



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y

METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



**ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE CLAVOS MINERALIZADOS
PARA EL ÓPTIMO DESARROLLO DE LA VETA VIENTO,
UNIDAD MINERA SEÑOR DE LOS ANDES - RIO GRANDE -**

CONDESUYOS - AREQUIPA.

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. EDGARDO RAUL ROQUE CHOQUE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

PUNO – PERÚ

2024



NOMBRE DEL TRABAJO

**ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE CLAVOS MI
NERALIZADOS PARA EL ÓPTIMO DESA
RROLLO DE LA VETA VIENTO, UNIDAD
M**

AUTOR

EDGARDO RAÚL ROQUE CHOQUE

V°B°

Firmado digitalmente por VELEZ
VILCA Agustin Victor FAU
20145496170 soft
Motivo: Doy V° B°
Fecha: 09.05.2024 16:13:59 -06:00

RECUENTO DE PALABRAS

35319 Words

RECUENTO DE CARACTERES

186683 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

203 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

14.4MB

FECHA DE ENTREGA

May 9, 2024 4:01 PM CST

FECHA DEL INFORME

May 9, 2024 4:05 PM CST

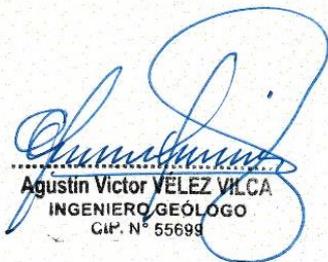
● **10% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)


Agustin Victor VELEZ VILCA
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. N° 55699


M.Sc. Newton Machaca Custilayme
CIP 38409
CONSULTOR



DEDICATORIA

*A mi padre Jose Roque y mi madre Epifania Choque
por inculcarme valores que me han guiado en la vida
y darme la oportunidad de encaminar mi vida en la
profesión de la geología.*

Edgardo. Raul Roque Choque



AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento a la Universidad Nacional del Altiplano por mi formación académica y consejos de los catedráticos de la Facultad de Ingeniería Geológica y Metalúrgica me han permitido alcanzar mi desarrollo profesional.

Mi eterno agradecimiento a mis padres Epifania Choque y Jose Roque por todo su esfuerzo y apoyo incondicional, mis hermanas Flor, Madianne, Milagros y hermanos Danny y Max por sus sugerencias durante mi formación académica y ser mi fuente de superación en este logro académico, y en especial a Emily R. por su compañía en todo momento.

A la memoria de mi primo Dr. CPC. Omar Jesús. Quispe Choque quien abrió mi camino profesional hacia la geología y exploración minera.

Mi especial gratitud al M.Sc. Agustín Víctor Vélez Vilca que por su asesoramiento he llegado a culminar este proyecto de investigación.

A mis jurados M.Sc. Newton Machaca Cusilayme, M.Sc. Georges Llerena Peredo y la M.Sc. Ruth Quispe Sandoval por sus sugerencias y observaciones para encaminar esta investigación.

También mi agradecimiento al Ingeniero Nelson Torres gerente de la empresa GEOTOZAM SAC que por intermedio de la consultora MARDEN PERU SA. Me dio la oportunidad de reflejar mis conocimientos en la Unidad Minera Señor de los Andes y brindarme las facilidades necesarias para mi desarrollo profesional junto al experto en operación minera Raúl Ayllón.

Al Ingeniero Ronal Cuadros por sus grandes iniciativas en el campo de la minería; del mismo modo al Ingeniero de minas Robert Meza por su apoyo y sugerencias durante los trabajos de campo.

A mis amigos, compañeros de la universidad y del trabajo por su cooperación.

Edgardo Raul Roque Choque



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	20
ABSTRACT.....	21

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	22
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	23
1.2.1. Problema general.....	23
1.2.2. Problemas específicos	23
1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	23
1.3.1. Hipótesis general	23
1.3.2. Hipótesis específicas	23
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	24
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
1.5.1. Objetivo general	24
1.5.2. Objetivos específicos	24

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA



2.1.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
2.2.	CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL.....	29
2.2.1.	Pre – Cámbrico.....	31
2.2.2.	Mesozoico	32
2.2.3.	Cenozoico.....	38
2.3.	EVENTOS TECTONICOS.....	44
2.3.1.	Ambiente de esfuerzo y deformación en márgenes convergentes	47
2.4.	CONTEXTO ESTRUCTURAL REGIONAL.....	48
2.5.	MODELOS DINÁMICOS DE FRACTURACIÓN ESTRUCTURAL.....	53
2.5.1.	Modelo de fracturación de Ramsay.....	53
2.5.2.	Modelo de fracturación de Riedel	58
2.5.3.	Modelo de fracturación de Anderson.....	60
2.6.	FORMACION DE SISTEMAS PREEXISTENTES O DURANTE LA MINERALIZACION.....	64
2.6.1.	Arreglo geométrico y fenomenos de curvatura relacionados a las zonas de falla.....	64
2.6.2.	Zonas de daño por falla en interiores y las zonas de daño exteriores	67
2.7.	DATUM ESTRUCTURAL	72
2.7.1.	Azimut (strike)	73
2.7.2.	Buzamiento (Dip).....	73
2.7.3.	Trend o Tendencia de la estría	74
2.7.4.	Plunge o Inmersión	75
2.7.5.	Rake (Pich).....	75
2.7.6.	Indicadores cinemáticos de fallas geológicas	76
2.7.7.	Criterios de fractura.....	78



2.8.	CONTEXTO METALOGENÉTICO	84
2.9.	TIPO DE YACIMIENTO	88
2.9.1.	Características microscópicas de la ocurrencia del oro.....	88
2.9.2.	Labores en minería subterránea	89
2.10.	ALTERACIONES HIDROTERMALES.....	91
2.11.	KRIGEADO	92

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	RECURSOS NECESARIOS.....	94
3.1.1.	Recursos humanos.....	94
3.1.2.	Recursos materiales.....	94
3.2.	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.....	96
3.2.1.	Tipo de investigación	96
3.2.2.	Nivel de investigación.....	96
3.2.3.	Diseño de la investigación	97
3.2.4.	Enfoque de la investigación	97
3.3.	POBLACIÓN	98
3.4.	MUESTRA.....	98
3.5.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	98
3.5.1.	Variable Independiente	98
3.5.2.	Variable Dependiente.....	98
3.6.	ETAPAS DEL TRABAJO	98
3.6.1.	Etapa 1: Recolección de información bibliográfica	98
3.6.2.	Etapa 2: Trabajo de campo.....	99
3.6.3.	Etapa 3: Trabajo de gabinete.....	99



3.7.	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	99
3.8.	METODOLOGIA	100
3.8.1.	Determinación del modelo estructural	100
3.8.2.	Identificación de los controles de mineralización.....	106
3.8.3.	Determinación del plunge de mineralización.....	108

CAPÍTULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1.	GENERALIDADES.....	114
4.1.1.	Ubicación	114
4.1.2.	Accesibilidad.....	114
4.2.	GEOMORFOLOGIA	115
4.2.1.	Valle	115
4.2.2.	Escarpa Costanera	116
4.2.3.	Meseta Costanera	116
4.2.4.	Cono Aluvial	117
4.2.5.	Drenaje	118
4.2.6.	Clima	118
4.3.	GEOLOGÍA LOCAL	119
4.3.1.	Complejo basal PE-gn.....	119
4.3.2.	Batolito de la costa	120
4.3.3.	Rocas intrusivas e hipabisales	121
4.3.4.	Rocas sedimentarias	122
4.3.5.	Depósitos recientes.....	122

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES



5.1. DETERMINACION DEL MODELO ESTRUCTURAL DE LA VETA VIENTO.....	124
5.1.1. Sistema de fallas pre-mineral	124
5.1.2. Sistema de fallas post-mineral	135
5.2. IDENTIFICACION DE LOS CONTROLES GEOLOGICOS DE MINERALIZACION DE LA VETA VIENTO.....	143
5.2.1. Control estructural.....	143
5.2.2. Control litológico	146
5.2.3. Control mineralógico	150
5.3. DETERMINACION DEL PLUNGE DE MINERALIZACION.....	159
5.3.1. Análisis exploratorio de los datos	159
5.3.2. Plunge de mineralización	164
5.3.3. Contrastación de hipótesis.....	169
5.3.4. Discusión de resultados	169
VI. CONCLUSIONES.....	171
VII. RECOMENDACIONES	173
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	174
ANEXOS.....	187

ÁREA: Geología de Minas

TEMA: Análisis estructural de clavos mineralizados.

LÍNEA DE INVESTIGACION: Geología

FECHA DE SUSTENTACIÓN:14 de mayo del 2024



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Columna litoestratigráfica regional propuesta para el área de estudio de la Veta Viento	30
Figura 2. Vista SE-NW lito estratigrafía superficial sobre el área de estudio.....	31
Figura 3. Formación Sotillo (P-so), Complejo Basal (PE-gn), super unidad Incahuasi (Ks-in/di), ubicada al SW de la U.M.	39
Figura 4. Volcánico Sencca, Biotita (Bt), Piroxeno(px).	42
Figura 5. Discordancia erosional entre las rocas del intrusivo hipabisal Super Unidad Incahuasi/diorita (Ks-in/di) y el Volcánico Sencca (Np-se).....	42
Figura 6. Depósitos recientes	43
Figura 7. Esquema de los distintos esfuerzos y deformación posible en un ambiente de arco magmático cordillerano.....	47
Figura 8. Dorsal de Nazca	48
Figura 9. Elementos tectónicos del paleozoico temprano del Perú, bloques Paracas y Arequipa y su relación con el sistema de fallas E-W.....	49
Figura 10. Sistema de fallas Iquipi (SFI) y basamento en la parte media de los Andes Centrales.	50
Figura 11. Sistema de Fallas Iquipi-Clavelinas (SFIC).....	52
Figura 12. Deformación en profundidad bajo un régimen frágil.	53
Figura 13. Modelo de fracturación de cizalla.....	54
Figura 14. Microestructuras formadas en la zona de cizalla	54
Figura 15. Deformación por una cizalla pura y cizalla simple.....	55
Figura 16. Elipse de deformación de cizalla simple en un régimen frágil.	56
Figura 17. Evolución de las microestructuras bajo un régimen dúctil.	56



Figura 18. Características y orientación de grietas de tensión en una zona de falla normal e inversa.	57
Figura 19. Sistema de fracturas Riedel.....	58
Figura 20. Tipos de micro estructuras tectónicas secundarias.	59
Figura 21. Modelo de fracturación de Anderson (1951).	60
Figura 22. Fallas conjugadas en el modelo de Anderson.	62
Figura 23. Arreglo geométrico de fallas conjugadas para un esfuerzo principal vertical.	62
Figura 24. Se muestra en diedros las áreas de tensión(T) y compresión(P).....	63
Figura 25. Ilustración esquemática del rango de fallas y otras redes de fracturas, como fracturas individuales, interacción entre pares de fracturas y redes de fracturas.....	64
Figura 26. Saltos, inflexiones, abanicos imbricados y duplexes en sistemas transcurrentes.	65
Figura 27. Zonas favorables y no favorables para la mineralización en un sistema de falla.	66
Figura 28. Zona de extensión y compresión a lo largo del sistema de fallas.	67
Figura 29. Modelo conceptual de evolución de la zona de daño con crecimiento de fallas.	69
Figura 30. Zona de daño alrededores para una falla de deslizamiento dextral.	69
Figura 31. Diferentes tipos de daño en las zonas de intersección y aproximación de fallas geológicas.	70
Figura 32. Variación en la potencia de una veta además de cambios en su orientación para una falla de tipo dextral. La masa Discovery estaría relacionada a una estructura de tipo dúplex extensional.....	71



Figura 33. Preferencia de permeabilidad desarrollada a lo largo del sigma dos.	72
Figura 34. Posición de la brújula respecto a los datos estructurales con brújula Brunton, Azimut(strike) y Buzamiento (Dip).	73
Figura 35. Rumbo del plano S, buzamiento real δ (delta), buzamiento aparente α (alfa) y dirección del estructural β (beta).	74
Figura 36. Posición de la brújula para los datos estructurales, Trend, Plunge y el Rake (Pich).	75
Figura 37. El Rake muestra el ángulo de desplazamiento positivo o negativo en el plano de falla.	76
Figura 38. a) datos microestructurales en el plano de falla b) proyeccion estereografica de la falla y el dato microestructural.	77
Figura 39. Formación de lineaciones en los planos de corte y falla.	78
Figura 40. Criterios de fractura de segundo orden desarrollados en el plano de falla relacionado con el sentido de fracturas de tipo Riedel sinestral.	79
Figura 41. Criterios de fractura de segundo orden en vista isometrica desarrollados en el plano de falla con relacion al sentido de fracturas de tipo Riedel sinestral. ...	79
Figura 42. Criterios de fractura desarrollados en el plano de falla relacionado con el sentido de fracturas de tipo Riedel dextral.	80
Figura 43. Microestructuras (tectoglifos) indicadores de la cinemática.	81
Figura 44. Clasificación de indicadores cinemáticos (Slickenside).	82
Figura 45. Franjas metalogenéticas en el sur del Perú.	85
Figura 46. Relación espacio tiempo para la mineralización hipógena entre las latitudes 14°S- 16°S.	86
Figura 47. Seccion estructural de franjas metalogeneticas en el sur del Peru. E-W	87



Figura 48. Imágenes SEM (Scanning Electron Microscope)	89
Figura 49. Alteraciones en función de la temperatura.....	92
Figura 50. Conversión rumbo-azimut en los respectivos cuadrantes.....	101
Figura 51. Toma del datum estructural en el plano de falla mediante el método RHR.	102
Figura 52. Análisis, toma de medidas de Rake y del movimiento en el plano de falla.....	102
Figura 53. Proceso del ploteo del plano de falla en la red estereográfica de Schmidt.	104
Figura 54. Proceso del ploteo de la línea Rake (pich) en la red estereográfica de Schmidt	105
Figura 55. El eje nulo (n-axis).....	106
Figura 56. Muestreo en canales sistemáticos.	109
Figura 57. Ubicación de los canales de muestreo en mapas base de mina. NV-30 sector clavo rojo.	110
Figura 58. Ubicación de los canales de muestreo en mapas base de mina. NV-30 sector sigmoidal.....	111
Figura 59. Ubicación de los canales de muestreo en mapas base de mina. NV-30 sector clavo gris.....	112
Figura 60. Valle E-W (Rio Chorunga) y Valle NNE-SSW (Rio Ocoña).....	115
Figura 61. Escarpa, unidad geomorfológica frente a la U.M.	116
Figura 62. Meseta costanera característico de la zona, se presenta dos altitudes.....	117
Figura 63. Vista E-W se evidencia un cono aluvial ubicada al Sur del área estudiada.	117



Figura 64. Drenaje principal Rio Ocoña, Drenaje secundario Rio Chorunga.....	118
Figura 65. Complejo basal de bajo grado de metamorfismo en la zona próxima al clavo gris, intersectado por venillas de naturaleza máfica.	120
Figura 66. Xenolito dentro de la roca diorita de la super unidad Incahuasi.....	121
Figura 67. Super Unidad Linga con intrusiones de Diques andesíticos.....	122
Figura 68. Lito-estratigrafía local.....	123
Figura 69. Modelo hipotetico de la formacion del dique andesitico por un esfuerzo vertical endogeno.	124
Figura 70. Estructura principal mineralizada falla que contiene a la veta Viento.....	125
Figura 71. Diagrama del datum estructural, dirección de esfuerzos principales que dieron origen a la estructura falla principal que contiene a la veta viento.	127
Figura 72. Modelo de formacion de la estructura falla principal pre-mineral, sistema 260.5.....	128
Figura 73. Modelo: Desarrollo de fallas planares conjugadas.	129
Figura 74. Diagrama del datum estructural, esfuerzos principales que formaron la falla que controlan el límite de máxima mineralización para el clavo rojo y clavo gris.....	130
Figura 75. Modelo de formacion de las fallas sinestrales sistema 120.5 por procesos de fracturamiento explicados con la teoria de Anderson.....	131
Figura 76. Sistema de estructuras conductoras de la mineralización.	132
Figura 77. Diagrama del datum estructural, esfuerzos principales que formaron las fallas conductoras y contemporáneas a la mineralización.	133
Figura 78. Modelo del Sistema 104.4 - conductoras de la mineralización (linking damage) que favorecieron la conduccion del fluido mineralizante.	134
Figura 79. Falla mayor post mineral que desplaza la veta.	135



Figura 80. Diagrama del datum estructural del sistema 101 de mayor desplazamiento de la veta Viento.	136
Figura 81. Fallas menores post mineral que desplazan la veta.	137
Figura 82. Diagrama del datum estructural del sistema de fallas menores postmineral.	139
Figura 83. Modelo de formacion del Sistema 101 San Andrés de mayor dimension y Sistema 297.6 menores en la zona de daño extensional.	140
Figura 84. Secuencia de formación estructural y dirección de esfuerzos formadores de estructuras en cuatro fases.	141
Figura 85. Control estructural de la veta viento.	143
Figura 86. Control litológico de la veta Viento.	146
Figura 87. Diagrama QAPF-Diorita.....	147
Figura 88. Diagrama QAPF-Tonalita.....	148
Figura 89. Diagrama QAPF-Andesita.....	149
Figura 90. Minerales paragenéticos de la Veta Viento.	152
Figura 91. Secuencia paragenética propuesta para la veta viento.	153
Figura 92. Alteraciones hidrotermales endógenas de la veta Viento.	155
Figura 93. Alteración supérgena para la veta Viento.	156
Figura 94. Alteraciones por procesos endógenos y supérgenos observables de la Veta Viento.....	157
Figura 95. Características del clavo mineralizado rojo.	158
Figura 96. Características del clavo mineralizado gris.....	159
Figura 97. Análisis exploratorio de leyes, niveles NV-0, NV-30, NV-60 y NV-120.	160
Figura 98. Trama de colores para los intervalos en oz/TC Au.....	162
Figura 99. Mapa de isovalores NV-0	163



Figura 100. Mapa de isovalores NV-3	163
Figura 101. Mapa de isovalores NV-60	163
Figura 102. Mapa de isovalores NV-120	163
Figura 103. Análisis de tendencia general del resultado de 379 muestras en oz/TC Au... ..	164
Figura 104. Histograma general del resultado de 379 muestras en oz/TC Au correspondiente a los cuatro niveles.	165
Figura 105. Ubicación de muestras por niveles de la veta Viento.	166
Figura 106. Mapa de isovalores oz/TC Au mediante la interpolación con la herramienta semivariograma.	167
Figura 107. Mapa de isovalores Au y plunge de mineralización mediante la interpolación con la herramienta covarianza.	168



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Acceso a la U.M. Señor de Los Andes.	114
Tabla 2. Datos estructurales y dirección de esfuerzos para el sistema 260.5 mineralización.....	128
Tabla 3. Datos estructurales y dirección de esfuerzos para el sistema 120.5 sinestral.	131
Tabla 4. Datos estructurales y dirección de esfuerzos para el sistema 104.4 linking damage	134
Tabla 5. Datos estructurales y dirección de esfuerzos para el sistema 101 San Andrés	140
Tabla 6. Datos estructurales y dirección de esfuerzos para el sistema 297.6 fallas menores	141



ACRÓNIMOS

UTM	: Universal Transversal de Mercator
DATUM	: Referencias de coordenadas geográficas
WGS 84	: Sistema Geodésico Mundial (1984).
GPS	: Sistema de Posicionamiento Global
et. al.	: y otros
INGEMMET	: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Ox.	: óxido
Az.	: Azimut
Bz.	: Buzamiento
Rake	: Pich o Cabeceo y Orientación de estrías
NxDx	: Normal Dextral
NxSx	: Normal Sinestral
IxDx	: Inversa Dextral
IxSx	: Inversa Sinestral
R	: Riedel Sintética
R'	: Anti Riedel Antitética
g	: Gramos



- TM** : Tonelada métrica
- TC** : Tonelada corta (907.1853Kg)
- Oz** : Onza Troy (31.10gr)
- m** : Metro
- cm** : centímetro
- mm** : Milímetro
- m.s.n.m.** : Metros sobre nivel del mar
- Km** : kilómetro
- °C** : Centígrado
- ArcGIS** : Software de Sistemas de Información Geográfica



RESUMEN

El proyecto de investigación se ubica en el distrito de Rio Grande, provincia de Condesuyos, región de Arequipa, donde no cuenta con un estudio detallado de los controles de mineralización. El objetivo general de la tesis es analizar las estructuras de los clavos mineralizados de la Veta Viento, para el cual se ha propuesto determinar el modelo estructural de la veta, identificar los controles de mineralización mediante el mapeo geológico y determinar el plunge de mineralización mediante un mapa de isovalores. La metodología empleada es de tipo cuantitativo descriptivo, realizado en tres etapas, primera etapa de recopilación de información bibliográfica; la segunda etapa de campo donde se registró los datos, por último, la tercera etapa donde se realizó mapas y diagramas para la interpretación de los clavos. El área de estudio que comprende la veta se conforma litológicamente por dioritas y tonalitas correspondiente al Complejo Basal y al Batolito de la Costa, intruida por un sistema de diques verticales de composición andesítica E-W. Estructuralmente se ha definido cinco sistemas estructurales predominantes que dimensionan el arreglo geométrico de los clavos mineralizados, una falla principal de rumbo dextral mineralizado con tendencia E-W limitado por un segundo sistema de falla de rumbo sinistral SE-NW siendo las que generan la zona de apertura para la mineralización con un plunge de E a W de 78° en el extremo W y 54° para el extremo E oxidado. La veta está compuesta principalmente de cuarzo, pirita galena, calcopirita, oro, electrum y calcita denominados Clavo Rojo de 250m, afectado por la alteración supérgena y el Clavo Gris con una extensión de 220m, la veta presenta un sistema de fallamiento post mineral NW-SE.

Palabras claves: Clavos mineralizados, Sistemas Estructurales, Veta Viento.



ABSTRACT

The research project is located in the Rio Grande district, Condesuyos province, Arequipa region, where there is no detailed study of the mineralization controls. The general objective of the thesis is to analyze the structures of the mineralized veins of the Viento Vein, for which it has been proposed to determine the structural model of the vein, to identify the mineralization controls by means of geological mapping and to determine the mineralization plunge by means of an isovalue map. The methodology used is of descriptive quantitative type, carried out in three stages, first stage of bibliographic information gathering; the second stage of field where the data was recorded, finally, the third stage where maps and diagrams were made for the interpretation of the veins. The study area comprising the vein is lithologically conformed by diorites and tonalites corresponding to the Basal Complex and the Batolito de la Costa, intruded by a system of vertical dikes of andesitic E-W composition. Structurally, five predominant structural systems have been defined that dimension the geometric arrangement of the mineralized veins, a main fault of E-W trending E-W mineralized dextral strike bounded by a second fault system of SE-NW sinistral strike being those that generate the opening zone for mineralization with an E to W plunge of 78° at the W end and 54° for the oxidized E end. The vein is mainly composed of quartz, pyrite, galena, chalcopyrite, gold, electrum and calcite called Clavo Rojo of 250m, affected by supergene alteration and Clavo Gris with an extension of 220m, the vein presents a NW-SE post mineralized fault system.

Keywords: Mineralized veins, Structural Systems, Viento Vein.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Muchos de los depósitos hidrotermales de tipo filoniano se encuentran en cuerpos ígneos que resisten esfuerzos de deformación frágil que son favorables para la concentración de metales y minerales económicos.

Los yacimientos filonianos mayormente de origen hidrotermal generalmente emplazados en cuerpos ígneos muestran relación con los procesos tectónicos estableciéndose una geología estructural regional y local siendo favorable para la filtración de fluidos mineralizantes que migran a ambiente de menor presión y temperatura para mineralizarse en las estructuras. Las fases de fallamiento más antiguos disponen de la geometría siendo el sistema principal para la mineralización los que pueden ser limitados por otros sistemas de fallamiento afectando su la continuidad, por tanto, las fases posteriores a la formación de la veta pueden provocar desplazamientos a la estructura.

En la Unidad Minera Señor de los Andes no se cuenta con un archivo detallado del control estructural, litológico y zonas alteradas que mejoren el planeamiento por lo que es necesario realizar un análisis estructural a los clavos mineralizados de la Veta Viento.



1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Cuáles son los controles de los clavos mineralizados los cuales permitirán el óptimo desarrollo de la veta Viento?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Como es el modelo estructural de la veta Viento?
- ¿Cuáles son los controles de mineralización mediante el mapeo geológico?
- ¿Como es el plunge de mineralización de la veta viento?

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Hipótesis general

El análisis estructural influye en la ubicación de los sectores de mayor mineralización de los clavos de la Veta Viento para su óptimo desarrollo.

1.3.2. Hipótesis específicas

- Con la data estructural es posible obtener el modelo estructural de la veta Viento.
- Con la identificación de los controles de mineralización mediante el mapeo geológico es posible conocer el comportamiento de la veta Viento.
- Con la información de los resultados de muestreo es posible conocer el plunge de mineralización.



1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En el Perú se encuentran muchos yacimientos mineros metálicos y polimetálicos de Au, Cu, Ag y Pb, así como proyectos que se van desarrollando en el país a escala pequeña, mediana y gran minería. Por lo que es necesario realizar estudios detallados que ayuden a comprender la geología de las zonas donde se encuentran los depósitos anómalos de mineral.

Lo que se busca con este proyecto de tesis es analizar estructuralmente los sistemas de fallas que controlan los clavos mineralizados e interpretar el control estructural de mineralización mediante el mapeo geológico el cual optimizará el desarrollo de la veta Viento, si mismo ayudará significativamente a proyectar con mayor precisión los clavos económicos en profundidad, contribuyendo también a los diversos proyectos mineros que se desarrollan alrededores de la Unidad Minera.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Objetivo general

Analizar las estructuras de los clavos mineralizados de la Veta Viento
Unidad Minera Señor de los Andes - Rio Grande - Condesuyos - Arequipa.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar el modelo estructural con la información tomada en campo e interior mina.
- Identificar los controles de mineralización mediante el mapeo geológico de la zona que comprende la veta Viento.
- Determinar el plunge de mineralización mediante el mapa de isovalores.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Carpio (2017), en su estudio denominado “Control geológico estructural de mineralización y correlación de flujos hidrotermales en Veta Mercedes Unidad Minera San Juan de Chorunga Condesuyos – Arequipa”, hace mención a una estructura veta en zonas de compresionales y extensionales, mediante el mapeo de estrías mediante los modelos de fracturamiento. Con el propósito de definir el control de la mineralización relacionando los fluidos mineralizantes. Donde realizó el estudio petro-minerográficos demostrando la asociación de Au – Qz – Py en dos fases paragenéticos, con lo que determinó el modelo mineralógico para profundizar la labor.

Acosta Ale et al. (2008), “Épocas Metalogenéticas y Tipos de Yacimientos Metálicos en la Margen Occidental del Sur Del Perú Latitudes 14°S - 18°S”, describe la evolución estratigráfica y la actividad magmática en la Margen Occidental del Sur del Perú, vinculada al hidrotermalismo. Donde identificó las estructuras morfoestructurales como la Cordillera de la Costa, el Piedemonte Andino, el Flanco Pacífico de la Cordillera Occidental y la Cordillera Occidental. Llegando a determinar doce tipos de franjas de mineralización, según su época, en su interpretación geológica delimitó los sistemas de fallas regionales que controlan la sedimentación, magmatismo y formación de yacimientos, los siguientes dominios geotectónicos Nazca-Ocoña y Cincha-Lluta-Ilo, Puquio-Caylloma-Incapuquio, Cusco-Lagunillas-Mañazo. Concluyó que el sur del Perú fue afectado por seis sistemas de fallas regionales NW-SE, delimitando los dominios morfotectónicos, que hospedan los minerales de diferentes tipos de depósitos.



Huamani (2019), en sus tesis “Modelo Geológico y Evaluación de la Veta San Juan Split Norte, Distrito de Rio Grande, describe las asociaciones mineralógicas que se presenta para dicha veta, diferentes tipos de ensambles mineralógicos, zona de oxidación y litología de la zona el cual servirá como referencia para los casos similares a evaluar. Con el objetivo de evaluar la veta San Juan Split norte y caracterizar su modelo geológico, en la U.M. San Juan de Chorunga. Concluye que: La veta San Juan Split norte es una veta que formó de un ramal perteneciente a la estructura principal San Juan, compuesta principalmente de oro, arsenopirita, bornita, calcopirita, galena y esfalerita, El cual se muestra en forma de rosario con una extensión de 600m, y potencias entre 0.15-0.40m, con leyes menores de 4 Au g/TM. La falla predominante San Juan 0 controla la mineralización hacia el Este. Para genéticamente posee tres eventos: primeramente, por el ensamble cuarzo, pirita aurífera, calcopirita. Segundo formado por el cuarzo, pirita, arsenopirita, calcopirita. Y tercero por cuarzo, pirita, galena, esfalerita, calcopirita, óxidos de hierro y carbonatos.

Mamani (2015), “Análisis Estructural del Yacimiento Miski Región de Arequipa, Sur del Perú minera Miski 815,”, determina el control estructural regional, con relación a la dirección del transporte tectónico ejercido en los paralelos 14° latitud sur con el fin de resolver los estilos estructurales y relaciones de padrón relacionados a la mineralización. Llegó a interpretar de formación de un sistema de vetas con orientación E-W. por lo que interpreta un acortamiento E-W en relación al proceso de subducción de la placa de Nazca sobre Placa Sudamericana.

Mendívil Echevarría & Castillo (1960), “Geología del cuadrángulo de Ocoña (Hoja 33-p) - [Boletín A 3], Comisión carta Geológica Nacional, Ministerio de Energías y Minas, Dirección General de Minería”, describe la fisiografía, estratigrafía, rocas ígneas



intruyentes, estructuras y la geología económica del cuadrángulo donde se encuentran las provincias de Caravelí, Camaná y Cailloma, en la costa peruana. Fisiográficamente se observa tres zonas geomorfológicas; la Meseta Costanera, la Cordillera de la Costa y las Terrazas Marinas, cortadas por las Quebradas de Pescadores y de Ocoña. Los afloramientos en la Meseta Costera presentan intemperismo diferencial sobre los conglomerados, areniscas y arcillas horizontales de la Formación Paracas, exhibiendo repisas alternantes y escalonadas. La Cordillera de la Costa, que no se encuentra poblada, presenta depósitos de limo y arcillas, en las que emerge vegetación dando formas de “lomas” a modo de invernaderos. El relieve suave conformado por las Terrazas Marinas presenta pequeñas elevaciones compuestas de arenas y conglomerados con mezcla de detritos conchíferos. Estratigráficamente se destaca las rocas plutónicas y filonianas post-paleozoicas, emplazadas en la Formación Mitu y antes de la Formación Paracas. Sobreyaciendo a las rocas ígneas intrusivas, las que destacan por su relación con la mineralización, el Granito y la Granodiorita, los que afloran a lo largo de la extensión de la Cordillera de la Costa, la Dacita y las Andesitas. En la geología estructural se destaca a las deformaciones, distorsiones, fracturas correspondientes a las rocas del Complejo Basal. Donde existe micro plegamiento producido por el metamorfismo regional. Ha observado que las fallas dentro del cuadrángulo son de tipo longitudinal normal, obedeciendo a dos principales sistemas de fallas, uno paralelo a la costa y otro con rumbo SE-NW, interceptándose en ángulo agudo.

Pecho (1983), en su estudio denominado “Geología de los cuadrángulos de Pausa y Caravelí, Hojas: 31-p y 32-p - [Boletín A 37]”, que abarca una extensión de 6,000 km² que comprende parte de las regiones de Arequipa y Ayacucho, el que ha permitido comprender el contexto de la estratigrafía, geomorfología, petrografía y zonas favorables, para las exploraciones mineras.



Vilca (2013), en su estudio sobre la “Evaluación Geológica y Mineralógica de la Veta Encantada Proyecto: 750 Ocoña – Arequipa”, en su estudio realiza evalúa la geología y mineralógica de la veta encantada en el proyecto minero 750, para definir sus recursos mineros. Donde concluyó que la lito estratigrafía en su área de estudio estaba conformada por rocas intrusivas del Cretáceo Superior a Terciario Inferior, correspondientes al Complejo Bella Unión y a la Super Unidad Incahuasi del Batolito costero, controlados por sistemas de fallamiento NE-SW, NW-SE y E-W de buzamiento variable entre 70° - 80°. donde identifico que la veta mineralizada, se encuentra encajonada por rocas andesíticas, con orientación EW y buzamiento entre 70°-90°. Siendo la veta Encantada la más importante, con una extensión aflorada de 1500, con orientación de N70° E a E-W, y buzamiento de 70°-80° N; potencias variables de 0.25 a 0.80m. donde existen otras vetas denominadas, Milagrosa, Mercedes, San Román y Alexia. Presentándose alteraciones hidrotermales como la silicificación, propilitización, argilización y sericitización.

Zúñiga (2014), en su estudio denominado “Modelo geológico - estructural y evaluación económica de la veta San Juan y mercedes unidad minera San Juan de Chorunga Condesuyos – Arequipa”, desarrolla un modelo con la geología estructural del yacimiento donde interpreta y correlaciona para identificar nuevos blancos de exploración que permita elevar sus recursos y reservas. Concluye que la geología del yacimiento está controlada por dos sistemas de fallas mayores Choclón e Iquipi de orientación E-W o NEE-SWW y fallas menores denominadas Rosario, San Juan, Santa Mónica, y Colorado de rumbo NW-SE; particularmente, la falla Iquipi corresponde a una falla de cizalla dextral que desarrolla un sistema NW-SE tipo "horse tail". Concluyendo también que las fallas menores NW-SE, presentan una cinemática sinistral y con una inflexión E-W en su parte central; por la cinemática que presenta, produce desplazamientos normales que



dan la formación de cuencas tipos "pull apart" o fracturas abiertas, denominadas zonas de distensión. Mientras que, si el movimiento fuese dextral y fallas inversas que forman las áreas de estrangulamiento de vetas también denominadas zonas de compresión. Los clavos mineralizados de tipo rosario, horizontalmente se extienden hasta los 40m económico seguido de 20m a 30m de estrangulamiento y en vertical de acuerdo al plunge que correlacionó con niveles superiores alcanzando los 200m. La mineralización también se presenta en los diques. Además, definió que el oro se asocia a la piritita, pirrotita en cuarzo con venillas de propilitización, con valores de oro de 4 gr Au/Tm en la asociada al dique andesítico asociada a la piritización.

2.2. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

Ver (ANEXO N° 02)

En el estudio geológico realizado por el INGEMMET [Boletín 37] de la Carta Geológica Nacional en los cuadrángulos de Pausa y Caravelí (hojas 31-p, 32-p) (Pecho Gutiérrez, 1983), Geología del cuadrángulo de Ocoña. Hoja: 33-p - [Boletín A 3] (Mendivil Echevarría & Castillo, 1960) describen las formaciones estratigráficas encontradas en la zona de estudio.

Figura 1.

Columna litoestratigráfica regional propuesta para el área de estudio de la Veta Viento

EON	ERA	PERIODO	EPOCA	UNIDAD ESTRATIGRAFICA	ESP.	ETIQ.	COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION		
FANEROZOICO	CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Depositos Aluviales		150	Qh-al		Depositos clasticos recientes de cenizas volcanicos, fluviales, aluviales (arenas y gravas).	
		NEOGENO	PLIOCENO	Volcanico Sencca		80	Np-se		Tobas, brechas tobaceas de naturaleza dacitica y riolitica.	
				Fm. Millo		200	Np-mi			
			MIOCENO	Fm. Pisco		640	Nm-pi		Arenas grises feldespaticas, conglomerados arenas tobaceas, arcillas intercaladas con capas de yeso.	
				Fm. Moquegua		200	Nm-mo			
		PALEOGENO	OLIGOCENO PALEOCENO	Fm. Sotillo		60	P-so		Intercalacion de areniscas conglomerados, capas de yeso y anhidrita.	
		MESOZOICO	CRETACEO	INFERIOR	ROCAS INTRUSIVAS GRUPO YURA	Fm. Hualhuani Fm. Labra	700			Ki-hu Js-la
								Andesita/Diques	N-an Andesita porfirica	
			Super Unidad Tiabaya	Ks-an Dacita, andesita porfirica Ks-ti/di Granodiorita Diorita						
		JURASICO	SUPERIOR							Lutitas negras, Areniscas cuarciferas intercaladas con lentes de limonitas.
								Areniscas y lutitas en la parte superior, areniscas cuarciticas intercaladas con delgadas capas de pizarra.		
PRECAMBRICO				Complejo Basal		-	PE-gn	Rocas metamorficas gneis, granitos potasicos con estructuras gneisicas, diques de composicion basica intermedia, pequeños cuerpos tabulares de pegmatita granular.		

Fuente: Adaptado de INGEMMET

Figura 2.

Vista SE-NW lito estratigrafía superficial sobre el área de estudio.



2.2.1. Pre – Cámbrico

2.2.1.1. Complejo basal PE-gn

La edad del complejo basal se infiere en base al metamorfismo regional permitiendo ser correlacionado con afloramientos expuestos en el sur del Perú, mediante dataciones radiométricas con el método de RB/S resultando edades entre 600-2000MA

Nombre que ha sido asignado por Bellido y Narváez (1960) a las rocas que conforman el basamento de la cadena costanera en el sur peruano. Conformados por rocas metamórficas principalmente por gneis, granitos potásicos con estructuras gnéicas, diques de composición básica e intermedia, además de pequeños cuerpos tabulares de pegmatita granular (Pecho Gutiérrez, 1983)

Se encuentra afloramientos en los flancos del río Ocoña. Gneis de composición granítica predominantemente muestran un de tono gris oscuro con



bandas claras y oscuras de 0.5-2cm. Estudios microscópicos han determinado que su composición esta dado por ortosa 15-20% y plagioclasas 10%, las bandas oscuras a negras se componen de ferromagnesianos y biotita además de moscovita, clorita sericita, esfena y zircón. (Pecho Gutiérrez, 1983)

En la margen derecha del rio Ocoña, al sur del Cerro Ancha estas rocas metamórficas se encuentran como techos colgantes sobre intrusivos más modernos como se puede ver en los Cerros Taquila y Ancha. (Pecho Gutiérrez, 1983)

En el cuadrángulo de Caravelí el complejo basal se encuentra cubierto discordante por formaciones que van desde el Jurásico Inferior hasta el Cuaternario.(Pecho Gutiérrez, 1983)

2.2.2. Mesozoico

2.2.2.1. Grupo Yura

Denominada grupo por Wilson J. (1962), se debe a dos formaciones. Labra-Cachios donde ha hallado fósiles vegetales. En la Formación Hualhuani ha encontrado unicamente restos de troncos y plantas sin ningún valor cronológico, por consiguiente la edad de estas rocas se basa en su posición estratigráfica y su correlación con otras formaciones semejantes que afloran en inmediaciones de estos cuadrángulos. El lapso de sedimentación de las Formaciones Labra-Cachios en la región Arequipa, ha sido dado entre el Titoniano y el Oxfordiano, Benavides V. (1962) y García W. (1968), y el de la Formación Hualhuani al Neocomiano inferior.(Pecho Gutiérrez, 1983)



- **Formación Labra-Cachios Js-la**

Litológicamente está constituida por areniscas y lutitas en la parte superior, haciéndose más pelítica en su parte inferior, al sur del Cerro Iquipí se observa afloramientos de areniscas cuarcíticas de color gris oscuro, intercaladas con capas delgadas de pizarras negras muy duras, estos afloramientos son remanentes de la Formación Labra intruidos y metamorfozados por apófisis hipabisales del Complejo Bella Unión y por intrusivos del Batolito de la Costa, así como por numerosos diques básicos de más de 2 m. de ancho.(Pecho Gutiérrez, 1983)

- **Formación Hualhuani Ki-hu**

Constituida por una secuencia monótona de cuarcitas y areniscas cuarzosas de color blanco y blanco azulinas compactas desde 50cm hasta más de 3m de grosor. En la parte inferior presenta niveles delgados de lutita negra. Esta formación se caracteriza por presentar ciertos niveles con estratificación cruzada.

2.2.2.2. Complejo Bella Unión

El emplazamiento del complejo se data en base a la relación estratigráfica puesto que no se tiene estudios de edades radiométricas. Este complejo intruye a las ocas más recientes del Grupo Yura del Jurásico Superior-Cretáceo Inferior. Así mismo es cortado por intrusivos batolíticos con zonas de contacto visible en la orilla derecha del río Ocoña en la quebrada Taquila donde es intersectado por rocas de composición granodiorítica y monzonita de la super unidad linga de 95 MA (cretáceo medio a superior). También aparece cubierto por rocas clásticas de la formación Caravelí, del Terciario Inferior por lo que se infiere que la edad de



intrusión del Complejo Bella Unión comprende entre el Cretáceo Medio - Cretáceo Superior. Principalmente conformada por una serie de pequeños cuerpos de composición andesítica a dacítica los que afloran discontinuamente con orientación de N30°-40°W el cual se emplaza en el flanco Oeste del Batolito de la Costa descritas en el sur del Cuadrángulo de Caravelí.(Pecho Gutiérrez, 1983)

2.2.2.3. Batolito de la costa

Según los estudios de W. S. Pitcher y E. J. Ccobbing el batolito de la costanero presenta un emplazamiento dando una forma paralela y alargada próxima al litoral, determinado por una zona de fallas y fracturas con rumbo andino producido por los márgenes activos de la placa continental y marina.

El batolito costero se ha dividido en cinco segmentos: Piura, Trujillo, Lima, Arequipa y Toquepala. Cada uno de estos constituyen un gran complejo formado por centenas de cuerpos individuales con características estructurales y de composición mineralógica propia.

En el segmento Arequipa se diferencia cinco grandes super unidades que son: Incahuasi, Linga, Tiabaya, Patap y Pampahuasi. En el cuadrángulo de Caravelí solo afloran las tres primeras, siendo también cubiertas por formaciones terciarias; estas son intruidas por rocas de tipo metamórfico del Complejo Basal e Hipabisal Bella Unión, la Super Unidad principal presenta características de tipo diorita, cuarzodiorita, granodiorita, monzonita y tonalita, estas rocas presentan feldespatos potásico muy variable siendo difícil realizar una clasificación a estas unidades. Este conjunto de rocas es intruida por un grupo más reciente de rocas hipabisal subvolcánica dando formación a estructuras tipo dique y pequeñas apófisis.



La parte superior del macizo se ha erosionado para dar forma a una superficie de abrasión marina ligeramente horizontal con inclinación al sur siendo afectada por fracturas y fallas provocando levantamientos y hundimiento vertical, en su superficie se han sedimentado las formaciones terciarias.

Tanto en su textura y mineralogía muestran cambios notables dentro de una misma super unidad. Los minerales máficos están compuestos por piroxenos, hornblenda y biotita los cuales presentan a las rocas con aspecto moteado en forma regular, estas texturas son factores para diferenciar de las grandes unidades. (Pecho Gutiérrez, 1983)

- **Super-Unidad Linga Ks-li/mz**

Su emplazamiento se data hace 97MA, correspondiente al Cretáceo Superior, radiometría realizada por el NERC, The Natural Environment Research Council de Gran Bretaña, en los estudios realizados por los Doctores J. Cobbing y W. S. Pitcher.

Las rocas que constituyen la super unidad se ha clasificado como granodioritas y monzonitas en el margen izquierdo del río Chorunga, otros afloramientos menores registrados en la hoja 32p.

La super unidad Linga muestra afloramientos predominantes de monzonita al oeste de la Pampa de Cóndor y al Sur de la Pampa del Toro al W de la hoja 32p, sector donde se muestran las diferencias con las demás unidades. Las rocas muestran tonalidades grises, de textura granítica euhedral, donde se compone por minerales máficos ferromagnesianos donde predomina la biotita y la hornblenda,



afectados por una alteración dando una coloración verdosa por la epidotización sobresaliendo los feldespatos alcalinos y plagioclasa anhedral.

Posee un alto contenido de cuarzo (16%-21) clasificándose como una monzonita cuarcífera, (25%-42) para los minerales esenciales presentan un contenido de plagioclasa entre (11%-15) para la ortosa además de hornblenda de hasta 12% y 5% de biotita y como mineral accesorio se compone de clorita, epidota arcilla, sericita y calcita. (Pecho Gutiérrez, 1983)

- **Super Unidad Incahuasi Ks-in/to**

Los Drs. J. Cobbiong y W. S. Pitcher determinaron una edad de 95 MA a esta súper-unidad mediante isotopos de K-Ar que corresponden al Cretáceo Superior, por lo que se correlaciona y afirma con las rocas sedimentarias de la Formación San Jose y Caravelí, establecidas para el eoceno-eoceno que se encuentran sobre los intrusivos en discordancia.

Integrado por intrusivos de naturaleza tonalítica, granodiorítica y diorítica, formados por varios eventos magmáticos además del ascenso de cuerpos tardíos conformados por rocas clasificadas como monzodioritas y dioritas, presentando una diferenciación magmática en los extremos.

El centro de la super unidad Incahuasi se constituye por rocas de composición granodiorítica y tonalítica, siendo las dioritas las que abarcan los extremos al NW del afloramiento.

La litología en los bordes del rio Ocoña y a la derecha del rio Chorunga se ha clasificado como rocas de composición granodiorítica, de coloración gris claro



en muestras de roca fresca; en algunos sectores presenta xenolitos de microdiorita con medias entre 2 y 5 cm de diámetro.

Las rocas en el Cerro Alto Molino se han clasificado como tonalitas porfiríticas.(Pecho Gutiérrez, 1983)

- **Super-Unidad Tiabaya Ks-ti/gd**

Con los estudios de J. Cobbiong y W. S. Pitcher se determina una edad de emplazamiento de hace 80 MA, mediante isotopos de K-Ar. Con el que se le dio la edad del Cretáceo Superior.

Es la segunda unidad por su extensión, donde predomina la granodiorita, de cristales bien desarrollados y ferromagnesianos que le dan una coloración más oscura a comparación de las otras unidades.

En afloramiento se extiende más allá de los 20km en la transversal y 90km en la longitudinal, ubicándose mayormente al norte del batolito de la región

En la hoja 32p las rocas que afloran se muestra desde Llauce (borde izquierdo del valle de Ocoña) extendiéndose al NE para formar una geomorfología abrupta También se observa en el cerro Chaqueloma al W de Huajacho, hasta el cerro Las Lomas y el Cerro Cuchilla ubicado al NE de la hoja 32p, litológicamente tiene los cristales bien desarrollados de grano grueso con tonalidades grises a grises claras conformada por Qz, feldspato mayormente compuesto por minerales máficos.

Los minerales félsicos se agrupan en áreas superiores a la unidad Incahuasi, donde predomina la hornblenda prismática con medidas mayores a los



tres milímetros. Por otra parte, los cristales de biotita miden de 1-2milímetros lo que identifica a esta unidad.

La presencia de xenolitos redondeados son otra característica que la diferencia de otras unidades, con medidas de 5 - 15 cm de grano fino y abundantes estructuras dique de naturaleza micro diorítica.(Pecho Gutiérrez, 1983)

2.2.3. Cenozoico

2.2.3.1. Formación Sotillo P-so

Denominado así por W. Jenks (1948) a un tramo que corresponde a la Formación Moquegua estudiada por varios autores en el territorio peruano. En el estudio de (Leon et al., 2000) considera a la Formación Sotillo como equivalente a lo que antiguamente fue descrita como Moquegua inferior, término que genero la confusión debido a que a la formación Moquegua se le dividía en Inferior y Superior, con una discordancia de por medio, en la región Arequipa también se le correlaciona con la Formación San Jose, sobre una superficie horizontal del Complejo Basal, Grupo Yura o del Complejo Hipabisal Bella Unión, en la quebrada Eugenia de bajada al río Ocoña. Su edad se estima mediante correlación estratigráfica, no habiéndose encontrado fósiles.

La Formación Sotillo se expone en las laderas del Valle Vitor, próximo al pueblo Sotillo (sector que da origen a su nombre), así como también se encuentra cubierta por depósitos más recientes al W del batolito. Estratigráficamente yace sobre una superficie erosionada de los intrusivos, además de estar cubierta por la Formación Millo en discordancia erosional. (Vargas, 1970)

Figura 3.

Formación Sotillo (P-so), Complejo Basal (PE-gn), super unidad Incahuasi (Ks-in/di), ubicada al SW de la U.M.



2.2.3.2. Formación Moquegua Nm-mo

Nombrado Formación Moquegua, desde Steinmann (1930) correspondiente a la litología diversa que presenta esta formación, que yace en discordancia ligera a las rocas del eoceno y oligoceno, y una fuerte discordancia angular sobre las formaciones Ambo, Mitu, además del Complejo Basal.(Mendívil Echevarría & Castillo, 1960)

Se le conoce también como Formación Sotillo a la litología de la Formación Moquegua Inferior, esta unidad tiene como característica principal un conglomerado basal, continuando con sedimento fino como las arcillas, areniscas finas tufáceas y lutitas intercaladas con capas de yeso anhidrita y sal además de conglomerados.(Pecho Gutiérrez, 1983)

Litológicamente se encuentra una sedimentación poco consolidada constituida por areniscas de grano grueso intercalándose con sedimentos de arenas arcillosas con estratos de coloración clara y potencias variables entre grueso y



medio. Las capas presentan un rumbo aparente de Sureste a Noroeste con un grosor estimado de 200 metros, el cual sobreyace a la Formación Camaná, por lo que se infiere que esta formación se considere como una facie transicional a la Formación Moquegua según los estudios de Ruegg (1952).

Siendo una formación de origen continental y carente de restos fosilíferos se ha correlacionado su posición estratigráfica y litología, la edad de la Formación Moquegua varia desde el Mioceno al Plioceno, en base a criterios relacionados a la actividad volcánica en el sur peruano.(Mendívil Echevarría & Castillo, 1960)

2.2.3.3. Formación Pisco Nm-pi

Nombre asignado por J. Adams (1906) en el Cuadrángulo de Ocoña. Su litología se compone por arenas feldespáticas de tonalidades grises con presencia de conglomerados en forma lenticular, arenas tobáceas intercaladas con arcillas y capas delgadas de anhidrita. Se le estima una edad correspondiente al Mioceno pudiendo corresponde al Mioceno Inferior.(Acosta et al., 2011)

2.2.3.4. Formación Millo Np-mi

Se le denomina así a la secuencia estratigráfica compuesta por areniscas tufáceas, conglomerados y tufos lenticulares retrabajados similar a lo descrito por S. Mendívil.

La Formación Millo se divide en dos miembros, donde el Miembro Inferior se compone de lutita verde clara, arcillas con intercalaciones de greda rojiza con presencia de tufos compuesta por grano ultra fino de cuarzo y mica. Intercalándose con niveles de anhidrita cristalizada o fibrosa, con espesores entre los 0.1-1.50m, así como también pequeñas venas de yeso que cortan esta unidad que tiene un



grosos de 90 m. en tanto el Miembro Superior yace sobre una superficie erosionada y discordante del Miembro Inferior.

La Formación Millo del Plioceno - Pleistoceno describe a los sedimentos poco consolidados que cubren a la Formación Moquegua cubriendo también a las tobas del Plioceno.(Leon et al., 2000)

2.2.3.5. Volcánico Sencca Np-se

Denominada por Mendivil S. (1965) quien describió los piroclastos levemente horizontales en el fondo de la quebrada Sencca. La edad asignada para estos volcánicos corresponde al Plioceno Medio a Superior basada en correlaciones estratigráficas y radiométricas comprendidas entre 4.3 y 2 M.A.

Su litología se compone de tobas y brechas tobáceas de composición riolítica y dacítica. Esencialmente compuesta por cuarzo laminillas, feldespatos, biotita y vidrio de origen volcánico. Con tonalidades entre blanco a rosado claro siendo afectados por alteración supérgena dándoles una coloración más amarilla y roja.(Pecho Gutiérrez, 1983)

Figura 4.

Volcánico Sencca, Biotita (Bt), Piroxeno(px).



Figura 5.

Discordancia erosional entre las rocas del intrusivo hipabisal Super Unidad Incahuasi/diorita (Ks-in/di) y el Volcánico Sencca (Np-se).

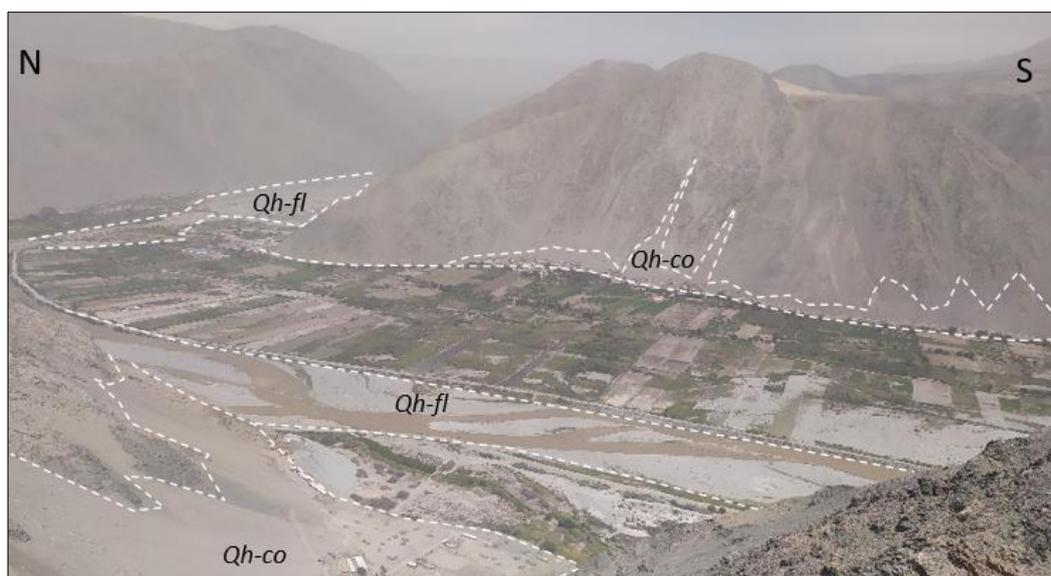


2.2.3.6. Depósitos clásticos recientes Qh-al

Sedimentos clásticos recientes compuesta por conos aluviales y fluviales formados por factores supérgenos, además de cenizas volcánicas, cubriendo grandes planicies, valles y quebradas, de composición litológica variable con un grosor máximo de 150 m.

Figura 6.

Depósitos recientes



Nota. Coluvial (Qh-co) pie de monte, fluvial (Qh-fl) depósitos de morrenas.



2.3. EVENTOS TECTONICOS

La tectónica de los Andes se asocia a la subducción de la placa oceánica de Nazca por debajo de la placa continental Sudamericana, a una velocidad de 75 mm/año con una orientación de 77°NE (DeMets et al.,1990). El antearco del sur del Perú, se caracteriza por la subducción de la dorsal de Nazca, con una longitud de 1000km, y 200km de ancho, con una elevación de 1500m por encima del entorno del fondo oceánico, con una dirección de desplazamiento promedio de 42°NE. La subducción de la dorsal de Nazca bajo la margen peruana comenzó en el Mioceno (11.2 Ma; Hampel, 2002) y ha migrado lateralmente hacia el sur a lo largo de la costa peruana hasta su posición presente (von Huene et al., 1996). (Ccallo et al., 2015)

Según el estudio geológico de los cuadrángulos de Pausa y Caravelí (Pecho Gutiérrez, 1983) los principales acontecimientos geológicos históricos ocurridos en la zona se pueden resumir de la siguiente forma:

La evolución geológica de las rocas más antiguas está afectada por los procesos de metamorfismo y deformación transformándolos en gneis de facies granulíticas expuestas en la cordillera de la costa, se puede observar en la zona de Chaucalla (margen izquierdo del río Ocoña).

En los estudios de (Mendívil Echevarría & Castillo, 1960) se menciona que la zona fue elevándose y se produjo la erosión completa de todos los depósitos pre-carboníferos por lo que no se registra la presencia de rocas sedimentarias y rocas ígneas del Paleozoico y del Triásico por lo que indica que la región estaba emergida y sujeta a una intensa denudación dejando expuestas a las rocas del Complejo Basal que junto con



los plegamientos que afectan a las rocas metamórficas del Complejo los que indicarían una posible orogénesis Caledoniana.

A finales del Cretáceo y principios del Terciario ocurrió un gran evento ígneo intrusivo que produjo los granitos y granodioritas que pertenecen al Batolito de la Costa, probablemente en este mismo tiempo se produjo la inyección de rocas dacíticas, andesíticas y diabásicas que se encuentran atravesando a todas las rocas pre-mesozoicas.

La secuencia cenozoica de origen oceánico inicia con las rocas fosilíferas del Eoceno Formación Paracas, sedimentación que inicia a mediados del eoceno o más tarde con el océano extendiéndose sobre una superficie ondulada tallada en las rocas pre-mesozoicas plegadas, falladas y casi planas.

Lentamente se produjo el levantamiento, posterior a ello se depositaron las rocas de la formación Camaná como consecuencia de las últimas y mayores transgresiones que se dieron en la costa occidental de América del Sur durante el Oligoceno Superior, la acumulación principal fue de origen continental, dando como resultado las arenas, areniscas y conglomerados de la Formación Moquegua, ubicada en la cuenca entre la Cordillera de la Costa y la base de Los Andes. Posteriormente leves levantamientos generan el retiro del mar definitivamente, dando lugar a la Formación Pisco (Mioceno) como se observa en la región costera de Camaná, Atico y Ocoña. Depósitos terrestres que iniciaron en el Mioceno y continuaron en el Plioceno probablemente hasta el Pleistoceno, después del retroceso de los glaciares.

En el Plioceno una reciente fase de fallamiento junto a procesos volcánicos dan origen a los piroclastos del del Volcánico Sencca extendiéndose por el Sur del territorio peruano.(Pecho Gutiérrez, 1983)



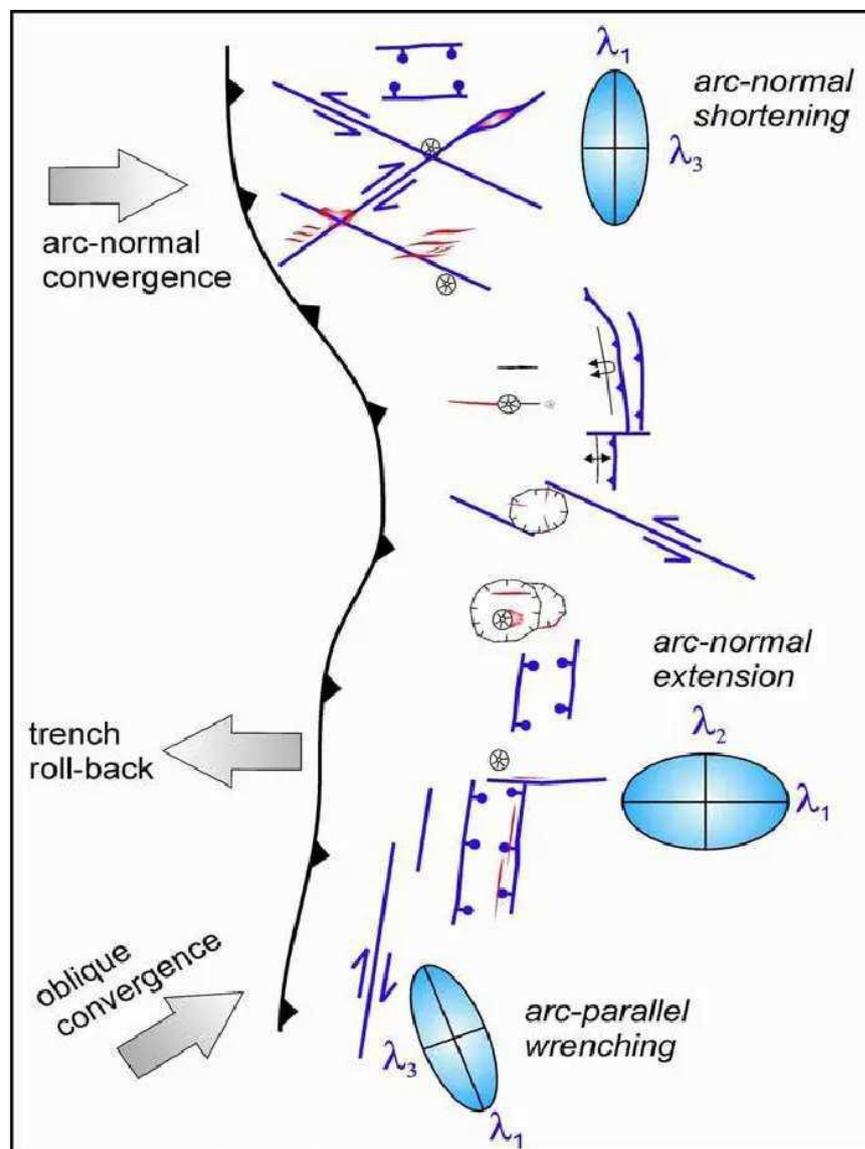
2.3.1. Ambiente de esfuerzo y deformación en márgenes convergentes

El esfuerzo y deformación están controlados regionalmente por dos factores

- 1) fuerzas causadas por placas tectónicas en límites convergentes
- 2) fuerzas de gravedad. (Nelson, 2010)

Figura 7.

Esquema de los distintos esfuerzos y deformación posible en un ambiente de arco magmático cordillerano.



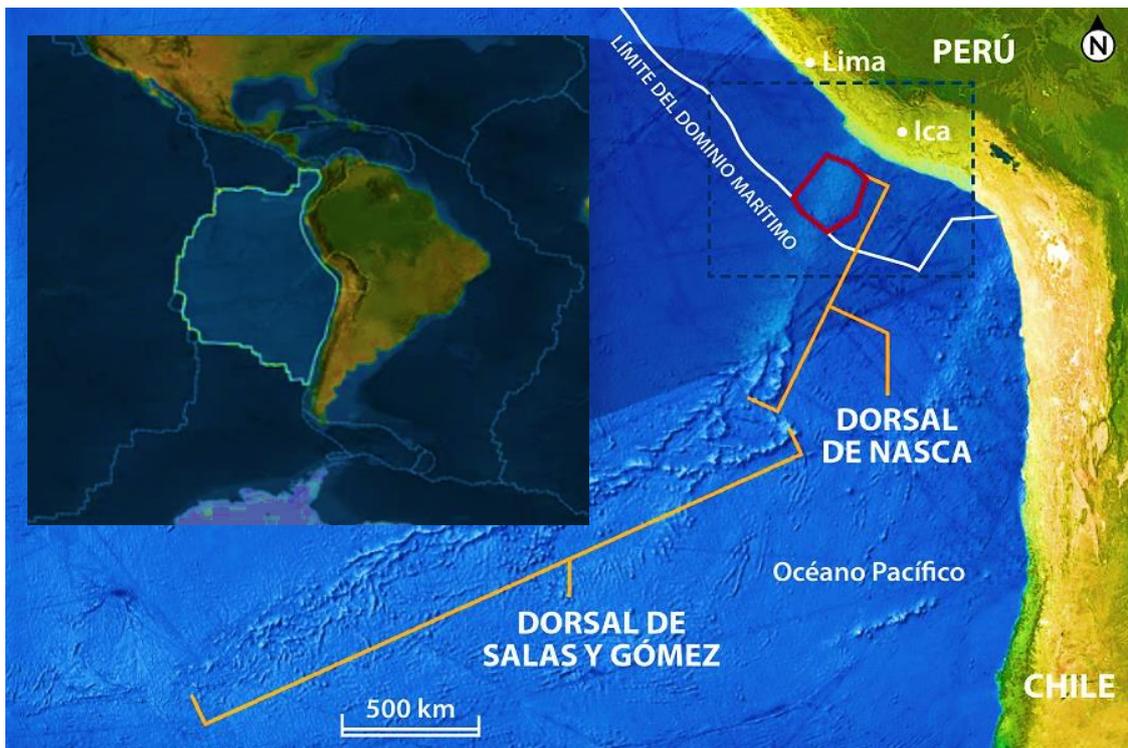
Fuente (Nelson, 2010)

2.4. CONTEXTO ESTRUCTURAL REGIONAL

Se tiene en cuenta la cinemática y los rasgos característicos a lo largo del sistema de fallas para comprender su relación causal con la mineralización por los bloques Paracas y Arequipa donde se desarrolló el sistema de fallamiento con dirección E-W formándose estructuras que dieron condiciones para el emplazamiento mineralógico aurífero

Figura 8.

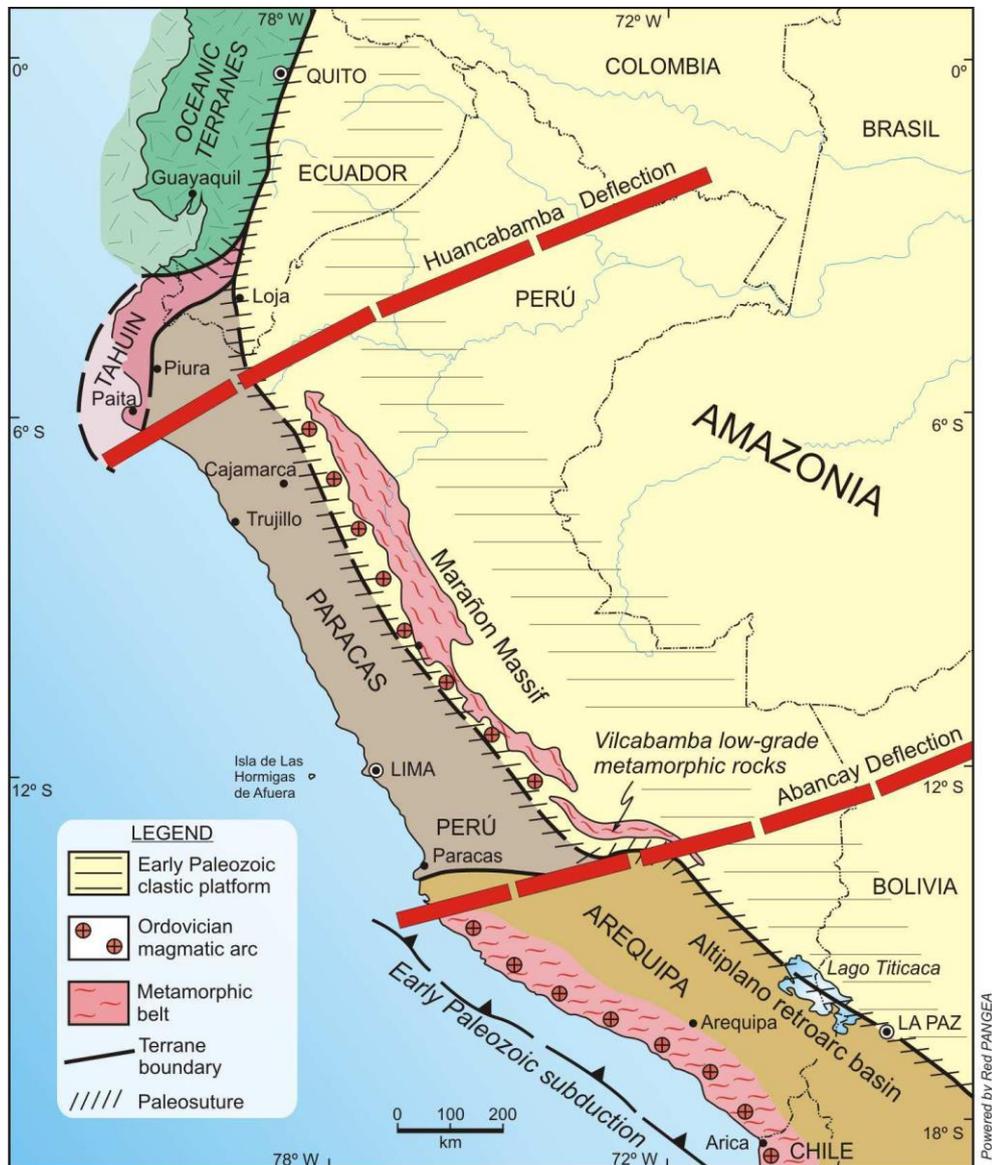
Dorsal de Nazca



Fuente: SERNANP & Shutterstock

Figura 9.

Elementos tectónicos del paleozoico temprano del Perú, bloques Paracas y Arequipa y su relación con el sistema de fallas E-W



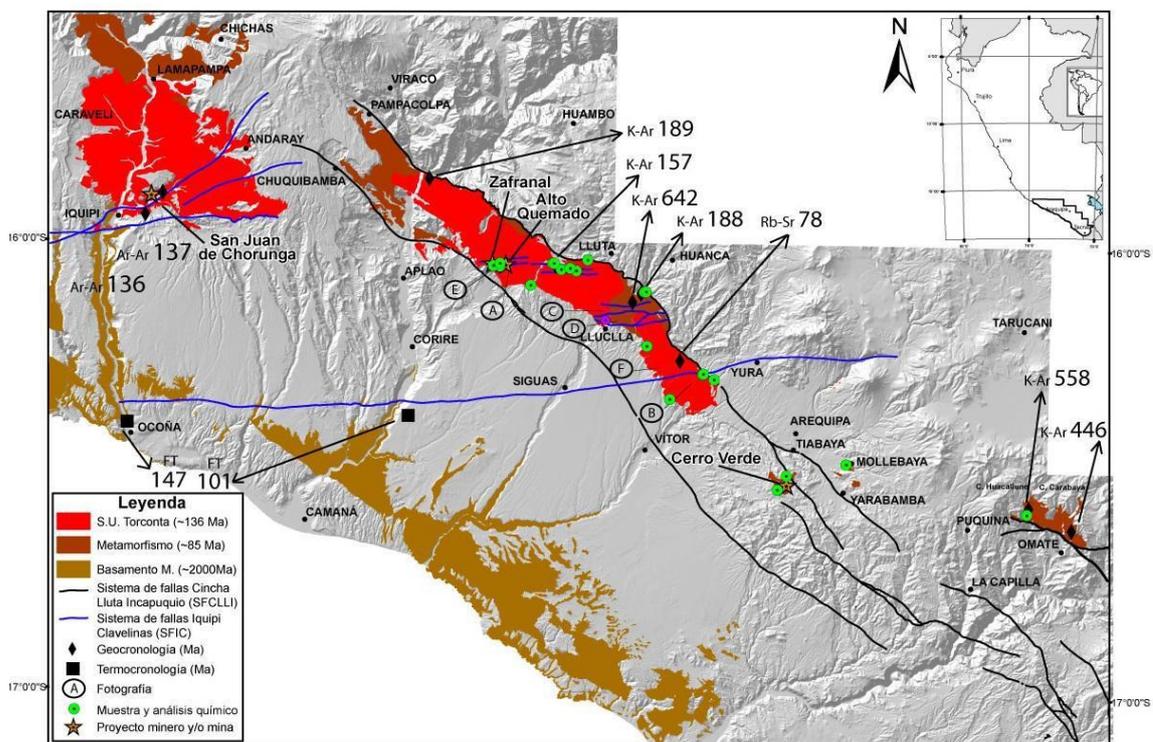
Fuente: (Ramos et al., 2009)

La súper Unidad Incahuasi del Batolito de la Costa del Cretáceo Superior hospeda la mineralización aurífera en filones, asociados a procesos tectónicos y magmáticos de los ciclos Mesocenoico. Se pueden encontrar evidencias de mineralización a lo largo del río Ocoña en ambos márgenes, como filones de cuarzo, también existen estructuras

tipo vetas auríferas en el Complejo Basal de la Costa en el sector Chaucalla. Las vetas auríferas de importancia económica se ubican en el sector Misky y Alto Molino con una orientación general NEE, con variación entre E-O a N 80° E y están inclinadas con ángulos 75° a 80° al SE; asociadas a vetas tensionales que siguen direcciones al NE e inclinadas al SE. Relacionadose a deformaciones de tipo cizalla frágil.(Diaz et al., 2016)

Figura 10.

Sistema de fallas Iquipi (SFI) y basamento en la parte media de los Andes Centrales.



Fuente: (Rodriguez et al., 2009)

Los depósitos minerales en la zona se han relacionado con rasgos geológicos principales impuestos por la dinámica tectónica, el lineamiento de estructuras regionales de dirección E-W, posterior depresión pre-andina dando lugar a las pampas costeras en el Cenozoico.

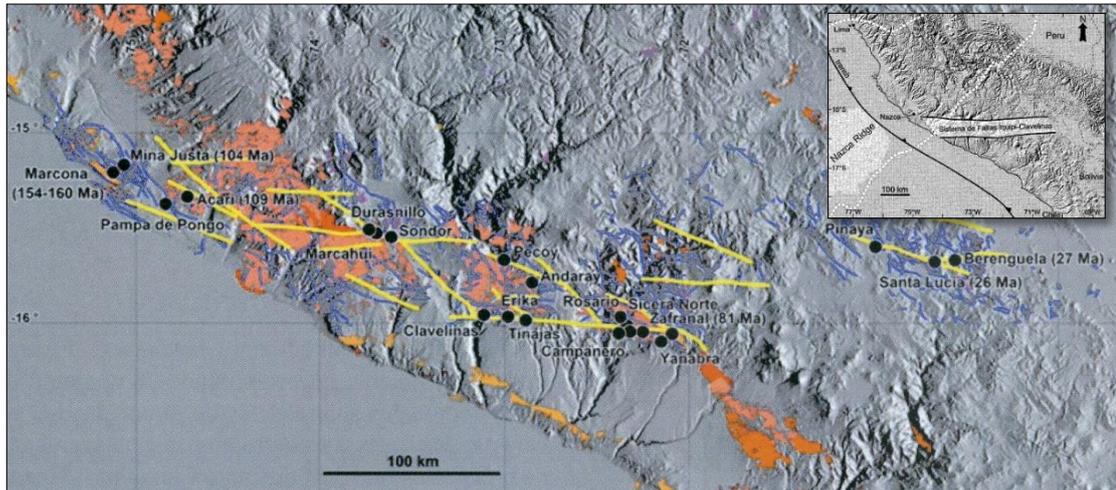


El Sistema de Fallas Ica-Islay-Ilo se ubicada en la costa y pasa por las regiones de Ica, Arequipa y Moquegua. En Ica denominado Falla Treinta Libras. En un inicio se comportó como una falla dextral y posteriormente como una normal. Esta falla controló el magmatismo durante el Jurásico – Cretácico inferior y se manifiesta como un rift o enjambres de diques (Injoque, 2001). El Sistema de Fallas Incapuquio (SFI) habría estado activo como un sistema normal en el Jurásico inferior durante un proceso de rifting (Pino et al., 2004) y posteriormente se comportó como un sistema sinistral con una extensión mayor a 400 km (Jacay et al., 2002) que pasa por Tacna Moquegua y Arequipa. (Acosta et al., 2004)

El Sistema de Fallas Iquipi-Clavelinas (SFIC) es reconocida como normal dextral porque desplaza lateralmente formaciones cretáceas. En estudios tectónicos de sismicidad en el valle de Caravelí (falla Iquipi) se identificaron sismos intracontinentales profundos entre los 30 y 40 Km de profundidad por lo que se cree que el SFIC es símicamente activo, al observar estas fallas superficiales se infiere que son de dimensión cortical y que su formación es de régimen frágil, el Sistema de Fallas Iquipi-Clavelinas comprende el sistema de fallas regionales subparalelas con orientación E-W. (M. Mamani & Rivera, 2011)

Figura 11.

Sistema de Fallas Iquipi-Clavelinas (SFIC).



Fuente: (M. Mamani & Rivera, 2011)

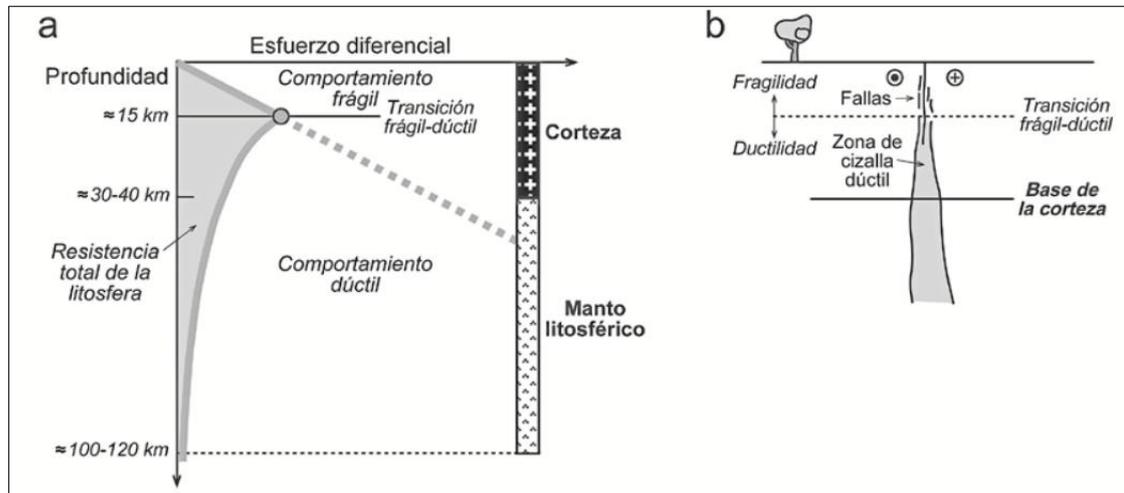
Nota: Principales fallas E-W principales del sistema color amarillo y de color azul las estructuras menores, considerando también las variadas unidades intrusivas del arco magmático y en líneas entrecortadas se representa la extensión de la dorsal de Nazca.

Ver (ANEXO N° 03)

2.5. MODELOS DINÁMICOS DE FRACTURACIÓN ESTRUCTURAL

Figura 12.

Deformación en profundidad bajo un régimen frágil.



Fuente: (Fernández et al., 2013)

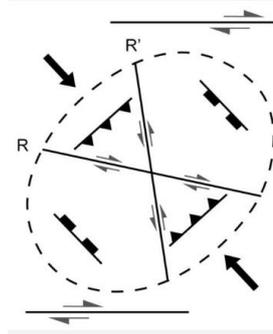
Variación de los esfuerzos críticos respecto a la profundidad que deforman la roca bajo un régimen de deformación frágil donde se grafica con una línea recta representando a la corteza superior y un medio dúctil graficado como una línea curva representando a la corteza inferior. En la Fig. 12a) La línea gris discontinua indica una hipotética resistencia en la corteza inferior frágil. 12b) Se ilustra un esquema de la transición de comportamiento frágil a dúctil. (Fernández et al., 2013)

2.5.1. Modelo de fracturación de Ramsay

La aplicación de esfuerzos a un material provoca que la masa cambie de posición y a menudo de forma. Estos cambios de posición se conocen como desplazamiento y el cambio de forma resultante se le conoce como deformación. (Ramsay & Huber, 1983)

Figura 13.

Modelo de fracturación de cizalla.



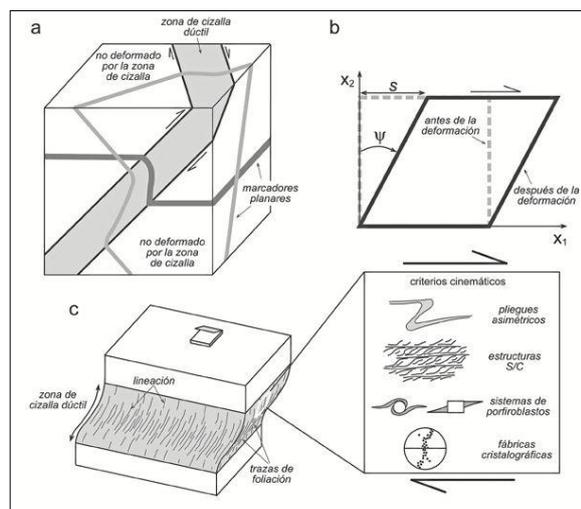
Fuente: (Ramsay & Huber, 1983)

Nota: Modelo de cizalla Ramsay (1967) donde los planos (R y R') representan la relación geométrica de los planos estructurales de Riedel y el fallamiento principal de cinemática dextral.

2.5.1.1. Zonas de cizalla frágil - dúctil

Figura 14.

Microestructuras formadas en la zona de cizalla



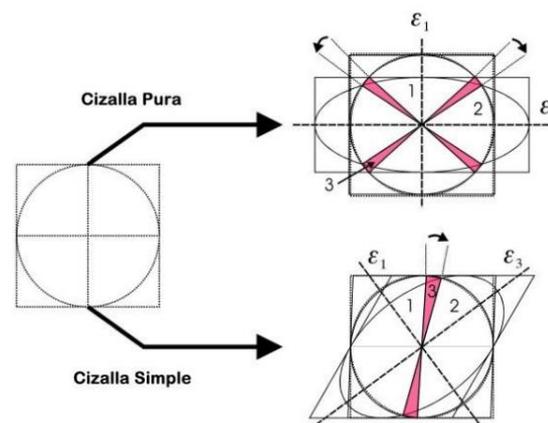
Fuente: (Fernández et al., 2013)

Nota: a) Características de deformación de una zona de cizalla ideal entre límites planares y paralelos. b) Sección bidimensional en dirección del eje mayor de deformación donde se muestra el ángulo Ψ de deformación (cizalla simple) y desplazamiento S . c) zona de cizalla dúctil con elementos estructurales característicos asimétricos (foliaciones) que indican el sentido del movimiento. (Fernández et al., 2013)

2.5.1.2. Zonas de cizalla frágil

Figura 15.

Deformación por una cizalla pura y cizalla simple.

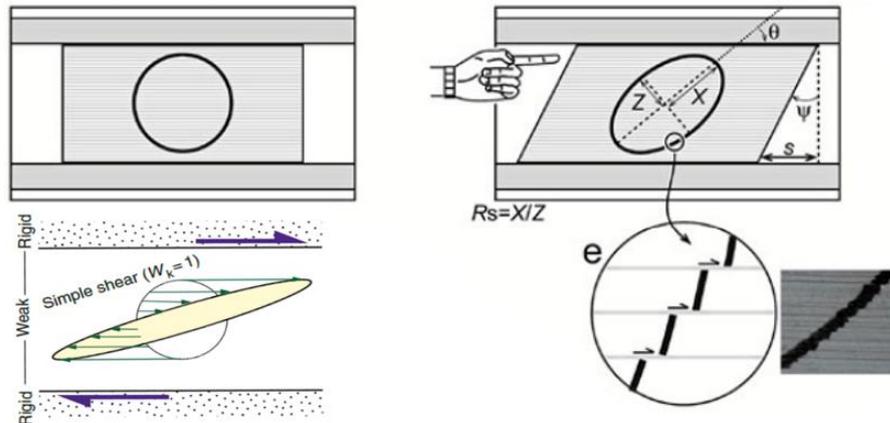


Fuente: (Padilla Y Sánchez, 2021)

Nota: Se observa la superposición de elipses de deformación formadas por una cizalla pura y cizalla simple respecto a las direcciones principales de deformación ϵ_1 y ϵ_3 . En el primer caso se observa la zona de acortamiento para posteriormente entrar a un proceso de alargamiento hasta que cesa el esfuerzo. (Padilla Y Sánchez, 2021)

Figura 16.

Elipse de deformación de cizalla simple en un régimen frágil.

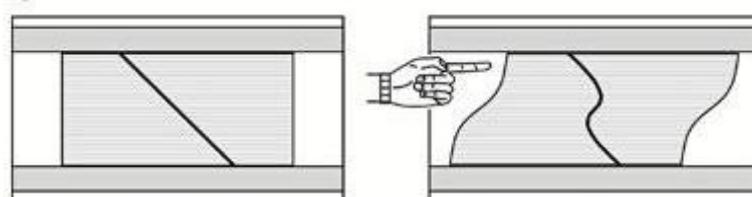


Fuente: (Fernández et al., 2013)

Nota: Se ilustra una circunferencia previa a la deformación ejercida por un esfuerzo y posteriormente el estado para una deformación de cizalla simple de una magnitud dada (s o y).

2.5.1.3. Zonas de cizalla dúctil

Figura 17. *Evolución de las microestructuras bajo un régimen dúctil.*

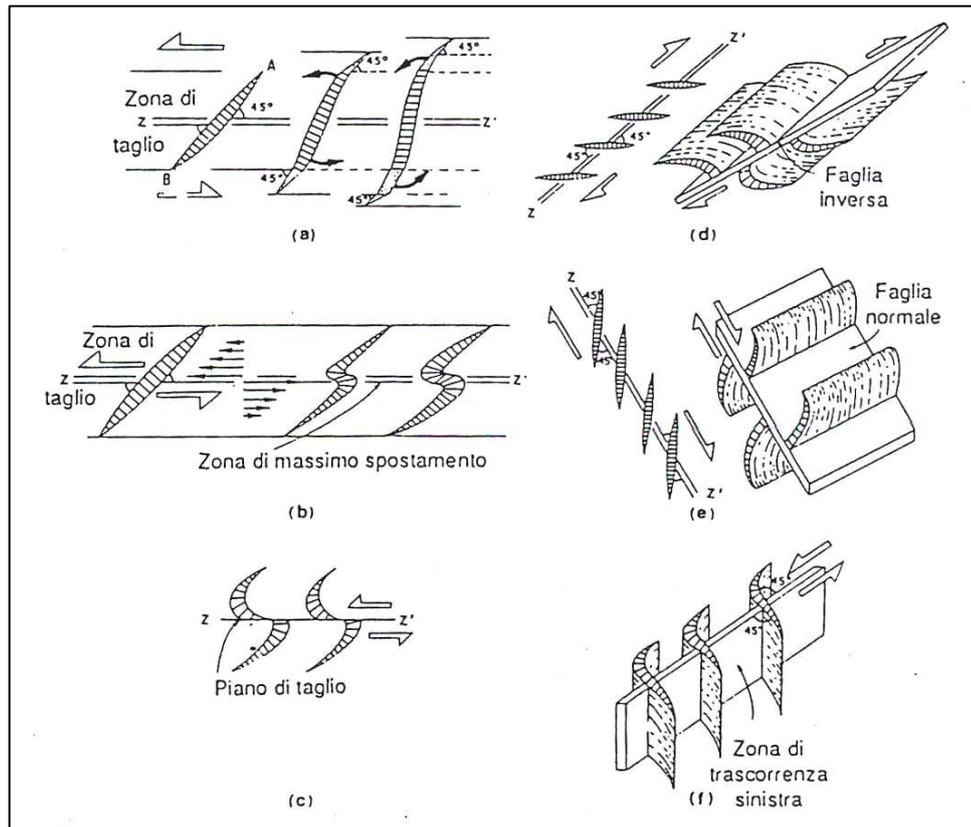


Fuente: (Fernández et al., 2013)

Nota: Deformación heterogénea de una línea inclinada para demostrar la aparición de una forma sigmoideal en un estado inicial y deformado. (Fernández et al., 2013)

Figura 18.

Características y orientación de grietas de tensión en una zona de falla normal e inversa.



Fuente: (Mercier & Vergely, 1995)

Nota. Microestructuras representativas en escalón en una zona de corte. a) Zona de corte. b) Zona de máximo desplazamiento. c) Plano de corte. d) Falla inversa e) Falla normal. f) Falla sinistral.

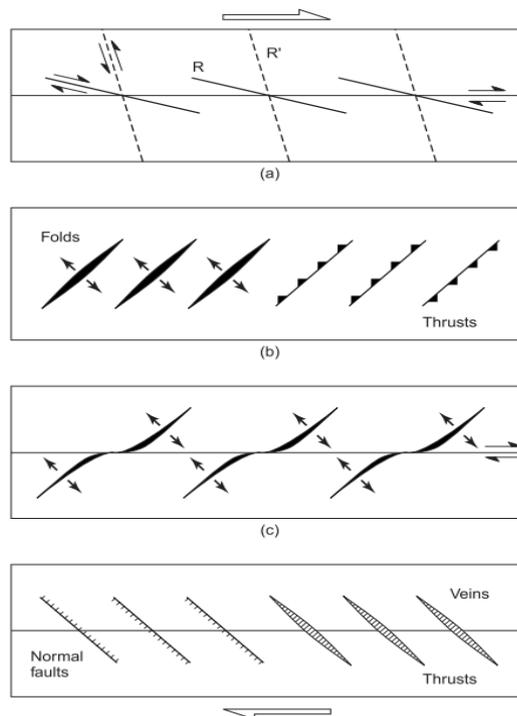
Se puede definir como volúmenes de roca geoméricamente subtabular, en su interior se encuentra la deformación, la primera definición por Ramsay (1980) indica a dos bordes o límites de las zonas de cizalla son planos y paralelos, sin embargo, lo habitual es que su geometría tienda a ser más irregular, esta

microestructura permite determinar el sentido y la orientación de cinemática en la zona de cizalla. (Fernández et al., 2013)

2.5.2. Modelo de fracturación de Riedel

Figura 19.

Sistema de fracturas Riedel



Fuente: (van der Pluijm & Marshak, 2004)

Nota: Estructuras asociadas a un corte dextral a) Fallas de deslizamiento Riedel R y R´ b) Pliegues y fallas inversas c) pliegues escalonados y luego un corte por una falla de rumbo d) Fallas normales y vetas escalonadas.

Donde:

R: Orientación de Cizalla Riedel sintética

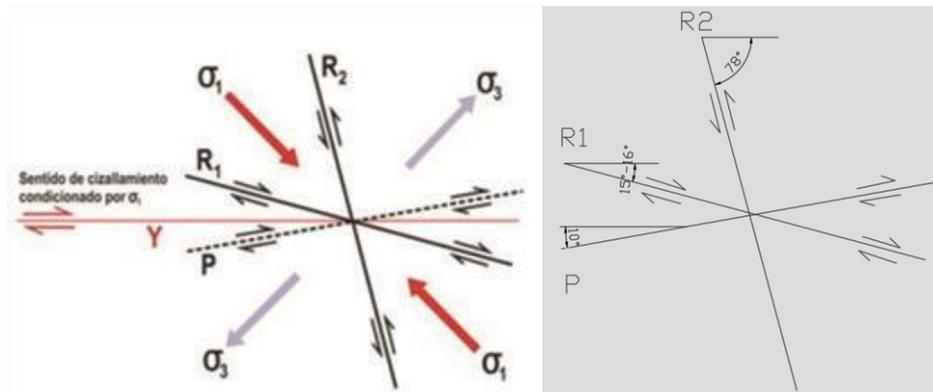
R´: Orientación Cizalla conjugado de Riedel antitética

P: Cizalla tipo P, su formación es después de las cizallas de Riedel

Cuando inicia la deformación frágil se inicia con las fracturas de cortante estas están inclinadas con ángulo con respecto a la falla principal, fracturas cortas que se denominan cizalla R o Riedel. Llegándose a formar dos conjuntos de cizalla Riedel R (entre 12° - 16°) R' (78°), que mediante la bisectriz entre los cortantes R y R' da la orientación local de una futura falla. Posteriormente se genera un tercer conjugado de fracturas denominado cizallamiento P que unen las cizallas Riedel formadas previamente, su orientación es paralela al esfuerzo principal. (van der Pluijm & Marshak, 2004)

Figura 20.

Tipos de micro estructuras tectónicas secundarias.



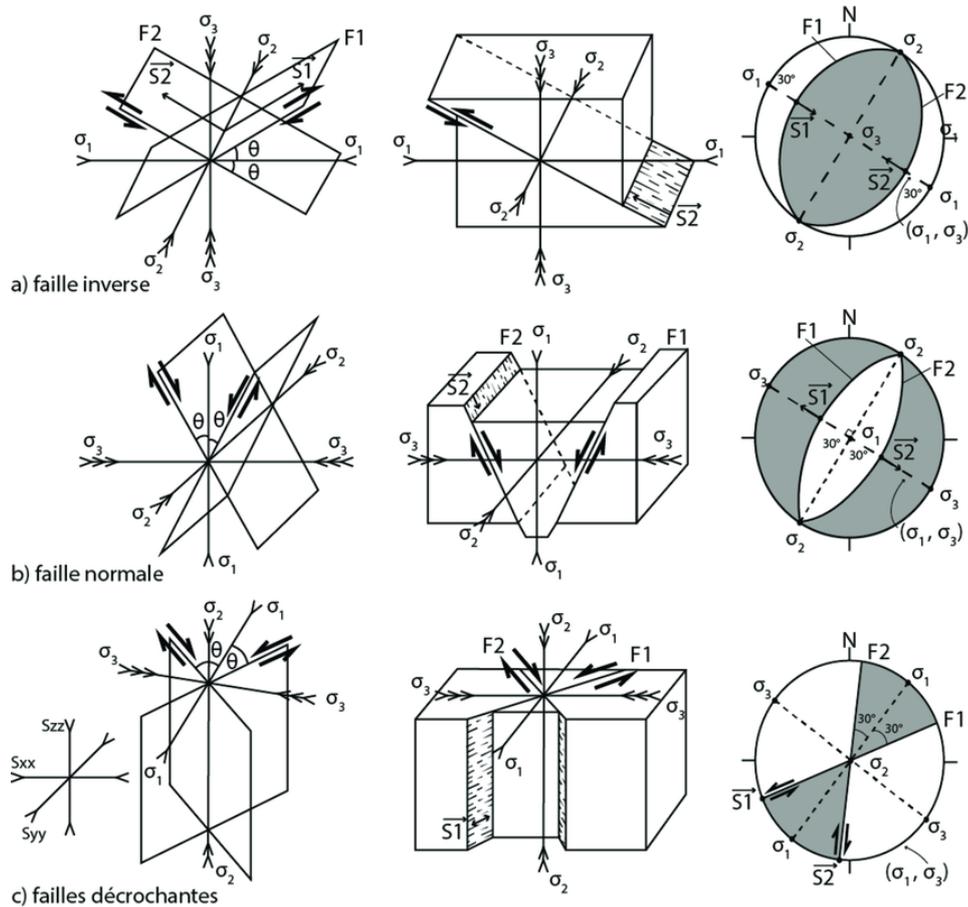
Fuente: (Modificado de Davis & Reynolds, 1996)

Nota: Orientación de las estructuras menores producidos por cizalla simple una zona de falla de rumbo lateral derecha y ángulos de fracturamiento.

2.5.3. Modelo de fracturación de Anderson

Figura 21.

Modelo de fracturación de Anderson (1951).



Fuente: (Legendre, 2018)

Nota: Se muestra la geometría y relación con la orientación de los esfuerzos principales para la interpretación dinámica de las fallas en un régimen tectónico según Anderson a) Falla inversa b) Falla normal c) Falla de rumbo, mostrándose las zonas de extensión (blanco) y las zonas de compresión (gris.)

Para el modelo de Anderson se tiene 3 tipos de falla básicos por los que se genera la separación dentro de los regímenes de esfuerzo. (Hatcher & Bailey, 2020)



Fallas inversas: fallas producidas por esfuerzos principales máximo e intermedio con orientación horizontal y el esfuerzo mínimo vertical, por lo tanto, se genera en un régimen de compresión horizontal para el fallamiento por empuje, estas fallas inversas son de buzamiento bajo. Como resultado se da origen a las fallas de cabalgamiento.

$\sigma_v = \sigma_3$; Régimen de falla inversa

Fallas normales: implica una extensión en dirección horizontal con el eje de esfuerzo máximo principal vertical, se puede generar planos de falla a 45° o menos con respecto a los ejes principales máximo y mínimo de deformación, por lo que generalmente forman fallas con buzamiento alto.

$\sigma_v = \sigma_1$; Régimen de falla normal

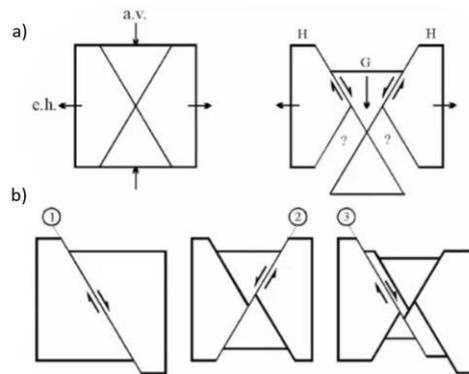
Fallas de rumbo: se da cuando los ejes principales de compresión máximo y mínimo son horizontales y el eje intermedio es vertical. El eje de tensión intermedio estará dentro de cualquier plano de falla que se forme por lo que su resultado debe ser vertical.

$\sigma_v = \sigma_2$; Régimen de falla de rumbo

2.5.3.1. Fallas conjugadas en el modelo de Anderson

Figura 22.

Fallas conjugadas en el modelo de Anderson.

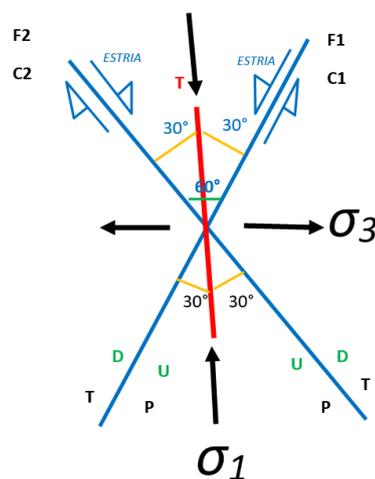


Fuente: (Hinojosa Gutiérrez, 2020)

Nota. a) incompatibilidad de movimiento simultaneo según dos fallas conjugadas, con signos de interrogación se indican espacios geológicamente imposibles. b) desarrollo secuencial de fallas conjugadas, primero, segundo y tercero.

Figura 23.

Arreglo geométrico de fallas conjugadas para un esfuerzo principal vertical.



Fuente: (Hinojosa Gutiérrez, 2020)

Donde:

σ_1, σ_3 : Dirección de esfuerzos principal y menor

C1: Conjugada 1

C2: Conjugada 2

F1: Falla 1

F2: Falla 2

T: Vetas, Diques

D: Down

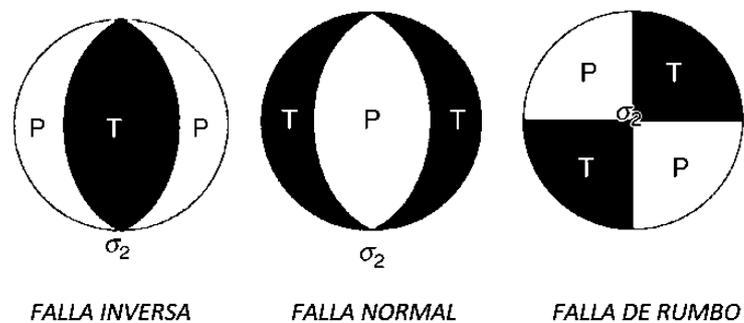
U: Up

T: Techo

P: Piso

Figura 24.

Se muestra en diedros las áreas de tensión(T) y compresión(P).



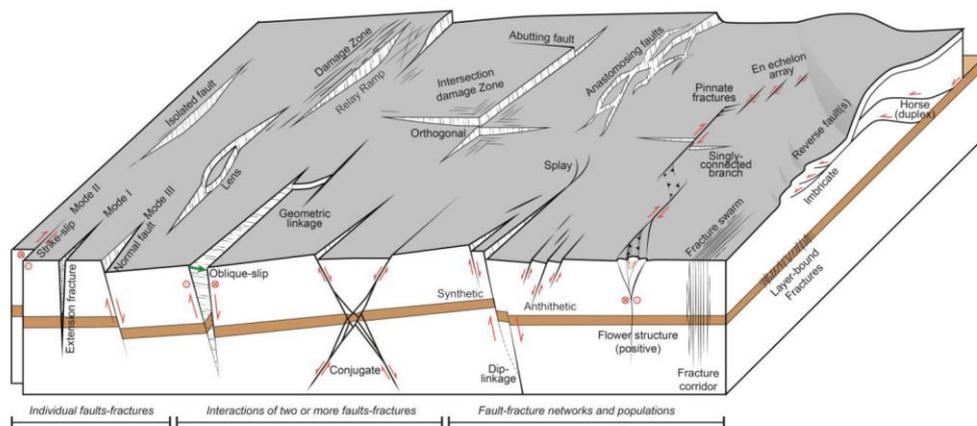
Fuente: (Anderson, 1951)

2.6. FORMACION DE SISTEMAS PREEXISTENTES O DURANTE LA MINERALIZACION

Los estudios de la evolución de una falla han demostrado que la permeabilidad aumenta en las zonas dañadas por fallas, por lo tanto, estas zonas pueden formar corredores importantes para los fluidos mineralizantes.

Figura 25.

Ilustración esquemática del rango de fallas y otras redes de fracturas, como fracturas individuales, interacción entre pares de fracturas y redes de fracturas.



Fuente: (Peacock et al., 2016)

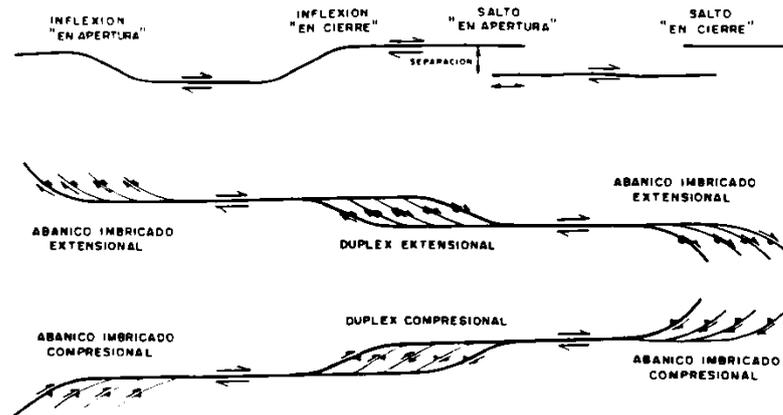
2.6.1. Arreglo geométrico y fenómenos de curvatura relacionados a las zonas de falla

Un factor que no está previsto en la teoría de Anderson Fig. 26, es la curvatura que desarrollan las fallas. Entre otros factores, debido a que los materiales geológicos no son isotrópicos, lo que produce variaciones direccionales en el vector de propagación de una falla a escala local y regional, de otro lado una zona de falla

o falla no puede mantener una continuidad en la misma orientación debido a las variaciones físicas que encuentra en su trayectoria. (Oyarzun & Doblas, 1998)

Figura 26.

Salto, inflexiones, abanicos imbricados y duplexes en sistemas transcurrentes.

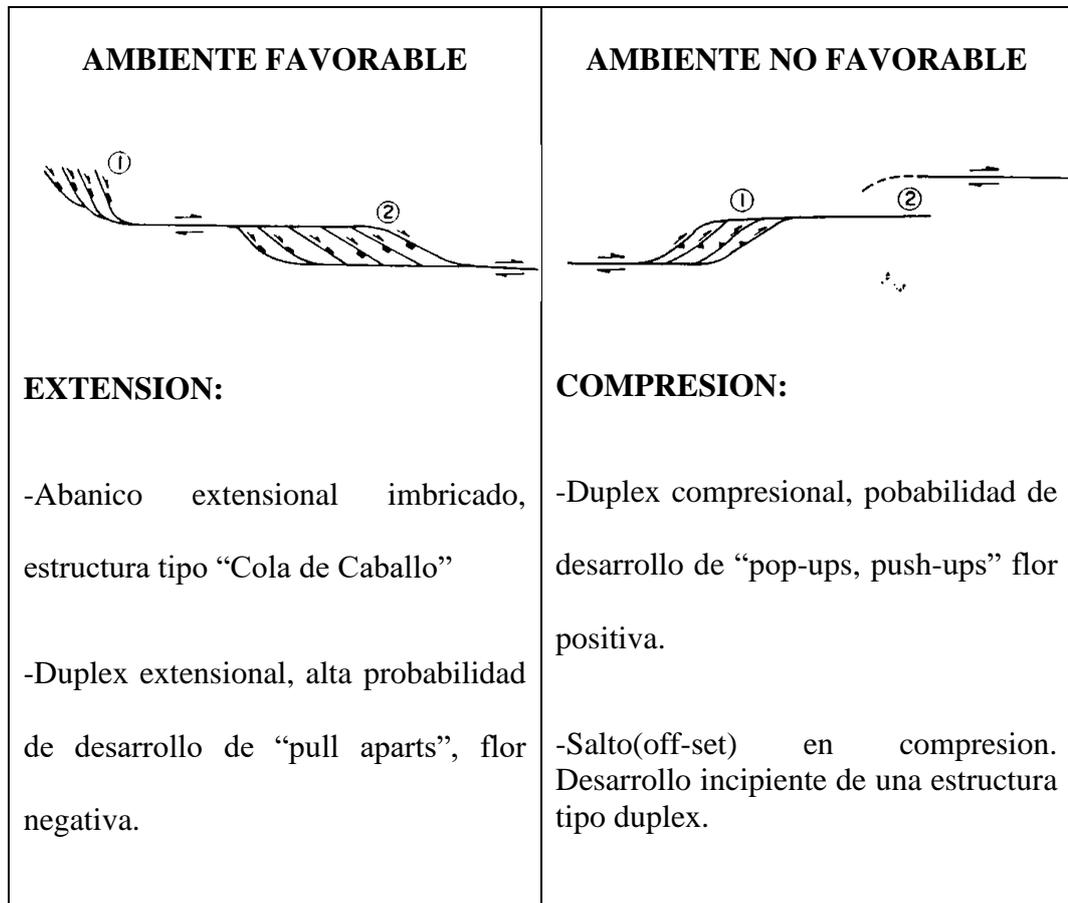


Fuente: Estudiados por Woodcock y Fischer (1986). (Oyarzun & Doblas, 1998)

Los sistemas de fracturamiento que se presenta en las zonas de compresión y extensión son zonas con probabilidades de ser mineralizados por flujos hidrotermales. Las zonas que presentan extensión son que aquellas que se encuentran "en apertura" presenta dos condiciones favorables principales, primero facilitan el flujo hidrotermal consecuente a ello la precipitación de la carga iónica, la masa mineral será determinado por la apertura que se presente por lo que existe una relación entre zonas de apertura y masas mineralizadas. (e.g., McKinstry, 1948).

Figura 27.

Zonas favorables y no favorables para la mineralización en un sistema de falla.



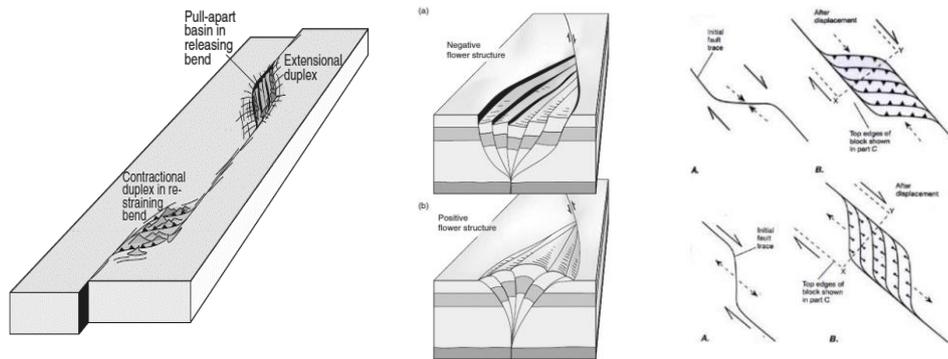
Fuente: (Woodcock y Fischer, 1986).

2.6.1.1. Duplexes y estructuras en flor

La existencia de saltos y curvaturas en la longitudinal de una falla genera la formación de estructuras denominadas como duplexes (Woodcox y Fischer, 1986).

Figura 28.

Zona de extensión y compresión a lo largo del sistema de fallas.



Fuente: (Fosen, 2010)

Las rocas que se encuentra en el alcance de una inflexión o un salto se pueden fallar progresivamente (fallas estructurales menores paralelas a la dirección de la inflexión) lo que da como resultado a los sistemas imbricados en relación a la falla principal. En otros casos como son las fallas de traza recta, la formación de un dúplex puede darse a través de la formación de fracturas de Riedel. Hundimientos (pull-aparts) y levantamientos (pop-ups, push-ups) (Oyarzun & Doblas, 1998).

2.6.2. Zonas de daño por falla en interiores y las zonas de daño exteriores

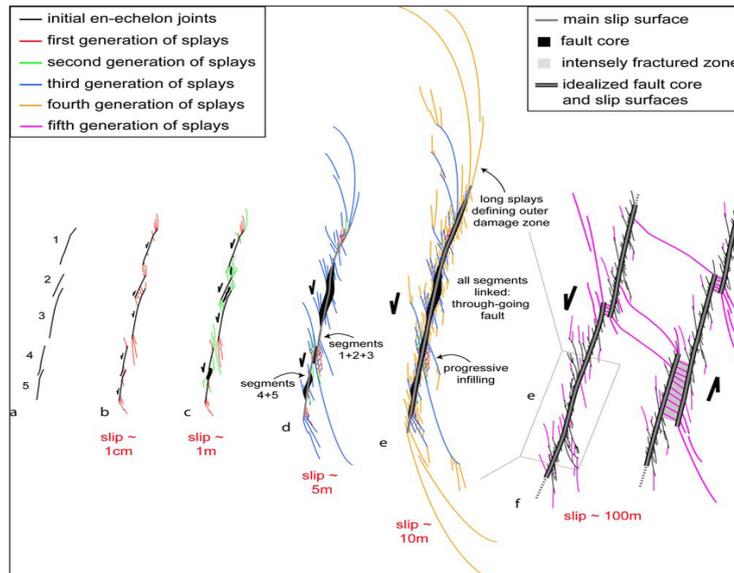
Estudios de campo y modelos de distribución de deslizamiento a lo largo de las fallas indican que la mayor cantidad de deslizamiento ocurre cerca del centro de los segmentos de falla y que disminuye de alguna manera a cero en los extremos de la falla. Si la distribución del deslizamiento está ligada a la distribución de la zona afectada o de daño a lo largo de una falla, el daño más amplio debería encontrarse en la parte media de la falla con poco o ningún daño cerca de sus puntas. (Joussineau & Aydin, 2007)



El enfoque geométrico tiene la virtud de ser aplicable a una amplia gama de configuraciones de fallas, pero tiene limitaciones cruciales que dificultan su aplicación a redes de fallas que se desarrollaron de manera secuencial. La primera dificultad en este tipo de situación es que es difícil distinguir entre las clases de zonas de daño definidas por Kim et al. (2004). Por ejemplo, la zona de daño de la pared en la parte central de una falla madura puede estar compuesta de estructuras relacionadas con zonas de relevo anteriores (zona de daño de enlace) o zonas de punta (zona de daño de punta) de segmentos de falla anteriores que se unieron a lo largo del tiempo para formar el presente. La segunda complicación es que la clasificación geométrica no tiene en cuenta la evolución progresiva de las estructuras que forman las zonas dañadas. Las extensiones formadas en las puntas de una falla (y clasificadas como zona de daño en la punta) pueden, por ejemplo, evolucionar más adelante hacia fallas con sus propias zonas de daño en la punta, la pared y las conexiones. (Joussineau & Aydin, 2007)

Figura 29.

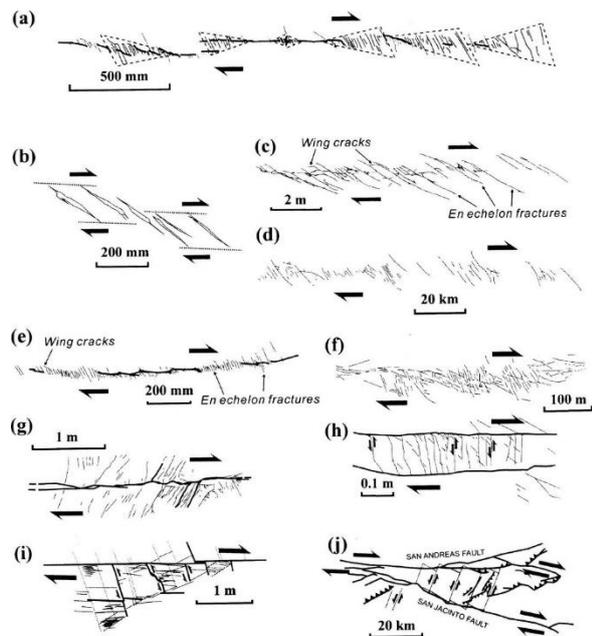
Modelo conceptual de evolución de la zona de daño con crecimiento de fallas.



Fuente: (Joussineau & Aydin, 2007)

Figura 30.

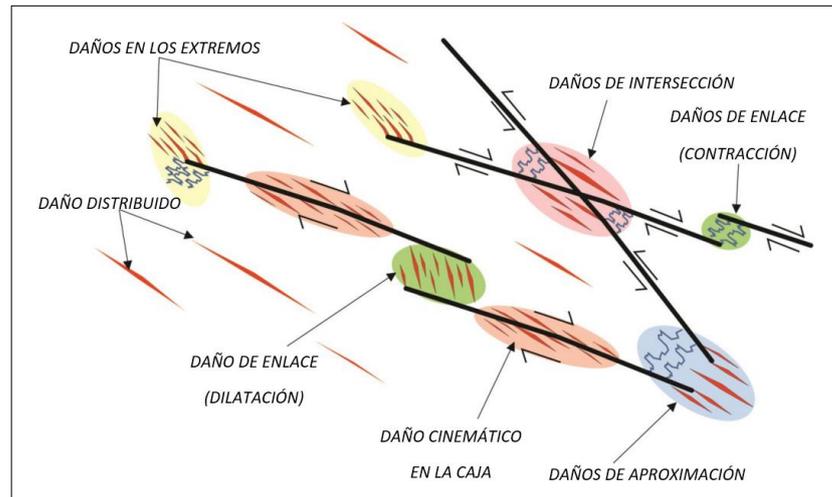
Zona de daño alrededores para una falla de deslizamiento dextral.



Fuente: (Bogie, 2006)

Figura 31.

Diferentes tipos de daño en las zonas de intersección y aproximación de fallas geológicas.



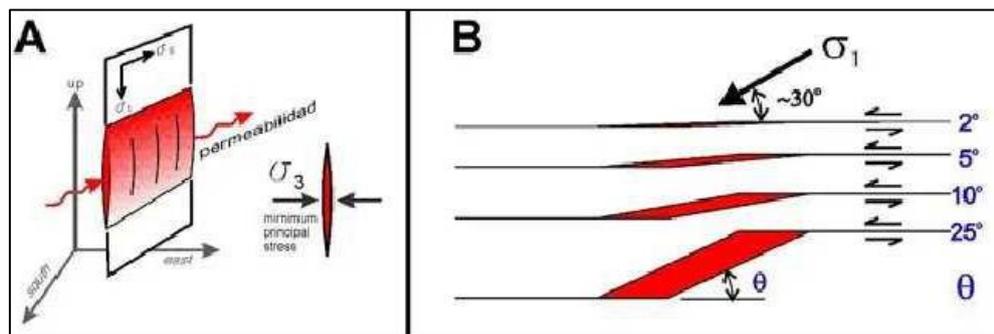
Fuente: Modificado de Kim et. Al (2004). (Peacock et al., 2016)

Nota. Enfoque geométrico adaptado por Kim et al. (2004), que define los diferentes componentes de las zonas de daño por su ubicación a lo largo de las fallas (Extremos, Caja y zonas de daño de enlace). (Peacock et al., 2016)

Las zonas de falla consisten en uno o más fallas principales, junto con una serie de fallas secundarias, además de ello se forman fallas más pequeñas que ocurren dentro de la zona de falla de mayor escala, estas pueden anastomosarse y ramificarse.

Figura 32.

Variación en la potencia de una veta además de cambios en su orientación para una falla de tipo dextral. La masa Discovery estaría relacionada a una estructura de tipo dúplex extensional.

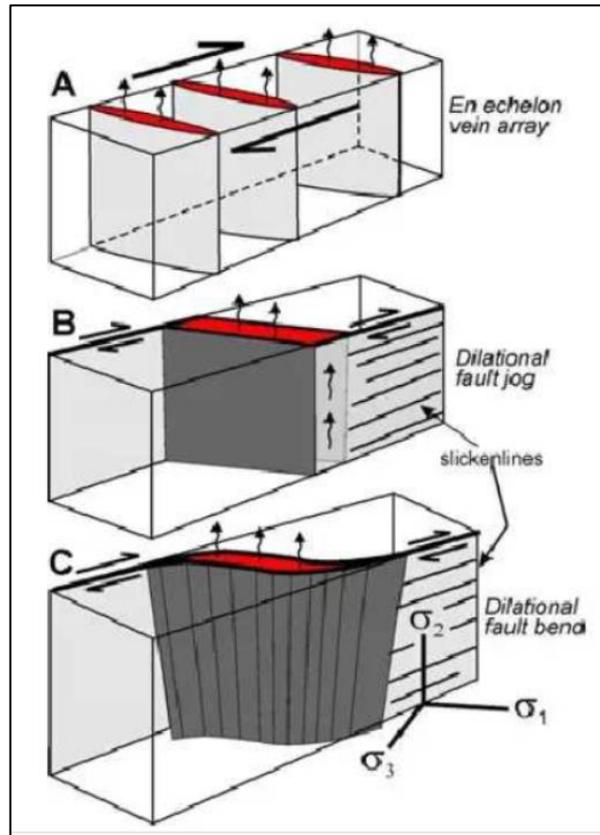


Fuente: (Nelson, 2010)

Nota: Se observa una geometría de apertura mineralizada relacionado a una falla de tipo dextral a) Las masas mineralizadas principales relacionada con una estructura tipo dúplex extensional se forman en el eje de la tensión principal mínima (sigma tres) para determinar la potencia de la estructura mineralizada. b) aberturas que se forman a lo largo de las fracturas por cortante por la desviación de la geometría de la falla. (Nelson, 2010)

Figura 33.

Preferencia de permeabilidad desarrollada a lo largo del sigma dos.



Fuente: (Nelson, 2010)

Nota. a) Échelon, b) y c) Zonas de extensión rectas y curvadas. La permeabilidad estructural se da a lo largo del eje del sigma dos vertical, formándose un conjunto de vetas escalonadas o discontinuas por tramos de menor mineralización .

2.7. DATUM ESTRUCTURAL

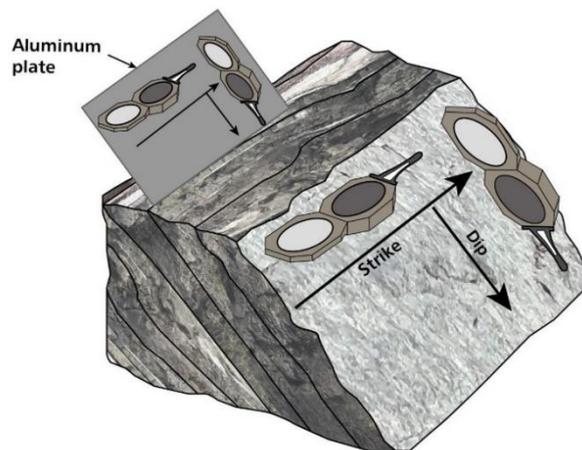
Para el análisis estructural del sistema de fallas es necesario medir los siguientes elementos:

2.7.1. Azimut (strike)

El azimut o Strike es la dirección del plano principal se representa por el ángulo horizontal medido en el sentido horario desde el norte, y se mide de 0° - 360° .

Figura 34.

Posición de la brújula respecto a los datos estructurales con brújula Brunton, Azimut(strike) y Buzamiento (Dip).



Fuente: Québec Geomining Information System. (SIGÉOM)

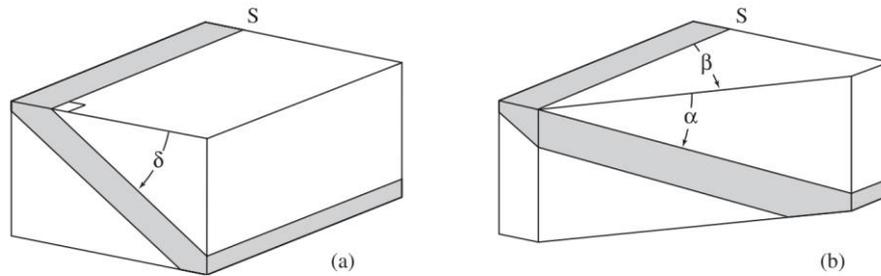
2.7.2. Buzamiento (Dip)

Buzamiento real: la inclinación de la línea más pronunciada en un plano; se mide perpendicular a la dirección azimutal del plano, y se mide de 0° a 90° desde la horizontal

Buzamiento aparente: la inclinación de una línea oblicua en un plano; siempre es una caída menor que la real.

Figura 35.

Rumbo del plano S, buzamiento real δ (delta), buzamiento aparente α (alfa) y dirección del estructural β (beta).



Fuente:(Ragan, 2009)

Donde:

Tg (buzamiento aparente) = Tg (Buzamiento real) x Cos (Angulo agudo entre el corte y el rumbo).

2.7.3. Trend o Tendencia de la estría

La dirección horizontal del plano vertical que contiene la línea, especificada por su rumbo o azimut, tiene un valor medible de 0° a 360° .

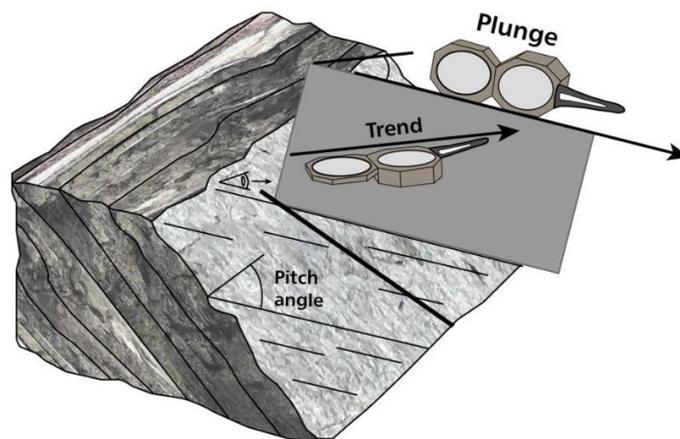
Se coloca un borde de la placa de aluminio contra la línea a medir, paralela a ella. La brújula se coloca contra la placa de aluminio con la mira apuntando en la dirección de inmersión de la línea. Asegurándose de que el borde de la placa quede siempre contra la línea a medir, se gira la placa hasta que quede en posición vertical utilizando el nivel de burbuja. Luego se puede medir la orientación de la línea, que está indicada por el norte de la aguja de la brújula una vez que se ha estabilizado.

2.7.4. Plunge o Inmersión

El ángulo vertical medido hacia abajo desde la horizontal hasta la línea ubicada en el plano que lo contiene, tiene un valor de 0° a 90° el modo de medición se observa en la Fig. 36. En un segundo paso, manteniendo la placa en la misma posición, se coloca el compás contra el borde de la placa paralelo a la alineación. Con la ayuda del clinómetro se puede leer la caída de la línea.

Figura 36.

Posición de la brújula para los datos estructurales, Trend, Plunge y el Rake (Pich).



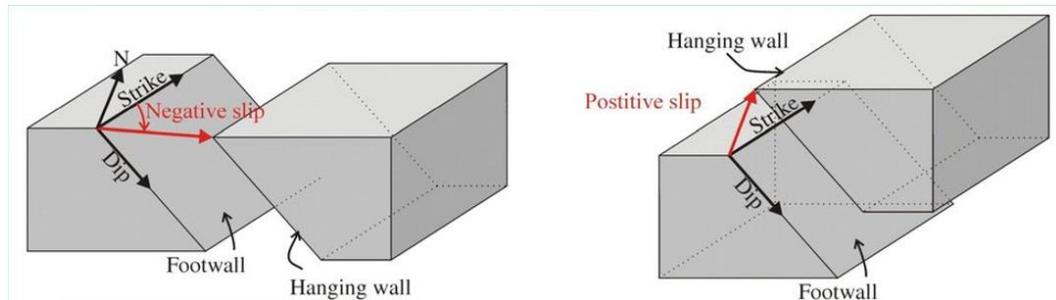
Fuente: Québec Geomining Information System. (SIGÉOM)

2.7.5. Rake (Pich)

Línea: el elemento geométrico generado por un punto en movimiento; sólo tiene extensión a lo largo del recorrido del punto.

Figura 37.

El Rake muestra el ángulo de desplazamiento positivo o negativo en el plano de falla.



Fuente: USGS

Nota. Rake es el ángulo entre una línea a medir y una línea en el plano que la lleva y tiene un valor de 0° a 90° , la medición se realiza con un transportador después de haber identificado la lineación y la orientación del plano.

Corresponde al ángulo agudo entre la lineación medida y la horizontal. También se registra la dirección de inmersión de la lineación, ya que puede tener dos orientaciones. Para utilizar este método, es fundamental conocer la orientación (dirección y buzamiento) del plano que lleva la línea. La conversión de un ángulo de paso en la orientación y descenso de una lineación se realiza mediante una falsilla estereográfica o software, para el cual se requiere que se conozca el rumbo del plano.

2.7.6. Indicadores cinemáticos de fallas geológicas

Elementos para realizar el análisis cinemático:

1. Orientación del plano de falla

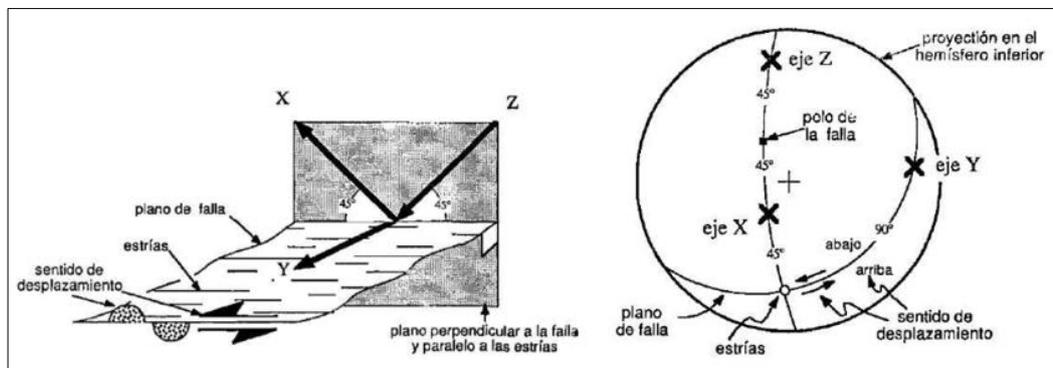
2. Orientación de las estrías

3. Sentido del desplazamiento.

X=eje de extensión, Y=eje intermedio y Z=eje de compresión.

Figura 38.

a) datos microestructurales en el plano de falla b) proyección estereográfica de la falla y el dato microestructural.



Fuente: (Allmendinger, 1986)

Las lineaciones en un régimen frágil curren en la superficie de la falla, estas lineaciones se forman por el crecimiento de minerales en las fracturas de extensión se presentan como estrías talladas en los planos de corte y fallas, intersecciones de fracturas y curvatura de fracturas formadas previamente, donde los minerales han crecido generalmente en dirección de las fracturas alineándose a estas, minerales como cuarzo, yeso, anhidrita, actinolita presentándose en un hábito fibroso en una dirección, a veces es posible notar fibras curvas indicando un cambio de dirección de los esfuerzos durante su formación. (Fosen, 2010)

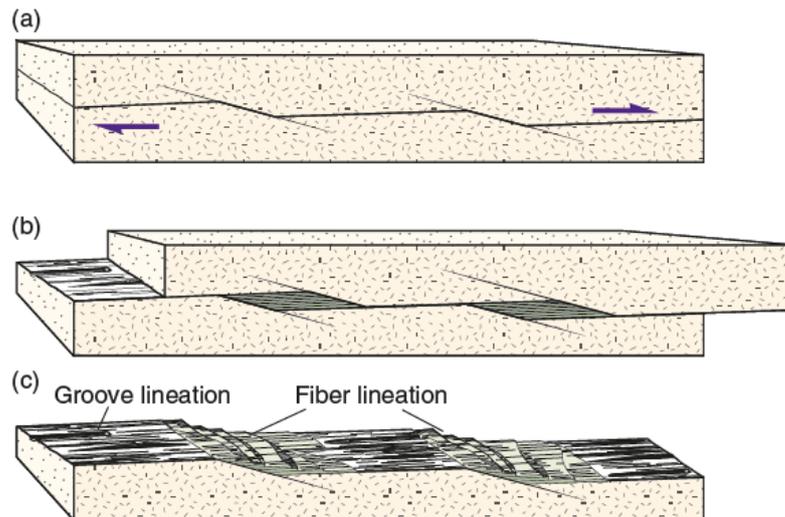
A) etapa temprana

b) etapa final de formación

c) se retira un bloque para mejor visualización de los lineamientos

Figura 39.

Formación de lineaciones en los planos de corte y falla.



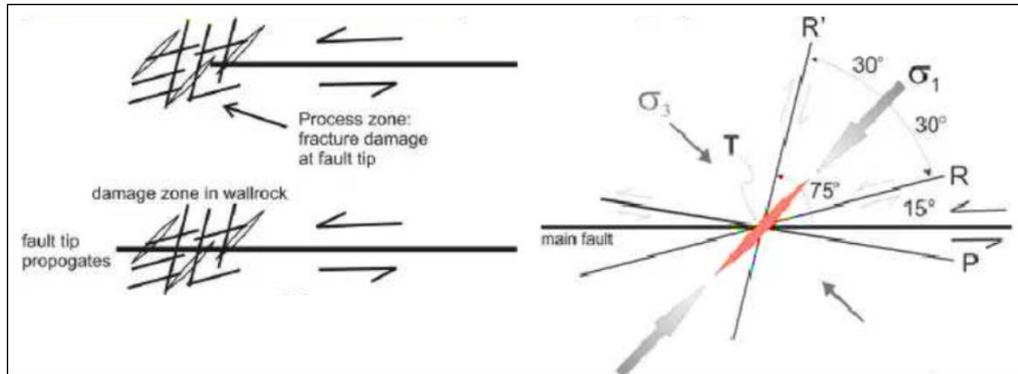
Fuente: (Fosen, 2010)

2.7.7. Criterios de fractura

Las pequeñas fracturas que se desarrollan en la superficie del plano de falla por el deslizamiento pueden mostrar arreglos geométricos que indican el sentido del desplazamiento de la falla. Estas fracturas reciben diferentes nomenclaturas general dependiendo de sus orientaciones y cinemáticas, en la Fig. 41 se muestra 3 categorías de fracturas detallados en secciones perpendiculares a la superficie de deslizamiento (superficie de deslizamiento M). Los indicadores cinemáticos en el plano de una falla de tipo dextral son irregulares. Mediante estas categorías el geólogo francés Jean Pierre Petit los clasificó en 3 criterios para determinar el tipo de esfuerzo que ha soportado la estructura.(Fosen, 2010)

Figura 40.

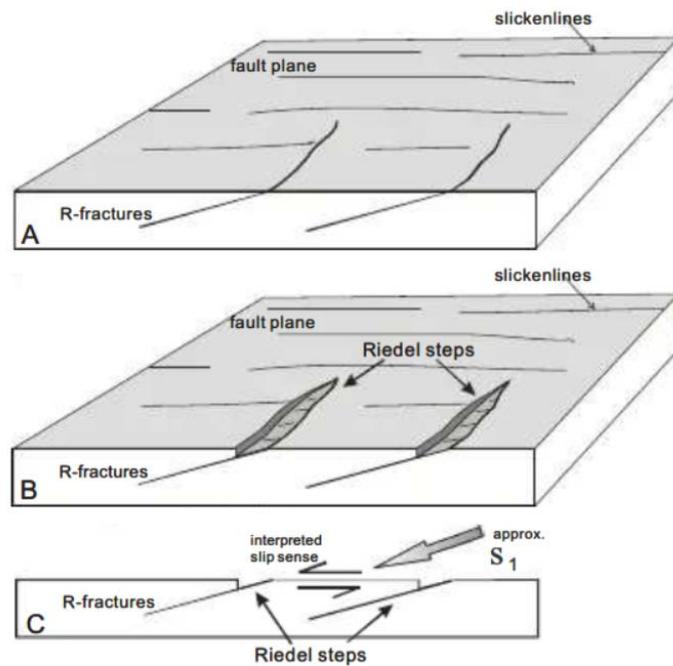
Criteria de fractura de segundo orden desarrollados en el plano de falla relacionado con el sentido de fracturas de tipo Riedel sinestral.



Fuente: (Nelson, 2010)

Figura 41.

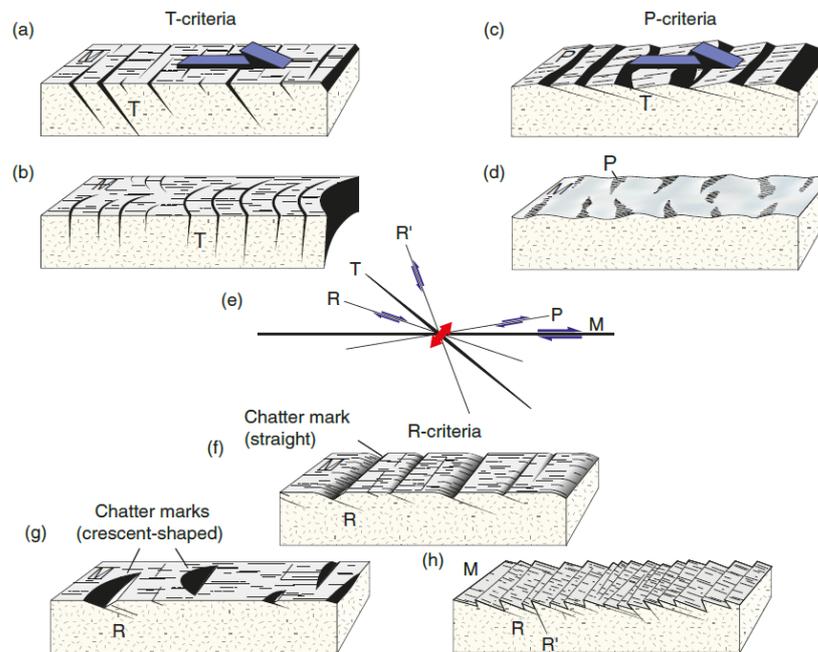
Criteria de fractura de segundo orden en vista isometrica desarrollados en el plano de falla con relacion al sentido de fracturas de tipo Riedel sinestral.



Fuente: (Nelson, 2010)

Figura 42.

Criterios de fractura desarrollados en el plano de falla relacionado con el sentido de fracturas de tipo Riedel dextral.



Fuente: (Fosen, 2010)

CRITERIO (T): Fracturas por extension, se forman fracturas de minima extension pueden estar abiertos pero son comunmente mineralizados con cuarzo o carbonatos estas no muestran estrias, geometricamente forman una T con respecto a la superficie de deslizamiento, fracturas que tipicamente se inclinan en promedio 45° en direccion del deslizamiento con respecto a la superficie , superficie de desplazamiento.

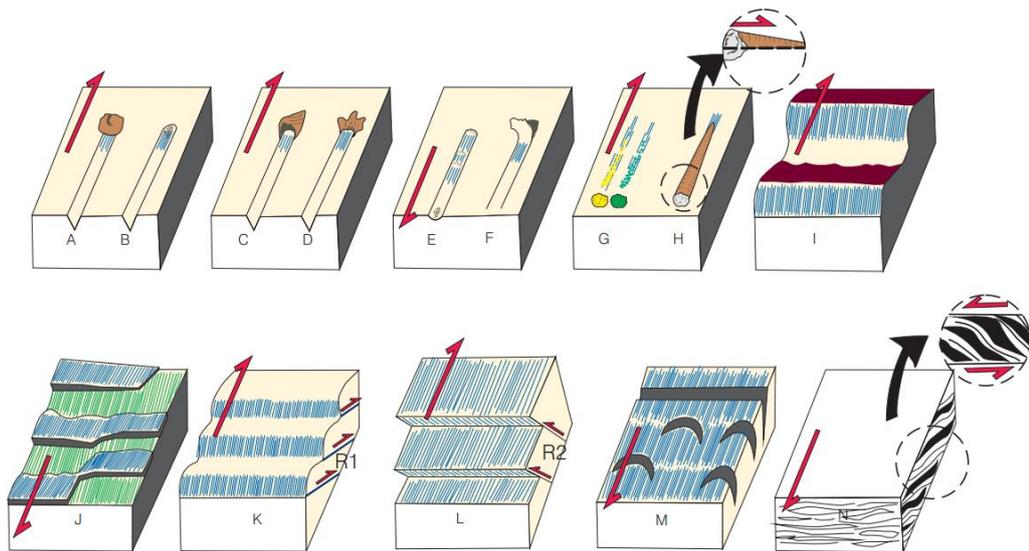
CRITERIO (R): Fracturas Riedel representan a las fallas de tipo normal de angulo bajo, en tanto que las fracturas (R') corresponden a las fallas de tipo inversa antiteticas los que forman un angulo mayor con respecto a M, siendo las

fracturas de Riedel más comunes que R' y P sin embargo todas coexisten revelando la cinemática y orientación con respecto a M.

CRITERIO (P): Fracturas por cizallamiento estas fracturas buzan en dirección opuesta con la superficie de deslizamiento, formando ángulos bajos con respecto a M, cinemáticamente corresponden a fallas de tipo inverso. Estas superficies pueden estar pulidas y estriadas.

Figura 43.

Microestructuras (tectoglifos) indicadores de la cinemática.

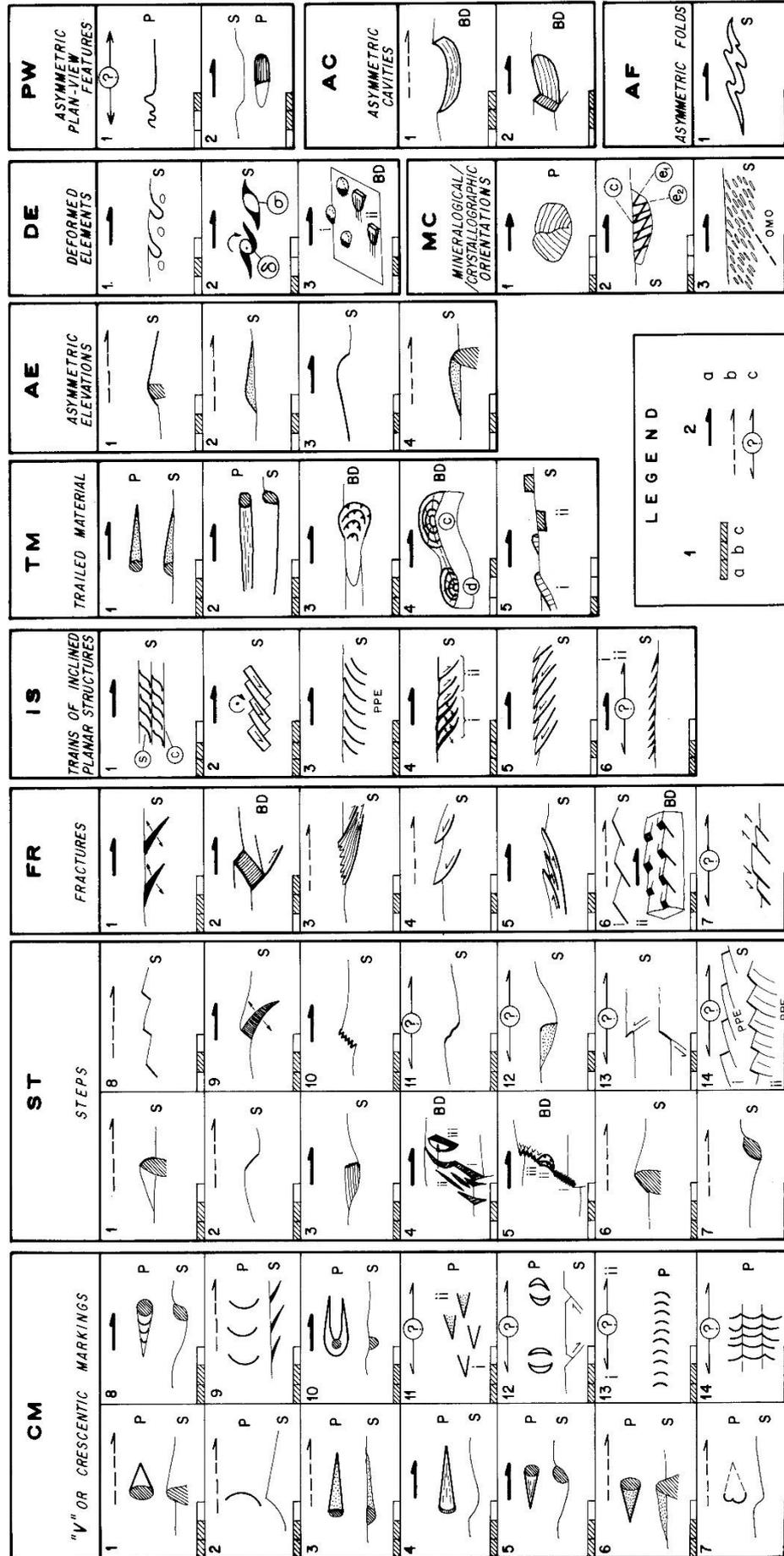


Fuente: (Quispe Cangana, 2006)

Nota: Los indicadores cinemáticos (tectoglifos) son indicios estructurales que se forman en un ambiente de régimen frágil asociado a fallas geológicas que mediante su uso se mide y describe la dirección y sentido del movimiento y desplazamiento sobre el plano de la falla. Seguidamente se describe los rasgos más relevantes. (Quispe Cangana, 2006).

Figura 44.

Clasificación de indicadores cinemáticos (Slickenside).





Fuente: (Doblas, 1998)



Nota. Leyenda: 1 = Escala de ocurrencia de los indicadores (a=microscópico; b=decenas de milímetros; c=métrico); 2=tres tipos diferentes de flechas (apuntando en la dirección del movimiento del bloque faltante) indica el grado de confianza en cada uno de los indicadores cinemáticos (a=bueno; b=regular; c=pobre); BD = diagrama de bloques; OMO = orientación mineralógica oblicua; PPE = elemento plano anterior; P = plano; S = sección.

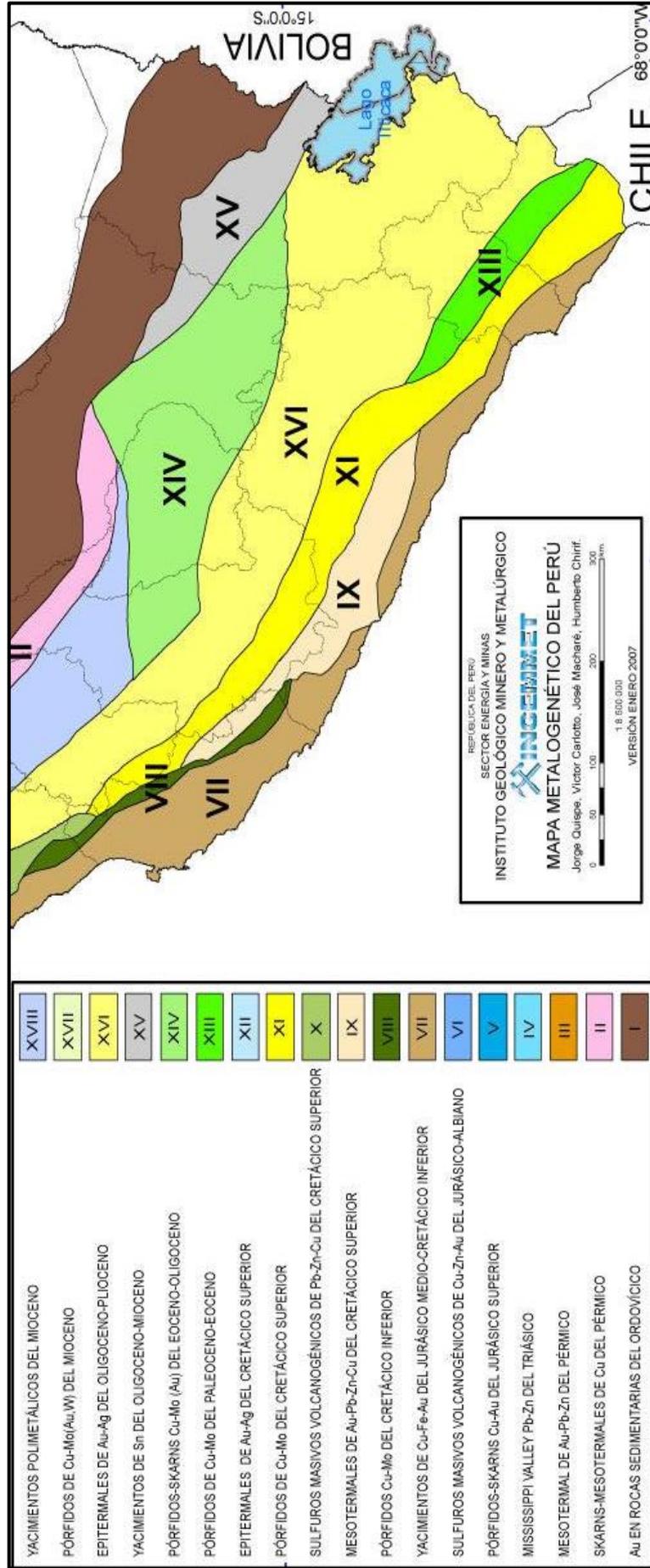
2.8. CONTEXTO METALOGENÉTICO

El Sistema de Fallas Iquipi-Clavelinas SFIC controla el emplazamiento de los magmas intrusivos durante el Cretáceo Superior los que son parte del batolito de la Costa, así como los diferentes prospectos mineros que forman parte de la franja metalogénica del Cretáceo Superior. El SFIC sería un sistema estructural transcortical por donde magmas ascendieron subverticalmente desde profundidades que corresponden a la corteza inferior-media y al manto superior. Es por esta razón, que este sistema tectónico representaría un ambiente favorable para el emplazamiento de depósitos minerales y pequeños centros volcánicos monogenéticos. (M. Mamani & Rivera, 2011)

Dentro de las cuatro áreas de la franja metalogénica IX de depósitos de Au-Pb-Zn-Cu relacionados a intrusiones del cretáceo superior se cuenta con el corredor aurífero Saramarca-Nazca-Ocoña ($14^{\circ} 30'$ - 17°) ubicado al Sur de la franja, donde se encuentra estructuras mineralizadas con mineralización de cuarzo-oro-sulfuros hospedadas en granitoides del Cretáceo Superior del Batolito de la Costa, estas estructuras son controladas por fallas con orientación NO-SE, N-S y E-O, constituyendo el corredor Nazca-Ocoña. Como principales depósitos de esta zona sur de la franja se tiene a Orión, Caravelí, Ishihuinca, Calpa, Arirahua y San Juan de Chorunga. (Acosta et al., 2020)

Figura 45.

Franjas metalogenéticas en el sur del Perú.



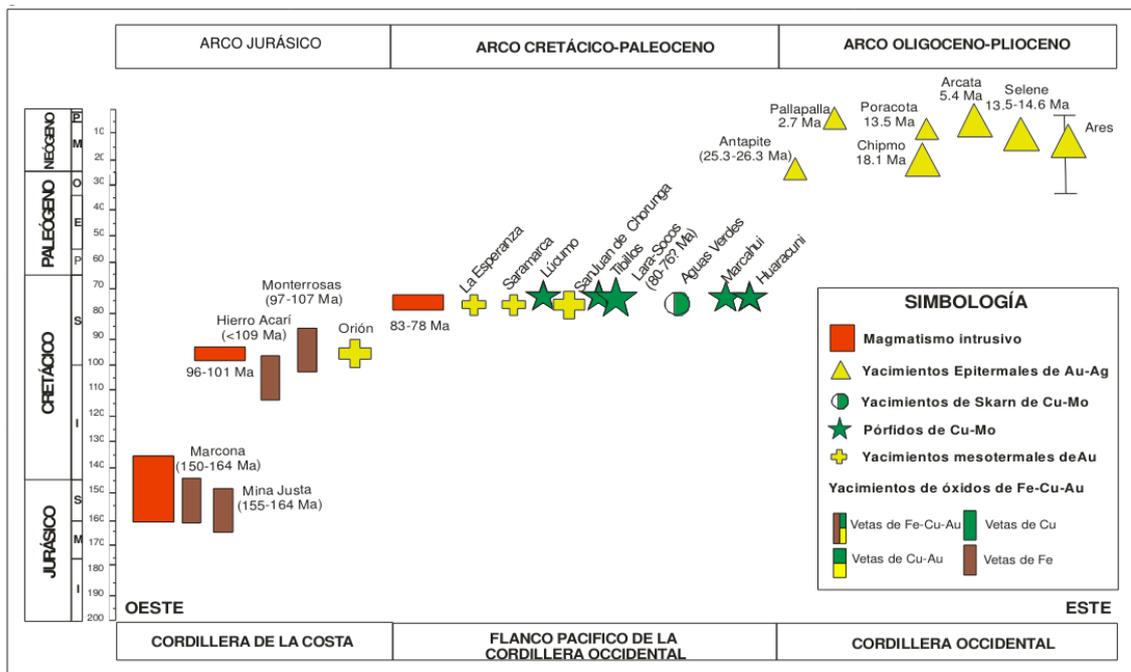
Fuente: INGEMMET (2006)

Nota. Franja IX donde se ubica los yacimientos, mineros Ishihuinca, Arirahua, San Juan de Chorunga próximo al área de investigación.

Las épocas de mineralización se representan por las franjas metalogenéticas que se extienden a lo largo de litologías y estructuras que han favorecido la mineralización hipógena. Por lo que se puede encontrar distintas franjas dentro un mismo dominio geotectónico, que se caracterizan por formarse en unidades litológicas de cierta edad así como estar limitados por grandes sistemas de fallas.(Acosta et al., 2004)

Figura 46.

Relación espacio tiempo para la mineralización hipógena entre las latitudes 14°S-16°S.

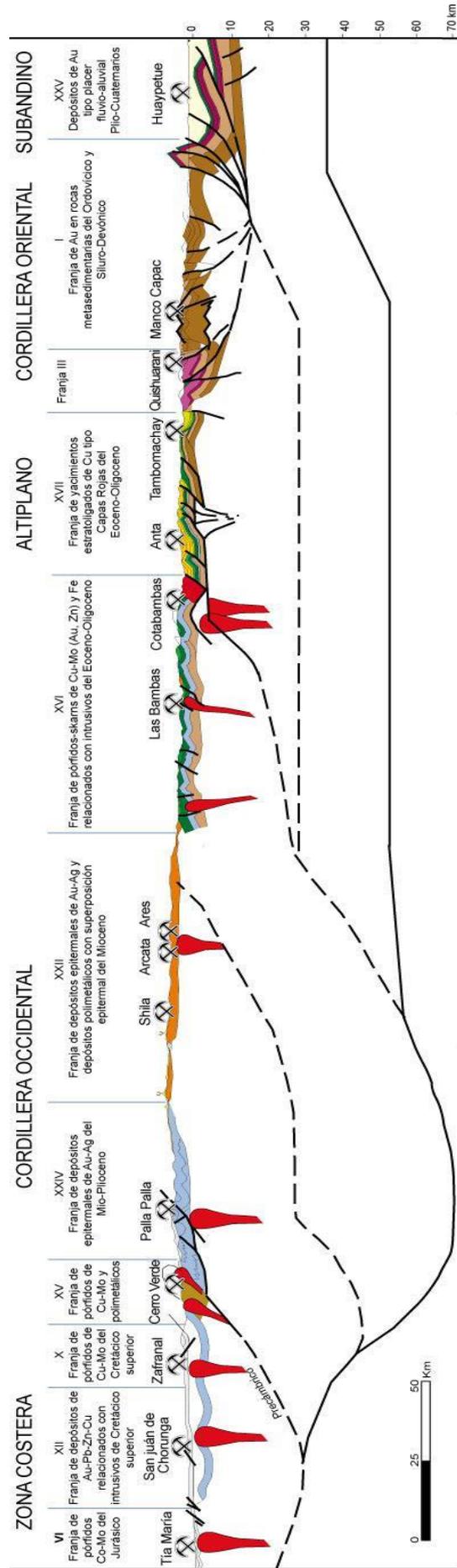


Fuente: (Acosta et al., 2004)

Nota. Se muestra los yacimientos epitermales de Au-Ag como San Juan de Chorunga durante el cretáceo superior.

Figura 47.

Sección estructural de franjas metalogenéticas en el sur del Perú. E-W



Fuente: (Quispe et al., 2009) modificado de Carlotto (2006)

Nota. Se observa la zona costera relacionada con intrusivos del cretácico superior.



2.9. TIPO DE YACIMIENTO

Las intrusiones se desarrollaron en la zona sub superficial, estas rocas intrusivas diferenciadas de naturaleza granodiorítica a tonalítica pertenecientes al batolito de la costa dieron origen a depósitos mesotermales a epitermales, finalizando el proceso de cristalización se formaron las soluciones hidrotermales que dieron origen a la mineralización asociados principalmente a intrusiones félsicas. (Gallos C. & Sanchez M., 1997)

Las fallas hospedantes están relacionados a una fase mayor de dirección dextral lateral. En tanto, la orientación geométrica de las vetas aprovecha las estructuras de tipo Riedel antitéticas de carácter transandino con un azimut de N75°E/75°SE a N80°E/80°SE indicando también su comportamiento de fracturas de extensión Blenkinsop, T. G. (2008) generadas a partir de movimientos andinos N-W.(Diaz et al., 2016)

La veta viento se clasifica como un yacimiento de tipo filoniano mesotermal cuarzo-oro, donde el oro se presenta en forma libre y asociado a la pirita, además de presentarse como electrum; con cantidades mínimas de calcopirita, galena y como ganga se tiene al cuarzo y la calcita.

2.9.1. Características microscópicas de la ocurrencia del oro

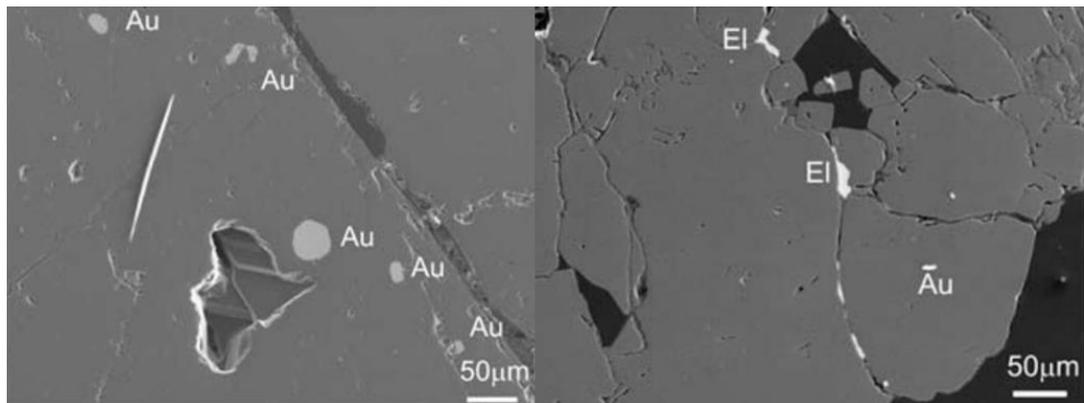
Ópticamente se observa la presencia de oro nativo y electrum en menor proporción, es decir, oro con contenidos de plata no entre 20%-50%. La pirita aurífera frecuentemente se encuentra microfracturada, siendo el hospedante principal de la mineralización. Presentándose: 1. Como inclusiones anhedrales y globulares en la pirita de 0.5 - 120 micras, 2. Inclusiones anhedricas y globulares dentro de la calcopirita que esta relleno microfisuras de la pirita y miden 1-120

micras de longitud x 5-25 micras de ancho. 3. Rellenando microfracturas de la pirita. Estas microvenillas de oro miden 30-360 micras. (Diaz et al., 2016)

El oro se mineralizó en dos fases. Primero se dio el oro nativo dentro de los granos diseminados de pirita. Segundo se formó el oro asociado a la plata en cantidades variables dando origen al mineral electrum, esta segunda generación más tardía aparece relleno las fracturas que se encuentra en la pirita. (Palacios et al., 2011)

Figura 48.

Imágenes SEM (Scanning Electron Microscope)



Fuente: (Palacios et al., 2011)

Nota. Se observa la variedad de ocurrencias del Au asociado a la Py. Au: Oro; El: Electrum.

2.9.2. Labores en minería subterránea

Son labores de exploración y desarrollo en donde se realiza excavaciones, estas pueden ser labores horizontales y verticales (cortadas, galerías, piques,



chimeneas, inclinados) con el objetivo de llegar a las proyecciones estudiadas de las vetas para su posterior desarrollo. (Vilca Herrera, 2013)

La nomenclatura usada en minería subterránea para todos los trabajos que se realizan convencionalmente bajo este esquema es variada por lo que se dan a conocer algunos conceptos de labores en minería subterránea. (Salas Mena, 2013)

- a. **Cortada y galería:** Son labores horizontales al interior de una mina subterránea con pendiente de drenaje realizadas principalmente con fines exploratorios además de permitir los accesos y servicios a las zonas de trabajo.
- b. **Subnivel:** Son labores horizontales realizadas durante la etapa de preparación a partir de una chimenea sobre el nivel principal, sirven para delimitar el inicio del área de explotación.
- c. **Bypass:** Labor horizontal que se diseña paralelo a las galerías como acceso alternativo y necesario.
- d. **Chimenea:** Labor vertical y/o ligeramente inclinadas con sección de 1.5m x 1.2m, para chimeneas simples y de 2.4m x 1.2m para chimeneas de doble compartimiento para el tránsito del personal y extracción de mineral.
- e. **Pique:** Labor vertical de sección 1.2m x 1.2m tiene la finalidad de bajar y subir personal, materiales, equipos y mineral.
- f. **Inclinado:** diseñadas con pendientes entre 57% y 70%, estas permiten el acceso de un nivel a otro, para la extracción de mineral y desmonte, así como equipos.
- g. **Tajos:** Método de explotación Corte y Relleno Ascendente (Over Cut and Fill) método de explotación empleado Corte y Relleno Ascendente. Para

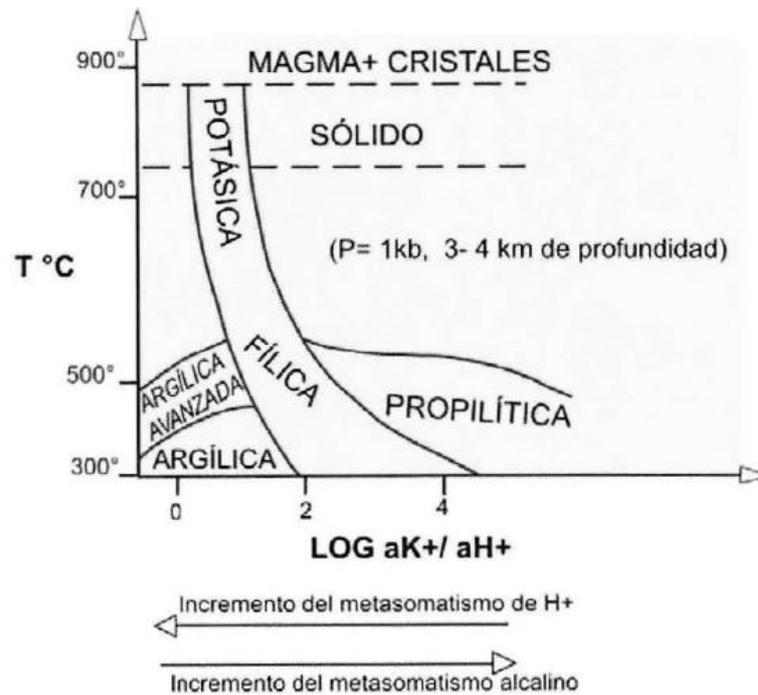


los casos de vetas muy angostas e irregulares en potencia y mineralización se emplea el Circado como un sub-método de explotación, tiene la particularidad de ser muy selectivo. El método consiste en disparar solamente la caja, luego se tiende este material como relleno posteriormente se dispara mineral puro. Las labores donde se realizan la explotación de mineral están compuestas por uno o más blocks, las dimensiones del block de 30 m (longitud) x 50 m (altura).

2.10. ALTERACIONES HIDROTERMALES

Resultado de la distribución de fluidos termales que se desplazan horizontal y verticalmente por debajo de la superficie a diferentes presiones y temperatura. Este desplazamiento por periodos prolongados puede producir la concentración de minerales metálicos dependiendo de la naturaleza y composición del fluido hidrotermal, produciéndose una reacción de intercambio químico por el desequilibrio termodinámico entre el fluido y la roca caja, provocando un cambio parcial o total de la estructura y textura de origen, donde las nuevas particularidades físico químicas, mineralógicas proporcionan información de las condiciones termodinámicas del fluido, donde se evidencia mediante las distintas asociaciones mineralógicas de alteración y de mena. (Palacio & Godeas, 2008)

Figura 49. Alteraciones en función de la temperatura.



Fuente:(Palacio & Godeas, 2008)

Los factores como la temperatura, pH del fluido, permeabilidad de la roca, volumen del fluido, duración de interacción entre la roca y el agua, la composición de la roca y la presión son los que determinan y controlan la intensidad de alteración,

Corbett y Leach (1998) incluyen un esquema para los diferentes tipos de alteración en función de la temperatura y pH de fluido.

la distribución espacial de los minerales en horizontal y vertical está determinada por las condiciones de estabilidad termodinámica de los distintos minerales (zonación).

2.11. KRIGEADO

Método geoestadístico de interpolación gaussiana de mejor predicción lineal para obtener la ley de un bloque con datos disponibles de distintas muestras tomadas. Mediante



este método se efectúa la ponderación, en donde se atribuye un peso a la ley para cada muestra, pesos con los que se calcula y obtiene una mínima varianza de predicción resultante, considerando los factores geométricos del problema. El kriging atribuye pesos menores a las muestras más distanciadas y pesos mayores a los más cercanos minimizando la varianza de predicción, por lo que se obtiene el resultado más preciso evitando errores sistemáticos para el bloque analizado. Este proceso ayuda a seleccionar los bloques de interés delimitando de los de menor valor económico, donde la aureola de muestras en exteriores o más alejadas se componen de leyes más bajas que las muestras en interiores, atribuyéndole un menor peso no nulo o menor influencia en el proceso geoestadístico. (Matheron & Alfaro, 1969)



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. RECURSOS NECESARIOS

3.1.1. Recursos humanos

- Bachiller en Ingeniería Geológica (Investigador)
- Magister en Ciencias de la Tierra (Asesor)
- Ingeniero geólogo
- Ingeniero de minas
- Topógrafo
- Mustrero
- Personal de mina

3.1.2. Recursos materiales

Se cuenta con dos tipos principales de recursos materiales:

3.1.2.1. Equipos de protección personal

- Indumentaria con cintas reflectivas
- Respirador antipolvo y gases
- Protector de oídos
- Protector de cabeza(casco)
- Protector de vista
- Correa de seguridad



- Porta lampara y lampara minera
- Guantes de nitrilo
- Botas con punta de acero (Segusa)

3.1.2.2. Equipos herramientas y materiales

- Estación total Leica TS06 Plus 5”
- GPS (Garmin Modelo Garmin 650)
- Brújula tipo Brunton
- Impresora
- Laptop LENOVO
- Cámara digital fotográfica.
- Lupa
- Lápiz de dureza
- Picota
- Combo de cuatro libras
- Cincel
- Mochila de lona
- Rafia para amarre
- Tarjeta de muestreo
- Mantada de lona
- Bolsas de muestreo 20cm x 30cm
- Wincha de 30 metros
- Flexómetro 5m
- Pintura en aerosol
- Útiles de escritorio



- Libreta de apuntes
- Data geológica generada de la U. M. Señor de los Andes.

3.2. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.2.1. Tipo de investigación

La investigación básica, denominada también investigación pura o fundamental, es un tipo de investigación científica que se centra en la generación de nuevos conocimientos sobre un fenómeno o campo específico. Su objetivo principal es ampliar la comprensión del mundo natural o social, sin tener en cuenta su aplicación práctica inmediata. (Márquez Fernández, F. Pérez Sanz, 2021)

La presente investigación es de tipo **Básica** porque se busca generar nuevos conocimientos acerca de los clavos mineralizados de la veta viento en el sector de Rio Grande, Arequipa partiendo del problema en el que no se cuenta con una base de datos de los controles estructurales y de mineralización, lo que no permite el óptimo desarrollo de la veta viento

3.2.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación descriptivo busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población. Su objetivo es proporcionar una descripción precisa y detallada de los hechos observados, sin enfocarse en establecer relaciones de causa y efecto. (Hernández Sampieri et al., 2014)



La presente investigación corresponde al nivel **Descriptivo** porque se toma en cuenta diversas estructuras geológicas con características propias para conformar un arreglo geométrico, en el que se observó y describió la base descriptiva.

3.2.3. Diseño de la investigación

El diseño de investigación no experimental es un tipo de diseño de investigación que no implica la manipulación intencional de las variables. En este diseño, el investigador solo observa los fenómenos tal como se muestran en su naturaleza, sin intervenir de manera alguna. (Hernández Sampieri et al., 2014)

En consecuencia, el diseño de la investigación fue **No Experimental** porque no genera ninguna alteración a la variable, así mismo, fue de tipo transversal porque se tomó los datos estructurales y muestras en galerías y tajos de interior mina en su estado natural sin la modificación o intervención en el tiempo durante de la investigación.

3.2.4. Enfoque de la investigación

El enfoque de investigación cuantitativo que se sustenta en la recolección de datos para probar hipótesis con base a la medición numérica y análisis estadístico de datos. Los datos cuantitativos son datos que se expresan en números. El enfoque cuantitativo se utiliza para describir, explicar y predecir fenómenos. (Hernández Sampieri et al., 2014)

La presente investigación es de enfoque **Cuantitativo** debido a que los datos que se recolectaron son medibles numéricamente para los tres objetivos específicos con los que se realizó el procesamiento.



3.3. POBLACIÓN

Conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones.

(Hernández Sampieri et al., 2014)

La población está constituida por la geología de la zona del yacimiento minero.

3.4. MUESTRA

Subgrupo del universo o población del cual se recolectan los datos y que debe ser representativo de esta.(Hernández Sampieri et al., 2014)

Se consideró como muestra a la veta Viento.

3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.5.1. Variable Independiente

Análisis estructural de clavos mineralizados.

3.5.2. Variable Dependiente

Óptimo desarrollo de la veta.

3.6. ETAPAS DEL TRABAJO

Investigación se realizó en tres etapas:

3.6.1. Etapa 1: Recolección de información bibliográfica

En la primera etapa se realizó la recolección de las bases teóricas, y estudios previos en diferentes repositorios para contar con el conocimiento



referente a la caracterización geológica del área estudiada que abarca el yacimiento minero.

3.6.2. Etapa 2: Trabajo de campo

Levantamiento topográfico subterráneo de frentes principales con equipo electrónico Estación Total (Leica TS06 Plus 5”), para la caracterización de las estructuras mediante el mapeo geológico en interior mina a escala de 1:200 y 1:7500 para superficie.

Se recolectó muestras en superficie para su descripción macroscópica (litología, mineralización).

3.6.3. Etapa 3: Trabajo de gabinete

En esta etapa se identificó la litología y mineralogía macroscópicamente, así también el diseño del modelo estructural, los mapas geológicos, mapas de isovalores para la interpretación y redacción de resultados obtenidos del análisis estructural de clavos mineralizados a partir de los datos recolectados en la etapa de campo, para el que se dispuso de los programas Adobe Illustrator, ArcMap, AutoCAD, Civil 2021, FaultKin 8.

3.7. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Es importante señalar que “En una investigación descriptiva se busca especificar las propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice” (Hernández Sampieri, 2014).



El mapeo geológico requiere conocimiento de las diversas disciplinas de la geología. La topografía, teledetección, petrología, estratigrafía, geología estructural y geología económica son indispensables. (Ayala, 2020)

- Observación
- Identificación
- Medición
- Ploteo de datos

3.8. METODOLOGIA

3.8.1. Determinación del modelo estructural

3.8.1.1. Análisis estructural con el método de Anderson

El método se basa en las relaciones geométricas entre las direcciones de esfuerzos principales y el sistema de fallas conjugadas, aplicable a las fallas geológicas.

3.8.1.2. Toma de datos estructurales

Para el estudio, análisis e interpretación de la veta viento se tomaron las mediciones con el uso de la brújula Brunton los datos en el plano de la estructura, así como son el Azimut, Bz, Rake y la cinemática en galerías y tajos de los distintos niveles y tramos de la estructura, obteniendo mayor cantidad de datos estructurales sistemáticos de la unidad minera Señor de los Andes.

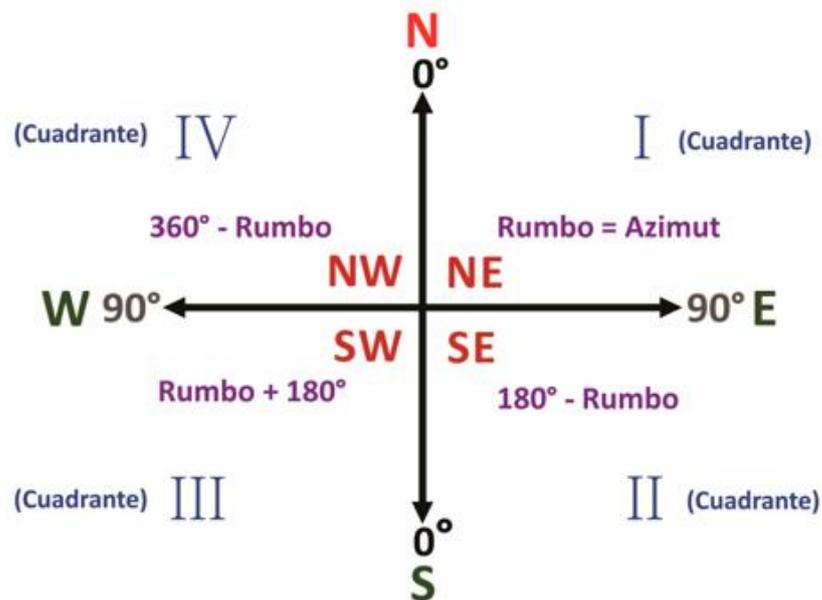
Las mediciones para la estructura principal y los distintos sistemas de fallas se realizaron en los niveles Nv. 0, Nv. -30, Nv. -60, Nv. 120, estos datos fueron procesados y se representan en estereogramas para cada sistema, representando su

respectiva cinemática, ejes de esfuerzos principales mediante el método de los diedros rectos, identificando las zonas de presión y extensión.

Para las interpretaciones se puede realizar la conversión de rumbo a azimut:

Figura 50.

Conversión rumbo-azimut en los respectivos cuadrantes.



Fuente: (Magnum T&C)

3.8.1.3. Regla de mano derecha (RHR)

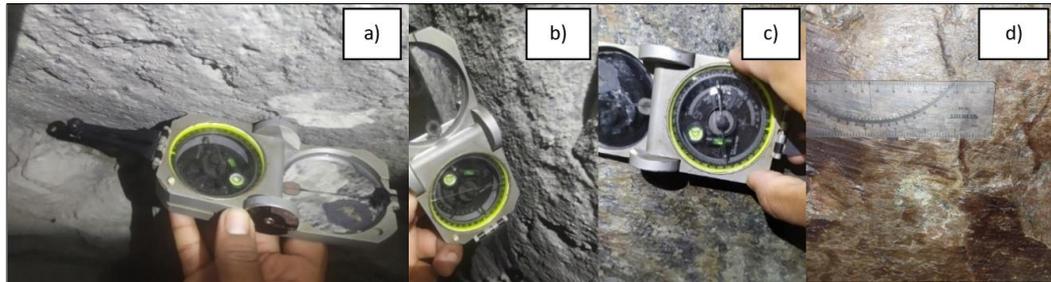
Para la notación de las estructuras en la etapa de mapeo de estructuras se realizó mediante la regla de la mano derecha, Azimut/Buzamiento partiendo de la línea de buzamiento se realiza una rotación de 90° en sentido contrario a las manecillas del reloj, dirección donde se fija la pínula de la brújula y se toma el Azimut, por lo que el Buzamiento siempre tendrá una dirección rotada a 90° y en el próximo cuadrante, usando la notación RHR.

La notación de los ángulos es definida de la siguiente forma:

- Plano: Azimut (Strike)RHR/Bz (Dip)= (0°-360/0°-90°)
- Línea: Trend/Plunge= (0°-360/0°-90°)

Figura 51.

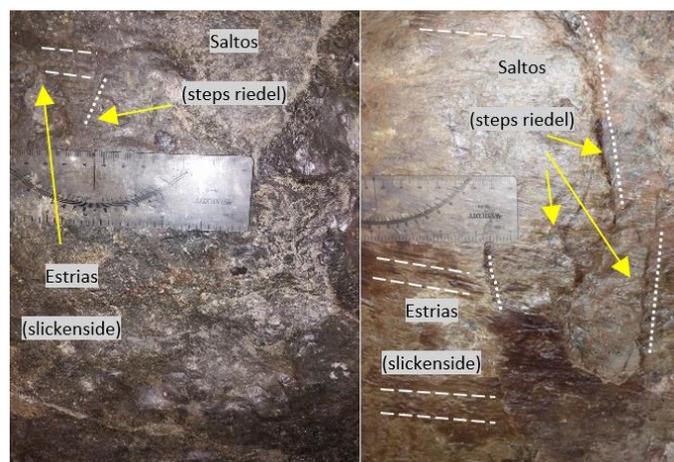
Toma del datum estructural en el plano de falla mediante el método RHR.



Nota. a) medida del azimut b) medida del buzamiento c) y d) medida del Rake (Pich).

Figura 52.

Análisis, toma de medidas de Rake y del movimiento en el plano de falla.



Nota. Análisis microestructural mediante los indicadores cinemáticos (slickensides), las fotografías muestran líneas de estriamiento y saltos de Riedel.



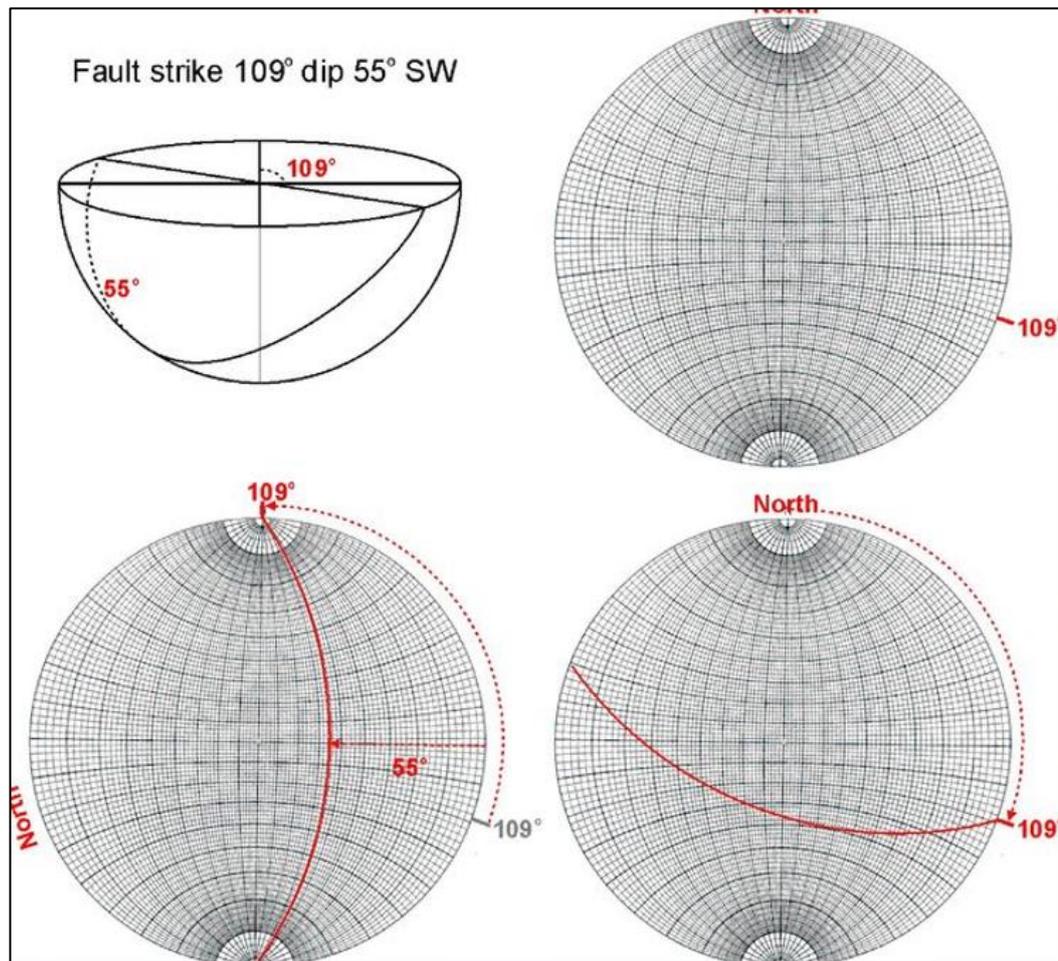
3.8.1.4. Procesamiento de los datos estructurales mediante el método de los diedros con el uso del software FaultKin 8

El método de los diedros es un método cinemático analiza con el Datum completo perteneciente a cada falla de la población a analizar. Desarrollado por Marret y Allmendinger (1990), basado en el mecanismo de solución de los focos sísmicos ideado por Stauder (1692), perfeccionado por Sykes (1967), el cual buscaba establecer la naturaleza de un foco sísmico y así determinar a lo largo de la falla asociada a ese mismo ha ocurrido una compresión, extensión o transcurrancia, para los distintos tipos de falla geológica.

Para representar la orientación de los diedros en el espacio se realiza mediante la Red de Schmidt. Los diedros resultan de trazar un plano auxiliar perpendicular a la falla en consideración siendo el plano del polo de la estría. Como a lo largo de un plano de falla el movimiento es de cizalla, se genera dos diedros opuestos por el vértice, en los que ocurre acortamiento, y dos diedros en los que ocurre extensión.

Figura 53.

Proceso del ploteo del plano de falla en la red estereográfica de Schmidt.

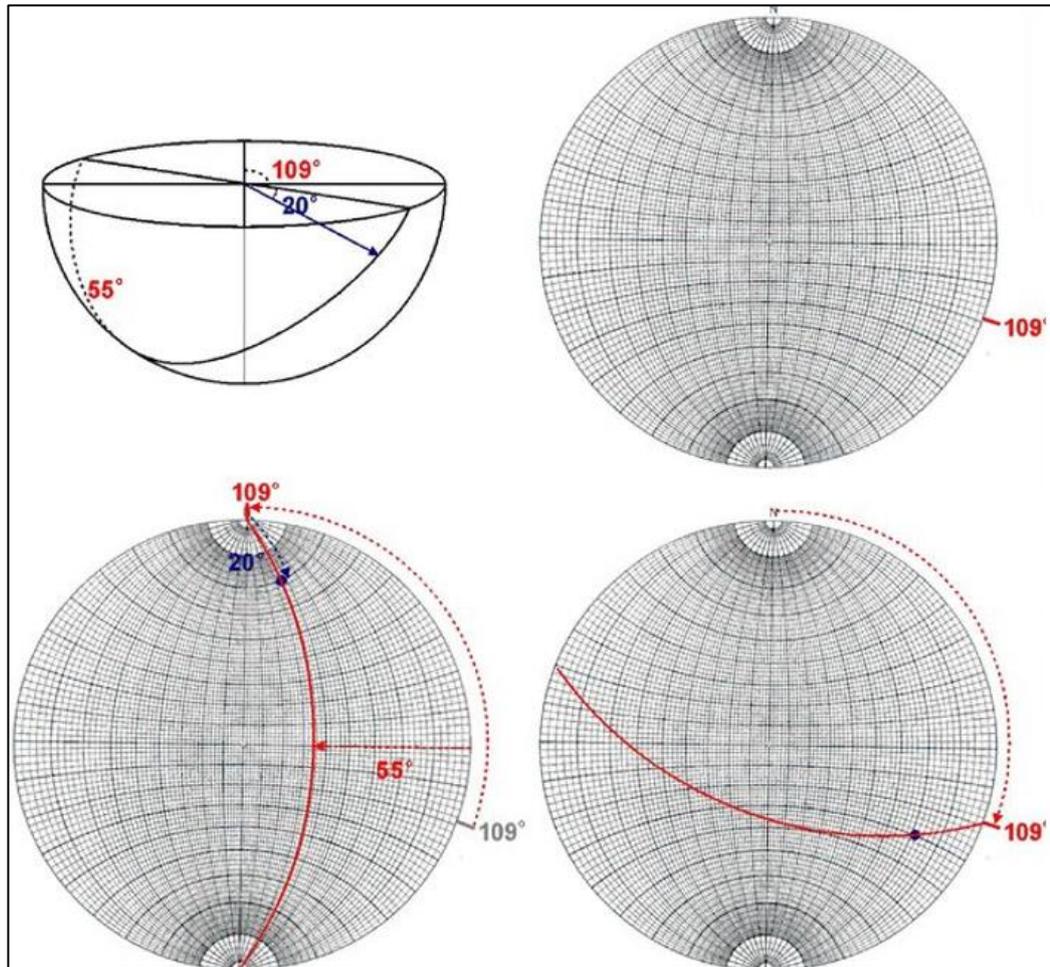


Fuente: USGS

Nota. Plano de falla ploteada en la red estereográfica de Schmidt indicando azimuth y buzamiento.

Figura 54.

Proceso del ploteo de la línea Rake (pitch) en la red estereográfica de Schmidt



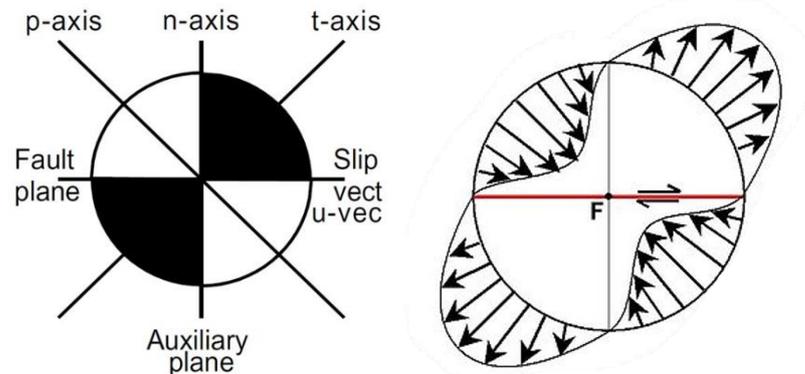
Fuente: USGS

Nota. Línea Rake contenida en el plano de falla ploteada en la red estereográfica de Schmidt indicando la dirección de inmersión.

Los datos son ingresados al software FaultKin 8 para su representación mediante gráficas y posterior interpretación e identificación de la dirección de los esfuerzos principales mediante el modelo de Anderson y la dirección de las fallas conjugadas explicadas en los modelos de Riedel y Ramsay.

Figura 55.

El eje nulo (n-axis).



Fuente: (Yan Y. Kagan Dept. Earth and Space Sciences).

Nota. El eje nulo es ortogonal al eje de la tensión y la compresión, está localizado en la intersección de la falla y el plano auxiliar. El sentido de desplazamiento se indica en el plano de falla.

3.8.2. Identificación de los controles de mineralización

3.8.2.1. Recolección de datos en Campo

En base al cartografiado geológico existente se reconoció las principales estructuras para darle mayor detalle a la cartografía preexistente con lo que se procedió al cartografiado con el uso de las herramientas de campo para la toma de datos estructurales locales y recolección de muestras respectivas para su descripción litológica y mineralógica en la zona de estudio.

3.8.2.2. Recolección de datos en Interior mina

Se realizó el levantamiento topográfico de las galerías, tajos en producción, bypass, ventanas e inclinados con el uso de los equipos a disposición para sumar



información a la data geológica con la cual se elaboró mapas base en planta para la recolección de datos estructurales, mineralógicos, alteración y de muestreo.

3.8.2.3. Instrumentos para recolección de datos

- Planos base
- Mediciones topográficas
- Formatos
- Fotografías

3.8.2.4. Diagrama Q-A-P-F o Strekeisen

Es un diagrama ternario para la clasificación de las rocas ígneas. Configurado por dos triángulos contiguos en los que el Cuarzo y los Feldespatoides son compuestos antagónicos, QAFP se corresponde con los principales grupos de minerales.

Q: Cuarzo (Quartz) y a otros minerales de SiO_2

A: Feldespatos alcalinos (Alkali feldspar) potásicos: ortosa, hialofano y anortoclasa.

F: Feldespatoides: leucita, calsilita, nefelina, sodalita, noseana, hauyna, cancrinita, analcima y los productos de transformación de estos minerales.

P: Plagioclasa (feldespatos de calcio y sodio) concretamente, albita, andesina, anortita, banalsita, bytownita, dmisteinbergita y labradorita.

La clasificación de Streckeisen y por ende los diagramas QAPF fueron asumidos y reconocidos a nivel internacional por la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (UICG). (Streckeisen, 1974)



3.8.2.5. Instrumentos para recolección de datos

3.8.3. Determinación del plunge de mineralización

3.8.3.1. Muestreo en tajos

Se realizó el programa de muestreo, para lo cual estas labores se encontraron en óptimas condiciones (ventilados, desatado de rocas, regados).

Se tomó muestras en tajos y galerías para determinar su ley, la muestra se etiquetó y envió al laboratorio químico para su análisis mediante el Método de ensayo a fuego para Oro Método Newmont por Gravimetría (retalla) por el LAS - Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L. Parque Industrial Rio Seco C-1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú.

Mediante el muestreo de tipo probabilístico sistemático en veta cada diez metros, en canales para su ubicación se tomaron distancias a partir de puntos de control topográfico.

Se pinta de color rojo el canal de muestreo, esta debe ser perpendicular a la estructura mineralizada.

La toma de muestras se realizó de manera uniforme en canales de 20-30cm. De longitud de acuerdo a la potencia de la veta x 10cm de ancho x.5cm. de profundidad sobre una lona limpia, considerando una limpieza de 20cm antes del muestreo. Posterior a ello el chancado para uniformizar la muestra, luego se procede al cuarteo obteniendo entre 2.5-3 Kg de muestra.

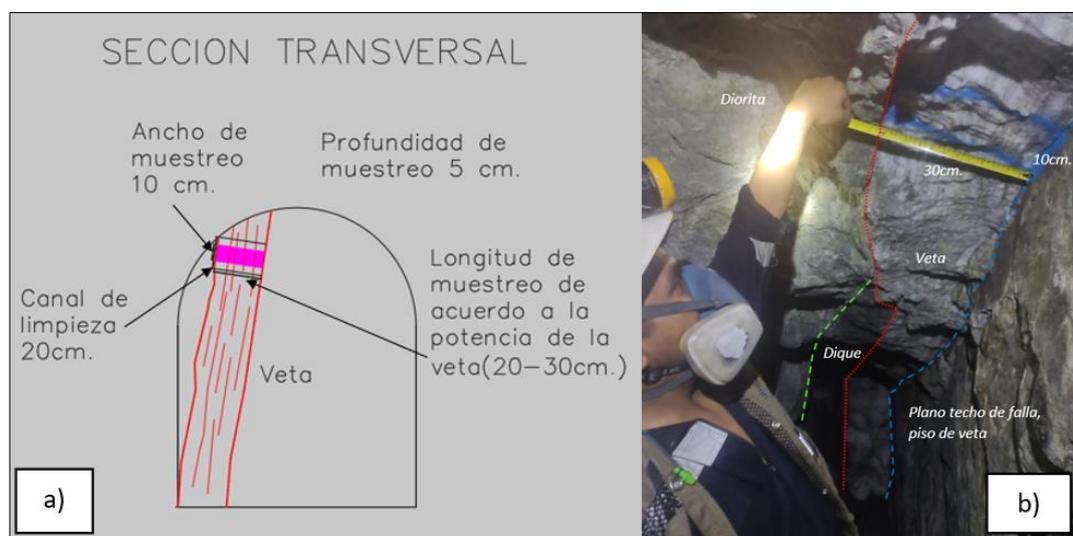
Posteriormente su codificación y etiquetado de la muestra considerando su ubicación topográfica y datos adicionales para el área de geología, seguidamente se

sella la bolsa con la muestra para evitar una posible contaminación, por último, su envío a laboratorio para su análisis.

Codificación VI-AAABBB, donde A se considera para el nivel y B para el número de muestra del nivel correspondiente.

Figura 56.

Muestreo en canales sistemáticos.

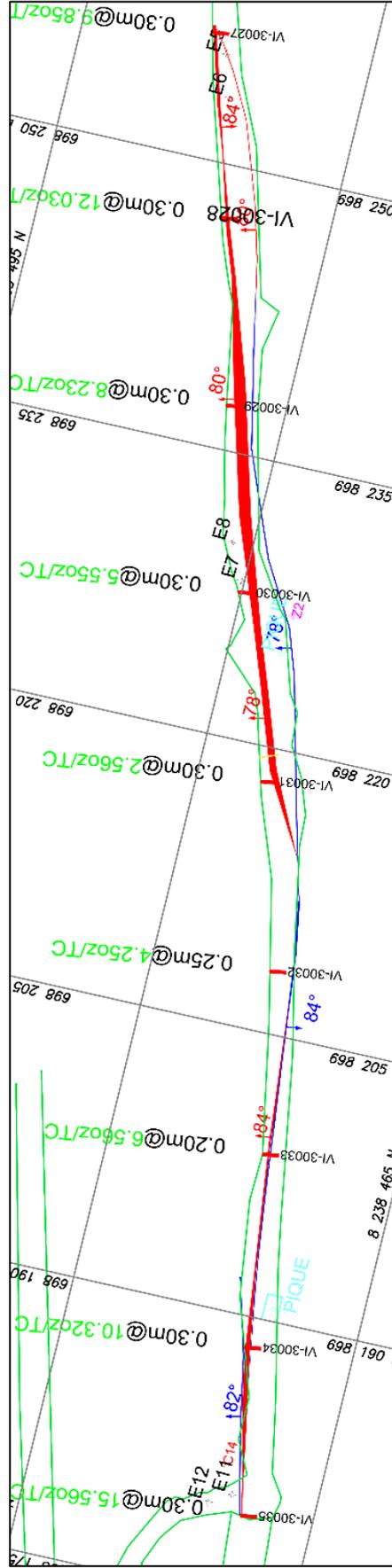


Nota. a) Dimensiones de muestreo de para la Veta Viento, b) Toma de muestra.

Finalmente, en gabinete se registra los datos de ubicación y potencia en mapas de muestreo, adicional a ello los resultados de laboratorio en la tarjeta Excel de muestreo.

Figura 57.

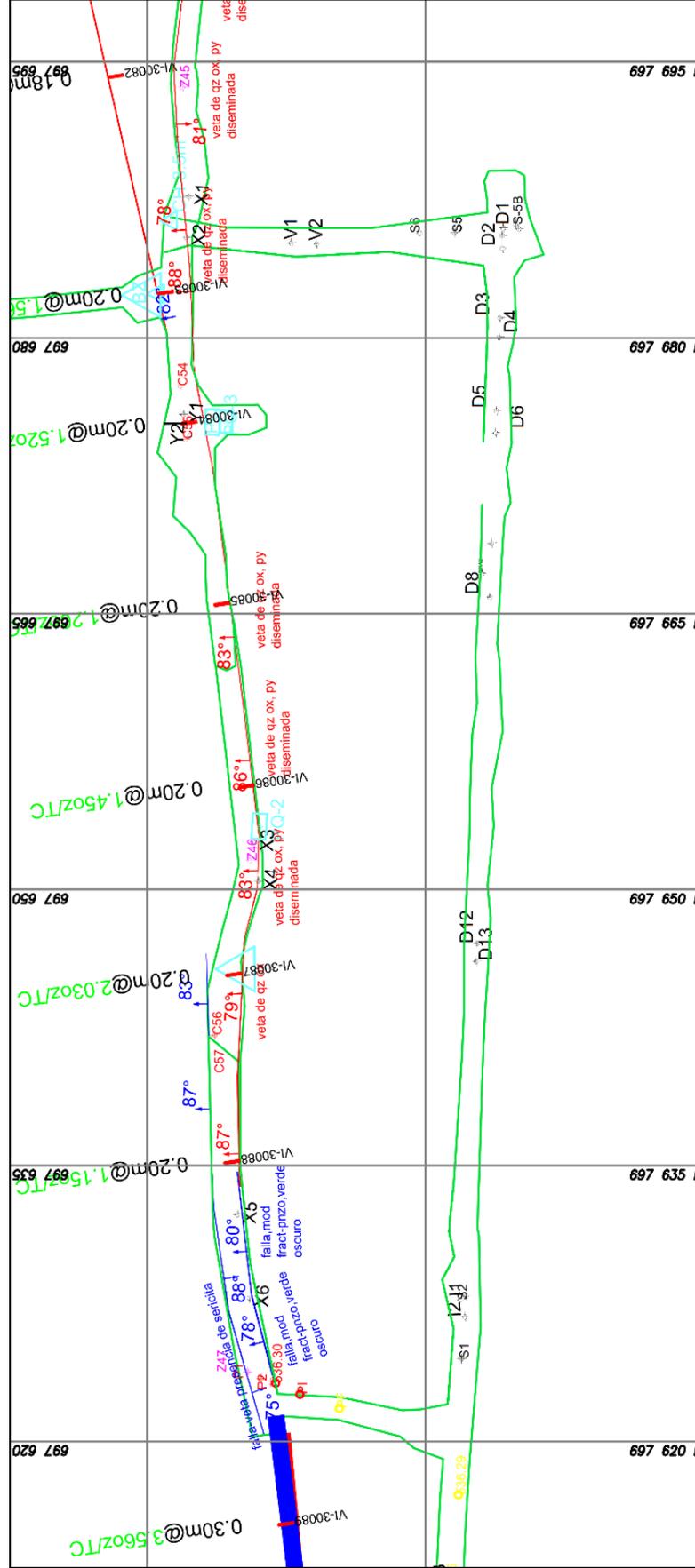
Ubicación de los canales de muestreo en mapas base de mina. NV-30 sector clavo rojo.



Nota. Muestreo sistemático 10m en galería, donde se indica la potencia de la veta y los valores obtenidos de laboratorio para el nivel -30 en el sector del clavo rojo producido de la alteración supergena. Elaboración propia

Figura 58.

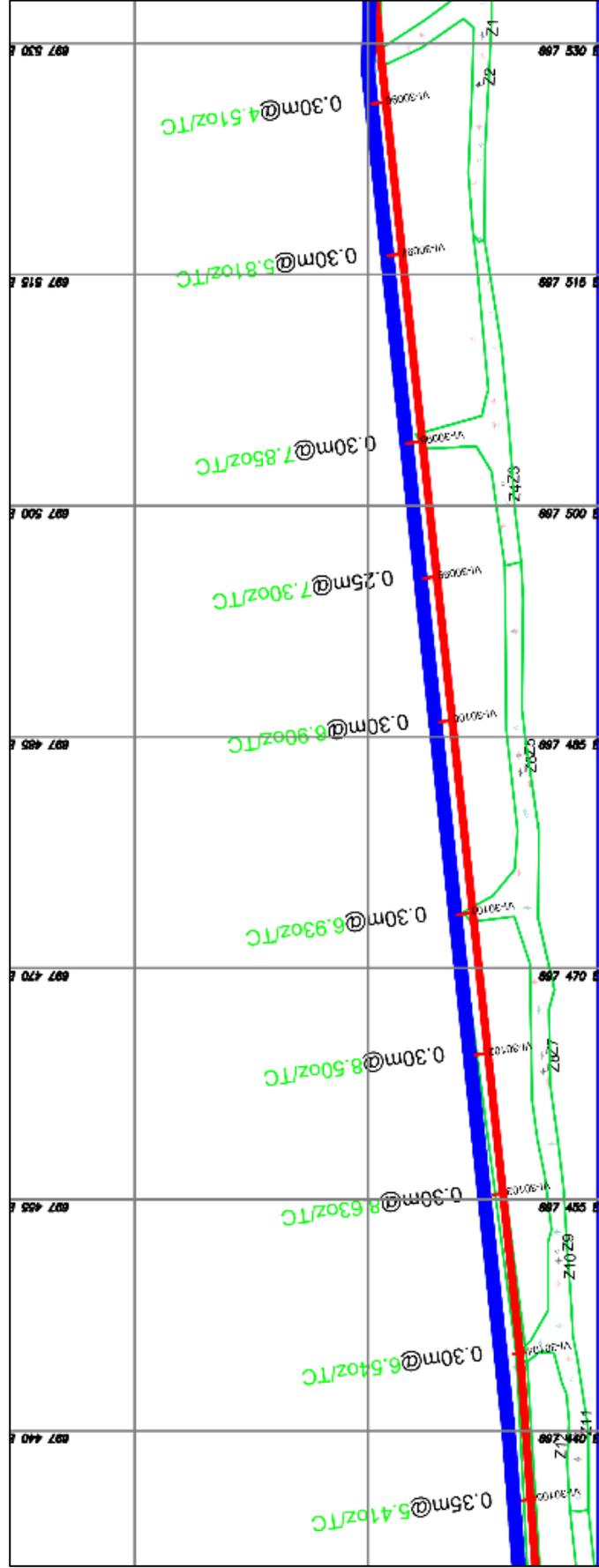
Ubicación de los canales de muestreo en mapas base de mina. NV-30 sector sigmoidal.



Nota. Muestreo sistemático 10m en galería, donde se indica la potencia de la veta y los valores obtenidos de laboratorio para el nivel -30 en el sector sigmoidal. Elaboración propia

Figura 59.

Ubicación de los canales de muestreo en mapas base de mina. NV-30 sector clavo gris.



Nota. Muestreo sistemático 10m en galería, donde se indica la potencia de la veta y los valores obtenidos de laboratorio para el nivel -30 en el sector del clavo gris. Elaboración propia



3.8.3.2. Herramientas estadísticas para el Krigado en el software ArcMAP

Semivariograma: Se entiende por todos los pares de puntos en una localización s_i y s_j mediante la ecuación que calcula el eje $Y=[(z(s_i) - z(s_j))^2]$ denotado por la diferencia de los dos valores de leyes al cuadrado, donde dos muestras muy cercanas debe tener una diferencia de valores más bajos que dos muestras que se encuentran más alejadas, por lo que la gráfica del semivariograma para cada combinación de puntos presenta la autocorrelación espacial de acuerdo a la distancia y su diferencia de sus leyes, relacionando la similitud de dos mediciones en función a la distancia que los separa.

Covarianza: Se entiende por dos localizaciones que se encuentran relacionados de forma que se tiene la ecuación para el eje $Y=[(Z(s_i)-\bar{Z})(Z(s_j)-\bar{Z})]$, donde primero se toma el valor de una localización al cual se le resta el promedio de todas las localizaciones para ser multiplicado por el valor de la siguiente localización también restado por el valor promedio, obteniéndose así el producto de la diferencia entre las localizaciones y el promedio.



CAPÍTULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1. GENERALIDADES

4.1.1. Ubicación

La veta Viento geográficamente está localizada frente a la Quebrada Chorunga en la margen derecha del río Ocoña perteneciente al Cuadrángulo de Caravelí de la Hoja 32-P en el flanco occidental de la cordillera occidental de los andes del sur peruano antearco del batolito de la costa denominado meseta costanera.

Políticamente se encuentra dentro de la jurisdicción de Distrito de Río Grande, Provincia de Condesuyos, Región Arequipa próximo al Centro Poblado Alto Molino, el campamento de la U.M. se sitúa en la coordenada 8238434-N, 699035-E UTM WGS84 Zona 18 S a una altitud de 543 msnm.

Ver (ANEXO N° 01)

4.1.2. Accesibilidad

Tabla 1.

Acceso a la U.M. Señor de Los Andes.

Trayectoria	Vía	Distancia	Tiempo
Arequipa-Ocoña	Panamericana	233 km	3Hrs
Ocoña-Alto Molino	Afirmada	65Km	1Hr 30min
Alto Molino-U.M.	Carretera rural	1Km	10 min

Para llegar a la UM se accede mediante la vía Arequipa – Ocoña por la Panamericana sur por vía asfaltada (3horas), luego se desvía hacia el CP de Alto Molino mediante vía afirmada (1Hr:30min) por último del C.P. de Alto Molino a la UM (10 min).

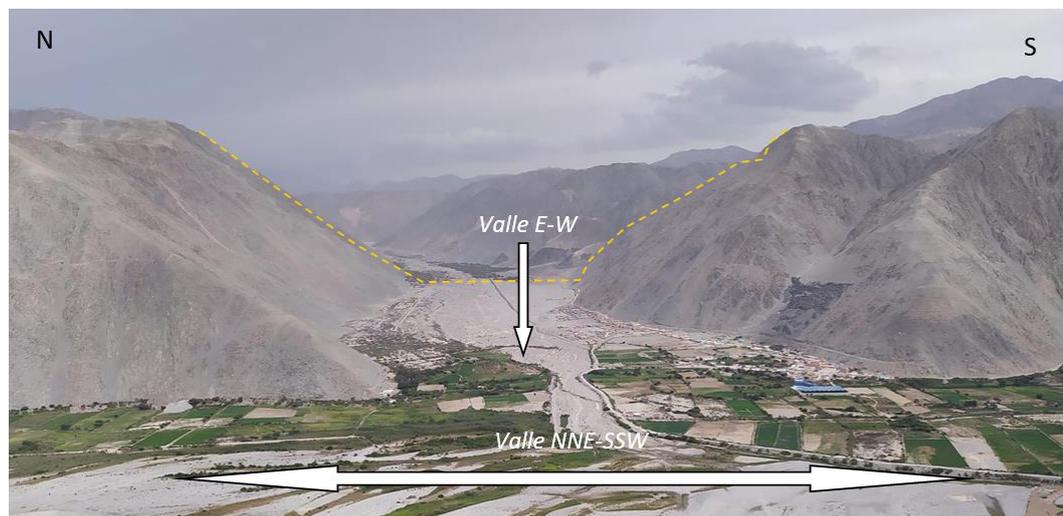
4.2. GEOMORFOLOGIA

4.2.1. Valle

Resultado de la intensa actividad erosiva de los ríos Ocoña y Chorunga generando valles profundos con taludes de alta pendiente y laderas inclinadas, en algunos sectores su dirección está dominado por sistemas de fallas mayores y fracturas producidas por el ascenso de los Andes.

Figura 60.

Valle E-W (Rio Chorunga) y Valle NNE-SSW (Rio Ocoña)



Nota. Valles ubicados frente a la unidad Minera Señor de los Andes.

4.2.2. Escarpa Costanera

Unidad que corresponde al declive de alta pendiente producido por la cadena costanera presentando un relieve abrupto que alcanza altitudes de 600-2200 m, en la zona de estudio esta unidad se encuentra integrada por rocas de tipo metamórfico granítico, además de rocas sedimentarias correspondientes al precámbrico hasta el mesozoico.

Figura 61.

Escarpa, unidad geomorfológica frente a la U.M.



4.2.3. Meseta Costanera

Esta unidad de relieve moderado se extiende para formar la meseta entre latitudes de 1200 y 2400 msnm con ligera pendiente hacia el mar, la zona presenta un relieve ligeramente ondulado en su superficie debido a su naturaleza de sedimentos provenientes de rocas cenozoicas con ligera pendiente S-SW. Esta meseta de paisaje desértico está cortada por el valle profundo Ocoña en la zona de estudio. (Mendívil Echevarría & Castillo, 1960)

Figura 62.

Meseta costanera característico de la zona, se presenta dos altitudes.



4.2.4. Cono Aluvial

Los conos aluviales se forman a medida que los detritos se acumulan a través de la erosión en la salida de un valle o quebrada, unidad geomorfológica situada al sur del área estudiada en la quebrada Taquila.

Figura 63.

Vista E-W se evidencia un cono aluvial ubicada al Sur del área estudiada.



4.2.5. Drenaje

Rio Ocoña uno de los más importantes de la costa del Perú con una dirección aproximada N-S, cortando hasta el basamento paleozoico o pre-paleozoico en forma de valles encañonados, tiene como colectores a un gran número de quebradas menores y poco profundas con direcciones de SW y SE, con un patrón detrítico (Mendivil Echevarría & Castillo, 1960), además de su extensión de más de 250 kilómetros, además del volumen de agua que registra anualmente de 1850 millones de metros cúbicos, el cual se debe a la amplitud de su cuenca de más de 15 000 Km² (Pecho Gutiérrez, 1983), siendo más predominante durante el verano (diciembre-marzo) y el Rio Chorunga de flujo temporal (febrero-marzo).

Figura 64.

Drenaje principal Rio Ocoña, Drenaje secundario Rio Chorunga.



4.2.6. Clima

Por su ubicación geográfica tiene un clima desértico predominantemente con mínima a escasas precipitaciones normalmente. Según el Ministerio del Ambiente ocurre un evento natural definida como El Niño – Oscilación del Sur



(ENOS) que varían los patrones de precipitación cada cierto tiempo entre dos y siete años. (Senamhi, 2021)

La temperatura mínima que se registra es entre las 4 y 6 horas y las temperaturas máximas entre las 12 y 15 horas, para el mes de enero se registran temperaturas mayores a 30°C, con una media anual de 25°C y una mínima de 10° C. (Mendívil Echevarría & Castillo, 1960)

4.3. GEOLOGÍA LOCAL

Ver (ANEXO N° 05)

4.3.1. Complejo basal PE-gn

En la zona estudiada el complejo basal se presenta como diorita con numerosas intrusiones de diques de composición básica.

Tiene una composición granítica mayormente de tono gris oscuro principalmente compuesta de plagioclasas, feldespato, cuarzo, hornblenda y ferromagnesianos.

Figura 65.

Complejo basal de bajo grado de metamorfismo en la zona próxima al clavo gris, intersectado por venillas de naturaleza máfica.



4.3.2. Batolito de la costa

4.3.2.1. Super-Unidad Linga Ks-li/mz

Esta super unidad se constituye por rocas de composición granodiorítica y monzonítica. Se presentan en coloraciones grises a claros, de textura gruesa, predominado por minerales máficos como hornblenda, que por alteración de epidotización cambian a una coloración verdosa.

4.3.2.2. Super Unidad Incahuasi Ks-in/to

Es la más importante que aflora en el área de estudio, se integra por dioritas e intrusivos de naturaleza tonalítica característico del extremo NE la super unidad.

Las muestras que se han tomado en el área de estudio han sido clasificadas como diorita de tonalidad gris clara en rocas frescas, además de presentar xenolitos entre 2-8 cm de diámetro.

Figura 66.

Xenolito dentro de la roca diorita de la super unidad Incahuasi.



4.3.3. Rocas intrusivas e hipabisales

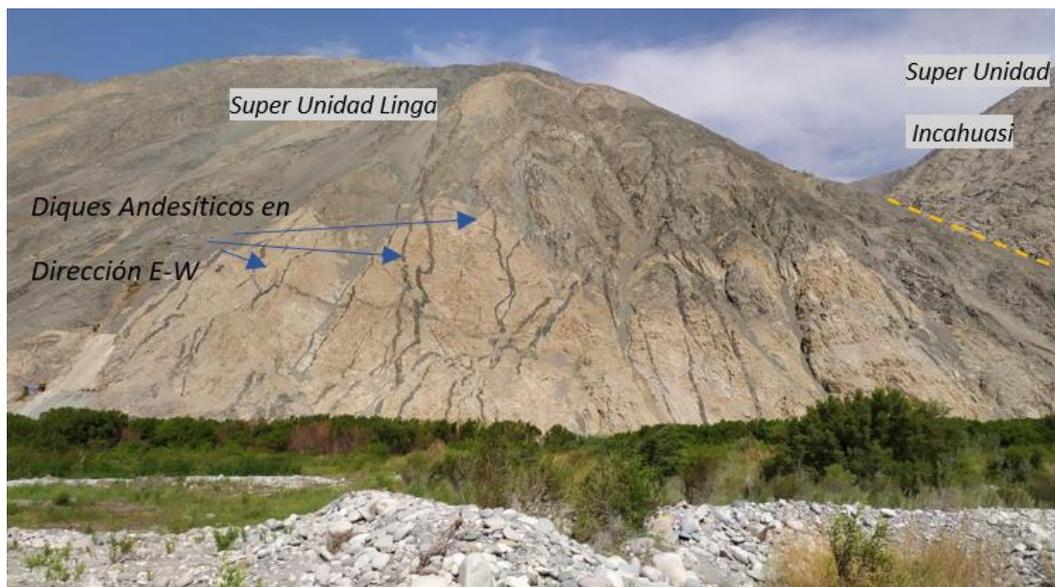
4.3.3.1. Dique andesítico

En el área de estudio se encuentran numerosos diques como intrusiones menores llegando a medir más de un metro, cortando a las rocas del Complejo Basal y Batolito de la Costa pero que no intruye a las formaciones del Terciario, estas estructuras muestran un ordenamiento paralelo con orientación E-W y una pendiente sub vertical a vertical. Tiene una textura fina y ocasionalmente fenocristales Mineralógicamente está compuesta minerales máficos de plagioclasa,

hornblenda. y augita. De textura fina y una coloración grisácea a gris verdosa por la cloritización de los minerales ferromagnesianos. No se tiene una edad para el dique, pero se infiere su intrusión fue post-permiana y pre-eocénica.

Figura 67.

Super Unidad Linga con intrusiones de Diques andesíticos.



4.3.4. Rocas sedimentarias

4.3.4.1. Formación Sotillo P-so

Al Este del área de estudio se observa sobre una superficie horizontal integrada por rocas del Complejo Basal constituido por arenas rojas de grano medio, con intercalaciones de conglomerados de capas de yeso y anhidritas.

4.3.5. Depósitos recientes

Depósitos clásticos recientes en conos de aluviales y pie de monte, morrenas producto de las aguas fluviales, sedimentos producidos factores supérgenos que actualmente encubren a las unidades geomorfológicas.

Figura 68.

Lito-estratigrafía local.

EÓN	ERA	PERIODO	EPOCA	ETIQ.	UNIDAD ESTRATIGRAFICA	TRAMA	DESCRIP.
FANEROZOICO	CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Qh-al	DEPOSITOS ALUVIALES		ARENAS Y GRAVAS
	MESOZOICO	PALEOGENO	OLIGOCENO	P-so	FORMACION SOTILLO		ARENISCAS ANHIDRITA
		CRETACEO	INFERIOR	Ks-in/to	SUPER UNIDAD INCAHUASI		TONALITA-DIORITA
		JURASICO	SUPERIOR	Ks-li/mz	SUPER UNIDAD LINGADIQUE ANDESITICO		MONZODIORITA
		PRECAMBRICO			PE-gn	COMPLEJO BASAL	

Fuente: Elaboración propia, adaptado de INGEMMET

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. DETERMINACION DEL MODELO ESTRUCTURAL DE LA VETA VIENTO

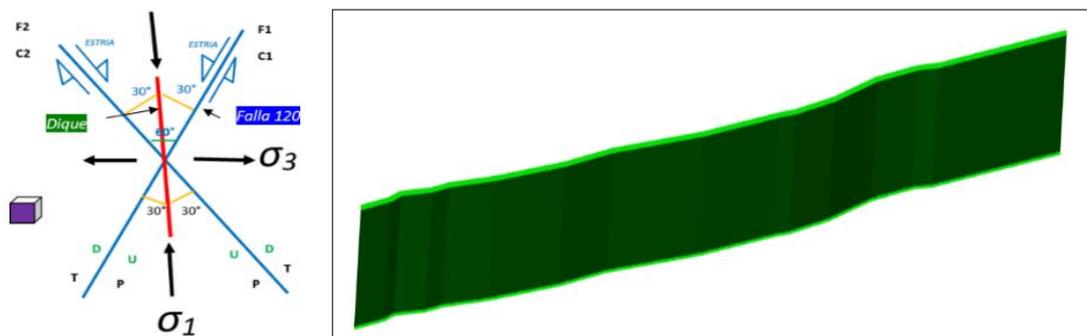
La veta Viento en el sector de Ancha presenta dos clavos mineralizados, para el cual se realizó el análisis y modelo estructural de los sistemas estructurales que contienen la mineralización. Ver (ANEXO N° 04).

5.1.1. Sistema de fallas pre-mineral

5.1.1.1. Formación de la estructura dique.

Figura 69.

Modelo hipotético de la formación del dique andesítico por un esfuerzo vertical endógeno.



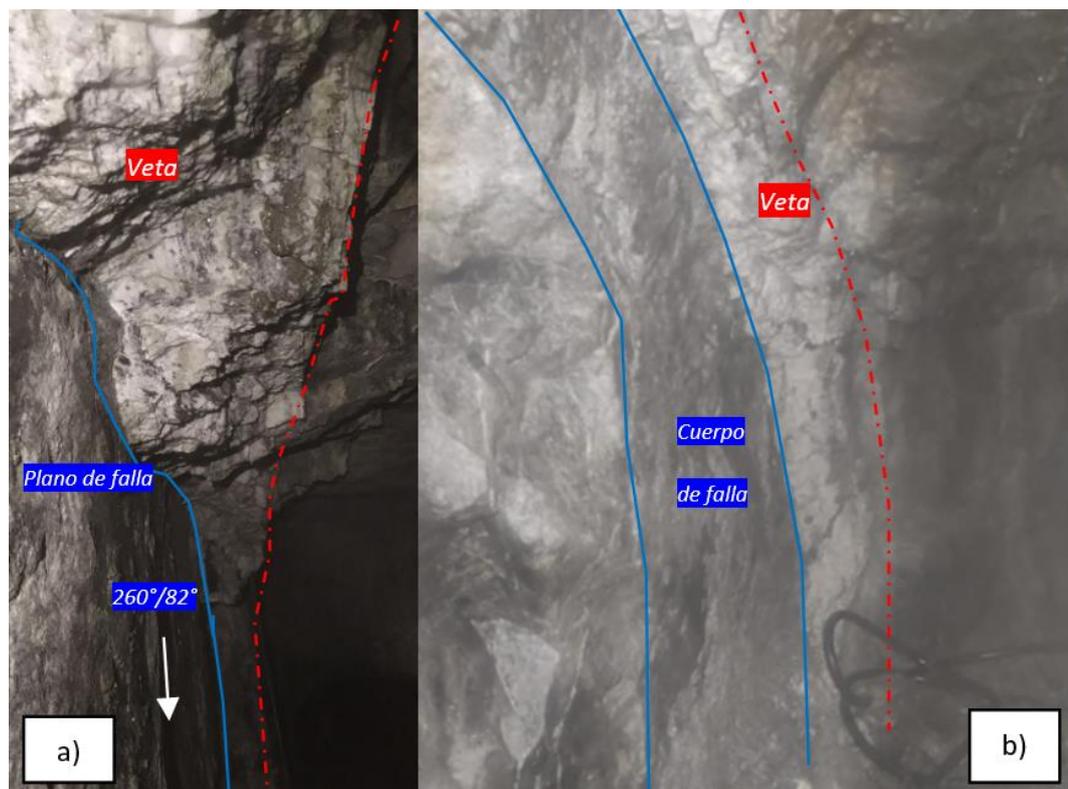
Nota. La intrusión del dique andesítico post-permianas - pre-eocénicas en el Batolito de la Costa dentro de la super unidad Incahuasi donde se encuentra la estructura de estudio, tiene como origen un esfuerzo vertical, posiblemente producido por el empuje de una cámara magmática de composición básica, el que

dio origen a las fracturas verticales donde serian rellenados la roca de composición básica dando origen al sistema de diques andesíticos.

5.1.1.2. Estructura principal mineralizada, sistema 260.5

Figura 70.

Estructura principal mineralizada falla que contiene a la veta Viento.



Nota. a) Muestra a la falla principal como piso de la estructura veta, b) muestra el cuerpo de falla de mayor potencia que acompaña siempre a la veta.

La estructura mineralizada está contenida dentro de otra estructura mayor principal el cual tiene un azimut entre 269°-258°, estructura falla de 90 cm, con buzamiento al Norte entre los 88°-71°, datos fueron tomados en 4 niveles, donde se encuentra la veta con potencias variables de veta entre los 10-30cm. Se encontraron



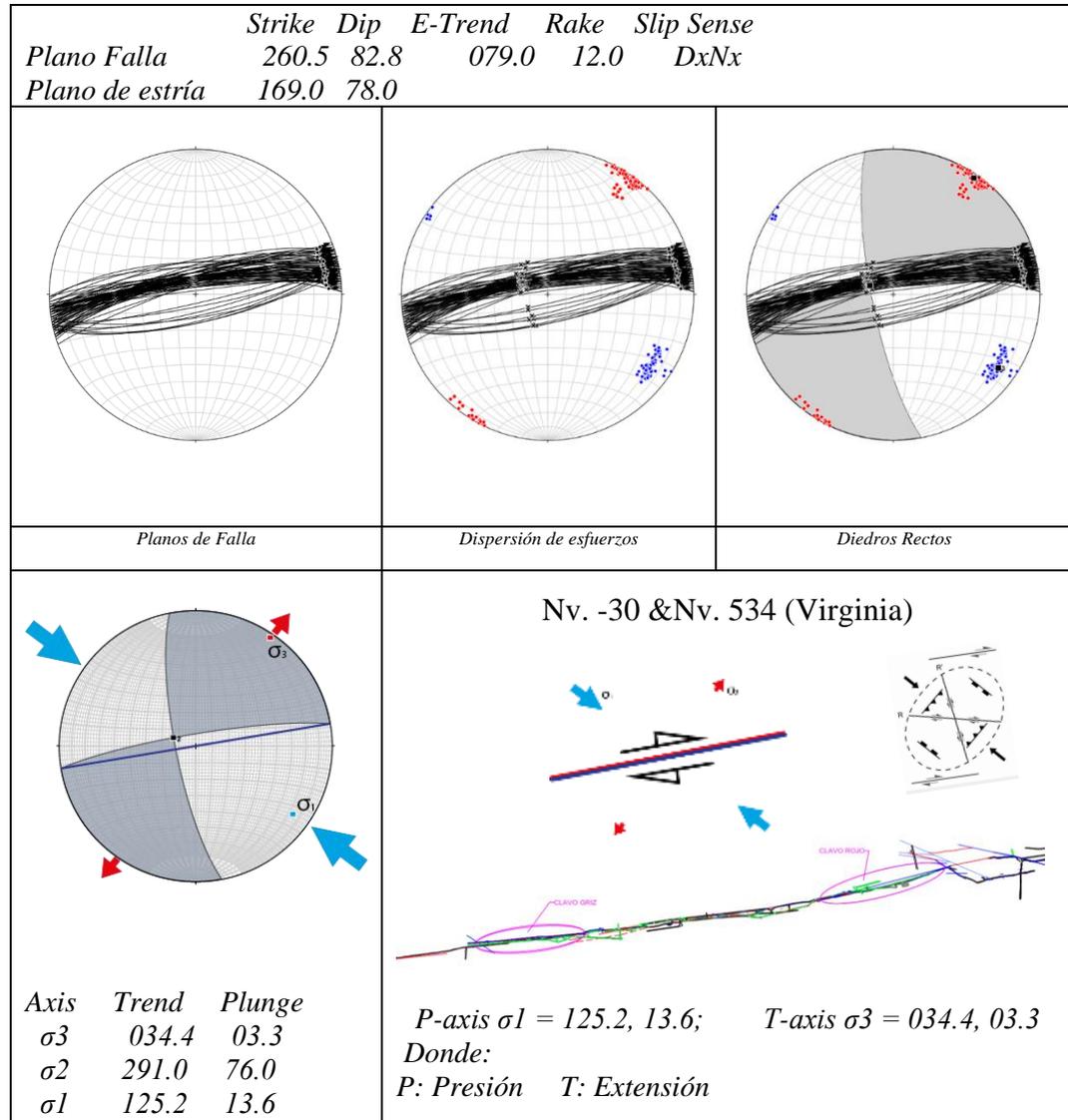
también tramos cortos donde la veta presenta buzamiento opuesto de 77° en promedio en las zonas sigmoidales. Estructura que contiene al ore shoot rojo y gris.

La medición de las estrías contenidas en los planos de falla posee ángulos bajos entre los 15° - 8° NE, para la identificación de la cinemática se estudió las estrías, los cuales indicaron un sentido del movimiento dextral normal (DxNx).

Con el procesamiento y análisis se obtiene el siguiente diagrama:

Figura 71.

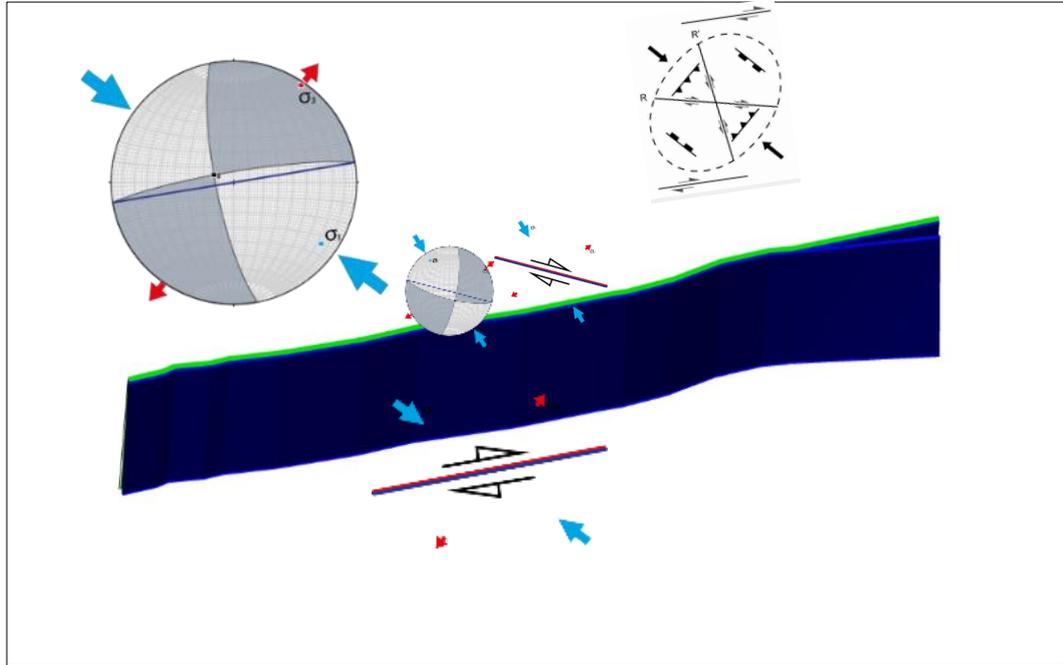
Diagrama del datum estructural, dirección de esfuerzos principales que dieron origen a la estructura falla principal que contiene a la veta viento.



Nota. El estereograma de la estructura falla principal que contiene la mineralización, muestra en promedio un Azimut de 260.5° con un Bz de 82.8° al NW, que se desarrollaron por los esfuerzos en las siguientes direcciones: $\sigma_1(125.2/13)$ y $\sigma_3(34.4/3.3)$ horizontales, $\sigma_2(291/76)$ vertical, por lo que la estructura falla que contiene a la veta muestra un movimiento de tipo dextral con una mínima componente normal.

Figura 72.

Modelo de formación de la estructura falla principal pre-mineral, sistema 260.5.



Nota. El plano de color azul representa la formación de la falla principal paralelo al dique que lo acompaña presentándose como un plano de debilidad en el contacto diorita y dique, además de ello se muestra la formación de la zona denominada linking damage zone dentro de la zona de contacto entre las rocas de la super unidad Incahuasi y el complejo basal.

Tabla 2.

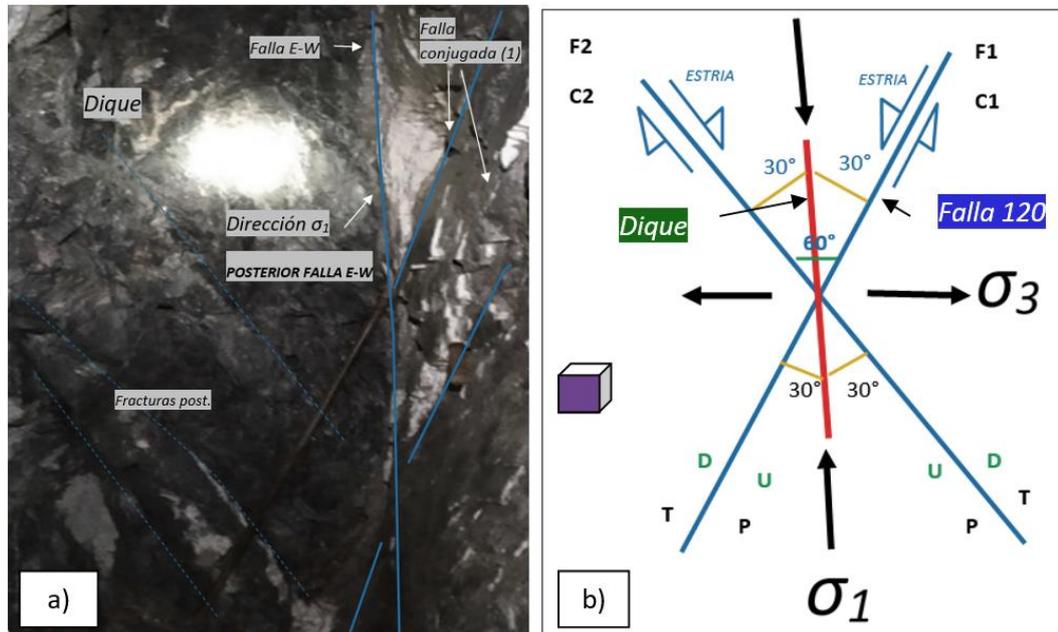
Datos estructurales y dirección de esfuerzos para el sistema 260.5 mineralización.

Sistema Pre mineral			Dirección de esfuerzos principales		
Azimut.	Bz.	Tipo de falla	σ_1	σ_2	σ_3
260.5°	82.8° SW	DxNx	(125.2/13)	291/76	(34.4/3 .3)

5.1.1.3. Fallas sinestrales como control de mineralización, sistema 120.5

Figura 73.

Modelo: Desarrollo de fallas planares conjugadas.



Nota. a) Punto de intersección falla mineralizada 260 y primera falla sinistral conjugada 120. b) Formación de la primera falla conjugada 120, anterior al dique.

Las fallas sinestrales que se encontraron controlan las zonas de máxima mineralización.

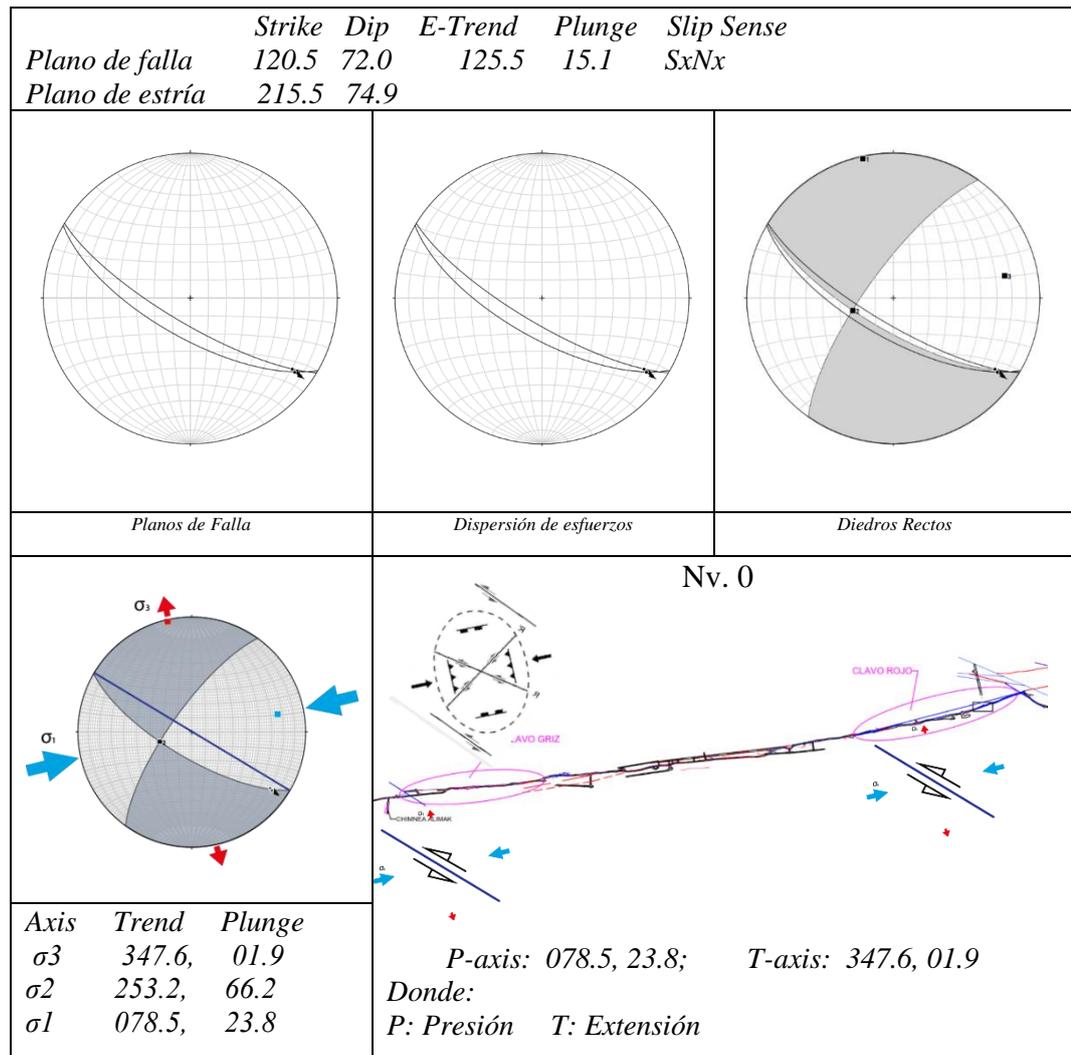
La primera falla sinistral controla el límite en el Este del clavo rojo, el cual presenta un Azimut de 121° con Bz. de 76° al SW y un Rake de 16° al SE con una cinemática SxNx.

La segunda falla sinistral tiene un Azimut de 120° con Bz. de 68° SE que controla el límite Oeste del clavo gris, el plano presenta lineamientos con un Rake de 14° SW de cinemática SxNx.

Para el cual se tiene el siguiente diagrama:

Figura 74.

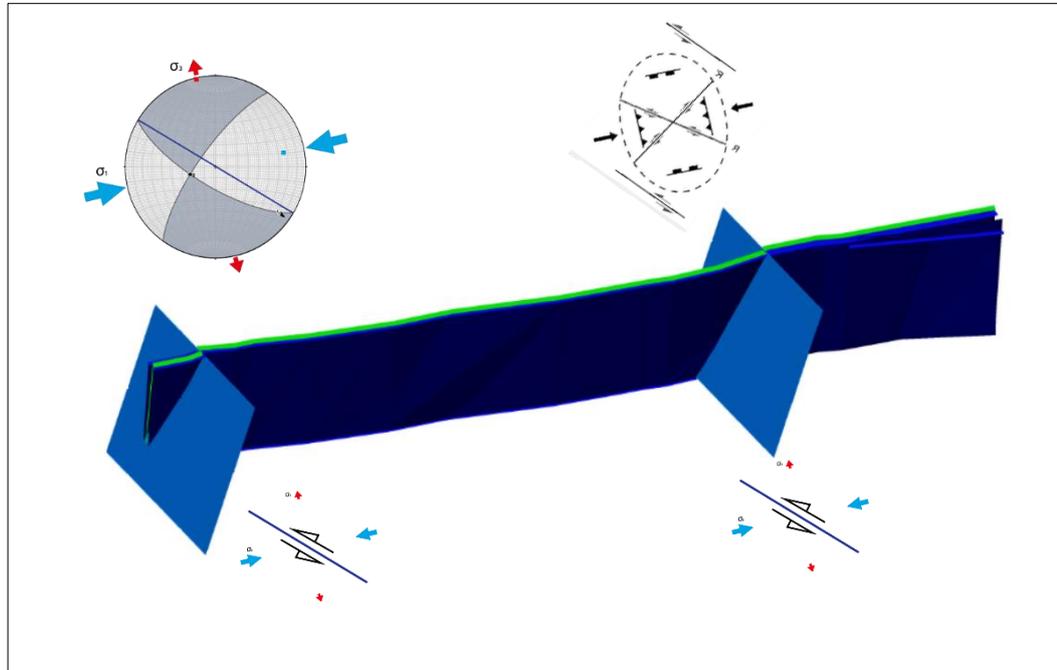
Diagrama del datum estructural, esfuerzos principales que formaron la falla que controlan el límite de máxima mineralización para el clavo rojo y clavo gris.



Nota. El estereograma presenta las estructuras de tipo falla sinistral que controlan los límites de los clavos mineralizados donde se tiene en promedio un Azimut de 120.5° con un Bz de 72° al SW, donde se interpreta que se desarrollaron por los esfuerzos en las siguientes direcciones: $\sigma_1(078.5/23.8)$ y $\sigma_3(347.6/01.9)$ horizontales, $\sigma_2(253.2/66.2)$ vertical, por lo que la estructura muestra un movimiento de tipo sinistral con una mínima componente normal.

Figura 75.

Modelo de formación de las fallas sinestrales sistema 120.5 por procesos de fracturamiento explicados con la teoría de Anderson.



Nota. Se muestra la formación del Sistema 120.5 - falla sinistral pre-mineral, posterior a la formación del sistema 260.5 falla principal, por esfuerzos de deformación distinto al sistema de fallas Iquipi.

Tabla 3.

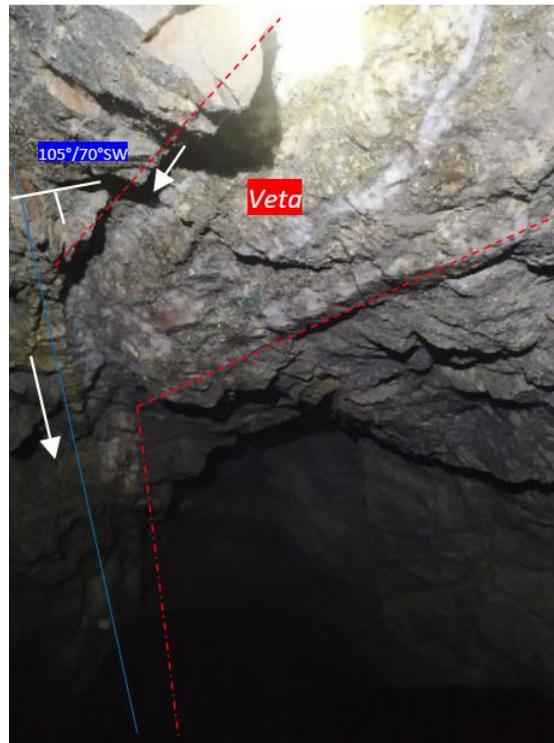
Datos estructurales y dirección de esfuerzos para el sistema 120.5 sinistral.

Sistema Sinistral			Dirección de esfuerzos principales		
Azimet.	Bz.	Tipo de falla	σ_1	σ_2	σ_3
120.5°	72° SW	SxNx	(078.5/23.8)	(253.2/66.2)	(347.6/ 01.9)

5.1.1.4. Análisis cinemático fallas conductoras de la mineralización, (linking damage) sistema 104.4

Figura 76.

Sistema de estructuras conductoras de la mineralización.



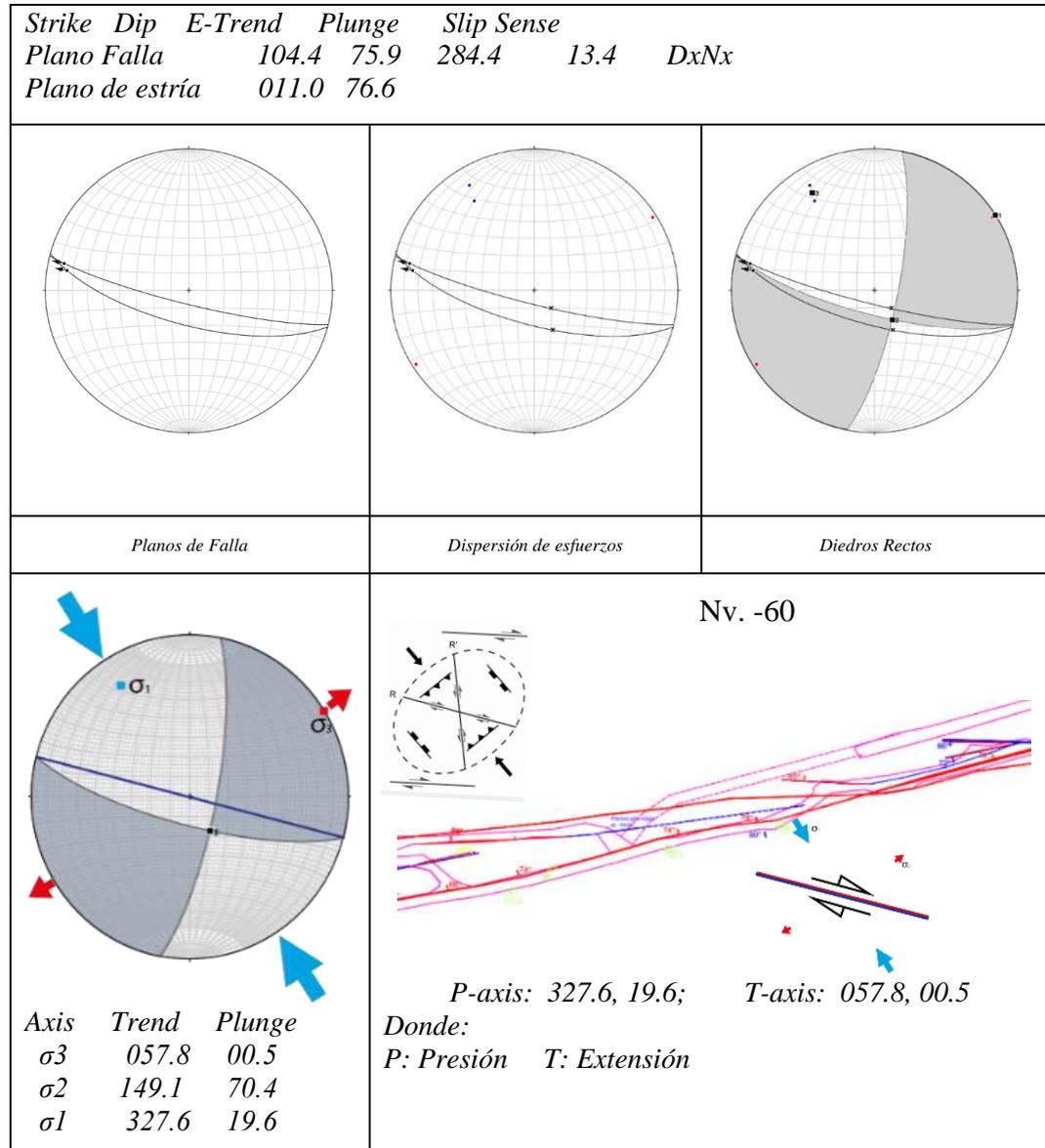
Nota. Las estructuras de estudio contemporáneas a la formación de la veta viento presentaron mineralización, indicando que favorecieron a la conducción del fluido mineralizante, estas fallas se presentaron en la zona sigmoidal donde la veta se encuentra ramaleada.

El primer sistema presenta un Azimut de 105° con Bz de 70° al SW y un Rake de 15° al NW con una cinemática DxNx.

El segundo sistema tiene un Azimut de 104° con Bz de 82° , el plano presenta lineamientos con un Rake de 12° NW de cinemática DxNx. Para el cual se tiene el siguiente diagrama:

Figura 77.

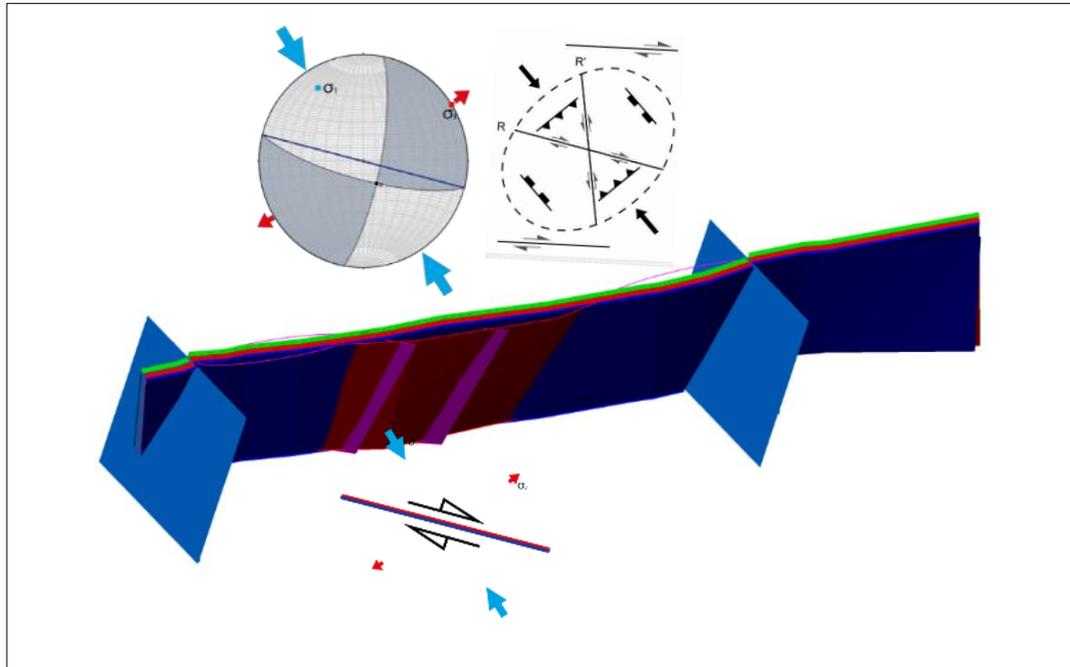
Diagrama del datum estructural, esfuerzos principales que formaron las fallas conductoras y contemporáneas a la mineralización.



Nota. El estereograma de las estructuras de tipo falla contemporánea que conducen al fluido mineralizante muestra en promedio un Azimut de 104.4° con un Bz. de 75.9 al SW, que se desarrollaron por los esfuerzos en las siguientes direcciones: $\sigma_1(327.6/19.6)$ y $\sigma_3(057.8/00.5)$ horizontales, $\sigma_2(149.1/70.4)$ vertical, por lo que la estructura muestra un movimiento de tipo dextral con una mínima componente normal.

Figura 78.

Modelo del Sistema 104.4 - conductoras de la mineralización (linking damage) que favorecieron la conducción del fluido mineralizante.



Nota. En el tramo intermedio de color magenta se muestra la zona de conexión de fallas (linking damage zone), donde la veta presentó un cambio de dirección en forma de sigmoide.

Tabla 4.

Datos estructurales y dirección de esfuerzos para el sistema 104.4 linking damage

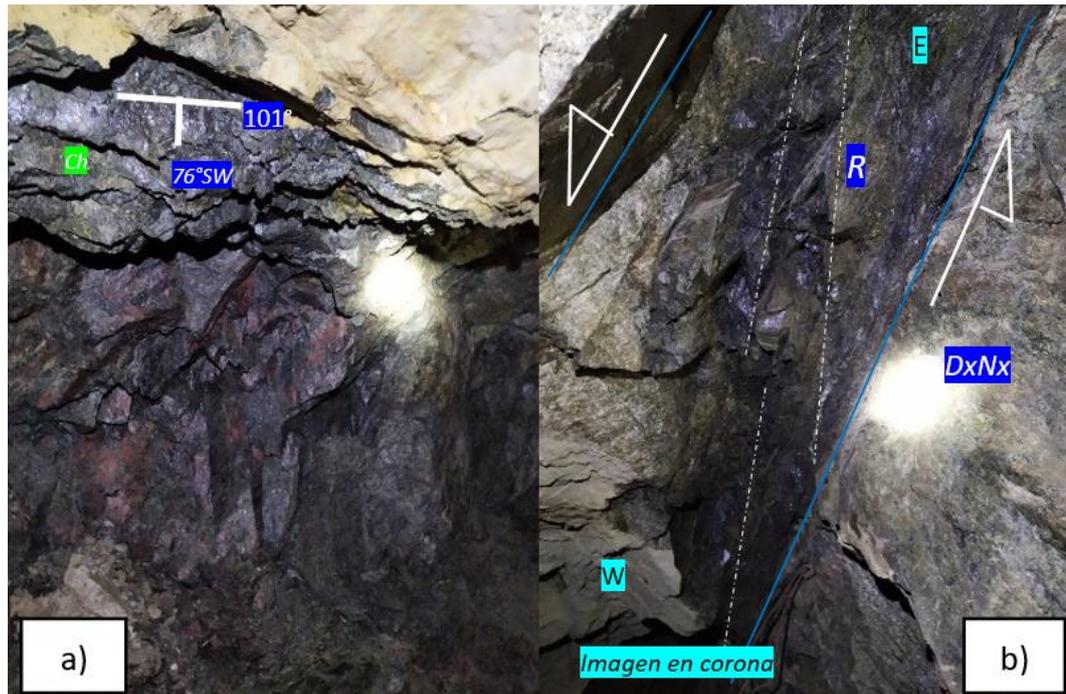
Sistema Linking Damage			Dirección de esfuerzos principales		
Azimet.	Bz.	Tipo de falla	σ_1	σ_2	σ_3
104.4°	75.9° SW	DxNx	(327.6/19.6)	(149.1/70.4)	(057.8/00.5)

5.1.2. Sistema de fallas post-mineral

5.1.2.1. Sistema 101 falla San Andrés

Figura 79.

Falla mayor post mineral que desplaza la veta.



Nota. a) Vista lateral de la falla, la falla presenta mica como patina de coloración verdosa, b) Fotografía de la falla tomada en corona, se muestra el desplazamiento dextral de la falla.

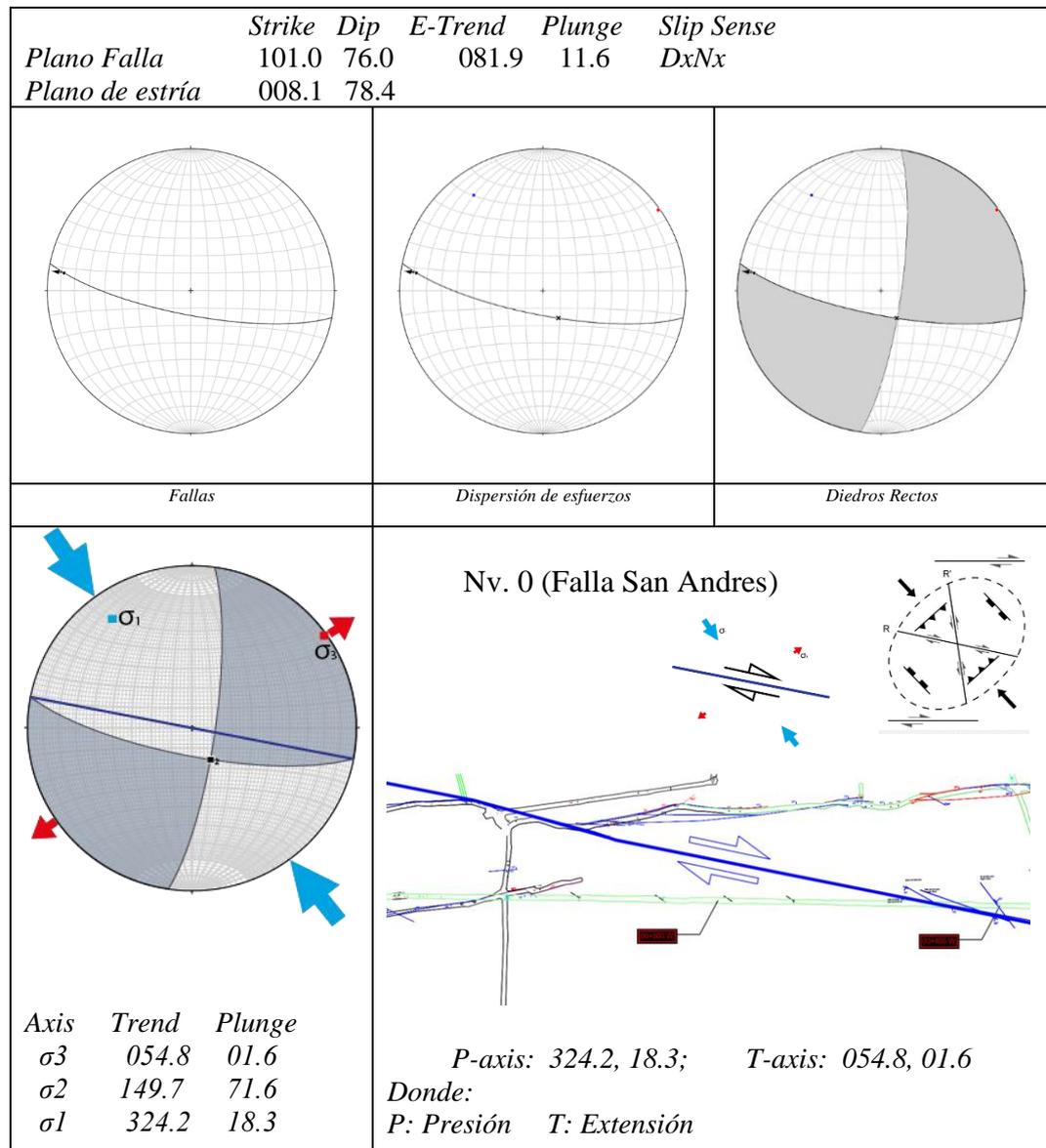
La primera estructura que corta la veta se presenta a 140m al Este del clavo rojo en el tramo en la zona de ramales, mapeándose en los niveles Nv. 0, Nv. -30, Nv. -60, Nv. 120, la falla presenta un desplazamiento de 23m y saltos horizontales de 7m este sistema de fallas de tipo dextral tienen un Rumbo de NW-SE, con Azimut de 101° Bz 76° SW, la falla mapeada presentan una potencia de 0.9-1 m.

La medición del Rake contenidas en los planos de falla posee ángulos bajos entre los 12° con inclinaciones al NW, para la identificación de la cinemática se estudió las estrías, los cuales indicaron un sentido del movimiento dextral normal (DxNx).

Con el procesamiento y análisis se obtiene el siguiente diagrama:

Figura 80.

Diagrama del datum estructural del sistema 101 de mayor desplazamiento de la veta Viento.

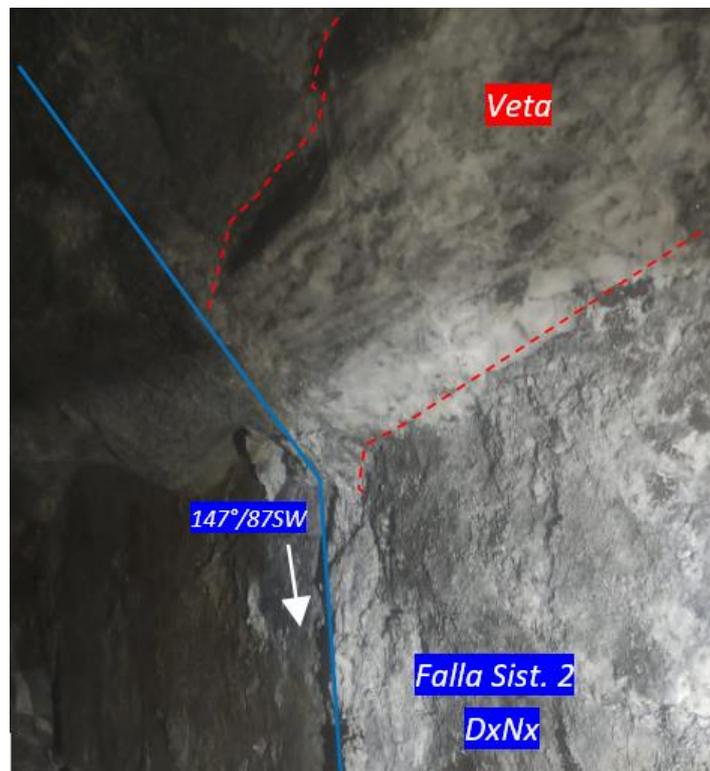


Nota. El estereograma presenta las estructuras de tipo falla dextral, este sistema de fallas presenta un Azimut de 101° con un Bz de 76° al SW, donde se interpreta que se desarrolló por los esfuerzos en las siguientes direcciones: $\sigma_1(324.2/18.3)$ y $\sigma_3(054.8/01.6)$ horizontales, $\sigma_2(149.7/71.6)$ vertical, por lo que la estructura muestra un movimiento de tipo dextral con una mínima componente normal.

5.1.2.2. Fallas menores sistema 297.6

Figura 81.

Fallas menores post mineral que desplazan la veta.



Las estructuras que cortan la veta, presentan un desplazamiento variable entre los 2m-5.70m y saltos horizontales de 1m-1.20m este sistema de fallas de tipo dextral se presenta mayormente en el tramo en la zona sigmoidal, y en la zona del clavo gris con un desplazamiento de 30-96cm, mapeándose en los niveles Nv. 0, Nv. -30, Nv. -60, Nv. 120 , estas fallas con un Rumbo NW-SE, para el primer



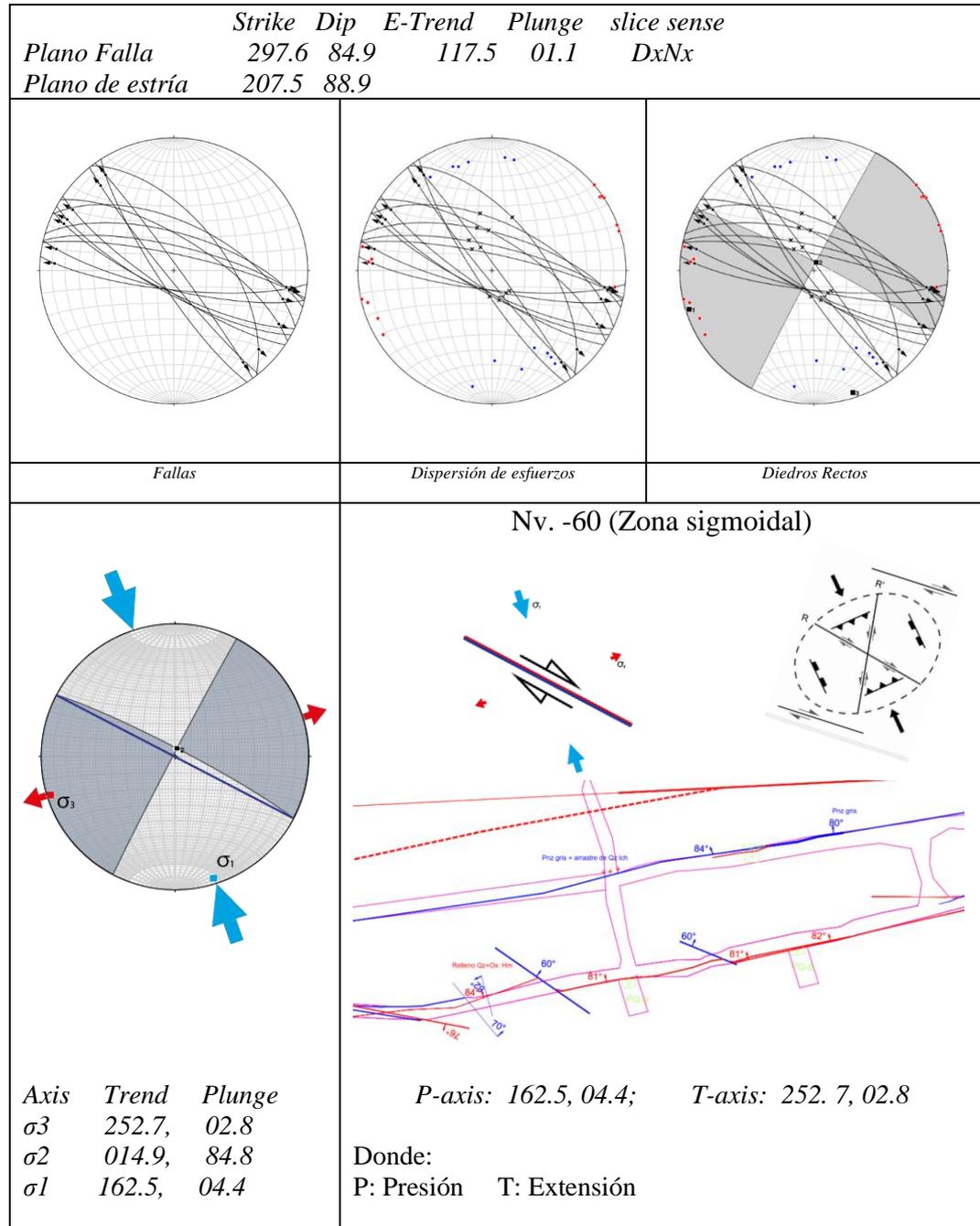
sistema se tiene un Azimut(1) entre los 324° - 282° Bz 85-76 NE, el segundo sistema tiene un Azimut(2) entre los 147° - 96° con Bz variable entre 87° - 59° SW , presentan una potencia de 5-12 cm.

La medición del Rake contenidas en los planos de falla posee ángulos bajos entre los 17° - 12° con inclinaciones al NW y SE, para la identificación de la cinemática se estudió las estrías, los cuales indicaron un sentido del movimiento dextral normal (DxNx).

Con el procesamiento y análisis se obtiene el siguiente diagrama:

Figura 82.

Diagrama del datum estructural del sistema de fallas menores postmineral.

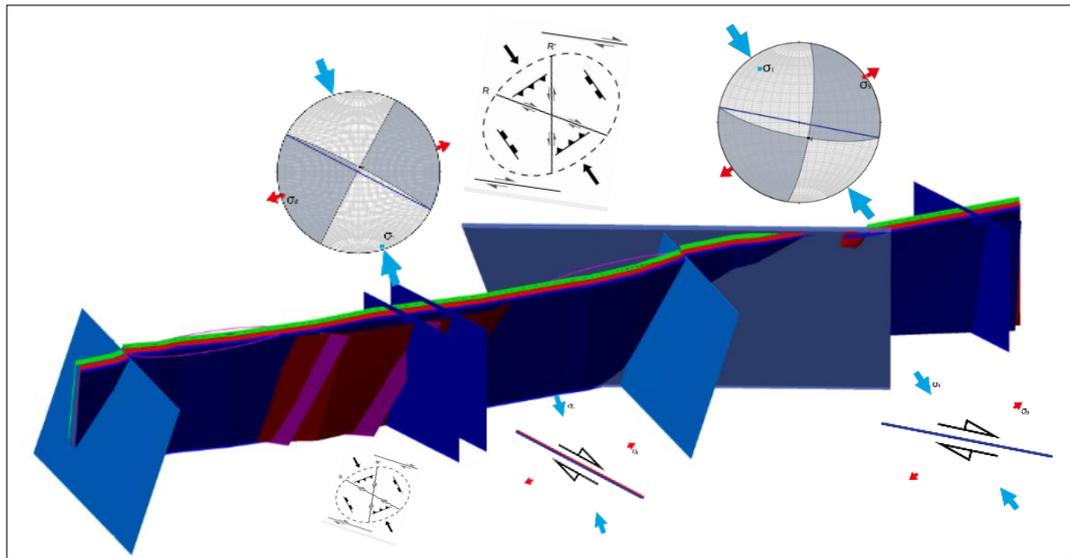


Nota. El estereograma presenta las estructuras de tipo falla dextral, este sistema de fallas posee en promedio un Azimut de 297.6° con un Bz de 84.9° al NE mayormente, donde se interpreta que se desarrollaron por los esfuerzos en las siguientes direcciones: $\sigma_1(162.5/04.4)$ y $\sigma_3(252.7/02.8)$ horizontales,

$\sigma_2(014.9/84.8)$ vertical, por lo que la estructura muestra un movimiento de tipo dextral con una mínima componente normal.

Figura 83.

Modelo de formación del Sistema 101 San Andrés de mayor dimension y Sistema 297.6 menores en la zona de daño extensional.



Nota. Se muestra el arreglo geométrico de las fallas post mineralización, encontrándose con mayor frecuencia el sistema 297.6 en la zona de conexión, y la falla San Andrés al E del clavo rojo.

Tabla 5.

Datos estructurales y dirección de esfuerzos para el sistema 101 San Andrés

Falla San Andrés Post Mineral			Dirección de esfuerzos principales		
Azimet.	Bz.	Tipo de falla	σ_1	σ_2	σ_3
101°	76° SW	DxNx	(324.2/18.3)	(149.7/71.6)	(054.8/01.6)

Tabla 6.

Datos estructurales y dirección de esfuerzos para el sistema 297.6 fallas menores

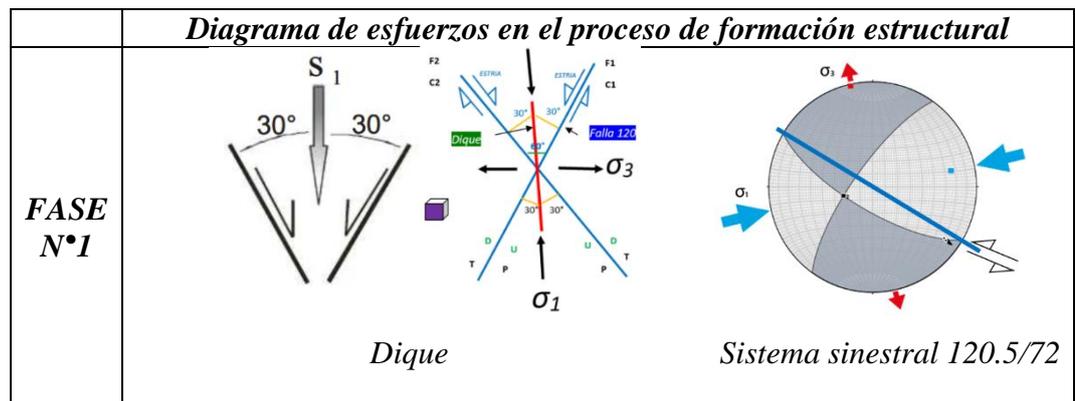
Sistema de Fallas menores			Dirección de esfuerzos principales		
Post Mineral					
Azimut.	Bz.	Tipo de falla	σ_1	σ_2	σ_3
297.6°	84.9° NE	DxNx	(162.5/04.4)	(014.9/84.8)	(252.7/02.8)

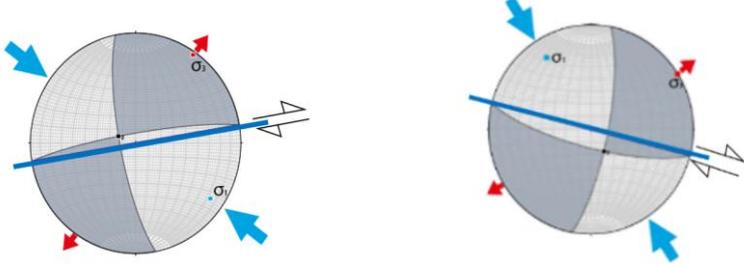
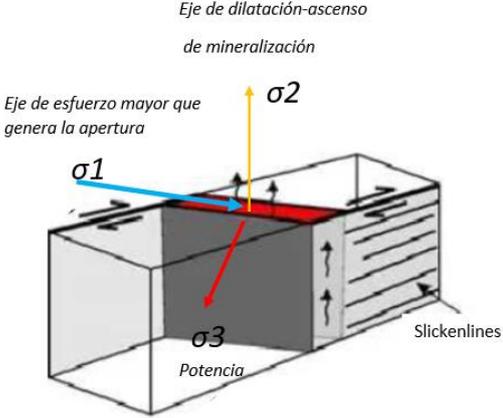
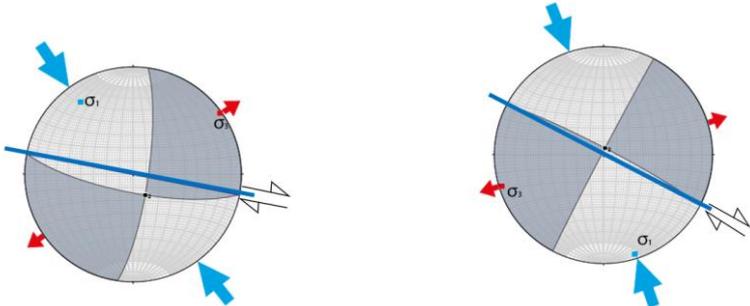
5.1.2.3. Secuencia de formación estructural de los clavos mineralizados de la veta Viento

El siguiente cuadro muestra la secuencia de formación de las estructuras en cuatro fases propuesta para los clavos mineralizados de la veta Viento.

Figura 84.

Secuencia de formación estructural y dirección de esfuerzos formadores de estructuras en cuatro fases.



<p>FASE N°2</p>	 <p><i>Sistema 260.5/82.8</i> <i>Sistema 104.4/75.9</i> <i>(linking damage zone)</i></p>
<p>FASE N°3 MINERALIZACION</p>	 <p><i>Mineralización en el eje de esfuerzo σ_2</i></p>
<p>FASE N°4</p>	 <p><i>Sistema 101 /76</i> <i>Sistema 297.6/84.9</i></p>

Nota. Primera fase de formación del dique y el sistema sinistral NW-SE, segunda fase de formación de apertura de la estructura principal que contiene la mayor mineralización y el sistema de conexión, tercera fase de mineralización, cuarta fase de formación de sistemas de fallas post mineral.

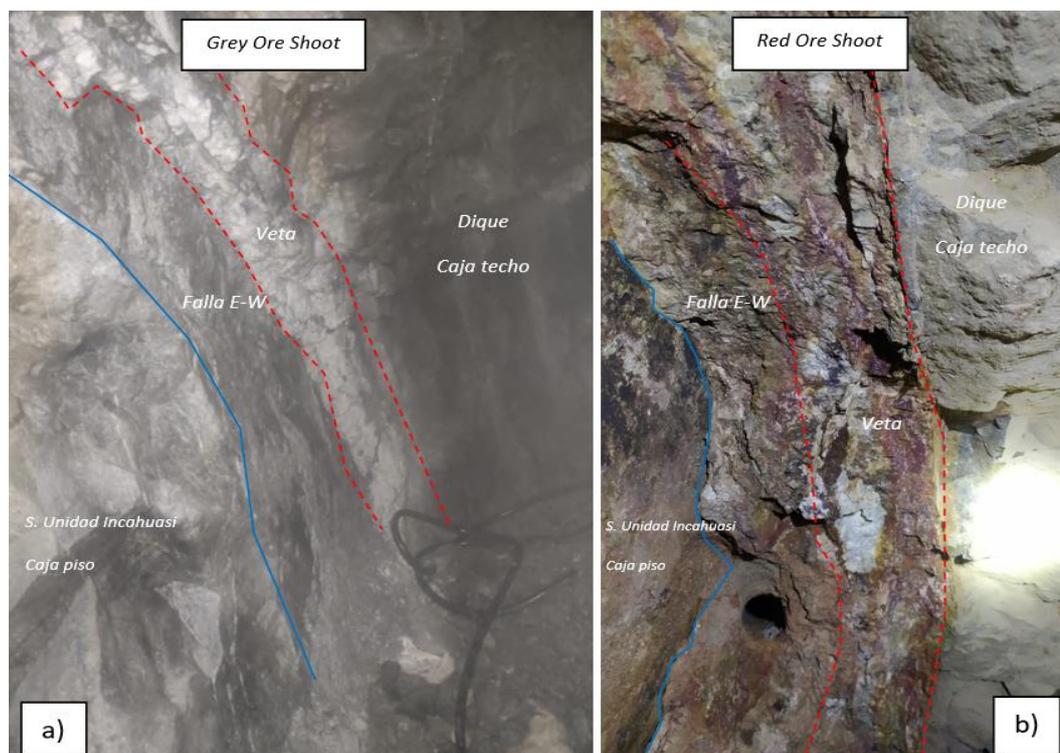
5.2. IDENTIFICACION DE LOS CONTROLES GEOLOGICOS DE MINERALIZACION DE LA VETA VIENTO

El arreglo geométrico que contiene la veta Viento en el sector de Ancha presenta dos clavos mineralizados denominados clavo rojo y clavo gris, para el cual se realizó el mapeo estructural, litológico y mineralógico.

5.2.1. Control estructural

Figura 85.

Control estructural de la veta viento.



Nota. La mineralización se encuentra entre la falla y el dique andesítico. a) Clavo mineralizado gris, b) Clavo mineralizado rojo.

Estructuralmente la veta Viento está controlado por el Sistema de fallas Iquipi, contenida en una estructura falla de dirección aproximada E-W de 1300m



de longitud estudiados, el cual presentó un ambiente apropiado para la mineralización, esta estructura que fue anteriormente formada por el esfuerzo vertical endógeno de la intrusión del dique sub volcánico de composición andesítica, encontrando en esta un punto de debilidad para la formación de la falla principal que contiene la mineralización, a su vez son controlados por fallas limitantes de dirección NW-SE los que geoméricamente dieron lugar a los clavos mineralizados, ocurriendo contemporáneamente fallas en dirección NWW-SEE que conducen la mineralización y desplazan la veta, posteriormente se formó una falla de 1m de potencia de dirección NWW-SEE que corta la estructura al Este del clavo rojo.

5.2.1.1. Clavo rojo:

La estructura mineralizada en el nivel Virginia se presenta el primer clavo rojo mineralizado de 250m longitud y de potencia variable entre 18-30cm esta estructura mineralizada tiene un Azimut N260°E, y un buzamiento promedio de 71°-88° NW, yaciendo sobre la estructura falla en tramos subyace a la falla de 90cm de potencia con panizo rojo resultado de la alteración de los minerales de sulfuro como la pirita y la calcopirita dando como resultado la formación de óxidos de hierro como son la limonita y hematita dándole el cual le da el color característico al primer clavo mineralizado, en cuanto al zoneamiento de la estructura se observó la presencia de panizo gris y brecha de composición andesítica producto del cizallamiento del dique que acompaña a la veta viento.

Esta estructura mineralizada en el nivel superior se encuentra explotada mediante galería, cabe mencionar que en el mapeo estructural se encontró que el clavo rojo está limitado en el extremo E por un sistema de falla pre-mineral sinistral



de 15-20cm de potencia, sistema que presenta un Azimut N121°E; 76°S mapeados en el Nivel -30. Mientras que, al W del clavo, la veta acorta su potencia por encontrarse en la zona de conexión.

Pasando la falla que limita el clavo mineralizado al E, la veta continúa en forma ramaleada con una potencia variable de 5-7 cm.

5.2.1.2. Clavo gris

La veta Viento en el nivel Virginia al W se presenta el segundo clavo mineralizado de 220m longitud y de potencia variable entre 10-50cm esta estructura mineralizada tiene un Azimut N265°E, y un buzamiento promedio entre 88°-80° NW, subyaciendo a la estructura falla de 50cm de potencia de panizo y brecha de composición andesítica producto del cizallamiento del dique que acompaña a la veta viento.

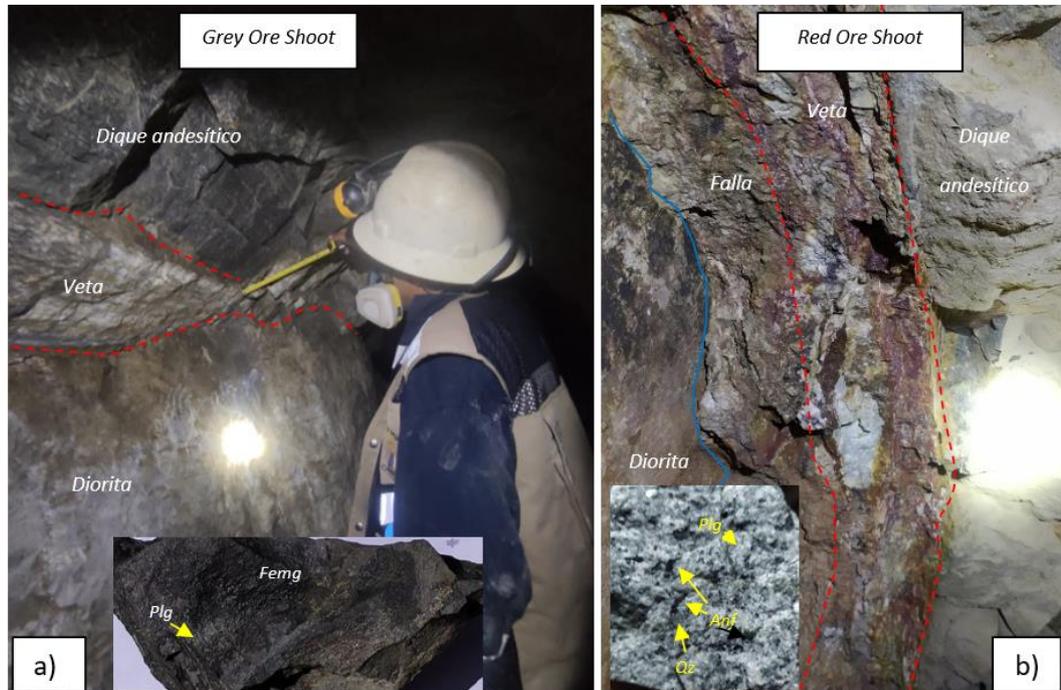
Esta estructura mineralizada se encuentra explotada, cabe mencionar que en el mapeo estructural se encontró que el clavo gris es limitado en el extremo W por un sistema de falla pre-mineral sinistral de 10-20cm de potencia de falla con un Azimut N120°E; 68°S al W del clavo gris mapeado en el Nv-30.

Pasando las fallas que limitan el clavo mineralizado la veta continúa con menor potencia y mineralización.

5.2.2. Control litológico

Figura 86.

Control litológico de la veta Viento.



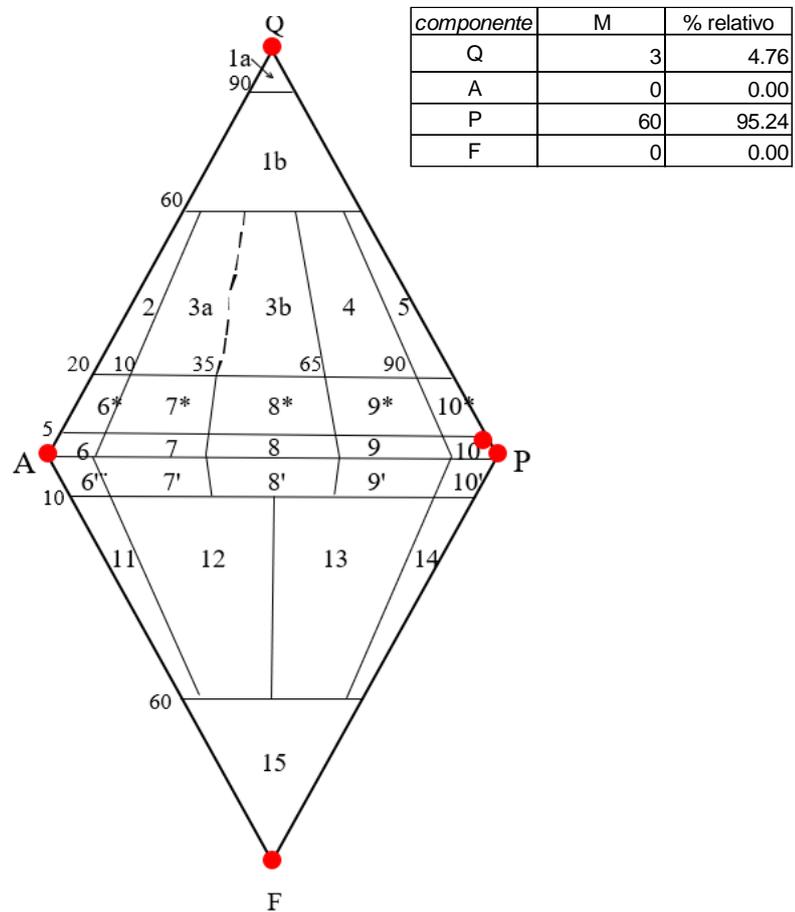
Nota. Los clavos mineralizados se encuentran en medio de una roca intermedia de composición diorítica y un dique andesítico. Plagioclasa (Plg), Anfíbol (Anf), Cuarzo (Qz) y Ferromagnesianos (Femg).

A. Diorita

1. Ocurrencia : Intrusiva, Ígneas - Plutónica
2. Formación : Solidificación a partir de magmas intermedios en el interior de la tierra.
3. Textura : Fanerítica
4. Color : Blanco-negro, levemente gris-verde en zonas alteradas.
5. Composición : Plagioclasas (oligoclasa<albita) 60%, cuarzo 3%, Anfíboles 25%, Piroxeno 7%, Otros(pirita) 5%

Figura 87.

Diagrama QAPF-Diorita



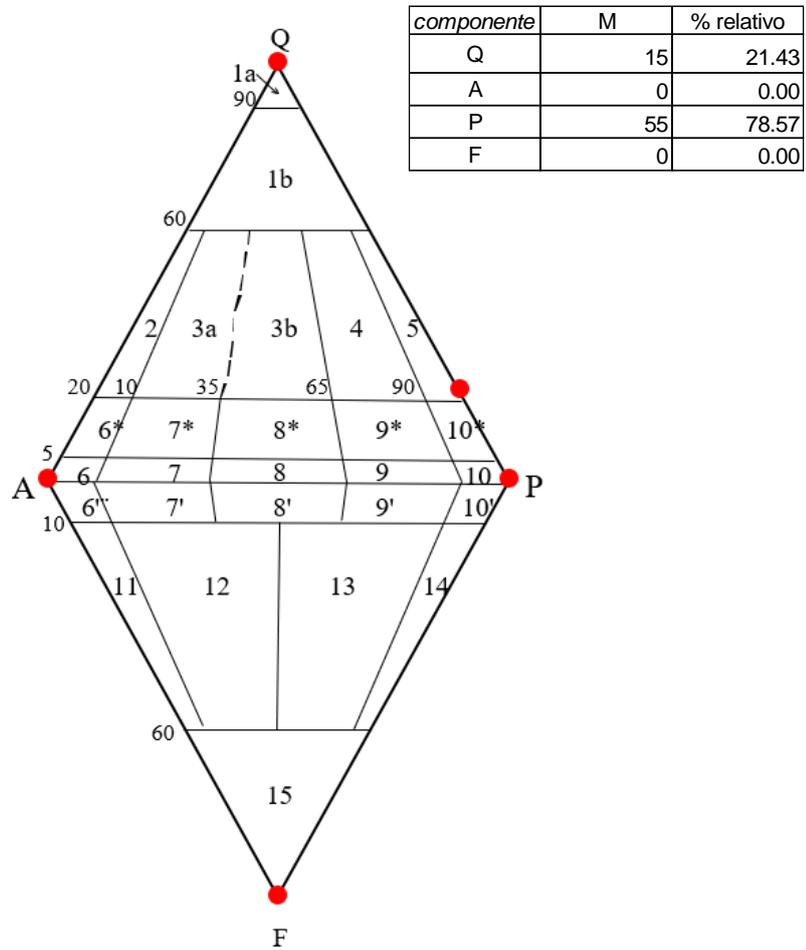
Nota. Clasificación modal de la roca plutónica diorita en el triángulo Q-A-P-F

B. Tonalita

1. Ocurrencia : Intrusiva, Ígneas - Plutónica
2. Formación : Solidificación a partir de magmas intermedios en el interior de la tierra.
3. Textura : Fanerítica
4. Color : Blanco-negro
5. Composición: Plagioclasas(oligoclasa<albita) 55%, Cuarzo 15%, Anfiboles 20%, Piroxeno 5%, Otros(pirita) 5%

Figura 88.

Diagrama QAPF-Tonalita



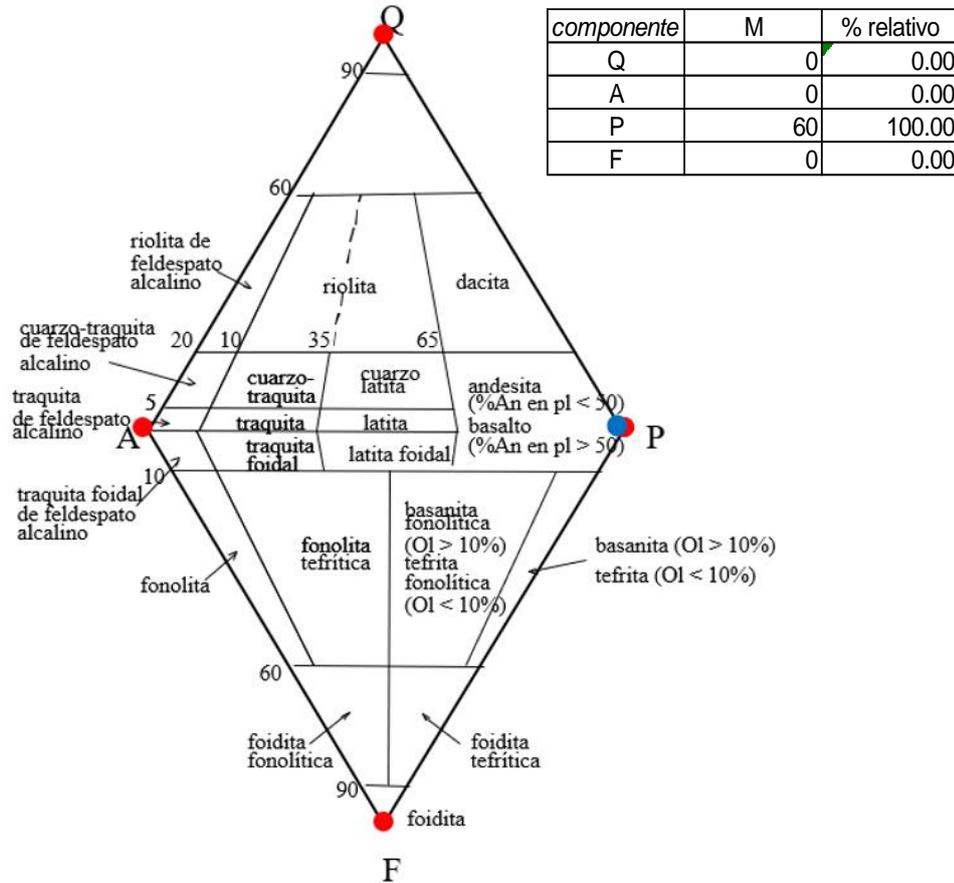
Nota. Clasificación modal de la roca plutónica tonalita en el triángulo Q-A-P-F

C. Andesita

1. Ocurrencia : Ígnea - Subvolcanica
2. Formación : Solidificación a partir de magmas intermedios en el interior de la tierra.
3. Textura : Porfirítica
4. Color : Gris oscuro
6. Composición : Plagioclasas 60%, Anfíboles 30%, Piroxeno 6%, Otros(pirita) 4%

Figura 89.

Diagrama QAPF-Andesita



Nota. Clasificación modal de la roca subvolcanica andesita en el triángulo Q-A-P-F

5.2.2.1. Clavo rojo

Litológicamente la estructura mineralizada se encuentra encajonada por dos litologías distintas, como caja piso se tiene a la diorita de la super unidad Incahuasi y como caja techo al dique de composición andesítica del Jurásico.



5.2.2.2. Clavo gris

Litológicamente la veta se encuentra encajonada por el dique andesítico del Jurásico en el techo y las rocas del complejo basal el cual se presenta como diorita y en tramos con bajo grado de metamorfismo como caja piso, esta roca diorita presenta lineamientos de alteración propilítica como zoneamiento proximal a la veta.

5.2.3. Control mineralógico

Minerales macroscópicos de la veta Viento:

5.2.3.1. Minerales mena

Oro nativo (Au): Elemento nativo que se encuentra diseminado entre la pirita y el cuarzo, su mayor concentración se presenta entre minerales de pirita y calcopirita muy fina mostrando los valores altos.

Electrum (Au, Ag): Variedad de Oro con más del 20% de Plata en aleación.

Calcopirita (CuFeS_2): Sulfuro que se presenta un hábito masivo y diseminado en menor proporción, paragenéticamente está acompañado de galena cristalizada, minerales que se asocian con el oro.

Galena (PbS): Este mineral se presenta con un hábito cristalino, su ocurrencia no es uniforme, sin embargo, su presencia favorece a las leyes de oro.

Pirita (FeS_2): Se presenta en variedades con hábito masivo, cristalino cúbico visible a fino diseminado, donde resalta en valores para el oro.



5.2.3.2. Minerales ganga

Cuarzo (SiO_2): Mineral de mayor presencia en hábito masivo de color blanco lechoso de brillo vítreo a graso y en mínimas cantidades dentro de aberturas como cristales hexagonales transparentes, siendo el mineral que contiene a los minerales y elementos económicos.

Óxidos de Hierro: Se presenta en diversas variedades como limonita ($\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$) hidróxido masivo de hierro pardo amarillento en forma terrosa, hematita (Fe_2O_3) como óxido férrico rojizo, su ocurrencia es notable en el clavo rojo.

Calcita (CaCO_3): Carbonato que se presenta solo en tramos de la veta, junto al cuarzo, este presenta un hábito cristalino de color blanco y en algunas zonas cristalino transparente, mayormente en el sector del clavo gris y zonas no alteradas.

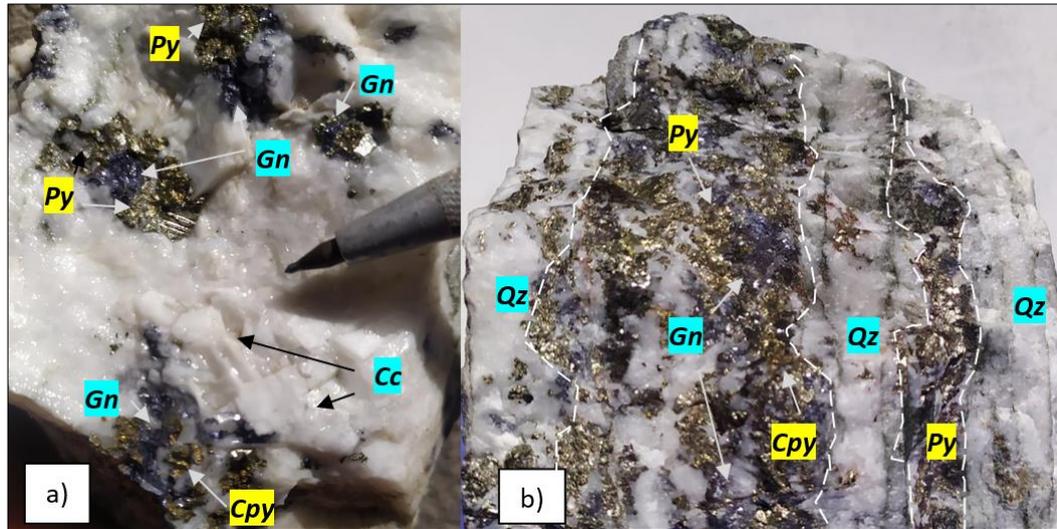
5.2.3.3. Paragénesis de mineralización

Los fluidos que formaron la veta indican una salinidad elevada, con una temperatura de formación de 143-296 °C, donde los minerales de sulfuro resultan de un fluido mineralizante proveniente de una fuente magmática.

Los minerales formados por el mismo proceso genético durante un mismo evento están temporal y genéticamente asociados.

Figura 90.

Minerales paragenéticos de la Veta Viento.



Nota. a) Minerales sulfurados dentro carbonato, b) La muestra presenta el zoneamiento del cuarzo y los sulfuros. Pirita (Py), Calcopirita (Cpy), Galena (Gn) Cuarzo (Qz), Calcita (Cc).

La veta aurífera Viento ubicada dentro de la franja Nazca Ocoña exhibe la siguiente secuencia paragenética:

Primer evento: La ocurrencia del primer fluido mineral asociado a cuarzo-calcita-pirita llegando a mineralizar las superficies de la fractura de Cuarzo blanco predominante sobre la calcita con pequeñas cantidades de sulfuros (pirita), en los tramos donde las fracturas son angostas generalmente constan de cuarzo-pirita.

Segundo evento: Fluido hidrotermal que enriquece la estructura con sulfuros principales como pirita, calcopirita, galena en menor cantidad siguiendo un plunge mineralógico, electrum, oro nativo microscópico y oro grueso excepcionalmente asociado a la pirita, adicionalmente cuarzo blanco singenético,

generando así una ligera cristalización bandeada en tramos de la estructura. Estos dos eventos desarrollan una textura bandeada en la veta.

Tercer evento: Exsoluciones de calcopirita y cuarzo, también rellenan microfracturas desarrolladas en los eventos anteriores, además de carbonatos como calcita de habito cristalino relleno los espacios entre la caja y la veta.

Cuarto evento: Por procesos oxidación y alteración supérgena dieron formación a minerales alterados de jarosita $KFe_3(OH)_6(SO_4)_2$ siendo un sulfato de potasio y hierro hidratado básico y óxidos de fierro como hematita y limonita como minerales secundarios proveniente de los sulfuros.

De acuerdo a estos eventos mineralógicos se presentó la secuencia de mineralización paragenética correspondiente al yacimiento de la Veta Viento.

Figura 91.

Secuencia paragenética propuesta para la veta viento.

SECUENCIA PARAGENETICA DENTRO DE LA ESTRUCTURA FALLA					
	Pre Mineral	Primer evento	Segundo evento	Tercer evento	Proceso de alteración supérgena
Falla	=====				
Cuarzo		=====			
Calcita		=====			
Pirita			=====		
Oro			=====		
Eletrum			=====		
Calcopirita		=====			
Galena			=====		
Hematita					=====
limonita					=====
Jarosita					=====

Nota. El alargado de las líneas indican el intervalo de ocurrencia y mineralización, la amplitud indica la predominancia del mineral.



5.2.3.4. Alteraciones hidrotermales de la veta Viento

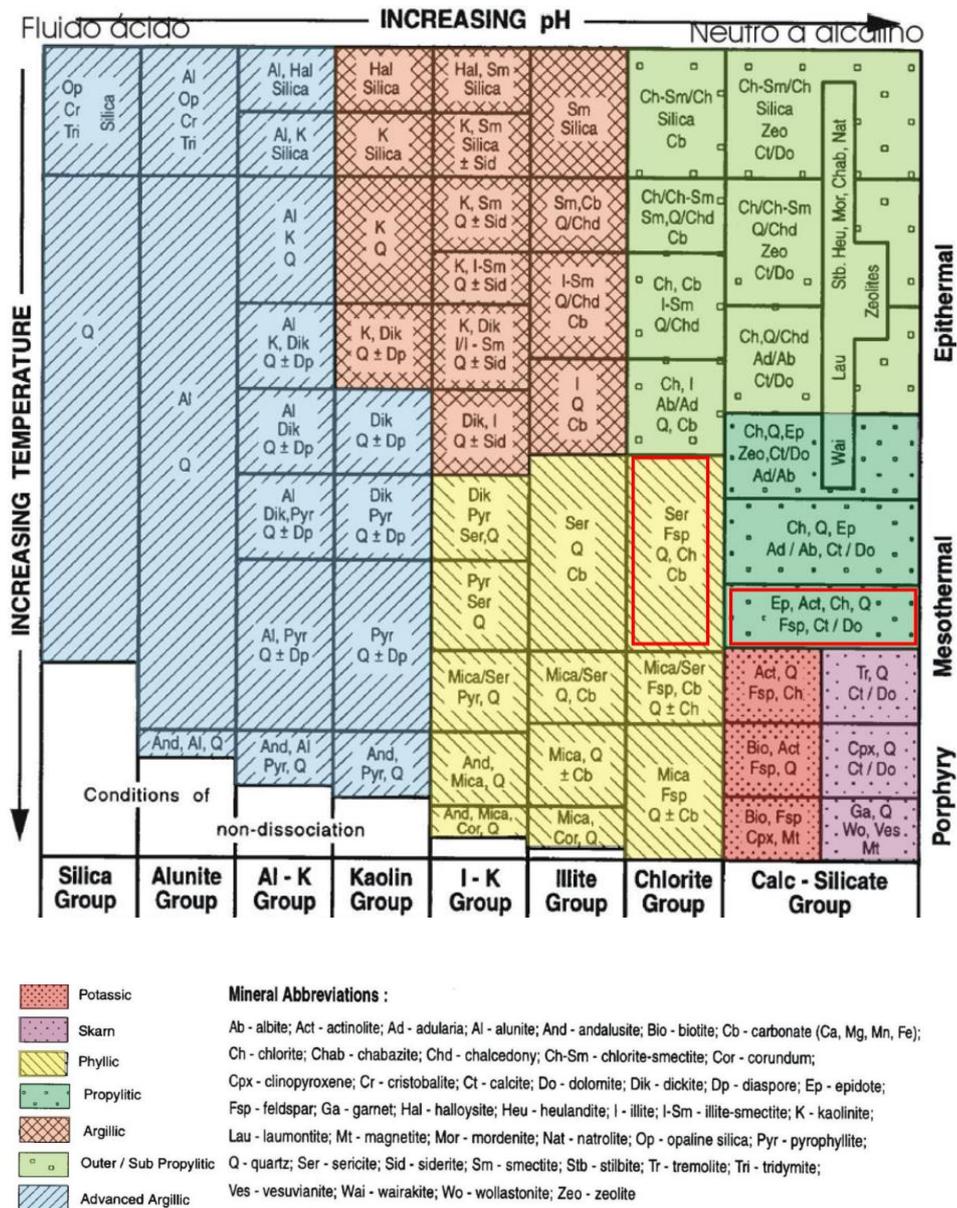
De acuerdo al cuadro de alteraciones diseñado por Corbett y Leach, 1998 y a las observaciones durante el mapeo superficial e interior mina de las estructuras y roca caja se han reconocido las siguientes alteraciones hidrotermales:

Alteración Propilítica: La presencia de epidota y feldespatos proximal a la veta interpretándose como zoneamiento de la estructura mineralizada, la existencia de clorita en el contacto de la veta y la caja, proveniente de la alteración de los ferromagnesianos de la roca caja producido por el fluido mineralizante hidrotermal, cuarzo blanco y calcita como componentes principales de la primera alteración ocurrida en la estructura y el área de estudio generándose en un ambiente mesotermal alcalino.

Alteración Fílica: La presencia de arcillas como caolinita e illita en menor cantidad entre la veta y la roca caja indica que el fluido hidrotermal tuvo una tendencia de alcalino hacia ácido, produciéndose un ensamble de sericita, cuarzo y pirita diseminada, componentes que acompañan al metal y mineral económico, visible paralelamente a la veta Viento.

Figura 92.

Alteraciones hidrotermales endógenas de la veta Viento.



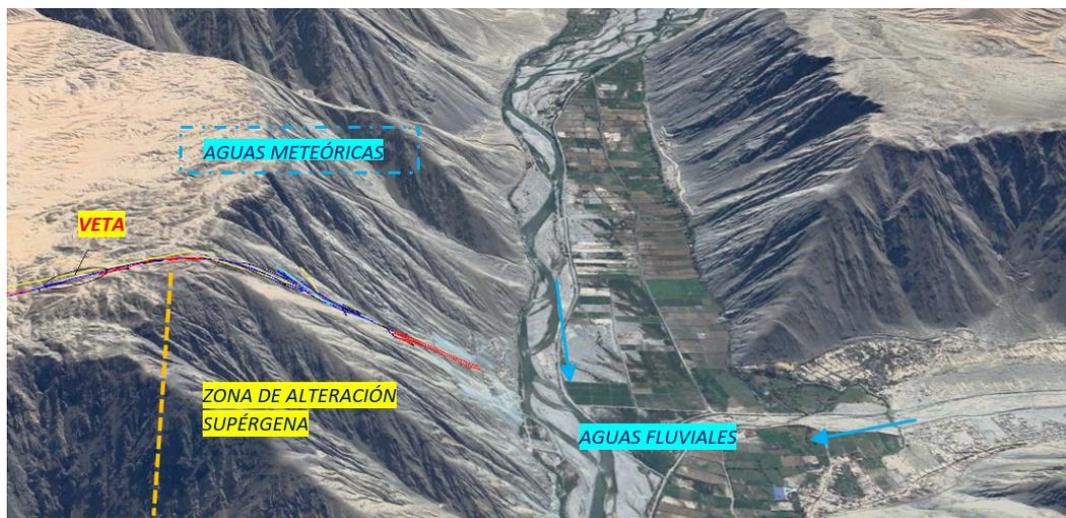
Fuente: Cuadro de alteraciones de Corbett y Leach.

Nota. Con el mapeo y el cuadro de alteraciones la veta Viento presenta dos tipos de alteración endógenas predominantes, alteración propilítica y alteración fílica, ambos en un ambiente mesotermal alcalino.

Oxidación supérgena: En el clavo rojo se observa una predominancia de una alteración supérgena por oxidación posterior a la alteración propilítica y fílica, observándose óxidos de hierro como la hematita y limonita provenientes de los minerales sulfurados como la pirita y calcopirita de menor proporción haciendo que estos minerales entren en un ambiente inestable provocando su oxidación, liberando así los iones de oro para una mayor concentración, la coloración rojiza se da solo para el clavo rojo como resultado de las aguas meteóricas y las filtraciones de agua de origen fluvial sistemas de fallas y fracturas que permitieron la oxidación con un plunge de 70° W

Figura 93.

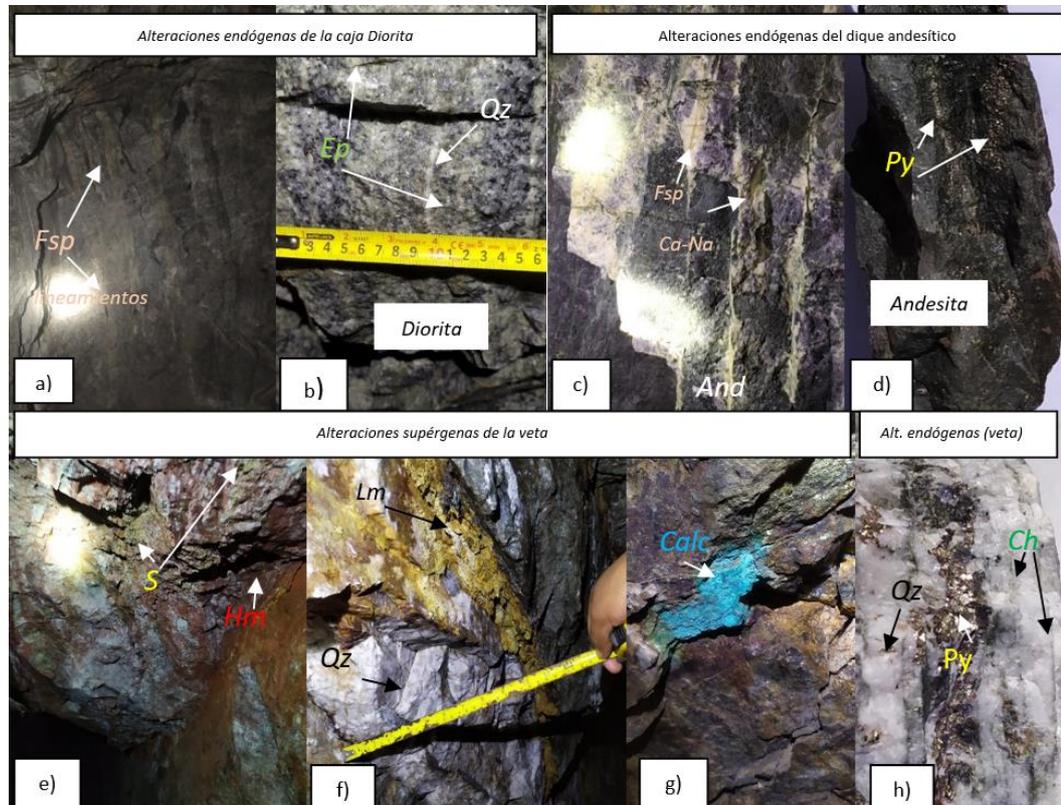
Alteración supérgena para la veta Viento.



Nota. Zona de mayor oxidación de los minerales sulfurados.

Figura 94.

Alteraciones por procesos endógenos y supérgenos observables de la Veta Viento.



Nota. Pirita (Py), Cuarzo (Qz), Hematita (Hm), Limonita (Lm), Calcantita (Calc), Feldespatos (Fsp), Epidota (Ep), Clorita (Ch).

5.2.3.5. Clavo rojo

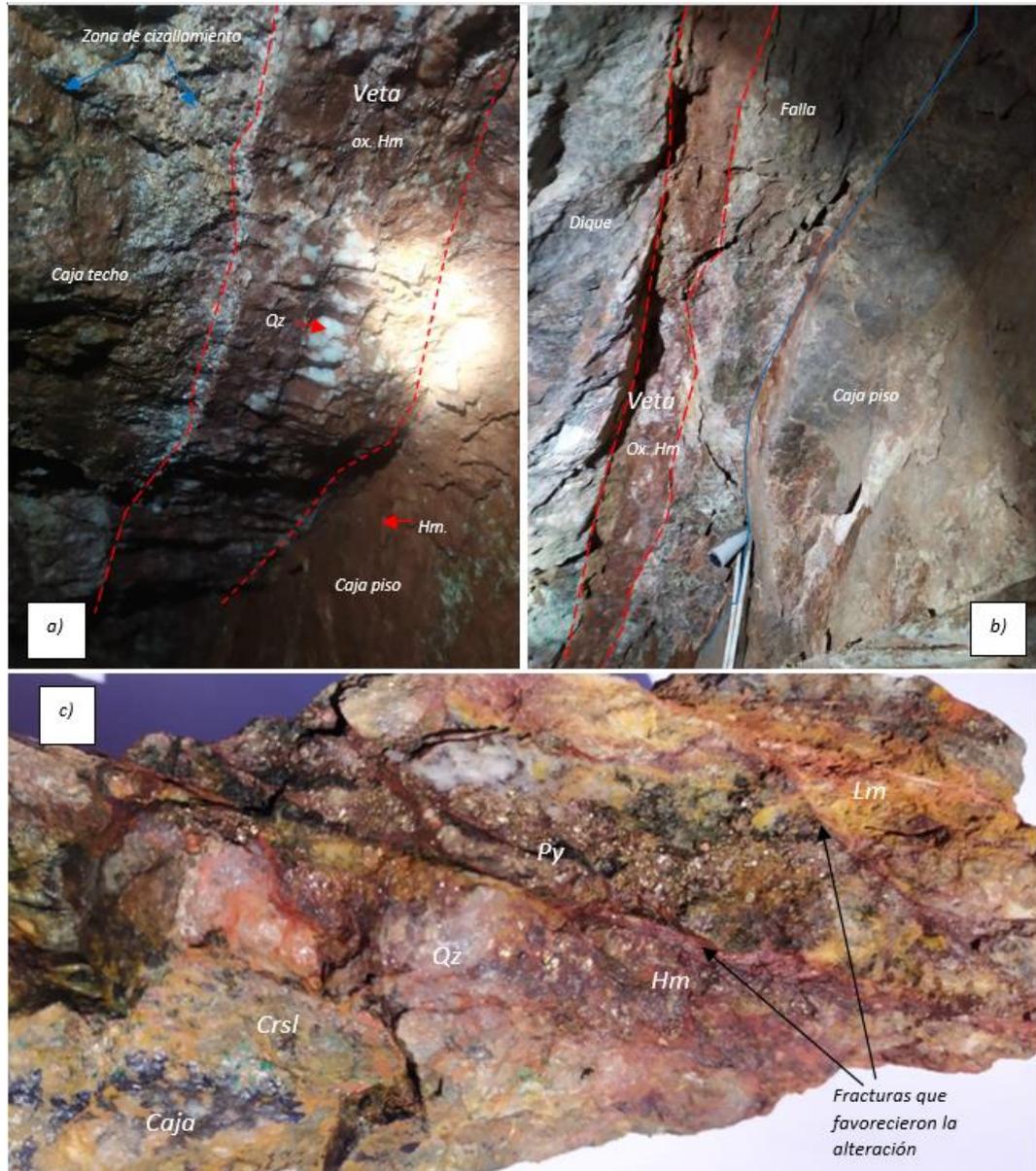
Mineralógicamente el clavo mineralizado rojo presenta Qz altamente fracturado con mayor presencia de minerales oxidados como hematita y limonita.

5.2.3.6. Clavo gris

Mineralógicamente el clavo mineralizado gris presenta mayor contenido de cuarzo blanco con diseminaciones de pirita y calcopirita además de galena.

Figura 95.

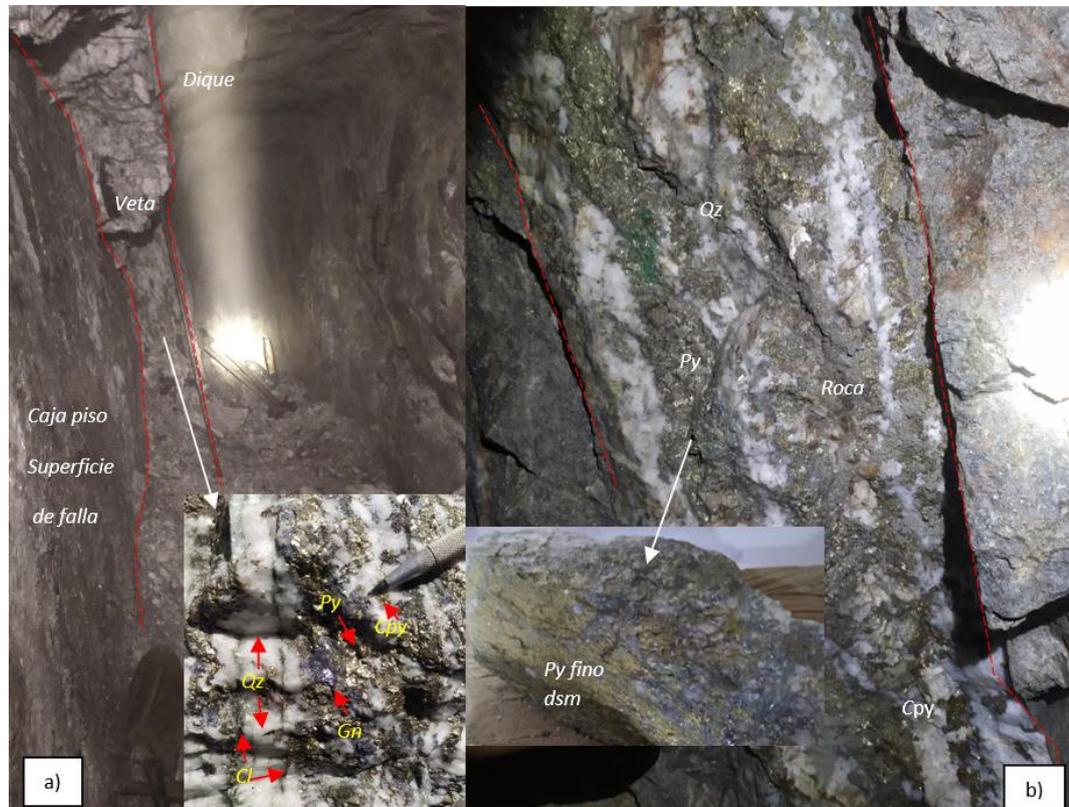
Características del clavo mineralizado rojo.



Nota. a) Se muestra la veta definida del clavo rojo con su oxidación supérgena, b) Zoneamiento de la veta viento, junto a la falla y el dique andesítico como caja techo, c) Muestra de mano, se visualización macroscópica de los minerales primarios y alterados Pirita (Py), Cuarzo (Qz), Hematita (Hm), Limonita (Lm), Crisocola (Crsl).

Figura 96.

Características del clavo mineralizado gris.



Nota. Zona del clavo gris, en la parte inferior se indica la mineralogía macroscópica que la compone principalmente a) Veta masiva yaciendo sobre la falla, b) La veta muestra franjas de cuarzo y piritita. Piritita (Py), Calcopiritita (Cpy), Cuarzo Blanco (Qz), Clorita (Cl), diseminado(dsm).

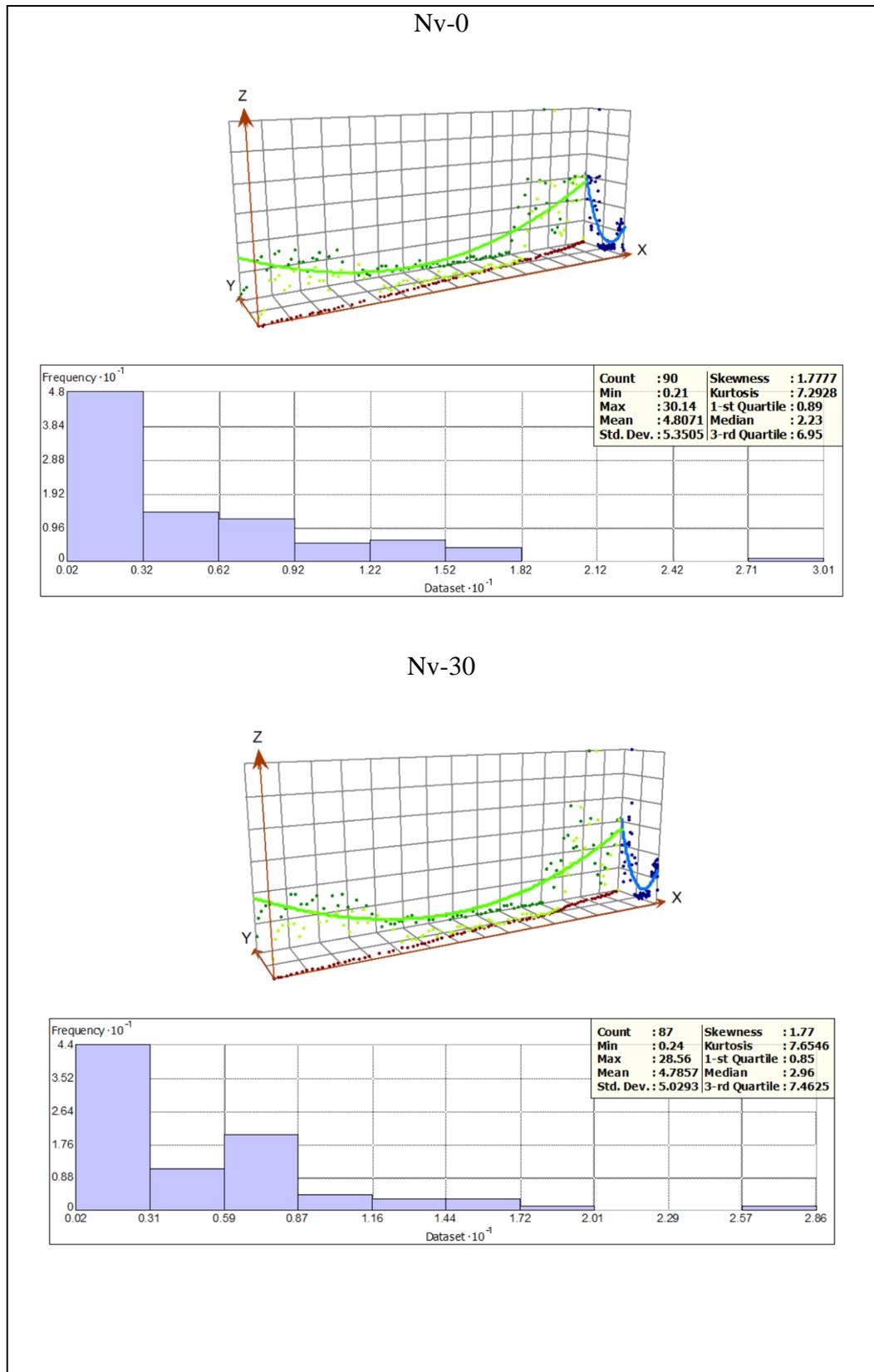
5.3. DETERMINACION DEL PLUNGE DE MINERALIZACION

5.3.1. Análisis exploratorio de los datos

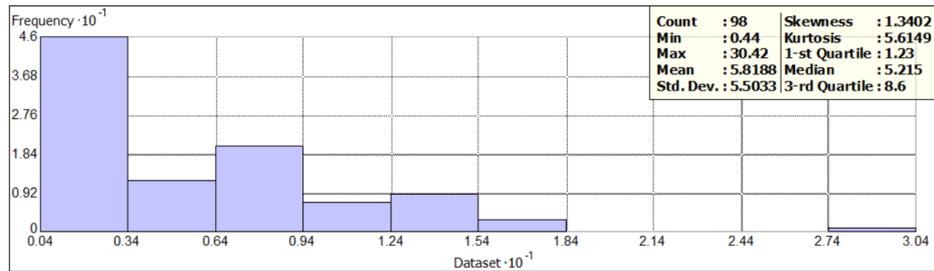
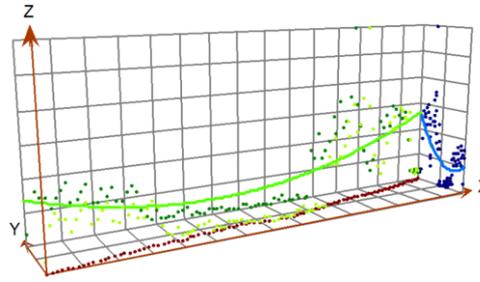
Para la interpolación en ArcMAP que predijo los valores a partir de la cantidad limitada de los puntos muestreados se realizó el análisis exploratorio de tendencia e histograma para los cuatro niveles, donde se muestra la siguiente figura:

Figura 97.

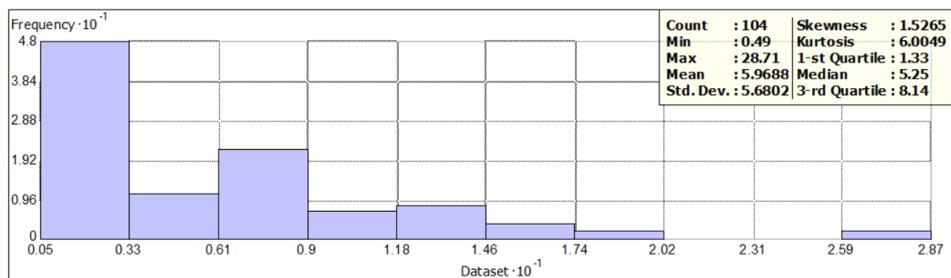
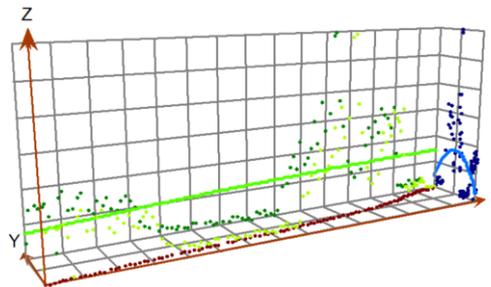
Análisis exploratorio de leyes, niveles NV-0, NV-30, NV-60 y NV-120.



Nv-60



Nv-120



Nota. El análisis exploratorio de los datos por niveles, donde los niveles NV-0, NV-30 y NV-60 presentan una tendencia de segundo orden, mostrándose una curva parabólica (línea verde) donde se interpreta que los mayores valores anómalos de concentración del oro se presentaron al E y W de la veta estudiada, mientras que en

el NV-120 los valores son más oscilatorios por lo que se tomó una tendencia lineal para su análisis.

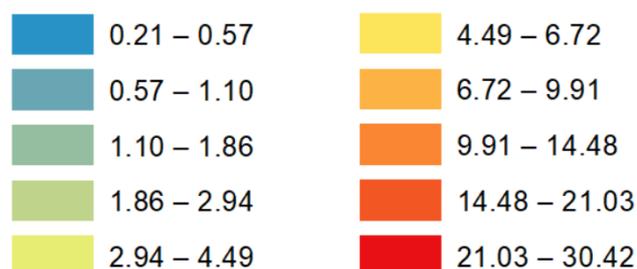
En la sección de los histogramas se observó que en los cuatro niveles los valores no presentan una distribución normal donde la media no coincide con el rango de valores de mayor frecuencia, mientras que la desviación estándar es mayor que la media para los niveles superiores de mayor alteración NV-0 y NV-30 indicando una mayor dispersión lo que quiere decir que los valores están más alejados de la media. El histograma indica una asimetría (skewness) positiva, con una kurtosis alta (leptocúrtica) en los cuatro niveles lo que indica una concentración mayor en un área específica de los clavos mineralizados.

5.3.1.1. Representación de las muestras en mapas de Isovalores

Con los resultados de las muestras se realizó mapas de isovalores en planta para los cuatro niveles NV-0, NV-30, NV-60, NV-120, mediante el método de Kriging simple siendo el mejor método estimador espacial de inferencia lineal para la veta Viento, que permite estimar los valores de una variable en ubicaciones no demarcados mediante los datos proporcionados por el resultado de las muestras cercanas.

Figura 98.

Trama de colores para los intervalos en oz/TC Au.



Nota. Intervalos de valores para los resultados de isovalores en los distintos niveles.

Figura 99.

Mapa de isovalores NV-0

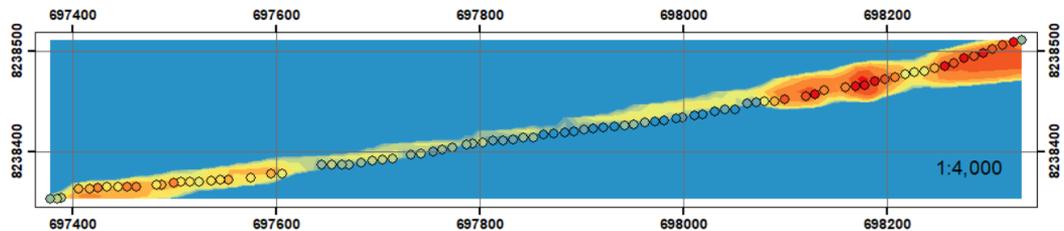


Figura 100.

Mapa de isovalores NV-30

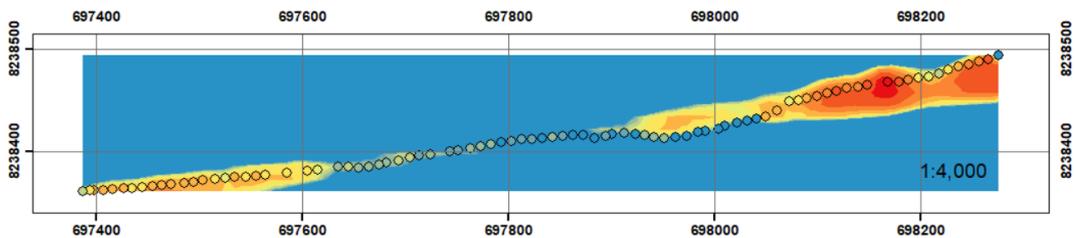


Figura 101.

Mapa de isovalores NV-60

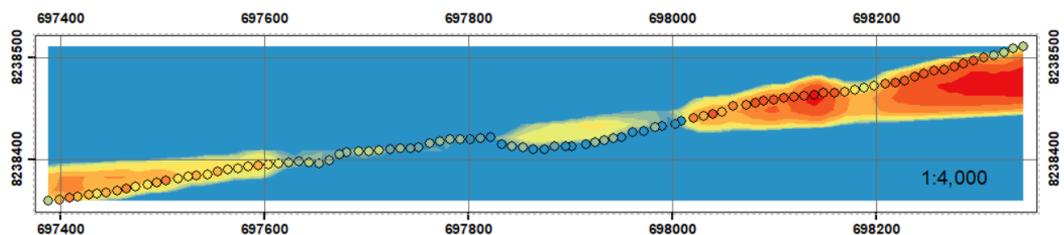
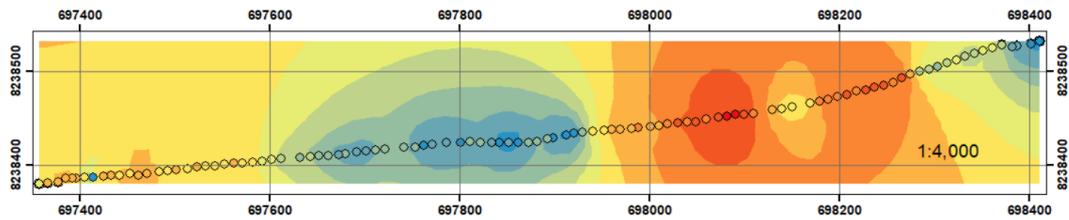


Figura 102.

Mapa de isovalores NV-120

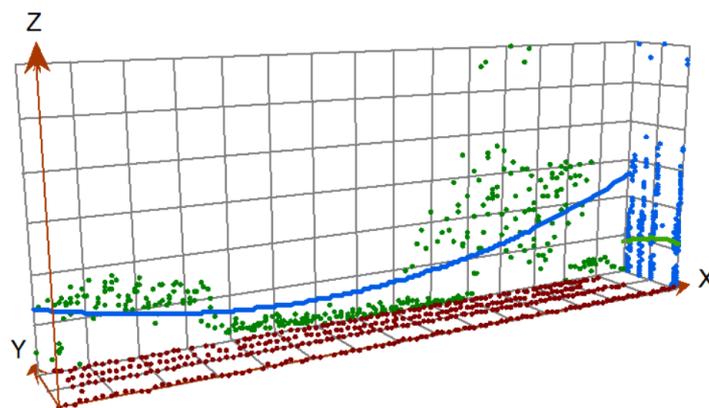


Nota: En el análisis para la predicción por el método Kriging simple se consideró los parámetros revisados en el análisis exploratorio donde se determinó que los niveles NV-0, NV-30 y NV-60 presentan una tendencia de segundo orden con una interpolación polinomial local, mientras que para el nivel NV-120 no se consideró la tendencia por ser lineal con una transformación puntual normal; para el proceso se utilizó la herramienta del semivariograma, factores que hicieron que se ajuste a la realidad en campo.

5.3.2. Plunge de mineralización

Figura 103.

Análisis de tendencia general del resultado de 379 muestras en oz/TC Au.

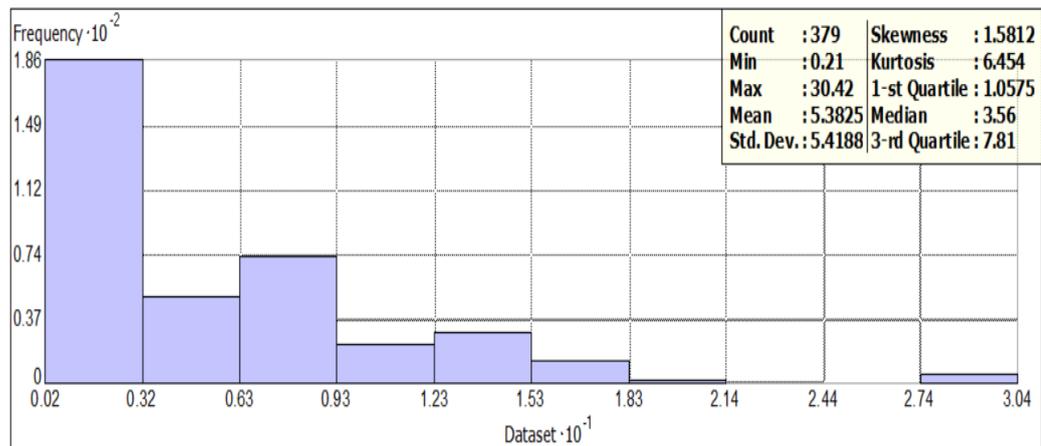


Nota: En el análisis exploratorio de 379 muestras correspondientes a los cuatro niveles de la veta viento se ha obtenido una media de 5.3825 oz/TC Au que no se encuentra dentro del rango de valores de máxima frecuencia, con una desviación estándar de 5.4188 siendo mayor a la media por consiguiente la veta viento presenta

una alta dispersion y no posee una distribución normal, con valores máximo de 30.42 oz/TC Au en las zonas oxidadas y mínimo de 0.21 oz/TC Au en las zonas de menor abertura y mineralizacion.

Figura 104.

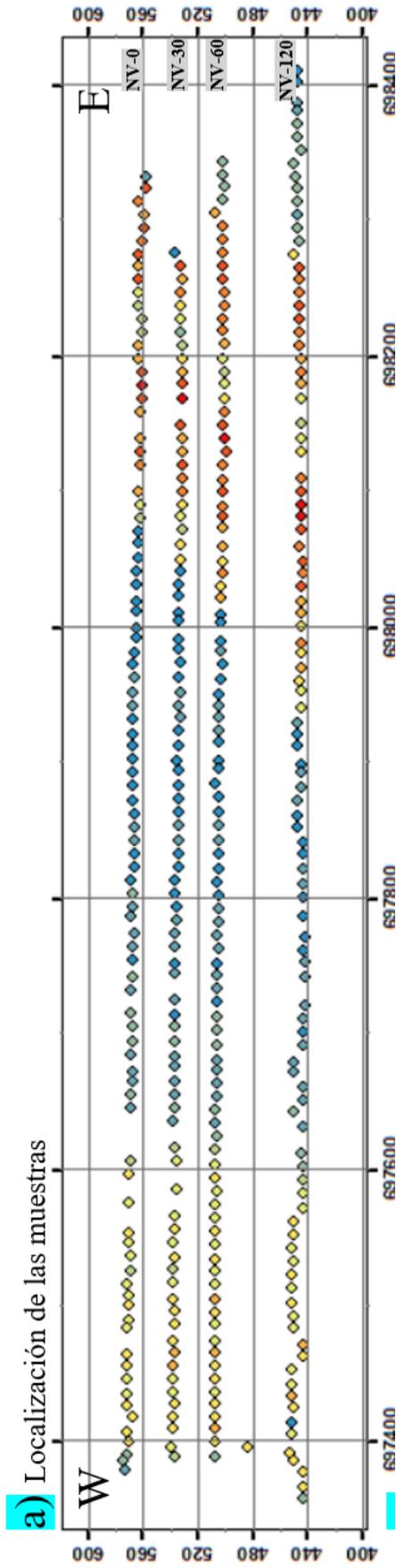
Histograma general del resultado de 379 muestras en oz/TC Au correspondiente a los cuatro niveles.



Nota. El histograma de las 379 muestras presenta una kurtosis de 6.454 lo que indica un pico alto demostrado por la barra de mayor frecuencia entre los valores de 0.2 a 3.2 oz/TC Au. Se ha obtenido tambien que el 25% de las muestras presentaron valores de hasta 1.05 oz/TC Au, el 50% valores de hasta 3.56 oz/TC Au y el 75% posee por lo menos 7.81 oz/TC Au.

Figura 105.

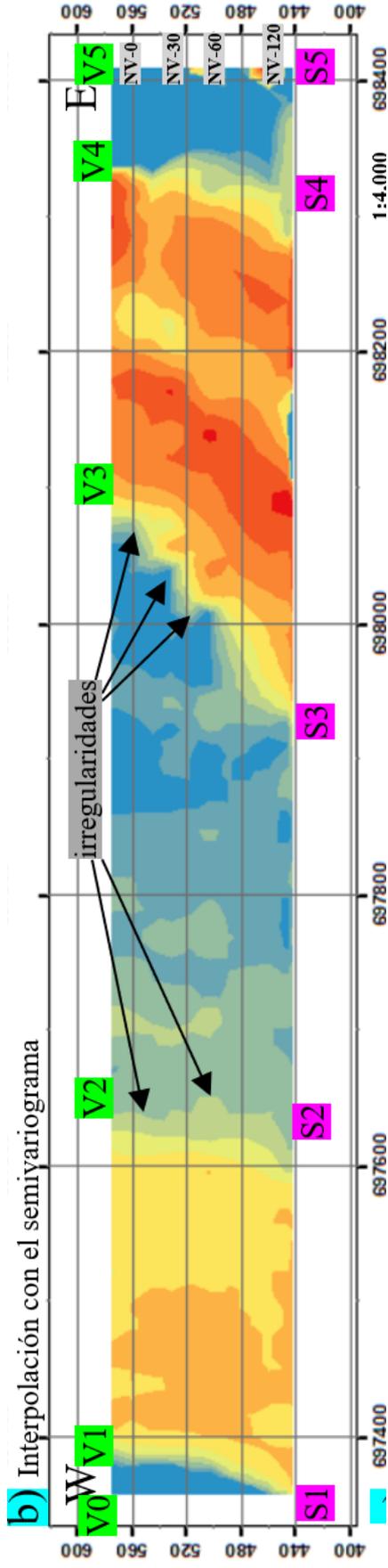
Ubicación de muestras por niveles de la veta Viento.



Se observa la ubicación en perfil de 379 valores de las muestras tomadas sistemáticamente a distancia de 10 metros, que se realizó la interpolación mediante el método de Kriging simple, con orientación E-W de la veta en el eje X y la altitud por niveles en el eje Y, donde cada muestra presenta un color asociado a su valor en oz/TC Au.

Figura 106.

Mapa de isovalores ozTC Au mediante la interpolación con la herramienta semivariograma.

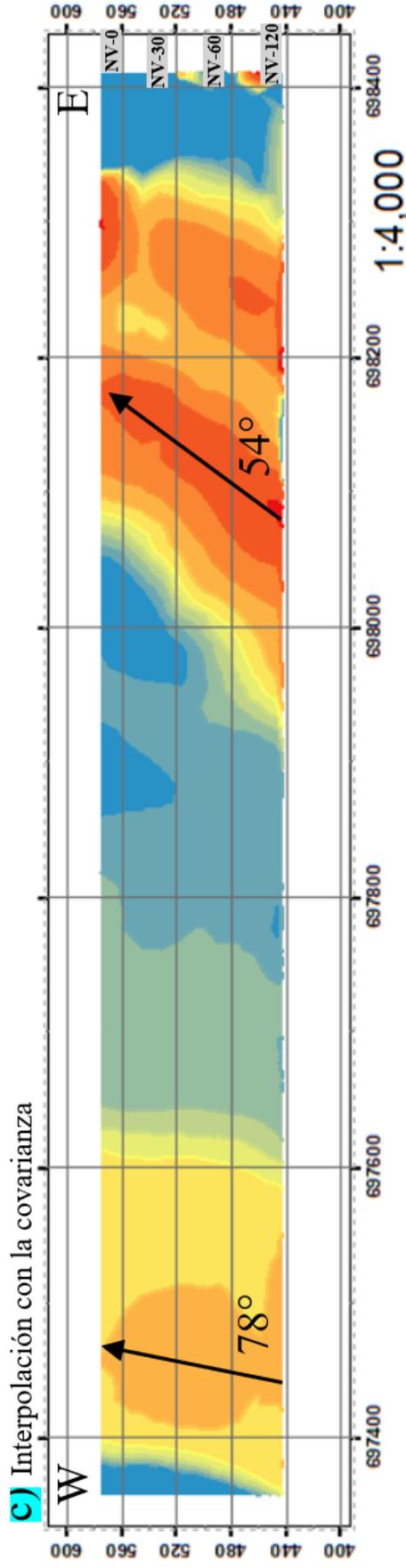


Con la interpolación del método kriging simple de segundo orden haciendo uso del semivariograma con los cuatro niveles de extremo a extremo, los segmentos V0-V5_S1-S5 no excluir los valores bajos como los segmentos V0-V1 y V4-V5 para no presentar errores por exceso los cuales el kriging conduce a ponderarlos por coeficientes de menor peso, donde los valores bajos de los segmentos mencionados tienen una influencia no despreciable sobre los bloques de mayor valor. Se considera que las leyes dentro del bloque limitado por los segmentos V1-V2 _ S1-S2 y S3-S4_V3-V4 correspondiente a los bloques de los clavos mineralizados gris y rojo respectivamente, bloques que son los mas explotables entre los niveles NV-0 y NV-120, por otro lado no se tiene una frontera precisa o lineal entre el mineral de mayor y menor

valor economico, sino que se tiene una frontera real de curvas irregulares V1-S1, V2-S2, V3-S3 y V4-S4 entre el nivel superior e inferior, presentandose tambien un bloque con leyes menores.

Figura 107.

Mapa de isovalores Au y plunje de mineralización mediante la interpolación con la herramienta covarianza.



Para la determinación del plunje mineralógico se realizó la comparación de dos mapas de krigado simple de interpolación polinómica local de segundo orden haciendo uso del semivariograma en la Fig. 106, y covarianza en la Fig. 107; se observó que con la herramienta del semivariograma se obtuvo una delimitación más detallada de los valores ajustándose a la Fig. 105 de las muestras y a la realidad en campo lo que optimiza los límites de mayor valor económico, mientras que la Fig. 107 donde se trabajó con la covarianza denota mejor el plunje de mineralización de 78° (clavo gris) y 54° (clavo rojo) influenciado por la alteración de oxidación.



5.3.3. Contrastación de hipótesis

El análisis estructural de los clavos mineralizados permitirá optimizar el desarrollo de la Veta Viento de la U. M. Señor de los Andes, mediante el reconocimiento y proyección de los sistemas de fallas a profundidad que controlan la estructura mineralizada con lo que se diseñará el planeamiento de minado, considerando las zonas de mayor valor identificados en el mapa de isovalores.

5.3.4. Discusión de resultados

Estructural-mineralógico

En el estudio realizado por Acosta, et al., (2008) determina que el sur del Perú fue afectado por seis Sistemas de fallas regionales NW-SE, que delimita los dominios morfoestructurales donde las estructuras E-W encontradas en el área de estudio se relaciona con el sistema de fallas de Nazca-Ocoña, en tanto el estudio del control estructural realizado por Carpio, (2017) para la zona de Chorunga hace mención a una estructura veta en zonas de compresionales y extensionales similar a la zona de la veta Viento identificados mediante el análisis cinemático y los modelos de fracturamiento.

Otro estudio realizado por Zuñiga, (2014), observó que la geología próxima al yacimiento está controlada por dos sistemas de fallas mayores de orientación E-W o NEE-SWW que concuerda con los sistemas de fallas para la los clavos de la veta viento, sin embargo, las fallas menores de rumbo NW-SE presentan una cinemática dextral el cual es opuesto a lo que determinó Zúñiga, (2014). Además de ello indicó que la mineralización también se presenta en los diques a diferencia de la veta Viento donde la mineralización se da en el contacto con el dique, presentándose como caja. También determinó en sus resultados que el oro se asocia a la pirita, pirrotita en cuarzo con venillas



de propilitización, similar al clavo gris de la veta Viento a diferencia del contenido de pirrotita, el cual no se encontró en la veta viento, concluyó también que el oro asociado al dique andesítico y a la piritización presentó valores de 4 gr Au/Tm mientras que para la veta Viento no se tomó muestras en el dique puesto que la estructura mineralizada de la veta viento presentó un ambiente de abertura favorable para la depositación de los minerales, por lo que el dique en la zona de estudio presenta mínima piritización.

A diferencia de la evaluación geológica realizada por Vilca, (2018) en el sector de Ocoña identificó que las vetas ubicadas al SW del área de estudio están controladas por sistemas de fallamiento NE-SW, NW-SE y E-W, sin embargo, en la zona de los clavos mineralizados de la veta Viento no se observó un sistema NE-SW, presentándose una demarcada diferencia en el dominio estructural.

En cuanto a la mineralogía y paragénesis la veta viento guarda relación con el estudio de Huamani, (2019) en la zona de San Juan, por considerarse vetas de similar asociación mineralógicas primarias y de oxidación que se presenta para dicha veta, diferentes tipos de ensambles mineralógica, y alteración supérgena semejante en su zona de oxidación.



VI. CONCLUSIONES

- El modelo estructural que comprende la zona de la Veta Viento ubicado dentro del Sistema de Fallas Iquipi, está determinado por el arreglo geométrico de cinco sistemas estructurales predominantes con azimut de $SxNx$: 120.5/72; $DxNx$: 260.5/82.8(veta), 104.4/75.9, 101/76, 297.6/84.9, donde a partir del análisis de estructuras se ha determinado el trend/plunge de los ejes principales para el sistema principal dextral con una mínima componente normal $DxNx$ 260.5/82.8(veta) que la orientación de apertura para la potencia de la veta es equivalente al sigma de menor esfuerzo (σ_3) horizontal, en tanto la bisectriz de la extensión longitudinal de apertura está generado por el sigma de mayor esfuerzo (σ_1) horizontal, donde el ascenso del fluido hidrotermal de mineralización se da en el eje del sigma (σ_2) vertical.
- Los controles de mineralización identificados mediante el mapeo geológico superficial e interior mina que presenta los clavos mineralizados de la veta Viento son tres principalmente:

Control estructural: Los clavos mineralizados se encuentran dentro del Sistema de Fallas Iquipi, donde se encontró estructuras mineralizadas de orientación E-W y fallas post mineral con tendencia NW-SE.

Control litológico: El clavo rojo(250m) se encuentra dentro del dominio litológico de composición diorítica del Batolito de la Costa, en tanto el clavo gris(220m) se encuentra en el dominio litológico del Complejo Basal, ambos acompañado por el dique intrusivo de naturaleza andesítica como caja techo.

Control Mineralógico: El oro de mayor valor económico se presenta como elemento nativo y electrum en la veta Viento, el cual está asociado directamente a la mineralización de pirita de textura fina contenido en el cuarzo blanco, sin embargo, presenta mayor concentración en tramos donde tiene mayor presencia



los minerales de calcopirita y galena desarrollados en un ambiente mesotermal, en la zona del clavo rojo donde predomina la alteración supérgena donde se compone mayormente de hematita y en menor cantidad limonita se encuentra la mayor concentración de oro libre.

- Con los muestreos en mina se ha realizado el mapa de isovalores con lo que se ha determinado un plunge de mineralización de $78^{\circ}W$ para clavo gris presentando valores entre 4.4-9.9 oz/TC Au y de $54^{\circ}W$ en el clavo rojo con valores entre 6.7-21.0 oz/TC Au siendo influenciado por la oxidación, cabe resaltar que al W del clavo rojo en el NV-60 se observa una reducción gradual oxidación con un plunge de $70^{\circ}W$.



VII. RECOMENDACIONES

- Continuar con el mapeo estructural en profundidad, pudiendo presentarse estructuras diferentes a las estudiadas.
- Realizar un análisis petrográfico y minerográfico de los componentes de la roca caja en zonas diseminadas por piritización.
- Realizar el muestreo sistemático a menores distancias en niveles más profundos para ubicar con mayor precisión los enclaves más rentables dentro de los clavos mineralizados.



VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta Ale, J. G., Quispe Cangana, J. L., Santisteban Angeldonis, A., & Acosta Pereira, H. (2008). Épocas metalogenéticas y tipos de yacimientos metálicos en la margen occidental del sur del Perú: Latitudes 14°s - 18°s. *Congreso Peruano de Geología, 14, Congreso Latinoamericano de Geología, 13, Lima, PE, 29 Setiembre - 3 Octubre 2008, Resúmenes*. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/424>
- Acosta, J., Italo, R., & Huanacuni, D. (2011). *Memoria sobre la geología económica de la región Arequipa*. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3524>
- Acosta, J., Quispe, J., Santiesteban, A., Acosta, H., & INGEMMET. (2004). *Épocas metalogenéticas y tipos de yacimientos metálicos en la margen occidental del sur del Perú: latitudes 14°s - 18°s. 1470, 1-6*. <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/CPG14-268.pdf>
- Acosta, J., Rivera, R., Valencia, M., Chirif, H., Huanacuni, D., Rodríguez, I., Villarreal, E., & Paico, D. (2020). *Mapa Metalogenético Del Perú 2020*. <https://portal.ingemmet.gob.pe/documents/73138/1231307/Memoria-del-Mapa-Metalogenetico-2020.pdf>
- Allmendiger, R. W. (1986). *Técnicas Modernas de Análisis Estructural*. <https://revista.geologica.org.ar/serieb/issue/view/313>
- Bogie, I. (2006). *Obtaining permeability in geothermal fields by targeting fault damage zones*. <https://www.researchgate.net/publication/283055894>
- Carpio Pizarro, D. (2017). *Control Geológico Estructural De Mineralización Y Correlación De Flujos Hidrotermales En Veta Mercedes Unidad Minera San Juan*



De Chorunga Condesuyos - Arequipa.

<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5034>

Ccallo, W., Torres, D., Santos, A., & Soberón, D. (2015). *Evidencia de reactivación e inversión tectónica en el antearco, noreste de San Juan de Marcona, provincia de Nazca*. 110, 186–189. www.sgp.org.pe

Davis, G. H., & Reynolds, S. J. (1996). *Structural Geology of Rocks and Regions* (J. W. & Sons (ed.); 3rd ed.). https://books.google.com.pe/books/about/Structural_Geology_of_Rocks_and_Regions.html?id=EYzzOKLRT-8C&redir_esc=y

Díaz, E., Mamani, R., Cerpa, L., & Mendoza, Y. (2016). *Mineralización aurífera relacionada con la compresión del Cretáceo superior entre Ocoña y Arirahua, región de Arequipa, en los paralelos 15 ° -16 ° latitud sur*. 1–6. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2657>

Doblas, M. (1998). Slickenside kinematic indicators. In *Tectonophysics* (Vol. 295). [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(98\)00120-6](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(98)00120-6)

Fernández, C., Días Azpiroz, M., & Díaz Alvarado, J. (2013). Las zonas de cizalla dúctil como recurso didáctico para entender la deformación de las rocas. El ejemplo de la zona de cizalla Sudibérica (Macizo Ibérico suroccidental). *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra*, 21(1), 16. <https://www.raco.cat/index.php/ECT/article/download/268923/358643>

Fossen, H. (2010). *Structural Geology*. Published in the United States of America by Cambridge University Press, New York. www.cambridge.org/9780521516648



- Galoso C., A., & Sanchez M., J. (1997). Reconocimiento geológico-minero de la Franja Aurífera Nasca – Ocoña. *Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Prospección Minera*, 45. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3208>
- Hatcher, R. D., & Bailey, C. M. (2020). *Structural Geology* (Third Edit). United States of America by Oxford University Press 198. <https://global.oup.com/ushe/product/structural-geology-9780190601928>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología De La Investigacion. In *Medwave* (Vol. 6, Issue 5). <https://doi.org/10.5867/medwave.2021.05.8210>
- Hinojosa Gutiérrez, M. A. (2020). *Estereografía - El libro práctico*. 1–135.
- Huamani Chuma, W. (2019). *Modelo geológico y evaluación de la Veta San Juan Split Norte, Distrito de Rio Grande, Provincia de Condesuyos, Departamento de Arequipa*. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/10722>
- Joussineau, G., & Aydin, A. (2007). The evolution of the damage zone with fault growth in sandstone and its multiscale characteristics. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 112(12). <https://doi.org/10.1029/2006JB004711>
- Legendre, L. (2018). *Cinématique des déformations fragiles dans la partie Nord de l'arc des Petites Antilles* [Universite des Antilles]. https://www.researchgate.net/publication/329947489_Cinematique_des_deformations_fragiles_dans_la_partie_Nord_de_l'arc_des_Petites_Antilles
- Leon, W., Palacios, O., & Torres, V. (2000). Sinopsis sobre la Revisión de la Geología de los Cuadrángulos de Atico, Ocoña, Camaná, La Yesera, Aplao Mollendo.



- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET.*
<https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/P-1149.pdf>
- Mamani, M., & Rivera, F. (2011). *Sistema de fallas Iquipi-Clavelinas: zona de transición cortical e implicancias para el emplazamiento de depósitos minerales*. 50, 37–50.
https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/3697/1/Mamani-Sistema_fallas_Iquipi_Clavelinas.pdf
- Mamani, R. (2015). *Análisis Estructural Del Yacimiento Miski Region De Arequipa Sur Del Peru, Minera Miski 815*.
- Márquez Fernández, F. Pérez Sanz, M. (2021). *Investigación básica y aplicada: conceptos, diferencias y relaciones*. (pp. 29(2), 230-245.).
- Matheron, G., & Alfaro, M. (1969). *Geoestadística*.
<https://ingenieriaambientalwil.blogspot.com/>
- Mendivil Echevarría, S., & Castillo, W. (1960). Geología del cuadrángulo de Ocoña. Hoja: 33-p - [Boletín A 3]. *Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET, 1*. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/33>
- Mercier, J., & Vergely, P. (1995). *Tettonica: Lezioni di Geologia Strutturale*. (Pitagora E).
- Nelson, E. (2010). *Structural Geology in Mineral Exploration*.
- Oyarzun, R., & Doblas, M. (1998). *Fallas y Zonas de Cizalla (Parte I): Aspectos Generales*.
- Padilla Y Sánchez, R. J. (2021). *Geología Estructural Métodos Modernos*.



- https://www.researchgate.net/publication/313821579_Las_zonas_de_cizalla_ductil_como_recurso_didactico_para_entender_la_deformacion_de_las_rocas_El_ejemplo_de_la_zona_de_cizalla_Sudiberica_Macizo_Iberico_suroccidental
- Palacio, M. de B., & Godeas, M. (2008). *Guía de minerales de alteración de la República Argentina*. <https://repositorio.segemar.gov.ar/handle/308849217/3068>
- Palacios, S., Alfonso, P., & Mata-Perello, J. (2011). Caracterización del Yacimiento de Oro de Misky, Sur del Perú. *Revista de La Sociedad Española de Mineralogía*, 15, 159–160. <http://hdl.handle.net/2117/113471>
- Peacock, D., Nixon, C. W., Rotevatn, A., & Sanderson, D. J. (2016). *Glossary of fault and other fracture networks. July 2018*. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2016.09.008>
- Pecho Gutiérrez, V. (1983). Geología de los cuadrángulos de Pausa y Caravelí. Hojas: 31-p y 32-p - [Boletín A 37]. In *Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET*. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/156>
- Quispe Cangana, J. L. (2006). *Características estructurales e isótopos de plomo de las mineralizaciones auríferas de la franja Huaytará-Tantará, Huancavelica (Perú)*. <https://catalogobiblioteca.ingemmet.gob.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=42417>
- Quispe, J., Daniel, C., Chipana, L., & Rodríguez, R. (2009). *Dominios Geotectónicos y Metalogénesis del Perú*. March. <https://www.researchgate.net/publication/261027111%0ADominios>
- Ragan, D. M. (2009). *GEOLOGY An Introduction to Geometrical Techniques* (Four



- Edit). Cambridge University Press.
- Ramos, V. A., Valencia, K., & Romero, D. (2009). *The Paracas Terrane (central-northern Perú): A Grenville- age sialic basement accreted to the western Gondwana margin during the Famatinian orogeny.* 2005, 141–143.
https://catalogobiblioteca.sernageomin.cl/Archivos/14127_pp_141_143
- Ramsay, J. G., & Huber, M. I. (1983). *The Techniques of Modern Structural Geology.* A Subsidiary of Hardcourt Brace Jonavovich. <https://www.geoshare.in/the-techniques-of-modern-structural-geology-vol-1-by-ramsay/>
- Rodriguez, J., Acosta, H., Cutipa, M., Ccallo, W., & Mamani, M. (2009). *Petrogénesis del cretácico inferior y metamorfismo del cretácico superior en el sur de Perú : La Super Unidad Torconta.* 1–5.
https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/744/1/Rodriguez-Petrogenesis_del_cretacico_inferior
- Salas Mena, E. A. (2013). *Planeamiento De Minado Subterráneo Para Vetas Angostas: Caso Practico; Mina “Esperanza de Caraveli” de Compañía Minera Titán S.R.L.*
<http://hdl.handle.net/20.500.12404/1753>
- Senamhi. (2021). Boletín De Monitoreo Fenómeno «El Niño / La Niña» N°06 (junio 2021). *Ministerio Del Ambiente,* 06(junio).
<https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02216SENA-84.pdf>
- Streckeisen. (1974). *Classification and Nomenclature of Plutonic Rocks. Recommendations of the IUGS Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks. Geologische Rundschau.* <https://link.springer.com/article/10.1007/BF01820841>



- van der Pluijm, B. A., & Marshak, M. (2004). *Earth Structure An Introduction To Structural Geology And Tectonics* (Second Edi). [https://ens9004-inf.d.mendoza.edu.ar/sitio/upload/05- VAN DER PLUIJM & MARSHAK - Earth Structure Introduction to Structural Geology and Tectonics.pdf](https://ens9004-inf.d.mendoza.edu.ar/sitio/upload/05-VAN%20DER%20PLUIJM%20&%20MARSHAK%20-%20Earth%20Structure%20Introduction%20to%20Structural%20Geology%20and%20Tectonics.pdf)
- Vargas, L. (1970). Geología Del Cuadrángulo De Arequipa. *Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET*.
- Vilca Herrera, W. (2013). Evaluación Geológica Y Mineralógica De La Veta Encantada Proyecto: 750 Ocoña - Arequipa. In *Universidad Nacional Del Altiplano Facultad*. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/11486>
- Zúñiga Fernández, R. V. (2014). *Modelo Geológico-Estructural Y Evaluación Económica De La Veta San Juan Y Mercedes, Unidad Minera San Juan De Chorunga Condesuyos - Arequipa*. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/47>
- Acosta Ale, J. G., Quispe Cangana, J. L., Santisteban Angeldonis, A., & Acosta Pereira, H. (2008). Épocas metalogenéticas y tipos de yacimientos metálicos en la margen occidental del sur del Perú: Latitudes 14°s - 18°s. *Congreso Peruano de Geología, 14, Congreso Latinoamericano de Geología, 13, Lima, PE, 29 Setiembre - 3 Octubre 2008, Resúmenes*. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/424>
- Acosta, J., Italo, R., & Huanacuni, D. (2011). *Memoria sobre la geología económica de la región Arequipa*. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3524>
- Acosta, J., Quispe, J., Santiesteban, A., Acosta, H., & INGEMMET. (2004). *Épocas metalogenéticas y tipos de yacimientos metálicos en la margen occidental del sur del Perú: latitudes 14°s - 18°s*. 1470, 1-6. <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/CPG14-268.pdf>



- Acosta, J., Rivera, R., Valencia, M., Chirif, H., Huanacuni, D., Rodríguez, I., Villarreal, E., & Paico, D. (2020). *Mapa Metalogenético Del Perú 2020*.
<https://portal.ingemmet.gob.pe/documents/73138/1231307/Memoria-del-Mapa-Metalogenetico-2020.pdf>
- Allmendiger, R. W. (1986). *Técnicas Modernas de Análisis Estructural*.
<https://revista.geologica.org.ar/serieb/issue/view/313>
- Bogie, I. (2006). *Obtaining permeability in geothermal fields by targeting fault damage zones*. <https://www.researchgate.net/publication/283055894>
- Carpio Pizarro, D. (2017). *Control Geológico Estructural De Mineralización Y Correlación De Flujos Hidrotermales En Veta Mercedes Unidad Minera San Juan De Chorunga Condesuyos - Arequipa*.
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5034>
- Ccallo, W., Torres, D., Santos, A., & Soberón, D. (2015). *Evidencia de reactivación e inversión tectónica en el antearco, noreste de San Juan de Marcona, provincia de Nazca*. 110, 186–189. www.sgp.org.pe
- Davis, G. H., & Reynolds, S. J. (1996). *Structural Geology of Rocks and Regions* (J. W. & Sons (ed.); 3rd ed.).
https://books.google.com.pe/books/about/Structural_Geology_of_Rocks_and_Regions.html?id=EYzzOKLRT-8C&redir_esc=y
- Diaz, E., Mamani, R., Cerpa, L., & Mendoza, Y. (2016). *Mineralización aurífera relacionada con la compresión del Cretáceo superior entre Ocoña y Arirahua , región de Arequipa , en los paralelos 15 ° -16 ° latitud sur . 1–6*.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/2657>



- Doblas, M. (1998). Slickenside kinematic indicators. In *Tectonophysics* (Vol. 295).
[https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(98\)00120-6](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(98)00120-6)
- Fernández, C., Días Azpiroz, M., & Díaz Alvarado, J. (2013). Las zonas de cizalla dúctil como recurso didáctico para entender la deformación de las rocas. El ejemplo de la zona de cizalla Sudibérica (Macizo Ibérico suroccidental). *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra*, 21(1), 16.
<https://www.raco.cat/index.php/ECT/article/download/268923/358643>
- Fosen, H. (2010). *Structural Geology*. Published in the United States of America by Cambridge University Press, New York. www.cambridge.org/9780521516648
- Galloso C., A., & Sanchez M., J. (1997). Reconocimiento geológico-minero de la Franja Aurífera Nasca – Ocoña. *Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Prospección Minera*, 45. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3208>
- Hatcher, R. D., & Bailey, C. M. (2020). *Structural Geology* (Third Edit). United States of America by Oxford University Press 198.
<https://global.oup.com/ushe/product/structural-geology-9780190601928>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología De La Investigacion. In *Medwave* (Vol. 6, Issue 5).
<https://doi.org/10.5867/medwave.2021.05.8210>
- Hinojosa Gutiérrez, M. A. (2020). *Estereografía - El libro práctico*. 1–135.
- Huamani Chuma, W. (2019). *Modelo geologico y evaluación de la Veta San Juan Split Norte, Distrito de Rio Grande, Provincia de Condesuyos, Departamento de Arequipa*. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/10722>



- Joussineau, G., & Aydin, A. (2007). The evolution of the damage zone with fault growth in sandstone and its multiscale characteristics. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 112(12). <https://doi.org/10.1029/2006JB004711>
- Legendre, L. (2018). *Cinématique des déformations fragiles dans la partie Nord de l'arc des Petites Antilles* [Universite des Antilles]. https://www.researchgate.net/publication/329947489_Cinématique_des_deformations_fragiles_dans_la_partie_Nord_de_l'arc_des_Petites_Antilles
- Leon, W., Palacios, O., & Torres, V. (2000). Sinopsis sobre la Revisión de la Geología de los Cuadrángulos de Atico, Ocoña, Camaná, La Yesera, Aplao Mollendo. *Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET*. <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/P-1149.pdf>
- Mamani, M., & Rivera, F. (2011). *Sistema de fallas Iquipi-Clavelinas: zona de transición cortical e implicancias para el emplazamiento de depósitos minerales*. 50, 37–50. https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/3697/1/Mamani-Sistema_fallas_Iquipi_Clavelinas.pdf
- Mamani, R. (2015). *Análisis Estructural Del Yacimiento Miski Region De Arequipa Sur Del Peru, Minera Miski 815*.
- Márquez Fernández, F. Pérez Sanz, M. (2021). *Investigación básica y aplicada: conceptos, diferencias y relaciones*. (pp. 29(2), 230-245.).
- Matheron, G., & Alfaro, M. (1969). *Geoestadística*. <https://ingenieriaambientalwil.blogspot.com/>
- Mendivil Echevarría, S., & Castillo, W. (1960). Geología del cuadrángulo de Ocoña.



- Hoja: 33-p - [Boletín A 3]. *Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET, 1*. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/33>
- Mercier, J., & Vergely, P. (1995). *Tettonica: Lezioni di Geologia Strutturale*. (Pitagora E).
- Nelson, E. (2010). *Structural Geology in Mineral Exploration*.
- Oyarzun, R., & Doblas, M. (1998). *Fallas y Zonas de Cizalla (Parte I): Aspectos Generales*.
- Padilla Y Sánchez, R. J. (2021). *Geología Estructural Métodos Modernos*. https://www.researchgate.net/publication/313821579_Las_zonas_de_cizalla_ductil_como_recurso_didactico_para_entender_la_deformacion_de_las_rocas_El_ejemplo_de_la_zona_de_cizalla_Sudiberica_Macizo_Iberico_suroccidental
- Palacio, M. de B., & Godeas, M. (2008). *Guía de minerales de alteración de la República Argentina*. <https://repositorio.segemar.gov.ar/handle/308849217/3068>
- Palacios, S., Alfonso, P., & Mata-Perello, J. (2011). Caracterización del Yacimiento de Oro de Misky, Sur del Perú. *Revista de La Sociedad Española de Mineralogía*, 15, 159–160. <http://hdl.handle.net/2117/113471>
- Peacock, D., Nixon, C. W., Rotevatn, A., & Sanderson, D. J. (2016). *Glossary of fault and other fracture networks. July 2018*. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2016.09.008>
- Pecho Gutiérrez, V. (1983). Geología de los cuadrángulos de Pausa y Caravelí. Hojas: 31-p y 32-p - [Boletín A 37]. In *Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET*. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/156>



- Quispe Cangana, J. L. (2006). *Características estructurales e isótopos de plomo de las mineralizaciones auríferas de la franja Huaytará-Tantará, Huancavelica (Perú)*.
<https://catalogobiblioteca.ingemmet.gob.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=42417>
- Quispe, J., Daniel, C., Chipana, L., & Rodriguez, R. (2009). *Dominios Geotectónicos y Metalogénesis del Perú*. March.
<https://www.researchgate.net/publication/261027111%0ADominios>
- Ragan, D. M. (2009). *GEOLOGY An Introduction to Geometrical Techniques* (Four Editi). Cambrige University Press.
- Ramos, V. A., Valencia, K., & Romero, D. (2009). *The Paracas Terrane (central-northern Perú): A Grenville- age sialic basement accreted to the western Gondwana margin during the Famatinian orogeny*. 2005, 141–143.
https://catalogobiblioteca.sernageomin.cl/Archivos/14127_pp_141_143
- Ramsay, J. G., & Huber, M. I. (1983). *The Tecniques of Modern Structural Geology*. A Subsidiary of Hardcourt Brace Jonavovich. <https://www.geoshare.in/the-techniques-of-modern-structural-geology-vol-1-by-ramsay/>
- Rodriguez, J., Acosta, H., Cutipa, M., Ccallo, W., & Mamani, M. (2009). *Petrogénesis del cretácico inferior y metamorfismo del cretácico superior en el sur de Perú : La Super Unidad Torconta*. 1–5.
https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/744/1/Rodriguez-Petrogenesis_del_cretacico_inferior
- Salas Mena, E. A. (2013). *Planeamiento De Minado Subteraneo Para Vetas Angostas: Caso Practico; Mina “Esperanza de Caravelí” de Compañía Minera Titán S.R.L.*



<http://hdl.handle.net/20.500.12404/1753>

Senamhi. (2021). Boletín De Monitoreo Fenómeno «El Niño / La Niña» N°06 (junio 2021). *Ministerio Del Ambiente*, 06(junio).

<https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02216SENA-84.pdf>

Streckeisen. (1974). *Classification and Nomenclature of Plutonic Rocks. Recommendations of the IUGS Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks.*

Geologische Rundschau. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF01820841>

van der Pluijm, B. A., & Marshak, M. (2004). *Earth Structure An Introduction To Structural Geology And Tectonics* (Second Edi). [https://ens9004-](https://ens9004-inf.d.mendoza.edu.ar/sitio/upload/05-VAN%20DER%20PLUIJM%20&%20MARSHAK%20-%20Earth%20Structure%20Introduction%20to%20Structural%20Geology%20and%20Tectonics.pdf)

[inf.d.mendoza.edu.ar/sitio/upload/05- VAN DER PLUIJM & MARSHAK - Earth Structure Introduction to Structural Geology and Tectonics.pdf](https://ens9004-inf.d.mendoza.edu.ar/sitio/upload/05-VAN%20DER%20PLUIJM%20&%20MARSHAK%20-%20Earth%20Structure%20Introduction%20to%20Structural%20Geology%20and%20Tectonics.pdf)

Vargas, L. (1970). Geología Del Cuadrángulo De Arequipa. *Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET.*

Vilca Herrera, W. (2013). Evaluación Geológica Y Mineralógica De La Veta Encantada Proyecto: 750 Ocoña - Arequipa. In *Universidad Nacional Del Altiplano Facultad.*

<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/11486>

Zúñiga Fernández, R. V. (2014). *Modelo Geológico-Estructural Y Evaluación Económica De La Veta San Juan Y Mercedes, Unidad Minera San Juan De*

Chorunga Condesuyos - Arequipa. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/47>



ANEXOS

ANEXO N° 01. MAPA DE UBICACIÓN Y ACCESO

ANEXO N° 02. MAPA GEOLÓGICO REGIONAL

ANEXO N° 03. MAPA ESTRUCTURAL REGIONAL

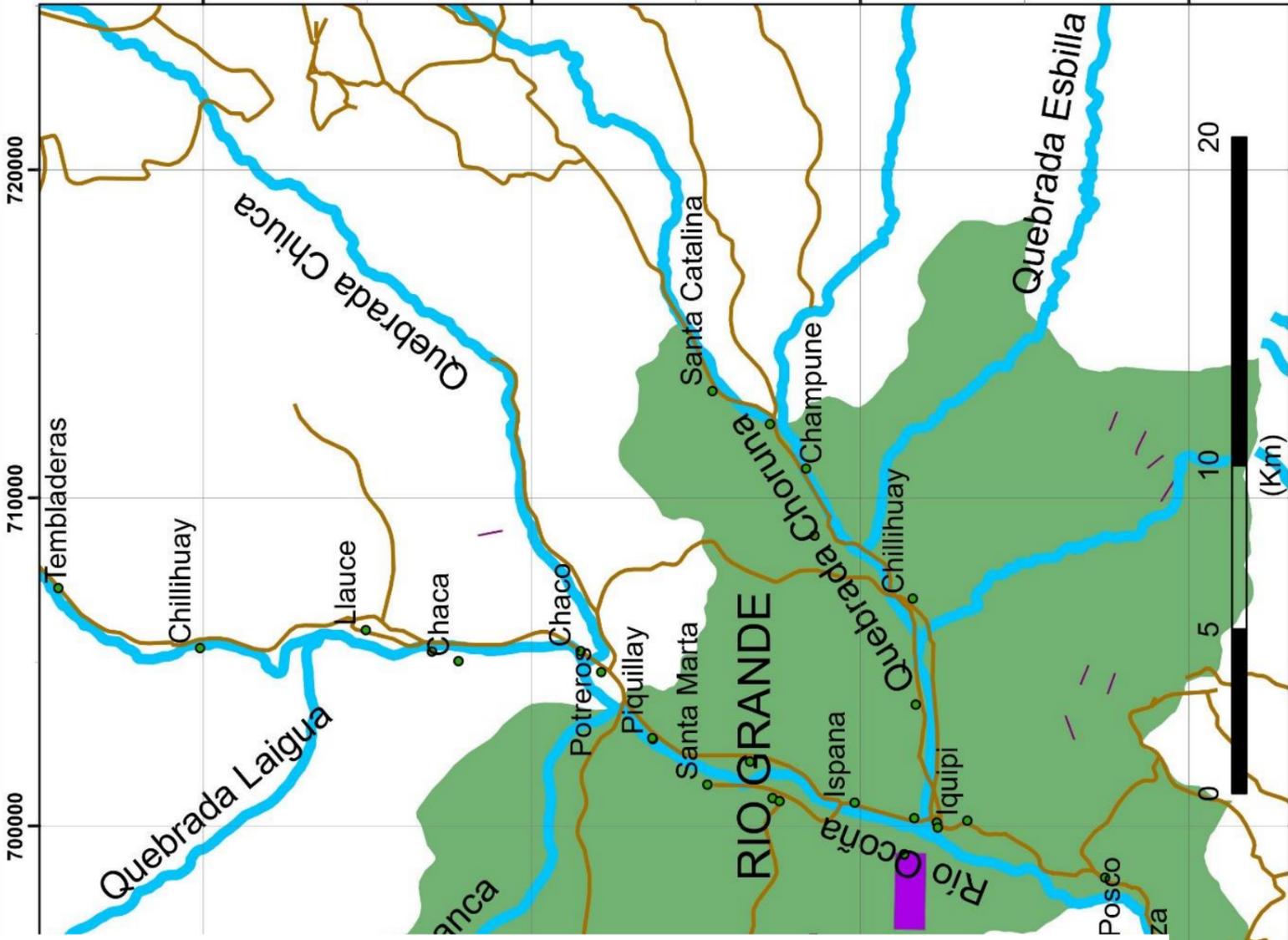
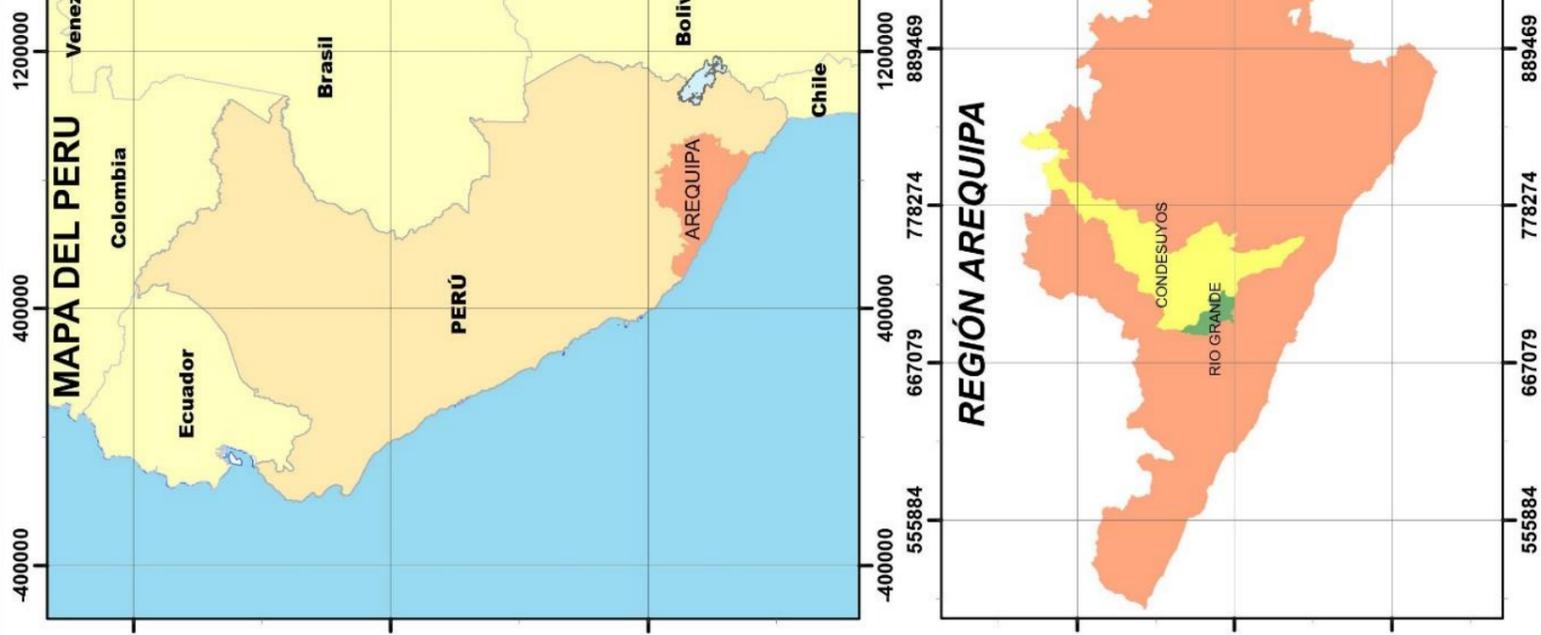
ANEXO N° 04. MAPA ESTRUCTURAL LOCAL

ANEXO N° 05. MAPA GEOLÓGICO LOCAL

ANEXO N° 06. MAPA DE SECCIONES

ANEXO N° 07. TARJETA DE MUESTREO SIMPLIFICADO

ANEXO N° 08. DATUM ESTRUCTURAL



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

ELABORADO POR:
EDGARDO RAUL ROQUE CHOQUE

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE CLAVOS MINERALIZADOS PARA EL ÓPTIMO DESARROLLO DE LA VETA VIENTO, UNIDAD MINERA SEÑOR DE LOS ANDES - RIO GRANDE - CONDESUYOS - AREQUIPA

SISTEMA DE REFERENCIA:
UTM - WGS 84 - ZONA 18 SUR
FUENTE: IGN

MAPA:
MAPA DE UBICACIÓN Y ACCESOS

REGION:
AREQUIPA

PROVINCIA:
CONDESUYOS

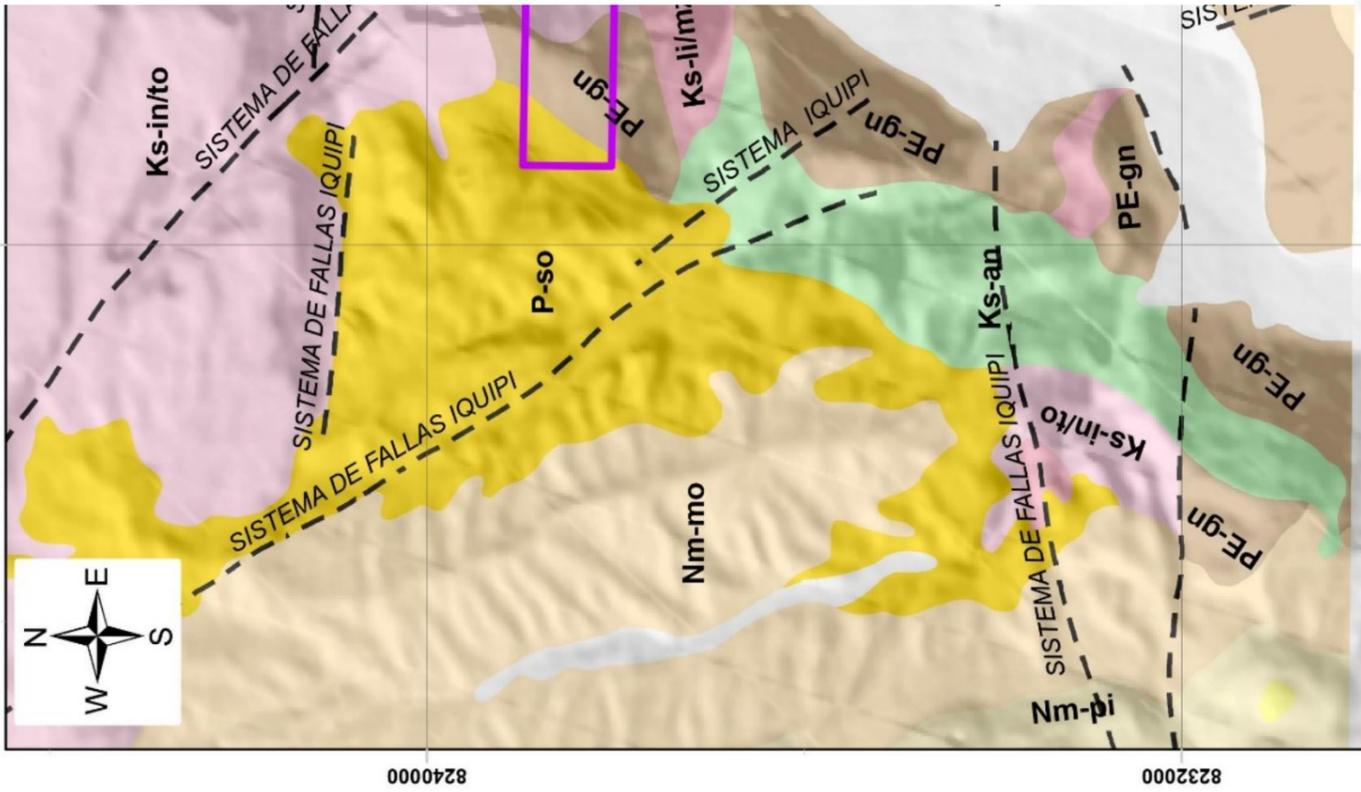
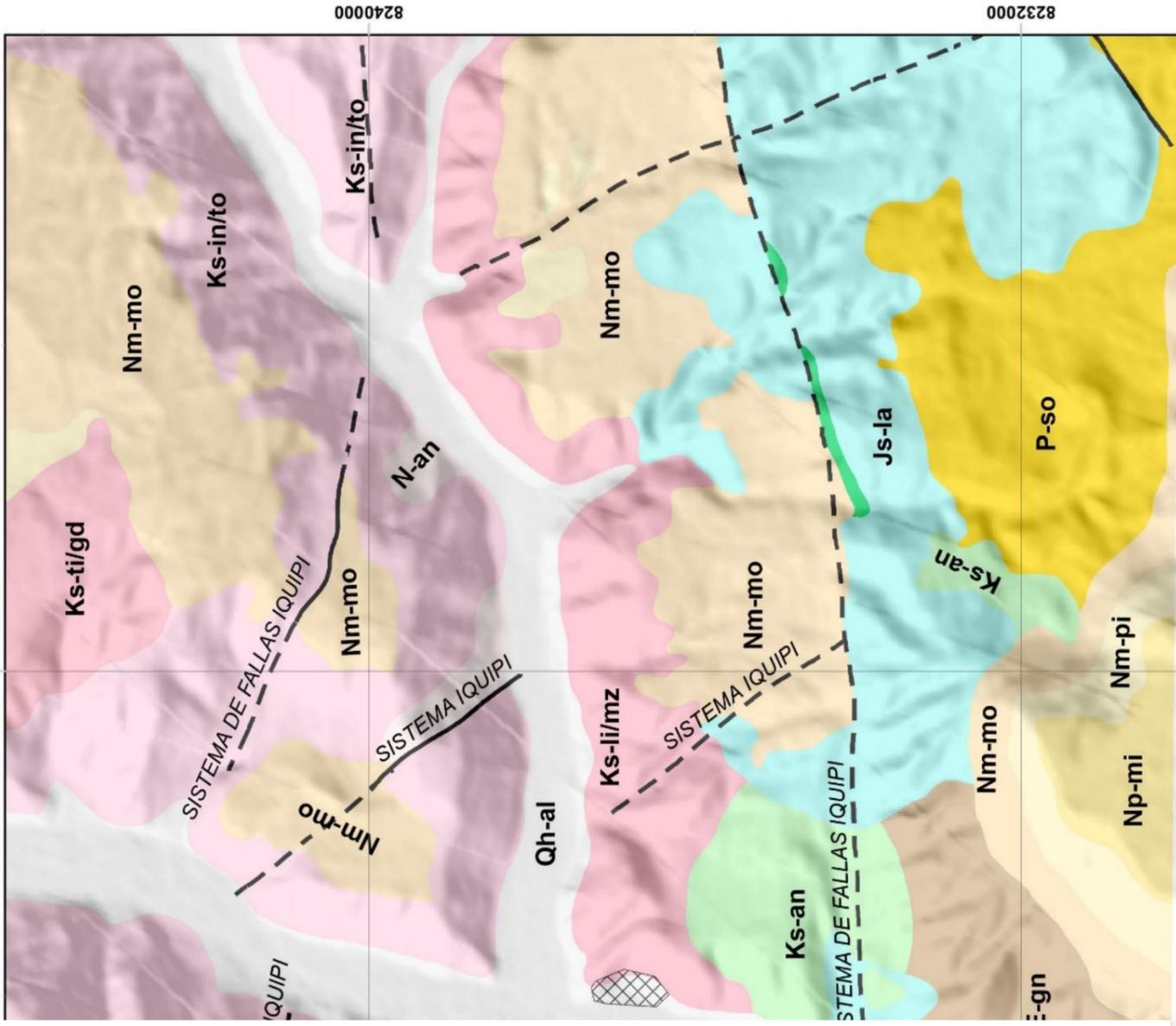
DISTRITO:
RIO GRANDE

ESCALA:
1:180,000

01

SIMBOLOGÍA

- MINAS
- PUEBLO
- ACCESOS
- RIOS-QUEBRADAS
- AREA DE ESTUDIO
- DISTRITO RIO GRANDE



repositorio.unap.edu.pe
No olvide citar adecuadamente esta tesis

EON	ERA	PERIODO	EPOCA	UNIDAD ESTRATIGRAFICA	ETIQ.	COLUSTRATIF
FANEROZOICO	CENOZOICO	NEOGENO	HOLOCENO	Depositos Aluviales	Qh-al	V V
				Volcanico Serocca	Np-se	V V
FANEROZOICO	CENOZOICO	PLIOCENO		Fm. Millo	Np-mi	
FANEROZOICO	CENOZOICO	MIOCENO		Fm. Pisco	Nm-pi	
FANEROZOICO	CENOZOICO	PALEOGENO	OLIGOCENO	Fm. Moquegua	Nm-mo	
FANEROZOICO	CENOZOICO	PALEOGENO	PALEOGENO	Fm. Sotillo	P-so	
MESOZOICO	CRETACEO	INFERIOR	ROCAS INTRUSIVAS GRUPO YURA	Fm. Huahuanani	Ki-hu	
				Fm. Labra	Js-la	
MESOZOICO	JURASICO	SUPERIOR				
PRECAMBRICO				Complejo Basal	PE-gn	

31-0	Coracora	31-p	Pausa	31-q	Cotahuasi
32-0	Chaparra	32-p	Caraveli	32-q	Chuqui-bamba
33-0	Alto	33-p	Ocoña	33-q	La Yesera

SIMBOLOGÍA

AREA DE ESTUDIO

CIUDAD

SISTEMA DE FALLAS IQUIPI

FALLA

FALLA INFERIDA



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

ELABORADO POR:
EDGARDO RAUL ROQUE CHOQUE

SISTEMA DE REFERENCIA:
UTM - WGS 84 - ZONA 18 SUR
FUENTE: CARTA GEOLOGICA NACIONAL INGENIERIA

REGION: AREQUIPA

PROVINCIA: CONDESUYOS

DISTRITO: RIO GRANDE

ESCALA: 1:75,000



02

31-0 Coracora	31-p Pausa	31-q Cotahuasi
32-0 Chaparra	32-p Caraveli	32-q Chuqui- bamba
33-0 Atico	33-p Ocoña	33-q La Yesera

SIMBOLOGÍA



AREA DE ESTUDIO

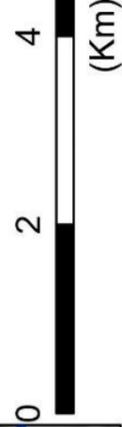
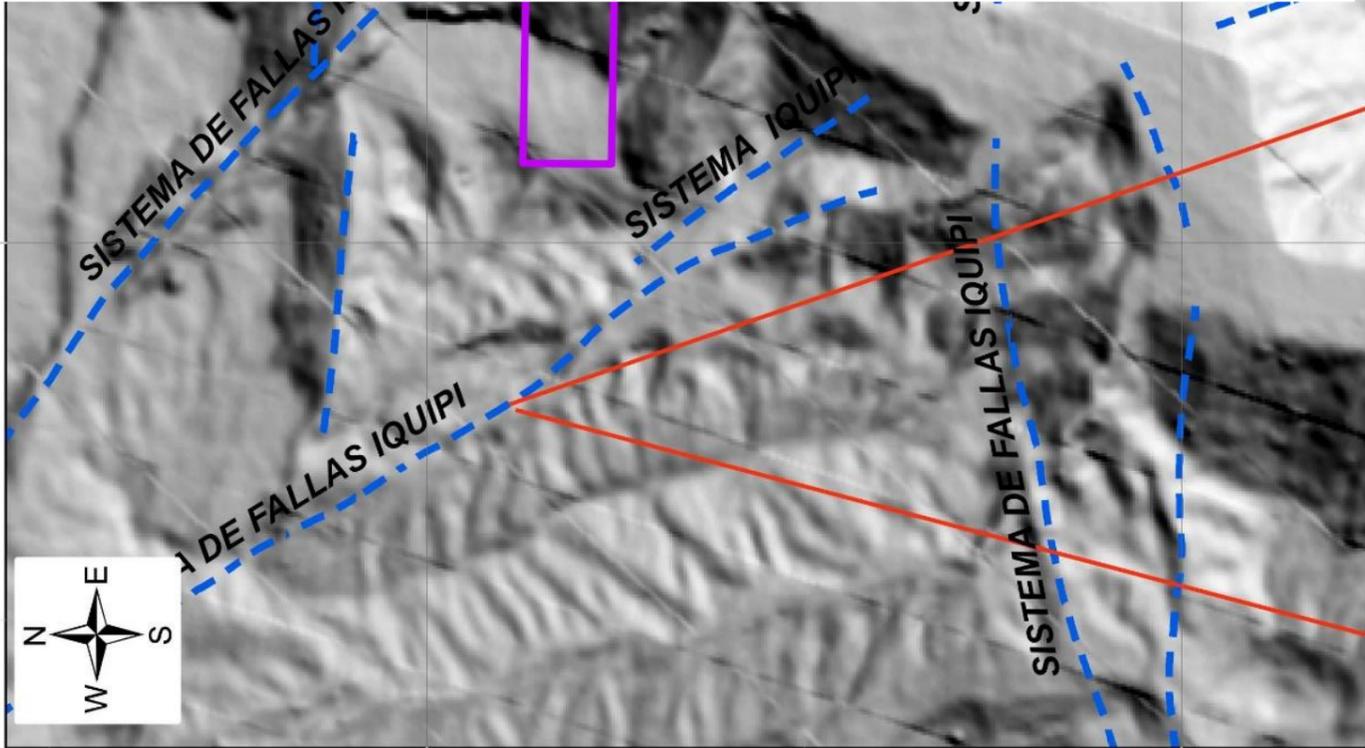
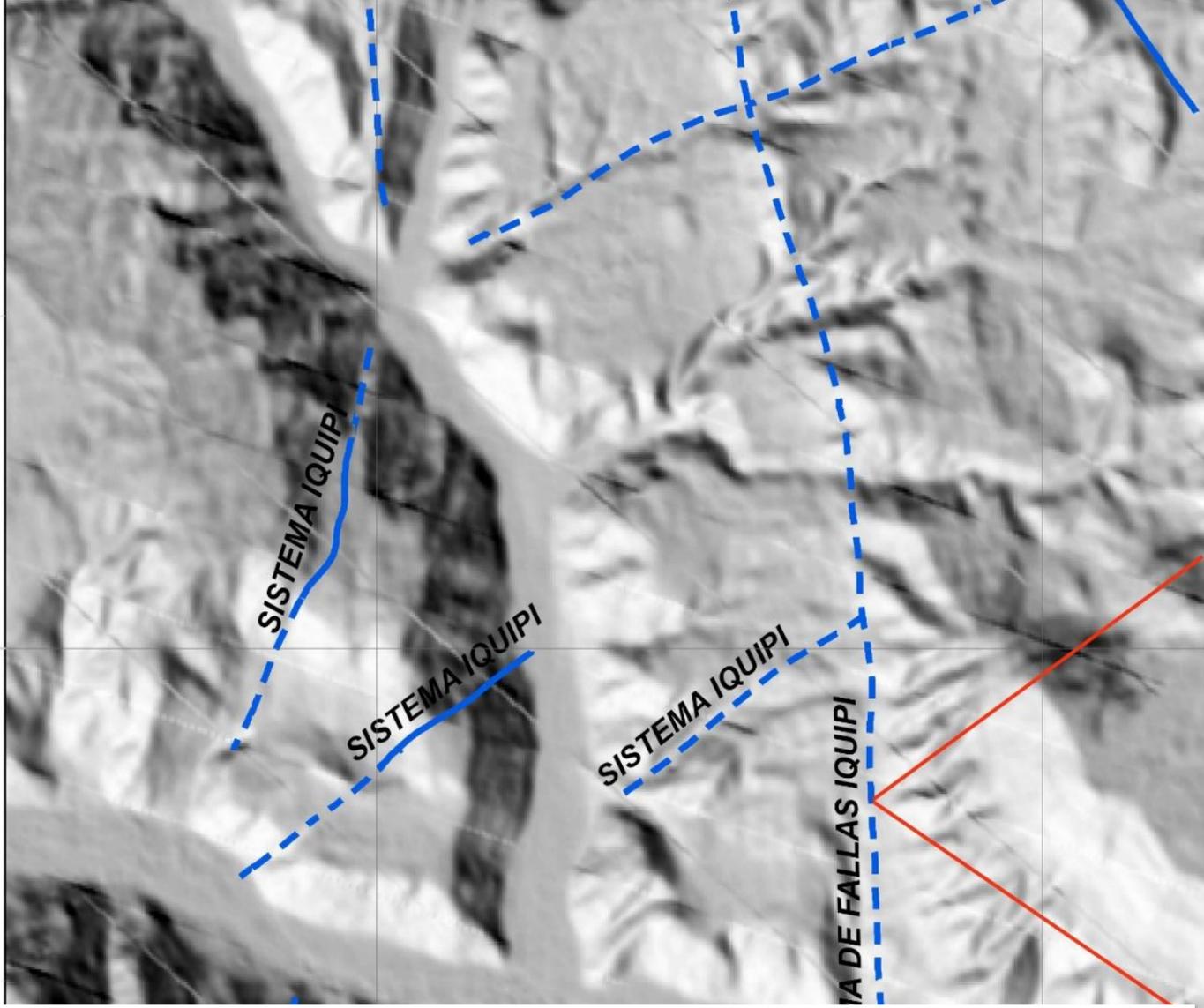
SISTEMA DE FALLAS IQUIPI



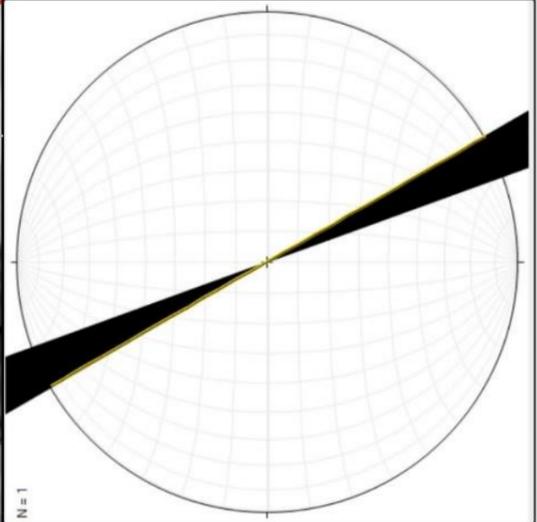
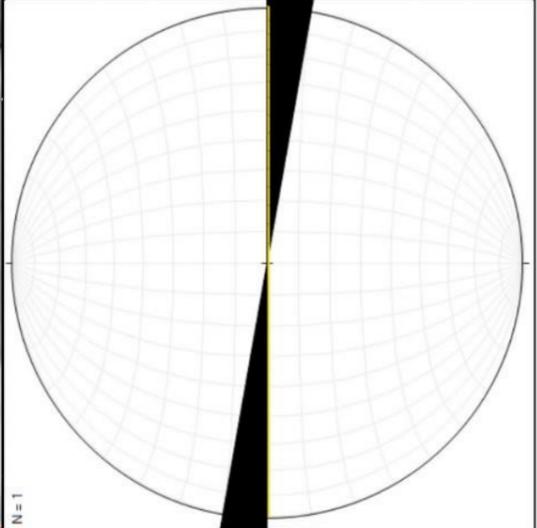
FALLA



FALLA INFERÍDA



(Km)



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE CLAVOS MINERALIZADOS
PARA EL ÓPTIMO DESARROLLO DE LA VETA VIENTO
UNIDAD MINERA SEÑOR DE LOS ANDES - RIO GRANDE -
CONDESUYOS - AREQUIPA

ELABORADO POR:
EDGARDO RAUL ROQUE CHOQUE

SISTEMA DE REFERENCIA:
UTM - WGS 84 - ZONA 18 SUR
FUENTE: INGENMET-IGN

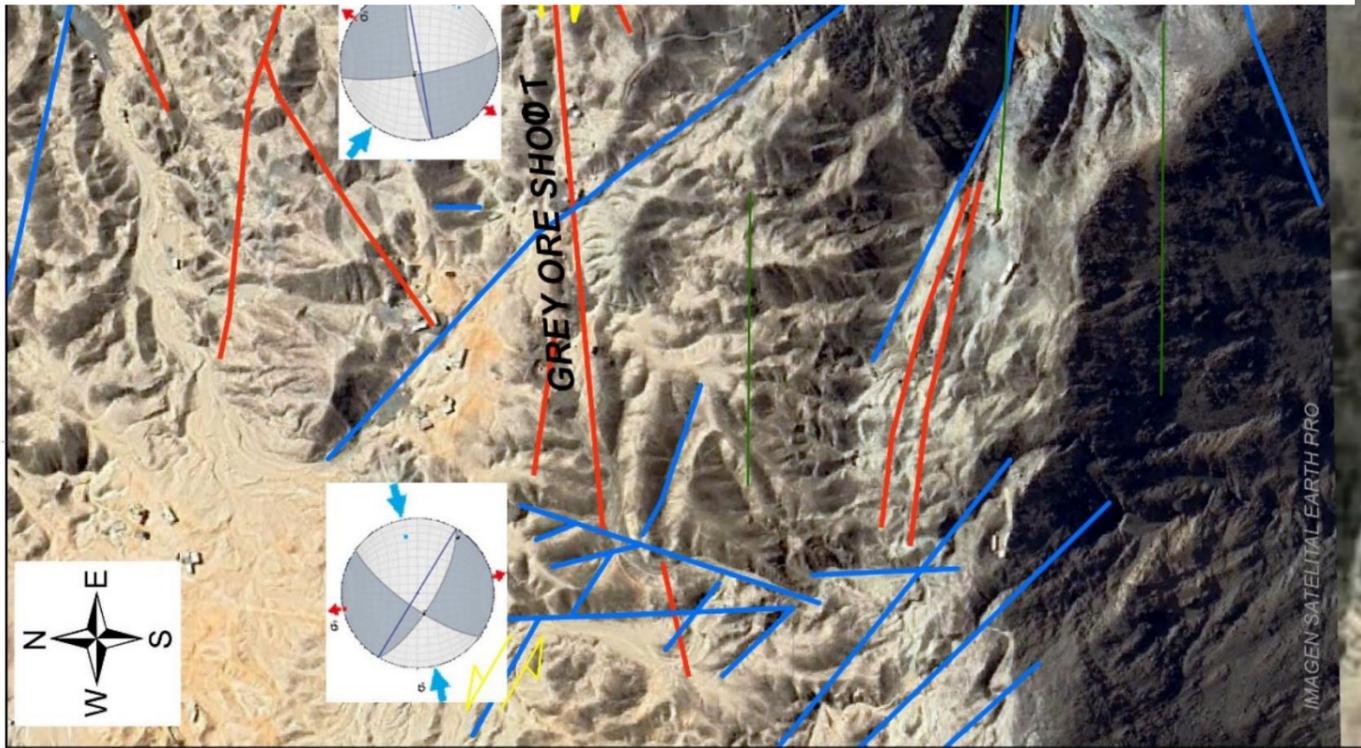
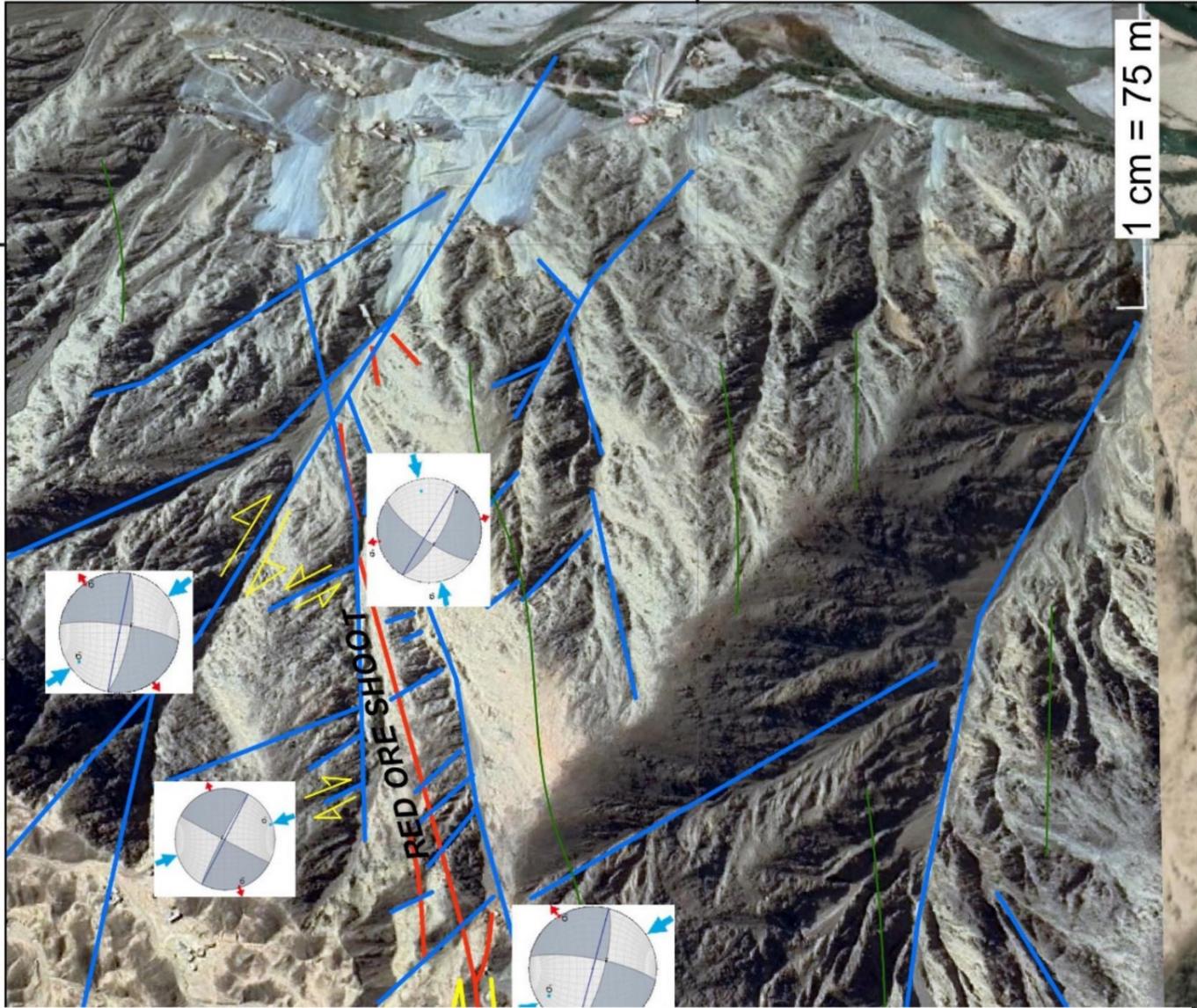
REGION:
AREQUIPA

PROVINCIA:
CONDESUYOS

DISTRITO:
RIO GRANDE

ESCALA:
1:75,000

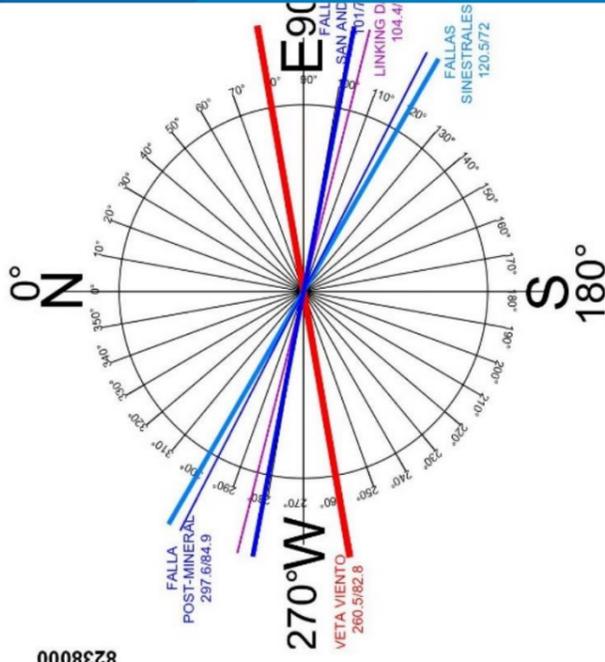
03



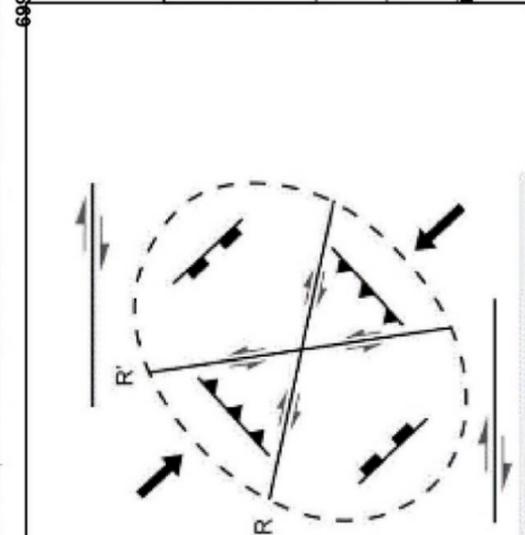
SIMBOLOGÍA SISTEMA DE FALLAS

- DIRECCIÓN DE DESPLAZAMIENTO
- FALLA SUPERFICIAL
- VETA SUPERFICIAL
- DIQUE

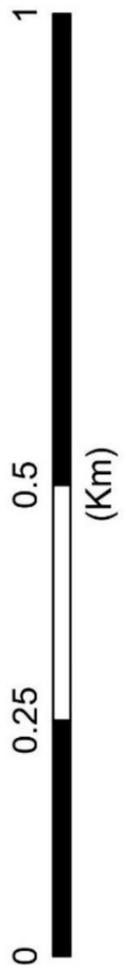
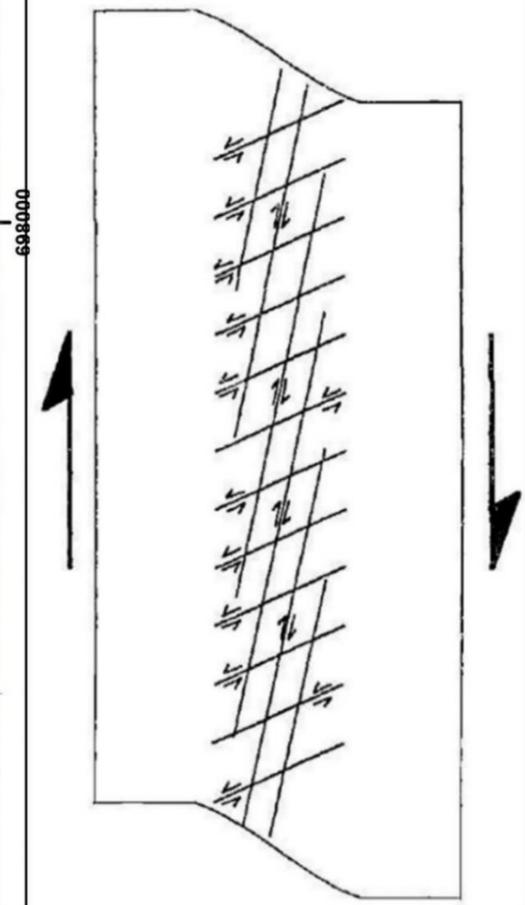
DIRECCIÓN DE ESTRUCTURAS



699000



698000



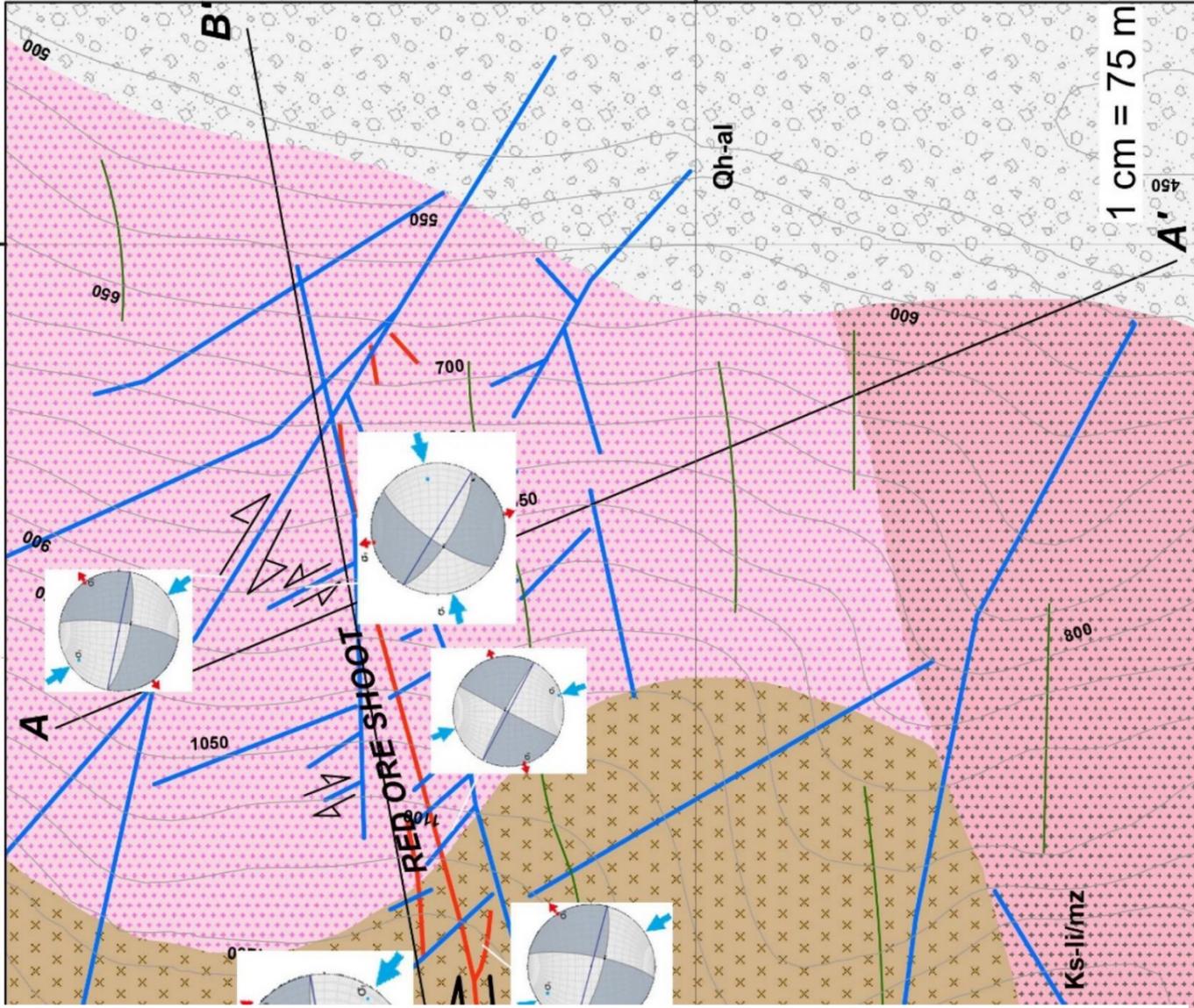
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

ELABORADO POR: EDGARDO RAUL ROQUE CHOQUE
SISTEMA DE REFERENCIA: UTM - WGS 84 - ZONA 18 SUR
REGION: AREQUIPA

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE CLAVOS MINERALIZADOS PARA EL ÓPTIMO DESARROLLO DE LA VETA VIENTO. UNIDAD MINERA SEÑOR DE LOS ANDES - RIO GRANDE - CONDESUYOS - AREQUIPA
MAPA: MAPA ESTRUCTURAL LOCAL
PROVINCIA: CONDESUYOS
DISTRITO: RIO GRANDE

ESCALA: 1:7,500

04

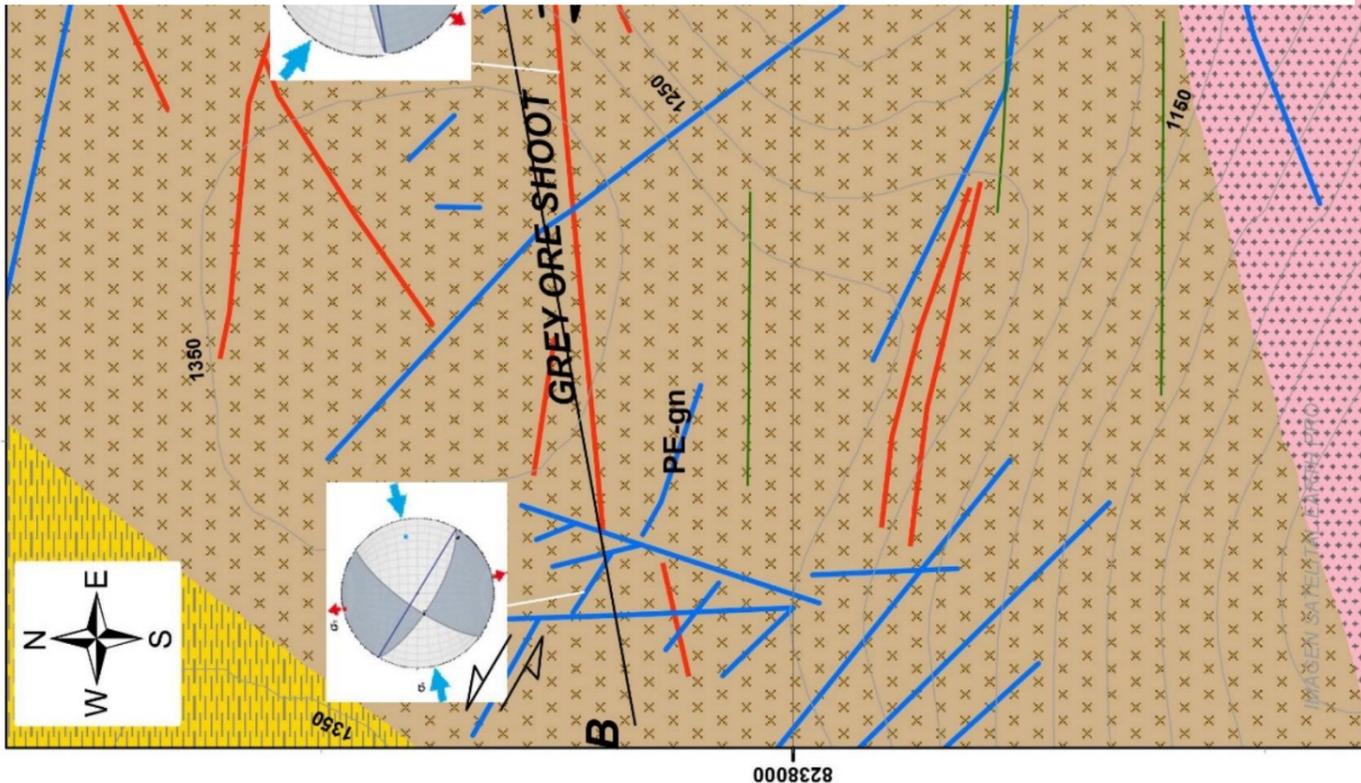


UNIDADES LITOLÓGICAS	
Depositos recientes	Qh-al Arenas y gravas
Formación Sotillo	P-50 Fm. Sotillo
Super Unidad Incahuasi	Ks-in/to Tonalita-Diorita
Super Unidad Linga	Ks-li/mz Monzodiorita
Complejo Basal	PE-gn R. Metamórficas

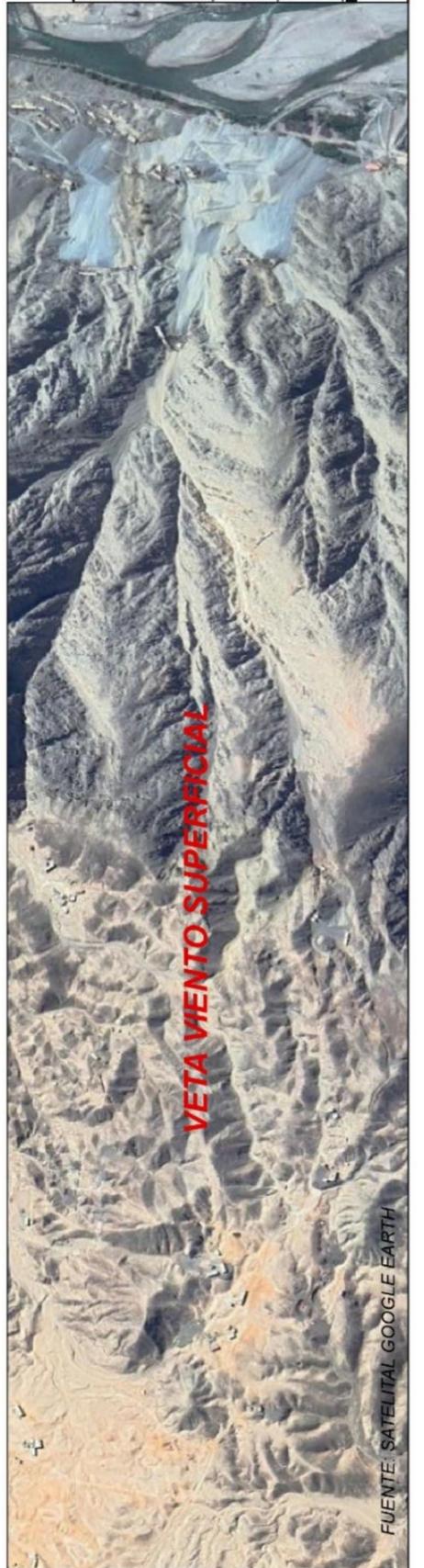
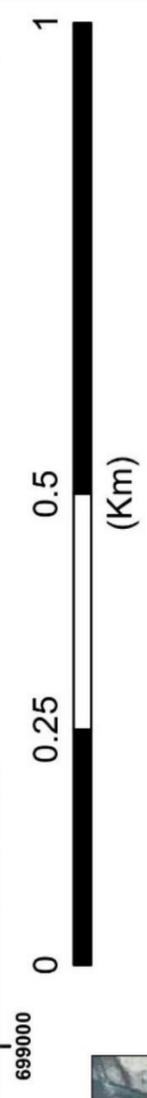
SIMBOLOGÍA SISTEMA DE FALLAS

- DIRECCIÓN DE DESPLAZAMIENTO
- FALLA SUPERFICIAL
- VETA SUPERFICIAL
- DIQUE
- CURVAS DE NIVEL 50M

- ### SECCIONES
- LINEAS DE SECCIÓN



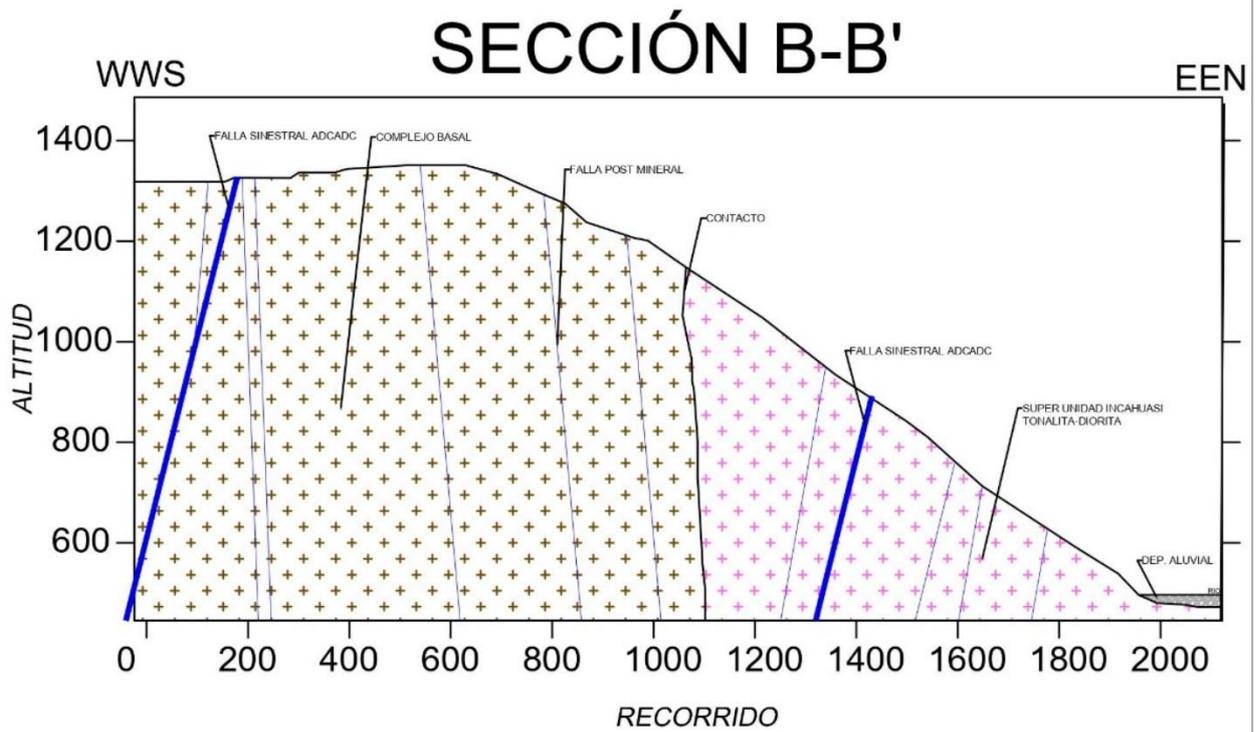
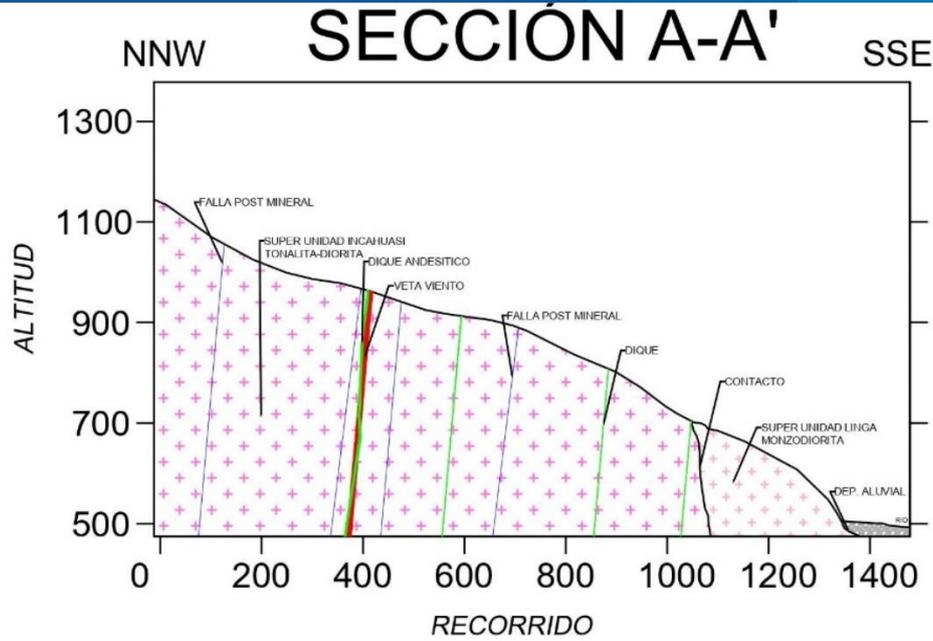
repositorio.unap.edu.pe
No olvide citar adecuadamente esta tesis



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

ELABORADO POR: EDGARDO RAUL ROQUE CHOQUE	ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE CLAVOS MINERALIZADOS PARA EL ÓPTIMO DESARROLLO DE LA VETA VIENTO UNIDAD MINERA SEÑOR DE LOS ANDES - RIO GRANDE - CONDESUYOS - AREQUIPA
SISTEMA DE REFERENCIA: UTM - WGS 84 - ZONA 18 SUR	MAPA: MAPA GEOLÓGICO LOCAL
REGION: AREQUIPA	PROVINCIA: CONDESUYOS
	DISTRITO: RIO GRANDE
	ESCALA: 1:7,500

05



LEYENDA

- | | | |
|---------------|-------|----------|
| Relieve | Veta | Dique |
| Veta Inferida | Falla | Contacto |



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



ELABORADO POR:
EDGARDO RAUL ROQUE CHOQUE

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE CLAVOS MINERALIZADOS
PARA EL ÓPTIMO DESARROLLO DE LA VETA VIENTO,
UNIDAD MINERA SEÑOR DE LOS ANDES - RIO GRANDE -
CONDESUYOS - AREQUIPA

MAPA:
SECCIÓN GEOLÓGICA A-A' TRANSVERSAL A LA VETA
SECCIÓN GEOLÓGICA B-B' TRANSVERSAL A FALLAS POSTMINERAL

06



ANEXO N° 07. TARJETA DE MUESTREO SIMPLIFICADO

Tarjeta de muestreo simplificado del NV-0

NIVEL	Coordenadas			N°M	Ensayes		
	Este	Norte	Cota		Ancho	oz/TC Au	Au
NV 0	698332.58	8238511.39	558.02	VI-00120	0.30	1.05	1
NV 0	698324.24	8238508.72	558.52	VI-00121	0.30	15.37	#
NV 0	698313.74	8238505.74	563.99	VI-00122	0.30	13.17	#
NV 0	698304.13	8238502.00	559.43	VI-00123	0.30	10.05	#
NV 0	698295.00	8238497.61	560.02	VI-00124	0.30	15.45	#
NV 0	698285.36	8238495.18	560.29	VI-00125	0.25	14.01	#
NV 0	698275.46	8238492.70	563.99	VI-00126	0.23	15.07	#
NV 0	698266.35	8238488.16	563.99	VI-00127	0.35	10.22	#
NV 0	698256.78	8238485.46	563.99	VI-00128	0.33	14.55	#
NV 0	698246.84	8238483.21	563.99	VI-00129	0.30	6.32	6
NV 0	698237.35	8238480.08	563.78	VI-00130	0.23	4.51	5
NV 0	698227.52	8238478.96	560.92	VI-00131	0.20	3.51	4
NV 0	698217.80	8238476.69	560.67	VI-00132	0.18	4.23	4
NV 0	698208.15	8238474.30	563.99	VI-00133	0.26	8.65	9
NV 0	698198.16	8238472.11	563.34	VI-00134	0.12	10.23	#
NV 0	698188.57	8238470.12	560.46	VI-00135	0.30	14.56	#
NV 0	698178.41	8238466.66	560.69	VI-00136	0.30	30.14	#
NV 0	698169.19	8238465.26	561.04	VI-00137	0.26	15.47	#
NV 0	698159.30	8238463.76	562.72	VI-00138	0.18	9.30	9
NV 0	698138.98	8238461.19	561.72	VI-00139	0.18	8.45	8
NV 0	698129.96	8238457.29	562.45	VI-00140	0.30	15.89	#
NV 0	698120.20	8238454.96	562.96	VI-00141	0.25	12.53	#
NV 0	698099.81	8238452.09	563.38	VI-00142	0.30	10.34	#
NV 0	698089.81	8238450.15	562.97	VI-00143	0.30	6.12	6
NV 0	698080.22	8238450.59	562.97	VI-00144	0.10	3.12	3
NV 0	698071.46	8238448.97	563.82	VI-00145	0.11	0.62	1
NV 0	698062.71	8238447.85	563.32	VI-00146	0.12	0.81	1
NV 0	698050.66	8238442.80	564.33	VI-00147	0.06	0.31	0
NV 0	698041.28	8238441.85	564.50	VI-00148	0.08	0.62	1
NV 0	698031.54	8238440.28	564.98	VI-00149	0.05	0.30	0
NV 0	698019.21	8238437.74	564.73	VI-00150	0.05	0.21	0
NV 0	698011.71	8238436.49	564.82	VI-00151	0.10	0.41	0
NV 0	697999.13	8238434.43	565.32	VI-00152	0.20	0.61	1
NV 0	697993.10	8238433.39	564.98	VI-00153	0.15	0.32	0
NV 0	697981.88	8238431.64	566.20	VI-00154	0.18	0.42	0
NV 0	697972.25	8238430.21	567.57	VI-00155	0.23	0.32	0
NV 0	697962.90	8238429.31	566.40	VI-00156	0.24	1.02	1
NV 0	697951.86	8238427.82	567.57	VI-00157	0.23	1.25	1
NV 0	697942.39	8238426.71	567.57	VI-00158	0.23	0.95	1



NV 0	697932.20	8238425.52	567.57	VI-00159	0.15	0.32	0
NV 0	697921.74	8238424.29	567.57	VI-00160	0.18	0.36	0
NV 0	697912.22	8238423.17	567.57	VI-00161	0.10	0.43	0
NV 0	697902.45	8238422.03	567.57	VI-00162	0.11	0.71	1
NV 0	697892.65	8238420.88	567.57	VI-00163	0.07	0.25	0
NV 0	697883.71	8238419.83	567.57	VI-00164	0.14	0.36	0
NV 0	697872.65	8238418.53	567.57	VI-00165	0.18	0.21	0
NV 0	697862.76	8238417.35	565.91	VI-00166	0.17	0.34	0
NV 0	697853.00	8238414.89	565.91	VI-00167	0.18	1.14	1
NV 0	697843.15	8238414.00	565.91	VI-00168	0.10	1.03	1
NV 0	697833.08	8238412.68	565.91	VI-00169	0.16	0.56	1
NV 0	697823.08	8238411.79	565.91	VI-00170	0.21	0.87	1
NV 0	697813.00	8238411.29	569.52	VI-00171	0.30	0.75	1
NV 0	697803.14	8238409.21	567.57	VI-00172	0.30	2.23	2
NV 0	697793.43	8238408.10	567.57	VI-00173	0.25	1.37	1
NV 0	697787.17	8238407.20	569.52	VI-00174	0.30	0.96	1
NV 0	697773.74	8238404.44	566.57	VI-00175	0.32	1.03	1
NV 0	697763.78	8238402.45	567.57	VI-00176	0.18	1.08	1
NV 0	697754.12	8238400.52	567.57	VI-00177	0.26	0.89	1
NV 0	697742.44	8238398.14	567.57	VI-00178	0.15	1.85	2
NV 0	697732.59	8238397.46	569.31	VI-00179	0.23	0.96	1
NV 0	697714.70	8238393.38	568.91	VI-00180	0.30	2.06	2
NV 0	697704.81	8238392.27	568.19	VI-00181	0.30	2.23	2
NV 0	697694.90	8238391.35	568.19	VI-00182	0.28	1.87	2
NV 0	697684.16	8238389.18	569.64	VI-00183	0.29	1.52	2
NV 0	697672.27	8238387.60	568.45	VI-00184	0.25	0.98	1
NV 0	697664.93	8238387.94	568.34	VI-00185	0.30	1.25	1
NV 0	697654.76	8238387.36	568.70	VI-00186	0.30	2.03	2
NV 0	697644.87	8238387.20	569.66	VI-00187	0.23	1.25	1
NV 0	697605.88	8238379.09	568.93	VI-00188	0.18	4.36	4
NV 0	697595.76	8238378.18	570.60	VI-00189	0.30	6.65	7
NV 0	697575.76	8238374.72	570.83	VI-00190	0.25	5.52	6
NV 0	697553.52	8238372.84	571.16	VI-00191	0.30	6.56	7
NV 0	697545.77	8238372.23	571.06	VI-00192	0.30	5.40	5
NV 0	697536.39	8238371.61	569.82	VI-00193	0.28	5.85	6
NV 0	697524.88	8238371.11	568.93	VI-00194	0.18	3.54	4
NV 0	697515.31	8238370.51	571.92	VI-00195	0.30	5.32	5
NV 0	697506.55	8238370.33	571.29	VI-00196	0.30	5.37	5
NV 0	697499.48	8238369.47	571.28	VI-00197	0.30	7.78	8
NV 0	697488.16	8238368.17	571.25	VI-00198	0.30	6.25	6
NV 0	697482.46	8238367.91	572.70	VI-00199	0.20	5.32	5
NV 0	697463.47	8238365.96	571.51	VI-00200	0.30	7.85	8
NV 0	697454.25	8238365.89	571.51	VI-00201	0.30	7.65	8
NV 0	697445.17	8238365.61	571.55	VI-00202	0.20	5.44	5
NV 0	697434.58	8238365.25	571.55	VI-00203	0.25	5.01	5
NV 0	697425.09	8238365.08	571.55	VI-00204	0.30	7.45	7



NV 0	697416.89	8238364.17	567.92	VI-00205	0.30	6.89	7
NV 0	697406.23	8238363.30	572.36	VI-00206	0.30	6.95	7
NV 0	697389.35	8238354.50	572.82	VI-00207	0.20	2.56	3
NV 0	697385.25	8238354.19	574.64	VI-00208	0.20	2.03	2
NV 0	697378.48	8238353.32	572.93	VI-00209	0.25	1.52	2

Tarjeta de muestreo simplificado del NV-30

Nivel	Coordenadas			N°M	Ensayes		
	Este	Norte	Cota		Ancho	oz/TC Au	Au
NV-30	698276.08	8238493.95	537.08	VI-30025	0.30	15.23	#
NV-30	698266.53	8238490.35	532.39	VI-30026	0.30	14.85	#
NV-30	698256.76	8238487.80	531.98	VI-30027	0.30	9.85	#
NV-30	698247.18	8238485.20	532.53	VI-30028	0.30	12.03	#
NV-30	698237.39	8238482.83	532.55	VI-30029	0.30	8.23	8
NV-30	698227.80	8238479.76	532.40	VI-30030	0.30	5.55	6
NV-30	698218.17	8238476.30	532.50	VI-30031	0.30	2.56	3
NV-30	698208.35	8238473.50	532.08	VI-30032	0.25	4.25	4
NV-30	698198.70	8238471.62	531.81	VI-30033	0.20	6.56	7
NV-30	698188.39	8238470.14	531.75	VI-30034	0.30	10.32	#
NV-30	698179.54	8238468.27	531.70	VI-30035	0.30	15.56	#
NV-30	698168.84	8238468.04	531.46	VI-30036	0.30	28.56	#
NV-30	698148.89	8238465.18	533.44	VI-30037	0.30	15.21	#
NV-30	698139.40	8238463.37	531.60	VI-30038	0.30	10.58	#
NV-30	698129.10	8238461.82	531.45	VI-30039	0.30	10.23	#
NV-30	698119.37	8238459.30	532.09	VI-30040	0.30	18.54	#
NV-30	698109.78	8238456.65	531.68	VI-30041	0.30	12.78	#
NV-30	698099.87	8238454.37	531.71	VI-30042	0.30	12.36	#
NV-30	698090.41	8238451.98	531.71	VI-30043	0.30	8.25	8
NV-30	698081.65	8238450.37	532.56	VI-30044	0.25	6.32	6
NV-30	698072.90	8238449.24	532.07	VI-30045	0.20	3.26	3
NV-30	698061.61	8238440.53	532.52	VI-30046	0.25	7.83	8
NV-30	698050.27	8238434.05	532.74	VI-30047	0.20	6.84	7
NV-30	698041.82	8238432.44	532.74	VI-30048	0.12	0.53	1
NV-30	698032.30	8238430.13	534.06	VI-30049	0.18	0.45	0
NV-30	698022.77	8238427.88	534.06	VI-30050	0.18	0.43	0
NV-30	698010.94	8238424.87	534.06	VI-30051	0.18	0.43	0
NV-30	698004.85	8238422.09	534.06	VI-30052	0.18	0.35	0
NV-30	697991.74	8238420.23	534.06	VI-30053	0.18	0.56	1
NV-30	697984.69	8238419.31	534.06	VI-30054	0.18	0.45	0
NV-30	697973.94	8238415.38	532.89	VI-30055	0.15	0.48	0
NV-30	697962.90	8238413.89	534.06	VI-30056	0.18	0.36	0
NV-30	697951.50	8238413.29	532.98	VI-30057	0.18	1.23	1



NV-30	697942.33	8238413.95	534.45	VI-30058	0.18	1.20	1
NV-30	697933.02	8238416.42	532.98	VI-30059	0.15	1.24	1
NV-30	697923.73	8238416.96	533.74	VI-30060	0.18	0.44	0
NV-30	697913.28	8238418.00	533.69	VI-30061	0.18	0.75	1
NV-30	697901.08	8238416.88	535.12	VI-30062	0.18	0.48	0
NV-30	697895.00	8238415.47	534.35	VI-30063	0.18	0.85	1
NV-30	697883.88	8238413.22	534.43	VI-30064	0.18	0.35	0
NV-30	697873.41	8238416.81	534.66	VI-30065	0.18	0.24	0
NV-30	697863.25	8238415.89	534.66	VI-30066	0.18	0.43	0
NV-30	697853.40	8238415.00	534.66	VI-30067	0.18	1.02	1
NV-30	697843.27	8238414.09	534.66	VI-30068	0.18	1.42	1
NV-30	697833.28	8238413.19	534.66	VI-30069	0.18	0.45	0
NV-30	697823.39	8238412.29	534.66	VI-30070	0.18	0.75	1
NV-30	697813.28	8238411.87	537.08	VI-30071	0.18	0.75	1
NV-30	697803.34	8238410.71	537.08	VI-30072	0.18	0.65	1
NV-30	697793.38	8238409.74	536.09	VI-30073	0.18	0.35	0
NV-30	697783.59	8238407.52	536.09	VI-30074	0.18	1.25	1
NV-30	697773.79	8238405.49	537.08	VI-30075	0.18	1.25	1
NV-30	697763.95	8238403.69	537.08	VI-30076	0.20	1.56	2
NV-30	697752.20	8238401.68	536.93	VI-30077	0.18	0.85	1
NV-30	697744.30	8238399.98	537.08	VI-30078	0.18	0.93	1
NV-30	697724.52	8238397.82	536.93	VI-30079	0.18	1.42	1
NV-30	697714.47	8238396.05	536.93	VI-30080	0.18	0.86	1
NV-30	697704.79	8238394.09	536.93	VI-30081	0.18	2.15	2
NV-30	697694.22	8238391.69	536.93	VI-30082	0.18	2.14	2
NV-30	697682.46	8238388.99	537.19	VI-30083	0.20	1.56	2
NV-30	697675.38	8238387.73	537.08	VI-30084	0.20	1.52	2
NV-30	697665.53	8238385.96	537.44	VI-30085	0.20	1.20	1
NV-30	697655.61	8238384.65	536.81	VI-30086	0.20	1.45	1
NV-30	697645.39	8238385.32	537.60	VI-30087	0.20	2.03	2
NV-30	697635.19	8238385.42	537.97	VI-30088	0.20	1.15	1
NV-30	697615.52	8238382.51	537.68	VI-30089	0.30	3.56	4
NV-30	697605.51	8238381.55	536.31	VI-30090	0.30	5.21	5
NV-30	697585.57	8238379.09	536.31	VI-30091	0.30	6.21	6
NV-30	697565.14	8238377.89	537.68	VI-30092	0.30	5.45	5
NV-30	697555.38	8238376.99	537.68	VI-30093	0.30	7.50	8
NV-30	697545.43	8238375.44	538.30	VI-30094	0.30	5.81	6
NV-30	697534.88	8238375.11	537.68	VI-30095	0.30	7.52	8
NV-30	697526.13	8238374.32	538.30	VI-30096	0.30	4.51	5
NV-30	697516.27	8238373.33	538.30	VI-30097	0.30	5.81	6
NV-30	697504.10	8238372.10	538.30	VI-30098	0.30	7.85	8
NV-30	697495.34	8238371.00	537.68	VI-30099	0.25	7.30	7
NV-30	697486.02	8238370.01	537.68	VI-30100	0.30	6.90	7
NV-30	697473.53	8238368.85	538.30	VI-30101	0.30	6.93	7
NV-30	697464.43	8238367.71	537.68	VI-30102	0.30	8.50	9
NV-30	697455.37	8238366.57	538.30	VI-30103	0.30	8.63	9



NV-30	697445.03	8238365.22	538.30	VI-30104	0.30	6.54	7
NV-30	697435.54	8238364.57	538.30	VI-30105	0.35	5.41	5
NV-30	697427.19	8238364.38	537.68	VI-30106	0.30	7.41	7
NV-30	697416.53	8238363.49	538.30	VI-30107	0.35	7.64	8
NV-30	697408.12	8238362.98	538.30	VI-30108	0.30	7.48	7
NV-30	697398.78	8238362.15	570.48	VI-30109	0.30	6.85	7
NV-30	697394.57	8238362.45	539.39	VI-30110	0.30	5.60	6
NV-30	697387.79	8238361.58	537.68	VI-30111	0.30	2.96	3

Tarjeta de muestreo simplificado del NV-60

Nivel	Coordenadas			N°M	Ensayes		
	Este	Norte	Cota		Ancho	oz/TC Au	Au
NV 0	698344.27	8238511.77	501.45	VI-60030	0.30	1.85	2
NV 0	698334.45	8238508.86	501.45	VI-60031	0.30	2.36	2
NV 0	698325.18	8238505.24	500.65	VI-60032	0.30	1.85	2
NV 0	698315.30	8238502.63	501.68	VI-60033	0.30	2.39	2
NV 0	698305.62	8238500.43	507.70	VI-60034	0.30	8.65	9
NV 0	698296.04	8238497.49	501.45	VI-60035	0.30	14.01	#
NV 0	698286.31	8238494.61	501.45	VI-60036	0.30	12.85	#
NV 0	698276.62	8238491.74	501.45	VI-60037	0.30	13.56	#
NV 0	698266.75	8238487.99	501.45	VI-60038	0.30	14.89	#
NV 0	698257.16	8238487.23	501.89	VI-60039	0.30	15.31	#
NV 0	698246.78	8238484.85	500.73	VI-60040	0.30	11.57	#
NV 0	698237.61	8238481.89	501.00	VI-60041	0.30	13.89	#
NV 0	698227.97	8238477.55	501.45	VI-60042	0.30	11.63	#
NV 0	698218.90	8238475.76	501.45	VI-60043	0.30	12.85	#
NV 0	698209.31	8238474.02	501.11	VI-60044	0.30	9.23	9
NV 0	698198.54	8238472.21	501.45	VI-60045	0.30	5.69	6
NV 0	698188.23	8238470.74	501.39	VI-60046	0.30	3.65	4
NV 0	698179.38	8238468.86	501.34	VI-60047	0.30	5.23	5
NV 0	698168.95	8238466.85	501.22	VI-60048	0.30	7.56	8
NV 0	698159.51	8238465.71	501.40	VI-60049	0.30	12.33	#
NV 0	698148.96	8238465.69	501.99	VI-60050	0.30	16.56	#
NV 0	698139.47	8238463.89	500.15	VI-60051	0.30	30.42	#
NV 0	698129.18	8238462.34	500.00	VI-60052	0.30	18.09	#
NV 0	698119.26	8238461.44	501.99	VI-60053	0.30	13.56	#
NV 0	698109.28	8238460.26	501.99	VI-60054	0.30	12.43	#
NV 0	698099.57	8238458.52	502.53	VI-60055	0.30	17.45	#
NV 0	698089.72	8238457.75	501.99	VI-60056	0.30	11.63	#
NV 0	698081.64	8238455.17	502.04	VI-60057	0.30	14.60	#
NV 0	698073.19	8238453.13	502.21	VI-60058	0.30	10.23	#
NV 0	698060.06	8238453.04	501.90	VI-60059	0.30	8.56	9



NV 0	698048.72	8238446.56	502.12	VI-60060	0.30	7.26	7
NV 0	698040.27	8238444.95	502.12	VI-60061	0.30	12.03	#
NV 0	698030.75	8238442.64	503.43	VI-60062	0.30	7.54	8
NV 0	698021.22	8238440.39	503.43	VI-60063	0.25	8.98	9
NV 0	698009.38	8238437.38	503.43	VI-60064	0.18	0.52	1
NV 0	698003.30	8238434.62	503.43	VI-60065	0.18	0.57	1
NV 0	697990.18	8238432.74	503.43	VI-60066	0.18	0.56	1
NV 0	697983.14	8238431.80	503.43	VI-60067	0.18	1.22	1
NV 0	697972.39	8238427.89	502.26	VI-60068	0.18	0.49	0
NV 0	697961.34	8238426.40	503.43	VI-60069	0.18	0.53	1
NV 0	697950.65	8238422.07	504.57	VI-60070	0.18	0.46	0
NV 0	697942.14	8238420.21	504.59	VI-60071	0.18	1.63	2
NV 0	697933.70	8238418.32	504.64	VI-60072	0.18	1.12	1
NV 0	697924.52	8238417.02	504.55	VI-60073	0.18	1.36	1
NV 0	697915.23	8238415.11	504.60	VI-60074	0.18	0.49	0
NV 0	697902.08	8238412.79	504.89	VI-60075	0.18	0.63	1
NV 0	697895.24	8238413.18	504.74	VI-60076	0.18	0.55	1
NV 0	697884.44	8238412.60	507.70	VI-60077	0.18	0.79	1
NV 0	697874.84	8238409.36	504.99	VI-60078	0.18	0.47	0
NV 0	697863.60	8238409.88	505.08	VI-60079	0.18	0.44	0
NV 0	697853.76	8238412.08	505.28	VI-60080	0.18	1.23	1
NV 0	697843.09	8238413.13	505.27	VI-60081	0.18	1.25	1
NV 0	697833.18	8238415.02	505.27	VI-60082	0.18	0.53	1
NV 0	697822.22	8238421.95	505.55	VI-60083	0.18	0.65	1
NV 0	697812.27	8238420.69	506.46	VI-60084	0.18	0.85	1
NV 0	697802.09	8238419.89	505.49	VI-60085	0.18	0.59	1
NV 0	697792.03	8238419.90	505.54	VI-60086	0.18	1.26	1
NV 0	697782.09	8238419.42	505.49	VI-60087	0.18	1.20	1
NV 0	697772.23	8238418.00	506.46	VI-60088	0.18	1.36	1
NV 0	697762.40	8238415.40	505.49	VI-60089	0.18	1.47	1
NV 0	697751.18	8238411.50	506.30	VI-60090	0.18	0.82	1
NV 0	697742.92	8238410.93	506.50	VI-60091	0.15	0.94	1
NV 0	697732.93	8238410.30	506.50	VI-60092	0.15	1.23	1
NV 0	697723.00	8238409.44	506.46	VI-60093	0.12	0.80	1
NV 0	697712.91	8238408.56	506.30	VI-60094	0.18	2.35	2
NV 0	697702.91	8238408.14	506.50	VI-60095	0.18	2.06	2
NV 0	697692.13	8238407.77	506.82	VI-60096	0.18	1.82	2
NV 0	697680.37	8238406.63	506.82	VI-60097	0.18	1.32	1
NV 0	697673.19	8238404.87	506.89	VI-60098	0.18	1.23	1
NV 0	697663.87	8238399.10	506.81	VI-60099	0.18	1.20	1
NV 0	697654.16	8238395.83	506.82	VI-60100	0.25	1.35	1
NV 0	697643.73	8238397.13	507.19	VI-60101	0.30	2.60	3
NV 0	697633.64	8238397.93	507.35	VI-60102	0.30	1.42	1
NV 0	697623.70	8238396.92	506.82	VI-60103	0.28	2.03	2
NV 0	697613.82	8238396.11	507.97	VI-60104	0.30	3.20	3
NV 0	697603.91	8238394.90	507.95	VI-60105	0.30	6.20	6



NV 0	697593.90	8238393.90	507.95	VI-60106	0.30	7.22	7
NV 0	697583.90	8238392.44	505.68	VI-60107	0.30	6.32	6
NV 0	697574.04	8238391.05	508.38	VI-60108	0.30	5.09	5
NV 0	697563.68	8238389.38	507.05	VI-60109	0.30	5.20	5
NV 0	697554.03	8238387.68	507.05	VI-60110	0.30	7.40	7
NV 0	697544.25	8238385.31	507.67	VI-60111	0.30	6.09	6
NV 0	697533.76	8238384.11	507.05	VI-60112	0.30	7.40	7
NV 0	697525.10	8238382.61	507.67	VI-60113	0.30	5.31	5
NV 0	697515.35	8238380.80	507.67	VI-60114	0.30	5.60	6
NV 0	697503.33	8238378.57	507.67	VI-60115	0.30	8.60	9
NV 0	697494.69	8238376.75	507.05	VI-60116	0.30	7.50	8
NV 0	697485.48	8238374.99	507.05	VI-60117	0.30	6.45	6
NV 0	697473.13	8238372.79	507.67	VI-60118	0.30	6.01	6
NV 0	697464.16	8238370.92	507.05	VI-60119	0.30	9.15	9
NV 0	697455.22	8238369.03	507.67	VI-60120	0.30	8.15	8
NV 0	697445.02	8238366.88	507.67	VI-60121	0.30	7.01	7
NV 0	697435.62	8238365.48	507.67	VI-60122	0.30	5.49	5
NV 0	697427.32	8238364.53	507.05	VI-60123	0.30	7.39	7
NV 0	697416.77	8238362.76	507.67	VI-60124	0.30	7.56	8
NV 0	697408.43	8238361.56	507.67	VI-60125	0.30	8.54	9
NV 0	697399.38	8238360.13	507.67	VI-60126	0.30	7.09	7
NV 0	697388.29	8238358.49	507.05	VI-60127	0.30	2.19	2

Tarjeta de muestreo simplificado del NV-120

Nivel	Coordenadas			N°M	Ensayes		
	Este	Norte	Cota		Ancho	oz/TC Au	Au
NV-120	698411.19	8238531.35	447.69	VI-120250	0.20	0.63	1
NV-120	698402.15	8238528.26	447.29	VI-120251	0.20	0.75	1
NV-120	698387.30	8238526.53	447.00	VI-120252	0.20	0.96	1
NV-120	698382.24	8238525.54	447.05	VI-120253	0.20	1.02	1
NV-120	698371.46	8238527.21	447.22	VI-120254	0.30	1.89	2
NV-120	698361.72	8238524.76	447.73	VI-120255	0.30	2.56	3
NV-120	698352.04	8238521.69	444.76	VI-120256	0.30	2.33	2
NV-120	698342.38	8238518.97	449.76	VI-120257	0.30	1.82	2
NV-120	698332.95	8238516.09	448.78	VI-120258	0.30	1.96	2
NV-120	698323.98	8238512.08	447.92	VI-120259	0.30	2.63	3
NV-120	698314.18	8238508.55	447.92	VI-120260	0.30	1.83	2
NV-120	698304.36	8238505.09	447.92	VI-120261	0.30	1.50	2
NV-120	698295.17	8238501.84	447.92	VI-120262	0.30	2.03	2
NV-120	698284.88	8238499.30	446.82	VI-120263	0.30	2.16	2
NV-120	698275.50	8238496.74	450.44	VI-120264	0.30	7.89	8
NV-120	698266.09	8238492.48	445.85	VI-120265	0.30	15.79	#



NV-120	698256.84	8238487.41	445.88	VI-120266	0.30	12.34	#
NV-120	698247.24	8238484.84	445.88	VI-120267	0.30	13.96	#
NV-120	698237.48	8238482.27	445.91	VI-120268	0.30	14.53	#
NV-120	698227.86	8238479.40	445.76	VI-120269	0.30	15.79	#
NV-120	698217.87	8238478.29	445.86	VI-120270	0.30	11.86	#
NV-120	698208.23	8238474.36	445.44	VI-120271	0.30	13.79	#
NV-120	698198.71	8238472.51	445.17	VI-120272	0.30	10.96	#
NV-120	698188.46	8238470.22	445.02	VI-120273	0.30	12.73	#
NV-120	698179.54	8238467.82	445.05	VI-120274	0.30	9.96	#
NV-120	698169.53	8238465.55	445.18	VI-120275	0.30	5.96	6
NV-120	698150.33	8238461.52	444.90	VI-120276	0.30	4.65	5
NV-120	698139.93	8238459.81	444.95	VI-120277	0.30	5.63	6
NV-120	698129.62	8238458.34	444.80	VI-120278	0.30	7.59	8
NV-120	698110.12	8238454.36	445.04	VI-120279	0.30	13.46	#
NV-120	698099.78	8238453.88	445.18	VI-120280	0.30	17.79	#
NV-120	698090.26	8238453.44	445.18	VI-120281	0.30	28.71	#
NV-120	698081.38	8238452.18	445.18	VI-120282	0.30	28.23	#
NV-120	698072.77	8238450.85	445.18	VI-120283	0.30	15.82	#
NV-120	698059.99	8238449.24	445.91	VI-120284	0.30	12.97	#
NV-120	698048.64	8238446.30	443.86	VI-120285	0.30	17.85	#
NV-120	698040.00	8238446.02	443.86	VI-120286	0.30	11.23	#
NV-120	698030.26	8238445.15	445.18	VI-120287	0.30	14.82	#
NV-120	698019.15	8238443.67	445.18	VI-120288	0.30	10.42	#
NV-120	698010.22	8238442.36	445.18	VI-120289	0.30	8.93	9
NV-120	698001.05	8238441.30	445.18	VI-120290	0.30	7.99	8
NV-120	697988.52	8238439.86	445.18	VI-120291	0.30	11.63	#
NV-120	697980.85	8238439.19	445.18	VI-120292	0.30	7.39	7
NV-120	697969.58	8238438.20	445.18	VI-120293	0.30	9.62	#
NV-120	697960.33	8238438.02	446.58	VI-120294	0.30	7.95	8
NV-120	697952.68	8238436.86	445.18	VI-120295	0.30	5.38	5
NV-120	697940.01	8238436.30	445.18	VI-120296	0.30	4.96	5
NV-120	697929.33	8238435.33	447.23	VI-120297	0.18	1.29	1
NV-120	697921.66	8238434.42	447.27	VI-120298	0.18	0.62	1
NV-120	697912.20	8238432.19	447.33	VI-120299	0.18	0.75	1
NV-120	697898.69	8238429.12	444.92	VI-120300	0.18	0.64	1
NV-120	697892.61	8238427.66	444.16	VI-120301	0.18	1.53	2
NV-120	697881.53	8238425.38	444.32	VI-120302	0.18	1.19	1
NV-120	697872.35	8238424.00	448.01	VI-120303	0.18	1.43	1
NV-120	697861.25	8238424.00	448.01	VI-120304	0.18	0.49	0
NV-120	697852.07	8238424.02	448.01	VI-120305	0.18	0.79	1
NV-120	697841.72	8238423.85	443.07	VI-120306	0.18	0.59	1
NV-120	697833.65	8238424.74	443.07	VI-120307	0.18	0.89	1
NV-120	697821.29	8238423.64	442.82	VI-120308	0.18	1.27	1
NV-120	697810.74	8238424.70	442.86	VI-120309	0.18	1.37	1
NV-120	697800.70	8238424.25	443.16	VI-120310	0.18	0.69	1
NV-120	697785.98	8238423.72	442.89	VI-120311	0.18	0.89	1



NV-120	697771.07	8238422.38	442.35	VI-120312	0.18	0.82	1
NV-120	697761.95	8238421.21	442.84	VI-120313	0.18	0.72	1
NV-120	697752.63	8238418.73	442.53	VI-120314	0.18	1.23	1
NV-120	697720.61	8238416.68	442.22	VI-120315	0.18	1.22	1
NV-120	697720.70	8238416.70	442.22	VI-120316	0.18	1.41	1
NV-120	697710.64	8238415.75	442.77	VI-120317	0.18	1.49	1
NV-120	697700.70	8238415.04	442.77	VI-120318	0.18	0.82	1
NV-120	697690.13	8238414.35	442.75	VI-120319	0.18	0.93	1
NV-120	697678.99	8238412.48	450.54	VI-120320	0.18	1.35	1
NV-120	697671.91	8238411.21	450.44	VI-120321	0.18	0.93	1
NV-120	697661.20	8238410.37	442.87	VI-120322	0.18	1.31	1
NV-120	697651.33	8238409.59	442.87	VI-120323	0.18	1.42	1
NV-120	697641.92	8238408.81	450.95	VI-120324	0.18	1.93	2
NV-120	697631.79	8238408.05	442.87	VI-120325	0.18	1.30	1
NV-120	697611.80	8238406.63	444.23	VI-120326	0.35	1.91	2
NV-120	697601.79	8238405.67	442.87	VI-120327	0.35	2.31	2
NV-120	697591.48	8238404.37	442.87	VI-120328	0.40	2.99	3
NV-120	697581.86	8238403.21	442.87	VI-120329	0.40	5.21	5
NV-120	697571.08	8238402.43	442.87	VI-120330	0.40	6.32	6
NV-120	697561.59	8238401.92	451.03	VI-120331	0.40	7.21	7
NV-120	697551.83	8238401.03	451.03	VI-120332	0.40	6.58	7
NV-120	697541.88	8238399.48	451.65	VI-120333	0.40	5.27	5
NV-120	697531.33	8238399.15	451.03	VI-120334	0.40	5.63	6
NV-120	697522.58	8238398.36	451.65	VI-120335	0.40	7.21	7
NV-120	697512.87	8238396.30	451.65	VI-120336	0.40	6.31	6
NV-120	697500.70	8238395.07	451.65	VI-120337	0.50	7.11	7
NV-120	697491.97	8238393.76	451.03	VI-120338	0.50	5.23	5
NV-120	697482.66	8238392.77	451.03	VI-120339	0.50	5.96	6
NV-120	697470.30	8238390.72	442.87	VI-120340	0.50	8.53	9
NV-120	697461.27	8238389.15	442.87	VI-120341	0.50	7.82	8
NV-120	697451.81	8238390.60	451.65	VI-120342	0.50	6.32	6
NV-120	697441.48	8238389.30	451.65	VI-120343	0.50	6.21	6
NV-120	697431.99	8238388.68	451.65	VI-120344	0.50	8.96	9
NV-120	697423.64	8238388.42	451.03	VI-120345	0.50	8.29	8
NV-120	697412.98	8238387.52	451.65	VI-120346	0.50	0.58	1
NV-120	697404.57	8238387.01	451.65	VI-120347	0.50	5.82	6
NV-120	697395.22	8238386.19	483.83	VI-120348	0.50	7.65	8
NV-120	697391.02	8238386.48	452.74	VI-120349	0.50	7.24	7
NV-120	697384.24	8238385.62	451.03	VI-120350	0.50	7.05	7
NV-120	697375.81	8238381.71	442.87	VI-120351	0.50	7.52	8
NV-120	697365.14	8238380.82	443.49	VI-120352	0.50	6.99	7
NV-120	697356.73	8238380.31	443.49	VI-120353	0.20	2.56	3



ANEXO N° 08. DATUM ESTRUCTURAL

Datum estructural de la Veta Viento NV-0, NV-30, NV-60 , NV-120

N°	FAULT STRIKE	BZ	STRIAE TREND	RAKE	CINEMATICA
1	256	83	75	8	DxNx
2	261	83	80	8	DxNx
3	261	80	78	15	DxNx
4	255	80	73	13	DxNx
5	260	80	78	13	DxNx
6	257	82	75	15	DxNx
7	261	82	79	13	DxNx
8	254	80	72	10	DxNx
9	253	80	71	11	DxNx
10	254	78	72	9	DxNx
11	259	82	77	12	DxNx
12	260	82	78	15	DxNx
13	254	80	72	13	DxNx
14	253	78	71	10	DxNx
15	261	86	80	14	DxNx
16	265	72	82	10	DxNx
17	261	82	79	13	DxNx
18	256	76	74	10	DxNx
19	259	78	77	11	DxNx
20	257	80	74	15	DxNx
21	264	82	82	14	DxNx
22	265	86	84	15	DxNx
23	262	80	80	13	DxNx
24	262	82	80	13	DxNx
25	263	81	81	12	DxNx
26	263	83	81	13	DxNx
27	264	83	82	14	DxNx
28	263	86	82	15	DxNx
29	264	84	83	13	DxNx
30	264	85	83	13	DxNx
31	264	82	83	10	DxNx
32	263	82	82	10	DxNx
33	264	83	82	14	DxNx
34	264	82	82	13	DxNx
35	263	86	82	12	DxNx
36	262	80	80	11	DxNx
37	267	82	85	13	DxNx
38	265	86	84	13	DxNx
39	263	88	83	14	DxNx
40	266	84	85	14	DxNx



41	267	80	85	12	DxNx
42	264	85	83	13	DxNx
43	264	80	82	11	DxNx
44	264	78	82	11	DxNx
45	258	81	76	11	DxNx
46	264	82	82	13	DxNx
47	265	80	83	13	DxNx
48	264	78	81	14	DxNx
49	254	85	73	14	DxNx
50	265	80	83	12	DxNx
51	268	72	85	10	DxNx
52	266	84	85	12	DxNx
53	269	81	87	10	DxNx
54	269	75	86	12	DxNx
55	264	80	82	13	DxNx
56	265	85	84	12	DxNx
57	264	78	82	11	DxNx
58	262	84	81	12	DxNx
59	254	76	71	12	DxNx
60	253	80	71	13	DxNx
61	252	78	69	12	DxNx
62	263	74	80	10	DxNx
63	253	74	69	12	DxNx
64	259	71	75	10	DxNx
65	258	78	75	13	DxNx
66	257	78	74	12	DxNx
67	257	82	75	13	DxNx
68	258	82	76	12	DxNx
69	260	81	78	13	DxNx
70	259	81	77	12	DxNx
71	250	84	69	10	DxNx
72	258	76	75	11	DxNx
73	78	78	80	10	DxNx
74	77	74	80	10	DxNx
75	76	75	79	12	DxNx
76	81	77	84	12	DxNx
77	76	80	78	11	DxNx
78	77	85	78	12	DxNx
79	78	74	81	11	DxNx
80	79	83	80	12	DxNx

Datum estructural de las fallas limitantes de mineralización

N°	FAULT STRIKE	BZ	STRIAE TREND	RAKE	CINEMATICA
1	121	76	152	16	SxNx
2	120	68	153	14	SxNx



Datum estructural de las fallas contemporáneas conductoras de mineral

N°	FAULT STRIKE	BZ	STRIAE TREND	RAKE	CINEMATICA
1	105	70	279	15	DxNx
2	104	82	282	12	DxNx

Datum estructural de las fallas menores post mineral

N°	FAULT STRIKE	BZ	STRIAE TREND	RAKE	CINEMATICA
1	96	78	273	12	DxNx
2	286	67	100	14	DxNx
3	295	60	105	17	DxNx
4	103	78	280	12	DxNx
5	141	85	319	17	DxNx
6	116	77	293	12	DxNx
7	124	78	301	13	DxNx
8	282	80	100	14	DxNx
9	283	75	98	16	DxNx
10	302	70	117	13	DxNx
11	147	80	325	13	DxNx
12	322	59	133	15	DxNx
13	324	87	143	15	DxNx
14	119	76	296	13	DxNx

Datum estructural de la falla post mineral San Andrés

N°	FAULT STRIKE	BZ	STRIAE TREND	RAKE	CINEMATICA
1	101	76	278	12	DxNx



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo EDUARDO RAÚL ROSA CROQUE
, identificado con DNI 70112015 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA GEOLÓGICA

, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado
 Título Profesional denominado:

«ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE CLAVOS MINERALIZADOS PARA EL ÓPTIMO DESARROLLO DE LA VETA

VIENTO, UNIDAD MINERA SEÑOR DE LOS ANDES - RÍO GRANDE CONDESUYOS - AREQUIPA.

” Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 09 de MAYO del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo EDGARDO RAÚL ROQUE CHOQUE
identificado con DNI 70112015 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERÍA GEOLÓGICA

, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado
 Título Profesional denominado:

“ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE CLAVOS MINERALIZADOS PARA EL ÓPTIMO DESARROLLO DE LA UETA
NIENTO, UNIDAD MINERA SEÑOR DE LOS ANDES - RÍO GRANDE CONDESUYOS - AREQUIPA.”

” Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 09 de MAYO del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella