

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA



TESIS

**CONTROL ESTRUCTURAL DEL SISTEMA DE VETAS EN LA ZONA LAS MINAS
CENTRO POBLADO EL TINGO, DISTRITO SOROCHUCO -CELENDÍN**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEÓLOGO

AUTOR:

Bach. Malaver Rodríguez Sósimo

ASESOR:

Dr. ing. Quispe Mamani Crispín Zenón

Cajamarca-Perú

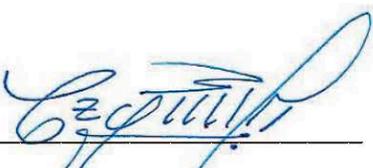
2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador : Sósimo Malaver Rodríguez
DNI : 71600559
Escuela Profesional : Ingeniería Geológica
2. Asesor : Crispín Zenón Quispe Mamani
Facultad : Ingeniería
3. Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
4. Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
1. Título de Trabajo de Investigación: CONTROL ESTRUCTURAL DEL SISTEMA DE VETAS EN LA ZONA LAS MINAS CENTRO POBLADO EL TINGO, DISTRITO SOROCHUCO – CELENDÍN.
2. Fecha de evaluación : 06 de marzo de 2024
3. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
4. Porcentaje de Informe de Similitud : 8%
5. Código Documento : Oid: 3117:337943276
6. Resultado de la Evaluación de Similitud:
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 07 de marzo de 2024

 FIRMA DEL ASESOR Nombres y Apellidos: Crispín Zenón Quispe Mamani DNI : 29243825	 <p>Firmado digitalmente por: FERNANDEZ LEON Yvonne Katherine FAU 20148258801 soft Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 20/03/2024 10:29:28-0500</p> FIRMA DIGITAL
	UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi alma mater, Universidad Nacional de Cajamarca, en especial a la Facultad de Ingeniería EAP. Ingeniería Geológica; a mis docentes, por todas sus enseñanzas y el apoyo brindado para abrirme paso hacia el desarrollo profesional.

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico con mucho cariño a mis padres Francisco Javier Malaver Vargas y a mi madre Rita Rodríguez Sánchez los cuales me han apoyado incondicionalmente, gracias a su perseverancia y por creer en mí en todo momento.

ÍNDICE

ÍTEM	Pág.
AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
ÍNDICE	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
Planteamiento del problema.....	1
Formulación del problema	1
Hipótesis.....	1
Justificación de la investigación.....	2
Alcances y delimitación de la investigación.....	2
Limitaciones.....	2
Objetivos.....	2
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	4
2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS	4
2.1.1 Internacional	4
2.1.2 Nacional.....	4
2.1.3 Local	5
2.2 BASES TEÓRICAS	6
2.2.1 Cartografiado geológico.....	6
2.2.2 Yacimiento mineral	7

ÍTEM	Pág.
2.2.3 Yacimientos hidrotermales.....	7
2.2.4 Geología estructural.....	8
2.3 Definición de términos básicos.....	21
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
3.1 UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
3.1.1 Geográfica	23
3.1.2 Política	23
3.2 ACCESIBILIDAD.....	24
3.3 PROCEDIMIENTOS	25
3.3.1 Etapa preliminar de gabinete	25
3.3.2 Etapa de campo.....	25
3.3.3 Etapa de gabinete análisis de datos	25
3.3.4 Metodología	25
3.3.5 Población de estudio.....	26
3.3.6 Muestra.....	26
3.3.7 Unidad de análisis.....	26
3.3.8 Definición de variables.....	26
3.4 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS, INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS DE MEDICIÓN	27
3.4.1 Instrumentos y equipos.....	28
3.5 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	29
3.6 GEOLOGÍA LOCAL	31
3.6.1 Cuaternario fluvial Qh-fl	31
3.6.2 Cuaternario aluvial (Qh-al).....	31
3.6.3 Depósitos Coluvio Aluviales (Q-cl).....	32
3.6.4 Volcánico Porculla	33

ÍTEM	Pág.
3.6.5 Rocas intrusivas.....	33
3.6.6 Grupo Crisnejas	35
3.7 MARCO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL	36
3.7.1 Control litológico	36
3.7.2 Control estructural.....	37
3.7.3 Brechas hidrotermales	42
3.8 DETERMINACIÓN DE SISTEMA DE FALLAS.....	44
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	45
4.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	45
4.1.1 Control litológico	45
4.1.2 Control estructural.....	45
4.1.3 Sistema de fallas y vetas.	53
4.2 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	53
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
5.1 CONCLUSIONES.....	54
5.2 RECOMENDACIONES.....	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
ANEXOS	58

ÍNDICE DE TABLAS

ÍTEM	Pág.
Tabla 1. Coordenadas que delimitan la investigación sistema UTM, datum WGS-84 zona 17S.....	23
Tabla 2. Accesibilidad a la zona de investigación.....	24
Tabla 3. Metodología de la investigación	26
Tabla 4. Definición de las variables de la investigación.....	27
Tabla 5. Clasificación por el grado de pendientes. (Rodriguez, 2016)	29
Tabla 6. Tabla de cuantificación geomorfológica.....	30
Tabla 7. Datos recolectados falla las Minas.	46
Tabla 8. Datos recolectados falla las Minas 2.	47
Tabla 9. Datos recolectados falla el Monte.....	48
Tabla 10. Datos recolectados falla Quishuar.	49
Tabla 11. Datos recolectados campo contacto Chirimayo.....	50
Tabla 12. Descripción petrográfica macroscópica del afloramiento de dioritas	59
Tabla 13. Descripción petrográfica macroscópica del afloramiento de pórfido andesita	60
Tabla 14. Descripción petrográfica macroscópica del afloramiento pórfido andesita	61

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍTEM	Pág.
Figura 1. Representación de depósitos epitermales de alta y baja sulfuración.	8
Figura 2. Bloque diagrama de los principales tipos de estratos plegados. Las estructuras arqueadas o convexas son anticlinales. Los pliegues cóncavos o depresiones son sinclinales. Obsérvese que el flanco de un anticlinal lo es también del sinclinal adyacente.	9
Figura 3. Representación de un juego y un sistema de diaclasas.	10
Figura 4. Elementos de una falla	11
Figura 5. Tipos de falla,	12
Figura 6. Proyección esférica del plano, en el hemisferio inferior de la esfera.	14
Figura 7. Proyecciones polar y oblicua	15
Figura 8. Plano en tres dimensiones, orientado mediante dirección y buzamiento.	16
Figura 9. Proyección esférica del plano, en el hemisferio inferior de la esfera.	16
Figura 10. Estereograma del plano	16
Figura 11. Falsilla de proyección estereográfica (Falsilla de Schmidt) o estereoneta. Conserva las áreas	18
Figura 12. Falsillas utilizadas en la proyección estereográfica. Proyección de igual área (izquierda) e igual Angulo (derecha).	19
Figura 13. Afloramiento rocoso con diaclasamiento.	20
Figura 14. Diagrama de densidad de polos: a) en proyección equiareal y en proyección estereográfica (equiangular)	21
Figura 15. Plano de ubicación de la investigación (ver anexo P-01).	24
Figura 16. Geoformas existentes en la zona de estudio.....	29
Figura 17. Valle en V con vista SE-NW del Rio Chirimayo	30
Figura 18. Deposito aluviales, en la parte litorales del río Chirimayo.	31
Figura 19. Deposito aluviales, con clastos redondeado a subredondeados a redondeados, en los laterales de río Chirimayo.	31
Figura 20. Este tipo de depósitos cubre en mayor cantidad la parte oeste de la zona, en la cual existen sembríos de pastizales entre otros cultivos de la zona.	32

ÍTEM	Pág.
Figura 21. Deposito Coluvio Aluvial, con fragmentos de rocas porfido andesitas y dioritas en una matriz limo arenosa.	32
Figura 22. Afloramiento de las rocas del Volcánico Porculla, en el SW de la zona de estudio.	33
Figura 23. Andesita de textura obliterada altamente sílicificada, con poco contenido de hornblendas, parte oeste de la zona.	34
Figura 24. Andesita porfídica con alto contenido de sílice y hornblendas, los cuales supera en 30% en la roca.	34
Figura 25. Calizas grises amarillentas de la Formación Chulec	35
Figura 26. Imagen muestra dique de andesitas el cual está controlado por las calizas de la Formación Chulec.....	36
Figura 27. Fallas normales, con una longitud de 10m aproximadamente.	37
Figura 28. Techo de la falla las minas.	38
Figura 29. se muestra falla normal, esta falla es la que controla la diferenciación litológica en las andesitas, en la cantidad de minerales accesorios tales como hornblendas y biotitas.	39
Figura 30. Veta el monte, veta de Au Cu con presencia de hematitas y goetitas y limolitas.....	40
Figura 31. Veta las minas muestra de mineralización y techo piso de calizas.	41
Figura 32. minerales de veta las minas observadas en el microscopio A: esfalerita, B: cristales de cuarzo, C: galena.....	41
Figura 33. Gráfico de veta las minas.	41
Figura 34. Veta las minas 2 con techo y piso de Fm Chulec, esta veta contiene hematitas limolitas y goetitas.....	42
Figura 35. Zona de brecha hidrotermal, carretera Aguablanca- Sorochuco, la cual está compuesta por clastos monolíticos de andesita porfirítica.	43
Figura 36. Brecha hidrotermal con presencia de fragmentos de roca andesita porfirítica, con presencia de goetitas y limolitas, jarosita.	44
Figura 37. Representación de plano principal de falla las minas.....	46
Figura 38. Representación de plano principal de falla las minas 2.....	47
Figura 39. Representación de plano principal de veta las minas.....	48
Figura 40. Representación de plano principal de falla Quishuar.	49

ÍTEM	Pág.
Figura 41. Representación plano mayor del Contacto Chirimayo.....	50
Figura 42. Representación de todos los planos de falla encontradas en campo....	51
Figura 43. Determinación de dip y dip direction de cada falla.	52
Figura 44. Representación las dos tendencias principales de falla asociada a las vetas mineralizadas.	52

LISTA DE ABREVIATURAS

Pág.	: Página
Fm	: Formación
UTM	: Universal Transversal de Mercator
WGS-84	: World Geodetic System 1984
Km	: Kilómetro
GPS	: Global Positioning System
Msnm	: Metros sobre el nivel del mar
NNE	: Nor noreste
SE	: Sureste
NW	: Noroeste
SW	: Suroeste
NNW	: Nor noroeste
Cfb	: clima templado fresco con precipitaciones abundantes.
Dip	: inclinación de estrato
Dip Direction	: dirección de inclinación de un estrato

RESUMEN

En la zona las Minas, centro poblado el Tingo, distrito Sorochuco, se quiere conocer el control estructural del sistema de vetas las minas , esta investigación tiene como objetivo principal es determinar el control estructural y sistema de vetas en la zona las Minas, se realizó el cartografiado geológico plasmando las diferentes litologías realizando una descripción macroscópica de cada litología, se realizó el mapeo de las estructuras tales como contactos, fallas, diques y brechas hidrotermales los cuales se encontraron en la zona, posteriormente se realizó el análisis en el software Dips en el cual pudimos determinar las familias de fallas en las cuales se obtuvo Como resultados el control estructural con la tendencia NW-SE lo cual demuestra que la hipótesis es acertada. El control estructural está determinado por dos familias principales, los cuales controlan la mineralización el sistema de azimut de $N93^{\circ}$ y un buzamiento de $46^{\circ}SW$ el cual está asociado a la mineralización y el segundo sistema NE-SW, es el que ha generado la desviación de las vetas. Las cuales están emplazadas, rocas sedimentarias del cretácico inferior, y diques pórfido andesíticos.

Palabras clave: Veta, estructura, sistema de vetas, control estructural.

ABSTRACT

In the Las Minas , El Tingo town center, Sorochuco district, we want to know the structural control of the Las Minas vein system, this research's main objective is to determine the structural control and vein system in the Las Minas area, it was carried out the geological mapping capturing the different lithologies making a macroscopic description of each lithology, the mapping of the structures such as fault contacts, dikes and hydrothermal breccias which were found in the area was carried out, subsequently the analysis was carried out in the Dips software in the which we were able to determine the families of faults in which the structural control with the NW-SE trend was obtained. As results, this demonstrates that the hypothesis is correct. The structural control is determined by two main families, which control the mineralization, the azimuth system of $N93^{\circ}$ and a dip of $46^{\circ}SW$ which is associated with the mineralization and the second NE-SW system, is the one that has generated the deviation of the veins. Which are emplaced, sedimentary rocks from the lower Cretaceous, and andesitic porphyry dykes.

Key words: Vein, structure, vein system, structural control.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Planteamiento del problema

Desde tiempos antiguos el hombre se ha dedicado a la búsqueda de yacimientos minerales utilizando varios métodos, en la antigüedad la explotación de los minerales era mediante socavones, piques, chimeneas. En principio solo se explotaba óxidos para la extracción de cobre y otros minerales, luego en el siglo XVIII se inventó una nueva manera de sacar provecho a los sulfuros, aun que el costo de extracción requería de una mayor inversión.

Para la evaluación del terreno los antiguos mineros realizaban una observación del terreno superficial y seguían a las vetas realizando excavaciones, niveles y subniveles, chimeneas entre otras labores para lograr la extracción del mineral de estas vetas.

Actualmente para la construcción de una mina se cuenta con las siguientes fases Cateo y prospección, Exploración, Explotación, Beneficio, Comercialización y cierre de mina.

En la zona “Las Minas” es necesario hacer una exploración para determinar el control estructural y el sistema de vetas, para así encontrar nuevas vetas las cuales cumplen con este control.

Formulación del problema

¿Cuál es el Control estructural del sistema de vetas en la zona Las Minas, centro poblado el Tingo, distrito Sorochuco?

Hipótesis

El control estructural del sistema de vetas en la zona Las Minas, centro poblado el Tingo, distrito Sorochuco, está relacionado a la geología de la cordillera de los andes que caracteriza a las macro estructuras del corredor Chicama Yanacocha y falla el Punre Canchis magistral, los cuales presentan un control estructural andina NW- SE,

emplazándose las vetas con contenido de plata, plomo y zinc en roca sedimentarias carbonatadas del Grupo Pulluicana y Volcánico San Pablo, los mismos que se formaron durante el Sistema del Cretácico superior y Paleógeno Neógeno.

Justificación de la investigación

La zona de estudio se encuentra un gran potencial minero, por lo que se cree necesario realizar una investigación para determinar el tipo de vetas y su control estructural, lo cual será muy importante para los mineros en proceso de formalización que se encuentra en la zona, también para determinar nuevos hallazgos de vetas minerales de tal forma que pueda servir como estudio base.

Alcances y delimitación de la investigación

Se realizará una evaluación de la zona para determinar el control estructural y el sistema de vetas que este asociado, el cual será analizado en software Dips plasmado en planos realizados en ArcGIS, para así poder entender de mejor manera, también se realizara una descripción de los minerales más abundantes encontrados en cada veta.

Se ha determinado como delimitación espacial, la zona Las Minas ubicado en el centro poblado el Tingo, distrito Sorochuco, provincia Celendín, departamento Cajamarca, para llegar a la zona de investigación iniciando desde la ciudad de Cajamarca con dirección NE al centro poblado de Combayo y luego a la laguna Challuagon hasta llegar al caserío Aguablanca el cual pertenece al centro poblado el Tingo.

Limitaciones

Una de las limitaciones es la dificultad de transporte y ausencia de vías de acceso.

Equipos de laboratorio como microscopio de alta resolución, para determinar la paragénesis mineral.

Objetivos

General

Determinar el control estructural y sistema de vetas en la zona las Minas centro poblado El Tingo, distrito Sorochuco -Celendín

Específicos

Realizar el cartografiado geológico

Elaborar el plano geológico.

Determinar el control lito-estructural.

Identificar el sistema de vetas.

Descripción de los contenidos de los capítulos

Capítulo I introducción, contiene el planteamiento de problema formulación de problema, hipótesis, justificación y objetivos. Capítulo II marco teórico, Contienes (antecedentes) y bases teóricas (marco referencial) y definición de términos básicos. Capítulo III, materiales y métodos, que señala la ubicación geográfica del área de investigación, accesibilidad, procedimientos, descripción de equipos e instrumentos, geología local, marco geológico estructural Capítulo IV, Análisis y discusión de resultados, en este capítulo se presenta el análisis de los diferentes sistemas de vetas y el control estructural que estas tiene mediante dips⁶. Capítulo V, conclusiones y recomendaciones., que, a partir de los resultados, se presentaron en los capítulos anteriores y se realiza unas conclusiones, finalmente se realiza las recomendaciones para futuras investigaciones.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS

2.1.1 Internacional

Fossen (2010), En su libro “Structural Geology”, Haakon Fossen describe los principios básicos, aspectos y métodos de la geología estructural, enfocándose principalmente en la geología estructural de la corteza terrestre, para esto también enfatiza en las deformaciones que ocurre dentro de nuestro planeta, los temas principales de geología estructural, análisis estructural, los esfuerzos de la litosfera, enfocándose así en las fracturas, fallas su cinemática y paleoesfuerzos que originan estas estructuras en un régimen frágil, con métodos experimentales y prácticos .

Cobbing et al. (1961), Publicaron en el Boletín N° 10 del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico titulado: “Estudio Geológico de la Cordillera Occidental del Norte del Perú” en el cual resalta la estratigrafía, geología estructural y la metalogenia de la cordillera occidental, esto resalta debido a que estudia la litología del grupo Calipuy, su evolución geoquímica y geocronológica.

2.1.2 Nacional

López (2019), en su tesis “Controles estructurales del sistema de vetas angostas auríferas en la mina palmadera, aymaraes, apurímac-perú”, reconoce dos sistemas estructurales, se tienen tres estructuras mineralizadas y tres fallas principales haciendo un total de seis estructuras 1) El sistema E-O es el más importante representado por la “veta-falla Sur” (N265°/60°) y la “veta-falla Norte” (N275°/55°) siendo las estructuras mineralizadas principales económicas dentro del área de estudio y por las fallas post-mineral Crispín (N265°/75°) y Gregorio (N265°/80°). 2) NO-SE representado por la veta Split minelio (N300°/75°) y la falla post-mineral Machula (N340°/80°).

Caycho (2019), En su tesis "Análisis estructural de la configuración relacionada con la mineralización Cordillera Negra, región Ancash" propone un modelo estructural el cual es un sigmoide de cinemática normal - siniestral que tiene por lineamientos o bordes extremos al sistema de fallas Huaraz, Recuay en su sector occidental, enlazándolo con el sistema de fallas de la cordillera blanca en su sector oriental, en las cuales encontramos fracturas riedels R1, las cuales tienen un ángulo 15° y riedels R2 con 75° y dirección NE – SW. ambos con respecto a la falla principal, en los cuales se encuentran yacimientos existentes en la zona de estudio, en base en el control litológico y la división en zonas estructurales logra determinar la relación de los yacimientos entre el sistema de fallas NW – SE, al interceptarse con las fallas R1 y R2, genera zonas las cuales son favorables para la mineralización.

Soto (2018), En su tesis "CONTROLES DE MINERALIZACIÓN DEL YACIMIENTO EPITERMAL DE ALTA SULFURACIÓN ANCOS, AYACUCHO" en el proyecto Ancos en el cual es un yacimiento epitermal de alta sulfuración en el cual determina el tipo de roca y el control estructural y las zonas que favorecen la circulación de los fluidos hidrotermales los cuales han alterado la roca caja, realizado investigación de campo en los cuales determina los cuerpos mineralizados e identificación de zonas de mineralización, también determino que los controles de que condicionan la ocurrencia del proyecto Ancos, esto lo llevo a determinar que la mineralización está asociada a la litología, estructural y alteración hidrotermal con esto determina que las brechas hidrotermales presentan altas leyes de oro, tanto en superficie como en profundidad, como principales sistemas de fallamiento N30°E y N45°O, los cuales permiten la mineralización.

2.1.3 Local

Robles (2009), En su tesis de maestría realizado en conga, menciona que las fallas NE, ubicadas en los extremos noreste y suroeste del lineamiento anular evidencian un sistema de fallas tipo pull-apart, donde las rocas sedimentarias han sido afectadas por fallas escalonadas normales a lo largo de sus estratos, de rumbo NW a EW. Este sistema de fallas ha sido afectado por «Fallas de transferencia NS», las cuales han definido varias unidades o sectores estructurales caracterizados por cambios de rumbo en los sistemas de fallas, además la fase Cretácica se encuentra intensamente

plegada formando un megasinclinorio de rumbo EW y afectado por fallamiento inverso el cual delimita los pórfidos Challuagon y Perol.

Cornejo (2008), En su tesis de maestría menciona que el control estructural de los yacimientos cerro corona, lumina copper, Minas Conga y Yanacocha, están asociados a un sistema de fallas regionales NO-SE Punre Canchis Magistral, la cual tiene registros de dos movimientos importantes, durante el Paleoceno Oligoceno y movimiento sinistral en el mioceno, en esta última fase se habría generado puntos de tención por los cuales habría circulado los fluidos hidrotermales provocando una depositación de la mineralización.

Leiva (2021), En su tesis "Geología estructural y su relación con el emplazamiento de cuerpos intrusivos aflorantes en el litoral marino al sur de lima entre los paralelos $s12.33^{\circ}$ – $s12.47^{\circ}$ ", demuestra que los cuerpos intrusivos principales aflorantes son lacolitos por tener una alimentación concordantes a la estratificación de las rocas sedimentarias de la formación pamplona del cretácico inferior, en el marco estructural está relacionado a las fallas preexistentes en las cuales la cámara magmática aprovecho las fallas extensionales, y el fracturamiento de la corteza adelgazada la cual es parte del rift extensional, estas fallas presentan una orientación de NO-SE, NE-SO y O-E, en las cuales se determinó que fueron aprovechadas para para el emplazamiento del dique, también demuestra que el dique es concordante al piso y subconcordate al techo, estos diques tienen una diferenciación magmática aun cuando pertenece a la misma cámara magmática.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Cartografiado geológico

El cartografiado geológico, es la descripción que realiza el geólogo, analizando y utilizando diferentes técnicas de cartografiado las cuales le permiten al geólogo reconstruir las estructuras existentes y las ocurrencias de los últimos millones de años, también se utiliza las imágenes satelitales y el sistema de posicionamiento global (GPS) ayudan en el trabajo de cartografiado. (Tarbuck, 2013).

2.2.2 Yacimiento mineral

Un yacimiento es la acumulación de elementos minerales útiles en la corteza terrestre los cuales pueden ser explotados económicamente, en los cuales también podemos encontrar, mena, ganga mineral primarios, secundarios, lo cual define los tipos de yacimientos. (Rivera, 2011)

Yacimiento mineral, proceso de formación, endógenos y exógenos, se clasifican según su origen en magmáticos, sedimentarios, metamórfico, también se clasifican según su uso y tamaño de los yacimientos minerales. (Tarbuck, 2013)

2.2.3 Yacimientos hidrotermales

Cuando el magma asciende hacia la superficie, se solidifica y va formando los minerales que encontramos en las rocas ígneas (silicatos y óxidos) al mismo tiempo que la parte líquida y gaseosa van enriqueciéndose con mezclas de algunos elementos traza, tales como: F, Cl, B, CO₂, S, Fe, Cu, Pb, Zn, Au, Ag, Sb, Ba, Ca.

Los fluidos son expulsados del magma, principalmente durante su solidificación, las cuales ocurre a temperaturas de 400 a 800°C y a una presión determinada.

Estos producen efectos de metamorfismo y relleno en las rocas caja, desde la profundidad magmática hasta la superficie, estos fluidos hidrotermales pierden presión y temperatura, y a su vez perdiendo su capacidad disolvente, por lo que casi todos los minerales disueltos precipitan dando origen a depósitos minerales, para ello las estructuras geológicas son importantes ya que sirven como conductos por los cuales se movilizan, estos conductos pueden ser, fallas, diaclasas, entre otras estructuras, las cuales a medida que asciende los fluidos hidrotermales se van rellenando con las sustancias minerales las cuales precipitan y van diferenciándose en depósitos, Piro-metasomáticos, Hipotermales, Mesotermales y Epitermales. (Garcés, 1984).

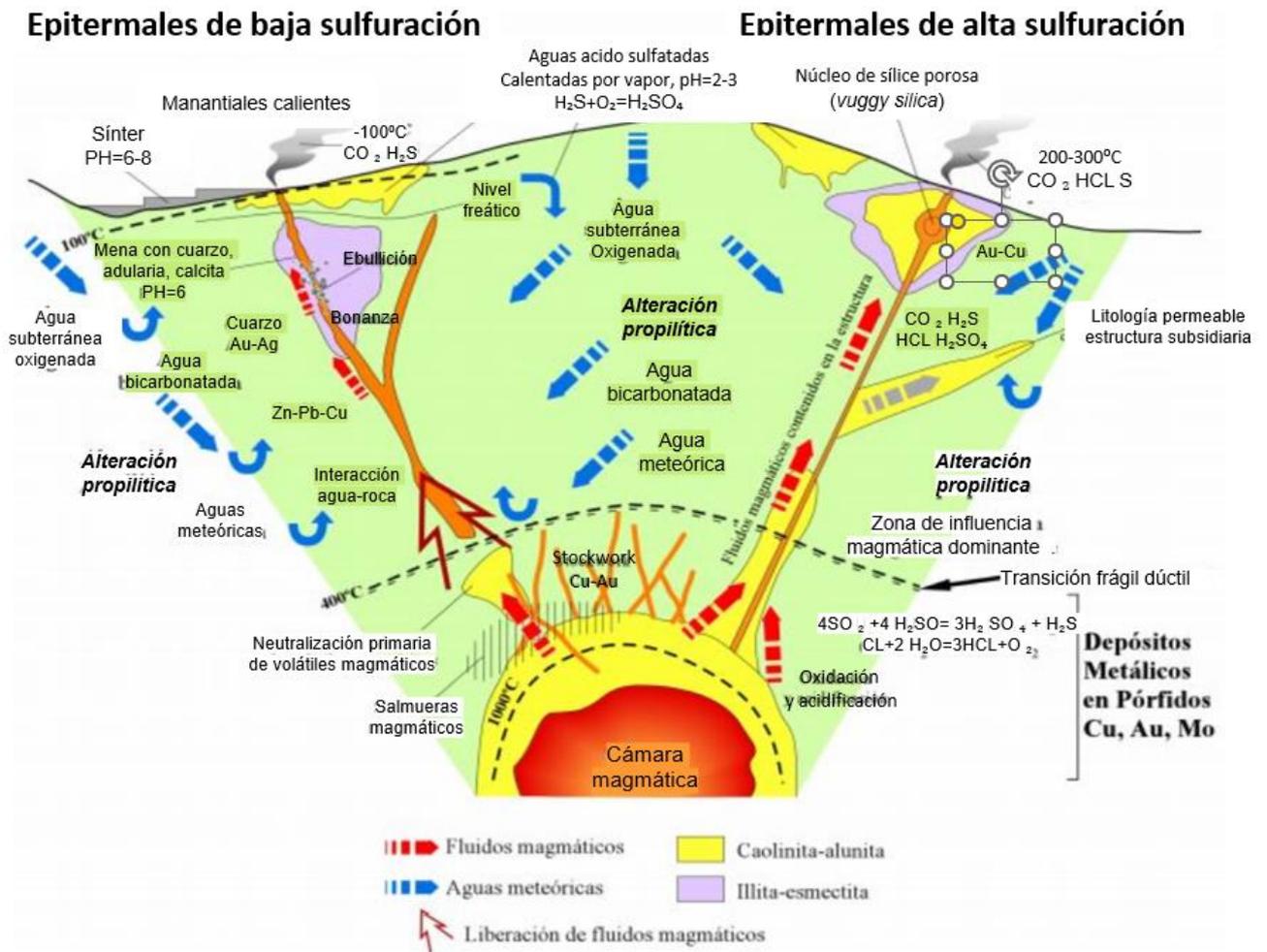


Figura 1. Representación de depósitos epitermales de alta y baja sulfuración.

Fuente: Geologiaweb, (2020).

2.2.4 Geología estructural

Es parte de la geología que se encarga del estudio de las estructuras generadas como resultado de la deformación de una roca tras la aplicación de un determinado esfuerzo. Analiza la geometría, distribución y formación de las estructuras rocosas (Fossen, 2016).

La geología estructural está enfocada al estudio de las estructuras resultantes las cuales ocurren durante la deformación de la roca, mas no se enfoca en el estudio de las estructuras primarias, las estructuras de deformación, pueden tener origen de las estructuras primarias las cuales se han modificado por los esfuerzos que afectan a la roca, tales como plegamientos. (Fosen, 2016)

2.2.4.1 Pliegues

En la zona podemos encontrar dos tipos de pliegues, los cuales se denominan anticlinales y sinclinales, la formación del anticlinal se forman casi siempre por plegamientos convexos o arqueamientos de las capas de roca las de las cuales encontramos diferentes afloramientos (Tarbuck y Lutgens, 2013)

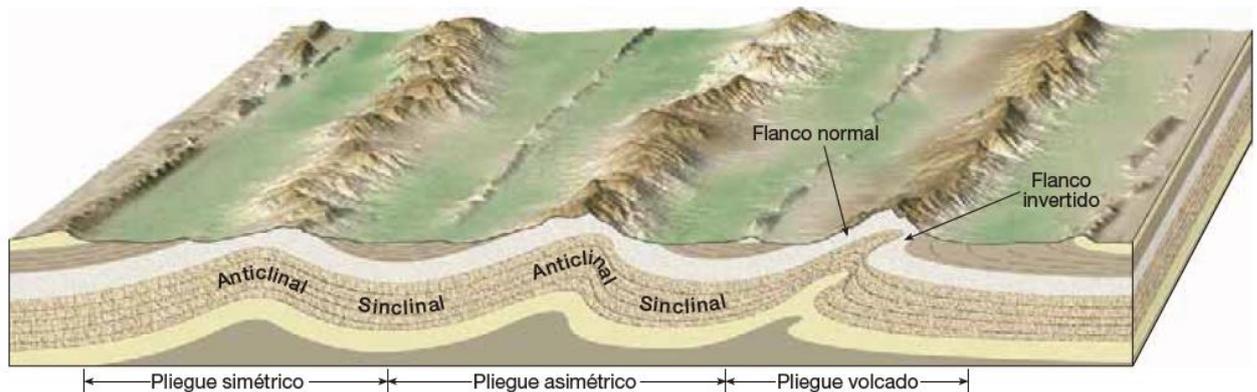


Figura 2. Bloque diagrama de los principales tipos de estratos plegados. Las estructuras arqueadas o convexas son anticlinales. Los pliegues cóncavos o depresiones son sinclinales. Obsérvese que el flanco de un anticlinal lo es también del sinclinal adyacente.

Fuente: Tarbuck y Lutgens, (2013)

2.2.4.2 Diaclasa

Las diaclasas son fracturas lisas conocidas como, como planos divisorios o superficies que dividen la roca a lo largo de las cuales no hubo movimiento visible, las diaclasas pueden tener cualquier posición dirección las cuales serán pueden tener una orientación y una inclinación entre perpendiculares e inclinadas, comúnmente estas diaclasas se presentan de forma paralela dentro de un mismo macizo rocosos, formando juegos de diaclasas y sistemas de diaclasas ver figura siguiente. (Spikermann, 2010)

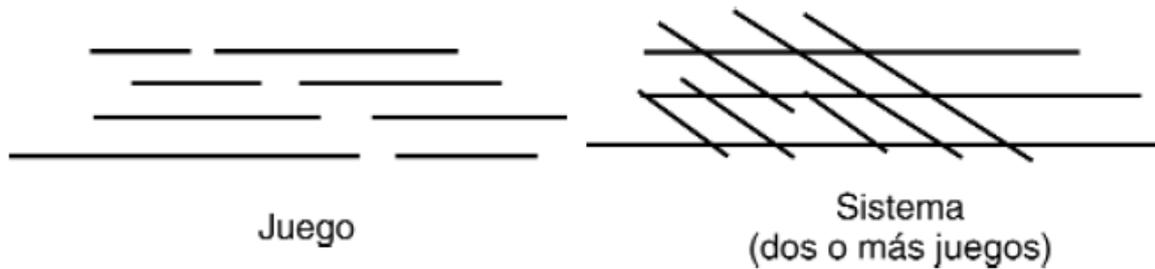


Figura 3. Representación de un juego y un sistema de diaclasas.

Fuente: Spikermann, (2010)

2.2.4.3 Fallas

Las fallas son rupturas de la corteza terrestre a lo largo de la cuales las paredes opuestas se han movido una con respecto a la otra, la característica esencial es el movimiento diferencial el cual ocurre paralelo a la superficie de la fractura, por su extensión unas fallas pueden ser de pocos centímetros y de desplazamiento fracciones de centímetros, y otras que son de cientos de kilómetros y cuyo desplazamiento va desde unos cm a decenas de kilómetros, una falla esta compuesta de varios elementos los cuales se muestran (figura 4). (Billings, 1974)

Plano de Falla: plano o superficie a lo largo del cual ha ocurrido desplazamiento.

Bloque Techo: Bloque que descansa por encima de un plano de falla inclinado; si el plano de falla es vertical este término no es aplicable. (Becerra, 2017)

Bloque piso: bloque que yace por debajo de un plano de falla inclinado.

Falla con desplazamiento: falla cuyo desplazamiento tiene componentes en la dirección del buzamiento y en la dirección del rumbo del plano de falla. (Becerra, 2017)

Desplazamiento neto: desplazamiento en la dirección misma del movimiento; se expresa como la distancia medida sobre el plano de falla, entre dos puntos localizados en bloques opuestos, que antes eran adyacentes. (Becerra, 2017)

Desplazamiento de buzamiento: componente del desplazamiento neto en la dirección del buzamiento de una falla; a su vez, este desplazamiento puede ser descompuesto en dos componentes: desplazamiento vertical o salto y desplazamiento horizontal o rechazo. (Becerra, 2017)

Salto de Falla: desplazamiento vertical de una falla; equivale a la componente vertical de desplazamiento de buzamiento.

Rechazo: desplazamiento horizontal de una falla; equivale a la componente horizontal del desplazamiento de buzamiento. (Becerra, 2017)

Desplazamiento de rumbo: componente del desplazamiento neto en la dirección del rumbo de la falla. (Becerra, 2017)

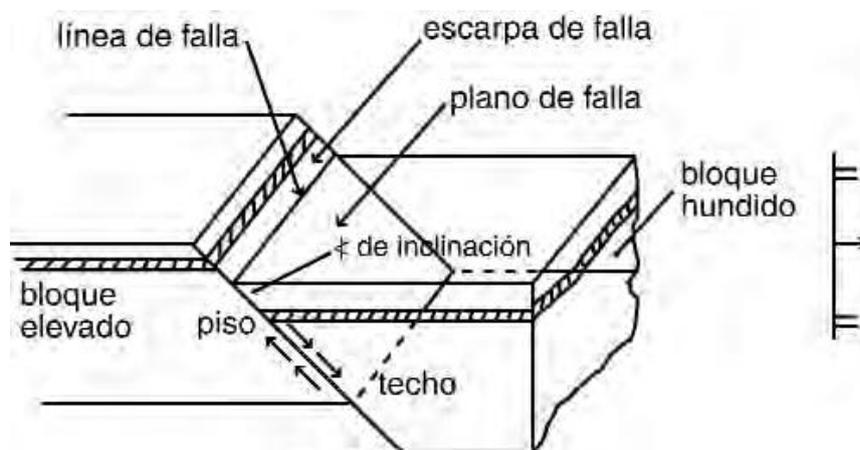


Figura 4. Elementos de una falla

Fuente: Spikermann, (2010)

- **Fallas normales**

Es aquella en la cual una de las paredes, la pared colgante ha descendido con respecto a la pared yacente, estas fallas implican un alargamiento de la corteza terrestre. (Billings 1974)

- **Falla inversa**

es aquella en la cual la pared colgante a ascendido con relación a la pared yacente. (Billings 1974)

- **Falla de desplazamiento o transformantes**

Son aquellas en las cuales el desplazamiento a ocurrido de forma paralela al rumbo de la falla, en la que podemos encontrar falla de desplazamiento de rumbo sinistral o izquierda, cuando el bloque que está a la izquierda del observador se ha movido hacia

él, si un observador mira a lo largo del rumbo de una *falla dextral* o *derecha* el movimiento del bloque que está a su izquierda se aleja, y el bloque de la derecha se acerca (Billings, 1974)

- **Falla rotacional**

Es cuando uno de los bloques de falla rota con respecto al otro, en uno de sus extremos tiene un comportamiento normal y en el otro es inverso. (Becerra, 2017)

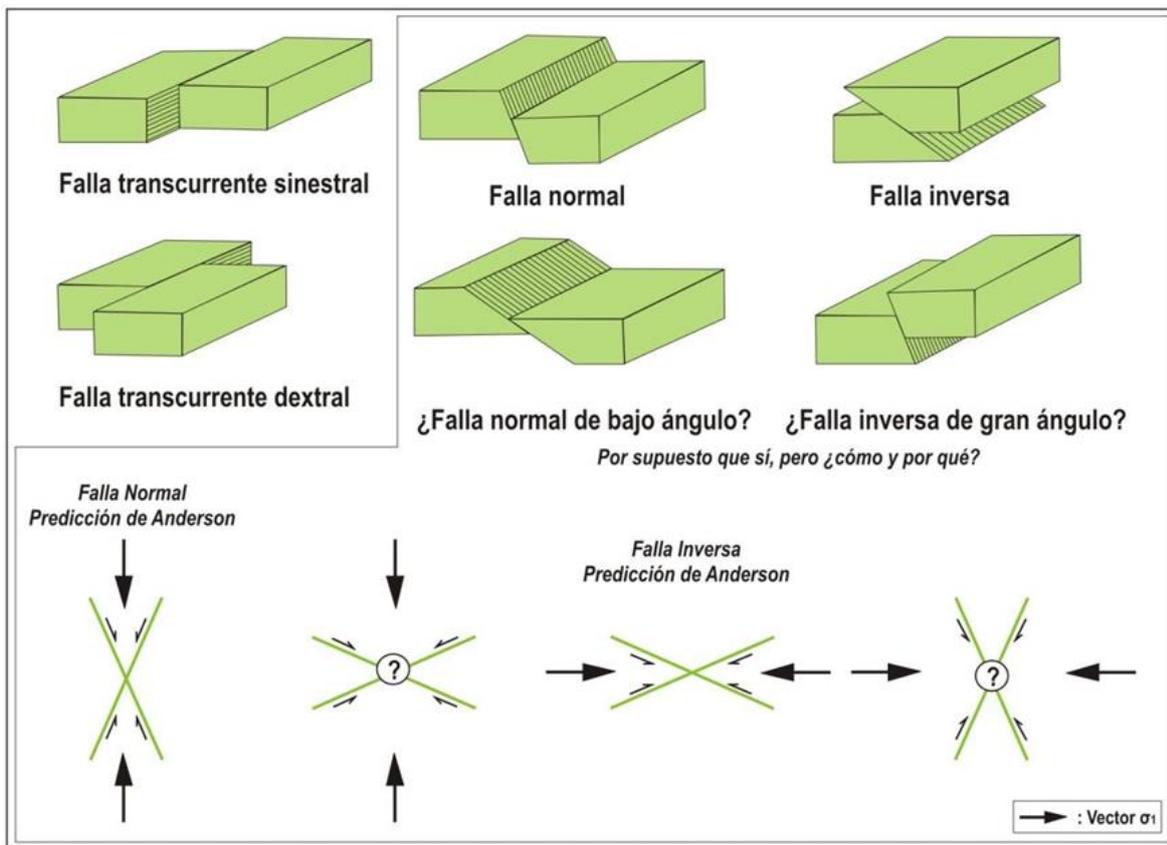


Figura 5. Tipos de falla,

Fuente: Lillo y Oyarzun, (2013)

- **Extensión de una falla y mineralización**

Cuando hablamos de mineralización, es necesario tratar también el tema “espacio disponible” ya que mientras mayor el espacio habrá mayor tamaño del cuerpo mineralizado, tal como sabemos, las fallas se curvan, en el espacio; ya que los esfuerzos los cuales originan las fallas tienen una dirección específica, por lo que se

crean sectores en los cuales existe acumulación y liberación de energía a dentro de la falla, allí donde se libera energía se generan espacio los cuales tienen una mayor probabilidades para tener cuerpos de mineralización importantes.

Las fallas no se mueven a lo largo de superficies planas perfectas, estas se desarrollan deslizando una pared sobre otra sin interferencias, debido es que se generan mínima cantidad de ramales y en algunos casos son inexistentes. Pero si una falla tiene curvaturas abruptas, o graduales se produce situaciones complejas en las cuales dan lugar a estiramientos o acortamientos, en los cuales se generan zonas favorables para la mineralización (Oyarzun y Cubas, 2013)

- **Sistema de fallas**

Se trata de estructuras frágiles compuestas por un conjunto de planos de falla sub paralelos de manera oblicua entre si interconectados y estrechamente espaciados, en algunos sistemas de falla la zona de falla puede contener zonas de brecha o arina de falla que, en estos casos el color de la roca afectada cambia de una manera en la que puede formar bandas de colores variados (Jordán, 2019)

2.2.4.4 Modelos de fracturación

La fracturación es una, una consecuencia de la deformación continua por la acción de los esfuerzos σ_1 , σ_2 y σ_3 , los cuales actúan pasado de una de deformación dúctil a una deformación frágil los cuales se demuestran a partir de múltiples observaciones de ensayos de mecánica de rocas o en zonas cizallantes naturales. (MACHUCA, 2022)

2.2.4.5 Proyecciones estereográficas

es una herramienta muy importante en el campo de la geología, si principal función es representar orientaciones o direcciones, e inclinación de planos los cuales no podemos analizarlos de manera natural, como en el caso de una falla donde el plano de techo y piso presentan irregularidades puntuales, pero tienen una tendencia única, además este proceso permite medir los ángulos de forma directa en una superficie esférica en la cual se puede realizar las proyecciones estereográficas, esto hay que tener en cuenta que representamos direcciones e inclinación de planos mas no distancia entre cada uno (Philips, 1971).

las proyecciones esféricas son usadas para representar orientaciones en líneas o planos, los cuales tienen que atravesar el centro de una esfera. en ese caso la línea que intersecciona a la superficie de la esfera en dos puntos diametrales opuestos. esta intersección de un plano con la esfera lo llamamos círculo mayor y la interacción de la línea con la esfera es lo que nos da una proyección esférica (Quispe , 2018).

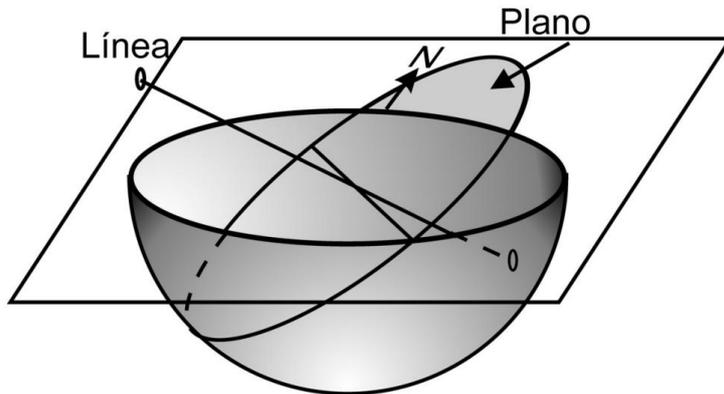


Figura 6. Proyección esférica del plano, en el hemisferio inferior de la esfera.

Fuente: Babín & Gómez (2010).

Una proyección de este tipo, representa el elemento proyectado en tres dimensiones. Afortunadamente, una esfera puede ser proyectada en un plano bidimensional. Las proyecciones planares más comunes de una esfera se denominan proyecciones azimutales, que se construyen haciendo pasar las líneas de proyección desde un punto común hasta la esfera, intersectando el plano de proyección. Este puede ser tangente a la superficie de la esfera, estar a una determinada distancia de ella o pasar a través del centro de la esfera. Un cambio en la posición del plano de proyección, da lugar a un cambio de escala en la proyección. El plano de proyección puede tener cualquier orientación, y esto determina que la proyección sea ecuatorial, polar u oblicua. (Babín & Gómez 2010)

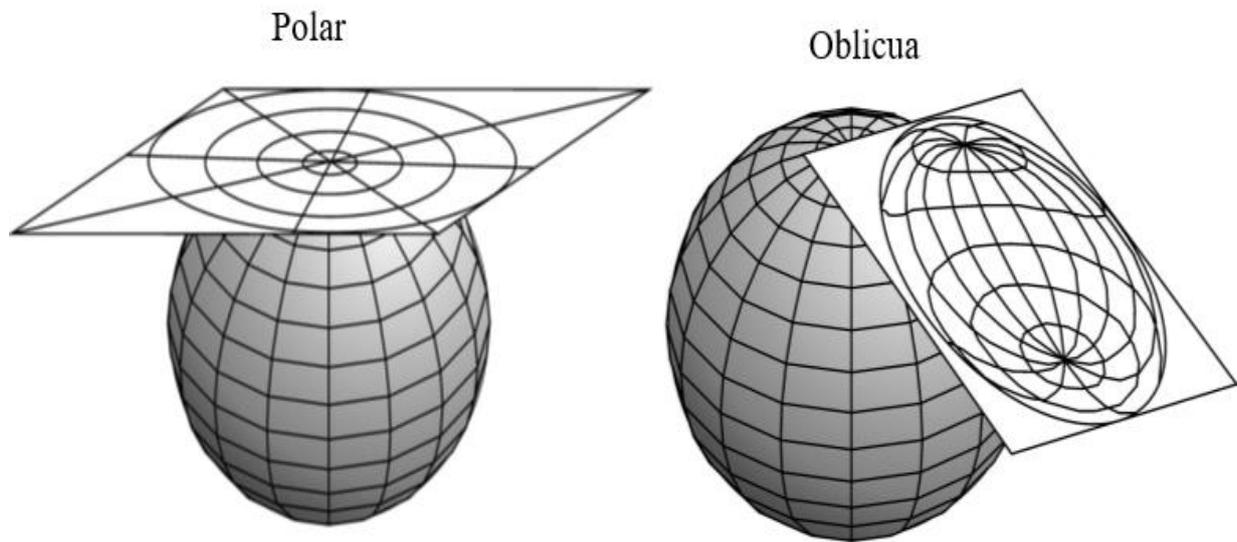


Figura 7. Proyecciones polar y oblicua

Fuente: Babín & Gómez (2010).

La proyección estereográfica es un caso especial de proyección azimutal, que en su principio fue desarrollada por los cristalógrafos. Su característica principal es que el punto fuente usado en su construcción está situado en la superficie de la esfera. En geología, el plano de proyección usado para construir la proyección estereográfica pasa por el centro de la esfera, y se corresponde con su plano ecuatorial. (Babín & Gómez 2010).

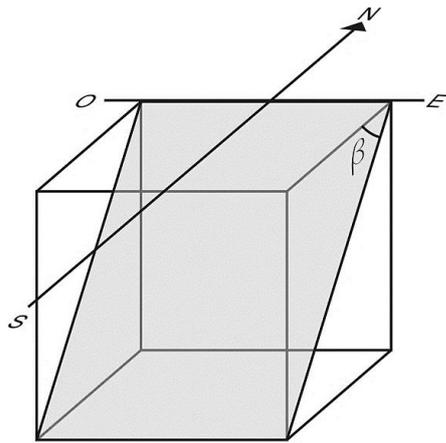


Figura 8. Plano en tres dimensiones, orientado mediante dirección y buzamiento.

Fuente: Babín & Gómez (2010).

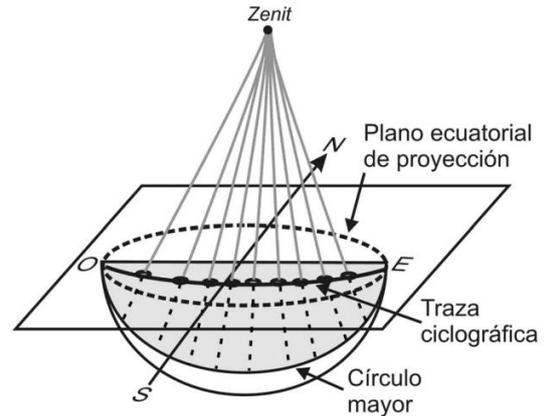


Figura 9. Proyección esférica del plano, en el hemisferio inferior de la esfera.

Fuente: Babín & Gómez (2010).

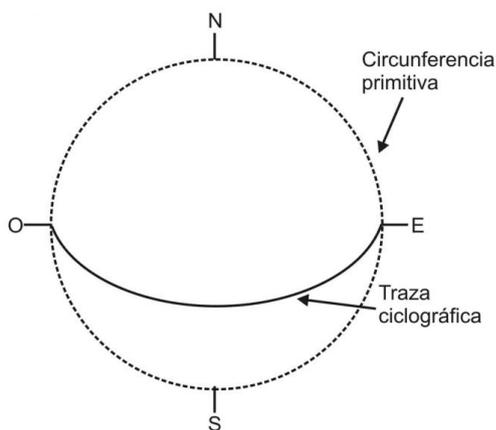


Figura 10. Estereograma del plano

Fuente: Babín & Gómez (2010).

Vamos a visualizar la construcción de una proyección estereográfica (Figura 3). Imaginemos un punto marcado en el hemisferio inferior de nuestra esfera de cristal, que representa la proyección esférica de un punto en el espacio. La proyección estereográfica de este punto se construye dibujando una línea de proyección que conecte el punto situado en el hemisferio inferior, con el zenit de la esfera colocado en la parte superior de la misma. La intersección de la línea de proyección con el plano

ecuatorial (plano de proyección) de la esfera, es la proyección estereográfica de ese punto

En Geología Estructural siempre proyectamos desde el hemisferio inferior de la esfera y el elemento representado (línea o plano) pasa por el centro de la esfera de referencia, mientras que en Cristalografía se utiliza el hemisferio superior. Los planos intersectan el hemisferio inferior como círculos mayores, y las líneas, como puntos. Cada punto de un círculo mayor en el hemisferio inferior, unido con el zenit, da a su vez un punto en el círculo ecuatorial de proyección. La unión de todos estos puntos muestra la proyección estereográfica (estereograma) del plano que pasa por el centro de la esfera y que corresponde a un círculo mayor. Hemos reducido una geometría tridimensional a dos dimensiones. (Babín et al, 2010)

La intersección del plano ecuatorial (plano de proyección) con la esfera, se denomina “circunferencia primitiva”, más abreviado, la primitiva. Tiene el mismo radio que la esfera de proyección original y todos los puntos en la superficie del hemisferio inferior quedan proyectados como puntos en o dentro de la primitiva.

La proyección estereográfica es una de las mejores técnicas para resolver problemas geométricos en Geología Estructural. Se diferencia de la proyección ortográfica en un punto fundamental: ésta preserva las relaciones espaciales entre las estructuras, mientras que la estereográfica trabaja con planos y líneas sin tener en cuenta sus relaciones espaciales, únicamente las angulares.

En la práctica, la proyección estereográfica de líneas y planos se lleva a cabo con ayuda de una falsilla de proyección (stereographic net). Esta falsilla o estereoneta está formada por un conjunto de proyecciones de círculos mayores y menores que ocupan el plano ecuatorial de proyección de la esfera de referencia. Ambos conjuntos de círculos están espaciados con intervalos de 2° , apareciendo marcados con un trazo más grueso los que corresponden a valores múltiplos de 10. (Babín et al, 2010)

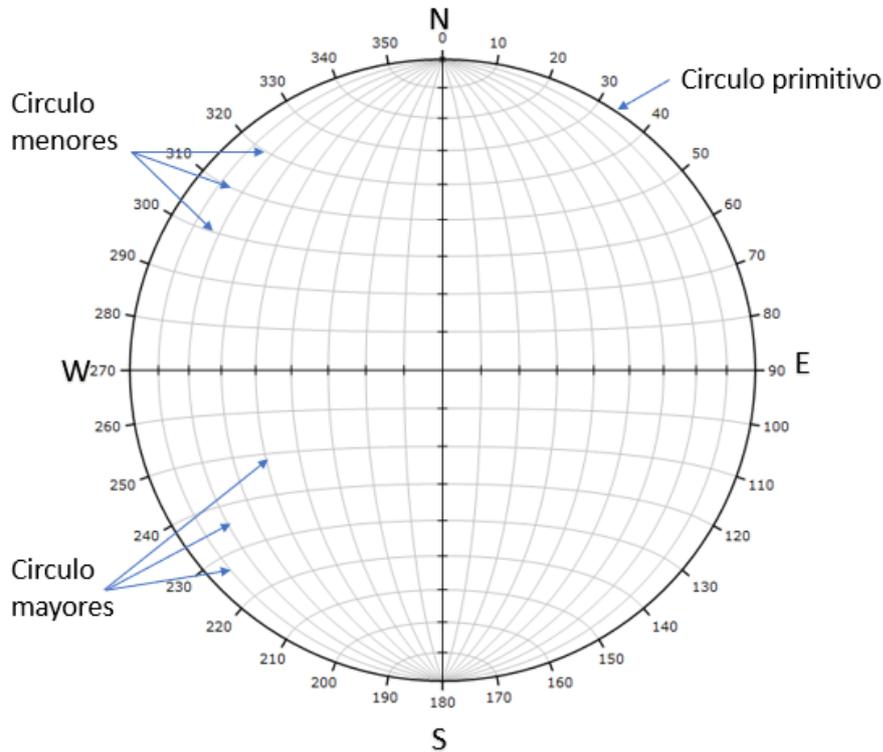


Figura 11. Falsilla de proyección estereográfica (Falsilla de Schmidt) o estereoneta. Conserva las áreas

Fuente: Dips 6.0

Los círculos mayores representan una familia de planos con dirección norte-sur, cuyos buzamientos varían desde 0° a 90° en ambos sentidos. Estos planos se cortan según una línea horizontal representada por el norte o el sur de la falsilla. Los círculos menores son aquellos a través de los cuales medimos las direcciones de los distintos planos y líneas en la proyección. También se utilizan para hacer rotaciones de distintos elementos estructurales alrededor de ejes horizontales, verticales o inclinados. Representan la proyección sobre el plano ecuatorial de un conjunto de planos que no pasan por el centro de la esfera, espaciados de 2° en 2° .

Cada círculo menor corresponde al corte de una superficie cónica con la esfera, cuyo ápice está situado en el centro de la esfera y su altura coincide con el radio de la falsilla. La combinación de círculos mayores y menores constituye un ábaco perfectamente apto para la proyección estereográfica de líneas y planos. Existen dos tipos distintos de estereoneta: equiárea (Falsilla de Schmidt) y equiangular (Falsilla de Wulff) y la de igual área (ver Figura 12). La primera conserva las áreas, como se

explicará a continuación, mientras que la segunda conserva los ángulos y por tanto, se utiliza para realizar contajes estadísticos de elementos (planos de falla, ejes de cuarzo, lineaciones). (Babín et al, 2010)

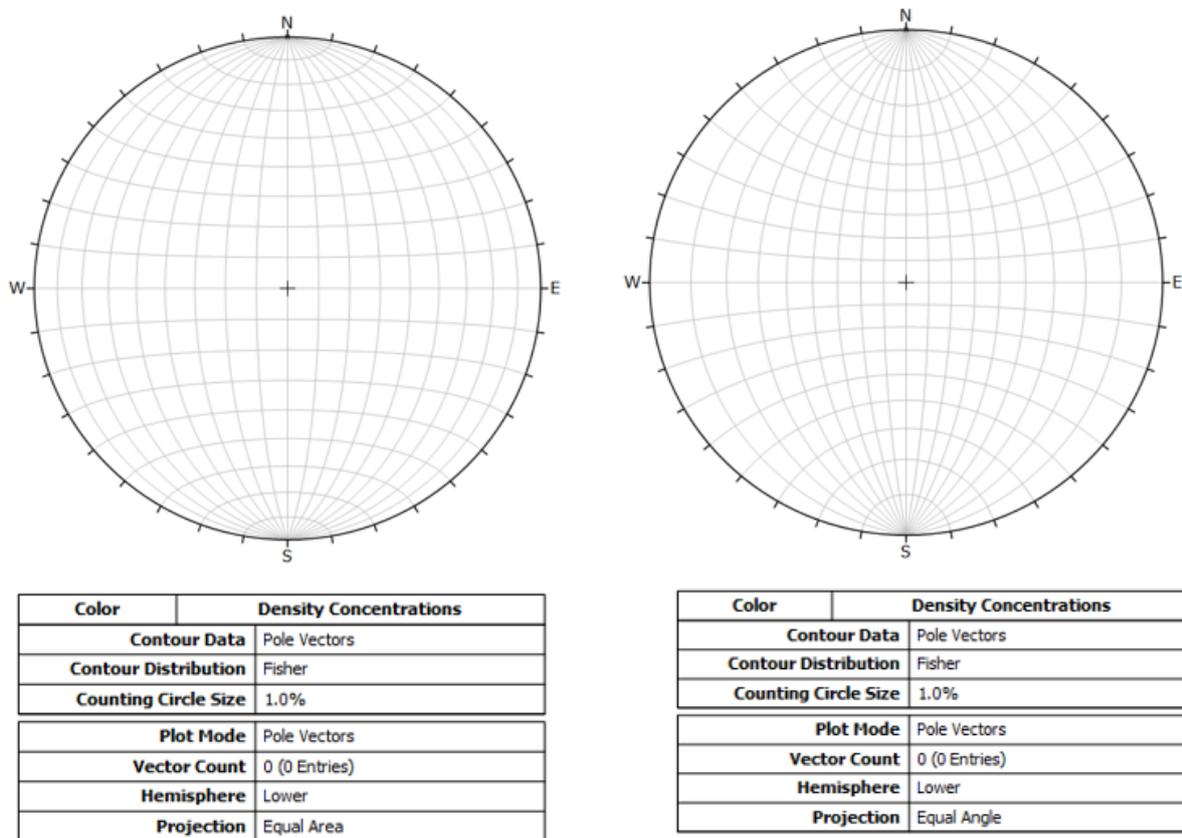


Figura 12. Falsillas utilizadas en la proyección estereográfica. Proyección de igual área (izquierda) e igual Angulo (derecha).

Fuente: Dips 6.0.

2.2.4.5.1 Aplicaciones en geología estructural

La proyección nos permite la representación en elementos de geología estructural. Los datos empleados se toman en el campo, de forma directa, mediante el empleo de la brújula de geólogo. Esta posee una brújula convencional que nos permite tomar las direcciones de los diferentes elementos tomando como referencia el norte magnético y un clinómetro que facilita el ángulo que forma el elemento a medir con respecto al plano horizontal. (Tomás et al, 2002)



Figura 13. Afloramiento rocoso con diaclasamiento.

2.2.4.5.2 Determinación de familias de diaclasas

Para la determinación de los juegos de diaclasas o discontinuidades que afectan a un macizo rocoso suelen elaborarse diagramas pi de los planos de discontinuidad. Cuando la dispersión es muy pequeña, fácilmente podemos determinar los juegos que afectan al macizo situándonos sobre la zona de máxima densidad de puntos. Sin embargo, esto no siempre es así, ya que generalmente la dispersión es grande, debiendo recurrir a métodos estadísticos que nos permitan establecer las zonas de máxima concentración de polos. (Tomás et al, 2002)

Preparado el diagrama de polos se procede a contar su densidad, para lo cual suele ser conveniente, tal y como ya se ha comentado con anterioridad, el uso de la representación equiareal que permite un tratamiento estadístico de los datos. Tras el recuento estaremos en condiciones de trazar las curvas de distribución que nos mostrarán los lugares geométricos donde el número de polos es el mismo, obteniendo así el diagrama de densidad de polos, y estableciendo el polo de las familias de diaclasas en los puntos de máxima concentración de polos (figuras 13). (Tomás et al, 2002)

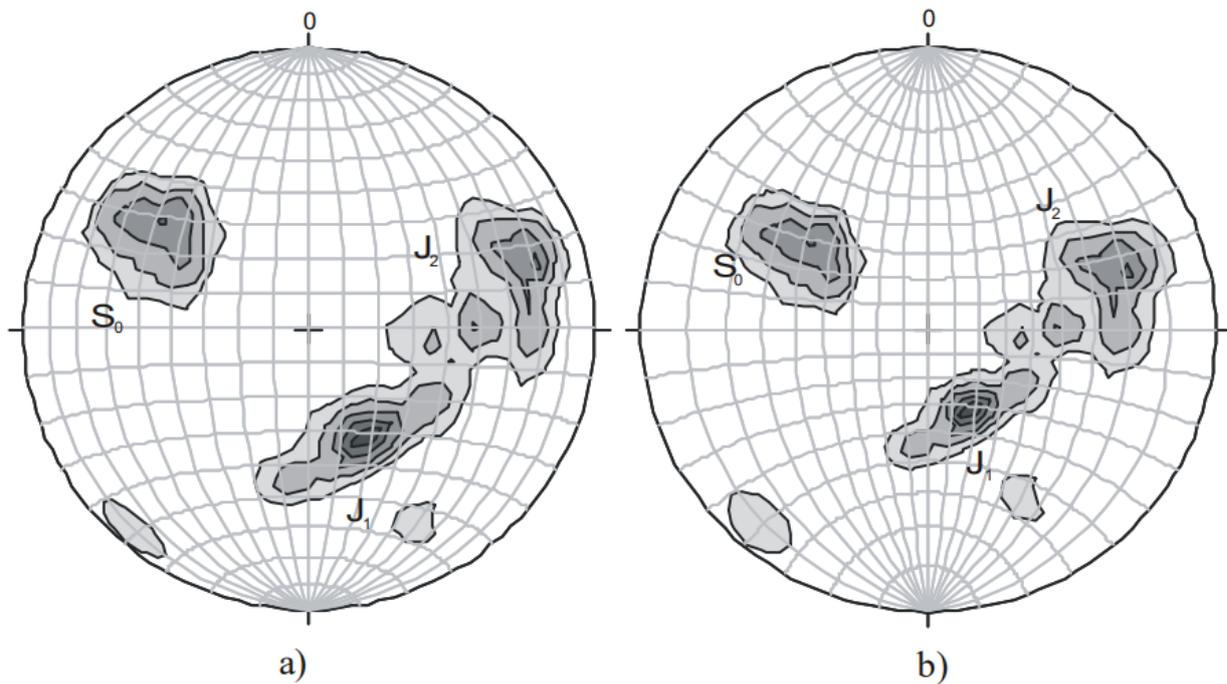


Figura 14. Diagrama de densidad de polos: a) en proyección equiareal y en proyección estereográfica (equiangular)

Fuente: Tomás et al, (2002).

2.2.4.6 Vetos

Cuerpos tabulares los cuales tienen un espesor de unos cm hasta algunos metros y una longitud que puede ir desde unos cm a km según sea la ubicación de la beta, la formación

2.2.4.7 Sistema de vetos

Grupo de cuerpos tabulares que se han emplazado en lugares favorables para la mineralización, los cuales tienen un rumbo o dirección específica, también pueden ser de bajo ángulo o de alto ángulo. (Núñez 2017)

2.2.4.8 Control estructural

La geología estructural dentro de los yacimientos está delimitada por la actividad sísmica asociado a fallas, diaclasa, fracturas, plegamientos y en los cuales ha ocurrido una depositación mineral dando origen a los yacimientos minerales. (Lillo 2013).

2.3 Definición de términos básicos.

Litología: Ciencia encargada de estudiar las rocas. La descripción, clasificación y formación de las rocas son los procesos que estudia esta ciencia. (Caycho 2019)

Mapa geológico: Representación geológica que toma como base la topografía de un área, y de la geología aflorante, los tipos de contactos las unidades geológicas y las diferentes estructuras presentes. (Caycho 2019)

Mineral: Sustancia sólida homogénea con una composición química definida, causado por procesos inorgánicos. Son elementos fundamentales de las rocas y presenta una estructura cristalina definida. Su origen puede ser hidrotermal, metamórfico, biológico o sedimentario. (Caycho 2019)

Diaclasa: Son estructuras que se presentan en modo de fracturas de la roca los cuales no han sufrido desplazamiento, los cuales pueden ser de unos escasos centímetros, hasta cientos de metros o en algunos casos alcanzan kilómetros, estas se pueden presentar aisladas o también formando varios sistemas. (Caycho 2019)

Brecha: Roca conformada por fragmentos de diferentes dimensiones, los cuales se disponen en forma irregular y están cementados por un agregado cristalino o una matriz fina. (Caycho 2019)

Lineamiento.

Rasgo lineal, con uno o varios segmentos rectos o ligeramente curvos, identificado en una imagen de satélite, aerofotos, mapas topográficos o geofísicos; los grandes lineamientos son interpretados como la expresión superficial de antiguas estructuras corticales profundas o trans-litosféricas. Aunque por su tamaño, muchas veces es difícil apreciarlos en el campo, es conveniente intentar confirmar su carácter, antes de su tratamiento. En general, solo se dispone del rumbo y longitud de los segmentos. (Macharé, 2001).

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1 Geográfica

La zona de exploración se encuentra ubicada en la cordillera nor-oriental de la Cordillera de los Andes teniendo una altitud promedio de 3800 m.s.n.m. y las coordenadas de la zona son (tabla 1).

Tabla 1. Coordenadas que delimitan la investigación sistema UTM, datum WGS-84 zona 17S

PUNTOS	LONGITUD	LATITUD
V-1	796280	9233900
V-2	796280	9232720
V-3	795040	9232720
V-4	795040	9233900
ÁREA TOTAL	1.4 KM ²	

3.1.2 Política

La investigación se realiza el centro poblado el Tingo, distrito Sorochuco, provincia de Celendín, departamento y Región Cajamarca. (ver anexo mapa de ubicación número mapa 01)

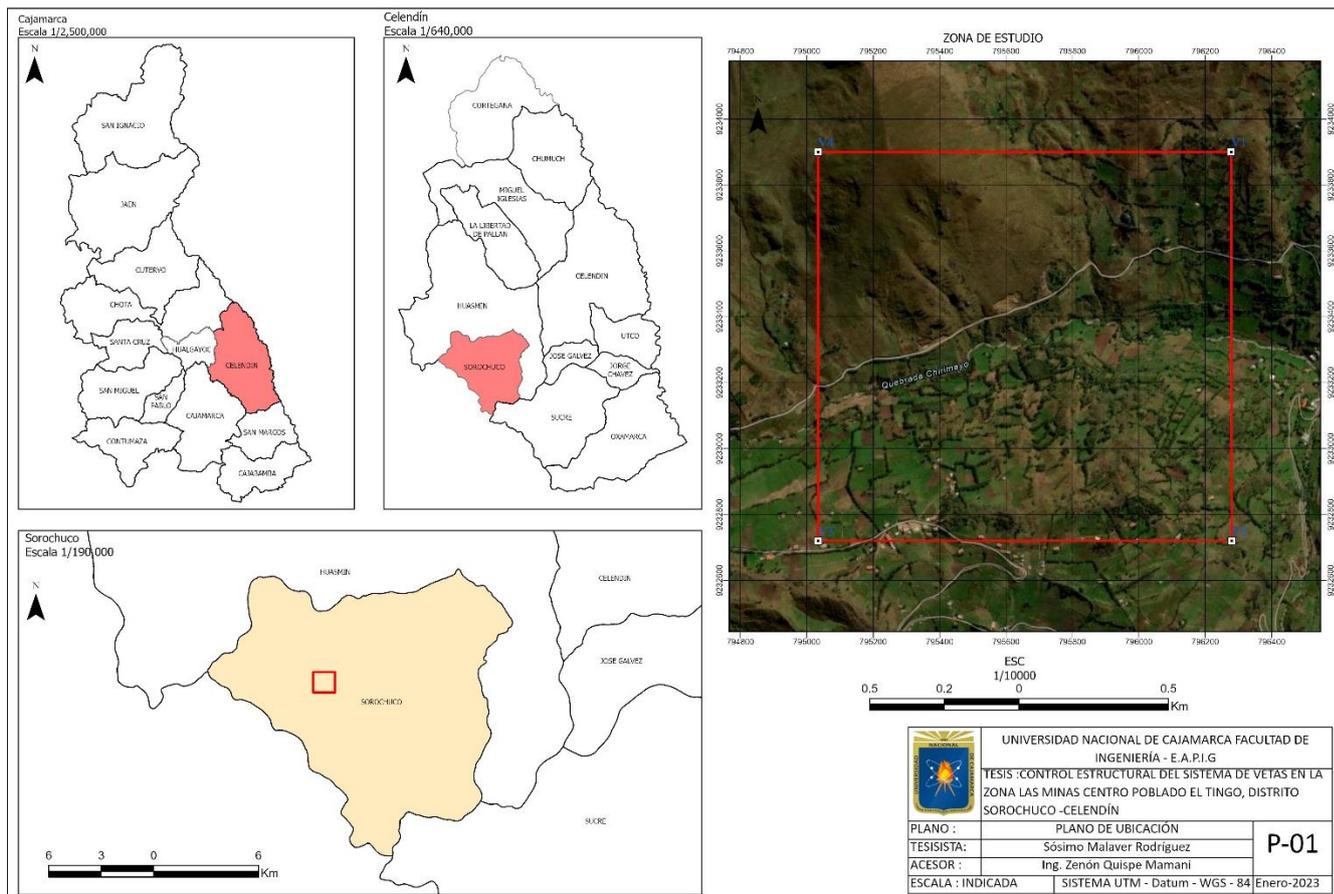


Figura 15. Plano de ubicación de la investigación (ver anexo P-01).

3.2 ACCESIBILIDAD

Para tener acceso a la zona existen dos vías: Ruta. Cajamarca-Otuzco-Combayo-San Nicolás-Chailhuagon, a una distancia de más o menos 51.4Km y tiempo de más o menos 2 horas (tabla 2).

Tabla 2. Accesibilidad a la zona de investigación.

dirección	tipo de movilidad	distancia	tiempo
Cajamarca - Combayo	Camioneta	30.0 km	50min
Combayo- zona de estudio		32.7 km	1 h 20 min
total		51.4km	2h 10min

3.3 PROCEDIMIENTOS

3.3.1 Etapa preliminar de gabinete

Esta etapa consiste en realizar la planificación de tareas a realizar y la revisión los antecedentes e información existente sobre trabajos realizados en el área de estudio; para este caso se ha realizado un análisis detallado sobre la extensión del área de interés, apoyándonos de las cartas geológicas y catastro minero publicados por el INGEMENT, y estudios realizados por la minera conga y otras instituciones. (ver anexos planos 6).

3.3.2 Etapa de campo

En la etapa de campo se ha realizado el cartografiado geológico a detalle, las estructuras que afloran en la zona como: vetas de mineralización de sulfuros, fallas, diaclasas, también se ha determinado los procesos de mineralización y el control estructural que está ligado a la litología en rocas volcánicas y estructuras principales en sistema de fallas.

3.3.3 Etapa de gabinete análisis de datos

En la etapa final del trabajo, en el cual se procesa los datos obtenidos en campo, tanto del cartografiado geológico, estructural y de vetas, realizando plano geológico, plano estructural, plano de vetas, estos planos se realizan en el software ArcGIS 10.8.1, la descripción y estructura de la tesis en el software Word, terminado la realización de los planos estructurales y descripción de las estructuras, procedemos a ordenar dicha información para realizar la interpretación y determinación los sistemas de fallas que controlan la mineralización.

3.3.4 Metodología

Tipo, nivel, diseño y método de investigación

El tipo de investigación es descriptivo por que se describe las estructuras geológicas, no experimental de campo ya que no se modifican las variables se estudia tal cual se presenta en la naturaleza, el nivel cualitativo y cuantitativo (combinado) por la cantidad de estructuras encontradas para determinar un sistema de vetas y fallas y el diseño es de tipo transversal en el tiempo porque se estudia en un solo momento , siendo un método explicativo el más adecuado para su investigación , para mejor entendimiento se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Metodología de la investigación

CRITERIO	METODOLOGÍA
Tipo	Descriptivo – no experimental
Nivel	Cualitativa y cuantitativa
Diseño	De sección transversal en el tiempo
Método	Explicativo

Fuente: modificado de Supo, (2016)

3.3.5 Población de estudio

Zona las Minas donde hay ocurrencia de vetas y limitadas por un control estructural.

3.3.6 Muestra

Con respecto al control estructural se realizará un análisis del comportamiento de las estructuras en el control estructural, con respecto al sistema de vetas se realizará el análisis del tipo de veta.

3.3.7 Unidad de análisis

Geología estructural de los macizos rocosos, vetas y la mineralización.

3.3.8 Definición de variables

Para la investigación se ha determinado las variables, independientes los esfuerzos (principales y secundarios) la litología, mineralización y dependiente el control estructural. (Tabla 4).

Tabla 4. Definición de las variables de la investigación

TIPO DE VARIABLES	DE VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL O INDICADORES
INDEPENDIENTES	Esfuerzos	Fuerzas que actúan tanto en las estructuras cristalinas como en las grandes unidades orogénicas.	N/m ² , dinas/cm ² o kg/m ²
	Litología	Parte de la geología que estudia las rocas	Mm/año
	Mineralización	Deposito natural de minerales económicamente importantes para la formación de yacimientos	Formación, profundidad y temperatura
DEPENDIENTES	Control Estructural	Fallas, pliegues, diaclasas que controlan la mineralización de un determinado yacimiento.	Metros.

3.4 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS, INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS DE MEDICIÓN

Los equipos de distintos equipos que se utilizan en campo como en gabinete son de mucha n importancia para llevar a cabo la descripción y análisis de resultados donde una mayor cantidad de los equipos son usados en campo, tales como la brújula, GPS, picota, rayador, ácido clorhídrico, planos geológicos, topográficos y satelitales, los cuales conforman el equipo esencial para realizar el mapeo geológico estructural.

Cuando se termina la etapa de campo se procede a la validación de datos en gabinete, para lo cual también se emplean los instrumentos, y los softwares que ayudan a la realización de informes y modelo geológico estructural de acuerdo a la interpretación del profesional.

Las técnicas empleadas para el acopio de la información serán:

- Observación directa.
- Revisión bibliográfica.
- Recolección de muestras in situ.
- Tomas Fotográficas.

3.4.1 Instrumentos y equipos

En el presente proyecto de investigación se ha utilizado materiales y equipos que han sido necesarios e importantes para la caracterización de los macizos encontrados.

Lápiz, lapiceros y marcadores: Se utilizarán para el cartografiado geológico del área estudiada y anotaciones de datos.

Plano geológico: Para ubicar las estructuras geológicas en el área de estudio y para tener un alcance de sus límites con otras formaciones; siendo el cuadrángulo geológico de San Marcos (1/5 000) obtenidos de la Carta Geológica 15-g del INGEMMET.

Tabla de clasificación para rocas: Clasificación de rocas strekeisen.

Instrumentos de medición de campo:

Brújula Brunton: Utilizada para medir la orientación (Dip y Dip Direction) de los estratos y discontinuidades del macizo rocoso.

Cámara Fotográfica Canon 15MX: Para capturar en forma virtual la realidad en que se encuentra la roca y su estructura de esta.

GPS Garmin: para la ubicación espacial de los puntos de muestreo; a través de sus coordenadas UTM (Unidad Técnica de Medida) en sistema WGS-84.

Lupa de 20x: Para reconocer los componentes de las rocas muestreadas y para medir el tamaño de grano textural.

Protactor: Para obtener una medida aproximada de los tamaños de granos para clasificar según la escala de Udden–Wentworth.

Rayador de punta imantada: Para obtener la dureza según la escala de Mohs de la roca muestreada.

Bolsa de muestreo: para recoger la muestra tomadas en campo y evitar su contaminación.

Picota geológica: para la obtención de la muestra insitu

Tablero: para tomar apuntes y realizar una descripción de las estructuras encontradas en campo.

Libreta de campo: Se utilizará para la anotación de coordenadas, datos de las rocas y otros apuntes que aporten a la investigación.

3.5 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Morfogenéticamente, el área de estudio se ha clasificado según el grado de pendientes de la clasificación de (Rodríguez 2016).

Tabla 5. Clasificación por el grado de pendientes. (Rodríguez, 2016)

Clasificación	Grado de pendiente
Planicie	0° - 8
Lomada	8° - 20°
Ladera	20° - 50°
Escarpe	>50°

La zona donde se realizó el estudio encontramos una geomorfología variada, en la cual podemos observar, planicies en las partes cerca al litoral del Rio Chirimayo, lomadas, esta geofora encontramos en la parte superior de cerro quishuarconga, laderas encontramos tanto en el cerro Quishuarconga como en el Cerro loma Redonda, Escarpe, presencia de pequeños escarpes a lo largo del cerro loma redona y Quishuarconga (Ver figura 16).

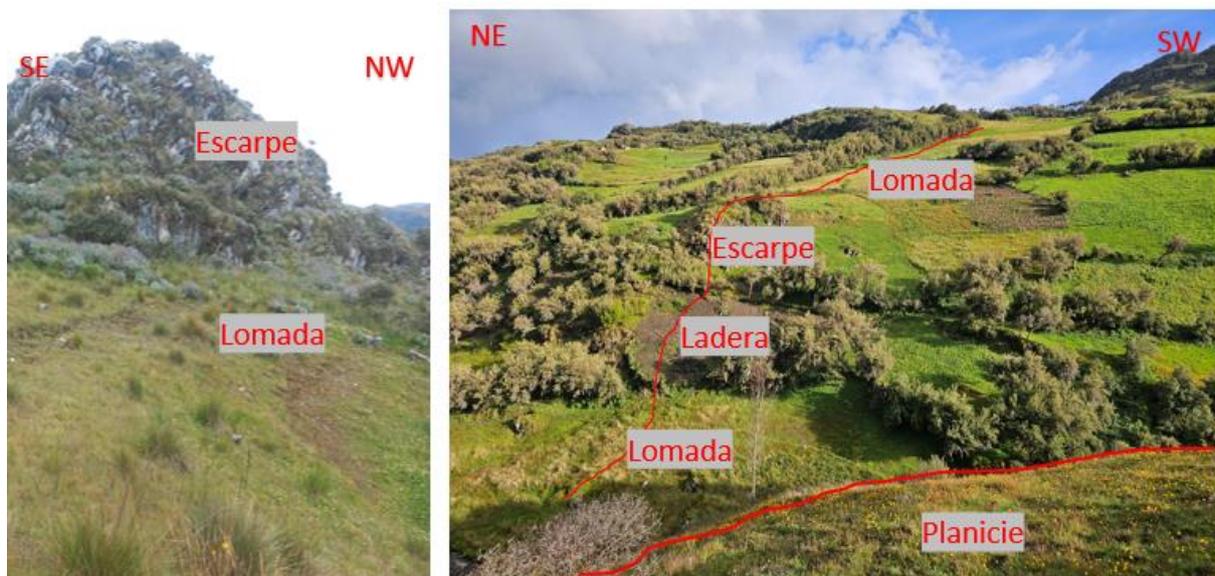


Figura 16. Geoformas existentes en la zona de estudio.

Tomando esta clasificación en la zona de estudio tenemos 3.8% de planicies, 17.12% de lomadas, 73.75% de laderas, 5.28% de laderas. (Ver tabla 6)

Tabla 6. Tabla de cuantificación geomorfológica.

Geomorfología	Unidades		
	m ²	ha	%
Planicie	55830.0404	5.583	3.865
Lomada	247088.284	24.709	17.106
Ladera	1065271.81	106.527	73.750
Escarpe	76246.7316	7.625	5.279
Total	1444436.87	144.44	100

VALLE

La zona de estudio presenta valles en V, por donde circula el río Chirimayo, el caudal del río en épocas de lluvia es abundante el cual erosiona la superficie generando valles de este tipo, (ver figura 17)



Figura 17. Valle en V con vista SE-NW del Río Chirimayo

3.6 GEOLOGÍA LOCAL

3.6.1 Cuaternario fluvial Qh-fl

Estos depósitos están ubicados en las partes más bajas y planas de la zona, estas tienen un espesor apreciable y en su mayoría está compuesta por cantos, arenas y limos, los cantos tienden a ser redondeados a subredondeados de tamaños variables (figura 18-19).



Figura 18. Deposito aluviales, en la parte litorales del río Chirimayo.



Figura 19. Deposito aluviales, con clastos redondeado a subredondeados a redondeados, en los laterales de río Chirimayo.

3.6.2 Cuaternario aluvial (Qh-al)

En la zona la mayor parte está cubierta por este tipo de depósitos, estos depósitos están conformados de materiales aluviales y también de morrenas, estos depósitos se observan en la parte baja de la zona, valles los cuales tienen poca pendiente y son utilizados para el sembrío de pastizales, estos depósitos están conformados de arenas, gravas, limos, los cuales tienen una coloración pardo amarillenta debido a la cantidad de minerales ferromagnesianos que podemos encontrar en la zona (Figura 20).



Figura 20. Este tipo de depósitos cubre en mayor cantidad la parte oeste de la zona, en la cual existen sembríos de pastizales entre otros cultivos de la zona.

3.6.3 Depósitos Coluvio Aluviales (Q-cl)

Son depósitos de rocas angulosas a subangulosas producto de la meteorización y transporte, estos depósitos están conformados por fragmentos de rocas pórfido andesita y dioritas, los cuales por acción de la meteorización de hace millones de años, y posterior transporte hasta llegar a los depósitos donde podemos observar en nuestros días ver figura siguiente.



Figura 21. Deposito Coluvio Aluvial, con fragmentos de rocas porfido andesitas y dioritas en una matriz limo arenosa.

3.6.4 Volcánico Porculla

Encontramos el Volcánico Porculla en su mayor extensión a la parte NW de la zona, compuesta por andesitas, encontramos andesitas calcificadas, con posterior intrusión de hematitas y limolitas, (Figura 22).



Figura 22. Afloramiento de las rocas del Volcánico Porculla, en el SW de la zona de estudio.

3.6.5 Rocas intrusivas

Dioritas

Están presentes al Oeste del cerro, desde la base hasta la cota 3900 msnm. aproximadamente, se caracterizó tres afloramientos las cuales indicaron que pertenecen a rocas dioríticas, las rocas muestreadas presentan porcentajes de plagioclasas entre 90 - 95%, cuarzo menor a 5% y feldespato potásico es menor a 3%.(ver anexos tabla 11)

Andesitas

Se encuentran compuestas principalmente por Domos Subvolcánicos que se encuentran intruyendo en las calizas de la Formación Chulec. Se logró diferenciar dos tipos de domos subvolcánicos aflorando en la zona de estudio, los cuales se diferencia en sus características texturales y concentración de elementos secundarios.

El primer Domo subvolcánico determinado se encuentra aflorando en la zona Oeste del área de Estudio, presenta una composición Andesítica, con textura porfírica, y escasa presencia de cristales de Hornblenda y biotitas, los cuales no superan el 30% de la composición total de la roca, y en tamaño promedian los 5mm. Presenta una coloración gris verdosa y comúnmente se encuentra cubierta por depósitos cuaternarios de tipo coluvio aluviales y Aluviales.

El segundo domo, se encuentra aflorando en la zona Este, en contacto con el primero y limitado aparentemente por una falla, la cual se evidencia en campo por el flujo de una quebrada. Esta roca intrusiva también presenta una composición Andesítica y textura porfírica, pero a diferencia de la anterior, presenta abundante contenido de cristales de Hornblenda y biotitas, las cuales pueden llegar a superar el 40% de la composición total de la roca, y cristales de tamaño centimétrico, además, presenta una considerable Silicificación.

La base en la que se fundamenta la diferenciación de estas dos litologías en que no se observa un cambio gradual, por el contrario, entre la zona Este y Oeste del flujo de la quebrada Quishuar existe un cambio abrupto de las características (Figura 23-24).



Figura 23. Andesita de textura obliterada altamente silicificada, con poco contenido de hornblendas, parte oeste de la zona.



Figura 24. Andesita porfírica con alto contenido de sílice y hornblendas, los cuales supera en 30% en la roca.

Estas rocas están presentes al Norte de la zona de estudio, se realizó la caracterización de dos afloramientos, en los cuales los porcentajes de plagioclasa varían de 90 - 95%, el porcentaje de cuarzo de 5 - 10%, y el feldespato potásico es menor a 5%. Cabe destacar que estas muestras presentan fenocristales de minerales de plagioclasas y hornblenda (ver anexos tabla 13-14)

3.6.6 Grupo Crisnejas

3.6.6.1 Formación Chulec

Esta formación, en la zona de estudio, se encuentra conformada por una intercalación de gruesos paquetes sedimentarios de Calizas arenosas grises con venillas de Calcita, de algunas decenas de metros, y delgados estratos de unos pocos metros de espesor de limolitas Calcáreas y Margas. Producto del proceso de intemperismo, adquieren una coloración crema a amarillenta, las cuales van dando paso a depósitos Cuaternarios.

Se encuentra aflorando en la zona norte del área de estudio, presentando poca extensión superficial, estando en contacto con rocas subvolcánicas de composición Andesítica (Figura 25).



Figura 25. Calizas grises amarillentas de la Formación Chulec

3.7 MARCO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL

3.7.1 Control litológico

Realizando el mapeo geológico se afirma que las vetas mineralizadas se encuentran en el contacto de diques andesíticos y calizas de la Formación Chulec, las intrusiones andesíticas se encuentran cortando los estratos de calizas los mismos que generaron zonas de debilidad con condiciones para la mineralización, dando origen a vetas polimetálicas de plata, plomo y zinc (Figura 26).



Figura 26. Imagen muestra dique de andesitas el cual está controlado por las calizas de la Formación Chulec.

3.7.2 Control estructural

Este es el principal control del depósito, dado que la mineralización se produjo a través de fracturas pre-existentes, de tensión y entre contactos de diferentes tipos de rocas. Por lo que es evidente que las estructuras sirvieron como canales por las cuales migraron las soluciones mineralizantes depositando a su paso al contenido metálico. Como también hubo algunas estructuras tardías que causaron el movimiento posterior, el cual causó la ruptura y desplazamiento de estas vetas. Por lo que en esta tesis se enfoca en este tema, el cual se desarrollara más adelante (Figura 27).



Figura 27. Fallas normales, con una longitud de 10m aproximadamente.

3.7.2.1 Sistema de fallas

Falla las Minas

Esta falla tiene una dirección NW-SE, tiene techo y piso de calizas de la Formación Chulec, esta intruida por un dique de andesítico el cual tiene concordancia con la estratificación, dándole una mayor importancia de la zona ya que esta es la que a generado el ambiente para la mineralización, por lo que se encuentran minerales económicamente rentables en esta falla (Figura 28).



Figura 28. Techo de la falla las minas.

Falla Quichuar

Esta es una falla normal la en la cual encontramos una diferenciación litológica la cual controla una diferenciación entre dos distintos tipos de pórfido andesitas, esta falla pertenece a la a la familia NE-SW, el cual es posterior a la mineralización por lo que esta es una de las fallas que desvían la mineralización en la zona (Figura 29).



Figura 29. se muestra falla normal, esta falla es la que controla la diferenciación litológica en las andesitas, en la cantidad de minerales accesorios tales como hornblendas y biotitas.

3.7.2.2 Sistema de vetas

Veta el Monte

Es una veta que tiene un rumbo NE-SW, con un afloramiento continuo de 50m. La paragénesis de hematitas y limolitas está delimitada por piso y techo de andesitas silicificadas un ancho de 40-60cm (Figura 30).

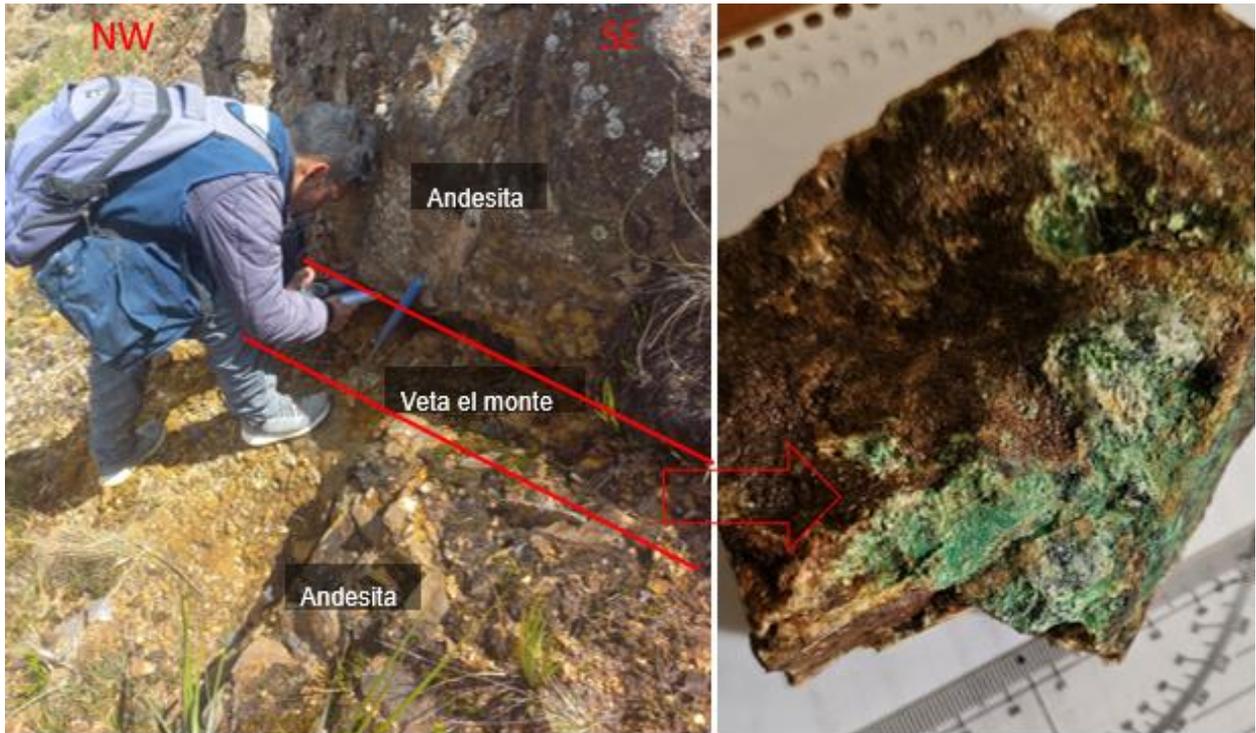


Figura 30. Veta el monte, veta de Au, Cu con presencia de hematitas y goetitas y limolitas.

Veta las Minas

Esta veta tiene un acimut $N102^\circ$ y buzamiento 41° está ubicada junto a un dique el cual está emplazado en una falla con piso y techo de calizas de la Fm Chulec, este dique aflora a lo largo de la falla, por la cual también ascendieron fluidos hidrotermales los cuales generaron los repositos minerales, esta veta la cual tiene una mayor concentración de minerales tales como, pb, Ag, Zn. En minerales de galena y esfalerita, Tiene un afloramiento de 400m una potencia de promedio de 1m (Figura 31-32).



Figura 31. Veta las minas muestra de mineralización y techo piso de calizas.

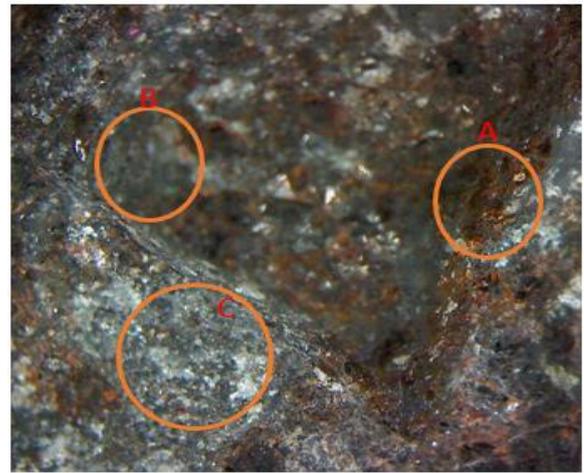


Figura 32. minerales de veta las minas observadas en el microscopio A: esfalerita, B: cristales de cuarzo, C: galena.

Representación gráfica de veta las minas con presencia de harina de falla (foult gouge) tanto en la parte inferior y superior de esta veta (Figura 33).

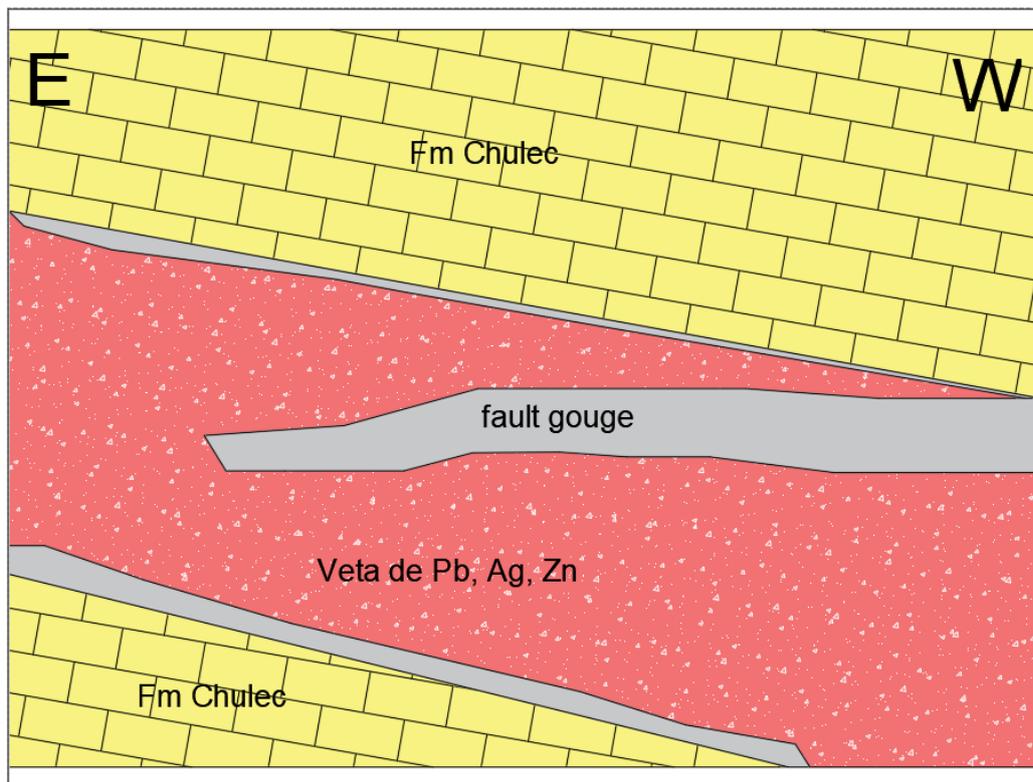


Figura 33. Gráfico de veta las minas.

Veta las Minas 2

Es una veta que pertenece a la misma familia de la veta las minas con dirección N105 y buzamiento 40°, pero a un evento diferente está emplazada entre los bancos de calizas de la Fm Chulec, en la cual ha sido mineralizada con minerales de hierro tales como pequeños fragmentos de magnetita, hematita y jarosita, tiene un afloramiento de unos 100m y una potencia de 60cm en promedio (Figura 34).



Figura 34. Veta las minas 2 con techo y piso de Fm Chulec, esta veta contiene hematitas limolitas y goetitas.

3.7.3 Brechas hidrotermales

En la zona se encuentra una pequeña zona de brechas hidrotermales las cuales están íntimamente relacionadas con la mineralización de Au en pequeñas cantidades y también encontramos, estas brechas presentan un rumbo N25°-30°W el buzamiento de estas no es muy apreciable, pero se pudo medir en algunas partes de la brecha el cual fue entre 70°-80°W. Este sistema de brechas se extiende en la superficie a lo largo de unos 100-200m, con clastos monolíticos de andesitas de textura porfiritica de

clastos angulosos a subangulosos en los que podemos encontrar limolitas pardo amarillitas, goetita y hematita. Este sistema de brechas tiene una concentración de mineral desde 0.3- 2 g/t Au. este sistema se encuentra en se encuentra en la base de cerro loma redonda, extendiéndose desde el litoral del río Chirimayo hasta unos pocos metros sobre la carretera Aguablanca – Sorochuco (Figura 35).



Figura 35. Zona de brecha hidrotermal, carretera Aguablanca- Sorochuco, la cual está compuesta por clastos monolíticos de andesita porfirítica.

Brecha hidrotermal encontrada en carretera Aguablanca- Chugurmayo, esta brecha presenta una gran cantidad de óxidos en su matriz, tales como hematitas, goetitas, también se considera una brecha de matriz monolítica ya que en su estructura solo encontramos fragmentos de andesita porfirítica (Figura 36).



Figura 36. Brecha hidrotermal con presencia de fragmentos de roca andesita porfirítica, con presencia de goetitas y limolitas, jarosita.

3.8 DETERMINACIÓN DE SISTEMA DE FALLAS

En la zona se determinó dos sistemas estructurales los cuales controlan la mineralización el primer sistema con orientación N102° y buzamiento 42° el cual este asociado dique andesítico el mismo que presenta depositación de minerales pb, Ag Zn y también de vetas con contenido de hierro las cuales pertenecen a la misma familia, y el sistema de fallas N201° y buzamiento 55° el cual es posterior a la depositación mineral, por lo que corta el dique y la veta mineralizada en una distancia de 10 a 15m p en dirección NE-SW.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En campo se realizó el estudio estructural en los cerros Quishuarconga y cerro Loma Redonda, en las zonas donde se encontraron las fallas, vetas y brechas hidrotermales, y diques los cuales están asociados a la mineralización, en el cerro Loma Redonda se identifican las fallas las cuales tienen azimut N28°-31° y en el cerro Quishuarconga encontramos dos sistemas de fallas con azimut N 98°-106° y el sistema de fallas N175°-190°, el sistema de azimut N 98°-106° está asociado a la mineralización, lo cual se muestra en el plano realizado en ArcGIS y perfil para identificar mejor los controles de mineralización y potencial minero de la zona (ver anexos plano 4).

4.1.1 Control litológico

El trabajo realizado en campo en el área de estudio, cartografiado geológico de las diferentes litologías, para así generar un modelo litológico el cual plasmamos en ArcGIS, también realizamos una sección proyectando las estructuras mapeadas en campo, para así determinar la zonas de interés, donde se aprecia el dique de andesita que a su vez está asociado a la mineralización, este dique de andesita creo las condiciones favorables para la posterior mineralización y formación de la veta las minas en la cual podemos encontrar leyes de plata plomo y zinc.

4.1.2 Control estructural.

Falla las Minas

En estas estaciones se tomaron datos para determinar la dirección e inclinación de la falla la cual azimut promedio es de 102° y buzamiento de 41°.

Tabla 7. Datos recolectados falla las Minas.

ESTACIÓN-FALLA LAS MINAS					
PUNTO	ESTE	NORTE	AZ	buzamiento	Dip Direction
1	795829	795829	106	48	196
2	795841	795841	90	45	180
3	795857	795857	114	39	204
4	795871	795871	97	37	187
5	795901	795901	89	42	179
6	795925	795925	111	43	201
7	795947	795947	85	44	175
8	795976	795976	110	39	200
9	795986	795986	113	44	203
10	795998	795998	107	38	197
11	796010	796010	98	42	188

Es una falla extensional NW-SE de tendencia andina, la cual generaron el emplazamiento de los diques andesíticos máficos, esta falla tiene movimiento sinistral con componente normal, la tendencia principal de esta falla presenta un dip 41° y un dip direction 192° ver (figura 36). Este sistema de fallamiento normal ha sido asociado a la depositación de minerales de plata, plomo zinc, debido a que la falla fue la que dio origen al ambiente favorable para la depositación mineral.

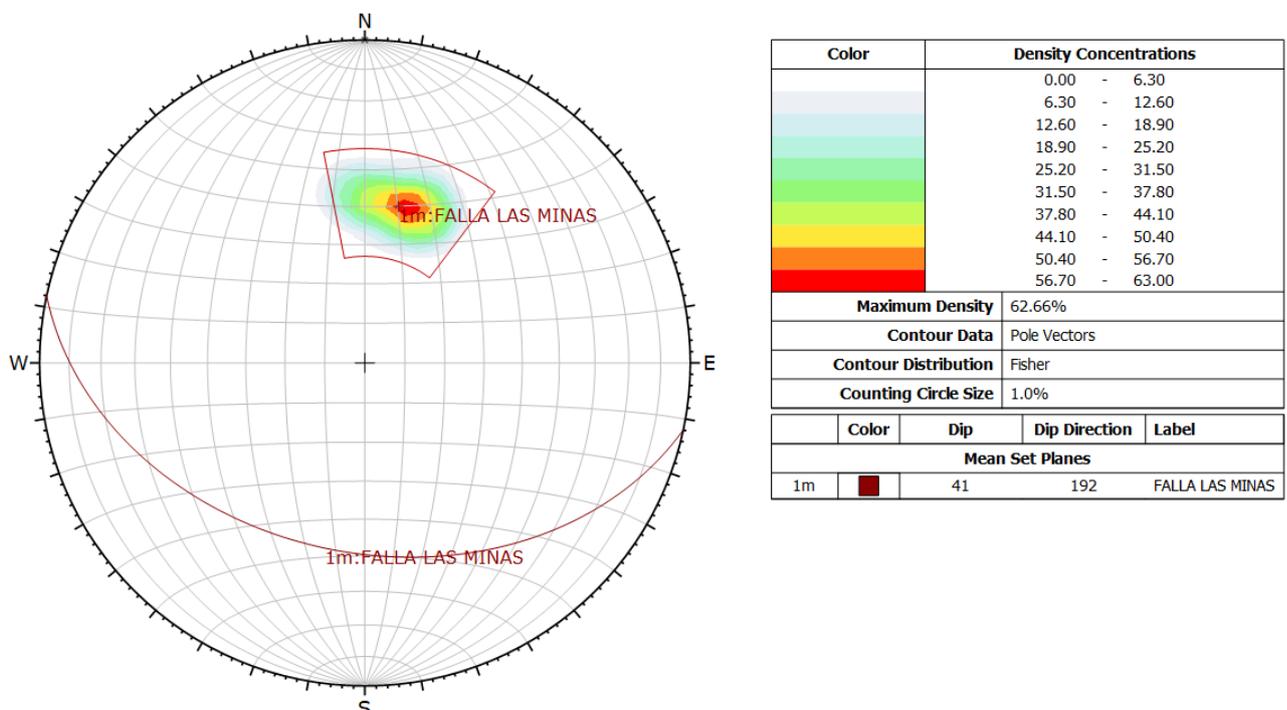


Figura 37. Representación de plano principal de falla las minas.

Falla las Minas 2

En estas estaciones se tomaron datos para determinar la dirección e inclinación de la falla la cual tiene un azimut promedio de 184° y buzamiento de 62° .

Tabla 8. Datos recolectados falla las Minas 2.

ESTACIÓN-FALLA LAS MINAS 2					
PUNTO	ESTE	NORTE	AZ	DIP	Dip Direction
1	795919	795919	190	60	280
2	795917	795917	190	71	280
3	795916	795916	185	47	275
4	795912	795912	185	72	275
5	795991	795991	179	59	269
6	795987	795987	182	66	272
7	795985	795985	175	57	265

Es una falla extensional normal con tendencia NE-SW, la cual tiene dip y dip direction $62^\circ/274^\circ$, en esta es la que genera la desviación de la veta las minas 1 y veta las minas 2, la cual esta ubicada al sur de la zona.

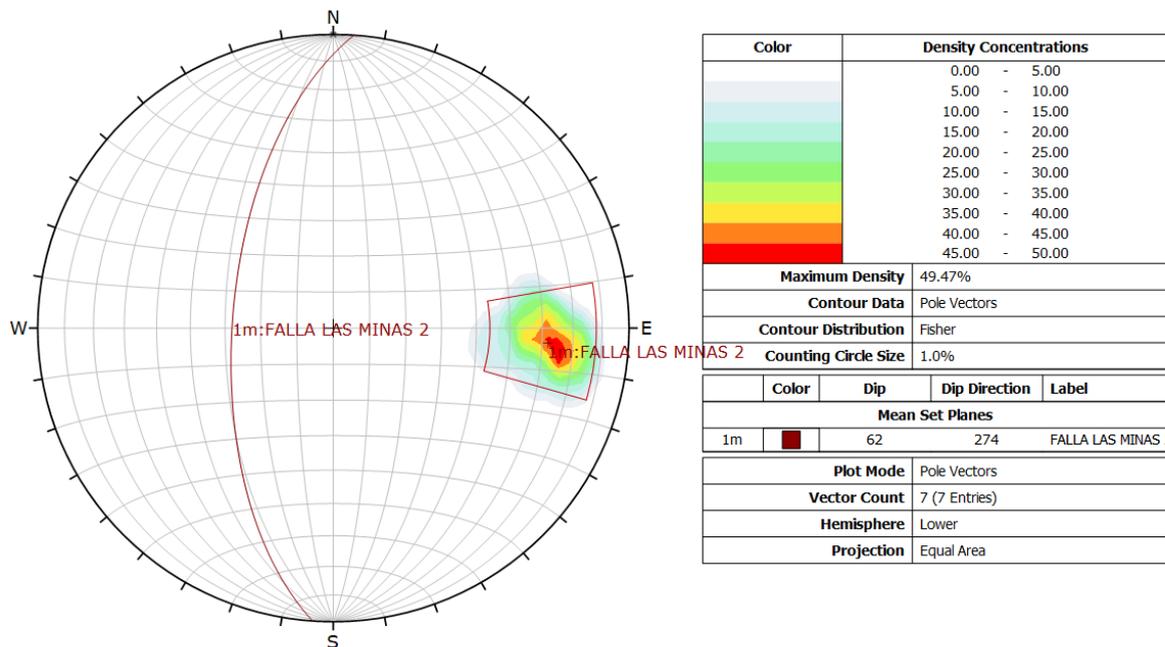


Figura 38. Representación de plano principal de falla las minas 2.

Falla el Monte

En estas estaciones se tomaron datos para determinar la dirección e inclinación de la falla el monte esta tiene un azimuth promedio es de 27° y buzamiento de 35°.

Tabla 9. Datos recolectados falla el Monte.

ESTACIÓN-FALLA EL MONTE					
PUNTO	ESTE	NORTE	AZ	DIP	Dip Direction
1	795362	795362	28	36	118
2	795375	795375	21	35	111
3	795760	795760	27	35	117
4	795768	795768	31	34	121

Es una falla extensional inversa, la cual tiene dip y dip direction 35°/117°, esta falla está en roca andesita silicificada tanto en el piso como techo, en el interior de la falla encontramos mineralización de óxidos de hierro hematita, limolita y en partes goetitas.

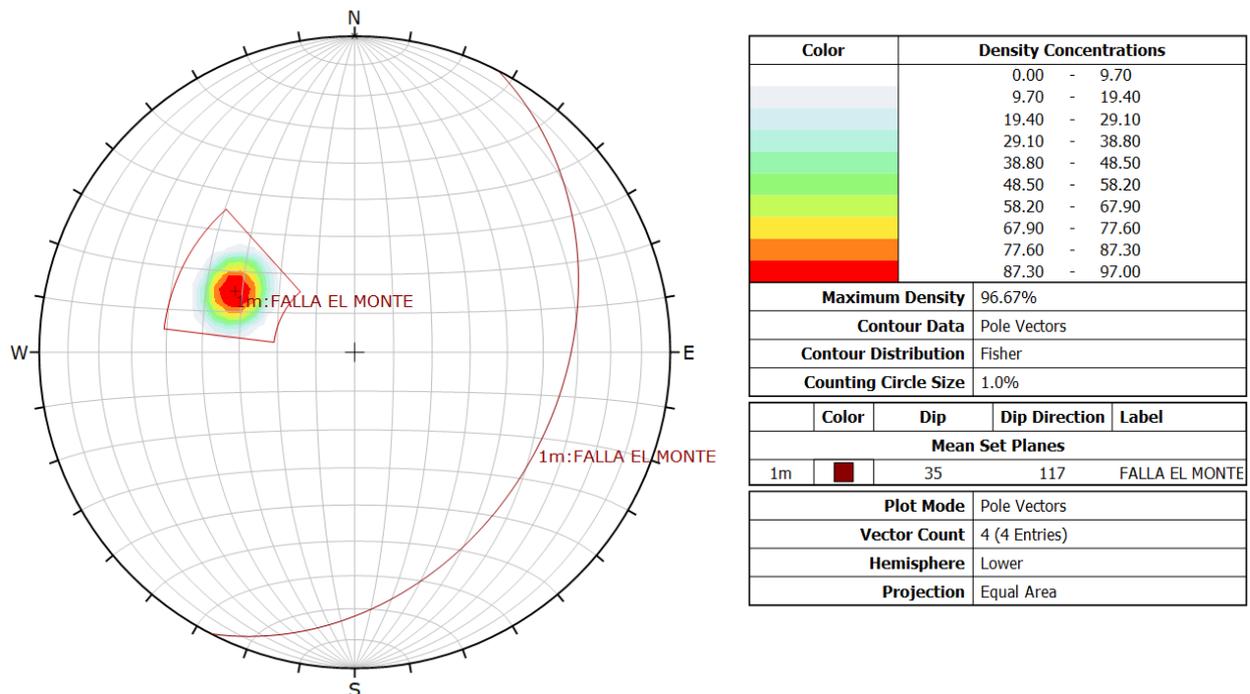


Figura 39. Representación de plano principal de veta las minas.

Falla el Quishuar

En estas estaciones se tomaron datos para determinar la dirección e inclinación de la falla la cual tiene un azimut promedio es de 238° y buzamiento de 51° .

Tabla 10. Datos recolectados falla Quishuar.

ESTACIÓN-FALLA EL QUISHUAR					
PUNTO	ESTE	NORTE	AZ	DIP	Dip Direction
1	795896	795896	236	57	326
2	795879	795879	234	45	324
3	795862	795862	240	48	330
4	795850	795850	241	54	331

Es una falla extensional inversa, la cual tiene dip y dip direction $51^\circ/328^\circ$, esta falla es la que delimita la diferenciación de andesitas, al Este encontramos una andesita con mayor contenido de minerales maficos, hornblendas y biotitas, mientras que al sur de esta falla podemos encontrar una andesita silicificada con poco contenido de hornblendas (Figura 40).

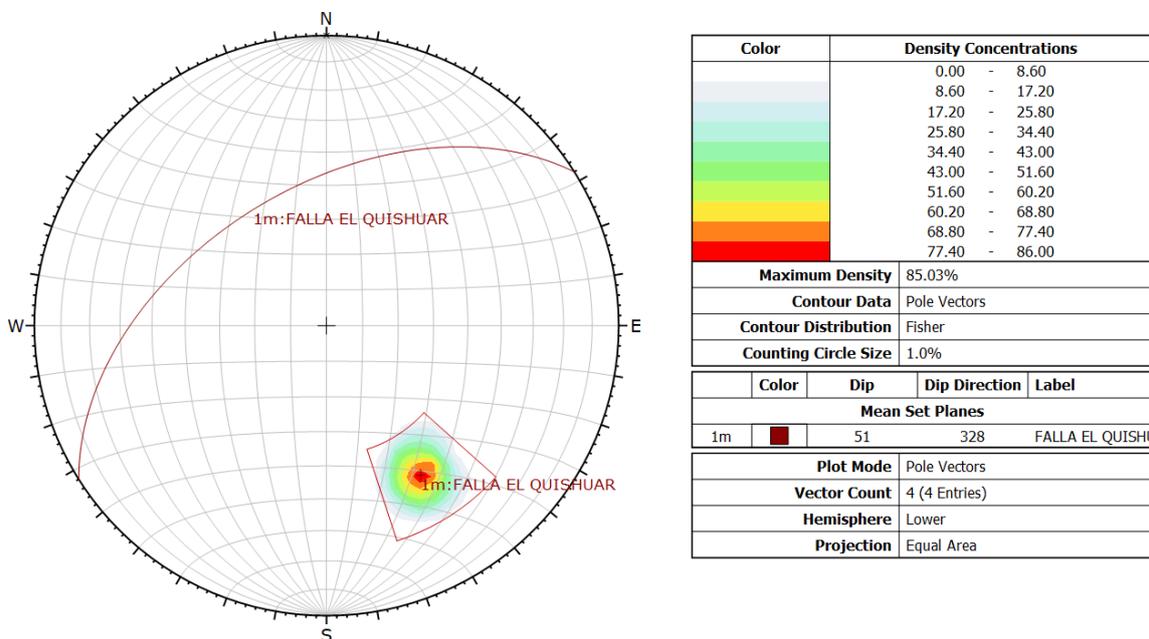


Figura 40. Representación de plano principal de falla Quishuar.

Contacto Chirimayo

En estas estaciones se tomaron datos para determinar la dirección e inclinación de contacto el cual tiene un azimut promedio es de 84° y buzamiento de 53° .

Tabla 11. Datos recolectados campo contacto Chirimayo

ESTACIÓN-CONTACTO CHIRIMAYO					
PUNTO	ESTE	NORTE	AZ	DIP	Dip Direction
1	795509	795509	90	54	180
2	795716	795716	83	60	173
3	795882	795882	76	45	166
4	795908	795908	93	58	183
5	796055	796055	78	50	168

Este contacto también conocido como río Chirimayo, tiene dip y dip direction $51^\circ/328^\circ$, también considerada como falla dextral, delimitando al norte domos andesíticos y al sur las formaciones del cretácico con algunos diques de andesita (Figura 41).

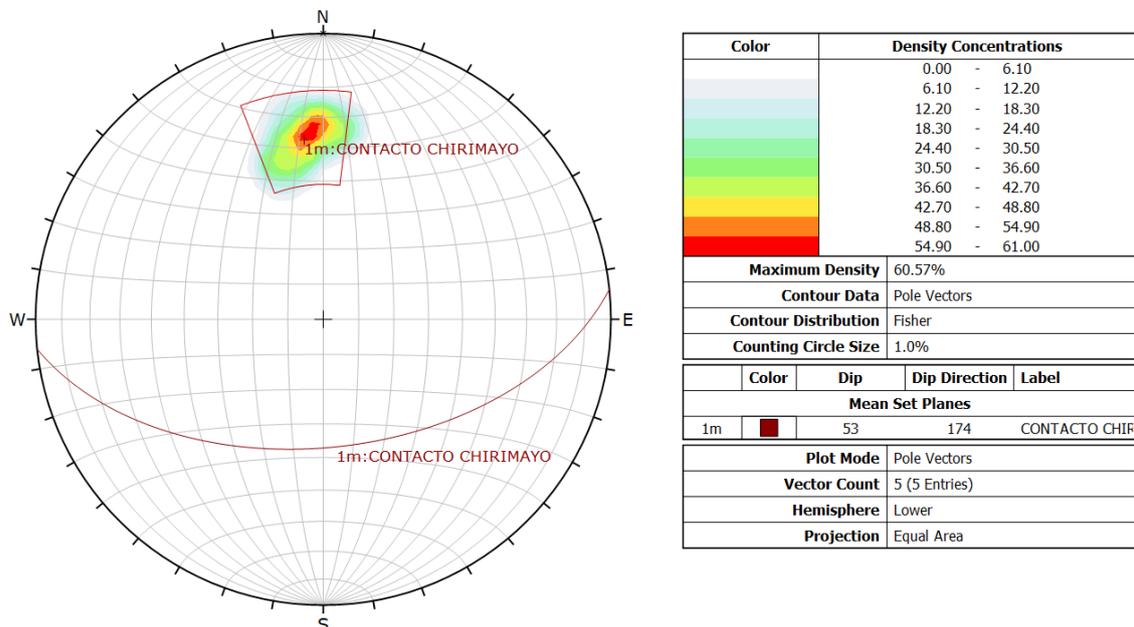


Figura 41. Representación plano mayor del Contacto Chirimayo.

Análisis de sistema de fallas.

Al realizar un análisis de todas las estaciones realizadas en fallas encontradas en campo para obtener una dirección o tendencia promedio se determinó en el Dips que las direcciones principales de fallamiento tienen dip y dip direction $40^\circ/175^\circ$ y el segundo sistema principal con dip y dip direction 55° y 291° , el primer sistema de fallas es el sistema que ha generado el ambiente favorable para la mineralización, por lo que en estas fallas podemos encontrar las vetas tanto de sulfuros como de óxidos, el segundo sistema, es posterior a la depositación mineral por lo que este ha generado algunas desviaciones de las vetas ver (figura 42).

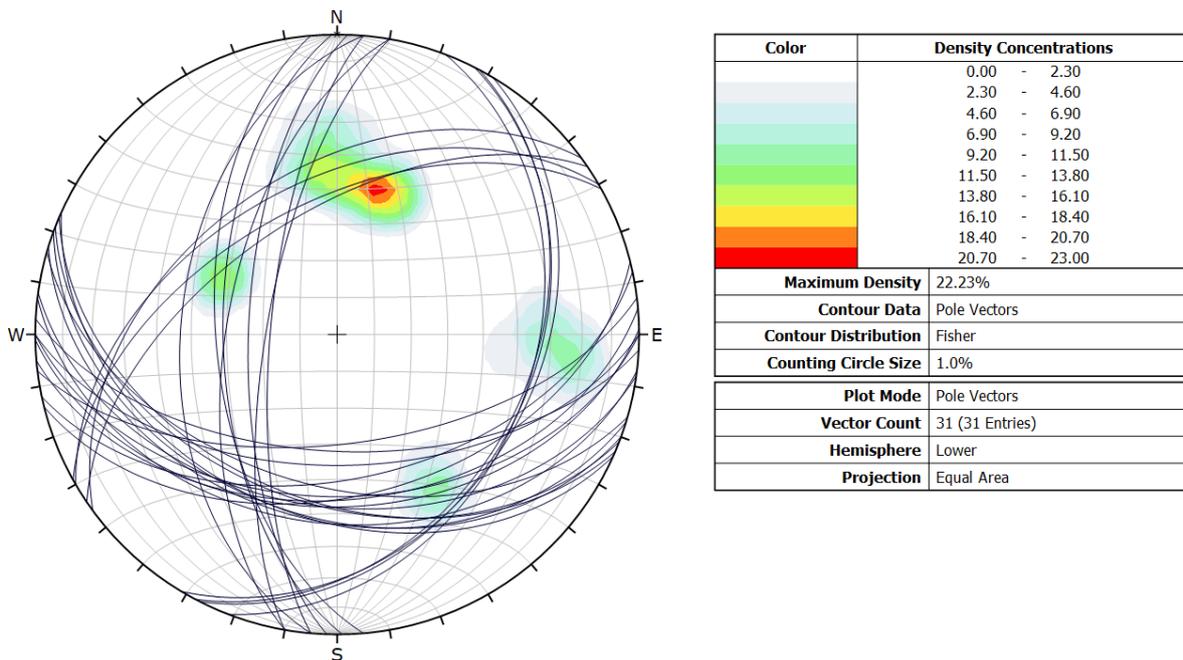


Figura 42. Representación de todos los planos de falla encontradas en campo.

Se a realiza el promedio de los datos tomados en campo mediante para determinar la dirección promedio de cada una de las fallas, este análisis tomando como datos la densidad de polos para así determinar la dirección de cada familia (Figura 43)

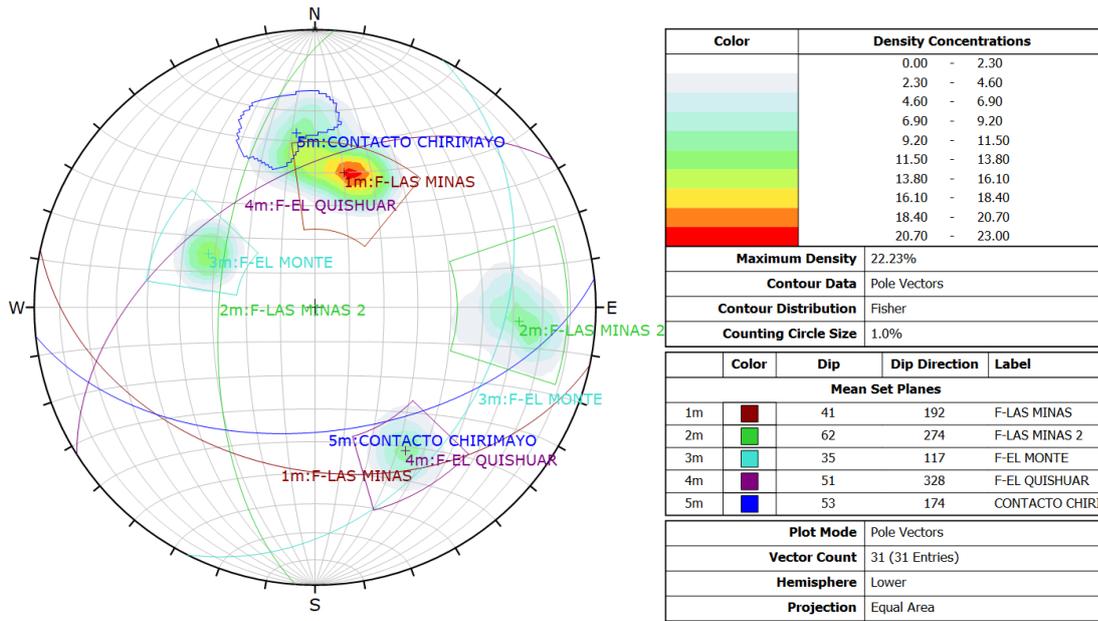


Figura 43. Determinación de dip y dip direction de cada falla.

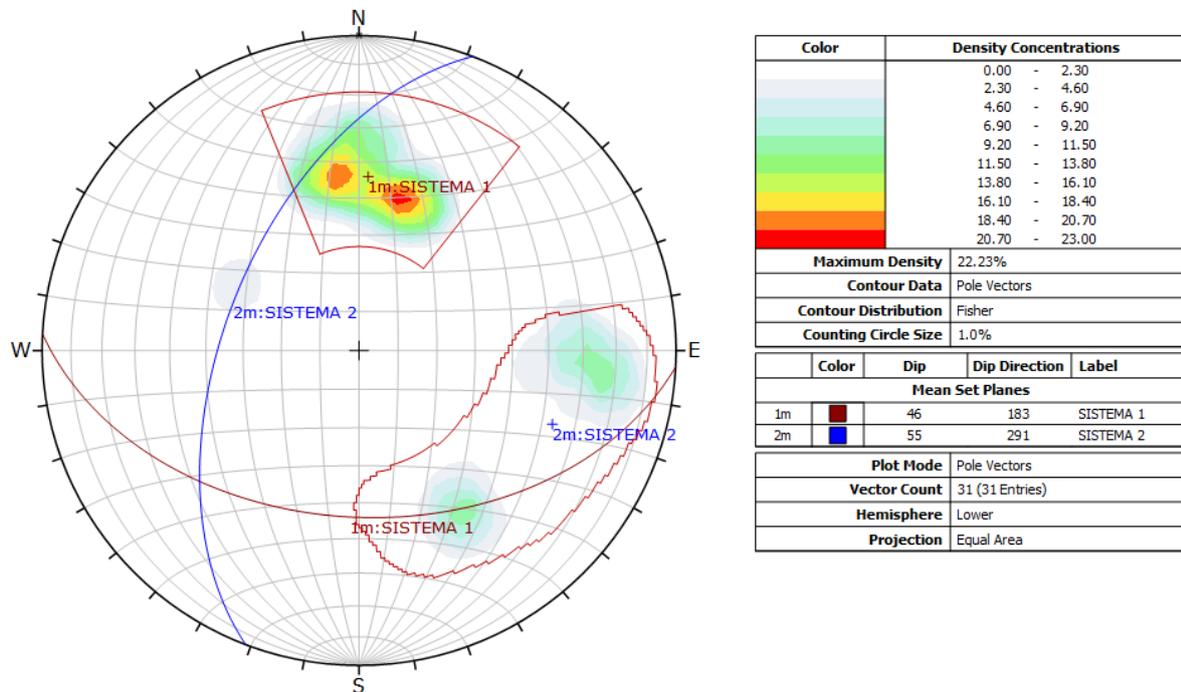


Figura 44. Representación las dos tendencias principales de falla asociada a las vetas mineralizadas.

4.1.3 Sistema de fallas y vetas.

En la zona se determinaron dos tipos de vetas, perteneciente a un mismo sistema de fallamiento de azimut N93° y un buzamiento 46°, en este sistema de fallamiento encontramos la veta las minas, la cual contiene minerales de mena tales como Ag, Pb, Zn y minerales de ganga Fe, S lo cual es económicamente rentable para su extracción mientras que en la veta las minas 2, tenemos una veta de óxidos tales como hematita, goetita jarosita con presencia de magnetita.

4.2 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Se demuestra que el control estructural del sistema de vetas zona Las Minas, centro poblado el Tingo, distrito Sorochuco, tiene la tendencia NW-SE la por lo que se encuentra la relación con la geología de la Cordillera de los Andes que caracteriza a las macro estructuras del Corredor Chicama Yanacocha y falla el Punre Canchis Magistral, los cuales presentan un control estructural andina NW- SE, donde se encuentra las vetas con contenido de plata, plomo y zinc en roca sedimentarias carbonatadas del cretácico y Volcánico Calipuy, los mismos que se originaron durante los pulsos compresivos Incaica IV, Quechua I, Quechua II, Quechua III en el cretácico al Paleógeno Neógeno; en las que encontramos minerales de mena tales como Ag, Pb, Zn, y minerales de ganga, Fe, S, mientras en estructuras paralelas solo hay depositación de minerales de óxidos tales como magnetita, hematita, goetita, con lo cual se contrasta la hipótesis planteada.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

El control estructural y sistema de vetas en la zona Las Minas Centro poblado El Tingo, distrito Sorochuco -Celendín está conformado por dos sistemas principales, los cuales controlan la mineralización el sistema azimuth de N93° y un buzamiento de 46° el cual está asociado a la mineralización y el segundo sistema NE-SW, es el que ha generado el desplazamiento.

Con el cartografiado geológico, determino los depósitos, rocas volcánicas pertenecientes al volcánico Porculla, rocas sedimentarias del cretácico inferior, domos subvolcanicos de dioritas y diques de pórfido andesitas.

El mapa geológico y estructural determina los sistemas de fallas que controlan la mineralización y también las litologías que han influido dentro de este sistema de vetas mineralizado.

Los controles de la litología están delimitados por calizas de la Formación Chulec, y domos de dioritas y diques de pórfido andesitas los cuales cortaron los bancos de caliza, generando el ambiente favorable para la depositación de minerales.

Las estructuras principales del desplazamiento son de tipo normales con dirección E-W y NE-SW a excepción de la falla el monte.

Los sistemas de vetas las minas pertenecen a un ambiente de baja sulfuración y en estas estructuras mineralizadas son de bajo ángulo con tendencia a mateo en profundidad, estas estructuras tienen alta ley de Ag, Pb, Zn, y en otros casos solo están rellenas con óxidos, pero con baja ley de Au.

5.2 RECOMENDACIONES

A los mineros artesanales de las minas se les recomienda el estudio geoquímico el cual permitirá determinar la variación de algunos elementos encontrados en la zona.

Realizar un estudio de plan de minado y Cubicación del yacimiento para determinar la cantidad de mineral en la zona.

Realizar un estudio petrográfico y de TerraSpec como trabajo complementario a la investigación, permitirá una mejor interpretación sobre las edades de cada tipo de roca.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Belóúsov, V. (1979).** Geología Estructural (segunda edición ed.). (E. MIR, Ed., & V. L. MAS, Trad.) Moscú, Moscú, Rusia: editorial MIR.
- Billings, P. (1974).** Geología Estructural. Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina: Editorial universitaria de Buenos Aires. Recuperado el 10 de mayo de 2023
- Babín V., y Gómez O., (2010).** Problemas de Geología Estructural. Madrid: Universidad Rey Juan Carlos.
- Becerra V., (2017).** Caracterización estructural de la cuenca mesozoica arequipa en pachía (36v) y palca (36x) mediante análisis microtectónico e integración con información sísmica del. Cajamarca.
- Billings, M., (1974).** Geología estructural (Cuarta edición ed.). Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina: Editorial Universitaria de Buenos Aires. Recuperado el 24 de 11 de 2022
- Cornejo, R. (2008).** Geoquímica Isotópica de Plomo en los Pórfidos Miocénicos del Norte del Perú – Región Cajamarca. Lima, Lima, Perú, de <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/3220>
- Caycho V., (2019).** Análisis estructural de la configuración relacionada con la mineralización Cordillera Negra, región Ancash. Lima, Lima, Perú.
- Haakon, F. (2016).** STRUCTURAL GEOLOGY (Vol. Segunda edición). (C. University, Ed.) Obtenido de https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-structural-geology_1.pdf
- Jordán, L., y Gilda, M. (2019).** Análisis estructural y paragenético de las vetas auríferas sangre de toro, santa rosa y el viento, de la minera chaluane, distrito de san juan de chorunga, camana - arequipa. cusco. Recuperado el 10 de enero de 2023, de <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/4490>
- Machuca C. (2022).** Control estructural en los procesos de mineralización del. Cajamarca.

- Lillo, J., y Oyarzun, R. (2013).** Geología estructural aplicado a la minería y explotación minera. madrid, madrid, españa. recuperado el 10 de abril de 2022
- Oyarzun, R., y Cubas, P. (2013).** Geología Estructural Aplicada a la Minería y Exploración Minera. Móstoles – España.
- Philips, F., (1971).** La Aplicación de la Proyección en la Geología Estructural.
- Quispe B., (2018).** Determinación de esfuerzos principales mediante proyecciones estereográficas, nivel 2670 minera aurífera retamas – marsa, la libertad. Cajamarca.
- Reyes, R., (1980).** Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, san marcos y Cajabamba. instituto geológico minero y metalúrgico.
- Rivera Mantilla, H. (2011).** Geología General. Lima, Lima, Perú: Megabyte. Recuperado el 13 de abril de 2022, de www.editorialmegabyte.com
- Robles, M. (2009).** Control estructural y potencial exploratorio del distrito minero Conga, Cajamarca – Perú. Lima, Lima, Lima. Recuperado de <https://edupointvirtual.com/wp-content/uploads/2020/03/Control-Estructural-y-Potencial-Exploratorio-del-Distrito-Minero-de-Conga-Cajamarca.pdf>
- Spelucín E., (2017).** Caracterización petrológica de la Formación Porculla (grupo Calipuy), Cumbemayo, Cajamarca. Cajamarca. Recuperado el 6 de enero de 2023, de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1534>
- Tarbuck, E., y K. Lutgens, F. (2013).** Ciencias de la Tierra, una introducción a la geología física (Décima edición ed.). (A. traducciones, Trad.) Madrid, España, España, recuperado de https://www.buscalibre.pe/libro-ciencias-de-la-tierra-eduard-j-tarbuck-pearson/9788490353097/p/32487618?gclid=EAlalQobChMIkMr3x-KE9wIVFEBIAB35cwNpEAQYAiABEgJYyvD_BwE
- Tomás J, y et al., (2002).** Aplicaciones de la proyección estereográfica en ingeniería geológica. España.

ANEXOS

1. tablas de descripción petrográfica macroscópica de rocas
2. Álbum de fotos.
3. Plano de ubicación
4. Plano geológico local.
5. Plano geología estructural.
6. Perfil geológico.
7. Plano geomorfológico
8. Plano de concesión

Tabla 12. Descripción petrográfica macroscópica del afloramiento de dioritas

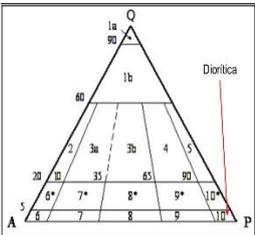
PETROGRAFÍA MACROSCÓPICA DE ROCAS IGNEAS							
COORDENADAS: Longitud: 795500 Latitud: 9233915 Cota: 3816 msnm.							
N° Muestra: 1							
I. ASPECTOS GENERALES							
Color de sup. Intemperizada: gris							
Color de sup. Fresca: gris verdoso							
Brillo: opaco							
Dureza: 5 a 6							
Fractura: irregular							
Reacción con HCl: si reacciona							
II. ELEMENTOS TEXTURALES							
Grado de cristalización: hipocristalina							
Grado de visibilidad: sub fanerítica							
Tamaño abs. de los cristales: fino							
Tamaño relativo de los cristales: inequigranulares							
Geometría de los cristales: anhedrales							
III. CLASIFICACIÓN							
Por el contenido de sílice: ácida							
Por el color: leucocrática							
IV. TEXTURAS						V. ESTRUCTURAS	
Aplítica						Masivo	
Felsítica							
VI. COMPOSICIÓN MINERALÓGICA:							
MINERALES ESCENCIALES	%	% CORREGIDO	MINERALES ACCESORIOS	%			
Feldespatos K	2	2.35	Hornblenda	10			
Plagioclasas	80	94.08	Biotita	5			
Cuarzo	3	3.52					
TOTAL:	85	100		15			
MINERALES SECUNDARIOS			Pirita, bornita, calcopirita, clorita, epidota Granate grosularia, óxidos de hierro hematita				
VII. NOMBRE DE LA ROCA			DIORITA				

Tabla 13. Descripción petrográfica macroscópica del afloramiento de pórfido andesita

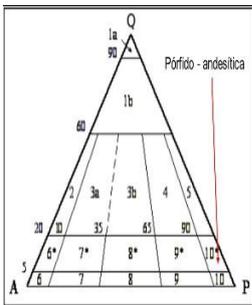
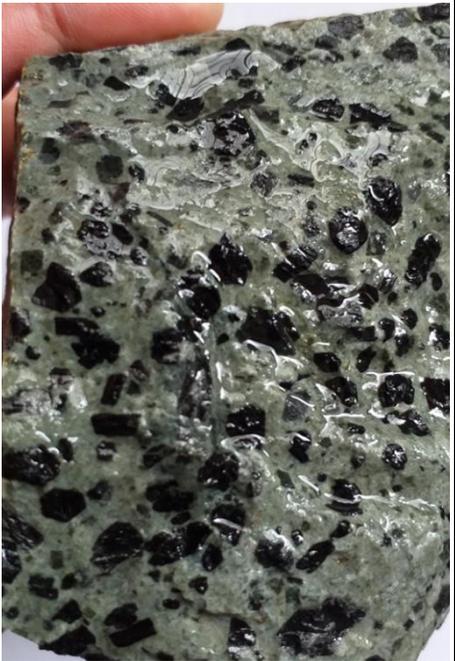
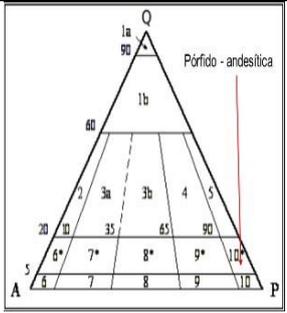
PETROGRAFÍA MACROSCÓPICA DE ROCAS IGNEAS				
COORDENADAS: ESTE: 795043 NORTE: 9233199 Cota: 3609 msnm.				
N° Muestra: 1				
I. ASPECTOS GENERALES				
Color de sup. Intemperizada: gris verdosa				
Color de sup. Fresca: gris clara, verdosa				
Brillo: opaco				
Dureza: 5 a 6				
Fractura: irregular				
Reacción con HCl: no reacciona				
II. ELEMENTOS TEXTURALES				
Grado de cristalización: hipocristalina				
Grado de visibilidad: sub fanerítica, afanítica				
Tamaño abs. de los cristales: medio a fino				
Tamaño relativo de los cristales: inequigranulares				
Geometría de los cristales: subhedral, anhedral				
III. CLASIFICACIÓN				
Por el contenido de sílice: ácida				
Por el color: leucocrática				
IV. TEXTURAS				
Porfírica		Masiva		
Afanítica				
pirotáxica				
VI. COMPOSICIÓN MINERALÓGICA:				
MINERALES ESCENCIALES	%	% CORREGIDO	MINERALES ACCESORIOS	%
Feldespatos K	1	1.43	Hornblenda	25
Plagioclasas	64	91.43	Augita	5
Cuarzo	5	7.14		
TOTAL:	70			30
				
MINERALES SECUNDARIOS			Pirita, epidota, clorita, óxidos de hierro limonita, jarosita	
			Presenta abundante epidota	
VII. NOMBRE DE LA ROCA			PÓRFIDO - ANDESÍTICA	

Tabla 14. Descripción petrográfica macroscópica del afloramiento pórfido andesita

PETROGRAFÍA MACROSCÓPICA DE ROCAS IGNEAS							
COORDENADAS: Longitud: 795878 Latitud: 9233553 Cota: 3577 msnm.							
N° Muestra: 2							
I. ASPECTOS GENERALES							
Color de sup. Intemperizada: verde oscuro							
Color de sup. Fresca: gris verdosa							
Brillo: opaco							
Dureza: 5 a 6							
Fractura: irregular							
Reacción con HCl: no reacciona							
II. ELEMENTOS TEXTURALES							
Grado de cristalización: hipocristalina							
Grado de visibilidad: afanítica							
Tamaño abs. de los cristales: muy fino							
Tamaño relativo de los cristales: inequigranulares							
Geometría de los cristales: anhedrales							
III. CLASIFICACIÓN							
Por el contenido de sílice: básica							
Por el color: mesocrática							
IV. TEXTURAS						V. ESTRUCTURAS	
Porfírica						Masiva	
Felsítica							
Pirotáxica							
VI. COMPOSICIÓN MINERALÓGICA:							
MINERALES ESCENCIALES	%	% CORREGIDO	MINERALES ACCESORIOS	%			
Feldespatos K	1	1.67	Hornblenda	40			
Plagioclasas	56	93.33					
Cuarzo	3	5					
TOTAL:	60	100		40			
MINERALES SECUNDARIOS			Pirita, bornita, epidota, óxidos de hierro limonita				
			Pirita presente mayormente en fracturas				
VII. NOMBRE DE LA ROCA			PÓRFIDO – ANDESÍTICA				

Álbum de fotos

Afloramiento Formación Chulec, en la parte superior de cerro Quishuarconga, el cual se encuentra en contacto con andesitas.

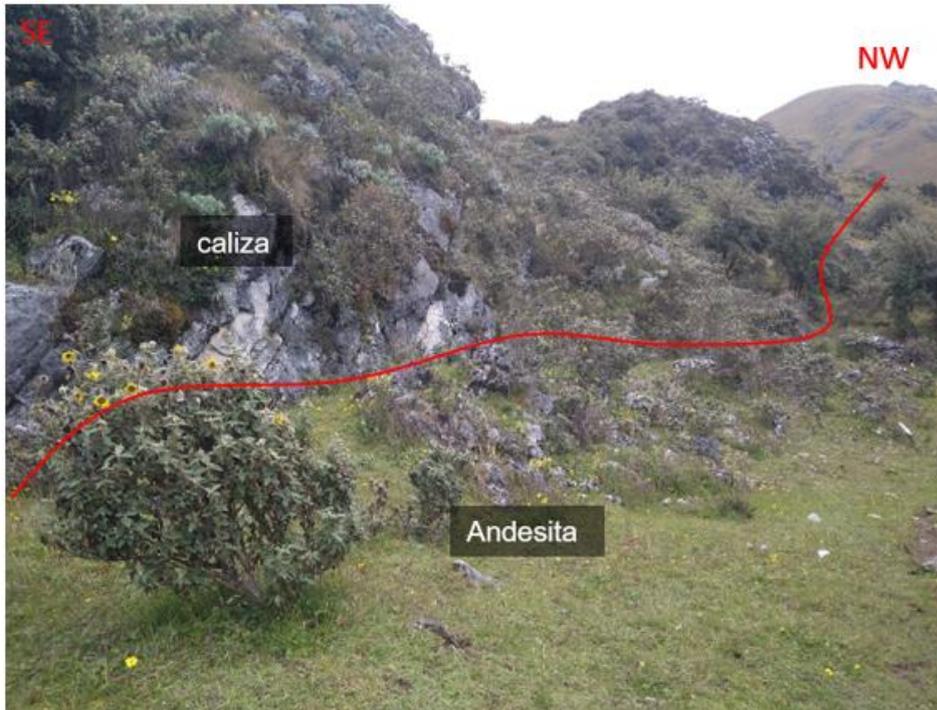


Foto las minas vistas de las labores existentes en la zona.



Zona hidrotermal con presencia de magnetitas y alta presencia de pirita y puntos de calcopirita, bornita.



Andesitas con contenido de hornblendas y biotitas, con fracturas rellenas de pirita a lado Este de la falla Quishuar



Afloramiento de roca caliza en el cerro Quishuarconga al norte de la zona de estudio.



Se muestra un afloramiento de rocas sub volcánicas pórfido andesíticas, el cual presentan fenocristales de hornblenda.



Veta las Minas labor donde se extrae mineral Ag, Pb, Zn .



Falla el Quishuar normal qui

