

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS PROFESIONAL

**MODELO GEOLÓGICO DE MINA PHOENIX 5 UTILIZANDO
PERFORACIÓN DIAMANTINA, HUARMEY – PERÚ**

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO

Presentado por:

Bach. Joselito Santos Acuña Gallardo

Asesor:

M.Cs. Ing. Víctor A. Arapa Vilca

CAJAMARCA – PERÚ

2022

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud a mi alma mater, Universidad Nacional de Cajamarca que me acogió durante mis estudios profesionales, a mis docentes que contribuyeron en mi formación académica aportando en mi conocimiento.

Al ingeniero Víctor Arapa Vilca por ayudarme a encaminar esta tesis y ser soporte permanente para la finalización de este trabajo de investigación.

Al ingeniero Zenón Quispe Mamani por iniciarme en el mundo de la geología de minas subterránea.

A la empresa Grand Tai SAC. Por brindarme la oportunidad de trabajar en el área de geología y darme la confianza para desarrollar este estudio en algo que me apasiona.

Al QP. Ingeniero Yvan Hurtado Guerrero, jefe de geología de la empresa Grand Tai SAC. por las enseñanzas impartidas en nuestras exploraciones por el sur del Perú.

Al ingeniero Ángel Mayhua, superintendente de mina en la empresa Grand Tai SAC. Por generar confianza y permitir desarrollar conocimientos geológicos desde una exploración avanzada y lograr aumentar reservas, felicidad que siempre desborda en todo geólogo.

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la vida, darme la fuerza y valor para levantarme en los momentos más difíciles y poder ahora lograr uno de mis objetivos.

A mis Padres Santos y Justina, quienes con su esfuerzo, perseverancia, trabajo y amor, forjaron en mí el ánimo de salir siempre adelante.

A mis hermanas: Sulma, Flor, Ana y Yésica por ser mis ángeles que siempre me motivan a dar todo y demostrar al mundo que todo se puede con perseverancia y mucho estudio.

A mi hijo Renzo; fuente de inspiración inagotable, porque encontré en tu sonrisa la forma más bella de amar la vida.

INDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA.....	iii
INDICE DE CONTENIDOS.....	iv
LISTA DE ABREVIACIONES	ix
INDICE DE TABLAS.....	x
INDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvi
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCION.....	1
CAPÍTULO II.....	3
MARCO TEÓRICO	3
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
2.1.1. Nacionales	3
2.1.2. Locales.....	4
2.2. BASES TEÓRICAS.....	5
2.2.1. Tipo de yacimiento.....	5
2.2.1.1. Depósitos Óxido de Fe-Cu-Au (IOCG)	5
2.2.1.1.1. Generalidades de los yacimientos IOCG	5
2.2.1.1.2. Contexto geotectónico de los yacimientos IOCG	7
2.2.1.1.3. Morfología de los yacimientos IOCG	8
2.2.1.1.4. Alteración hidrotermal de los yacimientos IOCG	9
2.2.1.1.5. Zonación de los yacimientos IOCG	10

	Pág.
2.2.1.1.6. Clasificación de los yacimientos IOCG	10
2.2.2. Perforación Diamantina.....	11
2.2.3. Equipo de perforación	12
2.2.3.1. Sonda de perforación.....	12
2.2.3.2. Columna de perforación.....	12
2.2.3.3. Corona de perforación.....	13
2.2.3.4. Escariador (Remer Shell).....	14
2.2.3.5. Barras de perforación	14
2.2.3.6. Barril porta testigo (Corel Barrel).....	15
2.2.3.7. Bomba de lodos.....	16
2.2.3.8. Caja porta testigos	16
2.2.4. Procesos de perforación diamantina.....	17
2.2.4.1. Etapa de Pre-Perforación.....	17
2.2.4.2. Etapa de Perforación	18
2.2.4.3. Etapa de Post – Perforación	19
2.2.5. Logueo Geológico	20
2.2.6. Modelo Geológico.....	22
CAPÍTULO III	23
MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
3.1.1. Geográfica	23
3.1.2. Política.....	23
3.1.3. Accesibilidad	23
3.1.4. Condiciones climáticas.....	24

	Pág.
3.1.5. Hidrografía	24
3.1.6. Catastro Minero.....	24
3.2. PROCEDIMIENTOS.....	25
3.2.1. Metodología.....	25
3.2.2. Definición de variables.....	25
3.2.3. Técnicas.....	26
3.2.4. Instrumentos y Materiales	27
3.2.4.1. Instrumentos.....	27
3.2.4.2. Materiales.....	28
3.2.4.3. Instrumentos de procesamiento de datos.....	29
3.3. CONTEXTO GEOLÓGICO.....	29
3.3.1. Geomorfología.....	29
3.3.1.1. Valles.....	29
3.3.1.2. Quebradas.....	30
3.3.1.3. Superficie de erosión.....	31
3.3.1.4. Unidades morfogenéticas.....	31
3.3.1.4.1. Planicies	31
3.3.1.4.2. Lomadas	32
3.3.1.4.3. Laderas	32
3.3.1.4.4. Escarpas.....	33
3.3.2. Geología Regional.....	33
3.3.2.1. Estratigrafía.....	33
3.3.2.1.1. Grupo Casma.....	33
3.3.2.1.2. Depósitos Cuaternarios	37

	Pág.
3.3.2.1.3. Rocas intrusivas	37
3.3.2.1.4. Batolito de la Costa	37
3.3.3. Geología Local	41
3.3.3.1. Estratigrafía Local	41
3.3.3.1.1. Andesita porfirítica.....	42
3.3.3.1.2. Diques andesíticos.....	42
3.3.3.1.3. Depósitos cuaternarios	43
3.3.3.2. Rocas intrusivas	43
3.3.3.2.1. Gabrodiorita	44
3.3.3.2.2. Dioritas.....	44
3.3.4. Geología Estructural	45
3.3.4.1. Marco Estructural Regional	45
3.3.4.2. Marco Estructural Local.....	45
3.3.4.2.1. Sistema de falla WNW-ESE	45
3.3.4.2.2. Sistema de falla NW-SE.....	46
3.3.4.2.3. Sistema de falla ENE-WSW	46
3.3.5. Mineralización.....	46
3.3.5.1. Tipo de Yacimiento.....	46
3.3.5.2. Manto Virginia	47
3.3.6. Perforación Diamantina y Estudio Geológico.....	48
3.3.6.1. DDH-01.....	49
3.3.6.2. DDH-02.....	55
3.3.6.3. DDH-03.....	58
3.3.6.4. DDHPS-001	62

	Pág.
3.3.6.5. DDHPS-002	64
3.3.6.6. DDHPS-003	66
3.3.6.7. DDHPS-004	69
3.3.6.8. DDHPS-005	71
CAPÍTULO IV	74
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	74
4.1. TALADROS LARGOS	74
4.2. TALADROS INFILL.....	74
4.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	77
CAPÍTULO V	78
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
5.1. CONCLUSIONES	78
5.2. RECOMENDACIONES.....	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
ANEXOS	82

LISTA DE ABREVIACIONES

IOCG	: Iron Oxide Cupper Gold
RQD	: Rock Quality Designation
INGEMMET	: Instituto Geológico y Minero Metalúrgico
DDH	: Diamnd Drill Hole
BQ	: Línea de perforación de 6 centímetros de diámetro
XRP	: Línea de perforación de 4.34 centímetros de diámetro
Nv	: Nivel
Gl	: Galería
NW	: Noroeste
SE	: Sureste
m	: Metros
Au gr/tm	: Gramos por tonelada de oro
Cu %	: Porcentaje de cobre
UTM	: Sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator
WGS-84	: Word Geodetic System 1984
ARCs	: Arcillas
Cp	: Calcopirita
Diss	: Diseminado
Rx	: Roca
Py	: Pirita
Cbn	: Carbonatos
Alt	: Alteración

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Diámetros de coronas.	13
Tabla 2: Delimitación del área de estudio.....	23
Tabla 3: Recorrido Lima- Mina Phoenix 5.....	24
Tabla 4: Variables para la investigación	26
Tabla 5: Coordenadas UTM para primer taladro, en sistema WGS-84.....	49
Tabla 6: Coordenadas para segundo taladro, en sistema WGS-84	55
Tabla 7: Coordenadas para tercer taladro, en sistema WGS-84.....	58
Tabla 8: Coordenadas para primer taladro corto, en sistema WGS-84	62
Tabla 9: Coordenadas para segundo taladro corto, en sistema WGS-84.....	64
Tabla 10: Coordenadas para tercer taladro corto, en sistema WGS-84	67
Tabla 11: Coordenadas para cuarto taladro corto, en sistema WGS-84	69
Tabla 12: Coordenadas para quinto taladro corto, en sistema WGS-84.....	71
Tabla 13: Resumen taladros largos.....	75
Tabla 14: Resumen taladros infill.....	76

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1:	Esquema de las vetas de Cu-Fe-Au del jurásico La Negra para el norte de Chile que muestra las posibles fuentes de fluidos de mena. El abastecimiento de fluidos magmáticos que ascienden verticalmente sería de una fuente de magma diorítico profundo. (Sillitoe, 2009).....6
Figura 2:	Distribución global de los depósitos tipo pórfido de cobre e IOCG con edades. Tomada de la publicación especial N°17 Tectonics, Metallogeny, and Discovery, The North American Cordillera and Similar Accretionary Settings.7
Figura 3:	Morfología de los cuerpos en depósitos tipo IOCG, según (Sillitoe, 2003)...8
Figura 4:	Anatomía de los sistemas IOCG, donde se muestra la profundidad variable de emplazamiento de la fuente del batolito en la corteza media y superior. Asociación espacial de la alteración y la mineralización tanto proximal, distal, posibles fluidos y fuentes de metal.9
Figura 5:	Máquina perforadora Diamec U-8.12
Figura 6:	Componentes de la sarta de perforación.....13
Figura 7:	Corona de perforación.14
Figura 8:	Escariador.14
Figura 9:	Barra de perforación.15
Figura 10:	Componentes barril porta testigo.....15
Figura 11:	Bomba de lodos.16
Figura 12:	Caja porta testigos.16
Figura 13:	Ejemplo de generación de modelo geológico para proyecto La Victoria-Áncash –Perú.....22
Figura 14:	Valle Culebras. Vista al NW.....30
Figura 15:	Quebrada de pendiente moderada. Vista al NW.....30
Figura 16:	Superficie de erosión a una elevación de 400 m.s.n.m.31
Figura 17:	Lomada en Puesto de Vigilancia 5 (PV5)32
Figura 18:	Ladera con una inclinación de 30° Vista al W.....32

Figura 19:	Columna estratigráfica del Grupo Casma en el área de Casma. Boletín 59, Geología de los cuadrángulos de Chimbote, Casma y Culebras. INGEMMET-1995	36
Figura 20:	Distribución espacial y evolución magmática de la zona costera y cordillera Occidental del Perú Central, (Boletín 56 INGEMMET 1986).....	41
Figura 21:	Muestra de roca volcánica andesítica de textura porfirítica	42
Figura 22:	Dique andesítico porfirítico proyección para mina Phoenix 5. Vista al N. ..	43
Figura 23:	Intrusivos gabrodioríticos.....	44
Figura 24:	Manto Virginia con azimuth N270 y buzando moderado 30° de 1m de espesor.	47
Figura 25:	Máquina Pack Sack FL-50 de corto alcance, hasta 45m. En sondaje DDHPS-04.....	48
Figura 26:	Máquina Lonyer 38 de largo alcance, hasta 150m. En perforación de sondaje DDH-02.....	49
Figura 27:	Caja de testigos, en la última canaleta se evidencia tramo 20cm. de dique andesítico.	50
Figura 28:	Tramo de diques silicificados intercalados con roca volcánica andesítica. ..	51
Figura 29:	Caja de testigos, en ellos se evidencia venillas silicificadas de forma esporádica.	51
Figura 30:	Tramos fallados de hasta 15cm, al metraje 41.80m.	52
Figura 31:	Tramo de 1.20m de alteración argílica, en contacto de intrusivo con roca volcánica.	52
Figura 32:	En rojo, muestra de 0.20m con valores bajos tanto para oro (0.06gr/tm) y cobre (0.05%).....	53
Figura 33:	En línea negra zona de brecha de 0.50m de espesor	53
Figura 34:	A los 94.80m se obtiene 10cm de muestra de carbonatos más arcillas rojas. Los valores son bajos; para oro (0.32gr/tm) y cobre (0.03%).....	54
Figura 35:	En tramo final de sondaje hay fracturas centimétricas en cores rellenas por carbonatos.	54

Figura 36:	En primera corrida de perforación diamantina se identifica continuidad 0.30m de manto Virginia, considerando como zona de cierre.	55
Figura 37:	Core con estructura mineralizada de 30cm de espesor, ubicado en segunda corrida.....	56
Figura 38:	Zona fallada en azul, de 80cm de espesor, en el centro se determina arcillas rojas.	56
Figura 39:	Caja con testigos en donde se evidencia zona de contacto entre roca volcánica e intrusiva, generando una zona de hornfels.	57
Figura 40:	Zonas fracturadas en tramo final de perforación, con relleno de carbonatos y diseminados de sulfuros.	57
Figura 41:	Muestra mineralizada de 10cm de calcopirita, pirrotita y pirita. Proyección de esplit al techo de manto Virginia.....	58
Figura 42:	Caja con testigos, en tramo 14.30 se loguea estructura mineralizada de 20cm con valores altos en oro (26.26gr/tm) siendo la proyección de Manto Virginia.	59
Figura 43:	Muestra a los 20.10m de roca volcánica andesítica muy fracturada	59
Figura 44:	Dique andesítico de 20cm pos-roca volcánica.....	60
Figura 45:	Zona de cambio litológico con presencia de apófisis de roca intrusiva diorítica	60
Figura 46:	Caja con testigos, en el tramo 35.90 se loguea alteración propilítica en espesor 0.20m.....	61
Figura 47:	Caja con testigos, en el tramo 59.20m se loguea zona fallada de 0.60m. Con valores anómalos en oro (8.40gr/tm)	61
Figura 48:	Caja con testigos, en tramo 14.90m se loguea dique silicificado de 40cm de espesor.....	63
Figura 49:	Caja con testigos, a los 26.50m, valores constantes en la mineralización de oro y cobre, siendo la proyección de Manto Virginia.....	63
Figura 50:	Caja con muestras, en el tramo 35.30m se evidencia ramal al piso de manto Virginia con valores bajos solo para oro (4.14gr/tm).....	64

Figura 51:	Caja con testigos de perforación, en primera corrida tramo mineralizado de hasta 40cm de espesor, con valores bajos en oro (0.06gr/tm)	65
Figura 52:	Caja con testigos, a los 11.50m de perforación diamantina se saca muestra con valores anómalos bajos para oro (0.47gr/tm) y cobre (0.05%)	66
Figura 53:	Caja con testigos, al tramo 13.90m dique andesítico (40cm), textura fanerítica.	67
Figura 54:	Valores anómalos regulares para oro a los 18.50m de perforación diamantina.	68
Figura 55:	Caja con testigos, donde se determina a los 22.40m ramal al piso de manto Virginia con valores bajos de hasta 0.42ppm de oro.....	69
Figura 56:	Caja con testigos de perforación diamantina. A la longitud de 10.30m se saca muestra (30cm) con valores de 19.95gr/tm para oro y 1.49% de cobre.....	70
Figura 57:	Caja con testigos en línea XRP. Se determina por logueo e interpretación geológica que hay ramal al piso de manto Virginia con valores bajos de hasta 2.15ppm en oro.....	71
Figura 58:	Caja con testigos. Se saca muestra (10cm) a los 26.00m, cuyos valores son bajos para oro: 0.45gr/tm.....	72
Figura 59:	Caja con testigos de donde se saca muestras cuyos valores más representativos son 10.76ppm en oro en la última corrida.	73
Figura 60:	Modelo geológico, basado en perforación diamantina de mina Phoenix 5. .	77

RESUMEN

El proyecto de investigación se realizó en la unidad minera Phoenix 5, que está ubicada en el distrito de Culebras, provincia de Huarvey, departamento de Áncash. Se caracteriza por presentar dos tipos de litologías, una roca intrusiva gabrodiorítica, diorítica perteneciente al Batolito de la Costa de la Súper unidad Santa Rosa y una secuencia de rocas volcano-clásticas andesíticas del Grupo Casma de la Formación Juncos del Cretácico inferior. Estas rocas en contacto (volcánico-intrusivo) y asociando la geología estructural ha generado zonas favorables para el emplazamiento de un lente mineralizado con un azimut 270° y un buzamiento 32° tipo manto y cuyos tenores son altos en oro 25ppm. y cobre 3%. Para determinar la profundización y extensión de esta forma de yacimiento se realizó una exploración brownfield basado en perforación diamantina con taladros infill de hasta 45m. en línea XRP y con taladros largos de más de 100m. en línea BQ. Se realizó el logueo geológico para los 8 sondajes propuestos, determinando estructuras mineralizadas tanto el principal MANTO VIRGINIA como split al techo y piso, pero con espesores reducidos menores a 30cm. determinándose así los bordes de la mineralización al lado oeste en extensión longitudinal como al norte en profundidad.

Palabras claves: Lente mineralizado, tenores, tipo de yacimiento, perforación diamantina, taladros infill, logueo geológico, manto, split, borde de mineralización.

ABSTRACT

The research project was carried out in the Phoenix 5 mining unit, which is located in the district of Culebras, province of Huarvey, department of Ancash. It is characterized by presenting two types of lithologies, a dioritic gabbrodioritic intrusive rock belonging to the Batholith of the Coast of the Santa Rosa Super Unit and a sequence of andesitic volcano-clastic rocks of the Casma Group of the Juncos Formation of the Lower Cretaceous. These rocks in contact (volcanic-intrusive) and associating the structural geology have generated favorable zones for the emplacement of a mineralized lens with an azimuth of 270° and a dip of 32° mantle type and whose tenors are high in 25ppm gold. and copper 3%. To determine the depth and extension of this form of deposit, a brownfield exploration was carried out based on diamond drilling with infill drills of up to 45m. online XRP and with long holes of more than 100m. online bq. Geological logging was carried out for the 8 proposed drillings, determining mineralized structures, both the main MANTO VIRGINIA and split to the roof and floor, but with reduced thicknesses of less than 30cm. thus determining the edges of the mineralization to the west side in longitudinal extension and to the north in depth.

Keywords: Mineralized lens, grades, deposit type, diamond drilling, infill drills, geological logging, mantle, split, mineralization edge.

CAPÍTULO I

INTRODUCCION

Las rocas volcánicas del Grupo Casma son flujos lávicos andesíticos porfiríticos que se encuentran depositados en la cuenca Huarmey y que al tener contacto con rocas intrusivas del batolito de la costa del segmento Lima, ha generado una zona favorable para emplazar mineralización, en dicha zona se encuentra ubicada la mina Phoenix 5, esta relación (volcánico - intrusivo) se pretende entender a través de perforaciones diamantinas y obtener un modelo geológico para utilizarlos en nuevos targets exploratorios.

La perforación diamantina es un método directo al momento de la exploración mediante el cual se obtiene datos reales del subsuelo. Para trabajar con estos equipos se sigue todo un procedimiento estandarizado desde el inicio hasta el final, logrando exitosamente la recolección de testigos; los cuales son procesados en un análisis de logeo geológico detallado, donde se describe: litología, mineralización, estructuras, fallas, diaclasas. Estos datos son procesados en el software AutoCAD 2018, en el que se genera un modelo geológico en 2D; entendiéndose el modo y la forma de la mineralización para diseñar algún tipo de trabajo a posteriori; como el ingreso en galerías, niveles, sub niveles, cruceros y llegar hasta la zona mineralizada, interceptada por la perforación diamantina.

Con el trabajo se pretendió determinar nuevos targets de exploración (greenfield) en las zonas aledañas a la concesión Phoenix 5, para ello se empleó un cartografiado local a escala 1/10000, donde se pueda tener la relación de las lavas volcánicas y los intrusivos gabrodioríticos albergantes de la mineralización. Y las imágenes satelitales ayudaran a determinar estos targets de exploración.

Finalmente, el desarrollo de la tesis se encuentra estructurada en cinco capítulos:

Capítulo I Introducción, Capítulo II Marco Teórico, en este capítulo se mencionan algunos autores con sus respectivos escritos los que sirven para dar sostenimiento de la misma, Capítulo III Materiales y métodos, en este capítulo muestra la ubicación tanto geográfica como política, la metodología de la investigación y el procedimiento de la investigación, conteniendo también el tratamiento, análisis de datos y resultados, para finalizar con el contexto geológico; dentro del cual ubicamos la geología – litología, geomorfología y estructural, Capítulo IV Análisis y Discusión de Resultados; por último contiene la contrastación de la hipótesis, determinando así la veracidad de ella, Capítulo V Conclusiones y Recomendaciones y finalmente se presentan las referencias bibliográficas y anexos como planos, secciones y logueos geológicos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Nacionales

Huamani (2019) Comportamiento lito-estructural, mineralógico y exploración mediante sondajes diamantinos del cuerpo Magistral Centro U.M Santander. En este trabajo se ha programado una serie de sondajes diamantinos de largo y mediano alcance desde plataformas ubicadas en superficie, para definir la prolongación del cuerpo mineralizado, y reconocer nuevas estructuras relacionadas al cuerpo mineralizado principal. Además, se realizaron 7 sondajes diamantinos dentro del programa de exploración y los resultados obtenidos han permitido interpretar la continuidad de la mineralización a profundidad. Las perforaciones diamantinas permitieron determinar la presencia de un incremento de la mineralización de sulfuros en profundidad, siendo los más relevantes, los que contienen plomo, zinc, cobre, plata y óxidos de hierro.

Zamora (2018) Estudio geológico y programa de exploración mediante sondajes diamantinos de las vetas Techí y Colorada – Santo Domingo. El presente análisis correspondiente al complejo Basal de la Costa, que corresponde al estudio de rocas sedimentarias del Grupo Yura del Cretácico inferior, en el Paleoceno-Eoceno. Así, las estructuras mineralizadas de la mina Santo Domingo están constituidas por vetas de 0.5 a 2.5 km. de longitud de afloramiento discontinuo, controlados por el sistema andino (N40W) donde se incluye a la veta Techí y Colorada. La estructura mineralizada se emplaza en la diorita Yarabamba del Batolito de la Costa. Y para determinar la prolongación y continuidad de dichas estructuras mineralizadas se realizó un programa de sondajes diamantinos, evidenciado el contenido mineralógico en profundidad.

Condori (2018) Estudio geológico y perforación diamantina del proyecto Atalaya, distrito de Huallanca, provincia de Bolognesi, departamento de Ancash. El estudio de esta tesis indica que las rocas de las formaciones sedimentarias Cretácicas fueron intruidas por rocas ígneas en forma de stock, diques y/o sills, que tiene una orientación NO-SE, de textura porfirítica, con fenocristales de feldspatos y presencia de ojos de cuarzo, estos intrusivos han generado metamorfismo de contacto con las rocas Cretácicas y están relacionadas con la mineralización. Para determinar dichas aureolas se ha realizado perforación diamantina de taladros medianos, permitiendo confirmar dos zonas mineralizadas una en la Formación Jumasha y la otra en la Formación Pariahuanca.

Sánchez (1995) Geología de los cuadrángulos de Chimbote, Casma y Culebras. Enfocándose al contexto Geológico regional formado por el Batolito de la Costa y una secuencia sedimentaria – volcánica del cretácico que constituye la envoltura regional, adicionalmente se tiene rocas volcánicas del Paleógeno y la cobertura cuaternaria. Se ha reconocido tres secuencias distintas del Mesozoico y Cenozoico: El Grupo Goyllarisquiza, están formadas de aproximadamente 1569 m. de calizas, limoarcillitas grises y areniscas cuarzosas en la parte superior. El Grupo Casma constituye la envoltura occidental del batolito y consistente en lavas, lavas almohadilladas, aglomerados, piroclastitas y sedimentitas, interestratificadas con las rocas volcánicas; su grosor es de 3100 m. aproximadamente. El Grupo Calipuy constituido de 1000 m. aproximadamente de piroclastitas subaéreas, algunas lavas y cuerpos subvolcánicos.

2.1.2. Locales

Reyes (2019). Sobre el potencial de mineralización de Cu, Au tipo IOCG en la costa norte del Perú paralelo 9°-12°, dirigido a ProEXPLO 2019. El estudio se enfoca en las rocas del Grupo Casma que presentan facies de metamorfismo de diverso grado por el magmatismo asociado al emplazamiento del Batolito de la Costa. Dichas unidades intrusivas se presentan por lo general en geometrías elongadas de norte a sur, paralelas a los Andes. Estos intrusivos están relacionados al origen de yacimientos vulcanogénicos de sulfuros masivos, óxidos de Fe-Cu-Au (IOCG) y pórfidos de Cu-Mo.

Salinas (2015). Estudio Geológico de la concesión minera Phoenix 5. El estudio realiza un enfoque al yacimiento minero en donde determina que la roca dominante en el área está conformada por derrames lávicos andesíticos del Grupo Casma, cortados y deformados por intrusivos del Batolito de la Costa, que consisten en gabrodioritas, dioritas y tonalitas a ello agrega que múltiples eventos tectónicos ocurrieron antes, durante y posterior a los intrusivos, que dieron lugar a fisuras corticales y fracturamiento más superficial, los que condujeron al ascenso de fluido hidrotermal y posterior fijación de la mineralización económica como relleno de fisuras y ore shoots (clavos mineralizados).

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Tipo de yacimiento

2.2.1.1. Depósitos Óxido de Fe-Cu-Au (IOCG)

2.2.1.1.1. Generalidades de los yacimientos IOCG

Los yacimientos tipo IOCG están relacionados a los complejos plutónicos y son coetáneos con los sistemas de fallas. Basados en la litología del depósito y dictado en parte por los parámetros estructurales y litológicos, ellos pueden ser separados dentro de varios estilos: vetas, brechas hidrotermales, mantos de reemplazamiento, skarns cálcicos y depósitos compuestos que combinan todos los tipos precedentes. Los depósitos vetiformes tienden a estar alojados en rocas intrusivas, especialmente en gabros y gabrodioritas equigranulares. Mientras que para Sillitoe (2003) los depósitos más grandes -compuestos-, ocurren entre secuencias volcano-sedimentarias, por encima de los 2 km a partir del contacto con el plutón y en íntima asociación con sistemas de fallas paralelas al erógeno.

Las rocas encajonantes al lado de la mena muestran una intensa alteración hidrotermal. Las condiciones variables de presión-temperatura de la alteración y mineralización se reflejan en un espectro de depósitos. Estos depósitos van desde aquellos donde el óxido de Fe dominante es magnetita, caracterizado por una alteración con minerales de biotita, feldespato-K y anfíbol, hasta sistemas dominados por hematina, donde las principales fases de alteración son sericita y clorita. Donde se presenta Na y Na-Ca, la alteración se desarrolla a mayor profundidad o más lejos de la mena, es de mayor extensión y comúnmente antes de la alteración Fe-K y la mineralización. Para Williams (como se citó en Sánchez, 1995) los

carbonatos son comúnmente abundantes, particularmente en asociación con o posterior a la formación de los sulfuros de Cu que tienden a ser paragenéticamente tardíos y después de la alteración de silicato de alta temperatura en los depósitos ubicados a mayor profundidad.

Las evidencias apoyan una conexión genética entre los depósitos OICG de los Andes Centrales con los magmas gabrodioríticos a dioríticos. A partir de estos magmas, un fluido de mena puede haber sido canalizado verticalmente o lateralmente por varios kilómetros a través de sistemas de fallas dúctiles a frágiles. Los grandes depósitos compuestos de OICG se formaron por el ingreso de fluidos de mena a secuencias permeables volcano-sedimentarias. El magma básico puede formar plutones o alternativamente puede fundirse y llevar intrusiones más félsicas, como se evidencia en menas relacionadas a diques de diorita, pero en el caso del origen del fluido de mena se puede inferir de profundidades mayores no observadas. Sillitoe (2003) concluye que los fluidos externos de cuencas no fueron requerimientos para la formación de OICG en los Andes Centrales, aunque los fluidos metamórficos, de mar, evaporíticos o meteórico pueden haber contaminado fortuitamente el fluido magmático de mena localmente.

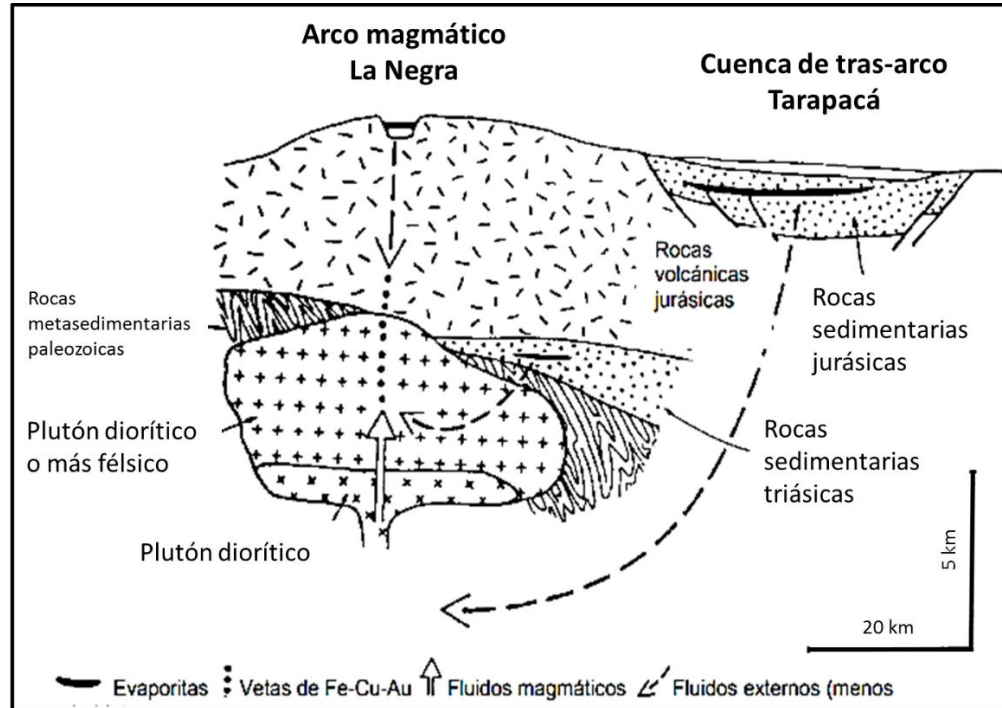


Figura 1: Esquema de las vetas de Cu-Fe-Au del jurásico La Negra para el norte de Chile que muestra las posibles fuentes de fluidos de mena. El abastecimiento de fluidos magmáticos que ascienden verticalmente sería de una fuente de magma diorítico profundo. (Sillitoe, 2009)

2.2.1.1.2. Contexto geotectónico de los yacimientos IOCG

Típicamente están localizados a lo largo o en la intersección de la estructura de la corteza mayor, que comúnmente es tensional o evento de transtensión. Además, se han encontrado en niveles medios de la corteza, que algunos ejemplos se dan en zonas extensionales, orogénicos, intracratónica, rifts intra-arco, arcos magmáticos y cuencas de tras-arco. En la mayoría de los casos las estructuras controlan el emplazamiento de intrusiones e influyen fuertemente en el régimen del flujo del fluido, la formación de brechas (incluyendo la preparación del suelo y la iniciación de brechamiento hidrotermal), y en última instancia, la ubicación y morfología de la alteración y zonas mineralizadas. En la figura de la distribución de los depósitos tipo IOCG y pórfidos de Cu (figura 2) se observa que la mayoría de estos yacimientos se encuentran en las zonas de subducción de la placa del pacífico.

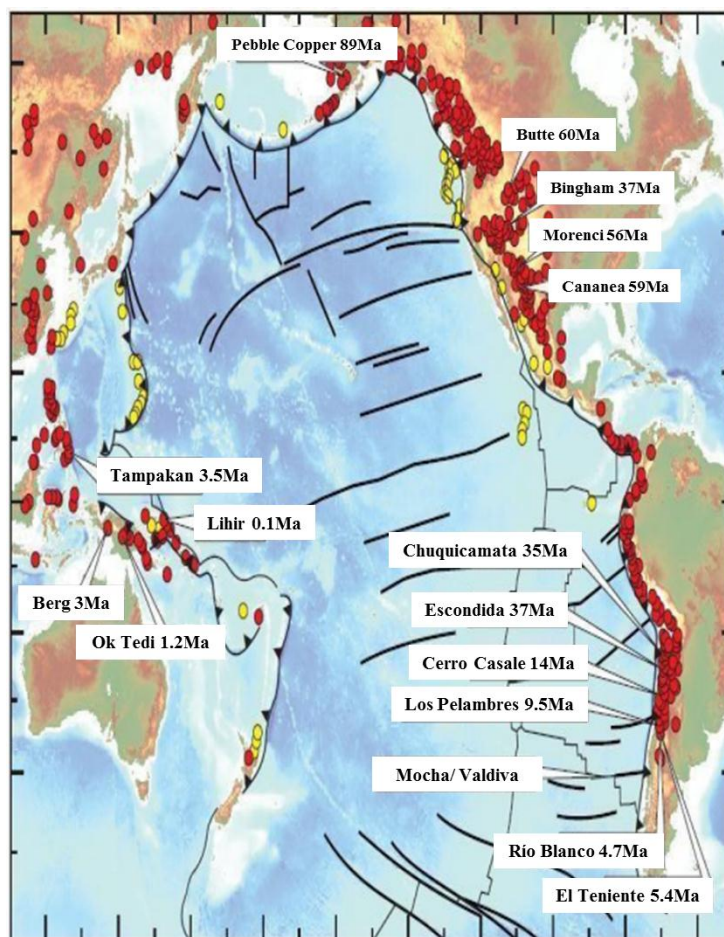


Figura 2: Distribución global de los depósitos tipo pórfido de cobre e IOCG con edades. Tomada de la publicación especial N°17 Tectonics, Metallogeny, and Discovery, The North American Cordillera and Similar Acercationary Settings.

2.2.1.1.3. Morfología de los yacimientos IOCG

Los depósitos IOCG se pueden expresar en una amplia variedad de morfologías, y de tipos de alteración que dependen de su estratigrafía, ya que puede tomar formas concordantes o discordantes a ésta; por otro lado, los depósitos IOCG han sido reconocidos dentro de un régimen epitermal, pero estos depósitos todavía no se encuentran bien definidos. Generalmente los depósitos IOCG, presentan reemplazamientos cuya morfología es tipo de un skarn como lo presenta el yacimiento de Wilcherry Hill en Australia. Lo que es más común en la génesis de los IOCG es su afinidad a un sistema hidrotermal magmático. Su morfología es muy diversa y va desde mantos, vetas, chimeneas hidrotermales, brechas de diversos tipos, cuerpos de reemplazamiento característicos de un skarn, stockworks, cuerpos pegmatoides y o tipo diatrema como se muestra en la Figura 3.

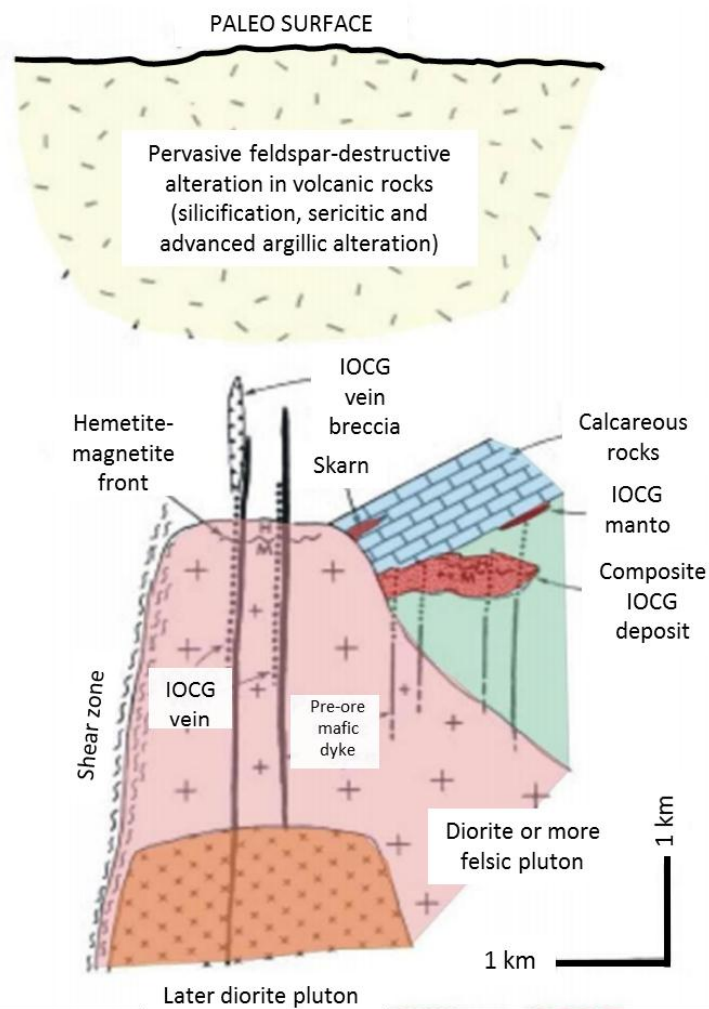


Figura 3: Morfología de los cuerpos en depósitos tipo IOCG, según (Sillitoe, 2003)

2.2.1.1.4. Alteración hidrotermal de los yacimientos IOCG

Los depósitos IOCG están caracterizados por una zona progresiva de alteración que va desde el núcleo hacia afuera, la zona de alta temperatura está dentro del rango de 600° a 400°C, donde el sistema se encuentra moderadamente oxidado y rico en minerales sódicos como: albita + escapolita + anfíbolita + piroxeno; por otro lado si son rico en Na-Ca-Fe se dan minerales como: magnetita + anfíbolita + actinolita + apatito, y si presentan un enriquecimiento en K - Fe se tendrá una paragénesis del tipo: feldespato potásico + magnetita + biotita + anfíbolita. Si presentan temperaturas medianas a bajas <400° a 200°C, hay más oxidación y un enriquecimiento en K-Fe-Ca-Co₂ (hematita + sericita + clorita + carbonato + cuarzo). En las zonas distales que se tiene baja temperatura (250° a 100°C) el aporte de SiO₂-Fe-CO₂ es el dominante y se traduce en vetas con cuarzo + hematita + carbonatos como se muestra en la Figura 4.

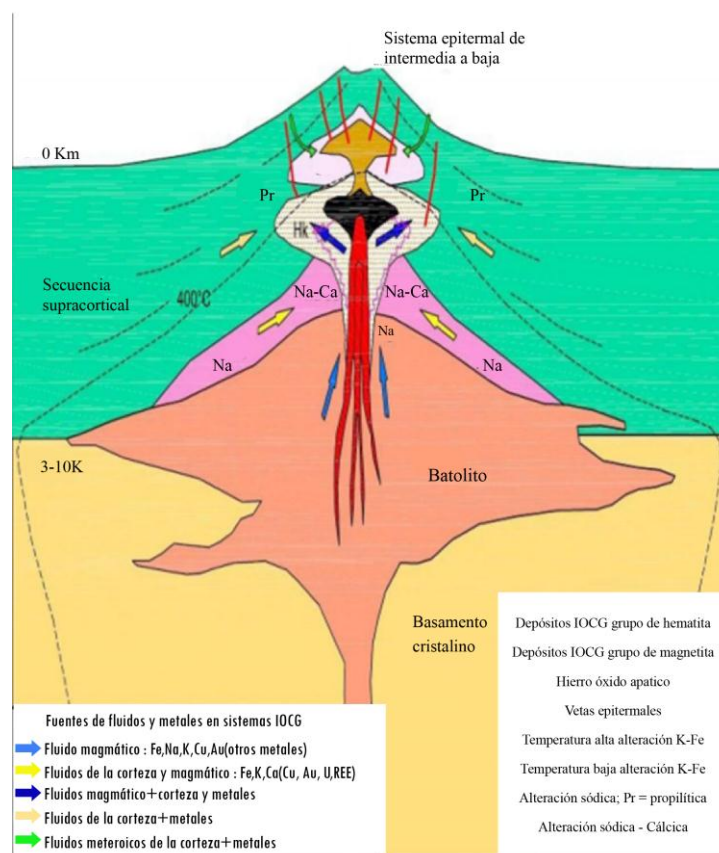


Figura 4: Anatomía de los sistemas IOCG, donde se muestra la profundidad variable de emplazamiento de la fuente del batolito en la corteza media y superior Asociación espacial de la alteración y la mineralización tanto proximal, distal, posibles fluidos y fuentes de metal.

Fuentes: Hitzman et al. (1992)

2.2.1.1.5. Zonación de los yacimientos IOCG

Dentro de los depósitos tipo IOCG la zonación es muy característica del centro hacia afuera, donde la alteración sódica-cálcica se puede localizar en el rango de 5 a 10 kilómetros de profundidad con temperaturas cerca de los 600° centígrados, la alteración potásica es más afín, que con lleva cuerpos de magnetita, con temperaturas que oscilan entre 200° C a < 400°C que se consideran de baja temperatura, si se encuentra la alteración potásica esta debe estar asociada con cuerpos de hematita. Conforme la temperatura va decreciendo se observa la alteración propilítica y al final se observa vetas epitermales con temperaturas menores de 100° C. Los fluidos que aportan los metales son fluidos magmáticos ricos en Fe, Na, K, Cu, Au, mientras que los fluidos magmáticos que han interactuado con la corteza aportan Fe, K, Ca, Cu, Au, U, REE Richards et al,2013.

2.2.1.1.6. Clasificación de los yacimientos IOCG

Para la clasificación de los depósitos tipo IOCG se deben observar sus características ya mencionadas y sus asociaciones tales como:

1°.- La asociación de metales mayores los cuales para este caso son Fe, Cu, Au exclusivamente estos tres metales, si existiere otro mineral entraría a otra clasificación la cual no se discute en esta investigación.

2°.- Presentan una posible asociación con metales menores como: U, Co, Bi, Ag, P. El contenido de sulfuros en estos tipos de depósitos son relativamente menores ya que se encuentra en un sistema epitermal de bajo a intermedia sulfuración.

3°.- Los depósitos de minerales económicos son exclusivamente magnetita, hematita, calcopirita, bornita, calcosita diagénética, uraninita, cofinita, sulfarseniuros y apatito.

4°.- La composición de los fluidos primarios de la mineralización son H₂O - CO₂ - NaCl-KCl-Ca-Cl₂ (10-50 wt% NaCl equivalente).

5°.- El estado de oxidación y el pH del yacimiento tienen que estar en un estado de oxidación y un pH neutro o moderadamente ácido.

6°.- El magma está asociado a procesos de subducción, transtensión, anorogénicos, orogénicos, intracratónica, rifts intra-arco, arcos magmáticos y cuencas de tras-arco.

7°.- La fuente de los fluidos mineralizantes magmáticos, comúnmente es una interacción con los fluidos de la corteza (meteóricos a salmuera), y la alteración geoquímica que se produce en este tipo de yacimientos son: Na k – Fe - P - Ca - SiO₂ - CO₂ - F.

8°.- En cuanto a la alteración de alta temperatura corresponde al rango de > 400 °C y fluidos ricos en Na y se tiene un ensamblaje de albita, escapolita, anfíbolita, piroxeno, cuando son ricos en Na - Ca - Fe: el ensamblaje es de actinolita, apatito, feldespato alcalino. En cuanto a la alteración de la mineralogía a baja temperatura < 350 °C, cuando son ricos en K - Fe su ensamblaje es de feldespato potásico, magnetita, biotita, anfíbolita, cuando son ricos en K - Fe - Ca - CO₂ su ensamblaje es de hematita, sericita, clorita, epidota, carbonatos, cuarzo. La extensión de la alteración de altas temperaturas se da en un rango de 1 a 7 kilómetros de profundidad.

9°.- Su ambiente epitermal es totalmente de intermedia a baja sulfuración, la profundidad de formación se da desde superficiales hasta los 5 kilómetros de profundidad, en cuanto a su metamorfismo regional es de bajo a alto grado.

10°.-La asociación de magmas es estrictamente calco-alcalino a medianamente alcalino, y en cuanto a sus edades existen desde el Precámbrico al Cenozoico (Richards et al, 2013).

2.2.2. Perforación Diamantina

La perforación con extracción de testigos o diamantina es un método de perforación rotatoria que se utiliza para extraer muestras de núcleo de rocas suelos. Sus aplicaciones más comunes se pueden encontrar en investigaciones mineras, geológicas o con fines de cimentación profunda en obras de ingeniería. La designación de diamantina se debe a que utiliza una corona (brocas de sección anular) de acero con diamantes industriales integrados a una matriz de carburo de tungsteno para excavar. Existen dos métodos de perforación de diamantina, uno de ellos es el método convencional y el otro es el denominado por “cable o wireline”. Al perforar con el método convencional la sarta de perforación debe ser retirada completamente, una vez que el porta testigo sea vaciado. Al perforar con el método wireline sólo se retira el tubo interior para la obtención del testigo y no es necesario retirar toda la sarta de perforación (Salas, 2016).

2.2.3. Equipo de perforación

2.2.3.1. Sonda de perforación

Consiste en un motor de 20 a 140 HP que acciona un sistema de transmisión de rotación a un cabezal, que en su interior se encuentra la tubería de perforación y en cuyo extremo se encuentra la corona diamantina. El cabezal tiene la autonomía de rotar en 360° en un plano vertical, que permite efectuar perforaciones con la inclinación que se requiera. El avance está activado por un sistema hidráulico mediante pistones ubicados en el cabezal de la máquina, con distancias de 1.5m perforados.



Figura 5: Máquina perforadora Diamec U-8.
(Fuente: Atlas Copco Productos de Exploración, 2010)

2.2.3.2. Columna de perforación

La columna o sarta de perforación es la encargada de transmitir y soportar las fuerzas axiales y de torsión, guía y colocar la trayectoria del pozo y permitir la circulación de fluidos para enfriar el pozo y enfriar la barrena. Cuenta con los siguientes componentes: corona, escariador, estabilizador, tubo interior, tubo exterior, porta-candado, candado, porta-resorte, resorte, seguro, tubo interior, y culatín.

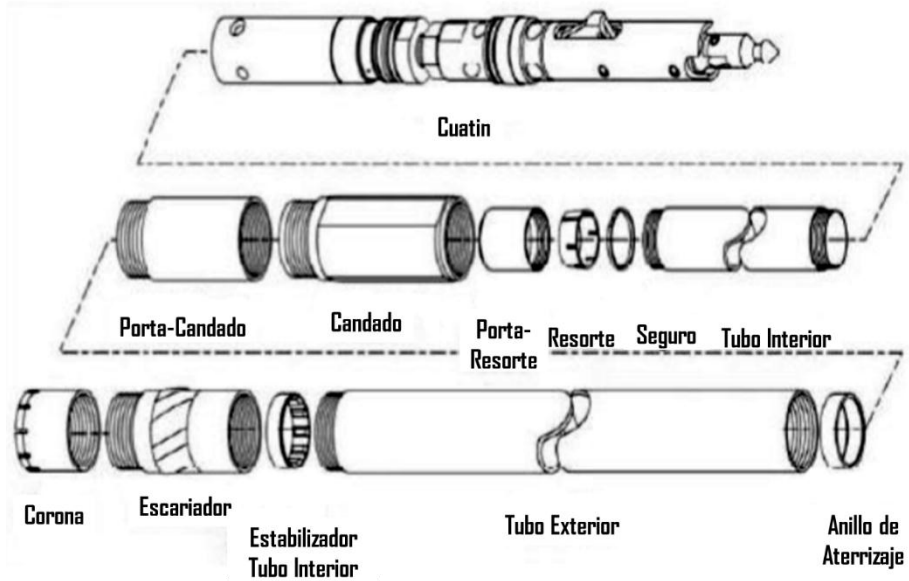


Figura 6: Componentes de la sarta de perforación.
(Fuente: Seminario Sondajes DDH-A de Simone, J, Oyarzo, 2012)

2.2.3.3. Corona de perforación

Las coronas o brocas son uno de los constituyentes esenciales de una perforación diamantina, ubicado en frente de la sarta cumple la función de cortar la roca y avanzar con el sondaje. Las coronas diamantinas son brocas de sección anular, de manera que avanza la perforación se talla una muestra de la roca de forma cilíndrica que se introduce en el barril porta testigos inmediatamente detrás de la corona. Existen diferentes tipos de coronas, según la función que desempeñan: brocas de carburo de tungsteno, brocas de carburo de tungsteno triturado, brocas con diamantes, brocas con diamantes insertados, brocas con diamantes impregnados. En la (Tabla 1) se aprecia los diferentes diámetros de coronas según su designación:

Tabla 1: Diámetros de coronas.

Designación	Diámetro Muestra (mm)	Diámetro Taladro (mm)
XRP	23,0	43,4
AQ	25,4	45,8
BQ	36,5	60,0
NQ	47,6	75,8
HQ	63,5	96,0



Figura 7: Corona de perforación.
(Fuente: Seminario Sondajes DDH-A de Simone, J, Oyarzo, 2012)

2.2.3.4. Escariador (Remer Shell)

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



Figura 8: Escariador.
(Fuente: Seminario Sondajes DDH-A de Simone, J, Oyarzo, 2012)

2.2.3.5. Barras de perforación

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

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

- Transferir las fuerzas de levantamiento y extracción
- Servir como una línea de distribución para el agua de lavado
- Servir como una línea de distribución para el ensamble del tubo interior

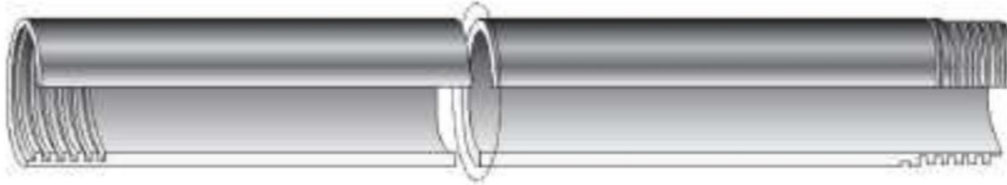


Figura 9: Barra de perforación.
(Fuente: Seminario Sondajes DDH-A de Simone, J, Oyarzo, 2012)

2.2.3.6. Barril porta testigo (Corel Barrel)

Para un sistema de perforación por cable wireline el barril porta testigo almacena la muestra de testigo en el tubo interior que la corona diamantada corta desde la roca, permitiendo extraer la muestra del fondo del pozo sin necesidad de extraer todo el sistema de perforación. Todos los barriles porta testigo mediante cable pipeline incluyen los siguientes componentes principales: Culatín, porta-resorte, resorte, seguro, tubo interior.



Figura 10: Componentes barril porta testigo.
(Fuente: Seminario Sondajes DDH-A de Simone, J, Oyarzo, 2012)

2.2.3.7. Bomba de lodos

La función principal de la bomba de lodos es hacer circular los medios de lavado en la sarta de perforación desde la fuente de lodos hasta el fondo del pozo y la característica principal de esta bomba es brindar un flujo de líquido parejo constante con un mínimo de fluctuación.



Figura 11: Bomba de lodos.

2.2.3.8. Caja porta testigos

Es una caja de madera o polipropileno de forma rectangular, con dimensiones que pueden variar según el tipo de perforación. Esta caja tiene 5 divisiones en su interior debidamente diseñadas al momento de su fabricación, con la finalidad de almacenar las muestras que se obtengan luego de cada extracción.



Figura 12: Caja porta testigos.

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

2.2.4. Procesos de perforación diamantina

El proceso de perforación diamantina se divide en 16 sub procesos secuenciales, clasificados en 3 etapas:

2.2.4.1. Etapa de Pre-Perforación

1.- Recepción de plataforma o cámara de perforación

Para iniciar el proceso de perforación se programa una visita al terreno a fin de conocer la situación en que se encuentra la postura (lugar de trabajo), inspección geotécnica del terreno a fin que no haya caída de rocas ni desprendimiento de la misma, seguido del traslado de personal y posteriormente, se realiza una última inspección técnica y visual del lugar.

2.- Traslado a cámara diamantina

Es el proceso en el cual se transportan los materiales, instrumentos, herramientas y equipos a la postura de trabajo. Todo esto es transportado en Scop Minero de 1.5 yardas.

3.- Instalación de cámara diamantina

Se coordina con la supervisión de mina para la instalación de servicios como: energía, agua y aire a la cámara diamantina, seguido de un plan de trabajo para instalar los equipos, herramientas, instrumentos y materiales. Luego se procede a ordenar y asear la postura para instalar las guardas de seguridad. Una vez instaladas las barreras, se procede a dar la inclinación necesaria a la sonda para su posterior anclaje

4.- Puesta en marcha

Se procede a encender la unidad de fuerza seguida de la bomba de fluidos

5.- Instalación de herramienta

Se realiza la instalación de barras y tubo interior de los cuales dependerá si el sondaje es positivo o negativo. Para un sondaje positivo (inclinación mayor a 0° vertical) se coloca un acople stuffin box (caja de relleno) para evitar la fuga de fluido al momento de inyectar agua para el ascenso del tubo interior. Para un sondaje negativo (inclinación menor a 0° vertical) se procede con la instalación manual de las barras seguido de la inserción manual del tubo interior

6.- Inyección de fluidos de perforación

Se comienza con la preparación de los fluidos mezclando los polímeros con agua para obtener una mezcla homogénea, seguida de la instalación de la cabeza inyectora en la parte superior del cabezal para empezar con la inyección de fluidos.

2.2.4.2. Etapa de Perforación

7.- Inicio de perforación

Se procede a revisar las protecciones para partes móviles y las barreras duras, para dar inicio a la rotación y el avance de la perforación, llevando un control de los indicadores (presión y rotación) de perforación.

8.- Corte estrato

Este proceso se inicia con el ingreso de la muestra del macizo rocoso dentro del tubo interior, verificando los indicadores de presión hasta el llenado total de la muestra. Una vez lleno el tubo interior, se detiene la perforación e inyección de fluidos y se procede al corte del testigo.

9.- Extracción del tubo interior

En los sondajes positivos se inicia con el ascenso del pescante enganchado al cable wireline, donde se acopla el stuffin box a la barra de perforación para controlar la presión de agua hasta que el pescante enganche con el culetín, seguido de su descenso y finalmente acomodar el tubo interior en el atril. Para sondajes negativos se inicia con el descenso del pescante enganchado al cable wireline hasta enganchar con el culetín para su ascenso y posterior desacople y finalmente acomodar el tubo interior en el atril.

10.- Extracción de testigo

Su procedimiento va a depender si es para una extracción geológica o geotécnica. Para una extracción geológica se desacopla el porta resorte y culetín del tubo interior, para luego por percusión depositar el testigo en la caja porta testigo. Para una extracción geotécnica se desacopla el porta resorte y culetín del tubo interior, seguido de un acople de un dispositivo que se ajusta a presión al tubo interior, luego de la aplicación de agua a presión para la salida de la muestra y lanas en la caja porta testigos.

11.- Movimiento de herramienta

En este proceso se pueden encontrar 3 funciones diferentes: inserción y retiro de barras, cambio de insumos de perforación o reducción de diámetro. Para la inserción o retiro de barras se manejan las barras de perforación manualmente para su acople o desacople seguido de la sincronización de comando de control. Cuando se necesita cambiar los insumos de perforación se comienza con el ascenso o descenso de las barras de perforación, seguido de la salida del tubo exterior a la superficie para realizar una inspección técnica visual. Posteriormente se procede con el reemplazo del insumo y descenso o ascenso del tren de barras. La reducción de diámetro va depender si el sondaje es positivo o negativo. Si el sondaje es positivo se procede con el retiro de herramienta para cambiar el insumo de perforación (zapata), se ascienden las barras hasta el fondo de la perforación y se anclan a la corona túnel. Se realiza el cambio de mordaza a un diámetro menor seguido de la inserción del tren de barras de menor diámetro en el revestimiento anclado a la corona. De manera similar para el sondaje negativo, se procede con el retiro de herramienta para el cambio de insumo de perforación (zapata), luego se cambia la mordaza a un diámetro menor seguido del descenso de barras, para finalmente descender el tren de barras de menor diámetro.

2.2.4.3. Etapa de Post – Perforación

12.- Encajado de muestra

El encajado de muestra va a depender de la finalidad del sondaje, puede ser de tipo geología o geotécnica. Para una muestra con fin geológico se manipula la muestra del atril hasta la caja porta testigo manualmente, se colocan los tacos correspondientes y se cierra la caja. Para una muestra con fin geotécnico es el mismo proceso que el geológico a diferencia que la muestra se libera en ángulos.

13.- Medición de trayectoria

Se comienza revisando el equipo de manera que se encuentre en las condiciones óptimas para su ensamble de forma manual. Una vez que el instrumento se encuentra al fondo del pozo enganchado del pescante se empieza con la toma de datos cada 3 metros hasta que llega a superficie, se procede con el desarme y posterior guardado.

14.- Termino de sondaje

El proceso inicia con el movimiento de herramientas seguido del desmontado de la cámara diamantina. El movimiento de herramienta va a depender si el sondaje es positivo o negativo. Para un sondaje positivo se inicia con el retiro de las barras de perforación, luego se retiran las barras de revestimiento cortando el anclaje, seguido de su acopio en un sector de la postura. Para un sondaje negativo se inicia con el retiro de las barras de perforación, luego se retiran las barras de revestimiento, seguido de su acopio en un sector de la postura. Durante proceso de desarme se retiran todos los servicios (agua, aire y energía) y se deja en orden la cámara diamantina.

15.- Entrega de cámara diamantina

Se inicia con una visita e inspección técnica por parte de la supervisión del área de geología y mina para entregar la zona y evaluar los siguientes trabajos de minado.

16.- Entrega producto final

Se cargan las cajas en vehículos autorizados para ser trasladadas al lugar en que se analizarán los testigos (sala de logueo), todo bajo la supervisión o responsable de la perforación diamantina (Salas, 2016).

2.2.5. Logueo Geológico

Corresponde a la toma de información detallada de datos procedentes de los testigos de perforación, los cuales son: litología, fallas, fracturas, alteración, mineralización, propiedades físicas, observaciones y código de muestra si lo requiere (Ver hojas de logueo)

Se puede mencionar su procedimiento:

- a) Verificar la iluminación, limpieza y orden de cajas con testigos sobre la mesa de logueo,
- b) Utilizar el formato impreso del logueo geológico, variando el número de sondaje, fecha e iniciales del geólogo responsable del logueo geológico.
- c) Los tramos de logueo serán determinados por corridas de perforación que por lo general es de 1.50m.

- d) El porcentaje de recuperación, se obtendrá por fórmula entre la longitud recuperada sobre la longitud perforada, en caso de agrupar más de dos corridas se obtendrán de la sumatoria de longitudes recuperadas entre la sumatoria de longitudes perforadas.
- e) La determinación del RQD (%) para el tramo de logueo se obtendrá por fórmula, sumatoria de longitudes de testigos mayores a 10 cm (RQD Length), sobre la longitud de la corrida multiplicado por 100 para obtener el porcentaje.
- f) Se loguea la litología y según la simbología se pinta y se coloca su trama a lado de la misma se coloca el código correspondiente a dicha litología.
- g) Los ángulos de inclinación estimados de las estructuras como fallas y fracturas, serán medidos utilizando un Protactor, cabe resaltar que como no es una perforación orientada se hace coincidir con cartografiado de interior de mina o superficie.
- h) El trabajo prosigue determinando el tipo de alteración que presenta el testigo, puede ser una roca fresca y en zonas mineralizadas se puede tener una alteración propilítica, argílica, silicificación o presencia de actinolita,
- i) Luego se determina la mineralización presente en testigo, esta puede ser piritita en parches o de forma diseminada, marcasita, pirrotina y si la perforación corta manto se logueará minerales como calcopirita, bornita, covelita, calcosina y/o magnetita
- j) Se determina las propiedades físicas como acidificación, dureza, tamaño de grano, color y textura en cada cambio litológico determinado por el logueo.
- k) Marcar con un lápiz de cera las trazas de sulfuros primarios en los testigos y se saca su respectiva muestra señalando en la hoja de logueo el código, distancia y la descripción de la muestra para enviar a laboratorio.
- l) Se toma fotografía de las cajas portatestigo, su registro y código almacenándose en la base de datos del servidor principal del área de geología.
- m) Culminado el logueo geológico en un 100%, el geólogo responsable verifica su información, códigos y símbolos sean los correctos antes de enviar el formato de logueo geológico a la base de datos y al jefe del proyecto para su revisión, validación y control.

2.2.6. Modelo Geológico

El modelo geológico, es un compendio de las características y propiedades estáticas de un yacimiento, estos son sistemas complejos y heterogéneos compuestos por diversos tipos de rocas, depositados en diferentes ambientes, afectados por una infinidad de procesos geológicos a lo largo de su historia. En una primera etapa en la conformación de un modelo geológico de un yacimiento, es importante tener claro un modelo conceptual de los procesos que dieron origen al yacimiento en estudio, así el modelo conceptual condensa la evolución geológica que culmina con la formación del yacimiento.

El modelo geológico consiste en la representación bidimensional o tridimensional de un volumen de rocas. Este puede representar la litología, mineralización, alteración u otro tipo de característica geológica del macizo rocoso.

Se conceptualiza al modelo geológico el pilar clave para toda evaluación geológica de proyectos mineros, ya que este aportará información clave para el dimensionamiento de las excavaciones a diseñar.

En la actualidad el modelo geológico se muestra más accesible para la evaluación del medio a través de herramientas de cómputo con el manejo de software para diseño geológico: visualización geológica espacialmente.

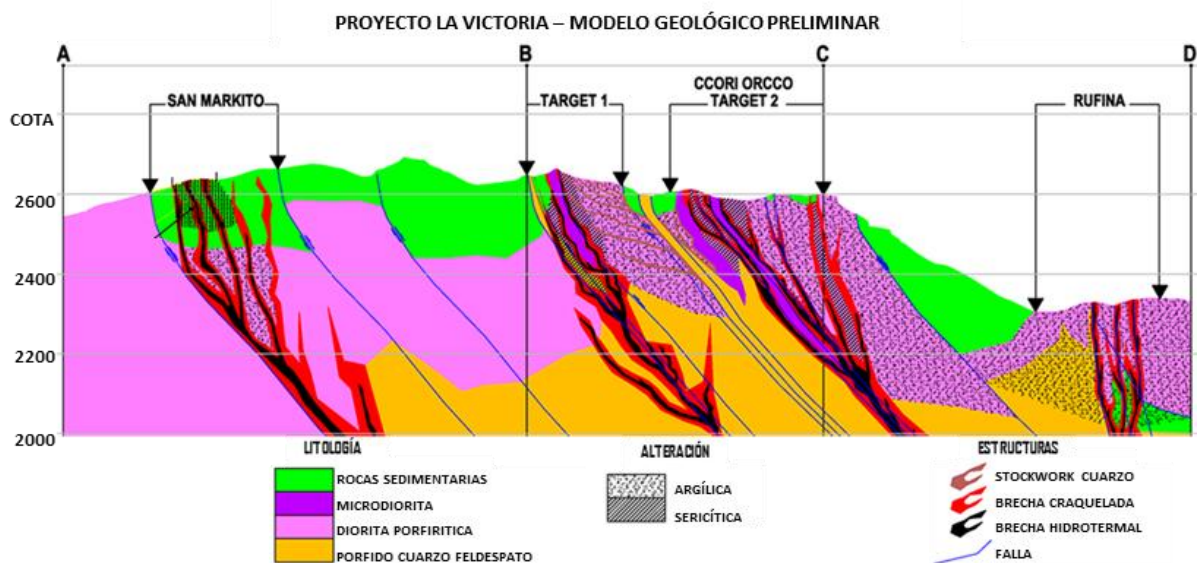


Figura 13: Ejemplo de generación de modelo geológico para proyecto La Victoria- Áncash –Perú
Fuente: (Eloro Resours, 2019)

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Geográfica

Geográficamente la mina Phoenix 5 se ubica en la faja costera del Perú Central, pertenece al cuadrángulo de Culebras carta 20G, a una altitud promedio de 300 m.s.n.m. delimitada por las coordenadas de sistema de Unidad Técnica de Medida (UTM) Datum WGS-84, Zona 17S, contenida dentro de los siguientes vértices. (Ver Tabla N°2)

Tabla 2: Delimitación del área de estudio

Vértice	Norte	Este
V1	8906130	813650
V2	8906130	814870
V3	8905360	814870
V4	8905360	813650

3.1.2. Política

Políticamente, se encuentra ubicada en el departamento de Ancash, provincia de Huarney, distrito de Culebras, en la localidad del Molinos en el denominado Cerro Barrera. (Ver plano P-01)

3.1.3. Accesibilidad

Para llegar a mina Phoenix 5 desde Lima, se sigue el acceso de la autopista Panamericana Norte hasta el kilómetro 312, de allí hay un desvío de carretera afirmada hacia el este que se

dirige a la comunidad de Molinos en una distancia de 12 kilómetros, luego se cruza el río Culebras en dirección a mina. El recorrido desde Lima dura unas 5 horas aproximadamente en camioneta.

Tabla 3: Recorrido Lima- Mina Phoenix 5

Recorrido	Acceso	Distancia (km)	Tiempo
Lima- Culebras	Asfaltada	312.00	4.45h
Culebras- Molino	Afirmada	12.00	20min
Molino- Mina Phoenix 5	Trocha	1.00	5min

3.1.4. Condiciones climáticas

Las condiciones climáticas en mina Phoenix 5 son de templado a cálido, con una temperatura promedio anual de 20°C. Según el Senamhi (El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú), la temperatura está marcada en dos estaciones la primera que se desarrolla de diciembre a abril que es verano con temperaturas de 15 a 30 °C, y la segunda de mayo a noviembre que es invierno con temperaturas de 10 a 15 °C.

3.1.5. Hidrografía

El río Culebras, ubicado al SE de mina Phoenix 5, es de condición estacional. El caudal solo aumenta en verano, donde las precipitaciones de lluvia y granizo son intensas en la parte alta de la cordillera Occidental llegando a desembocar el Océano Pacífico. Esto ha generado un valle senil, en donde se han depositado sedimentos fluvio-aluviales los que son aprovechados para la agricultura de los pobladores del Molino.

3.1.6. Catastro Minero

La concesión minera Phoenix 05 con código 010158306, es titular la empresa Minera Mapsa S.A, que dio en sesión de uso a la empresa Grand Tai S.A.C para exploración y explotación de mina Phoenix 5, bajo contrato interno entre dichas empresas. Cabe señalar que la empresa Minera Mapsa S.A tiene un total de 26 concesiones aledañas en la Provincia de Huarmey. Siendo algunas de estas concesiones muy favorables para aplicar la hipótesis de esta tesis. (Ver plano de catastro minero P-02)

3.2. PROCEDIMIENTOS

3.2.1. Metodología

Tipo, diseño y método de investigación:

El tipo de investigación es descriptivo, porque implica observar y describir las características geológicas en los testigos o cores, el nivel de la investigación fue explicativa, porque busca la explicación del modo de emplazamiento del yacimiento minero y el diseño de la investigación es no experimental. Por otra parte los métodos de la investigación son: descriptivos analíticos y explicativos.

Población de estudio:

El desarrollo de la tesis es con los testigos o cores de la perforación diamantina y la geología de la mina Phoenix 5, ubicada en el distrito de Culebras, provincia de Huarmey departamento de Ancash.

Muestra:

Para la investigación se usó los testigos o cores de la perforación Diamantina, en total 484.10 metros lineales de perforación.

Unidad de Análisis:

Las características litológicas, estructurales y mineralógicas de los testigos o cores perforados.

3.2.2. Definición de variables

La investigación está relacionada con variables dependientes e independientes, tal como se observa en la Tabla 4.

Tabla 4: Variables para la investigación

VARIABLES	
INDEPENDIENTES	DEPENDIENTES
Mineralización	
Control estructural	Modelo geológico
Logueo geológico	Perforación diamantina
Litología	

3.2.3. Técnicas

Se han empleado técnicas para el acopio de información tanto de campo como de gabinete, estos fueron: observación dirigida, análisis documental, toma de fotografías, logueo geológico, cartografiado en superficie e interior mina.

Y para el desarrollo de la investigación se ha realizado en tres etapas: pre campo, trabajo de campo y post campo.

Etapa de pre-campo

Esta etapa es para obtener información bibliográfica referente al tema de la investigación, involucró la búsqueda y revisión de informes y trabajos realizados sobre la mina en estudio.

Además, se procedió a revisar imágenes satelitales, elaborar fichas para el logueo geológico, elaborar planos topográficos para el cartografiado superficial y subterráneo los que fueron trabajados en software especializados.

Etapa de trabajo de campo

En esta etapa se procedió, a realizar los cartografiados geológicos tanto en superficie a escala 1/1000, detallando los afloramientos de rocas volcánicas del Grupo Casma e intrusivos del batolito de la costa, además de evidenciar diques andesíticos y la continuidad de la mineralización en forma de óxidos en superficie. En interior mina también se realizó el cartografiado a detalle a escala 1/250, este cartografiado se hace cada 2 metros en todas las labores de la mina: galerías, subniveles, rampa, chimeneas, tajos y cruceros.

Con este cartografiado se definió los lugares más apropiados para realizar la perforación diamantina, todos focalizados desde interior de mina, ya que se pretende hacer exploración brownfield. Se tuvo que preparar las cámaras para las máquinas perforadoras: Lonyer 38 (línea BQ) y Packsack FL-50 (línea XRP).

Las máquinas perforadoras, obtienen cores o testigos, estos se recopilan en cajas especiales y son llevadas hasta la sala de logueo, donde se analiza mediante el logueo geológico: RQD, porcentaje de recuperación, fallas, fracturas, litología, alteración, entre otros aspectos importantes para realizar el modelo geológico.

También se procedió a sacar muestras de los testigos que cortaban estructuras mineralizadas para ser enviadas al laboratorio interno de mina y obtener los análisis correspondientes, dichos análisis se realizaron solo por oro (Au), cobre (Cu) plata (Ag), minerales rentables en mina Phoenix 5.

La correlación del cartografiado superficial, interior mina y la perforación diamantina, nos brinda un modelo de yacimiento para mina Phoenix 5.

Etapa post-campo

Con los datos obtenidos en campo se procedió a realizar los planos de superficie y también de interior de mina en las escalas apropiadas, los datos del logueo geológico fueron pasadas a software Excel para ser procesadas en software Civil 3D-2018 el resultado del trabajo de investigación es el modelo geológico de la mina Phoenix 5 (ver plano 6)

3.2.4. Instrumentos y Materiales

3.2.4.1. Instrumentos

GPS Garmin 64s: instrumento para determinar la ubicación de los puntos tomados en campo para realizar el cartografiado superficial a través de sus coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator) en el sistema WGS-84.

Brújula tipo Brunton: instrumento empleado para la toma de datos de azimut y buzamiento en estructuras mineralizadas y así también: fallas, fracturas, diques, etc.

Picota de Geólogo: herramienta para sacar muestras representativas de mano de cada uno de los afloramientos al momento del cartografiado geológico.

Lápiz de dureza: para determinar la dureza de los minerales de las muestras tomadas en campo y al momento de realizar el logueo geológico.

Lupa (20x – 10x): para observar e identificar los diferentes minerales de las muestras tomadas en campo y de los cores o testigos de perforación.

Protactor: para ubicar y medir en los planos los datos tomados en campo, así también para medir ángulos de las estructuras de los testigos o cores.

Colores: se usa en el cartografiado tanto de superficie como de interior mina, también para el logueo geológico según la codificación establecida previamente.

Flexómetro de 5m: para medir el espesor de las estructuras encontradas en campo, así también para medir discontinuidades en los cores o testigos de perforación.

Cámara fotográfica digital: instrumento empleado para captar imágenes puntuales y panorámicas tanto de campo como de los taladros en sus respectivas cajas.

3.2.4.2. Materiales

Imágenes satelitales: útiles para el reconocimiento y ubicación de cada una de los niveles y así identificar los afloramientos enlazados con las estructuras de interior de mina.

Plano topográfico a escala 1/1000: base para cartografiar la geología local en superficie y obtener secciones longitudinales y transversales.

Plano topográfico a escala 1/250: base para cartografiar la geología en interior de mina y obtener cortes o secciones enlazados con todos los niveles.

Bolsas de polietileno para muestras: empleadas para el almacenamiento seguro y fácil transporte de muestras tanto de superficie, interior mina y de cores o testigos mineralizados.

Formato para logueo geológico: empleado al momento de loguear los testigos de la perforación diamantina, tanto en línea BQ, como en XRP, de las máquinas Lonyer 38 y Packsack Fl-50, respectivamente.

Libreta de campo, lapiceros: materiales empleados para escribir o dibujar las observaciones y medidas hechas en campo.

3.2.4.3. Instrumentos de procesamiento de datos

Software AutoCAD Civil3D 2018: software usado para el cartografiado geológico de interior de mina, y para las secciones o cortes geológicos

Software SAS Planet: software que sirve para la obtención de imágenes satelitales de alta resolución.

Software Global Mapper 18: software que sirve para sacar curvas de nivel cada 10 metros, para el cartografiado superficial.

Software ArcGIS v.10.5: software utilizado para la elaboración de los planos geológicos, ubicación, catastro minero, geomorfológico, de la presente investigación.

Software Excel 2013: software utilizado para recopilar la información de los formatos de logeo geológico y puedan ser procesados en software geológico minero.

3.3. CONTEXTO GEOLÓGICO

3.3.1. Geomorfología

La geomorfología tiene como objetivo el estudio de las geoformas de la superficie terrestre, enfocada en describir, entender su génesis y su actual comportamiento. Estos son el resultado de procesos tectónicos (endógenos) y de actividad geodinámica (exógenos) que ha modelado el relieve. Las unidades geomorfológicas se sitúan entre los 130 y 450 m.s.n.m. que a continuación detallaremos:

3.3.1.1. Valles

El valle del río Culebras, cuenta con un área de drenaje total de 695 km² y una longitud máxima de recorrido desde sus nacientes hasta su desembocadura en el Océano Pacífico de 66.5km, presentando una pendiente promedio de 6% en dirección NE-SW. INGEMMET boletín 59.



Figura 14: Valle Culebras. Vista al NW

3.3.1.2. Quebradas

Estas quebradas son colectoras de aguas pluviales estacionales, de pendiente suave a moderada, rellenas por depósitos cuaternarios coluviales y aluviales. Ubicados en los extremos oeste, Norte y Este, de mina Phoenix 5.



Figura 15: Quebrada de pendiente moderada. Vista al NW

3.3.1.3. Superficie de erosión

Se considera la existencia de una sola superficie siguiendo los niveles topográficos comprendidos entre los 350 - 400 m.s.n.m. generado por procesos erosivos controlados principalmente por la composición litológica (rocas volcánicas andesíticas y rocas intrusivas dioríticas y gabrodioríticas)



Figura 16: Superficie de erosión a una elevación de 400 m.s.n.m.

3.3.1.4. Unidades morfogenéticas

Para determinar dichas unidades morfogenéticas evidenciadas en la zona de investigación, consideremos principalmente la pendiente, las cuales son: planicies 0° - 8° , lomadas 8° - 25° , laderas 25° - 50° , escarpas 50° - 90° (Rodríguez, 2014)

Se ha utilizado los parámetros de altura que van desde una mínima de 130 m.s.n.m. hasta una máxima de 450 m.s.n.m. (ver plano de pendientes P-03)

3.3.1.4.1. Planicies

Planicies de superficie homogénea, ligeramente ondulada, producto de la deposición de materiales erosionados, manejada para la actividad agrícola y ganadera, comprendida dentro del rango de 0° a 8° . En nuestra zona de estudio ubicada en la zona SE.

3.3.1.4.2. Lomadas

Se evidencian promontorios individuales con pendientes de 8° a 25° , producto de procesos endógenos, constituidos por afloramientos intrusivos, de roca diorítica. Tienen superficies de geoformas suaves y onduladas con altitudes que varían entre los 150 y 220 m.s.n.m.



Figura 17: Lomada en Puesto de Vigilancia 5 (PV5)

3.3.1.4.3. Laderas

Terrenos relativamente inclinados, comprendidos entre 25° a 50° , esta unidad está formada entre los cerros y quebradas con una altitud que oscilan entre los 130 a 330 m.s.n.m. están constituidos de rocas volcánica andesita porfirítica y rocas intrusivas dioríticas.



Figura 18: Ladera con una inclinación de 30° Vista al W

3.3.1.4.4. Escarpas

Relieve de fuerte desnivel con pendientes que superan los 50°, esta topografía es menos abundante en el área de estudio y están ubicados hacia el NW. (Ver plano de pendientes P-03)

3.3.2. Geología Regional

El área de estudio está formada por el Batolito de la Costa y una secuencia sedimentaria – volcánica del Cretácico que constituye la envoltura regional, formada por el Grupo Casma (Formación Junco y La Zorra)

Regionalmente se tomaron como base los estudios realizados por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Boletín N°59, Geología de los Cuadrángulos de Chimbote, Casma y Culebras. 1995. (Ver plano geológico regional P-04)

3.3.2.1. Estratigrafía

3.3.2.1.1. Grupo Casma

Constituido por una secuencia volcano-sedimentaria de facies marinas tholeíticas y calcosilicatadas. Producto de una subducción tipo mariana en una cuenca de extensión se fueron depositando lavas y piroclastos en un medio submarino. Uyeda y Kanamori 1979.

El Grupo Casma consiste en derrames de andesita, dacita, Riolita, piroclastos intercalado con areniscas (greywackes) y pelitas que totalizan aproximadamente 3000m de espesor

La numerosa fauna de cefalópodos presentes en la parte media superior de la Formación Junco y base de la Formación La Zorra, ha permitido asignarle una edad que va del Albiano al Cenomaniano. Jacay et al (2003)

De acuerdo con las características litológicas similares y la posición estratigráfica en el presente estudio se describirá la Formación Juncos y La Zorra que constituyen el Grupo Casma del cuadrángulo Culebras (20-G). Geología de los cuadrángulos de Chimbote, Casma y Culebras, Boletín 59, INGEMMET

3.3.2.1.1.1. Formación Junco

A lo largo del flanco izquierdo del valle de Culebras entre los cerros Junco Chico y Tenten se encuentra una secuencia de lavas almohadilladas, flujos y brechas que yacen directamente y al parecer con leve discordancia angular sobre los sedimentos de la Formación Santa y Carhuaz. Esta secuencia buza moderadamente al Suroeste y se extiende a lo largo de 12 km. Ha sido intruido por diversos plutones del batolito sufriendo diversos grados de metamorfismo. La Formación Junco tiene un color gris a verdoso, aspecto macizo que genera geoformas de relieve moderado a abrupto.

Litología y grosor

En la secuencia de la Formación Junco se distingue claramente lavas almohadillas intercaladas con algunos aglomerados, flujos lávicos, lavas brechadas y en algunos casos horizontes tobáceos. En la unidad inferior se puede distinguir lavas, almohadillas, brechas hialoclásticas, flujos de lavas macizas y flujos de lavas brechadas, los que se intercalan indistintamente. Esto da a entender una erupción volcánica bajo el mar, depositando este tipo de materiales antes descritos.

Los grosores promedios de lavas almohadillas son de 20m., mientras que el grosor total es muy variable, según la proximidad o lejanía a la zona de emisión. Cobbing asume un grosor de 2000m., valor que permite dar idea del volumen del material lávico que conforman los paleovolcanes por donde fue expelido el magma.

Edad y correlación

La Formación Junco sobreyace a las formaciones del Grupo Goyllarisquizga que llega hasta el Aptiano, y por otro lado infrayace a la Formación La Zorra donde se han identificado fósiles del Albiano medio, por lo que esta unidad debe haberse acumulado a inicios del Albiano. (Sánchez, 1995)

Metamorfismo

Los factores del metamorfismo que han actuado sobre las rocas de la Formación Junco son la temperatura, que se incrementó notablemente debido al emplazamiento de los cuerpos intrusivos mayores y menores, asimismo, la presión ha tenido mayores efectos en las rocas

que se encuentran al Norte de la quebrada Ramada, mientras que al Sur han desarrollado un clivaje y una esquistosidad incipiente.

3.3.2.1.1.2. Formación La Zorra

Esta Formación comprende principalmente flujos de andesita en capas delgadas, y piroclastos de mayor dimensión intercalados con sedimentitas. Esta unidad se encuentra en la parte occidental del Batolito de la Costa, se extiende desde la parte sur de Culebras, característicamente está bien estratificada y presenta mayor grado de plegamiento que otras unidades del Grupo Casma.

Litología y grosor

La Formación la Zorra reúne una variedad de sedimentación y rocas volcánicas especialmente piroclásticas, que se encuentran bien estratificadas; se observa claramente las estructuras de deformación tipo pliegues, los que son fácilmente distinguibles en las fotografías aéreas. La unidad sedimentaria consiste en andesitas porfiríticas intercaladas con limolitas marrón amarillentas, tobas riolíticas, lavas y aglomerados, además areniscas y limolitas de color marrón gris, con algunas limolitas laminadas. La unidad sedimentaria ha sido afectada por dos cuerpos de dolerita a modo de cuellos que pueden ser las raíces de la zona de erupción volcánica. Se asume un espesor de 1000m. de dicha Formación.

Edad y correlación

La Formación La Zorra sobreyace a la Formación Junco y por correlación debe infrayacer en discordancia angular a la Formación Pararin. Se han encontrado algunos fósiles que en general permiten asignarle a esta unidad una edad Albiana media a superior. En el área de Huarmey, en la cual menciona la presencia de ammonite *Leymeriella* sp. de acuerdo a ello se presume que la Formación La Zorra se acumuló durante el Albiano superior. (Sánchez, 1995)

Metamorfismo

Las tobas y aglomerados están silicificados parcialmente, cuando se encuentran en contacto con el Batolito de la costa. Los minerales evidenciados en estas rocas son microcristalinos; conjuntamente con las maclas y zoneamiento de los porfiroblastos de granate que indican un

crecimiento rápido de las asociaciones de los minerales. El proceso de metamorfismo de contacto no ha alterado las texturas originales y tampoco se observan estructuras de deformación.

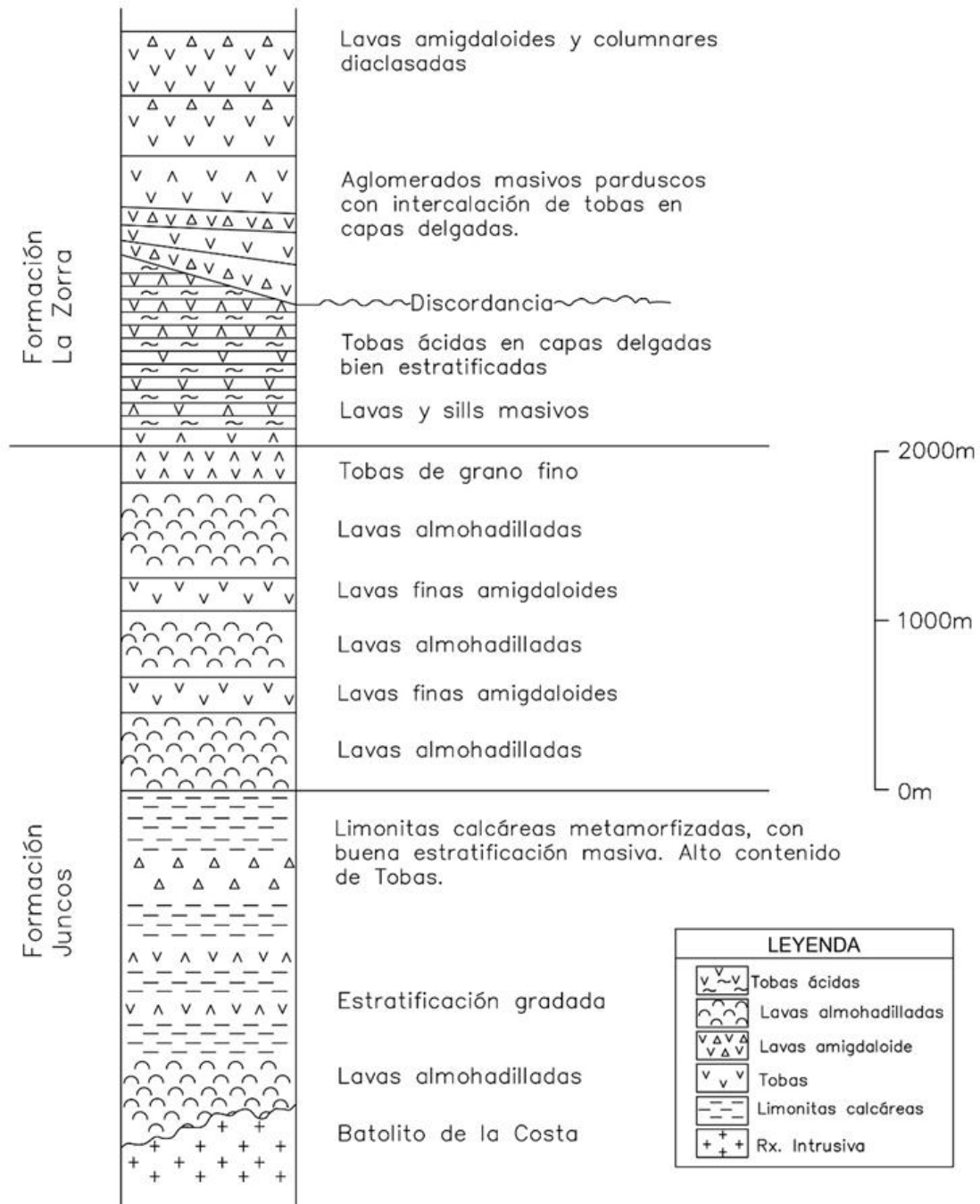


Figura 19: Columna estratigráfica del Grupo Casma en el área de Casma. Boletín 59, Geología de los cuadrángulos de Chimbote, Casma y Culebras. INGEMMET-1995

3.3.2.1.2. Depósitos Cuaternarios

La evidencia del levantamiento y erosión de la región se sustenta en la presencia de terrazas aluviales levantadas, depósitos aluviales, etc. Estos depósitos producto de meteorización, erosión y transporte y en el área de estudio solo se puede evidenciar depósitos aluviales.

3.3.2.1.2.1. Depósito Cuaternario aluvial

Estos están asociados con la acumulación de materiales en los lechos de quebradas, ríos, valles, como producto de la acción de corrientes de agua y procesos conexos cuya mayor actividad se da en los cambios bruscos de pendiente, que corresponden a las pampas y llanuras aluviales que marcan un cambio morfológico notable.

Dichos depósitos tienen relación directa con la extensión de las rocas plutónicas, las cuales son más fácilmente erosionables, originando depósitos arenosos gruesos y limoarcillas. (Ver plano geológico regional)

3.3.2.1.3. Rocas intrusivas

3.3.2.1.4. Batolito de la Costa

El Batolito de la Costa es un complejo de muchas unidades de rocas, distribuidos, en numerosos plutones separados (Cobbing y Pitcher, 1979). Estos cuerpos ígneos tienen una longitud aproximadamente de 1600 km. y más de 65 km. de ancho (Palacios et al, 1995)

Pitcher (1985) le dio una clasificación y nomenclatura, clasificándola en unidades de idéntica relación y variación modal y de alguna manera la misma fábrica y textura, dividiéndolo en 5 segmentos, así tenemos de norte a sur el segmento Piura, Trujillo, Lima, Arequipa y Toquepala. Posteriormente (Soler 1991) realiza una reinterpretación de esta faja de intrusivos y menciona que ya no debía usarse las unidades y Súper Unidades del batolito de la costa definidas por Pitcher y propone una subdivisión de episodios de emplazamiento en base a las edades radiocronológicas. En base a dataciones realizadas, principalmente por el método U-Pb y relaciones estratigráficas con rocas volcánicas infrayacentes y suprayacentes, los intrusivos del Batolito de la Costa fueron divididos en 3 etapas de intrusión:

Primera etapa de intrusión: Entre 105 y 90 Ma, relacionada con los depósitos volcano-sedimentarios del Grupo Casma. Formaron parte de los plutones ubicados en el extremo oeste

del Batolito de la Costa. Corresponde a la Súper Unidad Patap, Santa Rosa (facies Huaricanga y Corralillo), Jecuan y Tiabaya (Pitcher et al. 1985) así como también a unidades no asignadas como Lachay. Estos intrusivos tienen composiciones que van de gabro, tonalitas, granodioritas hasta monzogranitos. Los intrusivos son de pequeña dimensión e intruyen en rocas del Cretácico inferior del Grupo Casma.

Segunda etapa de intrusión: Entre 90 y 70 Ma, Corresponden a plutones ubicados en la parte Centro -Occidental de los afloramientos del batolito de la costa, comprenden las Súper Unidad de Patap, Santa Rosa (facies Huaricanga y corralillo) y Humaya (Pitcher et al., 1985) Presenta dimensiones medianas. La composición de estos intrusivos varían de gabro, tonalitas, granodioritas hasta monzogranitos e intruye a rocas del Cretácico inferior (Grupo Casma). No se han determinado los productos volcánicos equivalentes a estos intrusivos.

Tercera etapa de intrusión: Entre 70 y 60 Ma corresponde a los mayores volúmenes del Batolito de la Costa, estos plutones abarcan toda la parte oriental del Batolito. Corresponden las Súper Unidades de Patap, Paccho, Santa Rosa (facies Huaricanga y Corralillo), San Jerónimo, Puscao, Sayan y Humaya (Pitcher et al., 1985) La composición de estos intrusivos es variable presentándose gabros, tonalitas, granodioritas hasta monzogranitos. Intruyen a rocas del Grupo Casma y a los depósitos del Cretácico Superior. Estos intrusivos estarían relacionados al vulcanismo del Cretácico Superior – Paleoceno (Romero, 2007)

3.3.2.1.4.1. Segmento Lima

El segmento Lima del Batolito de la Costa está constituido por cuerpos de algunos kilómetros hasta afloramientos individuales. Este segmento está representado por una serie de intrusivos de composición variada que va desde gabro hasta granodiorita.

3.3.2.1.4.2. Súper Unidad Patap (Cenomaniano-Turoniano)

Es la unidad básica más antigua del Batolito de la Costa que se distribuye como remanentes dispersos en las márgenes occidental y oriental así como en la parte central del Batolito. Sus contactos intrusivos originales rara vez se observan, generalmente han sido cortados por cuerpos intrusivos posteriores y de naturaleza más ácida. Los componentes intrusivos iniciales del Batolito de la Costa, varían en un rango desde gabro a diorita; según sus características petrográficas se tienen cuerpos de gabro, diorita, microdiorita a diabasa y un

complejo de diques, cada uno de ellos tiene una forma y distribución espacial. Los afloramientos de gabro tienen coloración oscura que se diferencia de las rocas adyacentes por su mayor resistencia a la erosión.

El grupo de cuerpos plutónicos y subvolcánicos que constituyen la Súper Unidad Patap, se encuentran emplazados, cortando a las rocas del Grupo Casma y han sido penetradas por las rocas dioríticas – tonalitas de la Súper Unidad Santa Rosa. Pitcher (1978) y Cobbing (1982) señala una edad de 102 Ma. Para los gabros de la Súper Unidad Patap, en base a dataciones radiocronológicas U-Pb. Y considerando que el Grupo Casma se acumuló durante el Albiano, los gabros de Patap que cortaron a esta secuencia deben ser post Albiano o del Albiano superior, por lo que su edad de emplazamiento debe estar entre los 102 a 95 millones de años, aproximadamente.

3.3.2.1.4.3. Súper Unidad Santa Rosa (Turoniano-Coniaciano)

El lado oeste del Batolito de la Costa está compuesto por un complejo muy variado de tonalita acida. La Súper Unidad Santa Rosa es la más amplia de las unidades intrusivas cubriendo aproximadamente el 60% del área total. Aflora en una extensa franja que va desde Chimbote en el Norte, hasta la Quebrada Berna Puquio en el Sur (Culebras). El tipo de roca predominante son las tonalitas en esta Súper Unidad, existen diferencias que pueden variar de composición diorítica a granodiorítica y también a monzogranítica, siempre con la tendencia predominante a variaciones ácidas de las rocas más recientes. Así se tienen 2 facies litológicas en nuestra área regional que son: tonalitas Huaricanga 2 y granodiorita, tonalita Corralillo 2.

Al contacto con rocas volcano – sedimentarias, la Súper Unidad contiene xenolitos de diferentes densidades, sin embargo no se observa contaminación. Las rocas volcano-sedimentarias están solo moderadamente alteradas, desarrollando simplemente texturas y minerales de contacto metamórfico. Sin embargo al contacto con miembros básicos más recientes de la Unidad Santa Rosa, están por lo general contaminados.

Petrográficamente las unidades de la Súper Unidad Santa Rosa poseen características similares, lo que indica que todas ellas derivan de la misma fuente. Tales características petrográficas y la presencia de varias facies gradacionales sugieren que esta Súper Unidad

forma un grupo “consanguíneo” que representa una diferencia secundaria de la tendencia principal del Batolito que va de básica a ácida. (Pitcher, 1974)

Unidad Huaricanga 2.- Muchos de estos intrusivos de tonalitas se encuentran cubiertos por arena eólica, así como muchas de estas rocas han sido cortadas por intrusivos posteriores. Sin embargo pueden notarse un gran número de contactos a través de los cuales pueden verse cambios litológicos gradacionales y de apariencia moteada. No se notan patrones regionales de contacto. Las rocas de Huaricanga 2 son mayormente tonalitas oscuras bastante homogéneas, que poseen una textura y un arreglo mineral común con algunas variaciones a granodiorita. La tonalita de la unidad Huaricanga 2 usualmente lleva pequeños xenolitos de microdioritas poco notorias.

Unidad Corralillo 2.- Son rocas tonalita- granodiorita, el emplazamiento de esta unidad es en parte escarpado, estos plutones muestran una interesante evolución progresiva del mecanismo de emplazamiento. Ocurren múltiples variaciones internas, dentro del plutón existen acumulaciones concéntricas gradacionales de tonalita más oscura no muy bien notoria, las que aproximan en composición a un cuarzo-diorita, siendo también más básicas que la sub-unidad marginal Corralillo 1. Alrededor de los contactos externos con sedimentitas se nota una tendencia marcada a las compresiones y la caolinización, las que son acompañadas por enriquecimiento de cuarzo, ortoclasa y epidota, así mismo se nota la alteración a lo largo de diaclasas. Un fenómeno similar ocurre en franjas apretadas dentro de la tonalita y la alteración es probablemente el resultado de posterior actividad hidrotermal a lo largo de zonas de debilidad en el plutón. Por otra parte no se notan características estructurales en el contacto, lo que indicaría una diferenciación in-situ de alguno de ellos o un contacto por 2 pulsos de magmas contemporáneos. No existen muchas estructuras internas en la tonalita, estando limitadas sólo a los xenolitos orientados, bandeamiento y diaclasas. Las estructuras de bandeamiento oscuros son ricos en hornblendas y biotita con cantidades menores de plagioclasa y cuarzo. En pequeña escala parece que el sistema de diaclasas del plutón, fue iniciado en un estado antes de la consolidación final del plutón, ya que estas diaclasas son seguidas por aplitas y pegmatitas.

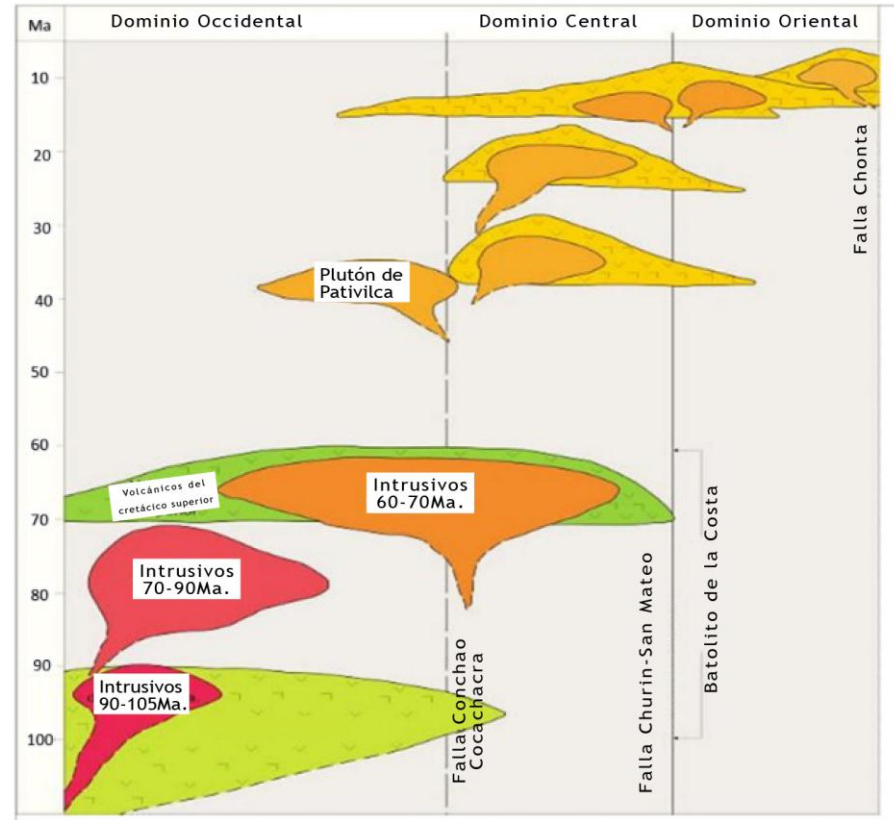


Figura 20: Distribución espacial y evolución magmática de la zona costera y cordillera Occidental del Perú Central, (Boletín 56 INGEMMET 1986).

3.3.3. Geología Local

La geología local de mina Phoenix-5, está marcada por una secuencia sedimentaria clástica-volcánica (vulcanismo submarino) del Grupo Casma de la Formación Junco y las intrusiones del batolito de la costa pertenecientes al segmento Lima, ello ha generado halos de metamorfismo de contacto entre las rocas volcánicas y los intrusivos, generando una zona mineralizada y también más alejado hornfels. Así mismo se evidencia diques volcánicos pos-mineralización y depósitos cuaternarios (coluvio-aluviales) estos últimos de edades geológicas recientes. (Ver plano P-05 geológico local)

3.3.3.1. Estratigrafía Local

Tanto en el cartografiado superficial y subterráneo se ha podido definir rocas intrusivas (gabrodioritas, dioritas), rocas volcánicas (andesíticas porfiríticas), diques andesíticos y depósitos cuaternarios. Que se explican a continuación.

3.3.3.1.1. Andesita porfirítica

Roca volcánica de la Formación Junco, perteneciente al Grupo Casma. Aflora en la parte nororiental y noroccidental de mina Phoenix 5. Según los estudios macroscópicos presenta una textura porfirítica, compuesta de la siguiente manera: Minerales síalicos: cuarzo (4%); Feldespato K (16%); Plagioclasa (56%). Minerales Máficos: Anfíbol (20%)

De acuerdo a las características de disposición litológica y petrológicas de composición química y de textura, esta roca funcionó como tapón para que la mineralización que fluía por las rocas intrusivas gabrodioríticas llegue y se albergue en forma de manto en el contacto de dichas rocas.

El contacto entre rocas volcano sedimentarias y la intrusión de las gabrodioritas del Batolito de la Costa generó un metamorfismo de contacto generando hornfels silicificados en las andesitas porfiríticas.



Figura 21: Muestra de roca volcánica andesítica de textura porfirítica

3.3.3.1.2. Diques andesíticos

Se ha evidenciado dos tipos de diques, tanto por su dirección como por su espesor, el primero evidenciado en superficie, con una dirección N 330°/73NE, con un ancho de 5 m. de espesor

de composición andesítica porfirítica de coloración verde oscura, la segunda evidenciada tanto en superficie como en interior de mina, con una dirección N 278°/70NE, con ancho de, 0.80 m. de composición andesítica porfirítica de coloración verde claro. Este segundo dique también es apreciado cortando la estructura mineralizada en el cuerpo Natasha en interior de mina.



Figura 22: Dique andesítico porfirítico proyección para mina Phoenix 5. Vista al N.

3.3.3.1.3. Depósitos cuaternarios

Cerca de bocamina tanto del nivel 0 y 1, se evidencia un abanico aluvial, característico de los depósitos coluviales, estos materiales han sido arrastrados localmente del cerro Barrera y por el cambio de pendiente se han depositado clastos angulosos de tamaños que van desde guijarros hasta bloques. Los clastos son de roca andesítica porfirítica, gabrodioritas y dioritas. En el cartografiado se ha clasificado de esta manera para los depósitos recientes.

3.3.3.2. Rocas intrusivas

Estos intrusivos pertenecen al Batolito de la Costa, evidenciándose por el cartografiado superficial solo dos tipos de intrusivos, el primero una gabrodiorita asociada a la mineralización de mina Phoenix 5 y la segunda una diorita emplazada posteriormente y ubicada hacia el sureste de la bocamina principal.

3.3.3.2.1. Gabrodiorita

Ubicado en la parte céntrica de mina Phoenix 5, dos de los tres niveles están desarrollados sobre esta roca intrusiva, solo el nivel 0 que está ubicado en roca volcánica andesítica.

La muestra de mano de este tipo de roca nos indica una textura granular porfirítica de color pardo negruzca, con granos de medio a grueso propio de las hornblendas, plagioclas (sódico, cálcicas). La composición mineralógicas macroscópicamente, está constituido por plagioclasa 55%, hornblenda 15% y minerales oscuros 40%

Por las evidencias encontradas en campo este intrusivo sería de primera intrusión ya que después estarían los demás intrusivos, además de ello se evidencia cortes por diques andesíticos de edades más recientes y es por esto que pertenecería a la súper unidad Patap, de edad Cenomaniano-Turoniano según dataciones del INGEMMET Boletín N°59, Serie A.



Figura 23: Intrusivos gabrodioríticos

3.3.3.2.2. Dioritas

Aflora en el extremo Este y con forma de apófisis en menor tamaño en la parte central cerca a bocamina del nivel 2 de mina Phoenix 5, por las evidencias en campo esta sería posterior a la gabrodiorita antes descrita. Perteneciente a la súper unidad Santa Rosa de edad Turoniano-Coniaciano (Huaricanga 2) según dataciones del INGEMMET, boletín N°59, Seria A.

Esta roca de coloración más blanquecina y de aspecto moteado, presenta una textura porfirítica. La composición mineralógica, está constituido por plagioclasa (sódico, cálcicas), hornblenda, minerales oscuros y minerales accesorios como pirita, magnética.

3.3.4. Geología Estructural

3.3.4.1. Marco Estructural Regional

La configuración tectónica de la cuenca Huarmey se asocia a un medio de depósito durante la etapa de apertura, extensión y sedimentación, formando de esta manera el Grupo Casma desarrollada durante el Albiano-Cenomaniano. Este tipo de estructuras es común en cuenca extensionales. Jacay et al (2003)

3.3.4.2. Marco Estructural Local

Se ha determinado los eventos tectónicos que influenciaron en el área de estudio, se realizó la recolección de datos estructurales tanto en superficie como en interior de mina para ser procesados en software Faultkin.

Se han determinado 3 eventos tectónicos que ayudaron a la formación de mineralización en mina Phoenix 5, sintetizados de la siguiente manera: pre-mineral, apertura de estructuras favorables para la mineralización y desplazamiento de estructuras mineralizadas. Toda esta teoría, se definió del yacimiento minero al tener una estructura principal (VIRGINIA) acompañada de diques andesíticos y fallas que desplazan la mineralización.

3.3.4.2.1. Sistema de falla WNW-ESE

Es la orientación de más importancia de la estructura principal (Virginia N285°/32NE) presenta inflexiones a lo largo de toda su longitud explorada, pasando el tajo 5, esta tiene a inflexionar más hacia el SW, dejando un cuerpo mineralizado en el centro denominado Natasha y estrangulando la estructura mineralizada al W.

Por la perforación diamantina realizada en los niveles inferiores (NV-0) se ha determinado que dicha estructura se estrangula también en la profundidad ya que no se evidencia mineralización ni el piso ni el techo, además que tiende a reducir el espesor del manto de manera progresiva a niveles inferiores.

3.3.4.2.2. Sistema de falla NW-SE

Este sistema andino está constituido principalmente por fallas post-mineralización, ejemplo de ello se tiene falla Tentadora que se evidencia tanto en superficie como en interior de mina, desplazando al manto Virginia en un movimiento dextral normal. La dirección de estas fallas es N320°/72°NE. Esto queda evidenciado en el nivel 2, en la galería 269, en donde la estructura principal tiene un desplazamiento de 2 metros al techo, dando a entender el comportamiento estructural y de mineralización hacia la zona W de mina Phoenix-5

3.3.4.2.3. Sistema de falla ENE-WSW

Este sistema es importante ya que nos presenta un sistema de fallas marcados tanto en superficie como en interior de mina, como la falla San Fernando. Además de ello tiene el direccionamiento de los diques andesíticos notorios en superficie como en interior de mina. Con una dirección promedio (N259°/70NW)

3.3.5. Mineralización

3.3.5.1. Tipo de Yacimiento

Los trabajos realizados en superficie como en interior de mina: cartografiado y análisis químico y así también perforación diamantina, nos indican que estamos en un yacimiento tipo IOCG.

Los ensambles mineralizados de óxidos, cobre y oro es esencial para reconocer este tipo de yacimiento, la alteración calco sódica (actinolita), también es otro indicador y por último la forma de mineralizarse en vetas filoneanas o tipo manto, son clave para determinar este tipo de yacimiento.

Estos yacimientos se han desarrollado en dos edades bien definidas, para el sur de Lima son de edades Jurásicas y para el norte de Lima, se han desarrollado en el metalotecto del Grupo Casma de edades Cretácicas inferiores. Jacay et al (2003)

Según la franja metalogenética mostrada por el INGEMMET, en su plataforma GEOCATMIN nos indican que estamos en la franja VIII de depósitos Cu-Fe-Au (IOCG) del Cretácico Inferior.

3.3.5.2. Manto Virginia

Viene a constituir la estructura mineralizada más importante de mina Phoenix 5. Se observa en dos de los tres niveles: Nv-255 y Nv-269. Iniciando como óxidos, pasando por una zona de transición denominada como zona de mixtos y más adelante la zona de sulfuros. Se ha cartografiado en superficie todo el afloramiento del manto Virginia, hallando su continuidad desde el nivel (Nv-269) hasta la mitad del otro lado de Cerro Barrera, todo el afloramiento es de óxidos de hierro, con presencia de actinolita, emplazados en el intrusivo gabrodiorítico, para esta parte en superficie.

Dicha estructura mineralizada en el cartografiado en interior de mina en los niveles 255 y 269, se observa que mantiene un ancho variable, que va desde los 2.00m, hasta 0.20m, en zonas de estrangulación, manteniendo un promedio de 0.60m. Los minerales que encontramos son actinolita como guía de la mineralización y los minerales económicos como calcopirita y pirita diseminada con contenidos de oro. Además de ello se observa minerales ganga como pirrotita y marcasita. La ocurrencia de mineralización de sulfuros y óxidos se presenta de forma masiva, semi-masiva y en forma de lentes. Toda la mineralización está zonificada, empezando por una zona de óxidos luego una zona de mixtos y más lateral y a profundidad hallándose la zona de sulfuros.



Figura 24: Manto Virginia con azimuth N270 y buzando moderado 30° de 1m de espesor.

Tiene un azimut principal de N283° y un buzamiento 30°, esta dirección es constante, pero hacia el oeste, en el cuerpo Natasha, se inflexiona tanto al piso como al techo, dejando notar que la estructura no continua hacia el extremo oeste, en el contacto con las rocas volcánicas andesíticas. Esto también sucede para el extremo norte, a profundidad la estructura Virginia no continua. Se ha perforado para observar la estructura en profundidad pero los resultados fueron la no continuidad. Solo quedando una alternativa que es continuar minando hacia el sur-oeste, donde se ha cartografiado en superficie.

3.3.6. Perforación Diamantina y Estudio Geológico

El programa de perforación diamantina para esta campaña consta de 8 sondajes de largo y corto alcance, lanzados desde interior de mina, con el objetivo de encontrar continuidad en cotas inferiores y así también hacia el lado oeste, lugares donde la estructura mineralizada (manto Virginia) se estrangula y presenta un comportamiento de cierre. La perforación se realiza con 2 tipos de máquinas una Lonyer 38 que realiza 3 sondajes largos y una máquina Pack Sack FL-50 de corto alcance que realiza 5 perforaciones.



Figura 25: Máquina Pack Sack FL-50 de corto alcance, hasta 45m. En sondaje DDHPS-04



Figura 26: Máquina Lonyer 38 de largo alcance, hasta 150m. En perforación de sondaje DDH-02.

Se describe a continuación el detalle de los sondajes

3.3.6.1. DDH-01

El primer taladro largo está ubicado en G1-230 o nivel 0, en punto topográfico (X8+3.2m) en hastial izquierdo, en las coordenadas siguientes:

Tabla 5: Coordenadas UTM para primer taladro, en sistema WGS-84

	COORDENADAS	DIRECC	INCLINACIÓN	LONGITUD
ESTE	814241.937			
NORTE	8905987.151	N180°	-35°	119.40m
ELEVACIÓN	209.680			

Este taladro se programa con el objetivo de identificar mantos paralelos inferiores a Manto Virginia ubicados en hornfels o zona de contacto entre la roca volcánica andesítica y el intrusivo diorítico. Efectivamente a los 58.80m se evidencia el cambio litológico acompañado de zona fracturada rellena por arcillas rojas, venillas de carbonatos y cuarzo

en un espesor de 1.20m. La muestra obtenida indica valores anómalos muy bajos, descartando mantos paralelos inferiores. (Ver sección longitudinal al taladro DDH-01)

Se describe el logue geológico (Ver hojas de logueo DDH-01) realizado para este primer taladro

0.00-6.00m; Roca volcánica andesítica de color gris oscuro, textura afanítica, con venillas de arcillas, carbonatos y tenues parches de sulfuros.



Figura 27: Caja de testigos, en la última canaleta se evidencia tramo 20cm. de dique andesítico.

6.00-6.20m; Dique andesítico de color gris oscuro, grano medio de textura fanerítica.

6.20-8.10m; Roca volcánica andesítica de color gris oscuro, textura afanítica, con venillas de arcillas, carbonatos y tenues parches de sulfuros.

8.10-8.50m; Dique andesítico de color gris oscuro, grano medio de textura fanerítica.

8.50-9.70m; Roca volcánica andesítica de color gris oscuro, textura afanítica, con venillas de arcillas, carbonatos y tenues parches de sulfuros.

9.70-10.00m; Dique andesítico de color gris oscuro, grano medio de textura fanerítica.

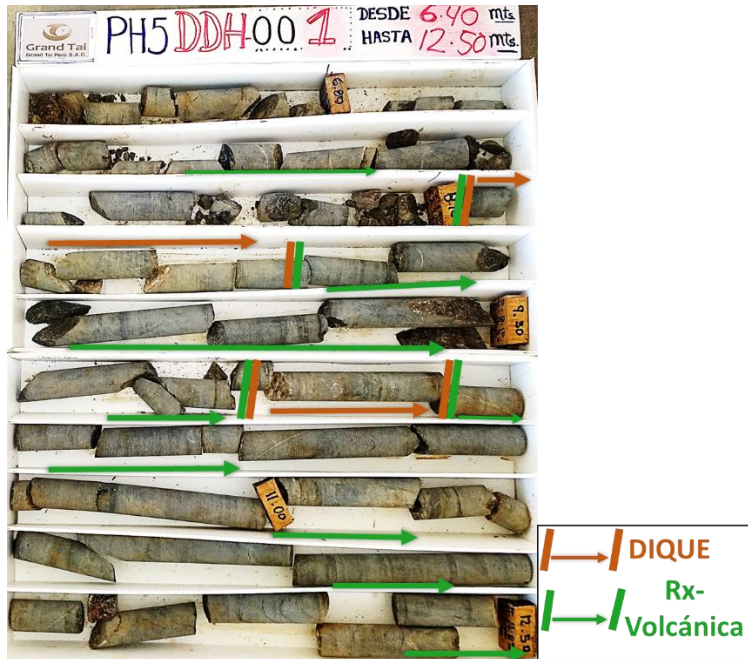


Figura 28: Tramo de diques silicificados intercalados con roca volcánica andesítica.

10.00-30.10m; Roca volcánica andesítica de color gris oscuro, textura afanítica. Presencia de venillas de sílice.



Figura 29: Caja de testigos, en ellos se evidencia venillas silicificadas de forma esporádica.

30.10-30.30m; Dique andesítico de color gris oscuro, grano medio de textura fanerítica, presenta granos de cuarzo. Dicha estructura tiene 20cm de espesor.

30.30-58.70m; Roca volcánica andesítica de color gris oscuro, textura afanítica. Presenta diseminados de calcopirita y pirrotita. A los 34.60 y 41.80m se evidencia fallas rellenadas por óxidos de hierro más carbonatos de hasta 15cm.



Figura 30: Tramos fallados de hasta 15cm, al metraje 41.80m.

58.70-59.90m; Zona de contacto entre roca volcánica e intrusivo diorítico, generando zona de hornfels de hasta 1.20m. Se logea Roca intrusiva diorítica triturada con diseminados de pirrotita y venillas de carbonatos, además de cuarzo y arcillas rojas. A los 59.50 se obtiene muestra con tenores anómalos siendo los siguientes: para oro: 0.08gr/tm y para cobre: 0.01%



Figura 31: Tramo de 1.20m de alteración argílica, en contacto de intrusivo con roca volcánica.

59.90-89.10m; Roca intrusiva diorítica de color gris claro, textura fanerítica. Con venillas rellenas por pirita terrosa y diseminados de sulfuros. A los 61.30m se logea 0.20m de brecha polimíctica de cuarzo y roca intrusiva. A los 72.10m se logea 0.20 de roca intrusiva diorítica con diseminados de pirita y calcopirita. Se obtiene muestra y los tenores son como sigue, para oro: 0.06gr/tm y para cobre: 0.05% siendo valores muy bajos.



Figura 32: En rojo, muestra de 0.20m con valores bajos tanto para oro (0.06gr/tm) y cobre (0.05%)

89.10-89.40m; Brecha tectónica de color crema, clastos dioríticos, cemento de carbonatos con sílice.



Figura 33: En línea negra zona de brecha de 0.50m de espesor

89.40-97.20m; Roca intrusiva diorítica de color gris claro, textura fanerítica. Con sulfuros diseminados de pirita y pirrotita. A los 94.80m se obtiene una muestra de 10cm con tenores como sigue, para oro: 0.32gr/tm y para cobre: 0.03% siendo valores bajos.



Figura 34: A los 94.80m se obtiene 10cm de muestra de carbonatos más arcillas rojas. Los valores son bajos; para oro (0.32gr/tm) y cobre (0.03%)

97.20-119.40m; Roca intrusiva diorítica con venillas y diseminados de sulfuros. El grano es más grueso, presenta venillas de calcita. Desde los 100.80m se presenta fracturas rellenas por carbonatos de hasta 3cm.



Figura 35: En tramo final de sondaje hay fracturas centimétricas en cores rellenas por carbonatos.

3.3.6.2. DDH-02

El segundo taladro largo está ubicado en GI-230 o nivel 0, en punto topográfico (X8+3.2m) en hastial izquierdo, la misma ubicación del taladro uno. En las coordenadas siguientes:

Tabla 6: Coordenadas para segundo taladro, en sistema WGS-84

COORDENADAS	DIRECC	INCLINACIÓN	LONGITUD
ESTE	814241.937		
NORTE	8905987.151	N230°	-35°
ELEVACIÓN	209.680		121.10m

Este taladro se programa con el objetivo de identificar mantos inferiores al manto Virginia, ya que en esta dirección se posicionaría debajo de tajo 5, zona de mayor bonanza. Pero los resultados fueron en los primeros metros en donde se corta la continuidad de manto Virginia pero con un espesor reducido, lo que se interpreta como la finalización o cierre de lente mineralizado, se saca muestra en estos primeros metros con tenores en oro mayores a 1onz/tc. (Ver sección longitudinal al taladro DDH-02)

Se describe el logue geológico (Ver hojas de logueo DDH-02) realizado para este segundo taladro:

0.00-3.90m; Roca volcánica andesítica de color gris oscuro, textura afanítica.

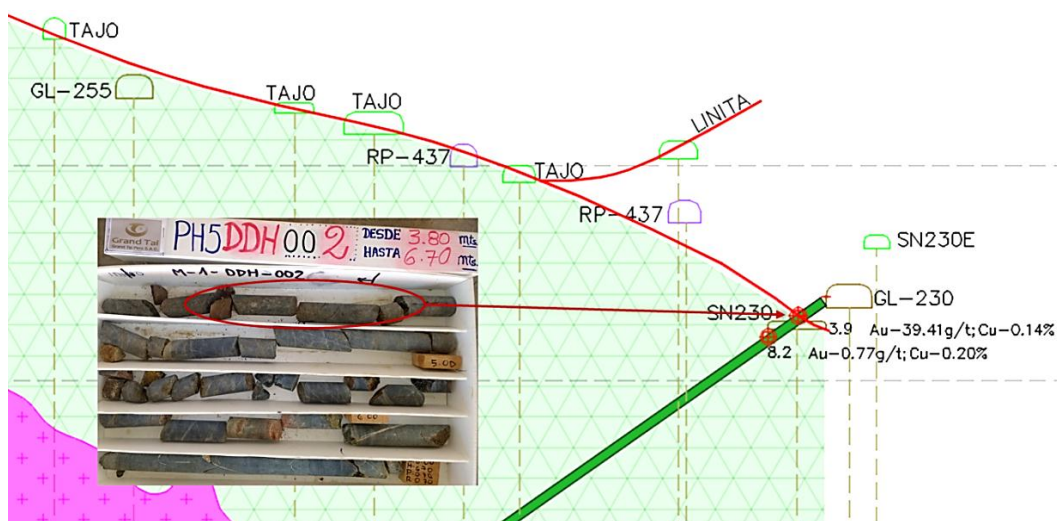


Figura 36: En primera corrida de perforación diamantina se identifica continuidad 0.30m de manto Virginia, considerando como zona de cierre.

3.90-4.20m; Tramo mineralizado entre falla y roca andesítica craquelada. Presencia de sulfuros: pirita, calcopirita, pirrotita y marcasita, en forma de lente. Se saca muestra de los 30cm de mineralización arrojando tenores altos siendo los siguientes: para oro: 39.41gr/tm y para cobre: 0.14%. (Ver hoja de análisis químicos realizados en laboratorio interno mina)



Figura 37: Core con estructura mineralizada de 30cm de espesor, ubicado en segunda corrida.

4.20-28.00m; Roca volcánica andesítica de color gris claro, textura afanítica, con venillas de sílice y diseminados de sulfuros. A los 9.20m se saca muestra en un tramo de 20cm de parches de sulfuros (pirita, pirrotita) con venilla de carbonatos. Obteniendo tenores para oro: 0.77gr/tm y para cobre: 0.20%

28.00-28.80m; Zona fallada con roca craquelada, abundante venilla de carbonatos y sílice.



Figura 38: Zona fallada en azul, de 80cm de espesor, en el centro se determina arcillas rojas.

28.80-67.00m; Roca volcánica andesítica de color gris oscuro, textura fanerítica con diseminados de sulfuros (pirita, pirrotita) con venillas de calcita y fracturas rellenas de arcillas de hasta 5cm.



Figura 39: Caja con testigos en donde se evidencia zona de contacto entre roca volcánica e intrusiva, generando una zona de hornfels.

67.00-121.10m; Roca intrusiva diorítica de color gris claro, textura fanerítica, con diseminados de sulfuros (pirrotita) y lentes de plagioclasa más cuarzo. A los 89.00m falla rellena de 10cm de carbonatos más diseminados de sulfuros. A los 108.10m fractura vertical rellena por alteración propilítica, también se evidencia en este metraje mayor presencia de actinolita. A los 118.10 fractura rellena de carbonatos más diseminados de sulfuros de hasta 10cm.



Figura 40: Zonas fracturadas en tramo final de perforación, con relleno de carbonatos y diseminados de sulfuros.

3.3.6.3. DDH-03

El tercer taladro largo está ubicado en GI-360, en punto topográfico (V7+14m) en hastial izquierdo, en las coordenadas siguientes:

Tabla 7: Coordenadas para tercer taladro, en sistema WGS-84

	COORDENADAS	DIRECC	INCLINACIÓN	LONGITUD
ESTE	814072.438			
NORTE	8905975.286	N150°	-45°	81.30m
ELEVACIÓN	222.241			

Este taladro se programa con dos objetivos, el primero identificar manto Virginia y el segundo pasar de roca volcánica andesítica a roca intrusiva, identificando en esta zona de hornfels posible manto mineralizado. (Ver sección longitudinal al taladro DDH-03)

Se describe el logue geológico (Ver hojas de logueo DDH-03) realizado para este tercer taladro:

0.00-11.10m; Roca volcánica andesítica de color verde oscuro, textura porfirítica, con fracturas rellenadas por arcillas y parches de sulfuros.

11.10-11.20m; Estructura mineralizada de 10cm de espesor, compuesto de calcopirita, pirrotita y pirita. Se determina que es un Split al techo de Manto Virginia ya que no se evidencia alteración en los bordes de la estructura. La muestra obtenida nos arroja tenores para oro: 46.24gr/tm y para cobre: 15.67%



Figura 41: Muestra mineralizada de 10cm de calcopirita, pirrotita y pirita. Proyección de esplit al techo de manto Virginia.

11.20-14.30m; Roca volcánica andesítica de color verde oscuro, textura fanerítica, con fallas y fracturas rellenadas por carbonatos, roca triturada y arcillas rojas.

14.30-14.50m; Estructura mineralizada de 20cm de espesor, en zona muy fracturada. Compuesta de calcopirita y pirita. La muestra obtenida nos arroja tenores para oro: 26.26gr/tm y para cobre: 0.21% considerando como la continuidad de Manto Virginia no solo por los valores constantes en la mineralización sino también por la alteración en las cajas, tanto piso como techo.



Figura 42: Caja con testigos, en tramo 14.30 se logea estructura mineralizada de 20cm con valores altos en oro (26.26gr/tm) siendo la proyección de Manto Virginia.

14.50-25.70m; Roca volcánica andesítica de color verde oscuro, textura porfirítica y parches de sulfuros. A los 20.10m se saca muestra de una 30 centímetros compuesta de pirrotita y pirita en parches y diseminados, arrojando tenores en oro: 0.18gr/tm y cobre: 0.07% valores de anomalía baja.



Figura 43: Muestra a los 20.10m de roca volcánica andesítica muy fracturada

25.70-25.90m; Zona fracturada en donde alberga un dique andesítico porfirítico de hasta 20cm.



Figura 44: Dique andesítico de 20cm pos-roca volcánica.

25.90-27.10m; Roca volcánica andesítica de color verde oscuro, textura porfirítica y parches de sulfuros.

27.10-29.00m; Zona de cambio de litología, existe apófisis de roca intrusiva diorítica, con ángulo de inclinación de 40°

29.00-31.00m; Roca volcánica andesítica por la forma que presenta, esta se puede determinar apófisis tanto para ambas litologías.



Figura 45: Zona de cambio litológico con presencia de apófisis de roca intrusiva diorítica

31.00-35.90m; Roca intrusiva diorítica de color gris blanquecina como roca fresca con tenue diseminados de sulfuros además de venillas de carbonatos.

35.90-36.10m; Zona fracturada, rellena por carbonatos más alteración propilítica.



Figura 46: Caja con testigos, en el tramo 35.90 se loguea alteración propilítica en espesor 0.20m.

36.10-59.20m; Roca intrusiva diorítica con venillas rellenas por arcillas más carbonatos. Presenta tenue diseminación de sulfuros.

59.20-59.80m; Falla rellena por arcillas rojas con diseminaciones y parches de sulfuros: pirita y argentita. Se saca muestra arrojando valores para oro: 8.40gr/tm y para cobre: 0.05% considerándose como tramo anómalo.



Figura 47: Caja con testigos, en el tramo 59.20m se loguea zona fallada de 0.60m. Con valores anómalos en oro (8.40gr/tm)

59.80-81.30m; Tramo final compuesto por roca intrusiva diorítica con presencia de anfíboles (actinolita) y tenue diseminación de sulfuros y fracturas rellenas con carbonatos.

3.3.6.4. DDHPS-001

El primer taladro corto está ubicado en Gl-346N, en punto topográfico (Z31+23.5m) en hastial derecho, en las coordenadas siguientes:

Tabla 8: Coordenadas para primer taladro corto, en sistema WGS-84

COORDENADAS	DIRECC	INCLINACIÓN	LONGITUD
ESTE	814058.802		
NORTE	8905958.563	N120°	-30°
ELEVACIÓN	234.770		38.20m

Este primer taladro se programa con el objetivo de interceptar manto Virginia en cotas inferiores, como se tenía información solo del esplit en techo para tajo 10, se necesitaba saber el desplazamiento geométrico de manto Virginia para el nivel 1. (Ver sección DDHPS-001)

Se describe el logue geológico (Ver hoja de logueo DDHPS-001) realizado para este primer taladro:

0.00-14.90m; Roca volcánica andesítica de color verde oscuro, textura porfirítica, con fracturas rellenas por alteración propilítica y parches de sulfuros.

14.90-15.30m; Dique andesítico de color gris claro, textura afanítica.

15.30-26.50m; Roca volcánica andesítica de color verde oscuro, textura porfirítica, con parches de sulfuros.

26.50-26.75m; Estructura mineralizada de 25cm de espesor, en zona fracturada. Se evidencia sulfuros como: calcopirita, pirita y pirrotita. La muestra obtenida nos arroja tenores para oro: 48.57gr/tm y para cobre: 1.46% considerando como la continuidad de Manto Virginia por los valores en la mineralización y por el espesor se determina la zona de cierre de lente mineralizado.

26.75-35.30m; Roca volcánica andesítica de color verde oscuro, textura porfirítica y parches de sulfuros



Figura 48: Caja con testigos, en tramo 14.90m se loguea dique silicificado de 40cm de espesor.



Figura 49: Caja con testigos, a los 26.50m, valores constantes en la mineralización de oro y cobre, siendo la proyección de Manto Virginia.

35.30-35.40m; Estructura mineralizada de 10cm de espesor. Se evidencia sulfuros como: pirita y pirrotita. La muestra obtenida nos arroja tenores para oro: 4.14gr/tm y para cobre: 0.21% considerando split al piso de manto Virginia.



Figura 50: Caja con muestras, en el tramo 35.30m se evidencia ramal al piso de manto Virginia con valores bajos solo para oro (4.14gr/tm)

35.40-38.20m; Roca volcánica andesítica de color verde oscuro, textura porfirítica y parches de sulfuros

3.3.6.5. DDHPS-002

Este segundo taladro corto está ubicado en Gl-255W, en punto topográfico (Z74-5.4m) en hastial izquierdo, en las coordenadas siguientes:

Tabla 9: Coordenadas para segundo taladro corto, en sistema WGS-84

	COORDENADAS	DIRECC	INCLINACIÓN	LONGITUD
ESTE	814056.222			
NORTE	8905931.945	N140°	-30°	29.30m
ELEVACIÓN	234.767			

Este segundo taladro infill se programa con el objetivo de interceptar manto Virginia al oeste de las labores principales, zona donde se estrangula el lente mineralizado, esto se observa en las muestras obtenidas en dicho taladro donde los valores son anómalos bajos, siendo el más representativo para oro: 1.13gr/tm y cobre: 0.04%. Ubicado a 20 metros de la corrida, considerando como split al piso de manto Virginia. (Ver sección DDHPS-002)

Se describe el logue geológico (Ver hojas de logueo DDHPS-002) realizado para este segundo taladro:

0.00-0.90m; Roca volcánica andesítica de color verde oscuro, textura afanítica, parches de sulfuros.

0.90-1.20m; Tramo mineralizado entre falla y roca andesítica craquelada. Presencia de sulfuros: pirita, pirrotita y marcasita. La muestra obtenida nos arroja tenores para oro: 0.06gr/tm y para cobre: 0.12%



Figura 51: Caja con testigos de perforación, en primera corrida tramo mineralizado de hasta 40cm de espesor, con valores bajos en oro (0.06gr/tm)

1.20-11.40m; Roca volcánica andesítica de color gris oscuro, textura afanítica, con diseminados de sulfuros: pirita, calcopirita y pirrotita. Además de cuarzo y óxidos en fracturas.

11.40-11.60m; Estructura mineralizada de 20cm de espesor, en zona fracturada. Se evidencia sulfuros como: pirita y pirrotita. La muestra obtenida nos arroja tenores para oro: 0.47gr/tm y para cobre: 0.05% anomalía baja en este tramo de la perforación.



Figura 52: Caja con testigos, a los 11.50m de perforación diamantina se saca muestra con valores anómalos bajos para oro (0.47gr/tm) y cobre (0.05%)

11.60-20.00m; Roca volcánica andesítica de color gris claro, textura afanítica, con venillas de sílice y diseminados de sulfuros.

20.00-20.50m; Estructura mineralizada de 50cm de espesor. Se evidencia sulfuros como: pirita y pirrotita. La muestra obtenida nos arroja tenores para oro: 1.13gr/tm y para cobre: 0.04% considerando split al piso de manto Virginia.

20.50-29.30m; Roca volcánica andesítica de color gris claro, con venillas de sílice y diseminados de sulfuros.

3.3.6.6. DDHPS-003

Este tercer taladro corto está ubicado en G1-255W, en punto topográfico (Z74-5.4m) en hastial izquierdo, en las coordenadas siguientes:

Tabla 10: Coordenadas para tercer taladro corto, en sistema WGS-84

COORDENADAS	DIRECC	INCLINACIÓN	LONGITUD
ESTE	814056.222		
NORTE	8905931.945	N120°	-40°
ELEVACIÓN	234.767		29.40m

Este tercer taladro infill se programa para cerrar el bloque o lente mineralizado al lado oeste de manto Virginia. Encontrando una estructura al piso (split) a los 18.50m de la perforación con valores de hasta 10ppm en oro. (Ver sección longitudinal al taladro DDHPS-003)

Se describe el logue geológico (Ver hoja de logeo DDHPS-003) realizado para este tercer taladro:

0.00-13.90m; Roca volcánica andesítica de color gris oscuro, textura afanítica, con diseminados de sulfuros.

13.90-14.30m; Dique andesítico de color gris oscuro, grano medio



Figura 53: Caja con testigos, al tramo 13.90m dique andesítico (40cm), textura fanerítica.

14.30-18.50m; Roca volcánica andesítica de color gris oscuro, textura afanítica, con diseminados de sulfuros: pirita, pirrotita.

18.50-18.90m; Estructura mineralizada de 40cm de espesor, en zona fracturada. Se evidencia sulfuros como: pirita y pirrotita. La muestra obtenida nos arroja tenores para oro: 10.02gr/tm y para cobre: 0.05% anomalía regulares por oro, siendo un split al piso de manto Virginia.



Figura 54: Valores anómalos regulares para oro a los 18.50m de perforación diamantina.

18.90-22.40m; Roca volcánica andesítica de color gris claro, textura afanítica, con diseminados de sulfuros.

22.40-22.90m; Estructura mineralizada de 50cm de espesor. La muestra obtenida nos arroja tenores bajos para oro: 0.42gr/tm y para cobre: 0.54%

22.90-29.40m; Roca volcánica andesítica de color gris claro, con venillas de sílice y diseminados de sulfuros.



Figura 55: Caja con testigos, donde se determina a los 22.40m ramal al piso de manto Virginia con valores bajos de hasta 0.42ppm de oro

3.3.6.7. DDHPS-004

Este cuarto taladro corto está ubicado en ESTOCADA-287 nivel 1, en punto topográfico (Z77-3.6m) en hastial izquierdo, en las coordenadas siguientes:

Tabla 11: Coordenadas para cuarto taladro corto, en sistema WGS-84

	COORDENADAS	DIRECC	INCLINACIÓN	LONGITUD
ESTE	814045.222			
NORTE	8905902.445	N65°	30°	30.60m
ELEVACIÓN	233.996			

Teniendo en cuenta la zona de cierre y continuidad de manto Virginia para la zona oeste, se perfora positivamente +30° una longitud de 30.60m, interceptado dos estructuras mineralizadas con valores de hasta 20ppm en oro, siendo esta la secuencia del manto. (Ver sección longitudinal al taladro DDHPS-004)

Se describe el logue geológico (Ver hojas de logueo DDHPS-004) realizado para este cuarto taladro:

0.00-10.30m; Roca volcánica andesítica de color verde oscuro, textura porfirítica, con fallas rellenadas por alteración propilítica y parches de sulfuros.

10.30-10.60m; Estructura mineralizada de 30cm de espesor. Se evidencia sulfuros como: calcopirita, pirita y pirrotita. La muestra obtenida nos arroja tenores para oro: 19.95gr/tm y para cobre: 1.49% siendo esta la continuidad de manto Virginia.

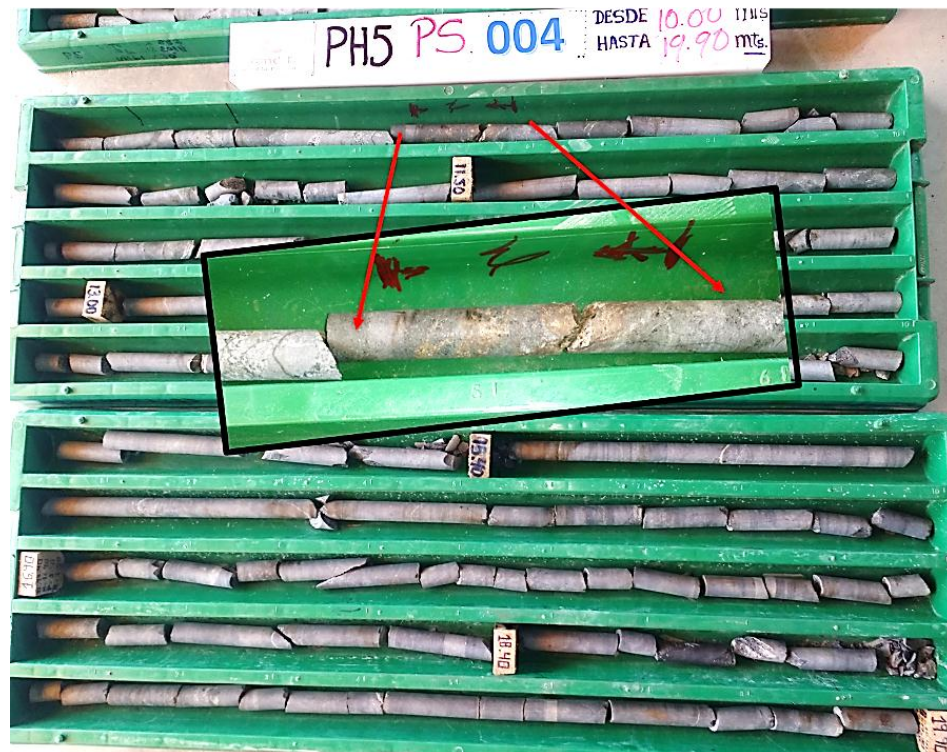


Figura 56: Caja con testigos de perforación diamantina. A la longitud de 10.30m se saca muestra (30cm) con valores de 19.95gr/tm para oro y 1.49% de cobre.

10.60-18.80m; Roca volcánica andesítica de color verde oscuro, textura fanerítica, con parches de sulfuros.

18.80-19.00m; Dique andesítico de color gris oscuro, grano medio

19.00-25.50m; Roca volcánica andesítica de color verde oscuro, textura porfirítica, con parches de sulfuros.

25.50-25.90m; Estructura mineralizada de 40cm de espesor. Se evidencia sulfuros como: pirita y pirrotita. La muestra obtenida nos arroja tenores bajos para oro: 2.15gr/tm y para cobre: 0.35%



Figura 57: Caja con testigos en línea XRP. Se determina por logueo e interpretación geológica que hay ramal al piso de manto Virginia con valores bajos de hasta 2.15ppm en oro

25.90-30.60m; Roca volcánica andesítica de color verde oscuro, textura porfirítica.

3.3.6.8. DDHPS-005

Este quinto taladro corto está ubicado en GALERIA-360 nivel 1, en punto topográfico (C10+18m) en hastial izquierdo, en las coordenadas siguientes:

Tabla 12: Coordenadas para quinto taladro corto, en sistema WGS-84

COORDENADAS	DIRECC	INCLINACIÓN	LONGITUD
ESTE 814061.908			
NORTE 8905981.187	N170°	-40°	35.00m
ELEVACIÓN 222.158			

Tomando como base el sondaje DDH-03 de los taladros largos y habiendo cortado la continuidad de manto Virginia a los 11.00m, se programa este taladro corto para continuar identificando dicha estructura hacia el oeste de mina Phoenix 5. Solo se logra identificar a los 34.2m un split al piso de manto Virginia con valores de 10.76ppm en oro. (Ver sección longitudinal para taladro DDHPS-005)

Se describe el logue geológico (Ver hojas de logueo DDHPS-005) realizado para este quinto taladro:

0.00-18.50m; Roca volcánica andesítica de color gris claro, textura afanítica, con diseminados de sulfuros.

18.50-18.70m; Fractura rellena de carbonatos, óxidos de hierro más diseminados de sulfuros.

18.70-26.00m; Roca volcánica andesítica de color gris claro, textura afanítica, con diseminados y parches de sulfuros.

26.00-26.10m; Estructura mineralizada de 10cm de sulfuros (pirrotita) La muestra obtenida nos arroja tenores bajos para oro: 0.45gr/tm y para cobre: 0.09%



Figura 58: Caja con testigos. Se saca muestra (10cm) a los 26.00m, cuyos valores son bajos para oro: 0.45gr/tm

26.10-34.20m; Roca volcánica andesítica de color gris claro, textura afanítica, con venillas de sílice y disseminados de sulfuros.

34.20-34.35m; Estructura mineralizada de 15cm de espesor. Se evidencia sulfuros porosos como: pirita y pirrotita. La muestra obtenida nos arroja tenores para oro: 10.76gr/tm y para cobre: 0.01%



Figura 59: Caja con testigos de donde se saca muestras cuyos valores más representativos son 10.76ppm en oro en la última corrida.

34.35-35.00m; Roca volcánica andesítica de color gris claro, textura afanítica, con disseminados de sulfuros.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. TALADROS LARGOS

La máquina Lonyer 38 realiza taladros largos de exploración en línea BQ, realizando un total de 321.60m durante la campaña. Ejecutando 2 taladros en el nivel 0 y 01 taladro en zona oeste de nivel 1 de mina Phoenix 5 (Ver tabla resumen de taladros largos)

4.2. TALADROS INFILL

La máquina Pack Sack FL-50, realiza 5 perforaciones cortas en nivel 1 en mina Phoenix 5, realizando un total de 162.50m en línea XRP. El objetivo es definir la proyección de manto Virginia al lado oeste mina Phoenix 5.

Se identifica mineralización en 4 taladros con espesores reducidos menor a 30cm. siendo así límite económico o borde de yacimiento para el lado oeste. (Ver tabla resumen de taladros infill)

Tabla 13: Resumen taladros largos

N°	NIV.	LAB.	E	N	ELE	DR.	IN	DIS (m)	FASE	DESCRIP.
SOND.					V.					
DDH-01	NV.0	GL.230	814241	8905987	209	N180°	-35°	119.40m	Exploración	Hasta los 60m roca volcánica andesítica, luego de una falla de contacto pasa a intrusivo con diseminados de sulfuros en roca diorítica. Se realizó muestreo en 3 tramos con anomalías bajas, descartando mantos inferiores.
DDH-02	NV.0	GL.230	814241	8905987	209	N230°	-35°	121.10m	Exploración	Taladro dirigido al SW. A los 4m se intercepta estructura mineralizada de 30cm de sulfuro masivo con tenores 39.41gr/tm Au y 0.14% Cu. A los 66.80m falla con roca intrusiva diorítica.
DDH-03	NV.1	GL.360	814072	8905975	222	N150°	-45°	81.30m	Exploración	Se ejecuta este taladro para definir estructuras al piso de Virginia. Se intercepta estructura mineralizada en 2 tramos de sondaje, con espesor reducido 30cm. A los 30m contacto con roca intrusiva diorítica.

Tabla 14: Resumen taladros infill.

N° SOND.	NIV.	LAB.	E	N	ELEV.	DR.	IN	DIS (m)	FASE	DESCRIP.
DDHPS- 01	NV.1	GL.346N	814058	8905958	234	N120°	-30°	38.20m	Expl	Se interceptó mineral en dos tramos, correspondiente al manto Virginia a los 26.50m con un espesor de 30cm y tenores de 48.57g/t Au; 1.46% Cu.
DDHPS- 02	NV.0	GL.255W	814056	8905931	234	N140°	-30°	29.30m	Expl	Este taladro está propuesto para determinar la continuidad del manto Virginia al lado oeste mina Phoenix 5, interceptando solo estructuras anómalas con valores muy bajos de hasta un 1ppm en Au.
DDHPS- 03	NV.1	GL.255W	814056	8905931	234	N120°	-40°	29.40m	Expl	Este sondaje se hace como referencia del taladro DDH-03, encontrando solo split al piso de manto Virginia, con tenores de 10.02g/tm en oro y 0.05%Cu.
DDHPS- 04	NV.1	ESTOC. 287	814045	8905902	233	N65°	-30°	30.60m	Expl	Intercepta mineral en 2 tramos con espesores reducidos menores a 30cm. En primer intercepto presenta tenores de 19.95g/tm en oro y 1.49% en cobre, siendo este la continuidad de manto Virginia.
DDHPS- 05	NV.1	GL.360	814061	8905981	222	N170°	-40°	35.00m	Expl	Se ejecuta este taladro para definir estructuras al piso de Virginia, identificando split al piso, con tenores de 10.76g/tm en oro y valores ínfimos para cobre.

4.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

El emplazamiento de rocas intrusivas del Batolito de la Costa en contacto con rocas volcánicas del Grupo Casma ha generado una zona favorable para la mineralización siendo esta de forma lenticular con espesores y tenores altos en la parte central y reducidos a los bordes al oeste u norte, siendo de esta manera la perforación diamantina la mejor herramienta para interpretar y generar modelos geológicos.

Por lo que la hipótesis inicial ha sido contrastada y verificada.

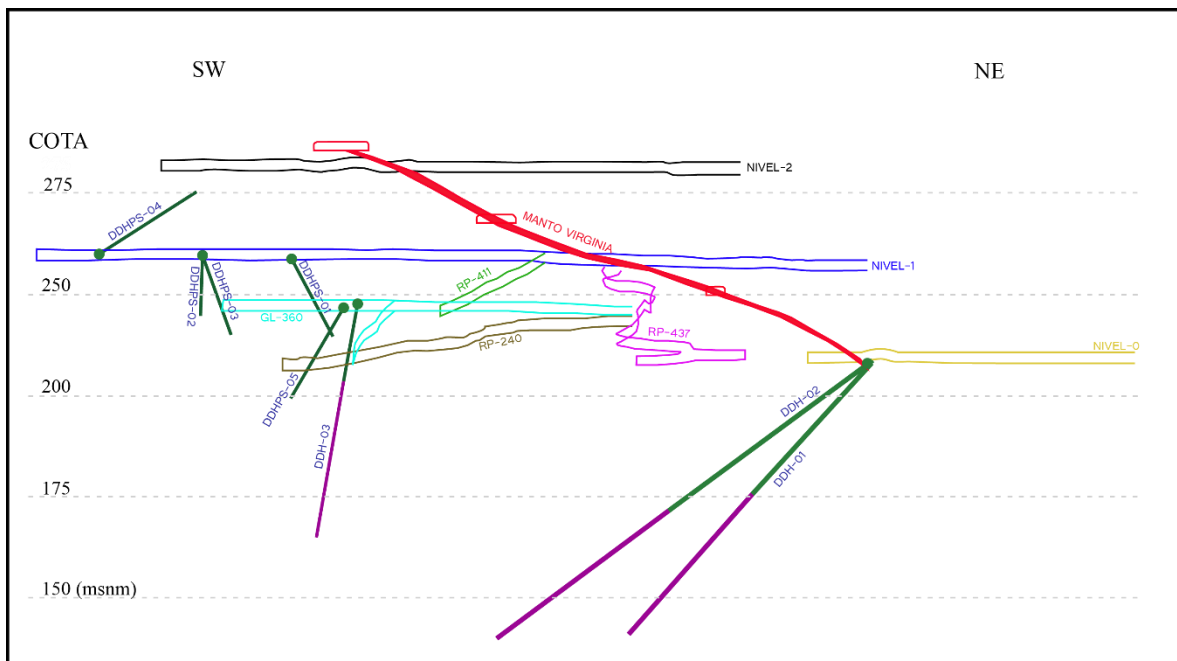


Figura 60: Modelo geológico, basado en perforación diamantina de mina Phoenix 5.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Se determinó el modelo geológico en base a la perforación diamantina de mina Phoenix 5, indicando que no existen mantos paralelos inferiores al manto principal Virginia y que hacia el oeste y norte el lente mineralizado se tiende a estrangular llegando a tener espesores de 30cm.

Se realizó perforación diamantina en mina Phoenix 5 con equipo Lonyer 38 y logeo geológico en línea BQ, analizando un total de 321.60m durante la campaña, ejecutando 2 taladros en el nivel 0 y 1 taladro en zona oeste de nivel 1. Con máquina Pack Sack FL-50 se perfora 5 taladros cortos en nivel 1 al lado oeste de mina, logueando un total de 162.50m en línea XRP.

Se ejecutó el cartografiado geológico en superficie a una escala 1:10,000 y en interior de mina a una escala 1:250, determinando el modo lenticular de la mineralización en el nivel 1 de mina Phoenix 5.

5.2. RECOMENDACIONES

La empresa debe continuar con las perforaciones diamantinas hacia el nivel 2 para determinar el comportamiento de sulfuros, quedando aún bloque por explorar hacia cotas superiores pero no conociendo los espesores y leyes.

La empresa debe realizar campañas de exploración greenfield en concesiones aledañas, basándose en los contactos entre roca intrusiva gabrodiorítica del Batolito de la costa (Unidad Patap) y rocas volcánicas andesíticas de la Formación Juncos (Grupo Casma) donde se podría encontrar zonas favorables para la exploración de mantos y vetas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA J., SANTISTEBAN A., 2007. Control estructural de la cuenca Cretácica Casma y su relación con el emplazamiento de batolito de la Costa y los yacimientos metálicos entre Mala y Trujillo. INGEMMET
- COBBING, E.J., PITCHER, W.S., WILSON, J., BALDOCK, J. 1981. Estudio geológico de la Cordillera Occidental del norte del Perú. Boletín INGEMMET, D-10, 252p.
- CONDORI, E. 2018 Estudio geológico y perforación diamantina del proyecto Atalaya, distrito de Huallanca, provincia de Bolognesi, departamento de Ancash, 71pág.
- DÁVILA J. 2011. Diccionario Geológico. Arth- Altuna. Lima Perú.
- ELORO RESOURCES Ltd. 2017. Presenta Dos Nuevas Áreas de Interés en la Propiedad de Oro/Plata La Victoria, Áncash, Perú.
- ESPINOZA MONTREUIL, J.2019. Evaluación geológica preliminar prospecto Paraíso, Chaparra, Caraveli, Arequipa. 28pág
- GONZÁLEZ DE VALLEJO. L. 2002, Ingeniería Geológica. PEARSON. Madrid.
- HITZMAN, MW, Oreskes, N. y Einaudi, MT (1992) Características geológicas y configuración tectónica de depósitos de óxido de hierro proterozoico (Cu-U-Au-REE). Investigación precámbrica, 58, 241-287.
- HUAMANI, M. 2019. Comportamiento lito-estructural, mineralógico y exploración mediante sondajes diamantinos del cuerpo Magistral Centro U.M Santander.
- JACAY J., SEMPERE T. 2005, Emplazamiento level of the Costal Batholith in Central Perú. 6° International symposium on Andean Geodynamics, Barcelona.
- JARA, R. 2019. Controles metalogenéticos de los depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos (VMS) en la Cuenca Casma, Subcuenca Cañete, Perú. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Geólogo. Unidad de Posgrado, Facultad de Educación, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

- OYARZO, A. 2012. Sondajes en perforación diamantina DDH. Rancagua, Chile.
- PALACIOS M. O., SÁNCHEZ F. A. Y HERRERA R. F., 1995. Geología del Perú, Boletín N°55. INGEMMET.
- PITCHER ET AL. 1985. Magmatism at a Plate: The peruvian ands. Glasgow. Blackie Halstead Press, 189 pág.
- RIVERA R. Y SANTISTEBAN A., 2010. Características metalogénicas de la cordillera Occidental en la Región Ancash. INGEMMET.
- REYES, D. 2014. Caracterización mineralógica de las alteraciones hidrotermales en el yacimiento de Oro La india, Sonora, Mexico, 148 pág
- REYES, P. 2019. Sobre el potencial de mineralización de Cu, Au tipo IOCG en la costa norte del Perú paralelo 9°-12°, dirigido a ProEXPLO 2019
- RICHARDS, JA. 1993. Análisis de imágenes digitales de detección remota: una introducción. Springer-Verlag, Berlín, 340 p.
- SALAS, A. 2016. Análisis y mejora de la calidad en el proceso de perforación diamantina utilizando la metodología DMAIC, pág 17-27.
- SALINAS, E. 2015. Estudio Geológico de la concesión minera Phoenix 5.
- SÁNCHEZ F.A, MOLINA G. O. Y GUTIÉRREZ A.R., 1995. Geología de los cuadrángulos de Chimbote, Casma y Culebras, Hoja 19-f, 19-g y 20-g, INGEMMET.
- SILLITOE, R. 1995 Explorati6n of porphyry copper lithocaps, in Mauk, J.L, and St. George, J.D., eds. Proceedings Pan American Conference on Research on Fluid Inclusions Congress 1995. Australasian Institute of Mining and Metallurgy.
- TORNOS F., CARRIEDO J., VELASCO F., Y TOMÉ C 2012. La génesis de los dep6sitos de tipo IOCG: Geología y Geoquímica de la mineralizaci6n en los Andes e Iberia.
- ZAMORA, J. 2018. Estudio geol6gico y programa de exploraci6n mediante sondajes diamantinos de las vetas Techí y Colorada – Santo Domingo, pág 56-59.

ANEXOS

REPORTE DE LEYES

PLANOS:

- PLANO DE UBICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN
- PLANO CATASTRO MINERO
- PLANO DE PENDIENTES
- PLANO GEOLÓGICO REGIONAL
- PLANO GEOLÓGICO LOCAL
- PLANO DE SONDAJES DIAMANTINOS

SECCIONES:

- SECCIÓN LONGITUDINAL A DDH-01
- SECCIÓN LONGITUDINAL A DDH-02
- SECCIÓN LONGITUDINAL A DDH-03
- SECCIÓN LONGITUDINAL A DDHPS-01
- SECCIÓN LONGITUDINAL A DDHPS-02
- SECCIÓN LONGITUDINAL A DDHPS-03
- SECCIÓN LONGITUDINAL A DDHPS-04
- SECCIÓN LONGITUDINAL A DDHPS-05

HOJAS DE LOGUEO:

- HOJAS DE LOGUEO PARA SONDAJE DDH-01
- HOJAS DE LOGUEO PARA SONDAJE DDH-02
- HOJAS DE LOGUEO PARA SONDAJE DDH-03
- HOJAS DE LOGUEO PARA SONDAJE DDHPS-01
- HOJAS DE LOGUEO PARA SONDAJE DDHPS-02
- HOJAS DE LOGUEO PARA SONDAJE DDHPS-03
- HOJAS DE LOGUEO PARA SONDAJE DDHPS-04
- HOJAS DE LOGUEO PARA SONDAJE DDHPS-05



GRAN TAI S.A.C

DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

REPORTE DE LEYES PARA SONDAJES DIAMANTINOS

FECHA	N° CÓDIGO	UBICACIÓN/LABOR/NIVEL	LABOR	DIRECC	INCLIN	PROF(m)	ESPESOR (m)	Au gr/Tn	% Cu
06/11/2018	M-0061	DDH001-MUESTRA 1	GL 230	N-S	-35	72.00	0.30	0.06	0.05
06/11/2018	M-0062	DDH001-MUESTRA 2	GL 230	N-S	-35	94.70	0.30	0.32	0.03
06/11/2018	M-0063	DDH001-MUESTRA 3	GL 230	N-S	-35	58.70	1.20	0.08	0.01
11/11/2018	M-0065	DDH002-MUETRA 1	GAL 230	N230	-35	3.90	0.40	39.41	0.14
11/11/2018	M-0069	DDH002-MUETRA 2	GAL 230	N230	-35	8.20	1.80	0.77	0.2
17/11/2018	M-0082	DDH003-MUESTRA 1	GL 360	N150	-45	11.00	0.20	46.24	15.67
17/11/2018	M-0083	DDH003-MUESTRA 2	GL 360	N150	-45	14.20	0.30	26.26	0.21
17/11/2018	M-0084	DDH003-MUESTRA 3	GL 360	N150	-45	20.90	0.40	0.18	0.07
17/11/2018	M-0085	DDH003-MUESTRA 4	GL 360	N150	-45	59.10	0.70	8.4	0.05
21/11/2018	M-0057	DDHPSO1-MUESTRA 1	GL 346	N120	-30	26.50	0.25	48.57	1.46
21/11/2018	M-0058	DDHPSO1-MUESTRA 2	GL 346	N120	-30	35.30	0.10	4.14	0.21
25/11/2018	M-0066	DDHPSO2-MUESTRA 1	GAL 255 W	N140	-30	0.90	0.30	0.06	0.12
25/11/2018	M-0067	DDHPSO2-MUESTRA 2	GAL 255 W	N140	-30	11.40	0.20	0.47	0.05
25/11/2018	M-0068	DDHPSO2-MUESTRA 3	GAL 255 W	N140	-30	20.00	0.50	1.13	0.04
29/11/2018	M-0073	DDHPSO3-MUESTRA 1	GAL 255 W	N120	-40	18.50	0.40	10.02	0.05
29/11/2018	M-0074	DDHPSO3-MUESTRA 2	GAL 255 W	N120	-40	22.40	0.50	0.42	0.54
03/12/2018	M-0086	DDHPSO4-MUESTRA 1	ESTOCADA 287	N65	30	10.30	0.30	19.95	1.49
03/12/2018	M-0087	DDHPSO4-MUESTRA 2	ESTOCADA 287	N65	30	25.50	0.40	2.15	0.35
07/12/2018	M-0097	DDHPSO5-MUESTRA 1	GAL 360	N170	-40	26.00	0.10	0.45	0.09
07/12/2018	M-0098	DDHPSO5-MUESTRA 2	GAL 360	N170	-40	34.20	0.15	10.76	0.01

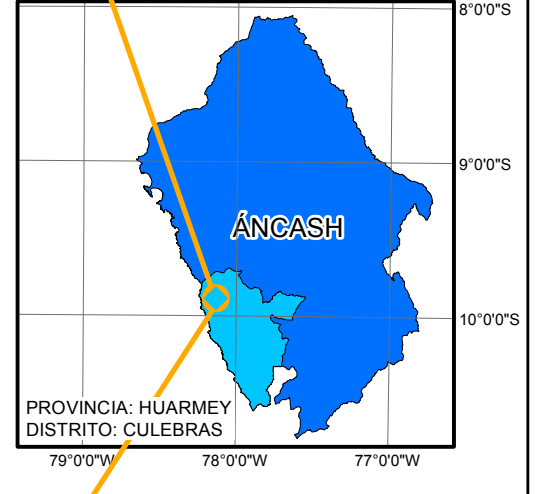
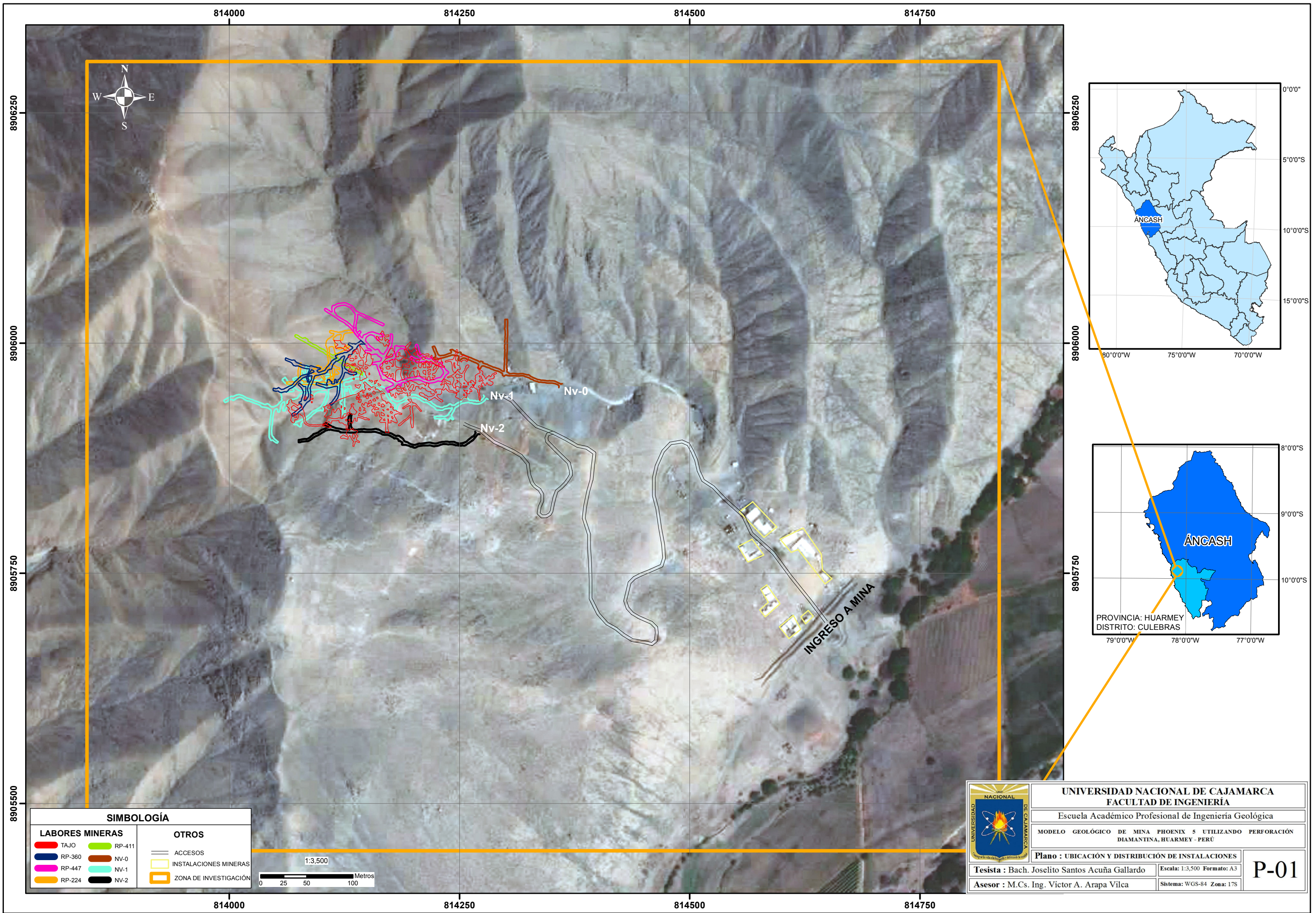


GRAN TAI S.A.C

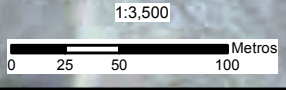
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

REPORTE DE LEYES PARA SONDAJES DIAMANTINOS

FECHA	N° CÓDIGO	UBICACIÓN/LABOR/NIVEL	LABOR	DIRECC	INCLIN	PROF(m)	ESPESOR (m)	Au gr/Tn	% Cu
06/11/2018	M-0061	DDH001-MUESTRA 1	GL 230	N-S	-35	72.00	0.30	0.06	0.05
06/11/2018	M-0062	DDH001-MUESTRA 2	GL 230	N-S	-35	94.70	0.30	0.32	0.03
06/11/2018	M-0063	DDH001-MUESTRA 3	GL 230	N-S	-35	58.70	1.20	0.08	0.01
11/11/2018	M-0065	DDH002-MUETRA 1	GAL 230	N230	-35	3.90	0.40	39.41	0.14
11/11/2018	M-0069	DDH002-MUETRA 2	GAL 230	N230	-35	8.20	1.80	0.77	0.2
17/11/2018	M-0082	DDH003-MUESTRA 1	GL 360	N150	-45	11.00	0.20	46.24	15.67
17/11/2018	M-0083	DDH003-MUESTRA 2	GL 360	N150	-45	14.20	0.30	26.26	0.21
17/11/2018	M-0084	DDH003-MUESTRA 3	GL 360	N150	-45	20.90	0.40	0.18	0.07
17/11/2018	M-0085	DDH003-MUESTRA 4	GL 360	N150	-45	59.10	0.70	8.4	0.05
21/11/2018	M-0057	DDHPSO1-MUESTRA 1	GL 346	N120	-30	26.50	0.25	48.57	1.46
21/11/2018	M-0058	DDHPSO1-MUESTRA 2	GL 346	N120	-30	35.30	0.10	4.14	0.21
25/11/2018	M-0066	DDHPSO2-MUESTRA 1	GAL 255 W	N140	-30	0.90	0.30	0.06	0.12
25/11/2018	M-0067	DDHPSO2-MUESTRA 2	GAL 255 W	N140	-30	11.40	0.20	0.47	0.05
25/11/2018	M-0068	DDHPSO2-MUESTRA 3	GAL 255 W	N140	-30	20.00	0.50	1.13	0.04
29/11/2018	M-0073	DDHPSO3-MUESTRA 1	GAL 255 W	N120	-40	18.50	0.40	10.02	0.05
29/11/2018	M-0074	DDHPSO3-MUESTRA 2	GAL 255 W	N120	-40	22.40	0.50	0.42	0.54
03/12/2018	M-0086	DDHPSO4-MUESTRA 1	ESTOCADA 287	N65	30	10.30	0.30	19.95	1.49
03/12/2018	M-0087	DDHPSO4-MUESTRA 2	ESTOCADA 287	N65	30	25.50	0.40	2.15	0.35
07/12/2018	M-0097	DDHPSO5-MUESTRA 1	GAL 360	N170	-40	26.00	0.10	0.45	0.09
07/12/2018	M-0098	DDHPSO5-MUESTRA 2	GAL 360	N170	-40	34.20	0.15	10.76	0.01

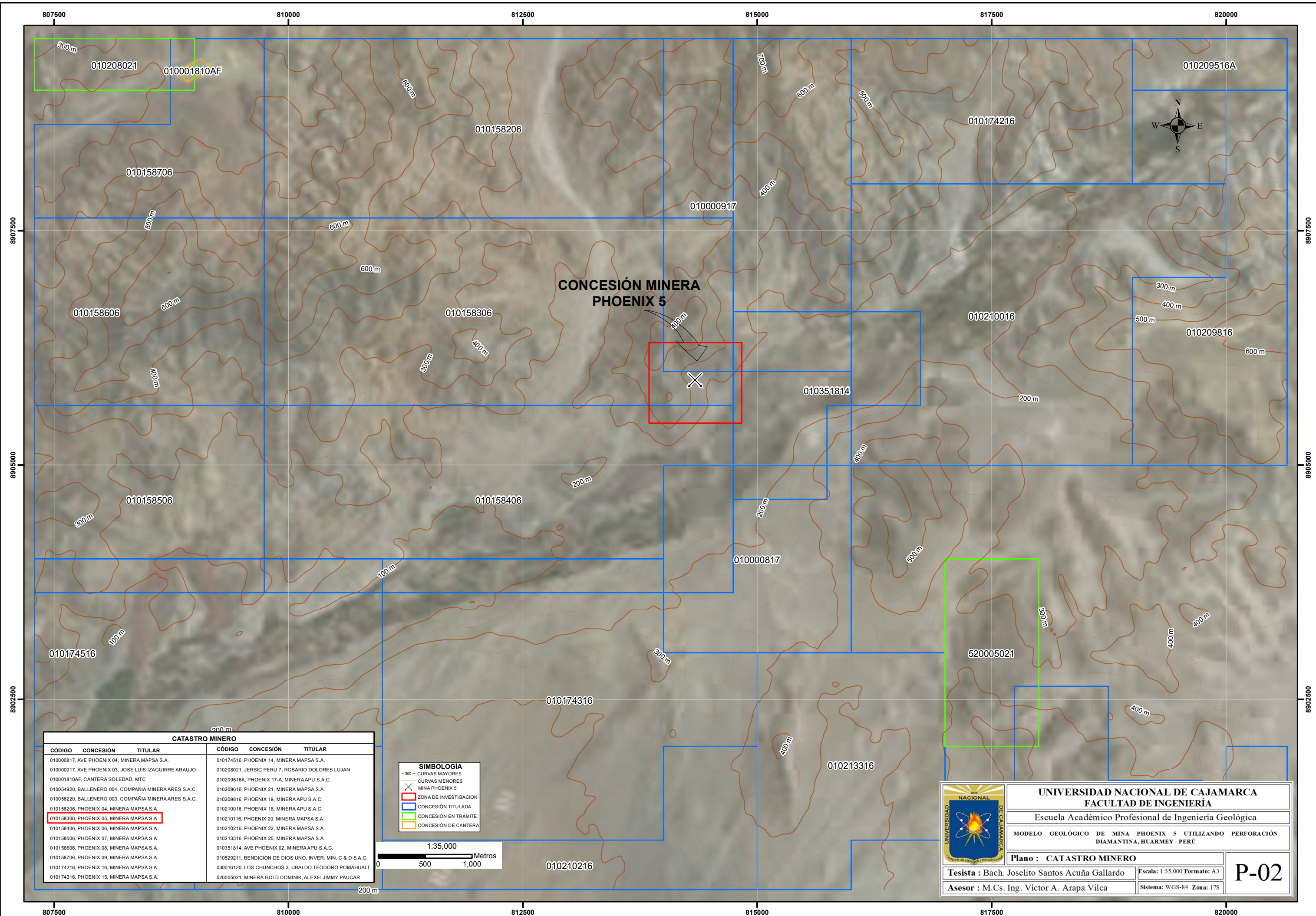


SIMBOLOGÍA		
LABORES MINERAS		OTROS
TAJO	RP-411	ACCESOS
RP-360	NV-0	INSTALACIONES MINERAS
RP-447	NV-1	ZONA DE INVESTIGACIÓN
RP-224	NV-2	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica	
MODELO GEOLÓGICO DE MINA PHOENIX 5 UTILIZANDO PERFORACIÓN DIAMANTINA, HUARMEY - PERÚ	
Plano : UBICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE INSTALACIONES	
Tesista : Bach. Joselito Santos Acuña Gallardo	Escala: 1:3,500 Formato: A3
Asesor : M.Cs. Ing. Víctor A. Arapa Vilca	Sistema: WGS-84 Zona: 17S

P-01

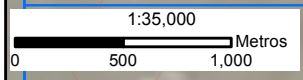


**CONCESIÓN MINERA
PHOENIX 5**

CATASTRO MINERO					
CÓDIGO	CONCESIÓN	TITULAR	CÓDIGO	CONCESIÓN	TITULAR
01000817,	AVE PHOENIX 04,	MINERA MAPSA S.A.	010174516,	PHOENIX 14,	MINERA MAPSA S.A.
01000917,	AVE PHOENIX 03,	JOSE LUIS IZAGUIRRE ARAUJO	010208021,	JERSIC PERU 7,	ROSARIO DOLORES LUJAN
010001810AF,	CANTERA SOLEDAD,	MTC	010209516A,	PHOENIX 17-A,	MINERAAPU S.A.C.
010054920,	BALLENERO 004,	COMPAÑIA MINERA ARES S.A.C.	010209616,	PHOENIX 21,	MINERA MAPSA S.A.
010056220,	BALLENERO 003,	COMPAÑIA MINERA ARES S.A.C.	010209816,	PHOENIX 19,	MINERA APU S.A.C.
010158206,	PHOENIX 04,	MINERA MAPSA S.A.	010210016,	PHOENIX 18,	MINERA APU S.A.C.
010158306,	PHOENIX 05,	MINERA MAPSA S.A.	010210116,	PHOENIX 20,	MINERA MAPSA S.A.
010158406,	PHOENIX 06,	MINERA MAPSA S.A.	010210216,	PHOENIX 22,	MINERA MAPSA S.A.
010158506,	PHOENIX 07,	MINERA MAPSA S.A.	010213316,	PHOENIX 25,	MINERA MAPSA S.A.
010158606,	PHOENIX 08,	MINERA MAPSA S.A.	010351814,	AVE PHOENIX 02,	MINERAAPU S.A.C.
010158706,	PHOENIX 09,	MINERA MAPSA S.A.	010529211,	BENDICION DE DIOS UNO,	INVER. MIN. C & D S.A.C.
010174216,	PHOENIX 16,	MINERA MAPSA S.A.	030016120,	LOS CHUNCHOS 3,	UBALDO TEODORO POMAHUALI
010174316,	PHOENIX 15,	MINERA MAPSA S.A.	520005021,	MINERA GOLD DOMINIK,	ALEXEI JIMMY PAUCAR

SIMBOLOGÍA

- 300 — CURVAS MAYORES
- 400 — CURVAS MENORES
- X MINA PHOENIX 5
- ZONA DE INVESTIGACION
- CONCESIÓN TITULADA
- CONCESIÓN EN TRÁMITE
- CONCESIÓN DE CANTERA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica

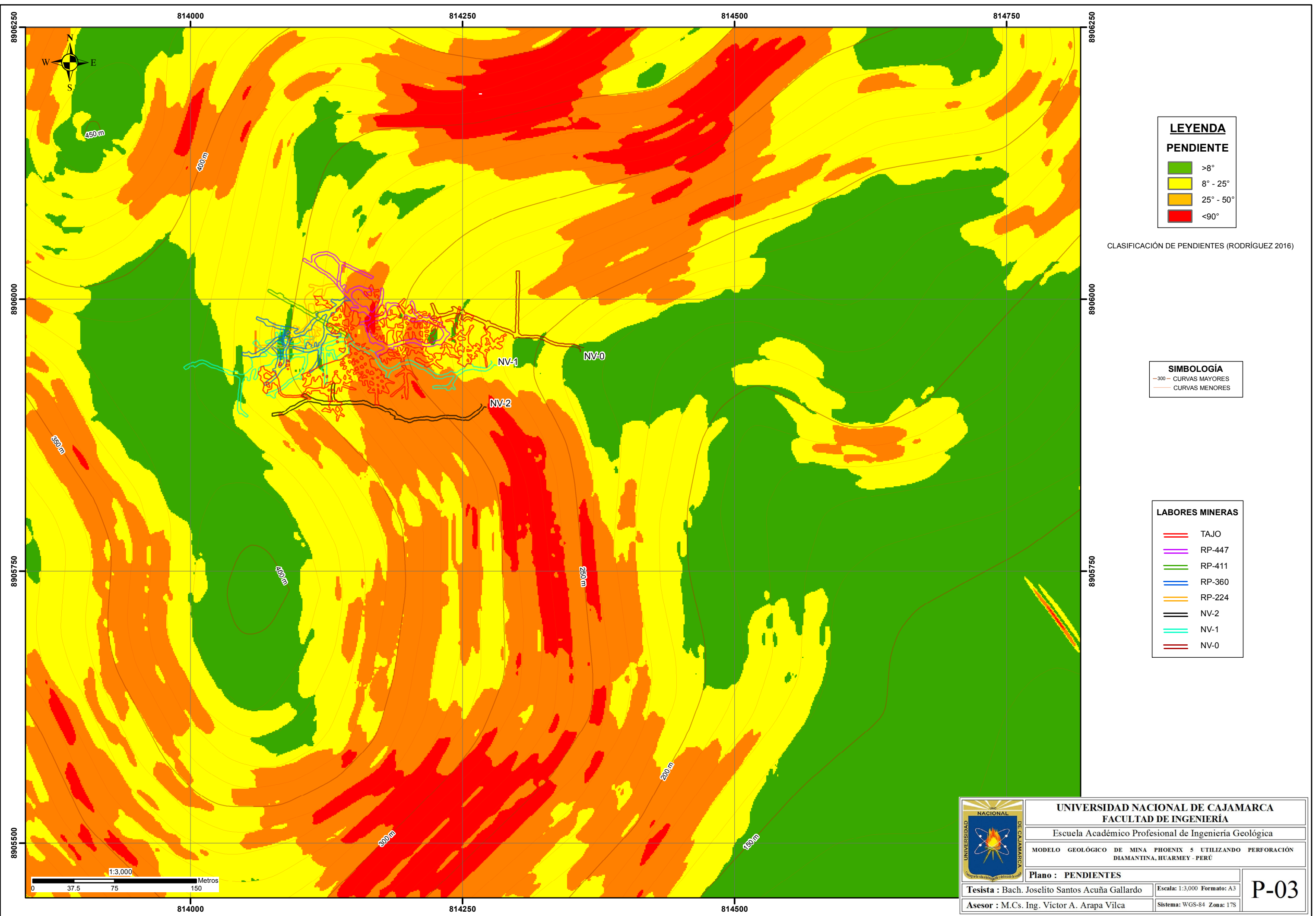
MODELO GEOLÓGICO DE MINA PHOENIX 5 UTILIZANDO PERFORACIÓN DIAMANTINA, HUARMEY - PERÚ

Plano : CATASTRO MINERO

Tesista : Bach. Joselito Santos Acuña Gallardo Escala: 1:35,000 Formato: A3

Asesor : M.Cs. Ing. Victor A. Arapa Vilca Sistema: WGS-84 Zona: 17S

P-02



LEYENDA

PENDIENTE

Green	>8°
Yellow	8° - 25°
Orange	25° - 50°
Red	<90°

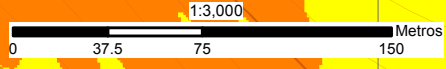
CLASIFICACIÓN DE PENDIENTES (RODRÍGUEZ 2016)

SIMBOLOGÍA

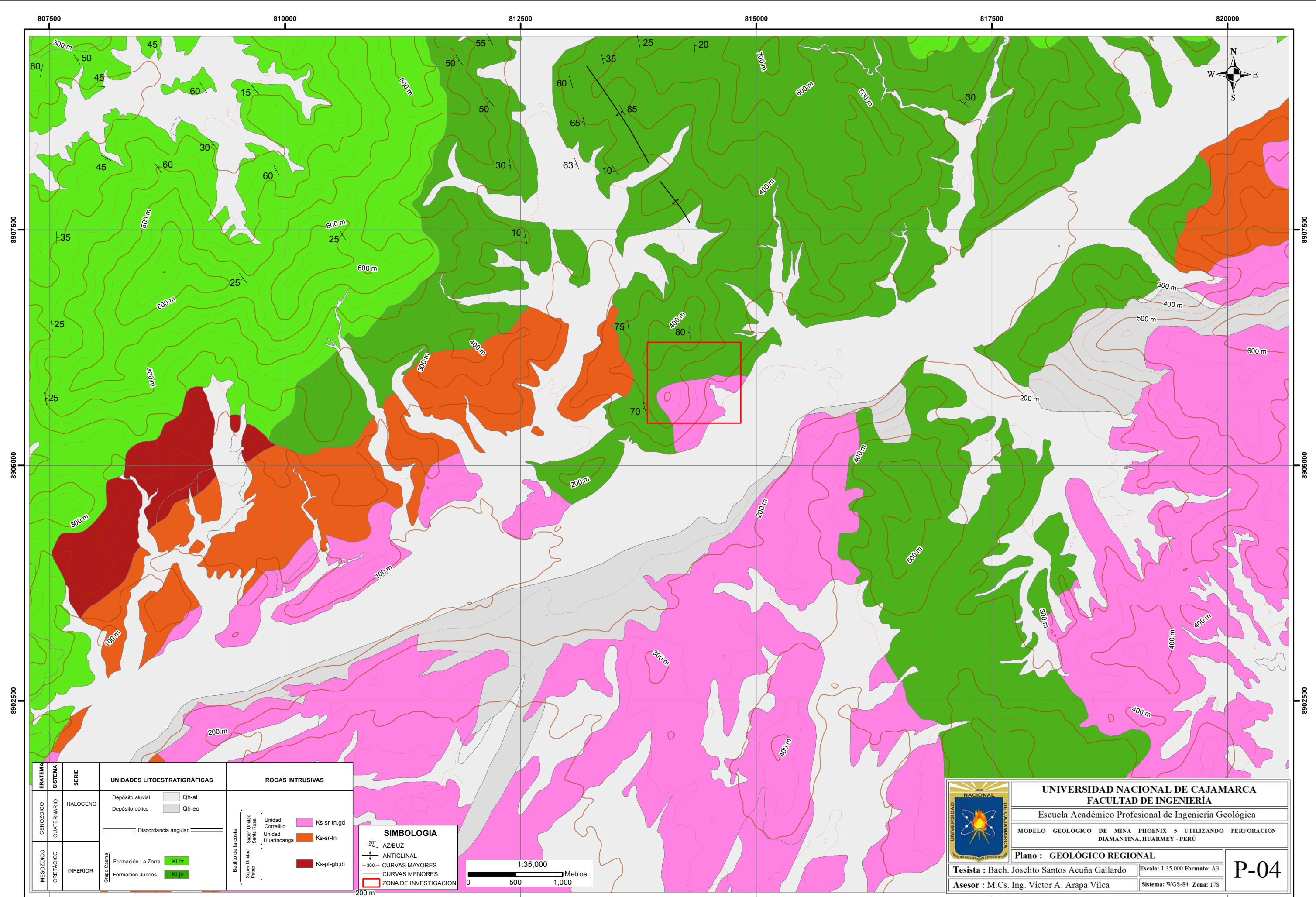
Blue line	-300	CURVAS MAYORES
Orange line		CURVAS MENORES

LABORES MINERAS

Red line	TAJO
Purple line	RP-447
Green line	RP-411
Blue line	RP-360
Orange line	RP-224
Black line	NV-2
Cyan line	NV-1
Brown line	NV-0



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	
	FACULTAD DE INGENIERÍA	
	Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica	
	MODELO GEOLÓGICO DE MINA PHOENIX 5 UTILIZANDO PERFORACIÓN DIAMANTINA, HUARMY - PERÚ	
Plano : PENDIENTES		
Tesista : Bach. Joselito Santos Acuña Gallardo		Escala: 1:3,000 Formato: A3
Asesor : M.Cs. Ing. Víctor A. Arapa Vilca		Sistema: WGS-84 Zona: 17S
		P-03



ERA/TEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	ROCAS INTRUSIVAS
MESOZOICO	CRETÁCICO	INFERIOR	Grupo Casana	
			Formación La Zorra	Ki-lz
			Formación Juncos	Ki-ju
			Discordancia angular	
				Baño de la costa
				Super Unidad Palpa
				Super Unidad Santa Rosa
				Unidad Corralillo
				Unidad Huarincanga
				Ks-sr-ln,gd
				Ks-sr-ln
				Ks-pt-gb,di

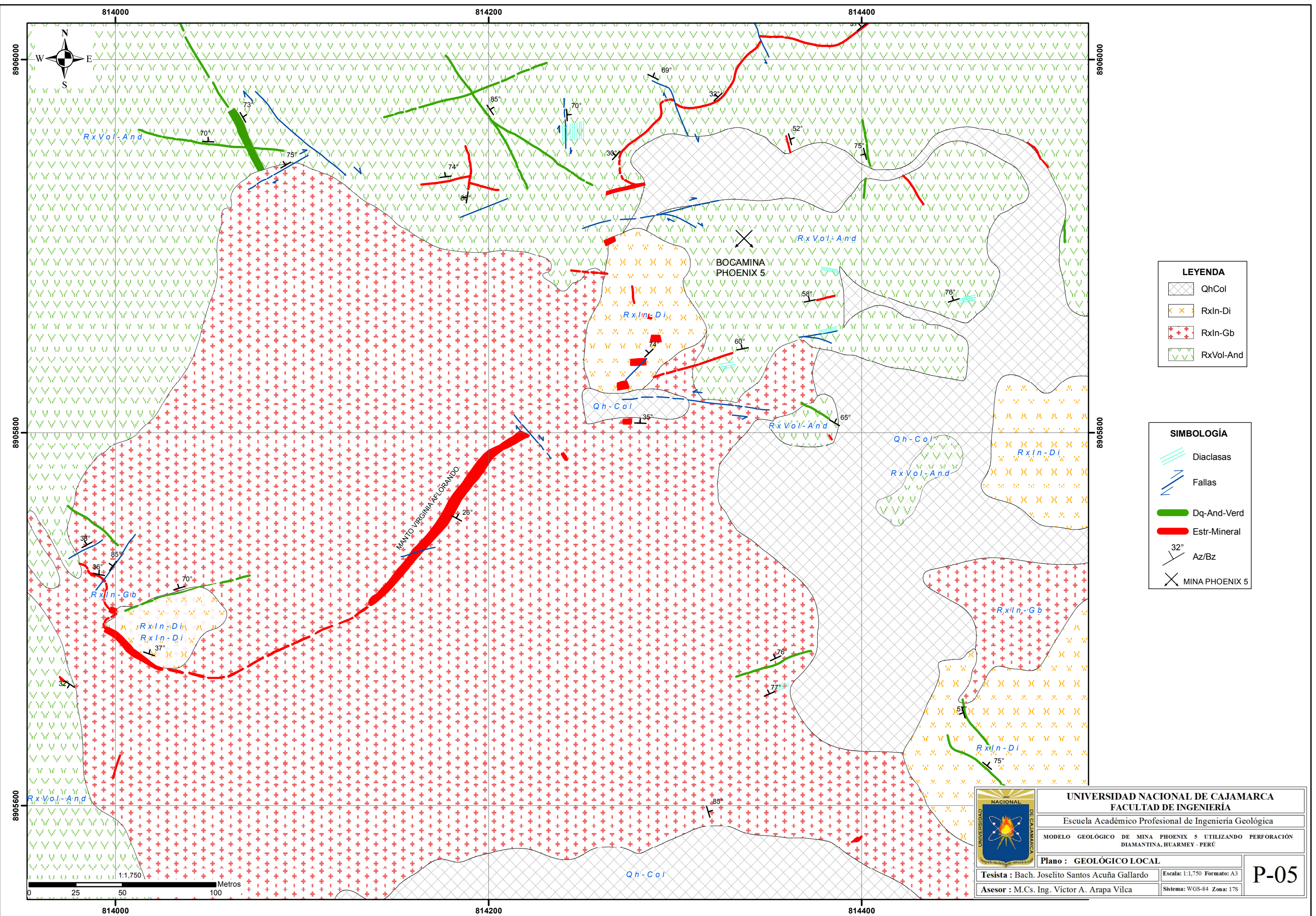
SIMBOLOGÍA

- 30° AZ/BUZ
- ANTICLINAL
- 300 - CURVAS MAYORES
- CURVAS MENORES
- ZONA DE INVESTIGACIÓN

0 500 1,000 Metros

200 m

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA
	Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica
	MODELO GEOLÓGICO DE MINA PHOENIX 5 UTILIZANDO PERFORACIÓN DIAMANTINA, HUARMEY - PERÚ
Plano : GEOLÓGICO REGIONAL	
Tesista : Bach. Joselito Santos Acuña Gallardo	Escala: 1:35,000 Formato: A3
Asesor : M.Cs. Ing. Victor A. Arapa Vilca	Sistema: WGS-84 Zona: 17S
P-04	



LEYENDA

	Qh-Col
	RxIn-Di
	RxIn-Gb
	RxVol-And

SIMBOLOGÍA

	Diaclasas
	Fallas
	Dq-And-Verd
	Estr-Mineral
	Az/Bz
	MINA PHOENIX 5

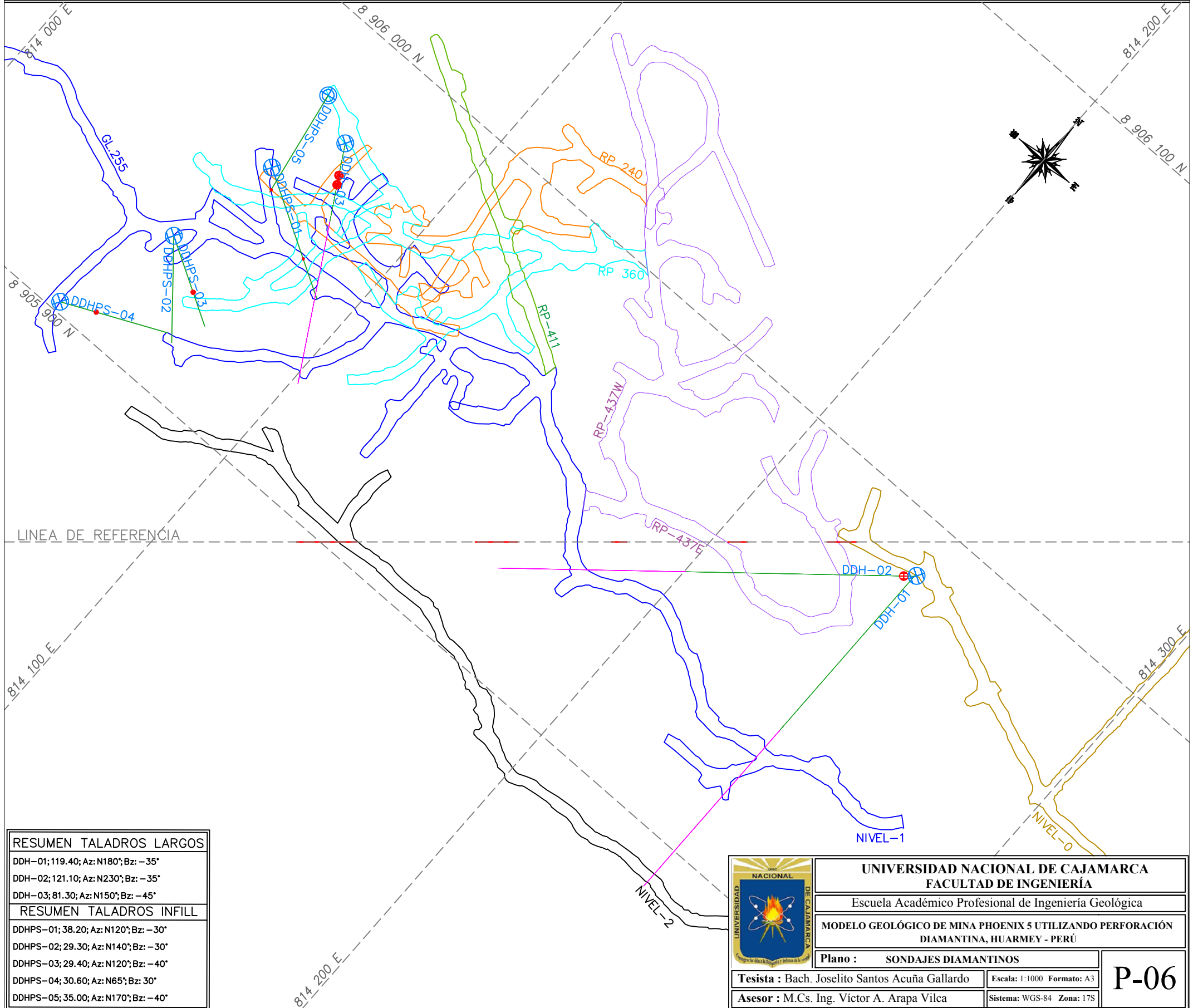
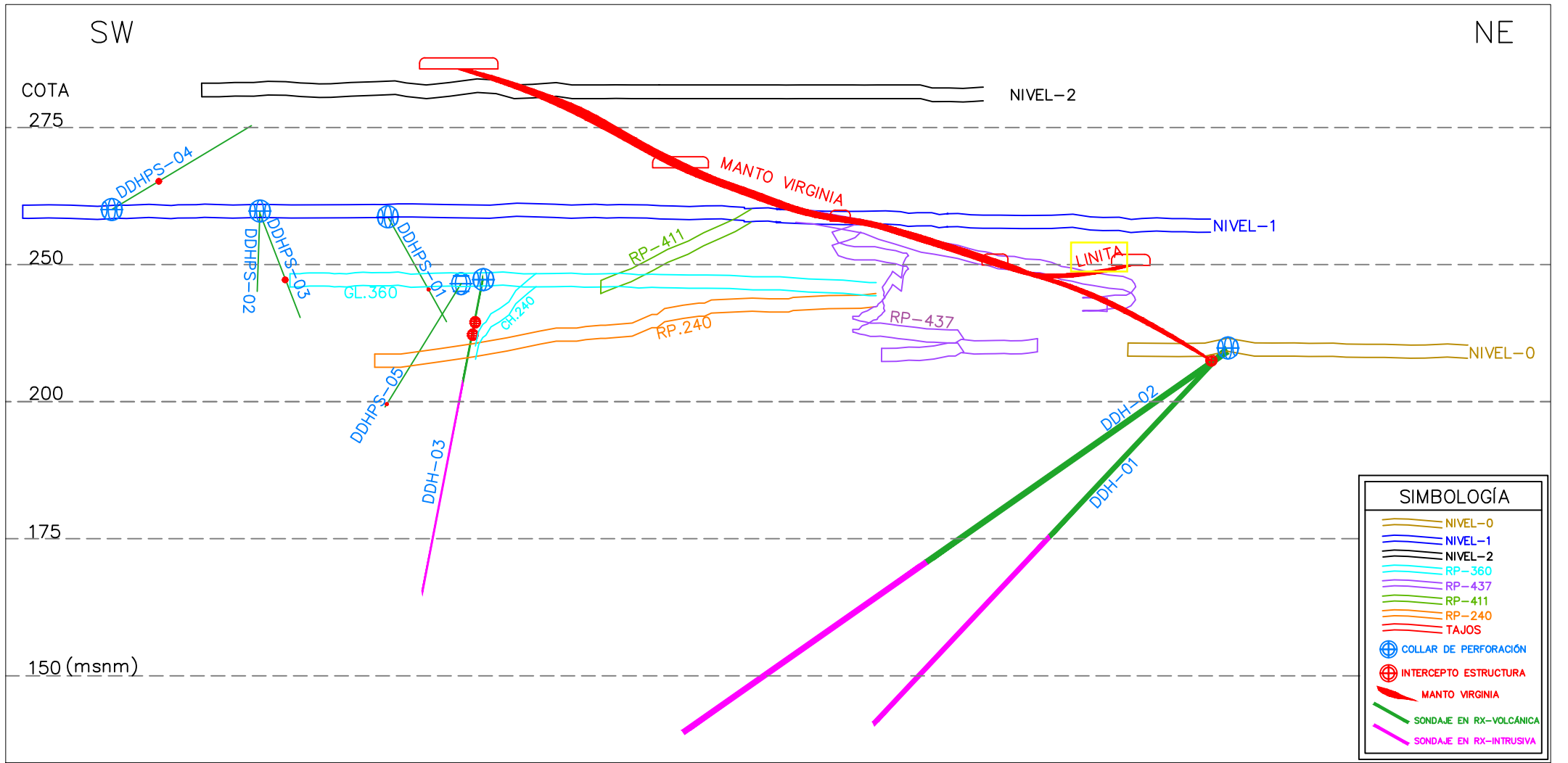


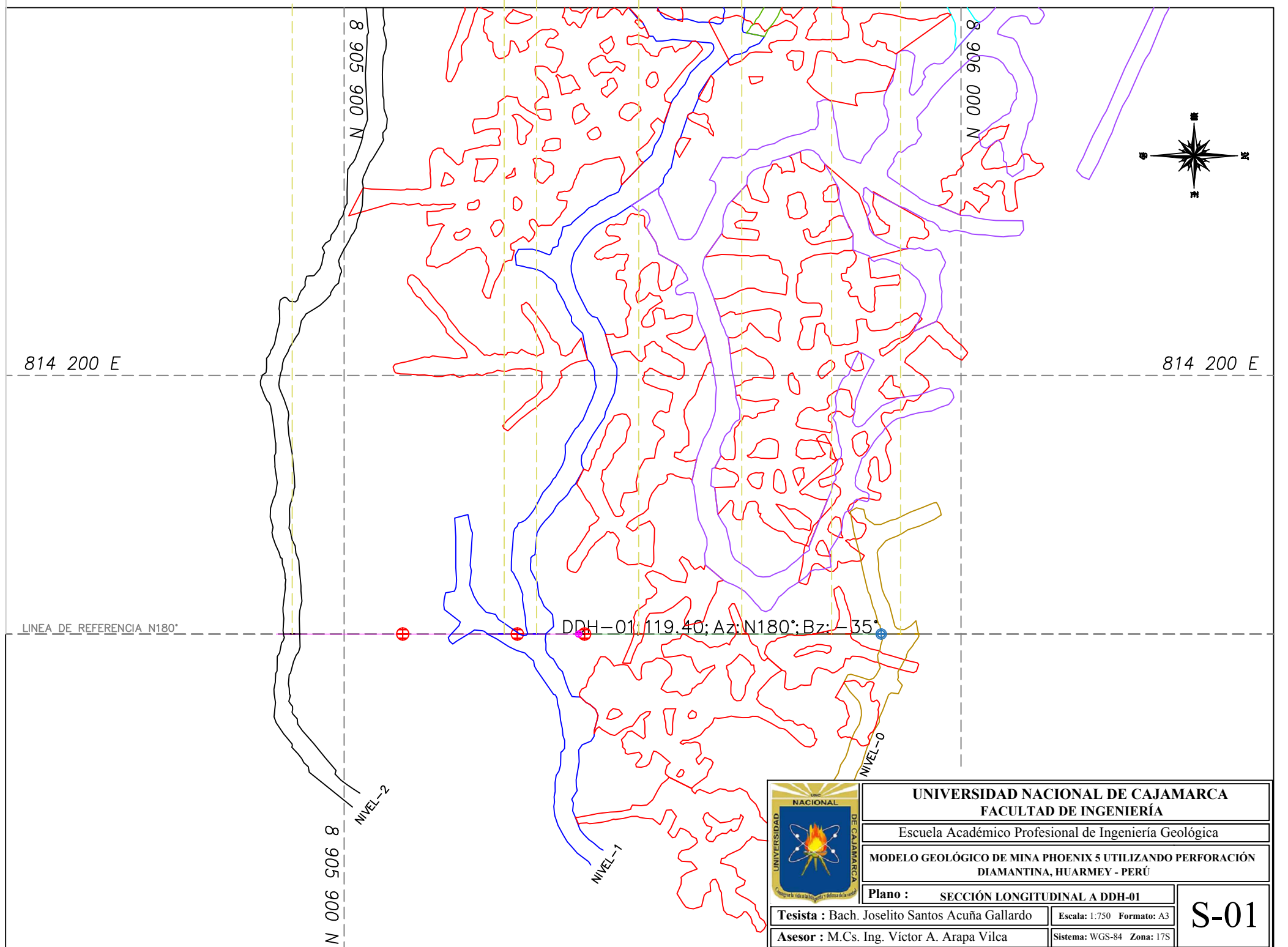
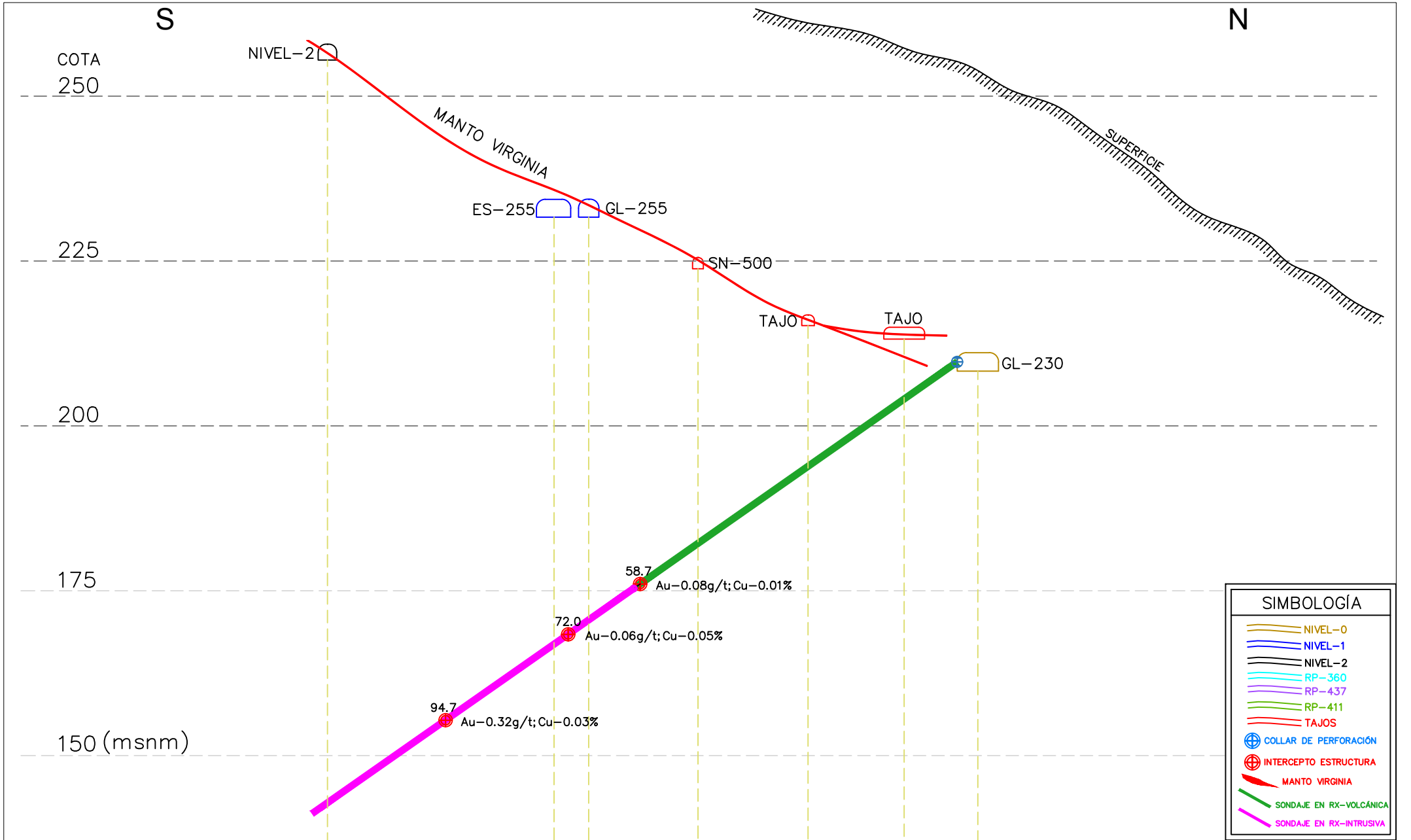
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica
 MODELO GEOLÓGICO DE MINA PHOENIX 5 UTILIZANDO PERFORACIÓN
 DIAMANTINA, HUARMEY - PERÚ
 Plano : GEOLÓGICO LOCAL

Tesista : Bach. Joselito Santos Acuña Gallardo Escala: 1:1,750 Formato: A3
 Asesor : M.Cs. Ing. Victor A. Arapa Vilca Sistema: WGS-84 Zona: 17S

P-05

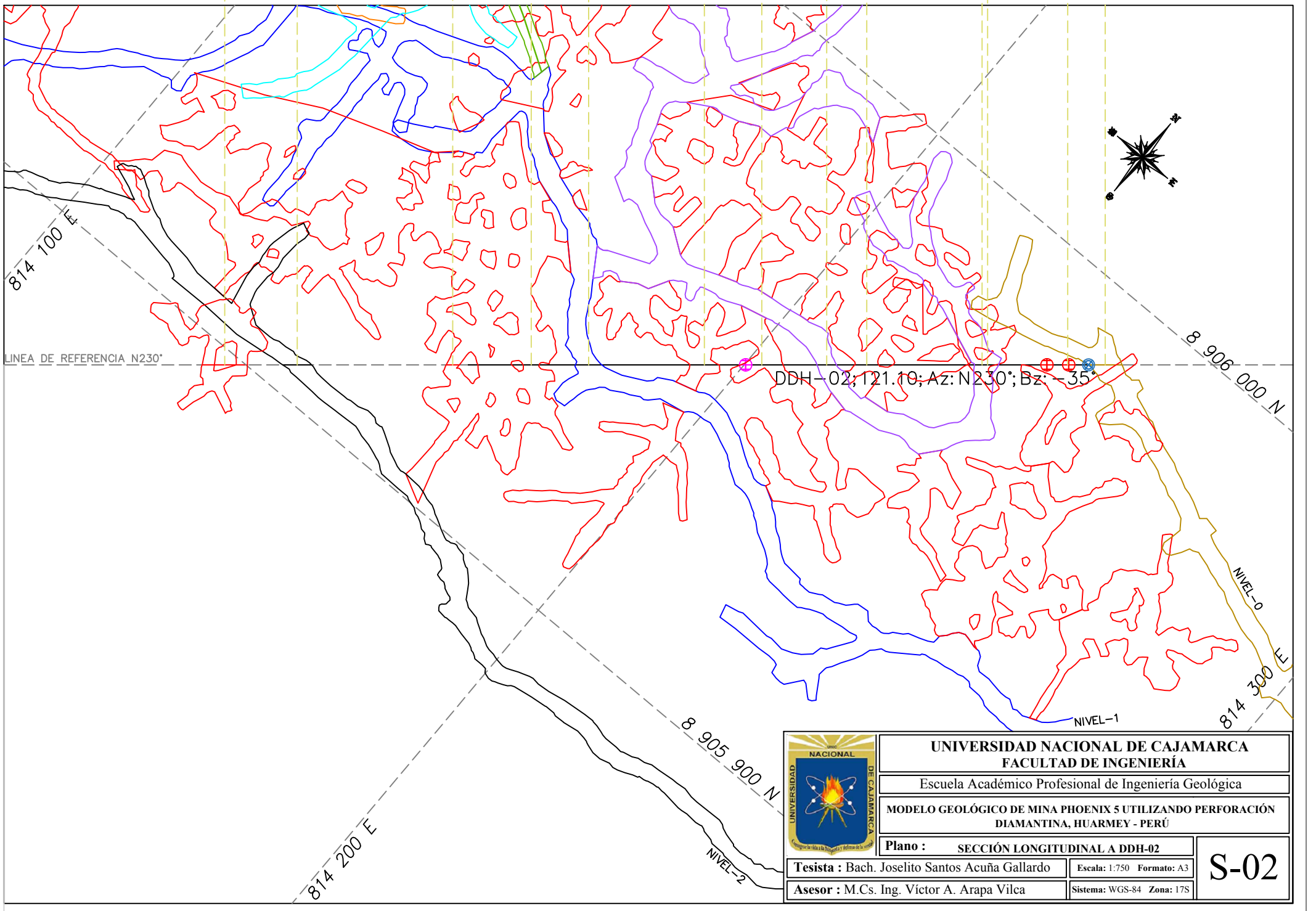




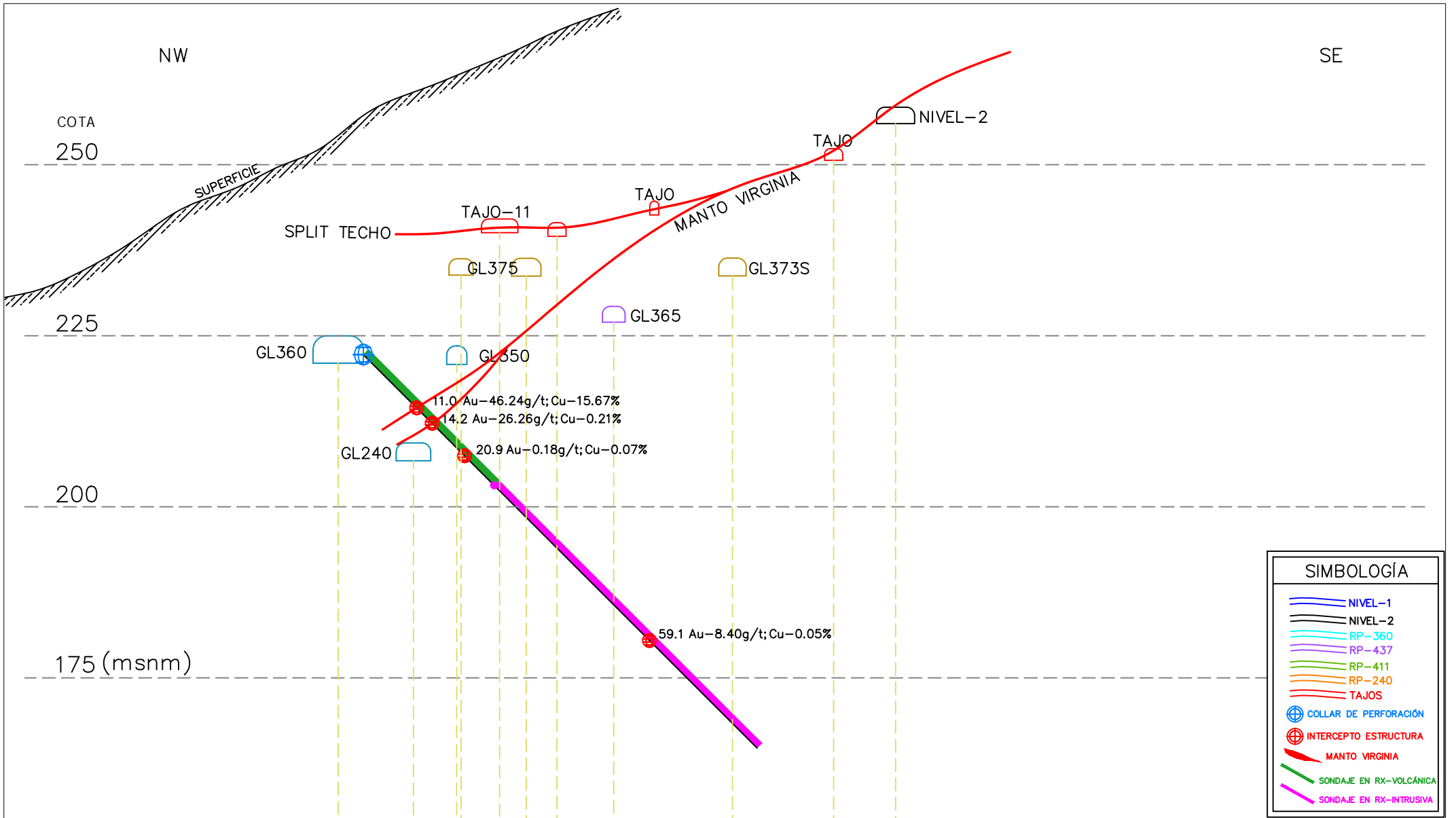


SW

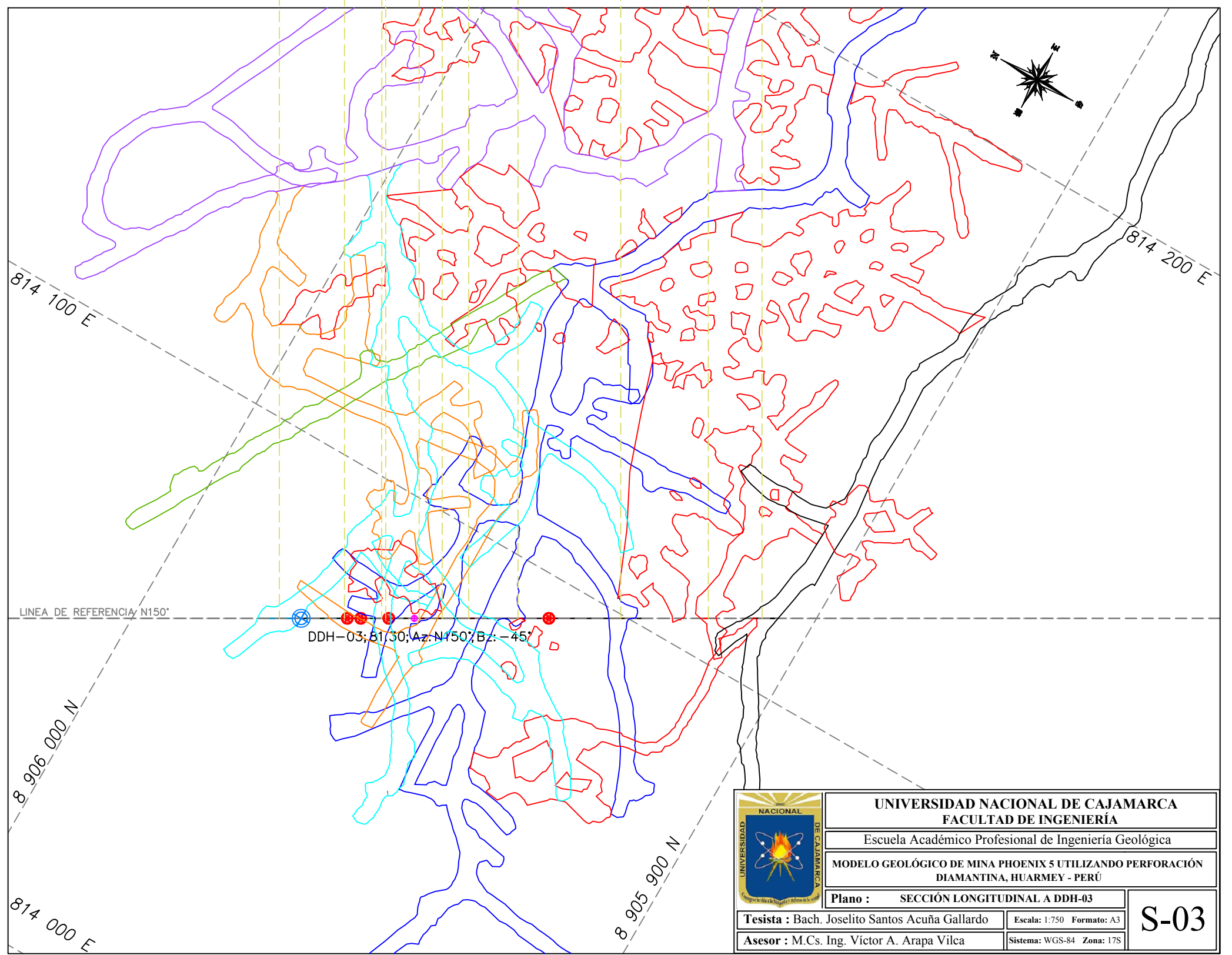
NE



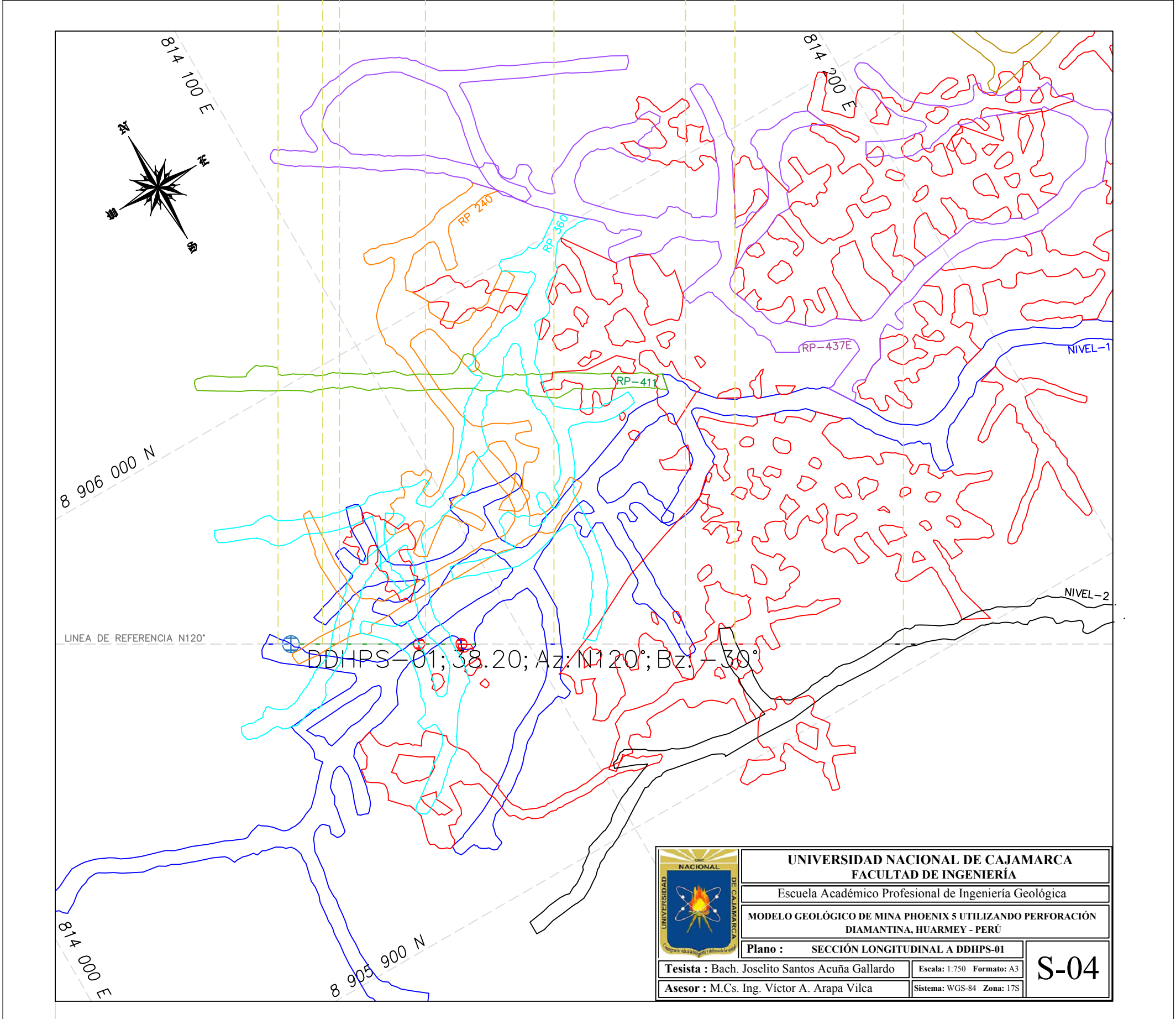
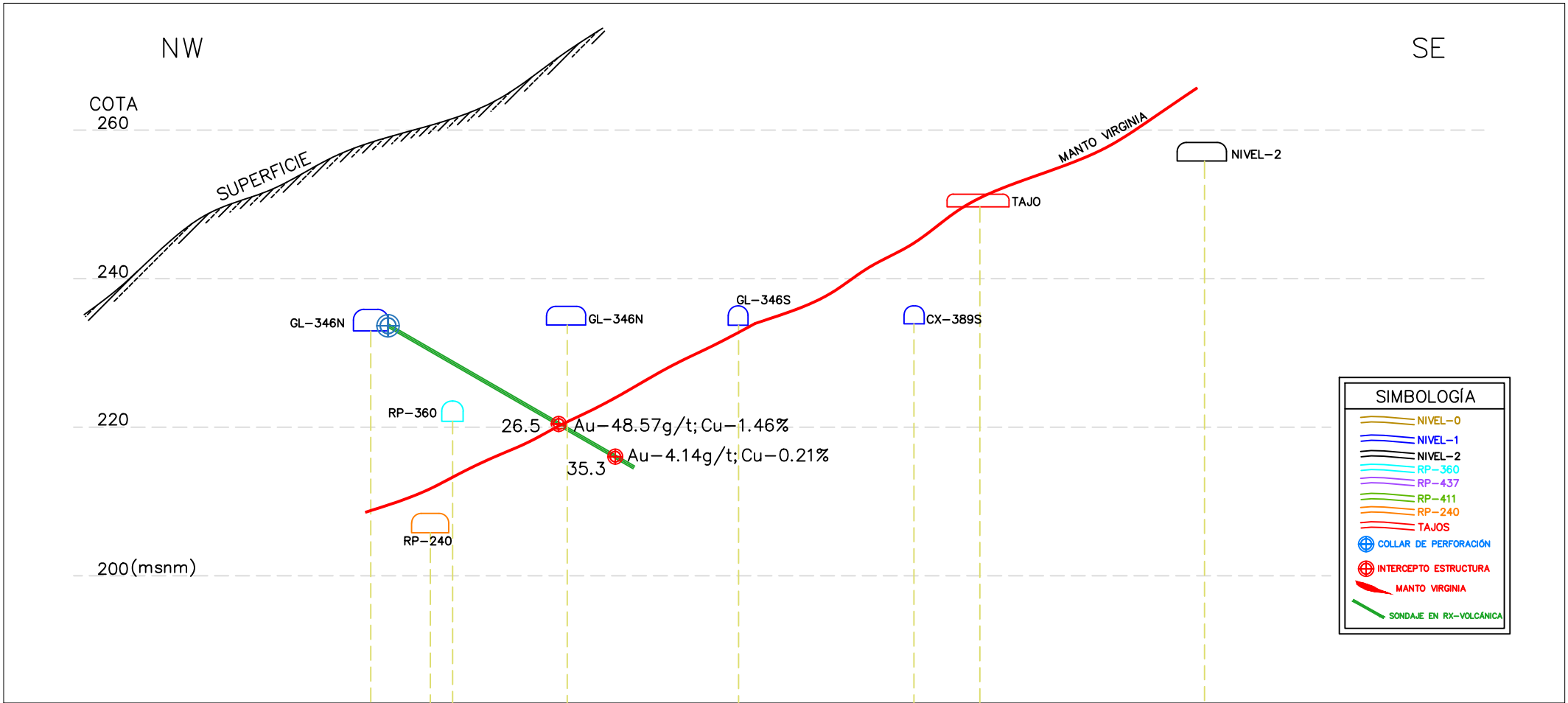
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA	
	Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica	
MODELO GEOLÓGICO DE MINA PHOENIX 5 UTILIZANDO PERFORACIÓN DIAMANTINA, HUARMEY - PERÚ		
Plano : SECCIÓN LONGITUDINAL A DDH-02		
Tesista : Bach. Joselito Santos Acuña Gallardo	Escala: 1:750 Formato: A3	S-02
Asesor : M.Cs. Ing. Víctor A. Arapa Vilca	Sistema: WGS-84 Zona: 17S	

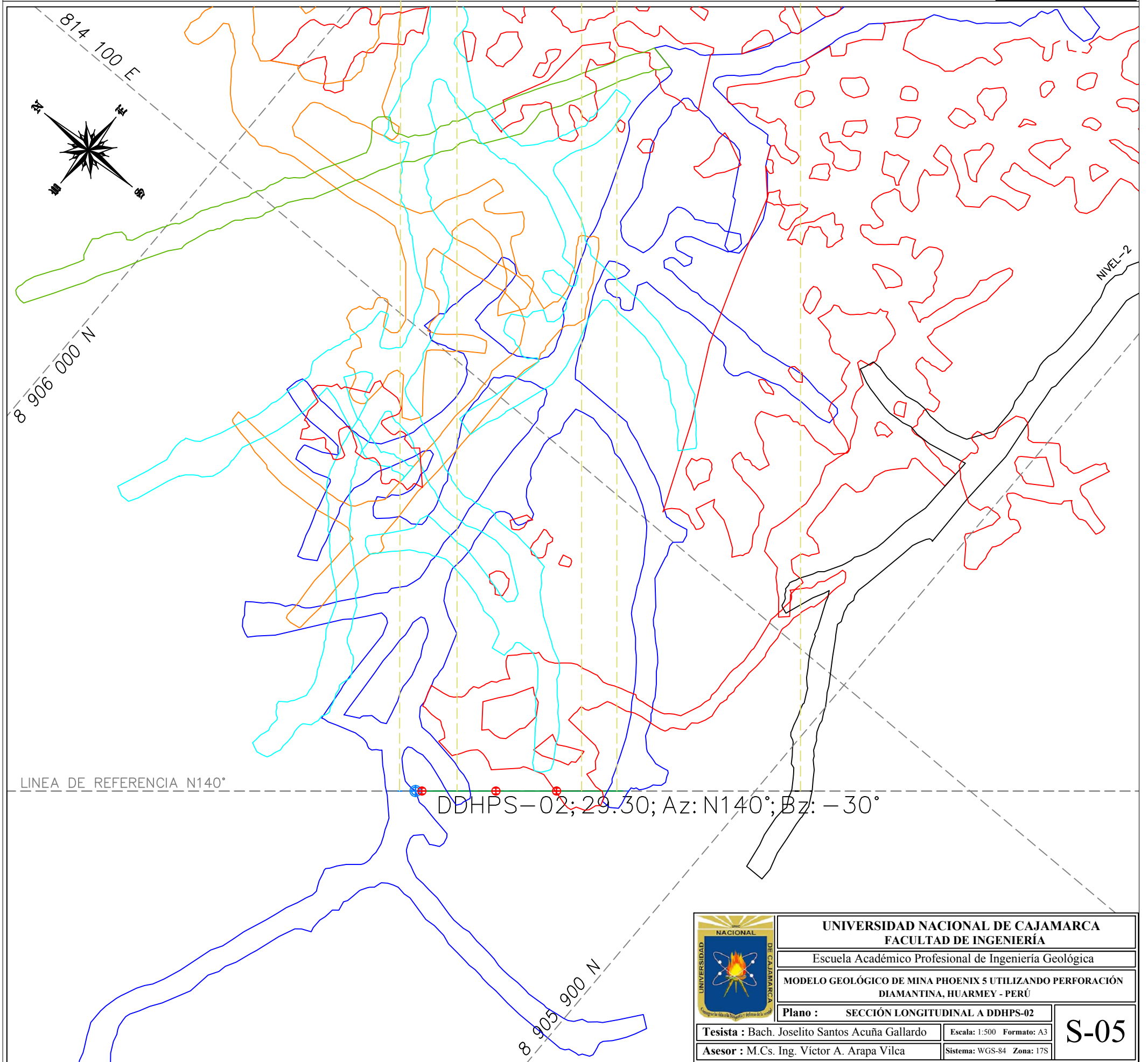
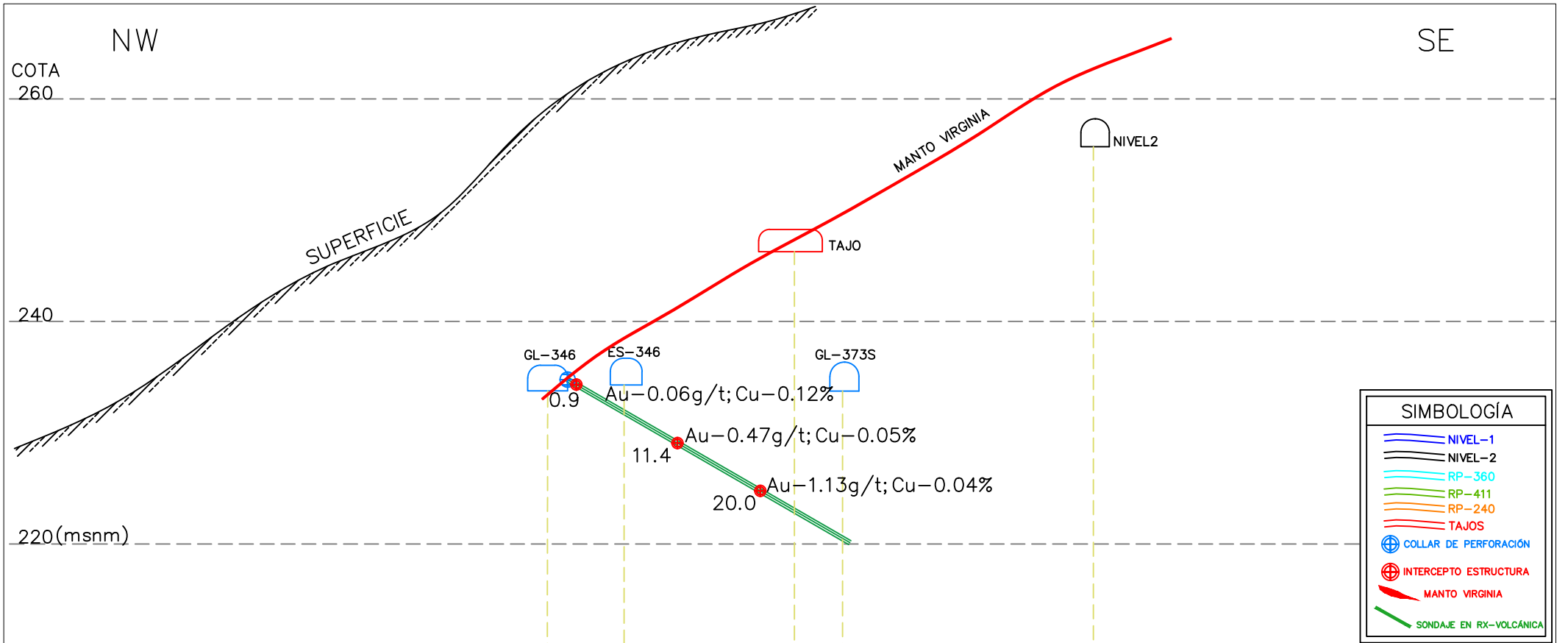


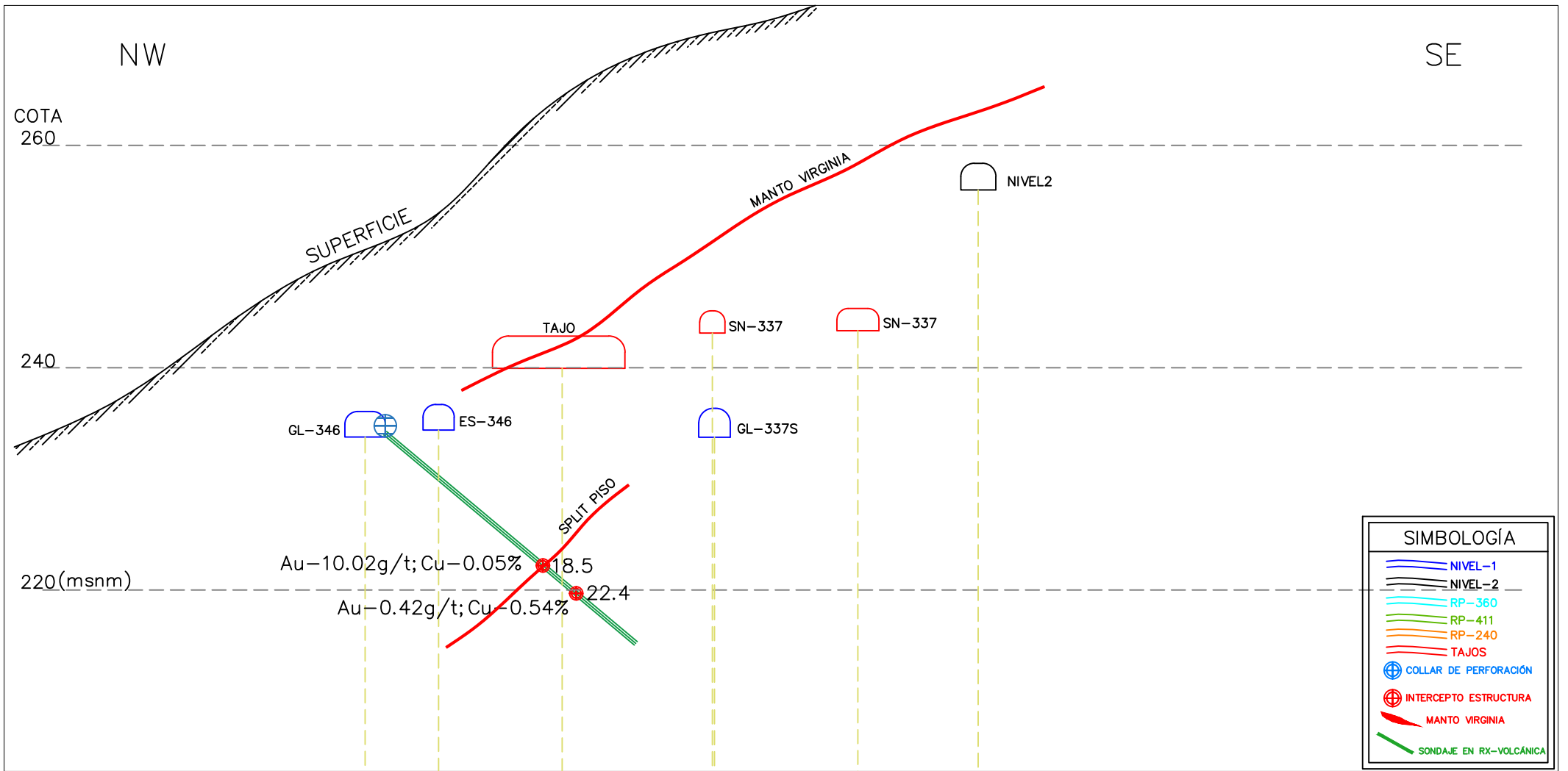
SIMBOLOGÍA	
	NIVEL-1
	NIVEL-2
	RP-360
	RP-437
	RP-411
	RP-240
	TAJOS
	COLLAR DE PERFORACIÓN
	INTERCEPTO ESTRUCTURA
	MANTO VIRGINIA
	SONDAJE EN RX-VOLCÁNICA
	SONDAJE EN RX-INTRUSIVA



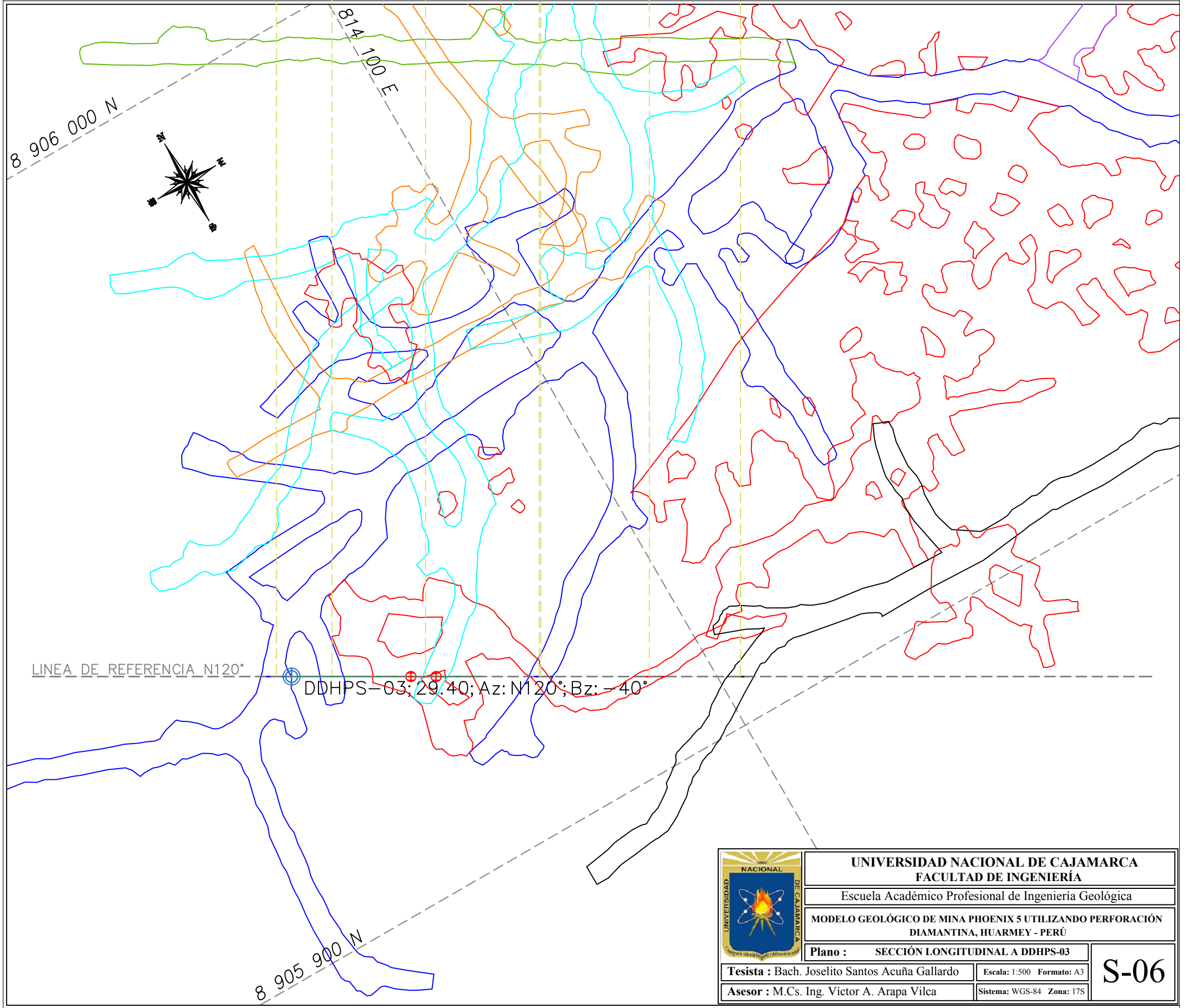
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA	
	Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica	
MODELO GEOLÓGICO DE MINA PHOENIX 5 UTILIZANDO PERFORACIÓN DIAMANTINA, HUARMEY - PERÚ		
Plano : SECCIÓN LONGITUDINAL A DDH-03		
Tesista : Bach. Joselito Santos Acuña Gallardo	Escala: 1:750 Formato: A3	S-03
Asesor : M.Cs. Ing. Víctor A. Arapa Vilca	Sistema: WGS-84 Zona: 17S	



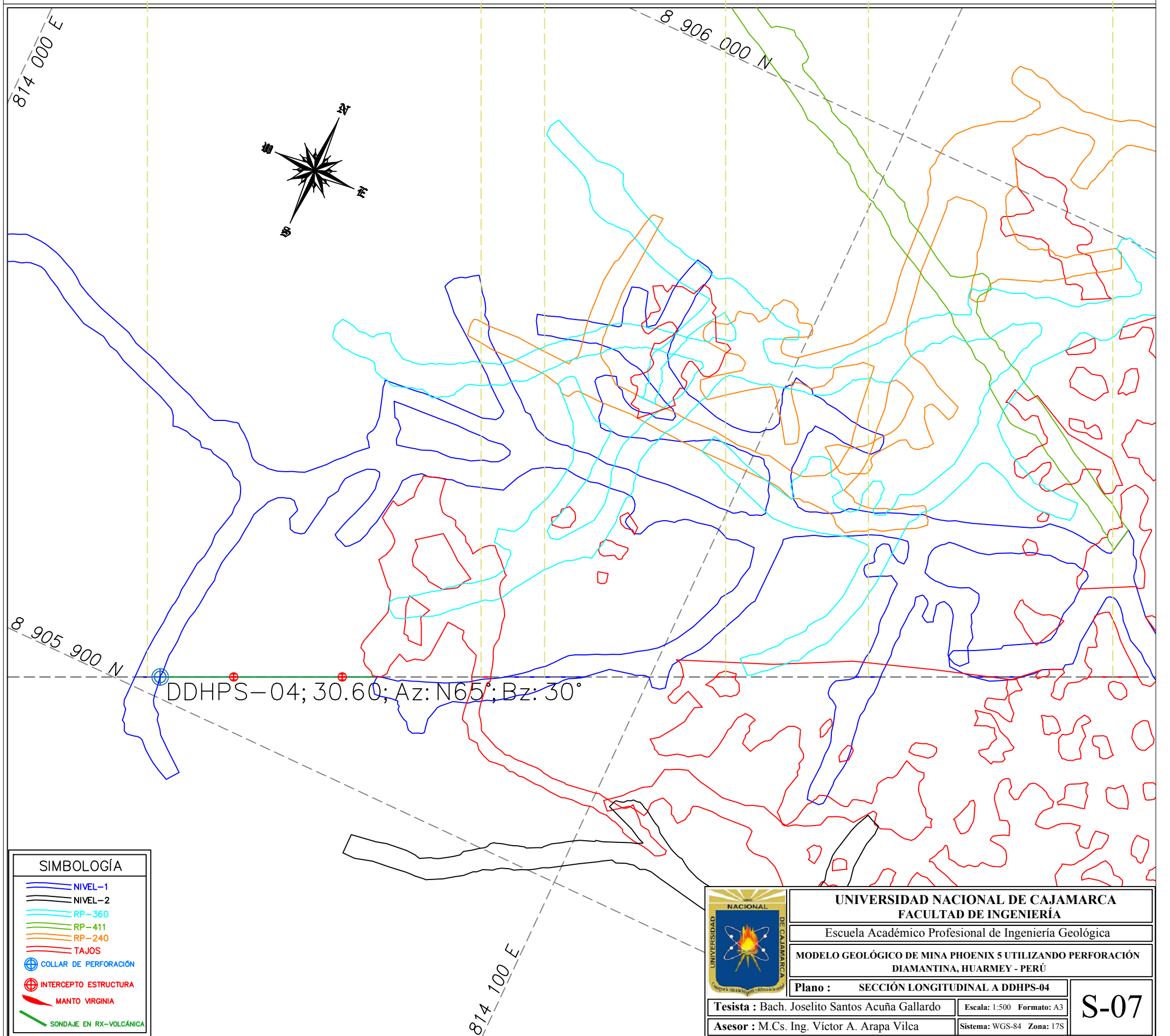
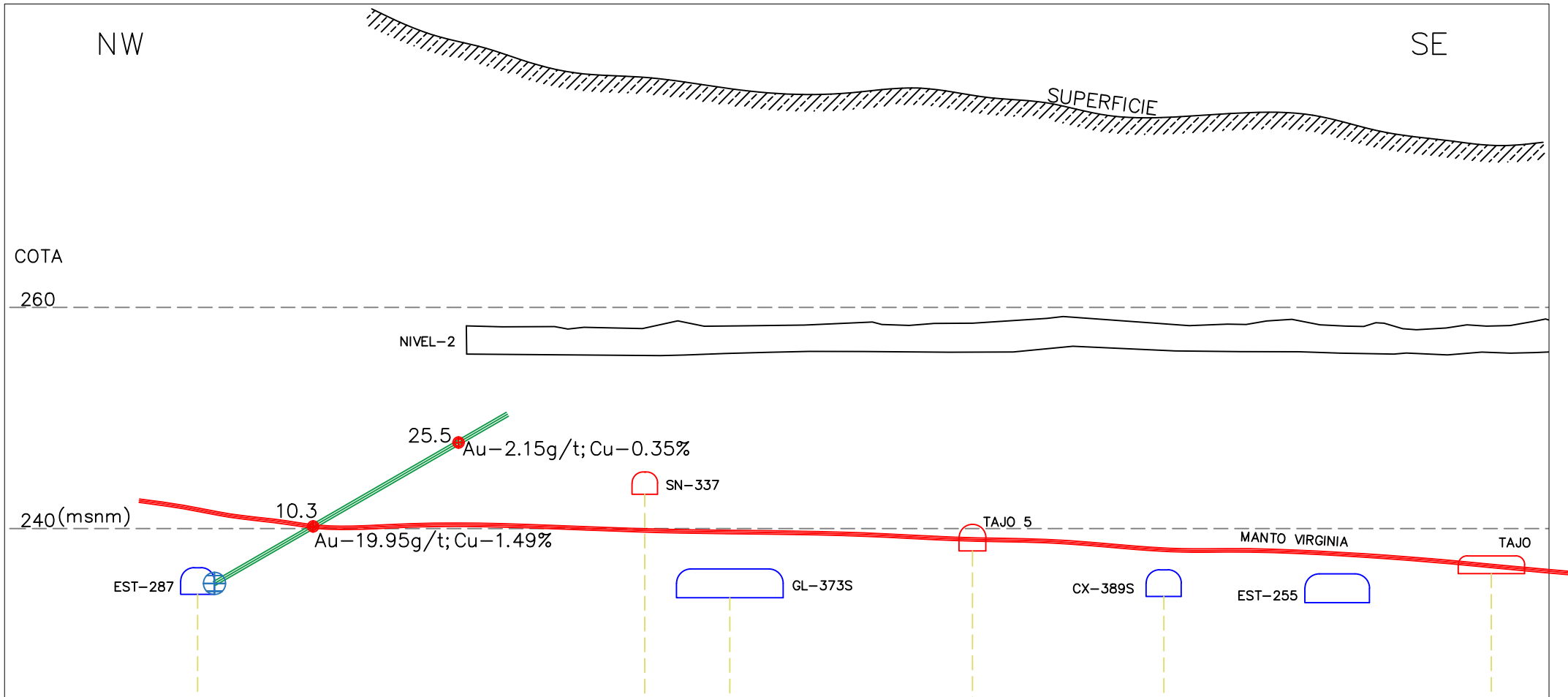




SIMBOLOGÍA	
	NIVEL-1
	NIVEL-2
	RP-360
	RP-411
	RP-240
	TAJOS
	COLLAR DE PERFORACIÓN
	INTERCEPTO ESTRUCTURA
	MANTO VIRGINIA
	SONDAJE EN RX-VOLCÁNICA



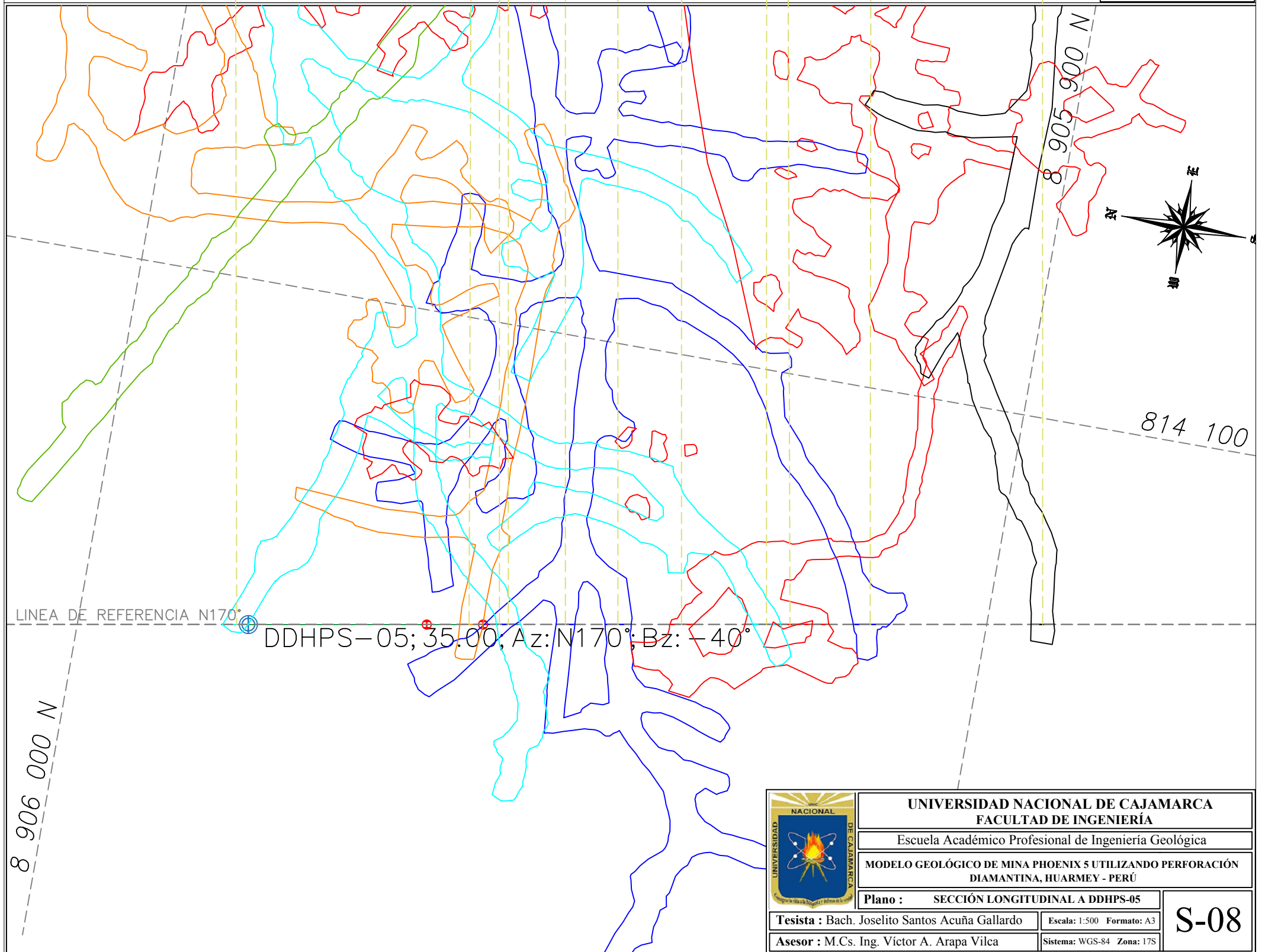
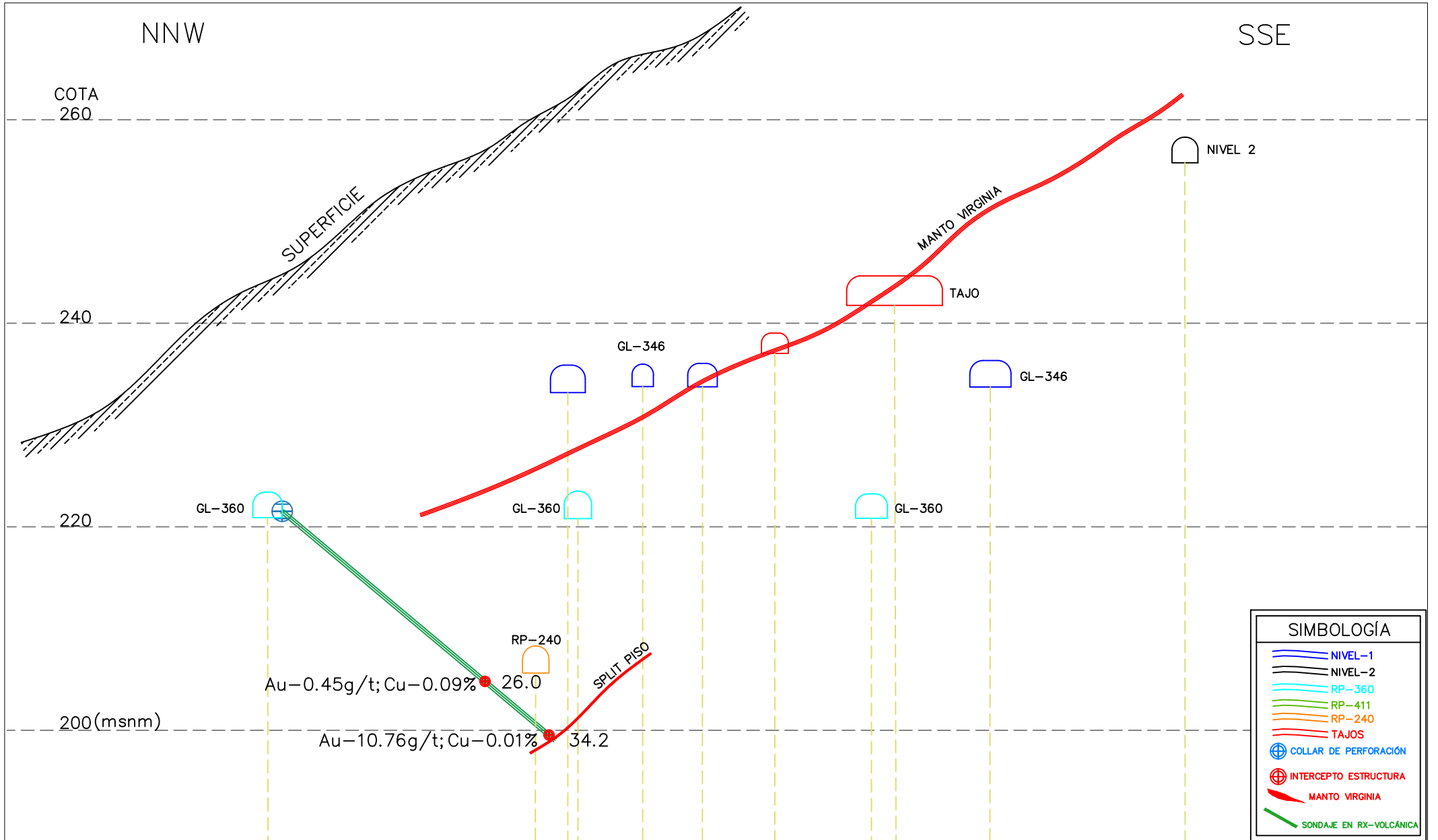
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	
	FACULTAD DE INGENIERÍA	
	Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica	
	MODELO GEOLÓGICO DE MINA PHOENIX 5 UTILIZANDO PERFORACIÓN DIAMANTINA, HUARMEY - PERÚ	
Plano : SECCIÓN LONGITUDINAL A DDHPS-03		S-06
Tesista : Bach. Joselito Santos Acuña Gallardo	Escala: 1:500 Formato: A3	
Asesor : M.Cs. Ing. Víctor A. Arapa Vilca	Sistema: WGS-84 Zona: 17S	



SIMBOLOGÍA	
	NIVEL-1
	NIVEL-2
	RP-360
	RP-411
	RP-240
	TAJOS
	COLLAR DE PERFORACIÓN
	INTERCEPTO ESTRUCTURA
	MANTO VIRGINIA
	SONDAJE EN RX-VOLCÁNICA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA	
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica	
MODELO GEOLÓGICO DE MINA PHOENIX 5 UTILIZANDO PERFORACIÓN DIAMANTINA, HUARMEY - PERÚ	
Plano : SECCIÓN LONGITUDINAL A DDHPS-04	
Tesista : Bach. Joselito Santos Acuña Gallardo	Escala: 1:500 Formato: A3
Asesor : M.Cs. Ing. Víctor A. Arapa Vilca	Sistema: WGS-84 Zona: 17S
S-07	



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	
	FACULTAD DE INGENIERÍA	
	Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica	
	MODELO GEOLÓGICO DE MINA PHOENIX 5 UTILIZANDO PERFORACIÓN DIAMANTINA, HUARMEY - PERÚ	
Plano : SECCIÓN LONGITUDINAL A DDHPS-05		S-08
Tesista : Bach. Joselito Santos Acuña Gallardo	Escala: 1:500 Formato: A3	
Asesor : M.Cs. Ing. Víctor A. Arapa Vilca	Sistema: WGS-84 Zona: 17S	

