343.

MD	Dip	Az.	Elev.	+E/-W	+N/-S
(m)	(°)	(°)	(m)	(m)	(m)
0.000	-79.885	89.734	4,705.640	328,124.870	8,798,799.570
5.000	-79.910	89.712	4,700.720	328,125.740	8,798,799.570
10.000	-79.882	89.740	4,695.790	328,126.620	8,798,799.580
15.000	-79.880	89.771	4,690.870	328,127.500	8,798,799.580
20.000	-79.900	89.716	4,685.950	328,128.380	8,798,799.590
25.000	-79.913	89.716	4,681.030	328,129.260	8,798,799.590
30.000	-79.885	89.739	4,676.100	328,130.140	8,798,799.590
35.000	-79.880	89.734	4,671.180	328,131.010	8,798,799.600
40.000	-79.898	89.717	4,666.260	328,131.890	8,798,799.600
45.000	-79.914	89.722	4,661.340	328,132.770	8,798,799.610
50.000	-79.893	89.728	4,656.420	328,133.650	8,798,799.610
55.000	-79.879	89.729	4,651.490	328,134.530	8,798,799.620
60.000	-79.881	89.674	4,646.570	328,135.410	8,798,799.620
65.000	-79.907	89.707	4,641.650	328,136.290	8,798,799.630
70.000	-79.914	89.706	4,636.730	328,137.160	8,798,799.630
75.000	-79.885	89.731	4,631.800	328,138.040	8,798,799.630
80.000	-79.879	89.730	4,626.880	328,138.920	8,798,799.640
85.000	-79.880	89.740	4,621.960	328,139.800	8,798,799.640
90.000	-79.901	89.711	4,617.040	328,140.680	8,798,799.650
95.000	-79.914	89.713	4,612.120	328,141.560	8,798,799.650
100.000	-79.906	89.722	4,607.190	328,142.440	8,798,799.660
105.000	-79.876	89.737	4,602.270	328,143.320	8,798,799.660
110.000	-79.880	89.735	4,597.350	328,144.200	8,798,799.660
115.000	-79.896	89.717	4,592.430	328,145.080	8,798,799.670
120.000	-79.914	89.721	4,587.510	328,145.960	8,798,799.670
125.000	-79.912	89.688	4,582.580	328,146.840	8,798,799.680
130.000	-79.882	89.749	4,577.660	328,147.720	8,798,799.680
135.000	-79.879	89.752	4,572.740	328,148.600	8,798,799.680
140.000	-79.893	89.712	4,567.820	328,149.480	8,798,799.690

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16 Resultados del procesamiento de datos en la medición Out-Run del sondaje DDHMR2343.

MD	Dip	Az.	Elev.	+E/-W	+N/-S
(m)	(°)	(°)	(m)	(m)	(m)
0.000	-79.882	89.747	4,705.640	328,124.870	8,798,799.570
5.000	-79.880	89.741	4,700.720	328,125.750	8,798,799.570
10.000	-79.876	89.744	4,695.790	328,126.620	8,798,799.580
15.000	-79.889	89.725	4,690.870	328,127.500	8,798,799.580
20.000	-79.914	89.722	4,685.950	328,128.380	8,798,799.590
25.000	-79.914	89.719	4,681.030	328,129.250	8,798,799.590
30.000	-79.909	89.677	4,676.100	328,130.130	8,798,799.590
35.000	-79.886	89.744	4,671.180	328,131.010	8,798,799.600
40.000	-79.879	89.744	4,666.260	328,131.890	8,798,799.600
45.000	-79.879	89.743	4,661.340	328,132.760	8,798,799.610
50.000	-79.879	89.665	4,656.410	328,133.640	8,798,799.610
55.000	-79.908	89.717	4,651.490	328,134.520	8,798,799.620
60.000	-79.914	89.715	4,646.570	328,135.390	8,798,799.620
65.000	-79.914	89.714	4,641.650	328,136.270	8,798,799.620
70.000	-79.902	89.739	4,636.720	328,137.150	8,798,799.630
75.000	-79.880	89.738	4,631.800	328,138.030	8,798,799.630
80.000	-79.879	89.736	4,626.880	328,138.900	8,798,799.640
85.000	-79.879	89.739	4,621.960	328,139.780	8,798,799.640
90.000	-79.882	89.694	4,617.030	328,140.660	8,798,799.640
95.000	-79.911	89.719	4,612.110	328,141.540	8,798,799.650
100.000	-79.914	89.720	4,607.190	328,142.410	8,798,799.650
105.000	-79.914	89.717	4,602.270	328,143.290	8,798,799.660
110.000	-79.911	89.688	4,597.340	328,144.160	8,798,799.660
115.000	-79.887	89.738	4,592.420	328,145.040	8,798,799.670
120.000	-79.879	89.741	4,587.500	328,145.920	8,798,799.670
125.000	-79.879	89.742	4,582.580	328,146.800	8,798,799.670
130.000	-79.873	89.755	4,577.660	328,147.680	8,798,799.680
135.000	-79.903	89.719	4,572.730	328,148.550	8,798,799.680
140.000	-79.915	89.716	4,567.810	328,149.430	8,798,799.690

Fuente: Elaboración propia.

85.000	-70.254	91.363	4,625.820	328,102.330	8,798,948.560
90.000	-70.254	91.364	4,621.110	328,104.020	8,798,948.520
95.000	-70.254	91.372	4,616.410	328,105.710	8,798,948.480
100.000	-70.267	91.355	4,611.700	328,107.400	8,798,948.440
105.000	-70.287	91.353	4,607.000	328,109.090	8,798,948.400
110.000	-70.289	91.355	4,602.290	328,110.770	8,798,948.360
115.000	-70.289	91.356	4,597.580	328,112.460	8,798,948.320
120.000	-70.273	91.368	4,592.880	328,114.150	8,798,948.280
125.000	-70.252	91.367	4,588.170	328,115.840	8,798,948.240
130.000	-70.254	91.367	4,583.470	328,117.530	8,798,948.200
135.000	-70.254	91.372	4,578.760	328,119.220	8,798,948.160
140.000	-70.265	91.358	4,574.060	328,120.910	8,798,948.120

Fuente: Elaboración propia.

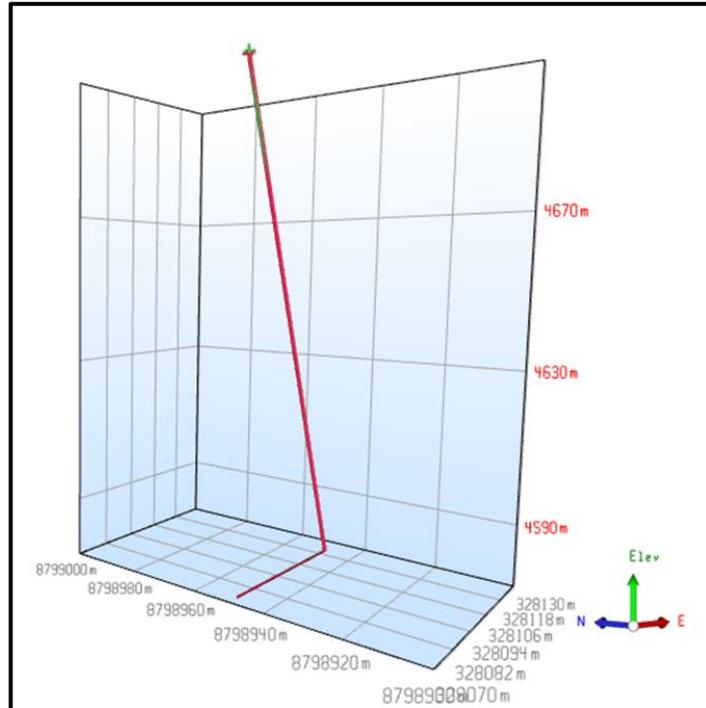
Tabla 18 Resultados del procesamiento de datos en la medición Out-Run del sondaje DDHMR2344.

MD	Dip	Az.	Elev.	+E/-W	+N/-S
(m)	(°)	(°)	(m)	(m)	(m)
0.000	-70.274	91.350	4,705.830	328,073.630	8,798,949.240
5.000	-70.287	91.345	4,701.120	328,075.320	8,798,949.200
10.000	-70.289	91.343	4,696.410	328,077.000	8,798,949.160
15.000	-70.287	91.345	4,691.710	328,078.690	8,798,949.120
20.000	-70.271	91.357	4,687.000	328,080.380	8,798,949.080
25.000	-70.256	91.353	4,682.290	328,082.070	8,798,949.040
30.000	-70.254	91.356	4,677.590	328,083.750	8,798,949.000
35.000	-70.261	91.381	4,672.880	328,085.440	8,798,948.960
40.000	-70.256	91.368	4,668.180	328,087.140	8,798,948.920
45.000	-70.254	91.367	4,663.470	328,088.830	8,798,948.880
50.000	-70.249	91.365	4,658.770	328,090.520	8,798,948.840
55.000	-70.268	91.357	4,654.060	328,092.210	8,798,948.800
60.000	-70.289	91.357	4,649.360	328,093.900	8,798,948.760
65.000	-70.289	91.357	4,644.650	328,095.590	8,798,948.720
70.000	-70.283	91.327	4,639.940	328,097.280	8,798,948.680
75.000	-70.259	91.368	4,635.240	328,098.970	8,798,948.640
80.000	-70.254	91.365	4,630.530	328,100.660	8,798,948.600
85.000	-70.251	91.365	4,625.830	328,102.350	8,798,948.560
90.000	-70.263	91.354	4,621.120	328,104.040	8,798,948.520
95.000	-70.289	91.354	4,616.420	328,105.730	8,798,948.480
100.000	-70.289	91.355	4,611.710	328,107.420	8,798,948.440
105.000	-70.289	91.355	4,607.000	328,109.110	8,798,948.400
110.000	-70.271	91.368	4,602.300	328,110.800	8,798,948.360
115.000	-70.256	91.367	4,597.590	328,112.490	8,798,948.320
120.000	-70.254	91.368	4,592.890	328,114.180	8,798,948.280
125.000	-70.254	91.369	4,588.180	328,115.870	8,798,948.240

130.000	-70.258	91.348	4,583.480	328,117.560	8,798,948.200
135.000	-70.286	91.357	4,578.770	328,119.250	8,798,948.160
140.000	-70.289	91.356	4,574.070	328,120.940	8,798,948.120

Fuente: Elaboración propia

Figura 48. Vista en 3D de la medición del sondaje DDHMR2344.



Fuente: Elaboración propia.

SONDAJE DDHMR2345

Tabla 19 Resultados del procesamiento de datos en la medición In-Run del sondaje DDHMR2345.

MD	Dip	Az.	Elev.	+E/-W	+N/-S
(m)	(°)	(°)	(m)	(m)	(m)
0.000	-80.272	90.593	4,702.140	328,146.670	8,798,750.890
5.000	-80.272	90.484	4,697.220	328,147.520	8,798,750.890
10.000	-80.242	90.510	4,692.290	328,148.360	8,798,750.880
15.000	-80.235	90.509	4,687.360	328,149.210	8,798,750.870
20.000	-80.235	90.502	4,682.430	328,150.060	8,798,750.860
25.000	-80.258	90.569	4,677.510	328,150.910	8,798,750.860
30.000	-80.270	90.568	4,672.580	328,151.750	8,798,750.850
35.000	-80.267	90.566	4,667.650	328,152.600	8,798,750.840
40.000	-80.269	90.477	4,662.720	328,153.440	8,798,750.830

45.000	-80.244	90.484	4,657.790	328,154.290	8,798,750.820
50.000	-80.235	90.491	4,652.870	328,155.140	8,798,750.820
55.000	-80.238	90.491	4,647.940	328,155.980	8,798,750.810
60.000	-80.266	90.555	4,643.010	328,156.830	8,798,750.800
65.000	-80.268	90.550	4,638.080	328,157.670	8,798,750.790
70.000	-80.267	90.478	4,633.150	328,158.520	8,798,750.790
75.000	-80.253	90.466	4,628.230	328,159.370	8,798,750.780
80.000	-80.234	90.476	4,623.300	328,160.210	8,798,750.770
85.000	-80.234	90.481	4,618.370	328,161.060	8,798,750.760
90.000	-80.246	90.546	4,613.440	328,161.910	8,798,750.760

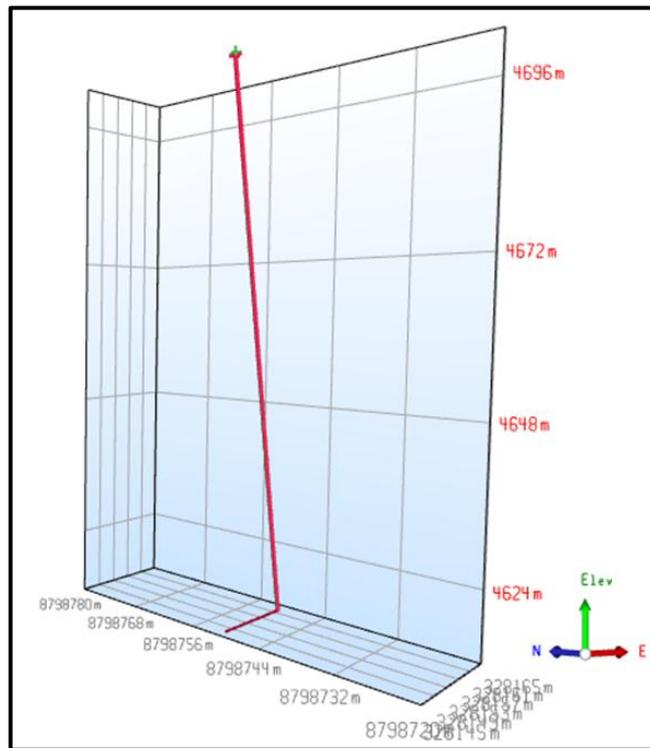
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20 Resultados del procesamiento de datos en la medición Out-Run del sondaje DDHMR2345.

MD	Dip	Az.	Elev.	+E/-W	+N/-S
(m)	(°)	(°)	(m)	(m)	(m)
0.000	-80.258	90.462	4,702.140	328,146.670	8,798,750.890
5.000	-80.238	90.414	4,697.220	328,147.520	8,798,750.890
10.000	-80.236	90.402	4,692.290	328,148.370	8,798,750.880
15.000	-80.246	90.396	4,687.360	328,149.210	8,798,750.880
20.000	-80.271	90.490	4,682.430	328,150.060	8,798,750.870
25.000	-80.269	90.502	4,677.500	328,150.900	8,798,750.860
30.000	-80.270	90.495	4,672.580	328,151.750	8,798,750.850
35.000	-80.255	90.439	4,667.650	328,152.600	8,798,750.850
40.000	-80.236	90.428	4,662.720	328,153.440	8,798,750.840
45.000	-80.237	90.418	4,657.790	328,154.290	8,798,750.840
50.000	-80.261	90.509	4,652.870	328,155.140	8,798,750.830
55.000	-80.267	90.514	4,647.940	328,155.980	8,798,750.820
60.000	-80.267	90.523	4,643.010	328,156.830	8,798,750.810
65.000	-80.269	90.448	4,638.080	328,157.670	8,798,750.810
70.000	-80.240	90.452	4,633.150	328,158.520	8,798,750.800
75.000	-80.233	90.444	4,628.230	328,159.370	8,798,750.790
80.000	-80.237	90.439	4,623.300	328,160.220	8,798,750.790
85.000	-80.264	90.527	4,618.370	328,161.060	8,798,750.780
90.000	-80.267	90.535	4,613.440	328,161.910	8,798,750.770

Fuente: Elaboración propia.

Figura 49. Vista en 3D de la medición del sondaje DDHMR2345.



Fuente: Elaboración propia.

SONDAJE DDHMR2346

Tabla 21 Resultados del procesamiento de datos en la medición In-Run del sondaje DDHMR2346.

MD (m)	Dip (°)	Az. (°)	Elev. (m)	+E/-W (m)	+N/-S (m)
0.000	-45.320	89.659	4,703.080	328,159.350	8,798,800.980
5.000	-45.296	89.637	4,699.530	328,162.870	8,798,801.000
10.000	-45.285	89.633	4,695.970	328,166.380	8,798,801.020
15.000	-45.291	89.658	4,692.420	328,169.900	8,798,801.040
20.000	-45.313	89.657	4,688.860	328,173.420	8,798,801.060
25.000	-45.317	89.656	4,685.310	328,176.930	8,798,801.090
30.000	-45.308	89.629	4,681.750	328,180.450	8,798,801.110
35.000	-45.287	89.631	4,678.200	328,183.970	8,798,801.130
40.000	-45.283	89.633	4,674.650	328,187.490	8,798,801.150
45.000	-45.289	89.630	4,671.090	328,191.000	8,798,801.170
50.000	-45.298	89.653	4,667.540	328,194.520	8,798,801.200

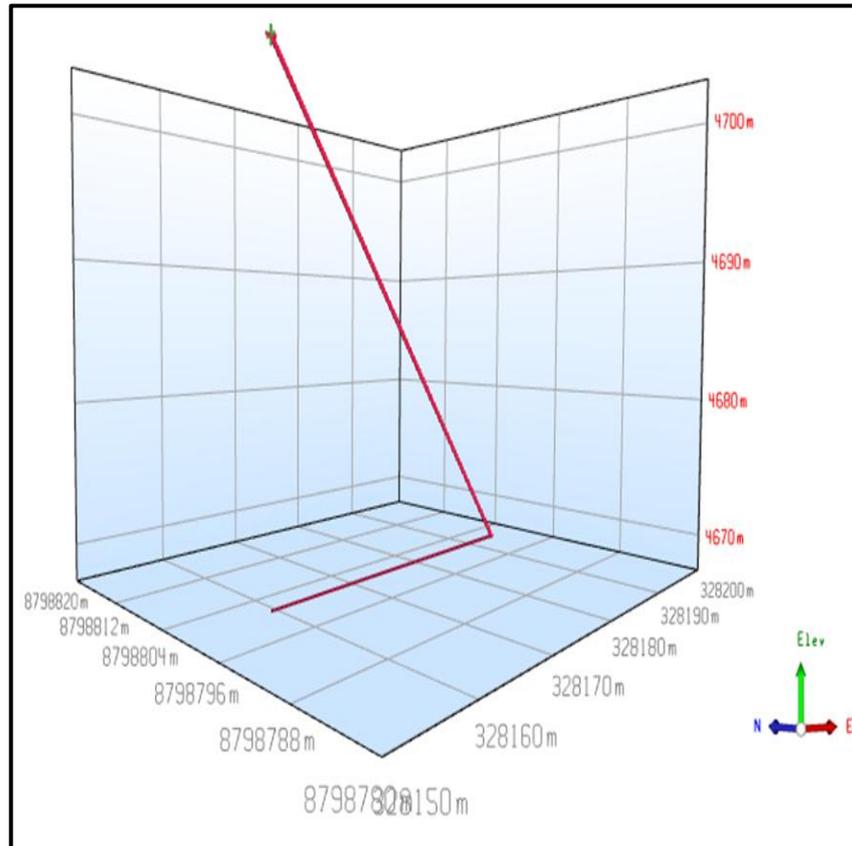
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22 Resultados del procesamiento de datos en la medición Out-Run del sondaje DDHMR2346.

MD (m)	Dip (°)	Az. (°)	Elev. (m)	+E/-W (m)	+N/-S (m)
0.000	-45.280	89.630	4,703.080	328,159.350	8,798,800.980
5.000	-45.280	89.625	4,699.530	328,162.870	8,798,801.000
10.000	-45.288	89.647	4,695.970	328,166.380	8,798,801.020
15.000	-45.306	89.650	4,692.420	328,169.900	8,798,801.040
20.000	-45.306	89.652	4,688.860	328,173.420	8,798,801.070
25.000	-45.304	89.624	4,685.310	328,176.930	8,798,801.090
30.000	-45.284	89.632	4,681.760	328,180.450	8,798,801.110
35.000	-45.282	89.630	4,678.200	328,183.970	8,798,801.130
40.000	-45.283	89.627	4,674.650	328,187.490	8,798,801.160
45.000	-45.297	89.652	4,671.100	328,191.010	8,798,801.180
50.000	-45.319	89.653	4,667.540	328,194.520	8,798,801.200

Fuente: Elaboración propia.

Figura 50. Vista en 3D de la medición del sondaje DDHMR2346.



Fuente: Elaboración propia.

SONDAJE DDHMR2347

Tabla 23 Resultados del procesamiento de datos en la medición In-Run del sondeaje DDHMR2347.

MD (m)	Dip (°)	Az. (°)	Elev. (m)	+E/-W (m)	+N/-S (m)
0.000	-45.516	90.176	4,691.920	328,134.150	8,799,076.740
5.000	-45.487	90.167	4,688.350	328,137.660	8,799,076.730
10.000	-45.504	90.171	4,684.790	328,141.160	8,799,076.720
15.000	-45.509	90.169	4,681.220	328,144.670	8,799,076.710
20.000	-45.508	90.152	4,677.650	328,148.170	8,799,076.700
25.000	-45.491	90.140	4,674.090	328,151.680	8,799,076.690
30.000	-45.483	90.141	4,670.520	328,155.180	8,799,076.680
35.000	-45.483	90.143	4,666.960	328,158.690	8,799,076.670
40.000	-45.489	90.166	4,663.390	328,162.190	8,799,076.660
45.000	-45.509	90.165	4,659.820	328,165.700	8,799,076.650
50.000	-45.510	90.163	4,656.260	328,169.200	8,799,076.640
55.000	-45.499	90.134	4,652.690	328,172.710	8,799,076.630
60.000	-45.484	90.135	4,649.130	328,176.210	8,799,076.620

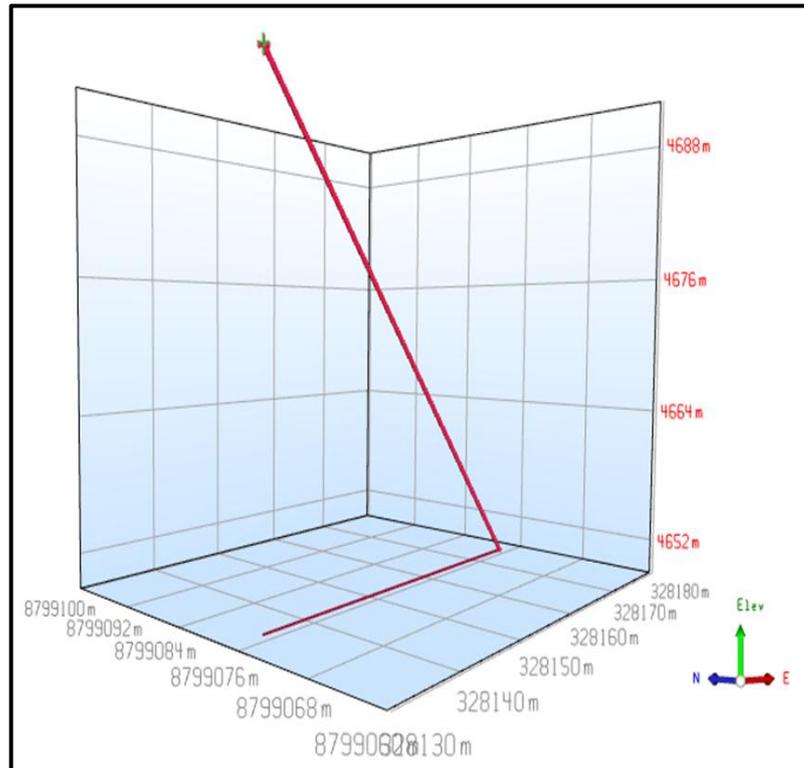
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24 Resultados del procesamiento de datos en la medición Out-Run del sondeaje DDHMR2347.

MD (m)	Dip (°)	Az. (°)	Elev. (m)	+E/-W (m)	+N/-S (m)
0.000	-45.509	90.147	4,691.920	328,134.150	8,799,076.740
5.000	-45.484	90.125	4,688.350	328,137.660	8,799,076.730
10.000	-45.486	90.122	4,684.790	328,141.160	8,799,076.720
15.000	-45.495	90.148	4,681.220	328,144.670	8,799,076.710
20.000	-45.513	90.154	4,677.660	328,148.170	8,799,076.710
25.000	-45.511	90.156	4,674.090	328,151.680	8,799,076.700
30.000	-45.491	90.128	4,670.520	328,155.180	8,799,076.690
35.000	-45.483	90.131	4,666.960	328,158.690	8,799,076.680
40.000	-45.484	90.128	4,663.390	328,162.190	8,799,076.670
45.000	-45.489	90.144	4,659.830	328,165.700	8,799,076.660
50.000	-45.507	90.157	4,656.260	328,169.200	8,799,076.650
55.000	-45.509	90.158	4,652.690	328,172.710	8,799,076.640
60.000	-45.500	90.132	4,649.130	328,176.210	8,799,076.640

Fuente: Elaboración propia.

Figura 51. Vista en 3D de la medición del sondaje DDHMR2347.



Fuente: Elaboración propia.

SONDAJE DDHMR2348

Tabla 25 Resultados del procesamiento de datos en la medición In-Run del sondaje DDHMR2348.

MD (m)	Dip (°)	Az. (°)	Elev. (m)	+E/-W (m)	+N/-S (m)
0.000	-58.815	90.098	4,660.200	328,308.960	8,798,293.660
5.000	-58.803	90.064	4,655.920	328,311.540	8,798,293.660
10.000	-58.781	90.074	4,651.650	328,314.140	8,798,293.660
15.000	-58.773	90.078	4,647.370	328,316.730	8,798,293.650
20.000	-58.774	90.091	4,643.090	328,319.320	8,798,293.650
25.000	-58.795	90.122	4,638.820	328,321.910	8,798,293.640
30.000	-58.801	90.128	4,634.540	328,324.500	8,798,293.640
35.000	-58.801	90.112	4,630.260	328,327.090	8,798,293.630
40.000	-58.790	90.096	4,625.990	328,329.680	8,798,293.630
45.000	-58.774	90.103	4,621.710	328,332.270	8,798,293.620
50.000	-58.773	90.109	4,617.430	328,334.860	8,798,293.620
55.000	-58.784	90.146	4,613.160	328,337.450	8,798,293.610
60.000	-58.802	90.149	4,608.880	328,340.040	8,798,293.610
65.000	-58.801	90.152	4,604.600	328,342.630	8,798,293.600
70.000	-58.801	90.109	4,600.320	328,345.220	8,798,293.590

75.000	-58.778	90.118	4,596.050	328,347.810	8,798,293.590
80.000	-58.773	90.124	4,591.770	328,350.400	8,798,293.580
85.000	-58.773	90.116	4,587.490	328,352.990	8,798,293.580
90.000	-58.786	90.168	4,583.220	328,355.580	8,798,293.570
95.000	-58.802	90.171	4,578.940	328,358.170	8,798,293.560
100.000	-58.801	90.172	4,574.660	328,360.760	8,798,293.560
105.000	-58.795	90.134	4,570.380	328,363.340	8,798,293.550
110.000	-58.776	90.142	4,566.110	328,365.930	8,798,293.540
115.000	-58.770	90.149	4,561.830	328,368.520	8,798,293.540
120.000	-58.767	90.190	4,557.550	328,371.120	8,798,293.530
125.000	-58.791	90.191	4,553.280	328,373.700	8,798,293.520
130.000	-58.790	90.194	4,549.000	328,376.290	8,798,293.510
135.000	-58.785	90.152	4,544.720	328,378.880	8,798,293.500
140.000	-58.765	90.162	4,540.440	328,381.470	8,798,293.500

Fuente: Elaboración propia.

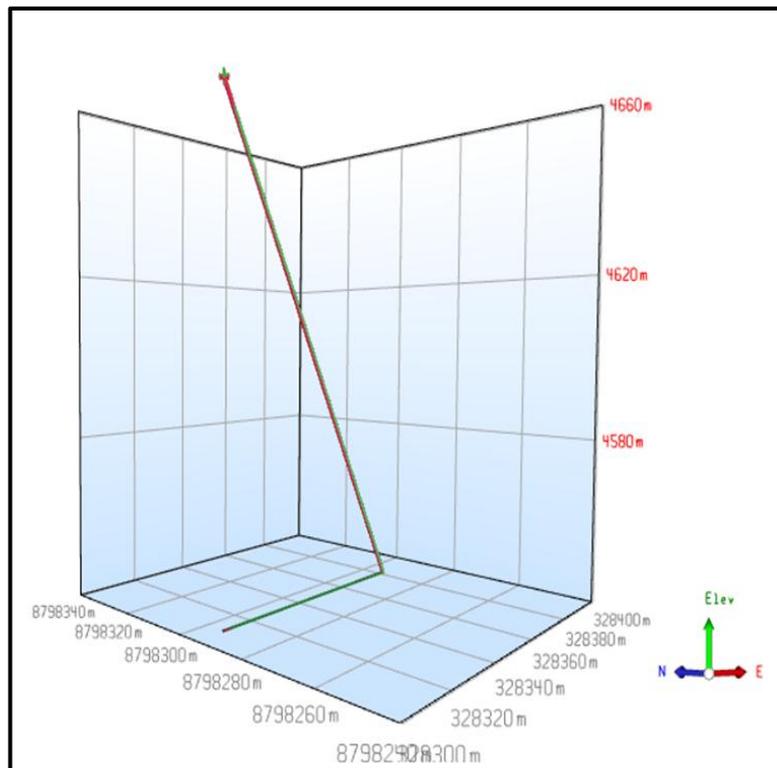
Tabla 26 Resultados del procesamiento de datos en la medición Out-Run del sondaje DDHMR2348.

MD	Dip	Az.	Elev.	+E/-W	+N/-S
(m)	(°)	(°)	(m)	(m)	(m)
0.000	-58.776	90.142	4,660.200	328,308.960	8,798,293.660
5.000	-58.788	90.173	4,655.920	328,311.550	8,798,293.660
10.000	-58.790	90.171	4,651.650	328,314.140	8,798,293.650
15.000	-58.773	90.135	4,647.370	328,316.730	8,798,293.640
20.000	-58.762	90.137	4,643.100	328,319.320	8,798,293.640
25.000	-58.763	90.139	4,638.820	328,321.920	8,798,293.630
30.000	-58.783	90.186	4,634.540	328,324.510	8,798,293.620
35.000	-58.790	90.184	4,630.270	328,327.100	8,798,293.610
40.000	-58.787	90.168	4,625.990	328,329.690	8,798,293.610
45.000	-58.762	90.145	4,621.720	328,332.280	8,798,293.600
50.000	-58.758	90.146	4,617.440	328,334.870	8,798,293.590
55.000	-58.762	90.144	4,613.170	328,337.470	8,798,293.590
60.000	-58.786	90.191	4,608.890	328,340.060	8,798,293.580
65.000	-58.789	90.190	4,604.610	328,342.650	8,798,293.570
70.000	-58.789	90.190	4,600.340	328,345.240	8,798,293.560
75.000	-58.769	90.154	4,596.060	328,347.830	8,798,293.550
80.000	-58.761	90.154	4,591.790	328,350.430	8,798,293.550
85.000	-58.762	90.156	4,587.510	328,353.020	8,798,293.540
90.000	-58.778	90.201	4,583.240	328,355.610	8,798,293.530
95.000	-58.785	90.198	4,578.960	328,358.200	8,798,293.520
100.000	-58.786	90.234	4,574.680	328,360.790	8,798,293.510
105.000	-58.786	90.232	4,570.400	328,363.380	8,798,293.500
110.000	-58.792	90.231	4,566.130	328,365.970	8,798,293.490
115.000	-58.778	90.190	4,561.850	328,368.550	8,798,293.480

120.000	-58.764	90.182	4,557.570	328,371.140	8,798,293.470
125.000	-58.764	90.174	4,553.290	328,373.740	8,798,293.470
130.000	-58.777	90.210	4,549.020	328,376.320	8,798,293.460
135.000	-58.796	90.212	4,544.740	328,378.910	8,798,293.450
140.000	-58.794	90.210	4,540.460	328,381.500	8,798,293.440

Fuente: Elaboración propia.

Figura 52. Vista en 3D de la medición del sondaje DDHMR2348.



Fuente: Elaboración propia.

4.2.4. Cálculo de la desviación de los sondajes

Una vez realizado el procesamiento de las mediciones según el levantamiento topográfico, tenemos que calcular cual es la desviación de cada sondaje de acuerdo al plan de perforación de cada sondaje.

Cálculo de la desviación porcentual, para ello vamos a aplicar la siguiente ecuación:

$$R = \sqrt{\Delta N^2 + \Delta E^2 + \Delta A^2}$$

$$\%Desviación = \frac{R}{Profundidad\ Total} \times 100$$

Donde:

ΔN^2 : Diferencia entre la coordenada Norte planeada al fin del pozo y la coordenada Norte medida al fin del pozo, elevada al cuadrado.

ΔE^2 : Diferencia entre la coordenada Este planeada al fin del pozo y la coordenada Este medida al fin del pozo, elevada al cuadrado.

ΔA^2 : Diferencia entre la altitud planeada al fin del pozo y la altitud medida al fin del pozo, elevada al cuadrado.

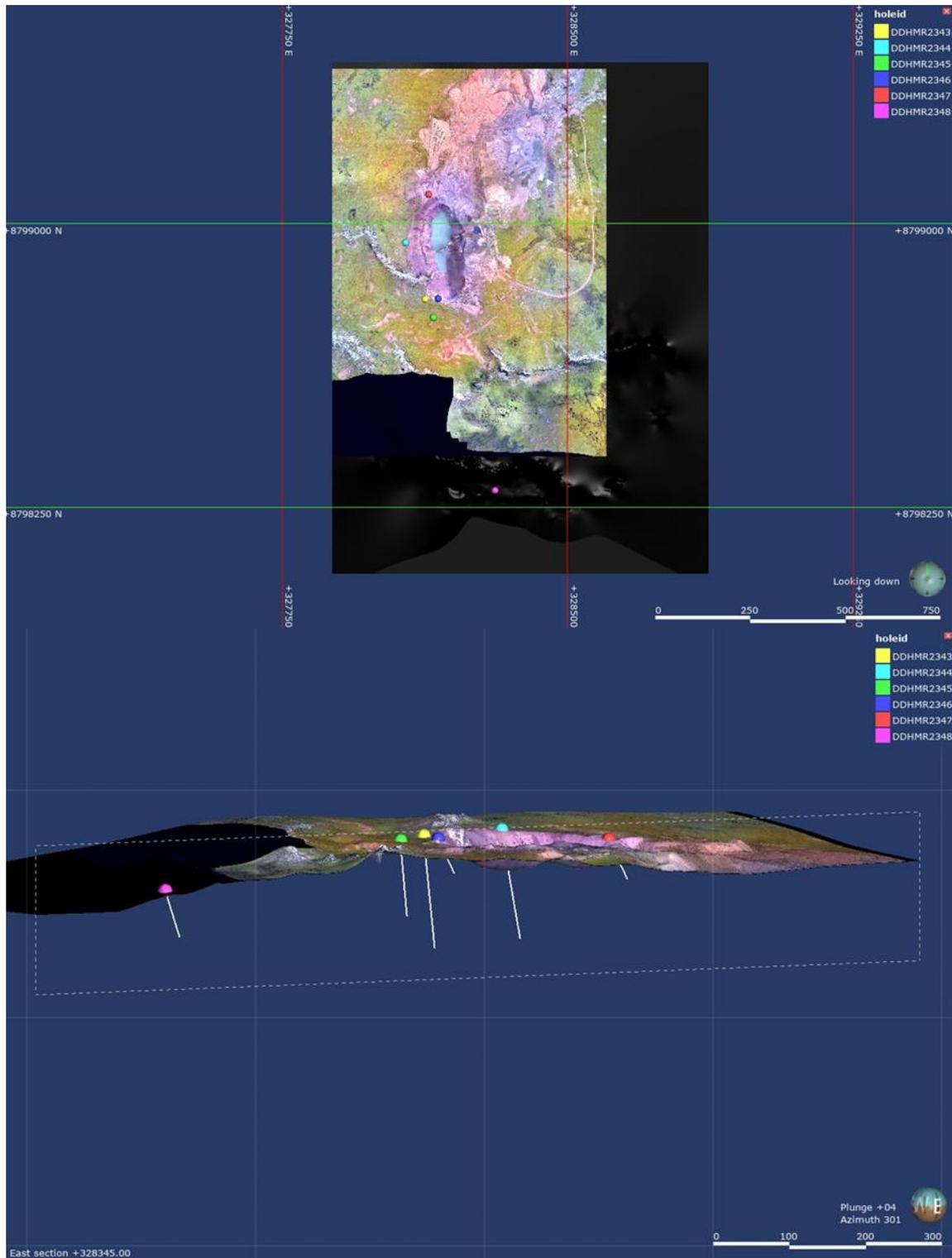
Para obtener las altitud y coordenadas planeadas del fin de sondaje, hacemos un modelamiento en el software Leapfrog GEO:

Tabla 27 Collar y Survey planeado que fue cargado al Leapfrog GEO.

HOLE ID	DIP	AZIMUT	EASTING	NORTHING	ELEVATION	PROFUNDIDAD MEDIDA
DDHMR2343	-80	90	328124.867	8798799.570	4705.638	140.00
DDHMR2344	-70	90	328073.631	8798949.240	4705.826	140.00
DDHMR2345	-80	90	328146.671	8798750.894	4702.144	90.00
DDHMR2346	-45	90	328159.349	8798800.977	4703.079	50.00
DDHMR2347	-45	90	328134.154	8799076.738	4691.919	60.00
DDHMR2348	-60	90	328308.955	8798293.664	4660.199	140.00

Fuente: Elaboración propia.

Figura 53. Vista en planta y sección (3D) del modelamiento de sondajes en el software Leapfrog GEO.



Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizado el modelamiento, obtenemos los datos planeados del final del sondaje (Coordenadas Este, Norte y Elevación).

Tabla 28 *Coordenadas planeadas del final del cada sondaje.*

HOLE ID	EASTING	NORTHING	ELEVATION	PROFUNDIDAD
DDHMR2343	328149.870	8798799.560	4568.240	140.00
DDHMR2344	328121.140	8798949.390	4574.820	140.00
DDHMR2345	328162.290	8798750.900	4613.520	90.00
DDHMR2346	328194.700	8798800.980	4667.720	50.00
DDHMR2347	328176.580	8799076.740	4649.490	60.00
DDHMR2348	328378.96	8798293.66	4538.96	140.00

Fuente: Elaboración propia.

Utilizamos estos datos para el cálculo de desviación de cada sondaje:

SONDAJE DDHMR2343

Tabla 29 *Diferencia entre las coordenadas planeadas y medidas del sondaje DDHMR2343.*

DDHMR2343	Profundidad: 140 metros				
	Az	Dip	Este	Norte	Elevación
Datos Planeados	90.000	-80.000	328149.87	8798799.56	4568.24
Medición de bajada	89.712	-79.893	328149.48	8798799.69	4567.82
Diferencia	0.288	-0.107	0.390	-0.130	0.420
Medición de Subida	89.716	-79.915	328149.43	8798799.69	4567.81
Diferencia	0.284	-0.085	0.440	-0.130	0.430

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de la desviación bajada (In-Run):

$$\sqrt{0.39^2 + 0.13^2 + 0.42^2} = 0.587 \text{ metros}$$

$$\frac{0.587}{140} \times 100 = 0.419 \%$$

Cálculo de la desviación subida (Out-Run):

$$\sqrt{0.44^2 + 0.13^2 + 0.43^2} = 0.628 \text{ metros}$$

$$\frac{0.628}{140} \times 100 = 0.449 \%$$

SONDAJE DDHMR2344

Tabla 30 Diferencia entre las coordenadas planeadas y medidas del sondeaje DDHMR2344.

DDHMR2344	Profundidad: 140 metros				
	Az	Dip	Este	Norte	Elevación
Datos Planeados	90.000	-70.000	328121.14	8798949.39	4574.82
Medición de bajada	91.358	-70.265	328120.91	8798948.12	4574.06
Diferencia	-1.358	0.265	0.230	1.270	0.760
Medición de Subida	91.356	-70.289	328120.94	8798948.12	4574.07
Diferencia	-1.356	0.289	0.200	1.270	0.750

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de la desviación bajada (In-Run):

$$\sqrt{0.23^2 + 1.27^2 + 0.76^2} = 1.497 \text{ metros}$$

$$\frac{1.497}{140} \times 100 = 1.069 \%$$

Cálculo de la desviación subida (Out-Run):

$$\sqrt{0.20^2 + 1.27^2 + 0.75^2} = 1.488 \text{ metros}$$

$$\frac{1.488}{140} \times 100 = 1.063 \%$$

SONDAJE DDHMR2345

Tabla 31 Diferencia entre las coordenadas planeadas y medidas del sondeaje DDHMR2345.

DDHMR2345	Profundidad: 90 metros				
	Az	Dip	Este	Norte	Elevación
Datos Planeados	90.000	-80.000	328162.29	8798750.9	4613.52
Medición de bajada	90.546	-80.246	328161.91	8798750.76	4613.44
Diferencia	-0.546	0.246	0.380	0.140	0.080
Medición de Subida	90.535	-80.267	328161.91	8798750.77	4613.44
Diferencia	-0.535	0.267	0.380	0.130	0.080

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de la desviación bajada (In-Run):

$$\sqrt{0.38^2 + 0.14^2 + 0.08^2} = 0.412 \text{ metros}$$

$$\frac{0.412}{90} \times 100 = 0.458 \%$$

Cálculo de la desviación subida (Out-Run):

$$\sqrt{0.38^2 + 0.13^2 + 0.08^2} = 0.409 \text{ metros}$$

$$\frac{0.409}{90} \times 100 = 0.455 \%$$

SONDAJE DDHMR2346

Tabla 32 Diferencia entre las coordenadas planeadas y medidas del sondeaje DDHMR2346.

DDHMR2346	Profundidad: 50 metros				
	Az	Dip	Este	Norte	Elevación
Datos Planeados	90.000	-45.000	328194.7	8798800.98	4667.72
Medición de bajada	89.653	-45.298	328194.52	8798801.2	4667.54
Diferencia	0.347	0.298	0.180	-0.220	0.180
Medición de Subida	89.653	-45.319	328194.52	8798801.2	4667.54
Diferencia	0.347	0.319	0.180	-0.220	0.180

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de la desviación bajada (In-Run):

$$\sqrt{0.18^2 + 0.22^2 + 0.18^2} = 0.336 \text{ metros}$$

$$\frac{0.336}{50} \times 100 = 0.672 \%$$

Cálculo de la desviación subida (Out-Run):

$$\sqrt{0.18^2 + 0.22^2 + 0.18^2} = 0.336 \text{ metros}$$

$$\frac{0.336}{50} \times 100 = 0.672 \%$$

SONDAJE DDHMR2347

Tabla 33 Diferencia entre las coordenadas planeadas y medidas del sondeaje DDHMR2347.

DDHMR2347	Profundidad: 60 metros				
	Az	Dip	Este	Norte	Elevación
Datos Planeados	90.000	-45.000	328176.58	8799076.74	4649.49
Medición de bajada	90.135	-45.484	328176.21	8799076.62	4649.13
Diferencia	-0.135	0.484	0.370	0.120	0.360
Medición de Subida	90.132	-45.5	328176.21	8799076.64	4649.13
Diferencia	-0.132	0.500	0.370	0.100	0.360

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de la desviación bajada (In-Run):

$$\sqrt{0.37^2 + 0.12^2 + 0.36^2} = 0.530 \text{ metros}$$

$$\frac{0.530}{60} \times 100 = 0.883 \%$$

Cálculo de la desviación subida (Out-Run):

$$\sqrt{0.37^2 + 0.10^2 + 0.36^2} = 0.525 \text{ metros}$$

$$\frac{0.525}{60} \times 100 = 0.876 \%$$

SONDAJE DDHMR2348

Tabla 34 Diferencia entre las coordenadas planeadas y medidas del sondeaje DDHMR2348.

DDHMR2347	Profundidad: 140 metros				
	Az	Dip	Este	Norte	Elevación
Datos Planeados	90.000	-60.000	328378.96	8798293.66	4538.96
Medición de bajada	90.162	-58.765	328381.47	8798293.5	4540.44
Diferencia	-0.162	-1.235	-2.510	0.160	-1.480
Medición de Subida	90.21	-58.794	328381.5	8798293.44	4540.46
Diferencia	-0.210	-1.206	-2.540	0.220	-1.500

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de la desviación bajada (In-Run):

$$\sqrt{2.51^2 + 0.16^2 + 1.48^2} = 2.918 \text{ metros}$$

$$\frac{2.918}{140} \times 100 = 2.084 \%$$

Cálculo de la desviación subida (Out-Run):

$$\sqrt{2.54^2 + 0.22^2 + 1.50^2} = 2.958 \text{ metros}$$

$$\frac{2.958}{140} \times 100 = 2.112 \%$$

4.2.5. Evaluación de la precisión del equipo GyroMaster

Estos son los siguientes métodos para comprobar que la herramienta cumpla con la ficha técnica publicada.

- **Realizar una medición in-run/out-run:** Esto significa que se completará 2 mediciones independientes del pozo para asegurarse de que los datos coincidan. Este es un procedimiento estándar y una medida de control de calidad.
- **Pregunte al fabricante:** Se debe solicitar que muestren la capacidad de medir verticalmente -89 grados, en modo continuo y que la diferencia entre las mediciones hacia abajo y hacia arriba no exceda el 0.1% de la profundidad medida en NS / Coordenadas EW. Esto se comprueba con los certificados de calibración que se emite en la casa matriz y que son compartidos con el cliente para su seguridad de funcionalidad de la herramienta.
- **Pruebe su herramienta:** Su herramienta debe ser probada según las especificaciones declaradas en la ficha técnica, tanto en ángulos de inclinación y azimut como velocidad de corrida. Esto se comprueba con los certificados de verificación emitidos por el país donde se realizará los

servicios y que son compartidos con el cliente para su seguridad y funcionalidad de la herramienta.

Figura 54. Ficha técnica del equipo GyroMaster usado en las mediciones.

GyroMaster™

Precisión	
Inclinación	$\pm 0.05^\circ$
Precisión azimut	$\pm 0.5^\circ$ *
Precisión en las coordenadas	$<0.1\%$ (NS, EW, Alt)**

*Quoted at 3 sigma (99.7% assurance)
** Dependiente del perfil del pozo.



Fuente: Elaboración propia.

Mediciones in-run y out-run

SONDAJE DDHMR2343:

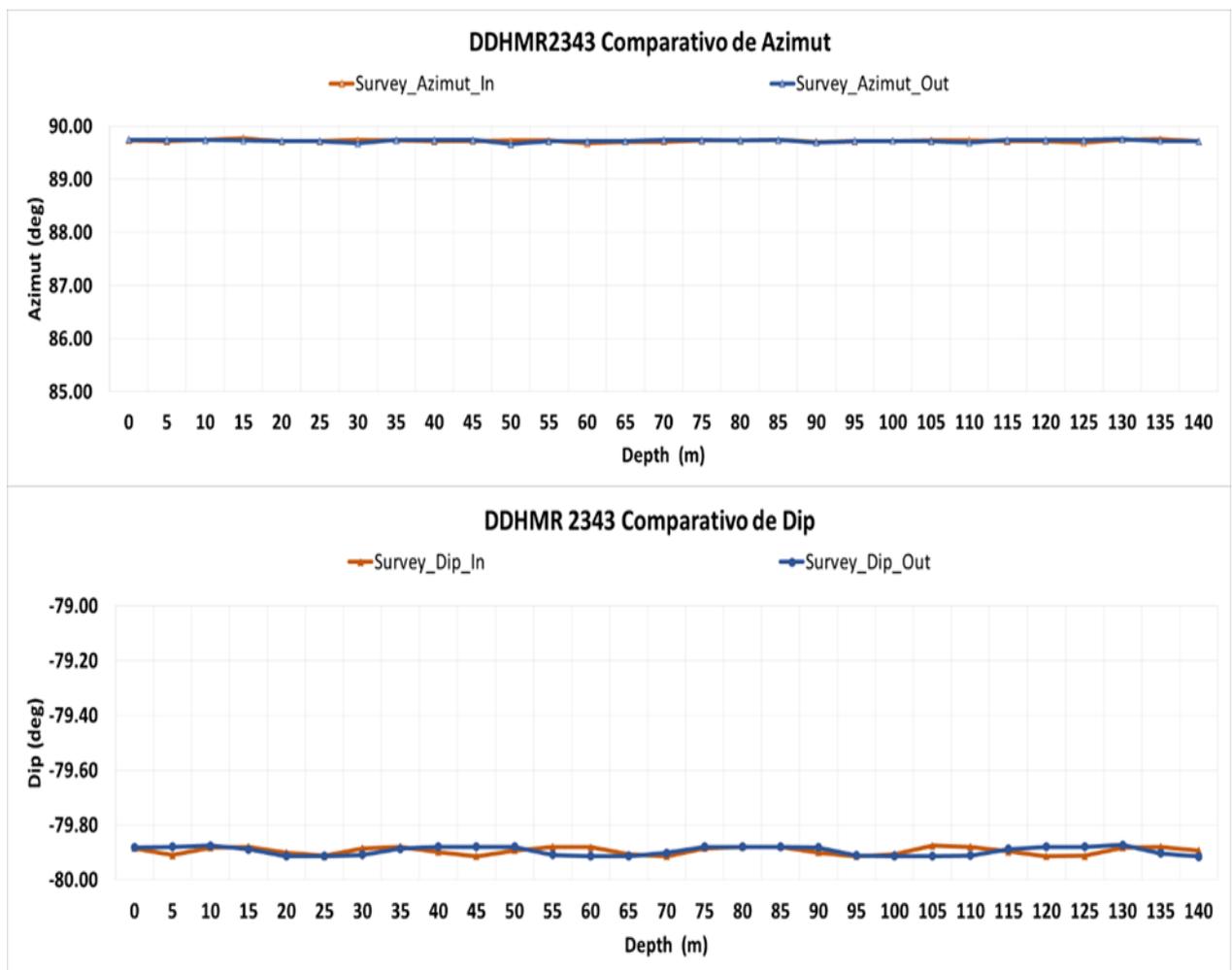
Tabla 35 Comparativo de datos procesados de las mediciones In-Run y Out-Run del sondeaje DDHMR2343.

MD (m)	IN RUN					OUT RUN				
	Dip (°)	Az. (°)	Elev. (m)	+E/-W (m)	+N/-S (m)	Dip (°)	Az. (°)	Elev. (m)	+E/-W (m)	+N/-S (m)
0	-79.885	89.734	4705.64	328124.87	8798799.57	-79.882	89.747	4705.64	328124.87	8798799.57
5	-79.91	89.712	4700.72	328125.74	8798799.57	-79.88	89.741	4700.72	328125.75	8798799.57
10	-79.882	89.74	4695.79	328126.62	8798799.58	-79.876	89.744	4695.79	328126.62	8798799.58
15	-79.88	89.771	4690.87	328127.5	8798799.58	-79.889	89.725	4690.87	328127.5	8798799.58
20	-79.9	89.716	4685.95	328128.38	8798799.59	-79.914	89.722	4685.95	328128.38	8798799.59
25	-79.913	89.716	4681.03	328129.26	8798799.59	-79.914	89.719	4681.03	328129.25	8798799.59
30	-79.885	89.739	4676.1	328130.14	8798799.59	-79.909	89.677	4676.1	328130.13	8798799.59
35	-79.88	89.734	4671.18	328131.01	8798799.6	-79.886	89.744	4671.18	328131.01	8798799.6
40	-79.898	89.717	4666.26	328131.89	8798799.6	-79.879	89.744	4666.26	328131.89	8798799.6
45	-79.914	89.722	4661.34	328132.77	8798799.61	-79.879	89.743	4661.34	328132.76	8798799.61
50	-79.893	89.728	4656.42	328133.65	8798799.61	-79.879	89.665	4656.41	328133.64	8798799.61
55	-79.879	89.729	4651.49	328134.53	8798799.62	-79.908	89.717	4651.49	328134.52	8798799.62
60	-79.881	89.674	4646.57	328135.41	8798799.62	-79.914	89.715	4646.57	328135.39	8798799.62
65	-79.907	89.707	4641.65	328136.29	8798799.63	-79.914	89.714	4641.65	328136.27	8798799.62
70	-79.914	89.706	4636.73	328137.16	8798799.63	-79.902	89.739	4636.72	328137.15	8798799.63
75	-79.885	89.731	4631.8	328138.04	8798799.63	-79.88	89.738	4631.8	328138.03	8798799.63
80	-79.879	89.73	4626.88	328138.92	8798799.64	-79.879	89.736	4626.88	328138.9	8798799.64

85	-79.88	89.74	4621.96	328139.8	8798799.64	-79.879	89.739	4621.96	328139.78	8798799.64
90	-79.901	89.711	4617.04	328140.68	8798799.65	-79.882	89.694	4617.03	328140.66	8798799.64
95	-79.914	89.713	4612.12	328141.56	8798799.65	-79.911	89.719	4612.11	328141.54	8798799.65
100	-79.906	89.722	4607.19	328142.44	8798799.66	-79.914	89.72	4607.19	328142.41	8798799.65
105	-79.876	89.737	4602.27	328143.32	8798799.66	-79.914	89.717	4602.27	328143.29	8798799.66
110	-79.88	89.735	4597.35	328144.2	8798799.66	-79.911	89.688	4597.34	328144.16	8798799.66
115	-79.896	89.717	4592.43	328145.08	8798799.67	-79.887	89.738	4592.42	328145.04	8798799.67
120	-79.914	89.721	4587.51	328145.96	8798799.67	-79.879	89.741	4587.5	328145.92	8798799.67
125	-79.912	89.688	4582.58	328146.84	8798799.68	-79.879	89.742	4582.58	328146.8	8798799.67
130	-79.882	89.749	4577.66	328147.72	8798799.68	-79.873	89.755	4577.66	328147.68	8798799.68
135	-79.879	89.752	4572.74	328148.6	8798799.68	-79.903	89.719	4572.73	328148.55	8798799.68
140	-79.893	89.712	4567.82	328149.48	8798799.69	-79.915	89.716	4567.81	328149.43	8798799.69

Fuente: Elaboración propia.

Figura 55. Gráfico comparativo de cada profundidad en Dip y Azimut del sondaje DDHMR2343.



Fuente: Elaboración propia

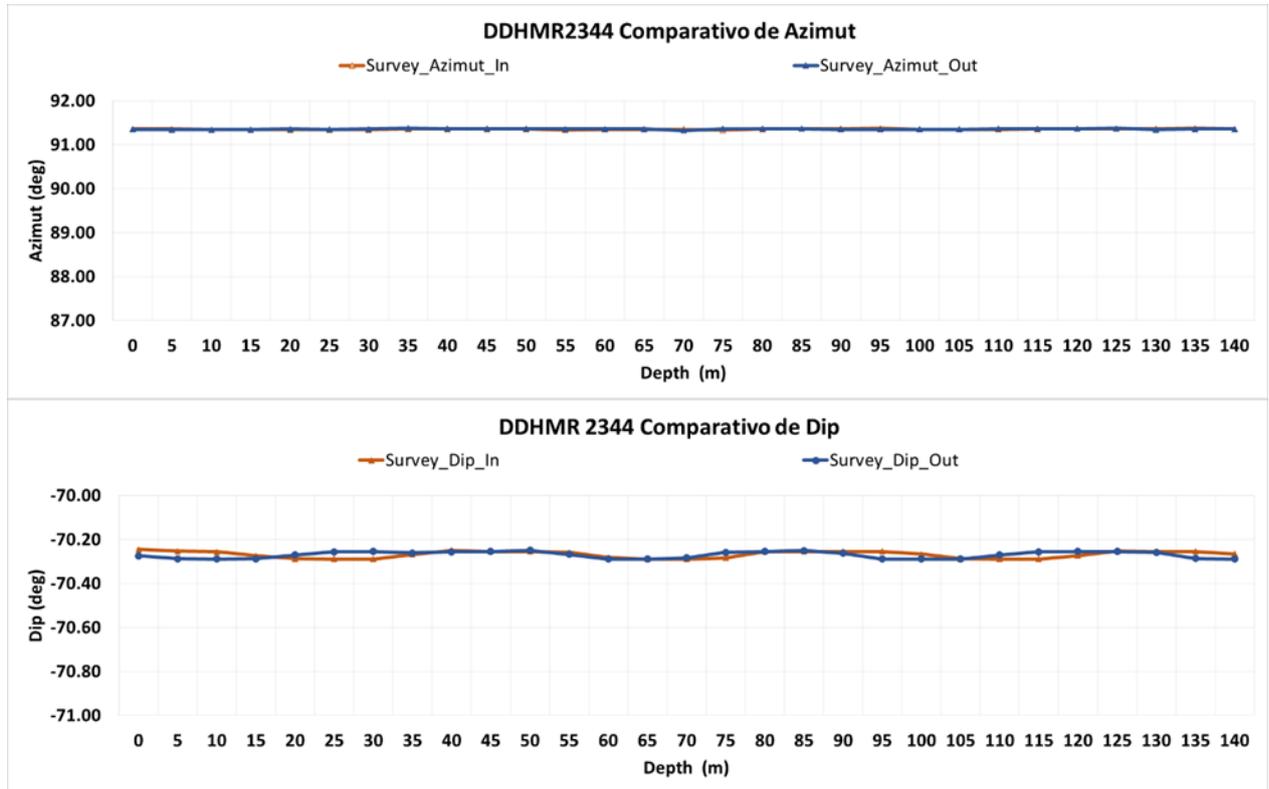
SONDAJE DDHMR2344:

Tabla 36 Comparativo de datos procesados de las mediciones In-Run y Out-Run del sondeaje DDHMR2344.

MD (m)	IN RUN					OUT RUN				
	Dip (°)	Az. (°)	Elev. (m)	+E/-W (m)	+N/-S (m)	Dip (°)	Az. (°)	Elev. (m)	+E/-W (m)	+N/-S (m)
0	-70.245	91.358	4705.83	328073.63	8798949.24	-70.274	91.35	4705.83	328073.63	8798949.24
5	-70.253	91.358	4701.12	328075.32	8798949.2	-70.287	91.345	4701.12	328075.32	8798949.2
10	-70.256	91.346	4696.41	328077.01	8798949.16	-70.289	91.343	4696.41	328077	8798949.16
15	-70.274	91.347	4691.71	328078.7	8798949.12	-70.287	91.345	4691.71	328078.69	8798949.12
20	-70.288	91.346	4687	328080.38	8798949.08	-70.271	91.357	4687	328080.38	8798949.08
25	-70.289	91.347	4682.29	328082.07	8798949.04	-70.256	91.353	4682.29	328082.07	8798949.04
30	-70.289	91.346	4677.59	328083.76	8798949	-70.254	91.356	4677.59	328083.75	8798949
35	-70.268	91.358	4672.88	328085.44	8798948.96	-70.261	91.381	4672.88	328085.44	8798948.96
40	-70.249	91.358	4668.18	328087.13	8798948.92	-70.256	91.368	4668.18	328087.14	8798948.92
45	-70.254	91.359	4663.47	328088.82	8798948.88	-70.254	91.367	4663.47	328088.83	8798948.88
50	-70.254	91.36	4658.76	328090.51	8798948.84	-70.249	91.365	4658.77	328090.52	8798948.84
55	-70.259	91.339	4654.06	328092.2	8798948.8	-70.268	91.357	4654.06	328092.21	8798948.8
60	-70.282	91.349	4649.35	328093.89	8798948.76	-70.289	91.357	4649.36	328093.9	8798948.76
65	-70.289	91.35	4644.64	328095.58	8798948.72	-70.289	91.357	4644.65	328095.59	8798948.72
70	-70.289	91.349	4639.94	328097.26	8798948.68	-70.283	91.327	4639.94	328097.28	8798948.68
75	-70.284	91.332	4635.23	328098.95	8798948.64	-70.259	91.368	4635.24	328098.97	8798948.64
80	-70.254	91.361	4630.53	328100.64	8798948.6	-70.254	91.365	4630.53	328100.66	8798948.6
85	-70.254	91.363	4625.82	328102.33	8798948.56	-70.251	91.365	4625.83	328102.35	8798948.56
90	-70.254	91.364	4621.11	328104.02	8798948.52	-70.263	91.354	4621.12	328104.04	8798948.52
95	-70.254	91.372	4616.41	328105.71	8798948.48	-70.289	91.354	4616.42	328105.73	8798948.48
100	-70.267	91.355	4611.7	328107.4	8798948.44	-70.289	91.355	4611.71	328107.42	8798948.44
105	-70.287	91.353	4607	328109.09	8798948.4	-70.289	91.355	4607	328109.11	8798948.4
110	-70.289	91.355	4602.29	328110.77	8798948.36	-70.271	91.368	4602.3	328110.8	8798948.36
115	-70.289	91.356	4597.58	328112.46	8798948.32	-70.256	91.367	4597.59	328112.49	8798948.32
120	-70.273	91.368	4592.88	328114.15	8798948.28	-70.254	91.368	4592.89	328114.18	8798948.28
125	-70.252	91.367	4588.17	328115.84	8798948.24	-70.254	91.369	4588.18	328115.87	8798948.24
130	-70.254	91.367	4583.47	328117.53	8798948.2	-70.258	91.348	4583.48	328117.56	8798948.2
135	-70.254	91.372	4578.76	328119.22	8798948.16	-70.286	91.357	4578.77	328119.25	8798948.16
140	-70.265	91.358	4574.06	328120.91	8798948.12	-70.289	91.356	4574.07	328120.94	8798948.12

Fuente: Elaboración propia.

Figura 56. Gráfico comparativo de cada profundidad en Dip y Azimut del sondaje DDHMR2344.



Fuente: Elaboración propia.

SONDAJE DDHMR2345:

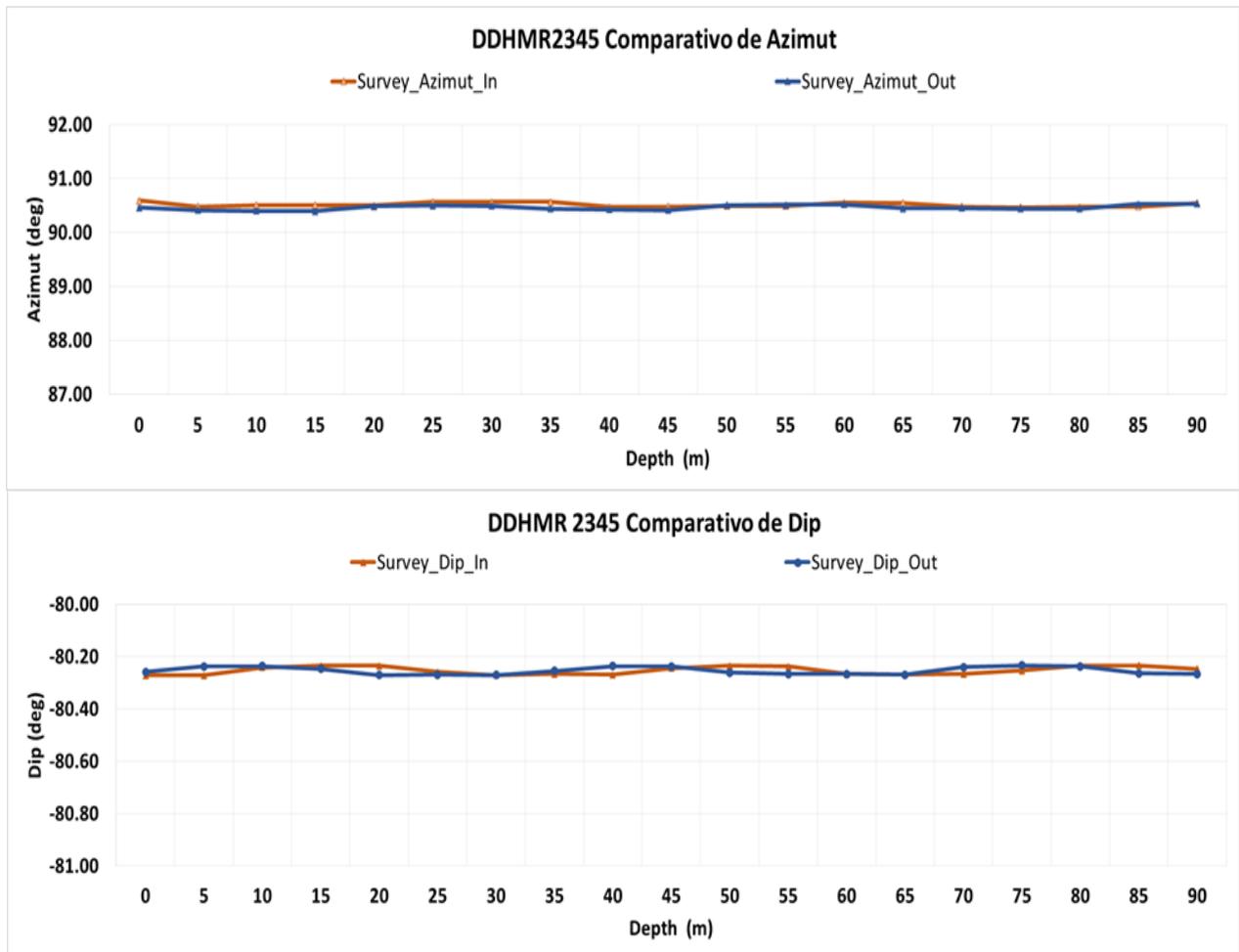
Tabla 37 Comparativo de datos procesados de las mediciones In-Run y Out-Run del sondaje DDHMR2345

MD (m)	IN RUN					OUT RUN				
	Dip (°)	Az. (°)	Elev. (m)	+E/-W (m)	+N/-S (m)	Dip (°)	Az. (°)	Elev. (m)	+E/-W (m)	+N/-S (m)
0	-80.272	90.593	4702.14	328146.67	8798750.89	-80.258	90.462	4702.14	328146.67	8798750.89
5	-80.272	90.484	4697.22	328147.52	8798750.89	-80.238	90.414	4697.22	328147.52	8798750.89
10	-80.242	90.51	4692.29	328148.36	8798750.88	-80.236	90.402	4692.29	328148.37	8798750.88
15	-80.235	90.509	4687.36	328149.21	8798750.87	-80.246	90.396	4687.36	328149.21	8798750.88
20	-80.235	90.502	4682.43	328150.06	8798750.86	-80.271	90.49	4682.43	328150.06	8798750.87
25	-80.258	90.569	4677.51	328150.91	8798750.86	-80.269	90.502	4677.5	328150.9	8798750.86
30	-80.27	90.568	4672.58	328151.75	8798750.85	-80.27	90.495	4672.58	328151.75	8798750.85
35	-80.267	90.566	4667.65	328152.6	8798750.84	-80.255	90.439	4667.65	328152.6	8798750.85
40	-80.269	90.477	4662.72	328153.44	8798750.83	-80.236	90.428	4662.72	328153.44	8798750.84
45	-80.244	90.484	4657.79	328154.29	8798750.82	-80.237	90.418	4657.79	328154.29	8798750.84
50	-80.235	90.491	4652.87	328155.14	8798750.82	-80.261	90.509	4652.87	328155.14	8798750.83
55	-80.238	90.491	4647.94	328155.98	8798750.81	-80.267	90.514	4647.94	328155.98	8798750.82

60	-80.266	90.555	4643.01	328156.83	8798750.8	-80.267	90.523	4643.01	328156.83	8798750.81
65	-80.268	90.55	4638.08	328157.67	8798750.79	-80.269	90.448	4638.08	328157.67	8798750.81
70	-80.267	90.478	4633.15	328158.52	8798750.79	-80.24	90.452	4633.15	328158.52	8798750.8
75	-80.253	90.466	4628.23	328159.37	8798750.78	-80.233	90.444	4628.23	328159.37	8798750.79
80	-80.234	90.476	4623.3	328160.21	8798750.77	-80.237	90.439	4623.3	328160.22	8798750.79
85	-80.234	90.481	4618.37	328161.06	8798750.76	-80.264	90.527	4618.37	328161.06	8798750.78
90	-80.246	90.546	4613.44	328161.91	8798750.76	-80.267	90.535	4613.44	328161.91	8798750.77

Fuente: Elaboración propia.

Figura 57. Gráfico comparativo de cada profundidad en Dip y Azimut del sondaje DDHMR2345.



Fuente: Elaboración propia.

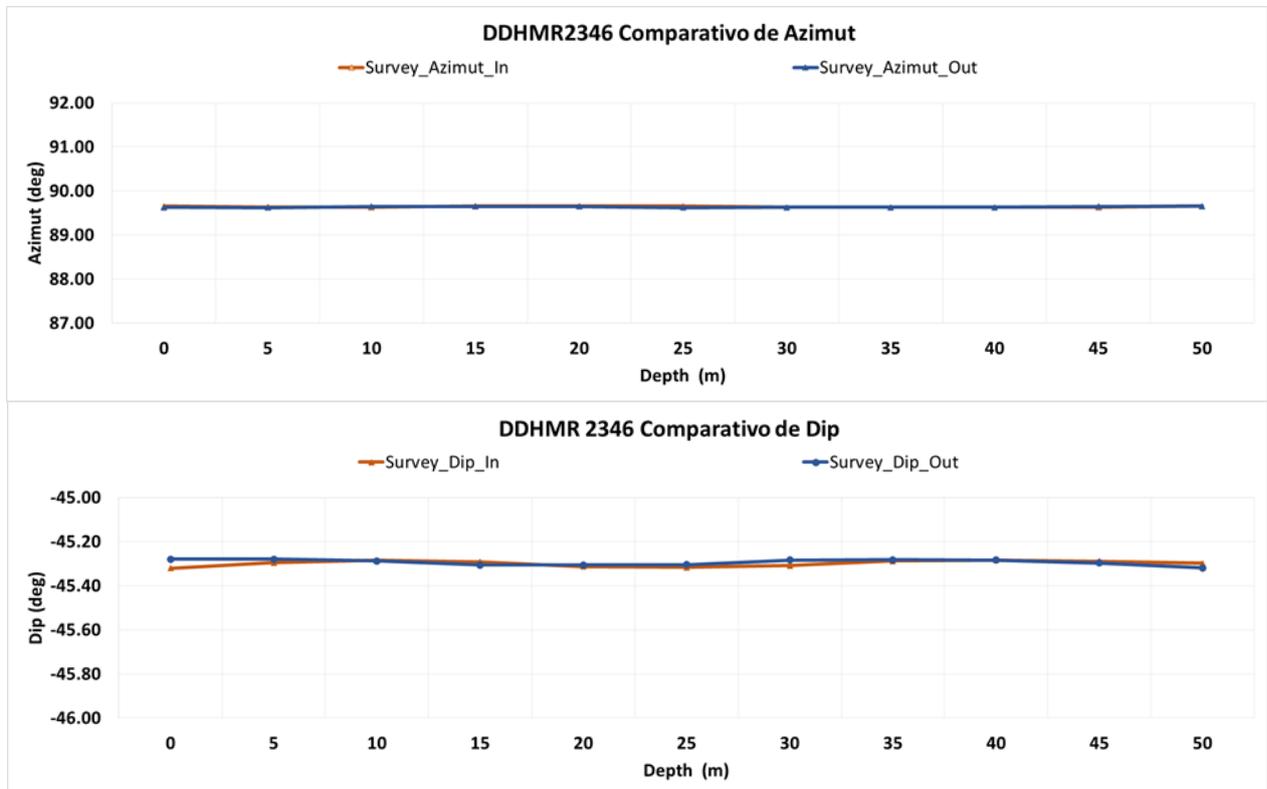
SONDAJE DDHMR2346:

Tabla 38 Comparativo de datos procesados de las mediciones In-Run y Out-Run del sondeaje DDHMR2346.

MD (m)	IN RUN					OUT RUN				
	Dip (°)	Az. (°)	Elev. (m)	+E/-W (m)	+N/-S (m)	Dip (°)	Az. (°)	Elev. (m)	+E/-W (m)	+N/-S (m)
0	-45.32	89.659	4703.08	328159.35	8798800.98	-45.28	89.63	4703.08	328159.35	8798800.98
5	-45.296	89.637	4699.53	328162.87	8798801	-45.28	89.625	4699.53	328162.87	8798801
10	-45.285	89.633	4695.97	328166.38	8798801.02	-45.288	89.647	4695.97	328166.38	8798801.02
15	-45.291	89.658	4692.42	328169.9	8798801.04	-45.306	89.65	4692.42	328169.9	8798801.04
20	-45.313	89.657	4688.86	328173.42	8798801.06	-45.306	89.652	4688.86	328173.42	8798801.07
25	-45.317	89.656	4685.31	328176.93	8798801.09	-45.304	89.624	4685.31	328176.93	8798801.09
30	-45.308	89.629	4681.75	328180.45	8798801.11	-45.284	89.632	4681.76	328180.45	8798801.11
35	-45.287	89.631	4678.2	328183.97	8798801.13	-45.282	89.63	4678.2	328183.97	8798801.13
40	-45.283	89.633	4674.65	328187.49	8798801.15	-45.283	89.627	4674.65	328187.49	8798801.16
45	-45.289	89.63	4671.09	328191	8798801.17	-45.297	89.652	4671.1	328191.01	8798801.18
50	-45.298	89.653	4667.54	328194.52	8798801.2	-45.319	89.653	4667.54	328194.52	8798801.2

Fuente: Elaboración propia.

Figura 58. Gráfico comparativo de cada profundidad en Dip y Azimut del sondeaje DDHMR2346.



Fuente: Elaboración propia.

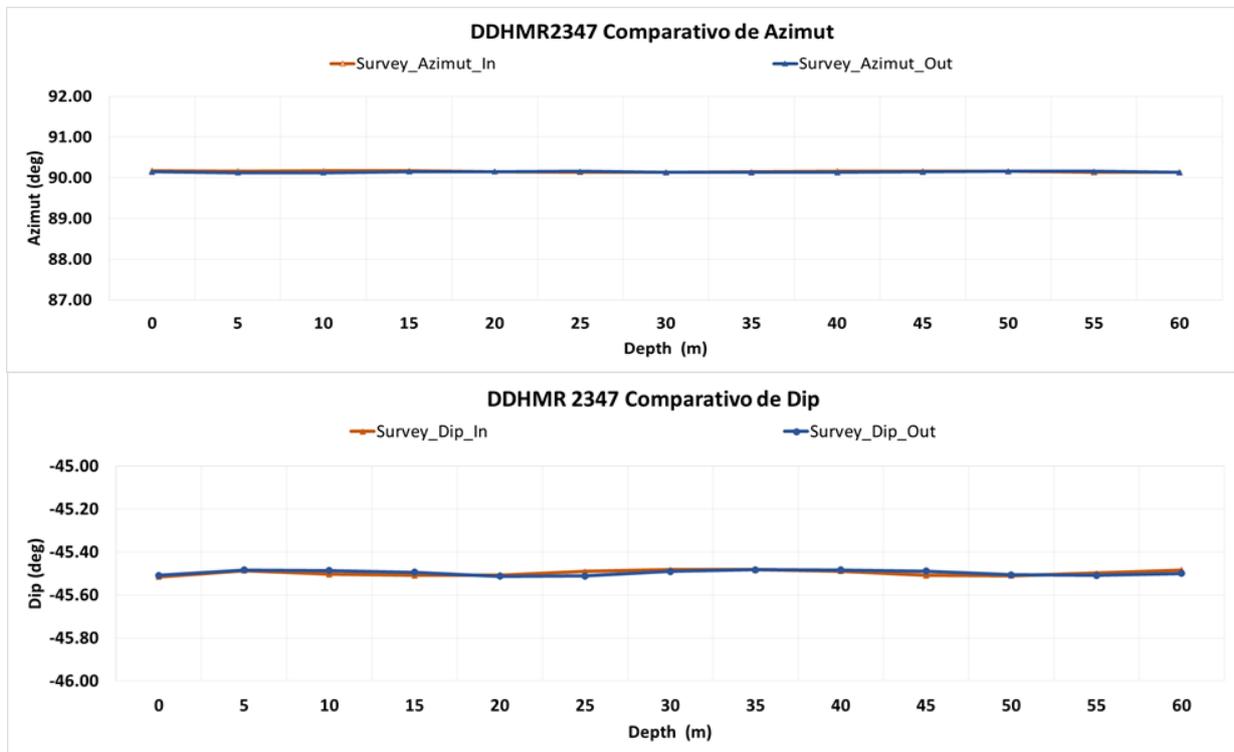
SONDAJE DDHMR2347:

Tabla 39 Comparativo de datos procesados de las mediciones In-Run y Out-Run del sondeaje DDHMR2347.

MD (m)	IN RUN					OUT RUN				
	Dip (°)	Az. (°)	Elev. (m)	+E/-W (m)	+N/-S (m)	Dip (°)	Az. (°)	Elev. (m)	+E/-W (m)	+N/-S (m)
0	-45.516	90.176	4691.92	328134.15	8799076.74	-45.509	90.147	4691.92	328134.15	8799076.74
5	-45.487	90.167	4688.35	328137.66	8799076.73	-45.484	90.125	4688.35	328137.66	8799076.73
10	-45.504	90.171	4684.79	328141.16	8799076.72	-45.486	90.122	4684.79	328141.16	8799076.72
15	-45.509	90.169	4681.22	328144.67	8799076.71	-45.495	90.148	4681.22	328144.67	8799076.71
20	-45.508	90.152	4677.65	328148.17	8799076.7	-45.513	90.154	4677.66	328148.17	8799076.71
25	-45.491	90.14	4674.09	328151.68	8799076.69	-45.511	90.156	4674.09	328151.68	8799076.7
30	-45.483	90.141	4670.52	328155.18	8799076.68	-45.491	90.128	4670.52	328155.18	8799076.69
35	-45.483	90.143	4666.96	328158.69	8799076.67	-45.483	90.131	4666.96	328158.69	8799076.68
40	-45.489	90.166	4663.39	328162.19	8799076.66	-45.484	90.128	4663.39	328162.19	8799076.67
45	-45.509	90.165	4659.82	328165.7	8799076.65	-45.489	90.144	4659.83	328165.7	8799076.66
50	-45.51	90.163	4656.26	328169.2	8799076.64	-45.507	90.157	4656.26	328169.2	8799076.65
55	-45.499	90.134	4652.69	328172.71	8799076.63	-45.509	90.158	4652.69	328172.71	8799076.64
60	-45.484	90.135	4649.13	328176.21	8799076.62	-45.5	90.132	4649.13	328176.21	8799076.64

Fuente: Elaboración propia.

Figura 59. Gráfico comparativo de cada profundidad en Dip y Azimut del sondeaje DDHMR2347.



Fuente: Elaboración propia.

SONDAJE DDHMR2348:

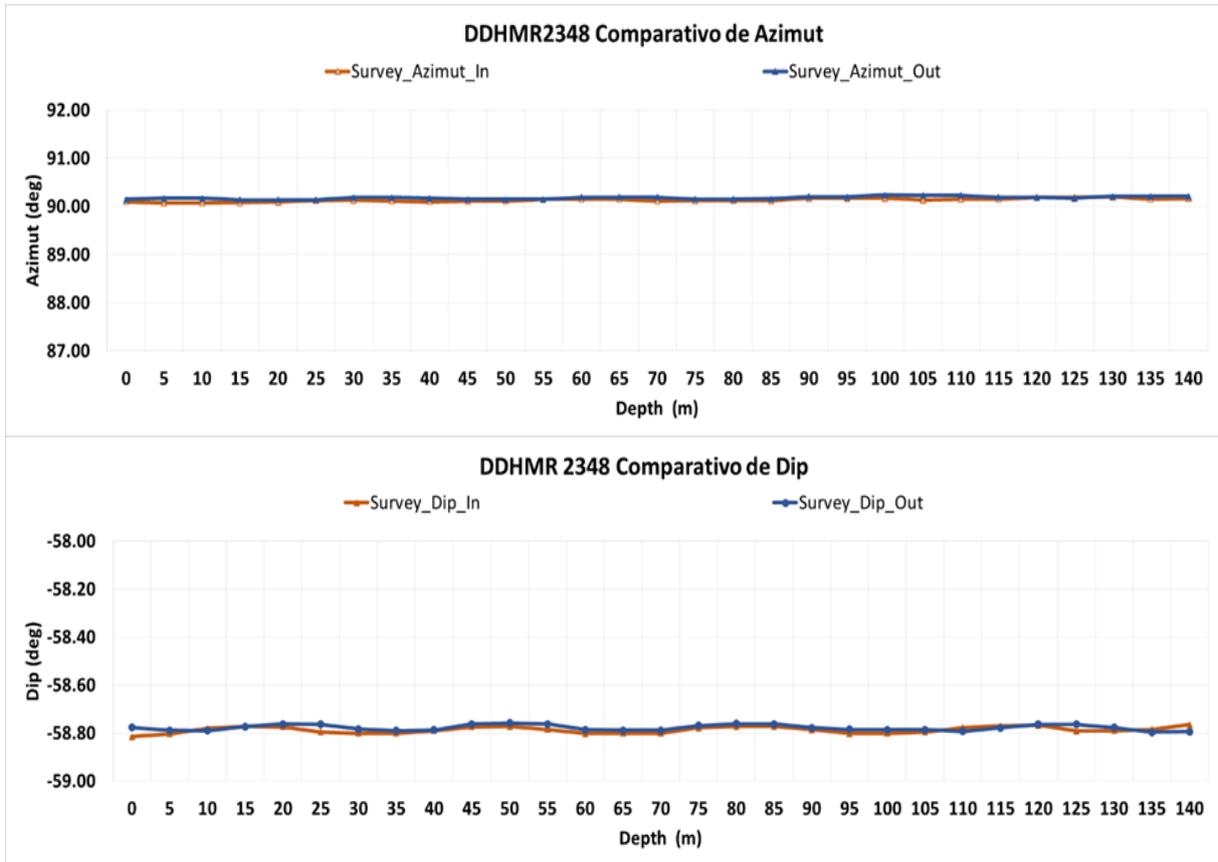
Tabla 40 Comparativo de datos procesados de las mediciones In-Run y

Out-Run del sondeaje DDHMR2348.

MD (m)	IN RUN					OUT RUN				
	Dip (°)	Az. (°)	Elev. (m)	+E/-W (m)	+N/-S (m)	Dip (°)	Az. (°)	Elev. (m)	+E/-W (m)	+N/-S (m)
0	-58.815	90.098	4660.2	328308.96	8798293.66	-58.776	90.142	4660.2	328308.96	8798293.66
5	-58.803	90.064	4655.92	328311.54	8798293.66	-58.788	90.173	4655.92	328311.55	8798293.66
10	-58.781	90.074	4651.65	328314.14	8798293.66	-58.79	90.171	4651.65	328314.14	8798293.65
15	-58.773	90.078	4647.37	328316.73	8798293.65	-58.773	90.135	4647.37	328316.73	8798293.64
20	-58.774	90.091	4643.09	328319.32	8798293.65	-58.762	90.137	4643.1	328319.32	8798293.64
25	-58.795	90.122	4638.82	328321.91	8798293.64	-58.763	90.139	4638.82	328321.92	8798293.63
30	-58.801	90.128	4634.54	328324.5	8798293.64	-58.783	90.186	4634.54	328324.51	8798293.62
35	-58.801	90.112	4630.26	328327.09	8798293.63	-58.79	90.184	4630.27	328327.1	8798293.61
40	-58.79	90.096	4625.99	328329.68	8798293.63	-58.787	90.168	4625.99	328329.69	8798293.61
45	-58.774	90.103	4621.71	328332.27	8798293.62	-58.762	90.145	4621.72	328332.28	8798293.6
50	-58.773	90.109	4617.43	328334.86	8798293.62	-58.758	90.146	4617.44	328334.87	8798293.59
55	-58.784	90.146	4613.16	328337.45	8798293.61	-58.762	90.144	4613.17	328337.47	8798293.59
60	-58.802	90.149	4608.88	328340.04	8798293.61	-58.786	90.191	4608.89	328340.06	8798293.58
65	-58.801	90.152	4604.6	328342.63	8798293.6	-58.789	90.19	4604.61	328342.65	8798293.57
70	-58.801	90.109	4600.32	328345.22	8798293.59	-58.789	90.19	4600.34	328345.24	8798293.56
75	-58.778	90.118	4596.05	328347.81	8798293.59	-58.769	90.154	4596.06	328347.83	8798293.55
80	-58.773	90.124	4591.77	328350.4	8798293.58	-58.761	90.154	4591.79	328350.43	8798293.55
85	-58.773	90.116	4587.49	328352.99	8798293.58	-58.762	90.156	4587.51	328353.02	8798293.54
90	-58.786	90.168	4583.22	328355.58	8798293.57	-58.778	90.201	4583.24	328355.61	8798293.53
95	-58.802	90.171	4578.94	328358.17	8798293.56	-58.785	90.198	4578.96	328358.2	8798293.52
100	-58.801	90.172	4574.66	328360.76	8798293.56	-58.786	90.234	4574.68	328360.79	8798293.51
105	-58.795	90.134	4570.38	328363.34	8798293.55	-58.786	90.232	4570.4	328363.38	8798293.5
110	-58.776	90.142	4566.11	328365.93	8798293.54	-58.792	90.231	4566.13	328365.97	8798293.49
115	-58.77	90.149	4561.83	328368.52	8798293.54	-58.778	90.19	4561.85	328368.55	8798293.48
120	-58.767	90.19	4557.55	328371.12	8798293.53	-58.764	90.182	4557.57	328371.14	8798293.47
125	-58.791	90.191	4553.28	328373.7	8798293.52	-58.764	90.174	4553.29	328373.74	8798293.47
130	-58.79	90.194	4549	328376.29	8798293.51	-58.777	90.21	4549.02	328376.32	8798293.46
135	-58.785	90.152	4544.72	328378.88	8798293.5	-58.796	90.212	4544.74	328378.91	8798293.45
140	-58.765	90.162	4540.44	328381.47	8798293.5	-58.794	90.21	4540.46	328381.5	8798293.44

Fuente: Elaboración propia.

Figura 60. Gráfico comparativo de cada profundidad en Dip y Azimut del sondaje DDHMR2348.



Fuente: Elaboración propia.

Certificado de calibración

Figura 61. Certificado de calibración del equipo GyroMaster usado en las mediciones.



Stockholm Precision Tools AB
Norrullsgatan 6, 113 29, Stockholm, Sweden
Tel: +46 8 59073310
Fax: +46 8 59073155
Reg in SWEDEN SE556727804801

CERTIFICATE OF CONFORMANCE

Object GyroMaster™ 42mm
Manufacturer Stockholm Precision Tools AB
Batch year 2020
Serial # 2069
Calibration Procedure SPT-CL-PR-02 GM
Stand #: 3

Certificate No. 23155

Date 2023/05/08

Results

Reference Points			Incl	Az	e_Incl	e_Az
Incl	Az	TF				
45	90	0	45.01	90.18	0.01	0.18
45	90	60	45.01	89.72	0.01	-0.28
45	90	120	44.99	90.08	-0.01	0.08
45	270	180	45.02	269.23	0.02	-0.77
45	270	240	45.02	269.73	0.02	-0.27
45	270	300	45.00	270.26	0.00	0.26
3	270	300	2.97	269.75	-0.03	-0.25
3	270	240	2.98	269.51	-0.02	-0.49
3	270	180	2.98	269.74	-0.02	-0.26
3	90	120	2.97	90.34	-0.03	0.34
3	90	60	2.97	90.37	-0.03	0.37
3	90	0	2.97	89.09	-0.03	-0.91

Inclination is measured from the vertical.

Azimuth referenced to Geographical North. Measurements in Standard Deviation Sigma 3.

Certificate number 23155
May 08th, 2023

Copyright © Stockholm Precision Tools AB.

SPT-CL-PR-02 GM

Page 1 of 2

Fuente: Stockholm Precision Tools AB..

Certificados de verificación

Figura 62. Certificado de verificación del equipo GyroMaster usado en las mediciones.



CERTIFICATE OF VERIFICATION

Gyro Master™

Manufacturer	Stockholm Precision Tools AB
Tool Number	GM 2069
Calibration Procedure	SPT-OP-PR-08 Test de salida de las herramientas

This material manufacturer's certificate of verification has been issued by **Stockholm Precision Tools Perú SRL** to and may only be relied on by its customer:

VANACORP PERU SA

Completed by: Alexis Gerson Contreras Ayala

Approved by: Manuel Antonio Jacinto Juárez

Date: 02/01/2023



TEST PROCEDURE	RESULT
Visual Checking	PASS
Temperature Stress Test	PASS

VERIFICATION ACCURACY TEST	RESULT
Azimuth	PASS

APPENDIX 1: TEST RESULTS
A. Inclination and azimuth accuracy test table

Reference Points		Measurement		Delta (Δ)	
Inclination [Degrees]	Azimuth [Degrees]	Inclination [Degrees]	Azimuth [Degrees]	Inclination [Degrees]	Azimuth [Degrees]
30	90	30.00	90.42	0.00	0.42
30	90	29.99	89.8	-0.01	-0.20
30	270	30.01	269.72	0.01	-0.28
30	270	30.01	270.16	0.01	0.16



Fuente: Stockholm Precision Tools AB.

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 GYROMASTER de la empresa sueca Stockholm Precision Tools AB y nos asistió en la toma de datos registrados de los sondajes como azimut, inclinación y coordenadas esto para ser procesadas a partir de datos topográficos (collar), estos datos son confiables y de alta calidad debido que el equipo mencionado tiene una tecnología giroscópica del tipo buscador de norte y no presenta interferencia magnética ni variación de datos fuera de los parámetros en cada medición independiente.

La identificación de los antecedentes brinda información de la evolución que ha tenido hasta la actualidad los métodos y tipos de medición en los diferentes pozos de perforación, lo cual ha permitido la facilidad del trabajo y

ahorro de tiempo en el procesamiento de datos y la toma de decisiones en cuanto se refiere a la interpretación general del modelamiento para continuar con las próximas campañas de perforación en un futuro. Por ello se afirma que el trabajo aprueba la hipótesis presentada anteriormente

4.4. Discusión de resultados

La investigación realizada se da por la incertidumbre existente sobre la precisión de los equipos en las mediciones de trayectoria de los sondajes de exploración geológica en el proyecto Mina Ragra de la empresa VANACORP PERU SA ejecutada por RAM PERU, debido a que en las campañas de perforación anteriores como la del año 2015 y 2022, no se tenía un control de calidad de la trayectoria de sondajes y los datos arrojados excedían de los parámetros establecidos, esto afectando en el procesamiento posterior de los datos como es el modelamiento y su estimación de recursos.

Por ello, el objetivo principal es el de evaluar la precisión del equipo usado en las mediciones de la trayectoria de los sondajes diamantinos perforados de la campaña 2023, que ayude a establecer la confiabilidad en el uso de este equipo para las próximas campañas de perforación a futuro.

Una vez realizado la toma de datos (medición de la trayectoria de sondajes), el procesamiento de estas en el cálculo de la desviación y comparación de mediciones de un mismo sondaje (In-Run y Out-Run), en los pozos perforados de exploración geológica, DDHMR2343, DDHMR2344, DDHMR2345, DDHMR2346, DDHMR2347, DDHMR2348; se procedió a analizar los datos del equipo de medición que fue usado en el presente proyecto, se debate los resultados obtenidos de la siguiente manera:

En primer lugar, debemos decir que los equipos más actualizados y de mayor excelencia en cuanto a medición de sondajes son los buscadores de norte, ya que se puede usar en cualquier ámbito ya sea en perforaciones de tipo geológicos, geotécnicos o de producción, además que no tienen interferencia

magnética ya sea por las tuberías de perforación o presencia de minerales magnéticos y también arroja datos verdaderos con respecto al norte geográfico obtenidos por el equipo, así evita la manipulación humana y/o errores humanos al momento de la descarga de datos.

Para este trabajo el equipo de medición usado fue el GYROMASTER, que es un equipo buscador de norte del cual obtuvimos datos reales con respecto al norte geográfico, no tuvimos la necesidad de referenciar la data ya que el equipo por si mismo tiende a estabilizarse y arrojar datos obtenidos por el GyroMaster.

Haciendo el cálculo de la desviación de todos los sondajes con respecto al plan de perforación inicial tenemos que para los sondajes con mayor profundidad que son DDHMR2344 y DDHMR2348, se tiene mayor desviación de 1.4 metros y 2.9 metros respectivamente. Esta desviación puede ser a causa de diferentes factores ya mencionados anteriormente como: factores geológicos, factores de perforación y factores operativos.

Tabla 41 Desviación en metros con respecto al plan de perforación de los sondajes – Campaña 2023.

SONDAJE	AZIMUT (°)	DIP (°)	PROFUNDIDAD (m)	Desviación (m)	
				IN RUN	OUT RUN
DDHMR2343	-80	90	140	0.587	0.628
DDHMR2344	-70	90	140	1.497	1.488
DDHMR2345	-80	90	90	0.412	0.409
DDHMR2346	-45	90	50	0.336	0.336
DDHMR2347	-45	90	60	0.530	0.525
DDHMR2348	-60	90	140	2.918	2.958

Fuente: Elaboración propia.

Realizando la comparativa entre las mediciones In-Run y Out-Run de cada sondaje, podemos afirmar que la diferencia de estos datos nos arroja dentro de los parámetros establecidos por la ficha técnica del equipo (precisión en Dip y Azimut).

Es decir que si para los datos de Dip la diferencia entre mediciones de bajada y subida no debe exceder de $\pm 0.05^\circ$; en este caso tenemos valores menores al rango establecido, el sondeo DDHMR2346 es el que tiene mayor variación entre las mediciones, pero aun así los valores se encuentran dentro de los rangos dados por la ficha técnica. Y para los datos de Azimut la diferencia entre mediciones no debe exceder de $\pm 0.5^\circ$, en este caso también tenemos valores dentro del rango, siendo los sondeos DDHMR2345 y DDHMR2348 los que tienen mayor diferencia, pero si están dentro de lo permitido.

Tabla 42 Desviación en metros de los sondeos – Campaña 2023.

SONDAJE	DIFERENCIA MÁXIMA (In-Run Y Out-Run)				
	DIP	AZIMUT	ELEVACION	ESTE	NORTE
DDHMR2343	0.038	0.063	0.01	0.05	0.01
DDHMR2344	0.035	0.036	0.01	0.03	0.00
DDHMR2345	0.036	0.131	0.01	0.01	0.02
DDHMR2346	0.040	0.032	0.01	0.01	0.01
DDHMR2347	0.020	0.049	0.01	0.00	0.02
DDHMR2348	0.039	0.109	0.02	0.04	0.06

Fuente: Elaboración propia.

Estas variaciones que se presentan en algún punto de la medición del sondeo pueden ser a causa de varios factores como es el caso de algún imperfecto en el cable wireline de la maquina perforadora o aun aumento brusco de la velocidad de medición por parte del perforista. Y para evitar estos errores se tiene que tener en cuenta y seguir paso a paso los procedimientos dados al realizar las mediciones y cumplir con lo señalado, como velocidad máxima, tiempo de espera, tiempo de medición, etc.

En los certificados de calibración y verificación proporcionados por la empresa Stockholm Precision Tools AB, se puede notar que todos los datos obtenidos de las pruebas en la mesa de calibración se encuentran dentro de los parámetros ($\pm 0.05^\circ$ en Dip y $\pm 0.5^\circ$ en Azimut), los certificados de calibración son realizados por la casa matriz de la empresa que tiene como ubicación Málaga-

España y los certificados de verificación son realizados en el taller de Lima-Perú, esto es importante ya que si tenemos la calibración vencida o cerca a vencer, el equipo puede tener problemas en la obtención de datos y así un mal procesamiento e interpretación de ellos, es por ello que siempre hay que tener en cuenta este detalle.

CONCLUSIONES

Los equipos giroscopios buscadores de norte son los más usados en la actualidad ya que al momento de realizar las mediciones no tienen interferencia magnética, puede medir en cualquier ángulo y los datos obtenidos no tienen que pasar por un reprocesamiento, eso evita la manipulación de datos y errores humanos en el proceso.

1. Luego de evaluar la precisión del equipo GYROMASTER al realizar la medición de trayectoria de sondajes diamantinos en pozos de exploración geológica de mina Ragra – Vanacorp Perú S.A., se concluye que este tiene una alta precisión en las mediciones, ya que, la diferencia entre las mediciones (In-Run y Out-Run) de un mismo sondaje, están dentro de los parámetros establecidos en la ficha técnica del equipo. Con una precisión en Dip $\pm 0.05^\circ$ y Azimut $\pm 0.5^\circ$, siendo en el estudio del presente trabajo una diferencia máxima de 0.04° en Dip y 0.131° en Azimut, dándonos una alta confiabilidad al momento de usar el equipo en próximas campañas de perforación.
2. Tras el análisis realizado para identificar las causas que inducen la desviación de los sondajes, fuera de los rangos permitidos, en los pozos de exploración geológica de mina Ragra; se determinó que existen diferentes factores para que un sondaje pueda desviarse, entre ellos: factores geológicos, que son determinados por las condiciones litológicas y condiciones geomecánicas del macizo rocoso; factores de perforación, en donde influye el diámetro de perforación, tipo de corona, tipo de core barrel y fluido de perforación; factores operativos, donde tenemos la presión de empuje en la perforación, la velocidad de rotación, la habilidad y experiencia del perforista.
3. Al calcular la desviación final de cada sondaje con respecto al planeado se concluye que, en estos pozos de exploración geológica, la desviación es mínima, teniendo un máximo de 2.985 metros a los 140 metros de profundidad

en el sondaje DDHMR2348, ya que, se realizaron controles exhaustivos de cada 30 metros para tomar control de la trayectoria del pozo y dar indicaciones al equipo perforista, evitando de esta manera una desviación considerable a pesar de la profundidad de los pozos de exploración.

Los datos arrojados por el equipo GYROMASTER son encriptados, es decir que estos datos no pueden ser manipulados, esto genera mayor confianza por parte de STOCKHOLM PRECISION TOOLS AB a VANACORP PERU SA, ya que la data compartida es real y se puede realizar los procesos posteriores como modelamiento y estimación de recursos con data confiable y verdadera.

RECOMENDACIONES

Al momento de realizar las mediciones se recomienda cumplir con el procedimiento establecido respetando todos los pasos e indicaciones, como la velocidad de bajada y subida del equipo, respetar los tiempos de parada y estabilización del GYROMASTER, cumplir con las recomendaciones de la empresa Stockholm Precision Tools AB al momento de elegir qué tipo de accesorios usar para cada máquina de perforación, según los ángulos de inclinación del pozo.

Se recomienda realizar una breve inspección a la máquina de perforación para ver cuáles son las deficiencias de la máquina como los saltos del cable wireline, pérdida de fuerza de la máquina, rotura del cable, tubería obstruida, etc; para así poder evitar errores al momento de realizar las mediciones y tomar medidas preventivas o acciones rápidas para que las mediciones sean correctas.

Se debe realizar controles de calidad adecuados y exhaustivos, puede ser mediciones no solo finales, sino que también mediciones de control en donde se realizan 2 o 3 mediciones anteriores, así poder comparar los datos y ver si cada medición no varía respecto a la otra. Esto nos ayuda también a controlar el sondaje, ya que, si se empieza a desviar y se tiene una medición antes de finalizar la perforación, el perforista puede volver a alinear el pozo según el objetivo planeado.

Se recomienda el uso de alineadores de máquinas de perforación, esto nos ayuda a alinear bien la máquina de acuerdo al plan antes de iniciar la perforación, así se puede evitar que los sondajes inicien con diferente Dip y Azimut, esto evita posibles desviaciones por una mala posición inicial de la máquina.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arana Vigo, J.** (2014). Medición de trayectoria de pozos de prospección geológica. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Carbajal, A** (2009). Manual de Perforación y Voladura de Rocas. Instituto Tecnológico Geominero de España
- Camberfort, H.** (1968). Perforaciones y sondeos. 2 ed. Editorial Omega. Madrid.España.
- Córdova Valle, E.** (2017). Evaluación de métodos de medición de trayectoria en perforaciones diamantinas en la región de Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca
- Castro, R.** (2019). WIKIVERSUS [Fotografía]. Obtenido de WIKIVERSUS: <https://www.wikiversus.com/blog/diferencia-entre-precision-y-exactitud/>
- Diccionario de la lengua española.** (2021). Barreno. En Diccionario de la lengua española (23.^a ed.). Recuperado de <https://www.rae.es/drae2001/>
- Fernández R, et al.** (2015). Apuntes didácticos de Geología de Minas: Perforaciones en la exploración minera. Universidad nacional de La Plata. Argentina
- García, J.** (2020). Guía completa de herramientas de perforación. Barcelona: Ediciones Técnicas
- González, M.** (2018). Técnicas de manipulación de materiales. Barcelona: Editorial Industrial.
- González, A.** (2019). Técnicas de perforación en ingeniería. Barcelona: Editorial Técnica.
- Gyrodata Incorporated** (2018). Evaluation of Gyroscopic Surveying Tools for Exploration Drilling.
- Hernández, R.** (2019). Métodos de muestreo en investigación. Barcelona: Editorial Académica.
- Lambert Barrientos A.** (2010). Manual de Sondeos sistema de Perforación de Pozos

con Corona Diamante.

López, A. (2019). Geología aplicada: fundamentos y técnicas. Madrid: Editorial

López, R. (2017). Geología de macizos rocosos: conceptos y aplicaciones. Madrid: Ediciones Geológicas.

Mantilla Tafur, V. H. (2019). Control de la trayectoria de taladros variando tipo de broca y parámetros de perforación con sistema diamantina. Universidad Privada del Norte.

Martínez, R. (2019). Fundamentos de la dinámica y aplicaciones de giroscopios. Madrid: Ediciones Técnicas.

Martínez, R. (2020). Perforación y producción de hidrocarburos: técnicas avanzadas. Madrid: Ediciones Técnicas.

Mendoza Huamán, J. (2020). Análisis de la desviación en sondajes diamantinos en la minería peruana. Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTEC).

Mueller, M. (2009). Revista Oro y Finanzas 30 de diciembre. Recuperado el 10 de junio de 2024. Documento en línea. Disponible en <http://www.oroymas.com>.

Oyarzun, A. d. (Octubre de 2012). Sondajes DDH. Rancagua, Chile.

Pérez, M. (2019). Herramientas de perforación: Manual práctico para profesionales. Madrid: Editorial Técnica.

Pérez, A. (2018). Introducción a la geología: conceptos fundamentales. Madrid: Ediciones Universitarias.

Pineda, LC. (2008). Medición de perforación de pozos. Documento en línea. Recuperado el 10 de junio de 2024. Disponible en http://es.scribd.com/lpineda_22/info

Silva, AL. (2008). Informe sobre la tarea de medir variaciones en la dimensión de pozos. Ingetrol Chile.

Silva Arrieta, L. (2008). Estudio sobre mediciones de pozos de prospección geológica

SPT. (2019). Claves para escoger la herramienta de medición correcta [Fotografía]. Obtenido de Stockholm Precision Tools: <https://sptab.com/es/opacidad-en-las->

caracteristicas-tecnicas-de-algunos-fabricantes-de-giroskopios-en-la- industria-
minera/

SPT. (2023). Stockholm Precision Tools. Obtenido de Stockholm Precision Tools:
<https://sptab.com/es/>

Vigo, J. I. (2014). Medición de la trayectoria en pozos de exploración geológica.
Cajamarca: Universidad Nacional De Cajamarca.

Wilde, T., & Summerhill, R. (2012). Precision and Accuracy in Borehole Surveying
Using Gyroscopic Tools.

Camberfort, H. (1962). Perforaciones y sondeos. 2 ed. Editorial Omega. Madrid.
España.

ANEXOS

Anexo 1: Instrumento de recolección de datos.



Anexo 2: Instrumento de recolección de datos.



Anexo 3: Medición del sondaje DDHMR2345 en la plataforma de perforación.



Anexo 4: Tajo de Mina Ragra.



Anexo 5: Matriz de consistencia del proyecto.

EVALUACIÓN DE LA PRECISIÓN DE EQUIPO GYROMASTER MEDIANTE LA MEDICIÓN DE LA TRAYECTORIA DE SONDAJES DIAMANTINOS EN POZOS DE EXPLORACIÓN GEOLÓGICA – MINA RAGRA – VANACORP PERU S.A.							
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN	TIPO Y METODO
GENERAL	GENERAL	GENERAL	INDEPENDIENTE			LÍNEA	TIPO
¿Cuál es la precisión del equipo GyroMaster al realizar la medición de trayectoria de sondajes diamantinos en pozos de exploración geológica de mina Ragra – Vanacorp Perú S.A.?	Evaluar la precisión del equipo GyroMaster al realizar la medición de trayectoria de sondajes diamantinos en pozos de exploración geológica de mina Ragra – Vanacorp Perú S.A.	Al realizar la medición de la trayectoria de sondajes diamantinos se determina que la precisión del equipo GyroMaster se encuentra dentro de los parámetros establecidos $\pm 0.05^\circ$ en Dip y $\pm 0.5^\circ$ en Azimut, en los sondajes diamantinos de los pozos de exploración geológica en mina Ragra de Vanacorp Perú S.A..	Medición de la trayectoria de sondajes diamantinos	Desviación angular Orientación de medición (azimut e inclinación)	Grados ($^\circ$) y metros Grados ($^\circ$) y metros	GEOTECNIA, evaluación de riesgos y tratamiento de efluentes	Tipo aplicativo por que buscamos conocer la precisión del equipo de medición con la aplicación de datos numéricos generados por el equipo. (VIGO, 2014)
ESPECIFICOS	ESPECIFICOS	ESPECIFICOS	DEPENDIENTE			SUBLÍNEA	METODO
a. ¿Cuáles son las causas para que un sondaje pueda desviarse fuera de los rangos permitidos en los pozos de exploración geológica – mina Ragra – Vanacorp Perú S.A.?	a. Identificar las causas que inducen que los sondajes puedan desviarse fuera de los rangos permitidos en los pozos de exploración geológica – mina Ragra – Vanacorp Perú S.A.	a. Las causas que inducen que los sondajes se desvíen fuera de los rangos permitidos son los factores geológicos, factores de perforación y factores operativos en los pozos de exploración geológica – mina Ragra – Vanacorp Perú S.A	Precisión del equipo GyroMaster.	Desviación angular in	Metros(m) Grados ($^\circ$)	Modelo de exploración y yacimientos	El método de investigación a emplear es el método cuantitativo, ya que usaremos la recolección de datos y pasará por los procesos de: medición en campo, generación de datos, procesamiento y análisis; donde se podrá evaluar la calidad de las mediciones y la precisión del equipo usado. DISEÑO El diseño de investigación es del tipo experimental, porque procesamos los datos generados y su posterior análisis, como variable para solucionar el tema planteado en el proyecto.
b. ¿Cuál es la desviación final de cada sondaje con respecto al planeado, usando datos de las coordenadas que nos brinda el equipo Gyromaster en los pozos de exploración geológica – mina Ragra – Vanacorp Perú S.A.?	b. Calcular la desviación final de cada sondaje con respecto al planeado usando datos de las coordenadas que nos brinda el equipo GyroMaster en los pozos de exploración geológica – mina Ragra – Vanacorp Perú S.A	b. La desviación final de cada sondaje con respecto al planeado es mínima en los pozos de exploración geológica – mina Ragra – Vanacorp Perú S.A		Desviación angular out	Metros(m) Grados ($^\circ$)		