



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica

Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

Análisis estructural de la configuración relacionada con la mineralización Cordillera Negra, región Ancash – Perú

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Geólogo

AUTOR

Yordy Jesús CAYCHO VILCA

ASESOR

Juan Manuel ELESCANO YUPANQUI

Lima, Perú

2019



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Caycho, Y. (2019). *Análisis estructural de la configuración relacionada con la mineralización cordillera negra, región Ancash – Perú*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo. Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

HOJA DE METADATOS COMPLEMENTARIOS

CODIGO ORCID DEL AUTOR: No tiene

CODIGO ORCID DEL ASESOR: 0000-0002-3009-8542

DNI: 47069324

GRUPO DE INVESTIGACIÓN: No tiene

INSTITUCIÓN QUE FINANCIA PARCIAL O TOTALMENTE LA INVESTIGACIÓN:

Autofinanciado

UBICACIÓN GEOGRÁFICA DONDE SE DESARROLLÓ LA INVESTIGACIÓN. DEBE INCLUIR LOCALIDADES Y COORDENADAS GEOGRÁFICAS

El área de interés se encuentra en el departamento de Ancash, abarcando las localidades de Huaraz, Carhuaz y Aija; comprendido entre 9°15' y 9°30' LS y los 77°45' y 77°30' LW

AÑO O RANGO DE AÑOS QUE LA INVESTIGACIÓN ABARCÓ:

Marzo 2018 – Marzo 2019



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA

Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO **PROFESIONAL DE INGENIERO GEÓLOGO**

En el Salón de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, el día viernes 14 de junio del año 2019, siendo las 17:00 horas, en presencia de los señores docentes designados como miembros del Jurado Calificador:

Dr. CIRO SERGIO BEDIA GUILLEN

(Presidente de Jurado)

DR. TOMAS EZEQUIEL GALLARDAY BOCANEGRA

(Miembro de Jurado)

Ing. MANUEL ZEA AYALA

(Miembro de Jurado)

Reunidos para el acto académico público de colación de la Tesis del Bach. **YORDY JESÚS CAYCHO VILCA**, quien sustentará la Tesis titulada: **"ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA CONFIGURACIÓN RELACIONADA CON LA MINERALIZACIÓN CORDILLERA NEGRA, REGIÓN ANCASH – PERÚ"**, para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Geólogo.

Los miembros del Jurado, escuchada la sustentación respectiva, plantearon al graduando las observaciones pertinentes, que fueron absueltas:

A SATISFACCIÓN DEL JURADO

El Jurado procedió a la calificación, cuyo resultado fue:

APROBADO POR UNANIMIDAD CON NOTA (17) diecisiete.

Habiendo sido aprobada la Sustentación de Tesis por el Jurado Calificador, el Presidente recomienda que la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, proponga se le otorgue el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEÓLOGO** al Bach **YORDY JESÚS CAYCHO VILCA**.

Siendo las 19:00 horas se dio por concluido el acto académico, expidiéndose dos (02) Actas Originales de la Sustentación de la Tesis.

Ciudad Universitaria, 14 de junio del 2019


DR. CIRO SERGIO BEDIA GUILLEN
PRESIDENTE DE JURADO


ING. MANUEL ZEA AYALA
MIEMBRO DE JURADO


DR. TOMAS EZEQUIEL GALLARDAY BOCANEGRA
MIEMBRO DE JURADO


ING. MANUEL ELESCANO YUPANQUI
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios, por guiarme día a día

A mis padres, quienes me
brindan su apoyo y su
amor.

AGRADECIMIENTOS

La presente tesis para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo fue realizado de manera independiente. Agradezco al Ing. Alberto Torres por las indicaciones y recomendaciones para dar inicio a este tema y sobre todo por transmitir sus conocimientos, experiencias y sugerencias a lo largo del desarrollo de la tesis.

Agradezco al asesor académico de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Ing. Manuel Elescano Yupanqui, por las sugerencias y recomendaciones en las correcciones, los cuales fueron determinantes para el presente estudio de investigación.

Sin antes, agradecer y mencionar a la Ing. Fabiola Castro Fernández por su apoyo, aliento y amor incondicional, tanto en el desarrollo de la tesis como en el aspecto personal.

No puedo olvidar agradecer al Ing. Jhon Fernández Bernardo, ex - compañero y jefe de trabajo en Cía. Minera Ares por los equipos proporcionados para las campañas de campo, importantes en el desarrollo de la tesis.

Agradecer a cada miembro del jurado calificador de esta tesis, quienes me han apoyado y rectificado en cada capítulo y han hecho que este proyecto de investigación sea exitoso.

Asimismo, agradecer a cada miembro de mi familia, quienes me apoyaron moralmente para la culminación de la tesis.

ÍNDICE

Dedicatoria.....	1
Agradecimientos.....	2
Índice.....	3
Listado de Figuras.....	8
Listado de Mapas.....	12
Listado de Tablas.....	13
Resumen.....	14
Abstract.....	16
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	
1.1. Sumario y Presentación.....	18
1.2. Generalidades.....	19
1.3. Antecedentes y Estudios Previos.....	21
1.4. Contexto Geológico.....	24
CAPITULO II METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
2.1. Situación Problemática.....	24
2.2. Formulación del Problema	
2.2.1. Problema General.....	25
2.2.2. Problema Específico.....	25
2.3. Justificación de la Investigación	
2.3.1. Justificación Teórica.....	25
2.3.2. Justificación Práctica.....	25

2.4. Objetivos de la Investigación	
2.4.1. Objetivo General.....	25
2.4.2. Objetivo Específico.....	26
2.5. Hipótesis	
2.5.1. Hipótesis General.....	26
2.5.2. Hipótesis Específicas.....	26
2.6. Variables.....	26
2.7. Metodología de la Investigación	
2.7.1. Recopilación de Información.....	26
2.7.2. Trabajo de Campo.....	27
2.7.3. Análisis de Gabinete.....	27

CAPITULO III MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes	
3.1.1. Nacionales.....	28
3.1.2. Internacionales.....	29
3.2. Marco Conceptual.....	30

CAPITULO IV MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

4.1. Geomorfología	
4.1.1 Generalidades.....	48
4.2. Estratigrafía	
4.2.1. Facies Orientales o de Plataforma	
I) Grupo Goyllarisquizga.....	49
4.2.2. Facies Occidentales o de Cuenca	
I) Formación Chimú.....	50
II) Formación Santa.....	50

III) Formación Carhuaz.....	50
4.2.3. Formaciones Calcáreas	
IV) Formación Pariahuanca.....	50
V) Formación Chulec.....	51
VI) Formación Pariatambo.....	51
4.2.4. Rocas Volcánicas	
VII) Grupo Calipuy.....	51
VIII) Formación Yungay.....	52
4.2.5. Depósitos Cuaternarios.....	52
4.2.6. Rocas Intrusivas	
IX) Batolito de la Costa.....	52
4.3. Geología Histórica	
4.3.1. Generalidades.....	54
4.4. Geología Estructural	
4.4.1. Generalidades.....	57
4.5. Magmatismo	
4.5.1. Centros Volcánicos en el Área de Estudio.....	63
4.5.2. Descripción Litológica de los Complejos Volcánicos en el Área de Estudio	
4.5.2.1. Complejo Volcánico Huinoc – Alto Ruri.....	64
4.5.2.2. Centro Volcánico Huarancayoc.....	65
4.6. Metalogenia	
4.6.1. Franjas Metalogenéticas.....	66
4.6.2. Factores Condicionantes Para la Mineralización en el Área de Estudio.....	69
4.7. Geofísica	

4.7.1. Generalidades.....	70
4.7.2. Explicación Geofísica.....	71
4.8. Geoquímica	
4.8.1. Generalidades.....	72
4.8.2. Elemento Au.....	73
4.8.3. Elemento Ag.....	75
4.8.4. Elemento Cu.....	77
4.8.5. Elemento Fe.....	79
4.8.6. Elemento Pb.....	81
4.8.7. Elemento Zn.....	83
4.8.8. Análisis Estadístico.....	85
CAPITULO V	MARCO GEOLÓGICO LOCAL
5.1. Estratigrafía	
5.1.1. Generalidades.....	87
5.1.2. Estratigrafía Local.....	87
5.2. Geología de Campo	
5.2.1. Generalidades.....	90
5.2.2. Geología Local	
5.2.2.1. Zona 1: Mina Santo Toribio (Aija).....	93
5.2.2.2. Zona 2: Comunidad de Jangas.....	95
5.2.2.3. Zona 3: Comunidad de Amashca.....	97
5.3. Geología Estructural	
5.3.1. Generalidades.....	100
5.3.2. Análisis Estructural.....	101
5.3.3. Análisis Cinemático.....	104

5.3.4. Análisis Estadístico.....	111
5.3.5. Modelo Estructural.....	112
Conclusiones.....	116
Recomendaciones.....	118
Bibliografía.....	119
Anexos.....	121

LISTADO DE FIGURAS

<i>Figura 1. Esquema de la metodología de trabajo (Fuente: Autor).....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 2. Columna estratigráfica generalizada.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 3. Características geológicas de la Cordillera Negra (Tomado y adaptado de Torres & Enríquez, 1998).....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 4. Estructuras asociadas que se pueden encontrar en una zona de falla (Tomado y adaptado de Davis & Reynolds, 1996).....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 5. Relieves tipo pull apart y pop up (Tomado y adaptado de Davis y Reynolds, 1996)...</i>	<i>60</i>
<i>Figura 6. Mapa geológico por centros volcánicos – sector norte de la Cordillera Negra.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 7. Columna generalizada de los centros volcánicos cenozoico.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 8. Esquemas de secciones tectonomagmáticas del margen central de los Andes del Norte de Chile y Sur del Perú que muestran los rasgos relevantes de la formación de las fajas de Cu. (a) Arco de extensión o transtensión (Faja del Jurásico - medio – Cretáceo inferior). (b) Arco magmático neutral a extensión media (Faja del Paleoceno – Eoceno – inferior). (Sillitoe & Perelló, 2005).....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 9. Histograma – Elemento Au (ppb).....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 10. Gráfico Q-Q Normal – Elemento Au (ppb).....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 11. Histograma – Elemento Ag (ppm).....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 12. Gráfico Q-Q Normal – Elemento Ag (ppm).....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 13. Histograma – Elemento Cu (ppm).....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 14. Gráfico Q-Q Normal – Elemento Cu (ppm).....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 15. Histograma – Elemento Fe (%).....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 16. Gráfico Q-Q Normal – Elemento Fe (%).....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 17. Histograma – Elemento Pb (ppm).....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 18. Gráfico Q-Q Normal – Elemento Pb (ppm).....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 19. Histograma – Elemento Zn (ppm).....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 20. Gráfico Q-Q Normal – Elemento Zn (ppm).....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 21. Gráficos de Dispersión.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 22. Afloramiento de calizas grises oscuras con venillas de calcita – Formación Santa (Grupo Goyllarisquizga). Ubicación: Alrededores de la mina de yeso San Martín.....</i>	<i>89</i>

<i>Figura 23. Afloramiento de areniscas gris verdosas con intercalación de niveles finos de lutitas y limolitas – Formación Carhuaz (Grupo Goyllarisquizga). Ubicación: Carretera camino a Amashca.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 24. Afloramiento de lavas andesíticas piroclásticas – Formación Ututo (Grupo Calipuy). Ubicación: Alrededores de la Mina Santo Toribio.....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 25. Afloramiento de andesitas porfíricas – Formación Ututo (Grupo Calipuy). Ubicación: Alrededores de la Mina Pierina.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 26. Afloramiento de aglomerados volcánicos – Formación Chururo (Grupo Calipuy). Ubicación: Alrededores de la Mina Lincuna – Carretera hacia Aija.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 27. Afloramiento de lavas andesíticas. Silicificación y argilización moderados – Formación Ututo (Grupo Calipuy). Ubicación: Alrededores del yacimiento mineral Santo Toribio.....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 28. Vista de Google Earth de la Zona 1. Se observa los yacimientos minerales Santo Toribio y Pierina.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 29. Cartografiado geológico Mina Santo Toribio – Aija. Escala: 1/10000.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 30. Sección geológica A – A'. Escala: 1/10000.....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 31. Afloramiento de la formación Carhuaz (Grupo Goyllarisquizga) – Areniscas grises con intercalaciones de limolitas. Ubicación: Cercanías de la localidad de Amashca.....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 32. Vista de Google Earth de la Zona 2. Se observa el yacimiento mineral de Corfa Tres.....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 33. Cartografiado geológico Comunidad de Jangas. Escala: 1/10000.....</i>	<i>99</i>
<i>Figura 34. Sección geológica B – B'. Escala: 1/10000.....</i>	<i>100</i>
<i>Figura 35. Zona de contacto entre la formación Carhuaz y la formación Santa (Grupo Goyllarisquizga). Ubicación: Alrededores de la Mina San Martín – Localidad de Amashca....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 36. Vista de Google Earth de la Zona 3. Se observa los yacimientos San Martín y Judith Florencia.....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 37. Cartografiado geológico Comunidad de Amashca. Escala: 1/10000.....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 38. Sección geológica C – C'. Escala: 1/10000.....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 39. Falla inferida con dirección preferente NW – SE, corresponde a sistemas de fallas paralelas al sistema de fallas Huaraz - Recuay. Azimut: N 295°. Ubicación: Alrededores de la Mina Santo Toribio.....</i>	<i>106</i>
<i>Figura 40. Sistema de Fallas Huaraz – Recuay con dirección preferente NW – SE (Borde extremo del Sistema Estructural Ancash en el sector occidental). Azimut: N 120°. Ubicación: Alrededores de la Mina Santo Toribio.....</i>	<i>106</i>

<i>Figura 41. Lineamiento estructural con dirección preferente NE – SW (Posible fractura riedel R2, el cual tiene un ángulo de 75° respecto de la falla principal). Azimut: N 210°. Ubicación: Ruta Huaraz – Coris.....</i>	<i>107</i>
<i>Figura 42. Lineamiento estructural con dirección preferente NE - SW. Azimut: N 225°. Ubicación: Ruta Huaraz – Aija.....</i>	<i>107</i>
<i>Figura 43. Lineamientos estructurales. L1 con sentido preferente NW – SE. Azimut: N 320° (Paralelo al Río Santa) L2 con sentido preferente NE - SW. Azimut: N 205° (Riedel R1). Ubicación: Camino a Tayapampa.....</i>	<i>108</i>
<i>Figura 44. Red de Schmidt. Ubicación referencial: Mina Santo Toribio. Obsérvese que se tienen 4 sistemas en los cuales predominan los sistemas con direcciones preferentes NW – SE y NE – SW.....</i>	<i>109</i>
<i>Figura 45. Red de Schmidt. Ubicación referencial: Comunidad de Jangas. Obsérvese que se tienen 4 sistemas en los cuales predomina la dirección preferente NE – SW.....</i>	<i>110</i>
<i>Figura 46. Diagrama de Rosetas. Ubicación referencial: Comunidad de Jangas. Obsérvese que todos los sistemas tienen dirección preferente NE – SW.....</i>	<i>110</i>
<i>Figura 47. Red de Schmidt. Ubicación referencial: Camino a Comunidad de Amashca. Obsérvese que se tienen 2 sistemas con direcciones preferentes NE – SW y NW – SE respectivamente.....</i>	<i>111</i>
<i>Figura 48. Diagrama de Rosetas. Ubicación referencial: Camino a Comunidad de Amashca. Obsérvese que el sistema con mayor porcentaje tiene una dirección preferente NW – SE....</i>	<i>111</i>
<i>Figura 49. Red de Schmidt. Ubicación referencial: Mina de Yeso San Martín (Amashca). Obsérvese que los 2 sistemas tienen direcciones preferentes NW – SE.....</i>	<i>112</i>
<i>Figura 50. Diagrama de Rosetas. Ubicación referencial: Mina de Yeso San Martín (Amashca). Obsérvese que el sistema con mayor porcentaje tiene una dirección preferente NW – SE....</i>	<i>112</i>
<i>Figura 51. Red de Schmidt. Ubicación referencial: Mina Lincuna (Aija). Obsérvese que los 2 sistemas tienen direcciones preferentes NW – SE.....</i>	<i>113</i>
<i>Figura 52. Diagrama de Rosetas. Ubicación referencial: Mina Lincuna (Aija). Obsérvese que el sistema con mayor porcentaje tiene una dirección preferente NW – SE.....</i>	<i>114</i>
<i>Figura 53. Red de Schmidt. Análisis general, en el cual los sistemas tienen una direcciones preferentes NE – SW y NW – SE respectivamente.....</i>	<i>114</i>
<i>Figura 54. Diagrama de Rosetas. Análisis general, los mayores porcentajes tienen las direcciones preferentes NE – SW y NW – SE respectivamente.....</i>	<i>115</i>

<i>Figura 55. Histograma de frecuencia acumulada – Azimut.....</i>	<i>115</i>
<i>Figura 56. Histograma de frecuencia acumulada – Dip (Buzamiento).....</i>	<i>115</i>
<i>Figura 57. Sección geológica D – D´. Geología tomada del INGEMMET. Escala: 1/100000....</i>	<i>120</i>

LISTADO DE MAPAS

<i>Mapa 1. Mapa de ubicación. Escala: 1/1000,000.....</i>	<i>20</i>
<i>Mapa 2. Mapa geográfico. Escala: 1/100,000.....</i>	<i>21</i>
<i>Mapa 3. Mapa geomorfológico. Escala: 1/100,000.....</i>	<i>49</i>
<i>Mapa 4. Mapa geológico. Escala: 1/100,000.....</i>	<i>53</i>
<i>Mapa 5. “Sistema Estructural Ancash”. Escala: 1/100,000.....</i>	<i>61</i>
<i>Mapa 6. Mapa estructural. Escala: 1/100,000.....</i>	<i>62</i>
<i>Mapa 7. Mapa metalogenético. Escala: 1/100,000.....</i>	<i>69</i>
<i>Mapa 8. Mapa isovalórico en relación con el elemento Au (ppb). Escala: 1/100,000.....</i>	<i>74</i>
<i>Mapa 9. Mapa isovalórico en relación con el elemento Ag (ppm). Escala: 1/100,000.....</i>	<i>76</i>
<i>Mapa 10. Mapa isovalórico en relación con el elemento Cu (ppm). Escala: 1/100,000.....</i>	<i>78</i>
<i>Mapa 11. Mapa isovalórico en relación con el elemento Fe (%). Escala: 1/100,000.....</i>	<i>80</i>
<i>Mapa 12. Mapa isovalórico en relación con el elemento Pb (ppm). Escala: 1/100,000.....</i>	<i>82</i>
<i>Mapa 13. Mapa isovalórico en relación con el elemento Zn (ppm). Escala: 1/100,000.....</i>	<i>84</i>
<i>Mapa 14. Mapa de ubicación de zonas de trabajo. Escala: 1/100,000.....</i>	<i>93</i>
<i>Mapa 15. Modelo estructural propuesto denominado Sistema Estructural Ancash. Escala: 1/100000.....</i>	<i>119</i>

LISTADO DE TABLAS

<i>Tabla 1. El ángulo de subducción de la Placa Oceánica según diversos autores.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 2. Estadísticos descriptivos – Elemento Au (ppb).....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 3. Estadísticos descriptivos – Elemento Ag (ppm).....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 4. Estadísticos descriptivos – Elemento Cu (ppm).....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 5. Cuadro de estadísticos descriptivos – Elemento Fe (%).....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 6. Cuadro de estadísticos descriptivos – Elemento Pb (ppm).....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 7. Cuadro de estadísticos descriptivos – Elemento Zn (ppm).....</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 8. Cuadro de Correlación de Pearson.....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 9. Estadísticos descriptivos – Azimut.....</i>	<i>116</i>
<i>Tabla 10. Estadísticos descriptivos – Dip (Buzamiento).....</i>	<i>116</i>

RESUMEN

El objetivo principal del presente estudio es proponer 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 y al sistema de fallas de la Cordillera Blanca en su sector oriental. Asimismo se tienen fracturas riedels R1 (Fracturas que tienen un ángulo de 15° de orientación respecto del plano principal de falla) y riedels R2 (Fracturas que tienen un ángulo de 75° de orientación respecto del plano principal de falla). Todo este conjunto de fallas permite interpretar y explicar la presencia de yacimientos minerales en la Cordillera Negra.

La presente Tesis tiene como objetivo optar el Título Profesional de Ingeniero Geólogo de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, para lo cual se ha propuesto un modelo estructural que explique la presencia de yacimientos minerales en una determinada área de estudio.

La zona de estudio se encuentra en el norte del Perú, sector norte de la región Ancash emplazada en las laderas de la Cordillera Negra y parte de la Cordillera Blanca.

La Cordillera Negra está compuesta en gran parte por el Grupo Calipuy, rocas sedimentarias del Cretáceo, asimismo afloramientos de intrusivos.

El contexto geológico indica que el grupo Calipuy fue emplazado desde el Eoceno hasta el Mioceno, compuesto por dos fases, que constituyen una fase efusiva y una fase explosiva, dando lugar a las formaciones Ututo y Chururo respectivamente (Torres, A. y Enríquez, J.; 1998). Asimismo puede considerarse al grupo Calipuy como uno de los metalotectos más importantes del Perú ya que ha dado las condiciones para la formación de distintos tipos de yacimientos minerales y por ello que alberga una cantidad considerable de ellos.

Para una mejor descripción geológica estructural del área de estudio, se dividió en tres zonas: Zona 1: Mina Santo Toribio (Aija), zona 2: Comunidad de Jangas y zona 3: Comunidad de Amashca. En cada una de estas zonas se realizó un

cartografiado geológico, travers y estaciones geomecánicas, donde se pudo tomar datos de orientación (Rumbo y buzamiento) de las estructuras presentes.

La identificación de la litología y la geología de estas zonas permitieron la construcción de mapas geológicos locales, secciones y proyección de planos en estereogramas. Con toda esta información se pudo llevar a cabo la elaboración de un modelo estructural denominado Sistema Estructural Ancash.

ABSTRACT

The objective of this study is to propose a structural model, which is a sigmoid of normal - sinister kinematics that has as guidelines or extreme edges the Huaraz - Recuay fault system in its western sector and the fault system of the Cordillera Blanca in its Eastern sector. Likewise, there are riedels fractures R1 (fractures that have an angle of 15 ° of orientation with respect to the main plane of failure) and R2 riedels (fractures that have an angle of 75 ° of orientation with respect to the main plane of failure). All this set of faults allows us to interpret and explain the presence of mineral deposits in the Cordillera Negra.

The objective of this thesis is to choose the Professional Title of Geological Engineer of the Faculty of Geological, Mining, Metallurgical and Geographic Engineering of the National University of San Marcos, for which a structural model that explains the presence of mineral deposits has been proposed. in a certain area of study.

The study zone is located in northern Peru, northern sector of the Ancash region located on the slopes of the Cordillera Negra and part of the Cordillera Blanca.

The Cordillera Negra is made up mostly of Calipuy Group, Cretaceous sedimentary rocks, and outcrops of intrusives.

The geological context indicates that the Calipuy group was emplaced from the Eocene to the Miocene, consisting of two phases, which constitute an effusive phase and an explosive phase, giving rise to the Ututo and Chururo formations respectively (Torres A. and Enríquez , 1998). The Calipuy group can also be

considered one of the most important meta-projects in Peru, since it has provided the conditions for the formation of different types of mineral deposits and therefore houses a considerable amount of them.

For a better structural geological description of the study area, it was divided into three zones: Zone 1: Santo Toribio Mine (Aija), zone 2: Community of Jangas and zone 3: Community of Amashca. In each of these areas geological mapping, travers and geomechanical stations were carried out, where it was possible to take orientation data (Bearing and dip) of the present structures.

The identification of the lithology and the geology of these zones allowed the construction of local geological maps, sections and projection of planes in stereograms. With all this information it was possible to carry out the elaboration of a structural model called Structural System Ancash.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Sumario y Presentación

La Cordillera Negra se caracteriza por la presencia de yacimientos polimetálicos, epitermales de baja y alta sulfuración, tipo pórfido y skarn ubicados en el sector occidental de los Andes centrales en el norte del Perú, particularmente en el departamento de Ancash tenemos: Hilarión, Hércules (polimetálicos), Pierina (epitermal HS), San Luis (epitermal LS), Santo Toribio (Epitermales indiferenciado), Los Latinos, Adriana y Magistral (tipo pórfido y skarn). Estas minas y yacimientos mineralizados se presentan en relación temporo-estructural localizadas en el Grupo Calipuy, definido como un metalotecto, dado que ofrece las condiciones para la formación de depósitos mineralizados, originado por deformaciones tectónicas durante la fase Quechua (Cenozoico) que permitió la formación del denominado Sistema estructural Ancash, dicho sistema será materia de estudio a lo largo del desarrollo de la presente investigación.

La franja metalogenética de depósitos epitermales de Au-Ag y polimetálicos con superposición epitermal del Mioceno. Se extiende en el dominio volcánico de la Cordillera Occidental a lo largo del territorio peruano. El principal yacimiento de esta franja es el depósito epitermal de alta sulfuración Pierina. Las estructuras están dominadas por fallas NW, pero también existen fallas transversales al rumbo andino que generalmente están relacionadas a vetas de baja sulfuración con enriquecimiento en Au-Ag (Cu-Pb-Zn). Los mejores exponentes de este tipo de depósitos están localizados en la Cordillera Negra, donde los epitermales están desarrollados en volcánicos cenozoicos del Grupo Calipuy (Rivera, 2008).

Asimismo, la otra franja que abarca una superficie considerable en el área de estudio es la franja de pórfidos Cu-Mo-Au, skarns y yacimientos polimetálicos relacionados con rocas intrusivas miocénicas. Está controlado por fallas inversas de rumbo NW - SE (Sistema de Fallas Tapacocha). Esta franja ha pasado por tres eventos geológicos de origen magmático relacionados con la mineralización, estimado en 22 – 20 Ma, 18 – 13 Ma y 10 – 5 Ma. El magmatismo se manifiesta con stocks calcoalcalinos (dioritas a granodioritas).

Los intrusivos con edades de 10 a 5 Ma, controlados por Sistemas de Fallas Tapacocha (NO-SE) y Sistema de Fallas Cushuro (NE-SW), en contacto con rocas calcáreas Cretácicas (9° - $12^{\circ}30'$) presentan yacimientos tipo skarn y yacimientos mineralizados de reemplazamiento de Pb-Zn-Ag (Rivera y Santisteban, 2008).

Estructuralmente, los yacimientos en el área de estudio comprendido entre los $9^{\circ} 15'$ y $9^{\circ} 30'$ LS y los $77^{\circ} 45'$ y $77^{\circ} 30'$ LW situado en la región Ancash, se propone que están controlados por un denominado “Sistema Estructural Ancash” que en el sector occidental incluyen el Sistema de Fallas Huaraz – Recuay y en el sector oriental el Sistema de Fallas de la Cordillera Blanca. Estas dos fallas regionales mencionadas delimitan el sistema estructural. Este sigmoide de cinemática sinistral ha dado lugar a fallas y fracturas de Riedel conjugadas R1 y R2). Cabe recalcar que en la intersección de dos fracturas de Riedel R1 y R2 se encuentra el yacimiento epitermal HS Pierina, de ahí la importancia del estudio de estas estructuras.

La zona de estudio ha sufrido cuatro fases de deformación, la primera fase dio lugar principalmente a una epirogénesis, mientras que la segunda y tercera fase se diferencian por desplazamientos horizontales y ascendentes, respectivamente. Finalmente, el ascenso del Plio-Cuaternario, se produjo por una epirogénesis. (Wilson y Reyes, 1995).

1.2 Generalidades

El presente trabajo es un resultado de una investigación que se inició en base a observaciones realizadas en imágenes satelitales donde se puede identificar elementos estructurales visibles y yacimientos minerales de gran importancia en el sector noroccidental del Perú, específicamente en la Cordillera Negra. Para ello se integró: Recopilación de información bibliográfica anterior y actual, trabajo de campo y un posterior análisis de gabinete.

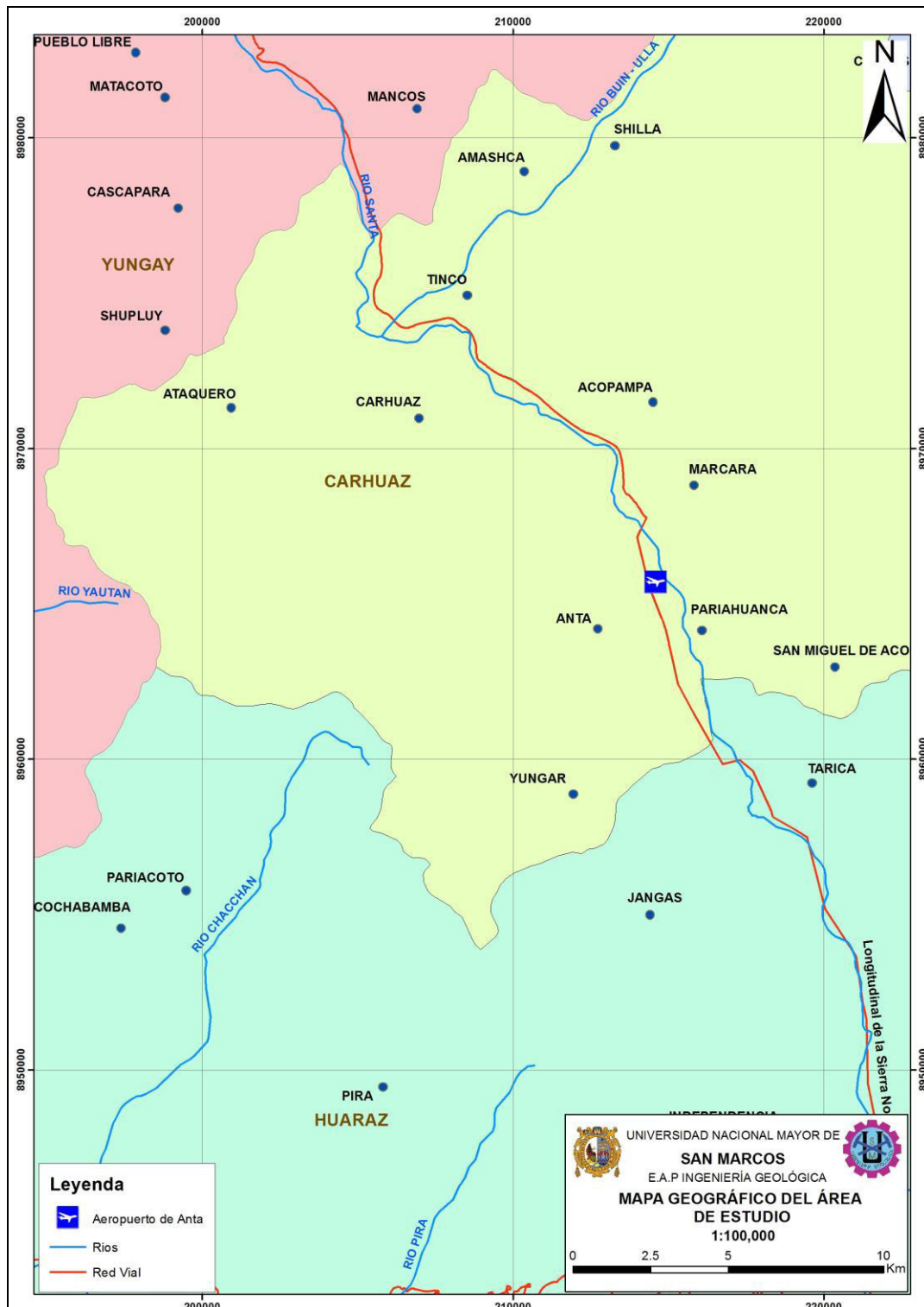
El área de interés se encuentra ubicado en el departamento de Ancash abarcando en su totalidad el cuadrángulo de Carhuaz (19h) y parte del cuadrángulo de Huaraz (20h) con una superficie aproximada 1000 km^2 de comprendido entre los $9^{\circ} 15'$ y $9^{\circ} 30'$ LS y los $77^{\circ} 45'$ y $77^{\circ} 30'$ LW.



Mapa 1. Mapa de ubicación (Tomado y adaptado del Instituto Geográfico Nacional (IGN))

El área a estudiar se encuentra en el noroeste del Perú (Mapa 1). Esta limita al sur con la provincia de Recuay, al este por la Cordillera Blanca, al oeste por la provincia de Casma y hacia el norte por la provincia de Yungay.

Para dirigirse hacia el área de estudio, se puede ir partiendo desde Lima por vía terrestre con un automóvil a través de la carretera longitudinal de la Sierra Norte o por vía aérea, desembarcando en el Aeropuerto de Anta, ubicado en la provincia de Carhuaz. (Mapa 2).



Mapa 2. Mapa geográfico. Se observa las principales localidades del área de estudio, abarcando las provincias de Huaraz, Carhuaz y parte de Yungay perteneciente a la región Ancash. (Fuente: Instituto Geográfico Nacional - IGN).

1.3 Antecedentes y Estudios Previos

La Cordillera Negra, ubicada en el sector noroccidental de los Andes en el departamento de Ancash, alberga más de 60 depósitos minerales. Éstos fueron objeto de estudio en el año 1947 por United States Geological Survey en cooperación con el Instituto Geológico del Perú, logrando explorar y luego explotar más de 15 pequeños depósitos. Minas como Huancapetí, Cocallcaca y Santa Elena fueron explotados por empresas extranjeras a gran escala durante estos años.

En 1957, Bolendos, A. y Straczet, J. en el boletín N° 1040 del Servicio Geológico de los Estados Unidos publicaron un trabajo de investigación titulado: “Base-Metal Deposits of the Cordillera Negra Departamento de Ancash, Perú” en el cual da a conocer la geología de la Cordillera Negra, sentando las bases para posteriores investigaciones del lugar. En este tratado abarca la estratigrafía, geología estructural, metalogenia y descripción de minas y prospectos que se encuentran en la Cordillera Negra.

En 1961, Cobbing, J.; Pitcher, W.; Wilson, J.; Baldeck, J.; Taylor, W.; McCourt, W. y Snolling, N. 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 da a conocer la estratigrafía, geología estructural, metalogenia y geoquímica de la Cordillera Occidental. Es importante dado que estudia al Grupo Calipuy respecto a su evolución geoquímica y geocronología. Además, divide al Grupo Calipuy en dos secuencias. Calipuy inferior y Calipuy superior.

En 1995, Wilson, J.; Reyes, L. y Garayar, J. publicaron en el Boletín N° 60 del INGEMMET titulado: “Geología de los Cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari. Dan a conocer la geomorfología, geología estructural, estratigrafía y metalogenia del área de estudio.

En 1998, Torres, A. y Enríquez, J. publicaron un trabajo de investigación titulado: “Características Estratigráficas y Estructurales Como Control de la Metalogenia en la Cordillera Negra” en el cual dan a conocer el desplazamiento del eje magmático en sentido oeste - este y dividen al Grupo Calipuy en las formaciones Ututo y Chururo respectivamente.

En 2010, Villarreal, E.; Rivera, R. y Santisteban, A. (INGEMMET) publicaron dos artículos como parte del XV Congreso de Geología titulado: “Características Metalogenéticas de la Cordillera Occidental en la Región Áncash” en el cual da a conocer la geología estructural y metalogenia de la Cordillera Negra y Cordillera Blanca en la referida región y “Potencial Económico de la Cordillera Occidental del Norte del Perú” en el cual da a conocer la metalogenia y evolución de los depósitos minerales existentes, así como las reservas y producción de las minas en operación.

En 2010, Chávez, L.; Navarro, P.; Rodríguez, F. y Martiarena, R. (INGEMMET) publicaron un artículo como parte del XV Congreso de Geología titulado: “Estratigrafía Volcánica del Grupo Calipuy (Volcanismo Cenozoico) – Sector Norte del Segmento Cordillera Negra, Región Áncash” en el cual identifica que el Volcánico Calipuy está compuesto por 4 centros volcánicos, 1 secuencia volcánica y 1 complejo volcánico. Y su relación con los yacimientos epitermales.

En 2010, Chávez, L.; Mamani, M.; Navarro, P.; Rodríguez, F. y Martiarena, R. (INGEMMET) publicaron un artículo como parte del XV Congreso de Geología titulado: “Variaciones Geoquímicas y Clasificación por Arcos Magmáticos de las Rocas Volcánicas del “Grupo Calipuy”: Cajamarca, La Libertad y Áncash, en el cual da a conocer la geocronología de los arcos magmáticos que conforman el Grupo Calipuy y las variaciones regionales del espesor de la corteza a través del tiempo en relación a los arcos magmáticos.

En 2015, Pajuelo D. expone su tesis titulado: “Magmatismo, Petrografía y Estratigrafía de los Depósitos Volcánicos Cenozoicos (Grupo Calipuy), en el Segmento Cordillera Negra, Sector Sur Ancash”, donde muestra la diferenciación de las unidades volcánicas en miembros litológicos para ubicar los posibles centros volcánicos y una reconstrucción tectónica respectiva.

En 2016, Chávez, L. publica su tesis titulado: “Estratigrafía y Geoquímica del Grupo Calipuy en la Cordillera Negra (8°45’S – 9°45’S) y su relación con los yacimientos minerales”, en el cual expone su nuevo estudio de la estratigrafía volcánica describiendo las facies volcánicas del Grupo Calipuy y ubica los probables centros de emisión. Asimismo, realiza una caracterización

geoquímica de las rocas volcánicas e intrusivas del área de estudio para verificar el ambiente tectónico de procedencia.

1.4 Contexto Geológico

El área de estudio está controlada por dos fallas regionales. Estos sistemas de fallas tienen direcciones preferentes NW-SE y NE-SW, asimismo los sistemas de pliegues tienen dirección preferente NW-SE.

Para fines de exploración, las dos unidades morfoestructurales presentes son: Cordillera Negra y Callejón de Huaylas en el cual afloran unidades litoestratigráficas desde el Mesozoico, correspondiente a unidades sedimentarias silicoclásticas del Grupo Goyllarisquiza, el cual se divide en las formaciones Chimú, Santa y Carhuaz respectivamente. Por otro lado, se tiene las formaciones calcáreas Pariahuanca, Chulec y Pariatambo. En lo que corresponde a rocas volcánicas se tiene al Grupo Calipuy del Mioceno que abarca una mayor extensión del área de estudio y a la formación Yungay (Neógeno) que aflora en el sector norte del área de estudio.

Si bien es cierto, que se ha producido la migración de un eje volcánico en sentido oeste – este por efectos de las fases Incaica y Quechua asociados a una alineación de cuerpos subvolcánicos (A. Torres y J. Enríquez, 1998) donde se han desarrollado los principales sistemas epitermales constituyendo los principales yacimientos de la provincia metalogénica de la Cordillera Negra.

La importancia del Grupo Calipuy se debe a que esta unidad alberga varios yacimientos minerales, especialmente en la Cordillera Negra, que aún no ha sido explorado desde el punto de vista de un modelo estructural propuesto y el objetivo de este trabajo es proporcionar aquel modelo para que posteriores investigaciones y exploraciones puedan descubrir yacimientos de tal magnitud, como es el caso de Pierina, un epitermal de alta sulfuración.

CAPITULO II

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Situación Problemática

Ausencia de un modelo estructural en el área de estudio que pueda explicar la presencia de yacimientos minerales, teniendo como fundamento la existencia de elementos estructurales que se puede observar en el campo.

2.2. Formulación del Problema

A la fecha no se tiene conocido que factor ha influenciado en la mineralización en el sector norte de la Cordillera Negra, región Ancash.

2.2.1. Problema General:

¿En qué medida el análisis estructural de la configuración relacionada con la mineralización contribuye al descubrimiento de nuevos yacimientos minerales en el sector norte de la Cordillera Negra?

2.2.2. Problema Específico:

¿Los sistemas de fallas explican la presencia de los yacimientos minerales metálicos en el sector norte de la Cordillera Negra, región Ancash?

2.3. Justificación de la Investigación

2.3.1. Justificación Teórica

- Presentar el estudio a la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica, Geográfica y Civil de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, a fin de sustentar y optar el título profesional de Ingeniero Geólogo.

2.3.2. Justificación Práctica

- Aportar en el estudio que puedan dar paso al descubrimiento de nuevos yacimientos minerales metálicos en el sector norte de la Cordillera, región Ancash - Perú.

2.4. Objetivos de la Investigación

2.4.1. Objetivo General

- Determinar el análisis estructural de la configuración relacionada con la mineralización que contribuya al descubrimiento de nuevos yacimientos minerales en el sector norte de la Cordillera Negra.

2.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar los sistemas de fallas que expliquen la presencia de yacimientos minerales en el sector norte de la Cordillera Negra.

2.5 Hipótesis

2.5.1. Hipótesis General

- El análisis estructural de la Cordillera Negra puede contribuir a explicar la existencia de yacimientos minerales descubiertos y otros aún por descubrir.

2.5.2. Hipótesis Específica

- El estudio de los sistemas de fallas presentes en el área de estudio tendría relación con los yacimientos minerales descubiertos y otros aún por descubrir.

2.6. Variables

- Variable independiente: Análisis estructural de la configuración relacionada con la mineralización.
- Variable dependiente: Cordillera Negra

2.7. Metodología de Investigación

La presente investigación se basará en las siguientes etapas previas:

2.7.1. Recopilación de Información

Búsqueda de información bibliográfica acerca de los temas relacionados al tema de la investigación y estudios anteriores realizados cerca o dentro del área de estudio.

El material de trabajo utilizado fue el siguiente:

- Imágenes LANDSAT procedentes del software SAS PLANET.
- Imágenes del software Google Earth

- Mapas geológicos a escala 1:100000 (INGEMMET)
- Base de datos de geoquímica (INGEMMET)
- Boletines geológicos del INGEMMET de los cuadrángulos del área de estudio.

Los materiales se utilizaron para realizar una interpretación propia e identificación de estructuras que puedan contribuir a la configuración geológica del área de estudio.

2.7.2. Trabajo de Campo

- Se eligió 03 zonas de interés por la geología y el interés económico por la presencia de yacimientos minerales. El cartografiado geológico se realizó en mapas base a escala 1:5,000, con ayuda de instrumentos como GPS, brújula, picota y lupa, con el objetivo de identificar y describir unidades litológicas, así como estructuras (Fallas, lineamientos, diaclasas, pliegues, etc.
- Estaciones geomecánicas para la toma de orientación de estructuras (Rumbo y buzamiento) con ayuda de instrumentos como GPS, brújula y protactor.
- Las descripciones de los afloramientos cuentan con ubicación GPS y fotografía.
- Secciones geológicas transversales representativas en cada zona.

2.7.3. Análisis de Gabinete

- Digitalización del cartografiado geológico y las secciones geológicas representativas en el software Arc Map 10.4.1.
- Sistematización de la información referente a las descripciones de campo y las fotografías.
- La columna estratigráfica fue corroborada con los afloramientos descritos en el trabajo de campo.

- Elaboración de proyecciones estereográficas en redes de Schmidt y diagramas de rosetas con información de orientaciones de estructuras, procedentes de las estaciones geomecánicas en el software Dips 6.0.
- Elaboración de un modelo estructural en el software Arc Map Geo 10.4.1 con información bibliográfica recopilada y con información de campo obtenida respectivamente.

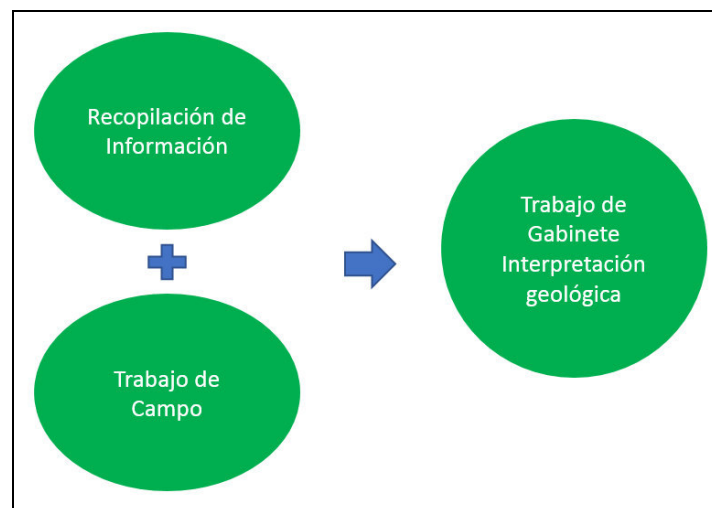


Figura 1. Esquema de la metodología de trabajo (Fuente: Autor)

CAPITULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes

3.1.1. Nacionales

En 1995, Wilson, J.; Reyes, L. y Garayar, J. publicaron en el Boletín N° 60 del INGEMMET titulado: "Geología de los Cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari. Dan a conocer la geomorfología, geología estructural, estratigrafía y metalogenia del área de estudio.

En 1998, Torres, A. y Enríquez, J. publicaron un trabajo de investigación titulado: "Características Estratigráficas y Estructurales Como Control de la Metalogenia en la Cordillera Negra" en el cual dan a conocer el desplazamiento del eje magmático en sentido oeste - este y dividen al Grupo Calipuy en las formaciones Ututo y Chururo respectivamente.

En 2010, Villarreal, E.; Rivera, R. y Santisteban, A. (INGEMMET) publicaron dos artículos como parte del XV Congreso de Geología titulado:

“Características Metalogenéticas de la Cordillera Occidental en la Región Áncash” en el cual da a conocer la geología estructural y metalogenia de la Cordillera Negra y Cordillera Blanca en la referida región y “Potencial Económico de la Cordillera Occidental del Norte del Perú” en el cual da a conocer la metalogenia y evolución de los depósitos minerales existentes, así como las reservas y producción de las minas en operación.

En 2010, Chávez, L.; Navarro, P.; Rodríguez, F. y Martiarena, R. (INGEMMET) publicaron un artículo como parte del XV Congreso de Geología titulado: “Estratigrafía Volcánica del Grupo Calipuy (Volcanismo Cenozoico) – Sector Norte del Segmento Cordillera Negra, Región Áncash” en el cual identifica que el Volcánico Calipuy está compuesto por 4 centros volcánicos, 1 secuencia volcánica y 1 complejo volcánico. Y su relación con los yacimientos epitermales.

En 2010, Chávez, L.; Mamani, M.; Navarro, P.; Rodríguez, F. y Martiarena, R. (INGEMMET) publicaron un artículo como parte del XV Congreso de Geología titulado: “Variaciones Geoquímicas y Clasificación por Arcos Magmáticos de las Rocas Volcánicas del “Grupo Calipuy”: Cajamarca, La Libertad y Áncash, en el cual da a conocer la geocronología de los arcos magmáticos que conforman el Grupo Calipuy y las variaciones regionales del espesor de la corteza a través del tiempo en relación a los arcos magmáticos.

En 2015, Pajuelo, D. expone su tesis titulado: “Magmatismo, Petrografía y Estratigrafía de los Depósitos Volcánicos Cenozoicos (Grupo Calipuy), en el Segmento Cordillera Negra, Sector Sur Ancash”, donde muestra la diferenciación de las unidades volcánicas en miembros litológicos para ubicar los posibles centros volcánicos y una reconstrucción tectónica respectiva.

En 2016, Chávez, L. publica su tesis titulado: “Estratigrafía y Geoquímica del Grupo Calipuy en la Cordillera Negra (8°45’S – 9°45’S) y su relación con los yacimientos minerales”, en el cual expone su nuevo estudio de la estratigrafía volcánica describiendo las facies volcánicas del Grupo Calipuy y ubica los probables centros de emisión. Asimismo, realiza una caracterización geoquímica de las rocas volcánicas e intrusivas del área de estudio para verificar el ambiente tectónico de procedencia.

3.1.2. Internacionales

En 1957, Bolendos, A. y Straczet, J. en el boletín N° 1040 del Servicio Geológico de los Estados Unidos publicaron un trabajo de investigación titulado: “Base-Metal Deposits of the Cordillera Negra Departamento de Ancash, Perú” en el cual da a conocer la geología de la Cordillera Negra, sentando las bases para posteriores investigaciones del lugar. En este tratado abarca la estratigrafía, geología estructural, metalogenia y descripción de minas y prospectos que se encuentran en la Cordillera Negra.

En 1961, Cobbing, J.; Pitcher, W.; Wilson, J.; Baldeck, J.; Taylor, W.; McCourt, W. y Snolling, N. 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 da a conocer la estratigrafía, geología estructural, metalogenia y geoquímica de la Cordillera Occidental. Es importante dado que estudia al Grupo Calipuy respecto a su evolución geoquímica y geocronología. Además, divide al Grupo Calipuy en dos secuencias. Calipuy inferior y Calipuy superior.

3.2. Marco Conceptual

El área de estudio está conformada litológicamente en su mayoría por el Grupo Calipuy, secuencias sedimentarias cretáceas como el Grupo Goyllarisquizga y cuerpos intrusivos del Grupo Calipuy. En el ámbito estructural, está controlada por dos fallas regionales. Estos dos sistemas de fallas tienen como direcciones preferentes NW-SE y NE-SW respectivamente, por otro lado los sistemas de pliegues tienen dirección preferente NW-SE.

El modelo estructural propuesto es el “Sistema Estructural Ancash” de cinemática normal - siniestral, el cual es un sigmoide de escala regional con lineamientos extremos en ambos flancos de la Cordillera Negra con direcciones preferentes NW – SE. Este sigmoide es una cuenca tipo pull – apart, producto de eventos tectónicas extensionales.

Para determinar ello se aplica el concepto de fracturas riedel (Davis y Reynolds, 1996). El plano estructural sintético R1 tiene un ángulo de 15° con el plano principal de la falla. Asimismo, los planos antitéticos R2 se conjugan con el plano R1 y forman un ángulo de 75° con respecto al plano principal de la falla. También se tienen las fracturas Y, las cuales son paralelas a la envolvente y condicionadas por el sentido de los esfuerzos de cizallamiento.

Cabe mencionar, debido al dinamismo de la falla puede aparecer una tercera fractura, los cuales son los planos P que forman un ángulo agudo con el plano principal de la zona de falla (Davis & Reynolds, 1996).

Por ello, se le puede dar una explicación concisa y coherente a la existencia de distintos yacimientos minerales en el sector norte de la Cordillera Negra.

Actividad volcánica: Conjunto de procesos, los cuales se refieren a la génesis, circulación y consolidación del magma en la corteza terrestre.

Afanítico: Textura volcánica constituida por minerales muy finos que no se pueden observar a simple vista y se necesita la ayuda de una lupa o microscopio.

Afloramiento: Término para referirse a una estructura geológica o un macizo rocoso que se observa en la superficie y antes se encontraba en el subsuelo.

Aglomerado volcánico: Material piroclástico, el cual puede ser consolidado o no consolidado, en el que predominan los fragmentos con un tamaño mayor a los 64 mm.

Aluvial: Término referente al ambiente, proceso y/o depositación de las corrientes de aguas superficiales.

Alteración: Variación de la composición de una roca o mineral. Este cambio puede deberse a fluidos mineralizantes o agentes supérgenos como la meteorización.

Andesita: Roca volcánica intermedia, con textura afanítica o porfirítica en algunos casos. Su composición está formada en su mayoría por plagioclasas, teniendo como minerales accesorios a los ferromagnesianos (hornblenda, biotita, piroxenos). En el diagrama de Streckeisen, su equivalente plutónico es la diorita.

Anisotropía: Característica física de las rocas y minerales, en el cual sus propiedades varían según la dirección.

Anomalía geoquímica: Es un término para referirse a una desviación significativa a partir del background de un elemento, en un ambiente geológico.

Arcilla: Sedimento constituido por silicatos hidroaluminicos, los cuales podrían tener otros minerales accesorios. Se caracteriza por las propiedades plásticas que presentan cuando se le agrega agua y oscilan sus límites.

Arco magmático: Cinturón de volcanes, producto de la subducción de placas tectónicas.

Arena: Sedimento compuesto por granos minerales de tamaño entre 0.062 y 2 mm, que se origina por la meteorización de las rocas y que ha sido seleccionado por los agentes de transporte.

Arenisca: Roca terrígena consolidada, constituida por granos de tamaño variable entre 0.062 y 2 mm. La sílice es uno de los materiales geológicos más resistente a la erosión mecánica y química. Es por ello, las areniscas se componen en su mayoría granos minerales de sílice.

Azimut: Ángulo horizontal medido en sentido horario a partir de un meridiano de referencia.

Bandeado: Estructura de las rocas ígneas, especialmente en rocas básicas y ultrabásicas, el cual se caracteriza por la variación de estratos o láminas de potencia variable, que van desde centímetros hasta metros con una variación en la mineralogía.

Basamento: Conjunto de rocas que se sitúa bajo una estratificación sedimentaria y se comporta de manera competente durante la deformación cortical.

Batolito: Estructura geológica de gran tamaño de origen plutónico, conformado por varios intrusivos singenéticos.

Biotita: Filosilicato, el cual pertenece al grupo de las micas, presentando la siguiente fórmula: $K(Mg,Fe^{2+})_3(Al,Fe^{3+})Si_3O_{10}(OH,F)_2$, Asimismo puede presentar impurezas como elementos titanio, vanadio, litio. Su sistema de cristalización es el sistema monoclinico y por lo general presenta hábitos en forma de hojas.

Bloque: Fragmento piroclástico anguloso, con dimensiones superiores a los 64 mm.

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

Brecha de falla: Roca clástica, con minerales de grano medio a grueso. Sus fragmentos componentes son visibles en más del 30%.

Brecha piroclástica: Roca clástica constituida por piroclastos angulosos con dimensiones mayores a 64 mm de diámetro (Bloques), los cuales son generados por un volcanismo explosivo.

Buzamiento: Ángulo con respecto a la proyección ortogonal horizontal de la línea de máxima pendiente de un plano geológico (Plano de estratificación, plano de zona de falla, etc.) con respecto al norte magnético.

Caliza: Roca sedimentaria. Su origen puede deberse a actividad biológica o procesos químicos. La roca caliza que se considera pura contiene aproximadamente un 95% de CaCO_3 . Por lo general la caliza común contiene un 50%; de CaCO_3 .

Ceniza volcánica: Fragmentos rocosos expulsados en el transcurso de una actividad volcánica, formado por granos de tamaño inferior a 2 mm. Puede permanecer en suspensión en la atmósfera durante un tiempo considerable, y depositarse a grandes distancias del foco de emisión.

Centro volcánico: Estructura geológica que emite a la superficie lava y/o fragmentos piroclásticos, los cuales provienen de cámaras magmáticas, ubicadas en las profundidades de la corteza terrestre.

Cinemática siniestral: Término para referirse al desplazamiento aparente en el plano horizontal en sentido contrario a las agujas del reloj (Antihorario).

Cizallamiento: Deformación producida en un macizo rocoso por fracturamiento y delizamiento conforme la dirección del plano de falla.

Clasto: Término para referirse a los fragmentos minerales o rococos que forman parte de otra roca, formando parte de ella.

Columna estratigráfica: Ordenamiento de las unidades estratigráficas, de acuerdo al orden cronológico, de la más antigua a la más moderna en una determinada región.

Complejo volcánico: Estructura conformado por dos o más centros volcánicos.

Concordancia: Relación geométrica entre dos unidades estratigráficas superpuestas, en la que existe paralelismo entre los materiales infrayacentes y suprayacentes.

Conglomerado: Roca sedimentaria, la cual está conformada por elementos detríticos mayor a 50%. Estos fragmentos tienen un diámetro mayor a 2 mm y están cementados por una matriz fina.

Contacto: Término para referirse a una superficie, la cual puede ser irregular o plana en algunos casos. Esta superficie separa dos unidades litoestratigráficas de diferentes edades.

Continuidad: Referido a la relación estratigráfica existente entre dos unidades estratigráficas superpuestas, entre cuya depositación no ha dado lugar a una interrupción sedimentaria que se pueda medir.

Cordillera Negra: Cadena de montañas rocosas, ubicado en la región Ancash, Perú. Alcanza su punto más elevado en la montaña Coñocranra (5181 m.).

Correlación de Pearson: En estadística, es una medida lineal existente entre dos variables aleatorias cuantitativas. La correlación de Pearson es independiente de la escala de medida de las variables.

Corteza continental: Capa de la corteza terrestre, donde se asientan los continentes, con una potencia promedio de unos 30 km. Su composición es variable ya que lo conforman diversos tipos de rocas y minerales.

Corteza oceánica: Capa de la corteza terrestre, donde se asientan los océanos, con una potencia promedio variable entre 6 y 7 km. Está compuesta por rocas basálticas, gábricas y sedimentos finos.

Cretáceo: Tercer periodo perteneciente al Mesozoico. Temporalmente se ubica entre los 145.5 y los 65 Ma antes de nuestro tiempo actual.

Cristalización: Proceso geológico que involucra la génesis de cristales como consecuencia de soluciones que están en diferentes estados físicos (Líquido, gas). Se pueden formar por los procesos de evaporación, enfriamiento o solidificación de soluciones que están muy saturadas, o en algunos casos su

nivel de concentración es elevado, por ello se forman por procesos de sublimación/condensación o precipitación.

Cuarcita: Roca metamórfica, resultado de la recristalización de areniscas con más de 80% de cuarzo. Por su gran tenacidad y dureza, presenta una gran resistencia a la erosión.

Cuarzo: Uno de los minerales que más abundan en la corteza terrestre. Pertenece a la clase de los silicatos, subclase tectosilicatos. Su fórmula química es SiO_2 . Presenta diversos polimorfos y variedades.

Cuaternario: Sistema perteneciente a la escala cronoestratigráfica, que consta de los últimos 2.59 Ma, compuesto de dos series, el Pleistoceno y el Holoceno.

Cuenca Pull-apart: Depresión desarrollada en conjunto con dos fallas de cizalla (Strike slip), donde en el centro de ambas fallas se genera un sector que muestra subsidencia. La configuración de las fallas producen una cuenca Pull-apart, el cual se puede interpretar como sistemas de fracturas Riedel.

Dacita: Roca volcánica, generalmente, presenta textura porfídica y compuesta de cuarzo y plagioclasa, presenta como minerales accesorios a la biotita, hornblenda y piroxeno. Tiene como equivalente intrusivo es la granodiorita.

Datación: Asignación de época o edad relativa, perteneciente a una formación, roca, fósil, mineral o agua.

Deformación: Transformación de una roca y/o mineral que se origina como resultado de la acción de los esfuerzos, y que trae como consecuencia la variación en la forma de éste.

Desgasificación: Proceso de eliminación de elementos etéreos y de gases del magma durante el enfriamiento.

Desplazamiento: Distancia sobre el plano de falla, entre dos puntos cercanos ubicados sobre bloques opuestos.

Diaclasa: Fractura que separa en dos partes una masa de roca, sin que se produzca desplazamiento a lo largo de ella.

Diagrama de rosetas: Diagrama utilizado para verificar las direcciones de los planos de estructuras tabulares y estructuras lineales. Es un diagrama que se puede llamar histograma de forma redonda.

Diferenciación magmática: Proceso que involucra la contaminación de un magma homogéneo, en el cual se forman rocas de distinta composición.

Diorita: Roca intrusiva conformada por plagioclasa y tiene como mineral accesorio a la hornblenda. Es el equivalente de la andesita.

Dique: Intrusión tabular de roca ígnea que rellena una fractura o discontinuidad y en general corta la estratificación o la foliación.

Disconformidad: Estratigráficamente es una superficie erosiva presente entre dos unidades infrayacente y suprayacente.

Discordancia: Relación entre unidades litoestratigráficas superpuestas en la que no existe paralelismo.

Disyunción columnar: Fracturas que se producen cuando el magma se enfría produciendo columnas.

Domo: Estructura geológica de origen volcánico o intrusivo en forma de bóveda, causado por la acumulación de lava viscosa.

Edad: Unidad geocronológica, equivalente al piso.

Elipsoide de esfuerzos: Superficie delimitada por los extremos de los infinitos vectores esfuerzo que pueden definirse en un punto denominado centro del elipsoide de un cuerpo sometido a esfuerzos.

Emplazamiento: Proceso geológico en el cual un macizo rocoso varía de posición.

Erosión: Proceso geológico que involucra la descomposición de materiales y un posterior transporte.

Esfuerzo: Fuerza que actúa en un determinado cuerpo donde se produce la relación con su superficie.

Esfuerzo de cizalla: Modulo de un vector de esfuerzo en determinada dirección tangencial al cuerpo sobre el que interviene el vector.

Esfuerzo compresivo: Modulo de un vector de esfuerzo normal conducido en el sentido de comprimir el material sobre el que recae.

Espesor o Potencia: Longitud que existe entre dos puntos que se encuentran en las superficies limitantes de una estructura geológica, ya sea un estrato, dique o veta.

Estratificación: Distribución de las secuencias sedimentarias en un determinado entorno geológico.

Estratigrafía: Ciencia geológica encargada de estudiar los procesos que involucran secuencias sedimentarias y permite conocer su disposición, naturaleza y correlación entre ellas mismas.

Estrato: Nivel sedimentario que se ha depositado en un determinado intervalo de tiempo delimitado por superficies originados por variaciones el proceso de sedimentación.

Estría de falla: Estructura lineal que se produce sobre un plano de falla, originado por la interacción entre dos bloques de falla cuando se mueven. Como consecuencia de ello se tiene recristalización de minerales en los planos de falla.

Evento: Proceso geológico que queda registrado en la estratigrafía del entorno geológico.

Facie: Particularidades de las rocas de una determinada estructura. Ello describe las condiciones en la que se formaron.

Falla: Fractura en cuya superficie se origina un desplazamiento entre los dos bloques techo y piso

Falla dextral: Falla, donde bloque techo se desplaza en sentido horario desde la vista horizontal.

Falla inversa: Tipo de falla que se manifiesta cuando el piso baja con respecto al techo o el techo sube con respecto al piso, o ambos bloques se desplazan en el sentido indicado. Las fallas inversas, generalmente son producto de los esfuerzos de compresión.

Falla normal o directa: Tipo de falla, producto del descenso del techo con relación al piso. Estas fallas se producen por esfuerzos tensionales.

Falla siniestral: Falla en la que el bloque techo se ha desplazado a la izquierda.

Félsico: Término para describir a cualquier mineral o roca ígnea que contiene minerales claros. Estos minerales involucran al cuarzo, feldespatos y feldespatoideos.

Filón: Depósito mineral relleno mineral de una fractura.

Fisura: Fractura en una roca originada por esfuerzos tensionales con dimensiones variables desde centímetros a metros.

Fluido hidrotermal: Solución de elementos circulantes en el interior de la corteza terrestre relacionado a fases finales del volcanismo o fases finales de la cristalización del magma.

Formación: Unidad litoestratigráfica básica. Cuerpo rocoso identificado por sus características litológicas y su posición estratigráfica.

Fosa oceánica: Depresión submarina estrecha de gran profundidad y grandes dimensiones que varían entre miles kilómetros de longitud, localizada entre los límites de placas.

Fraccionamiento: Es un proceso durante la formación de minerales, en el cual los cristales se van separando del magma.

Fractura: Partición de una roca o mineral por fallas y/o grietas.

Fractura conjugada: Fracturas por cizallamiento, originado por un mismo esfuerzo y se caracterizan por formar sistemas de fracturas que se cortan formando ángulo agudo, bisectado por la dirección principal del máximo esfuerzo compresivo.

Fractura por cizalla: Fractura que se produce en ángulo agudo respecto a la dirección principal del esfuerzo máximo de naturaleza compresiva y se produce una deformación de la roca a lo largo de la superficie de falla.

Fracturas riedel: Fallas que son conjugadas y se originan en zonas de corte de naturaleza frágil-dúctil.

Franja metalogenética: Espacio terrestre caracterizado por la presencia de un determinado tipo de yacimientos minerales metálicos.

Geofísica: Rama de la geología, encargada de estudiar la forma y dimensiones de la Tierra. Asimismo estudia fenómenos presentes en la Tierra: Gravedad, magnetismo, sismicidad, fenómenos de electricidad, etc., lo cual tiene una ciencia específica que los estudia.

Geología estructural: Ciencia geológica, encargada de estudiar las formas geométricas presentes en las rocas producidas por esfuerzos. Asimismo se encarga de estudiar los eventos geológicos involucrados en la deformación terrestre.

Geomorfología: Rama de la geología que estudia la configuración del relieve terrestre y los eventos que la originaron.

Geoquímica: Ciencia, encargada de estudiar la distribución de los elementos químicos presentes y sus isótopos en la Tierra. Asimismo estudia las leyes que condicionan su distribución, así como su afinidad entre ellos mismos.

Grava: Roca sedimentaria conformada por cantos rodados sin cementar.

Gráfico de dispersión: Diagrama estadístico que utiliza las coordenadas cartesianas para mostrar los valores de dos variables para un conjunto de datos.

Granito: Roca intrusiva de textura fanerítica, conformada por cantidades similares de cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa. Tiene como minerales accesorios a la hornblenda, biotita y algunas veces granate.

Granitoide: Grupo de rocas intrusivas, que van desde el gabro hasta el granito; involucra las rocas: Granodiorita, tonalita y granito.

Granodiorita: Roca intrusiva perteneciente a los granitoides, característica esencial en la cantidad de cuarzo y plagioclasa representa más del 2/3 del total de feldespatos. Es una de las rocas más abundantes presentes en los batolitos. Su equivalente volcánico es la dacita.

Grieta: Sinónimo de juntura, diaclasa o fractura.

Grupo: Unidad litoestratigráfica que representa un rango superior que comprende dos o más formaciones.

Grupo Calipuy: Unidad litoestratigráfica compuesto lavas, tobas, aglomerados e intrusivos subvolcánicos. Su composición puede variar desde andesítica, dacítica a riolítica. Según dataciones radiométricas, indican que la edad del Grupo Calipuy oscila entre el Paleógeno y Neógeno.

Hidrotermalismo: Procesos geológicos concernientes con la producción y circulación de soluciones hidrotermales.

Histograma: Diagrama estadístico de una variable en forma de barras, donde cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores representados. Este diagrama sirve para obtener un panorama general de la distribución de la población o de la muestra.

Hornblenda: Grupo de minerales con una fórmula química general $(Ca,Na)_2-3(Mg,Fe,Al)_5Si_6(Si,Al)_2O_{22}(OH,F)_2$. Se consideran minerales a los extremos de la serie la ferrohornblenda y la magnesiohornblenda.

Ignimbrita: Roca volcánica clástica, compuesto por bloques o fragmentos de coladas piroclásticas originadas por actividad explosiva.

Lapilli: Fragmento rocoso expulsado en la actividad volcánica, cuyas dimensiones está comprendido entre 2 y 64 mm.

Lava: Material expulsado a la superficie por un volcán, a temperaturas elevadas mediante una erupción. Luego de enfriarse se forman rocas volcánicas.

Lineamiento: Superficie escarpada que puede rectilínea o curvada de la superficie terrestre. Tiene longitudes a escala regional y representa una anomalía profunda.

Litoestratigrafía: Rama de la estratigrafía encargada de estudiar las facies litológicas de las rocas estratificadas y su distribución.

Litofacie: Agregado de características litológicas que definen una facie.

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

Litósfera: Capa superficial de la Tierra sólida que comprende la corteza continental y oceánica. Puede alcanzar temperaturas de hasta 1 300°C, y su espesor promedio está alrededor de 100 km.

Llanura: Superficie de la corteza terrestre que se caracteriza por no tener elevaciones, generalmente situada a baja cota.

Lutita: Roca sedimentaria constituida por granos finos, con tamaños menores a los 0.062 mm.

Macizo: Grupo de montañas definidas, constituido por rocas muy antiguas que lo rodean.

Magma: Material fundido que suele ser viscoso o fluido, conteniendo gases disueltos y silicatos sólidos en suspensión. Se origina en las cámaras magmáticas. Cuando se consolida este magma, da lugar a las rocas ígneas.

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.

Mapa geomorfológico: Representación de las diferentes morfologías presentes. Es una ayuda al entendimiento de la historia geológica de un área determinada.

Mapa isovalórico: Mapa en el que figuran isolíneas representando curvas que conecta los puntos en que la función tiene un mismo valor constante.

Mapa metalogenético: Representación la distribución de las diferentes franjas metalogenéticas y yacimientos minerales presentes.

Marga: Roca sedimentaria con un contenido de 35 a 65% de carbonato de calcio y contenido de arcilla. Presenta un aspecto terroso y tiene como característica principal que es fácil de erosionar.

Margen continental: Superficie localizada en la prolongación de los continentes bajo los océanos, los cuales acumulan volúmenes de sedimentos,

en unos sectores sobre la corteza continental y en otros sobre la corteza oceánica adyacente. Puede situarse sobre un margen convergente o sobre un margen divergente.

Matriz: Material de grano fino de cualquier roca, el cual contiene componentes minerales de tamaño grande.

Metalogénesis: Proceso geológico encargado de la formación de yacimientos minerales.

Metalogenia: Ciencia que estudia la génesis de los yacimientos minerales.

Metatotecto: Término para referirse a alguna característica geológica, litológica estructural, etc., que facilite y contribuya la concentración de productos esenciales para la génesis de yacimientos minerales.

Metamorfismo: Conjunto de procesos, que contribuye a que una roca sometida a condiciones de temperatura y presión diferentes a las de su génesis, produzca cambio en la composición y forma de la misma.

Metasomatismo: Proceso geológico del metamorfismo en el cual se produce una variación en la composición química del mineral y/o roca sujeto a la interacción con soluciones hidrotermales o magmas.

Meteorización: Proceso geológico relacionado con agentes químicos, físicos y biológicos en el cual una roca y/o mineral se descompone.

Miembro: Unidad litoestratigráfica, el cual tiene un rango inferior a la formación. Asimismo, siempre es parte de una formación y tiene características litológicas únicas que la diferencian de otras partes de la misma formación.

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.

Mineralización: Proceso geológico de sustitución o adición de componentes minerales.

Monomítico: Roca clástica, cuya característica principal es su composición, el cual dispone de fragmentos de una misma litología.

Monzogranito: Variedad de granito, cuya característica principal es la cantidad de feldespato alcalino ligeramente mayor que la plagioclasa.

Monzonita: Roca plutónica cuya composición tiene al feldespato potásico y plagioclasa sódica tienen proporciones similares. Asimismo, contiene minerales máficos, como hornblenda y biotita. No contiene cuarzo o su contenido es muy pobre en este mineral.

Morrena: Agregado de fragmentos de rocas, grava y sedimentos transportados por acción de los glaciares.

Movimientos epirogenéticos: Término para referirse al ascenso y descenso de bloques de la corteza terrestre, los cuales se desplazan lentamente, caracterizada por un reajuste isostático entre bloques.

Orogenia: Fenómenos geológicos que tienen como finalidad la generación de montañas.

Paleozoico: Primera era que abarca entre los 542 y los 251 Ma antes de nuestros tiempos. Tiene los siguientes periodos: Cámbrico, Ordovícico, Silúrico, Devónico, Carbonífero y Pérmico.

Periodo: Subdivisión en el tiempo de una era geológica y se subdivide en épocas geológicas.

Piroclástico: Término usado para referirse a las rocas clásticas formadas por vulcanismo explosivo.

Piroxeno: Término para referirse a un grupo mineral, el cual pertenece a la clase de los silicatos y tiene como subclase a los inosilicatos. Se caracteriza porque en sus estructuras presentan cadenas sencillas de tetraedros de sílice (SiO_4).

Plegamiento: Proceso geológico que se produce a cualquier escala geológica y tiene como finalidad la génesis de pliegues en secuencias geológicas. Por lo general, es secuela de efectos compresivos y produce deformaciones.

Pliegue: Estructura geológica de una secuencia sedimentaria, el cual está definida como plana antes de la deformación, y luego de la aplicación de esfuerzos dicha secuencia se deforma.

Plutón: Masa extensa de roca ígnea consolidada en el interior de la corteza terrestre.

Polimíctico: Roca clástica, cuya característica principal es que está conformada por fragmentos de diferente litología.

Pómez: Roca volcánica de composición ácida y colores claros, el cual se forma por un enfriamiento violento. Tiene como característica principal su baja densidad, ya que flota en el agua.

Pórfidos: Son grandes cuerpos de baja ley de cobre, molibdeno y oro principalmente asociados a rocas de composición ácida a intermedia, en las que el mineral se aloja en forma diseminada, en venillas, en playas y rellenando cavidades.

Recristalización: Fenómeno geológico en el cual ocasiona la cristalización de nuevos granos minerales. Se produce a elevadas temperaturas y su ambiente puede realizarse en ausencia de esfuerzos o en presencia de los mismos.

Recurso mineral: Parte de la corteza terrestre con rocas o sustancias minerales que pueden ser explotadas con beneficio económico.

Red de Schmidt: Falsilla (o red) de SCHMIDT usada en geología estructural para visualizar la orientación de los planos geológicos en diagramas, transfiriendo un objeto de tres dimensiones a una superficie de dos dimensiones.

Relieve: Geoforma presente en la superficie terrestre a causa de la acción de los procesos geológicos; éstos incluyen a la erosión y meteorización, también a factores tectónicos. Tienen como ambiente fondos marinos, continentes y ambientes lacustres.

Riolita: Roca volcánica de composición ácida, y colores claros. Tienen como componentes cristales de cuarzo y feldespato alcalino y biotita y con textura fluidal. Además, con frecuencia tiene plagioclasa y anfíbol.

Riodacita: Roca volcánica, cuya característica principal es su composición que se sitúa entre riolítica y dacítica.

Roca: Agregado compuesto de minerales y fragmentos litológicos que se originan en la corteza terrestre, producto de diferentes procesos geológicos endógenos o exógenos. Por lo general, está conformado por un grupo de minerales.

Roca calcoalcalina: Roca ígnea, el cual tiene como ambiente de formación en zonas de subducción. Su característica principal es la saturación o sobresaturación en sílice.

Rumbo o Dirección: En el plano horizontal, es el ángulo que forman el plano de una estructura geológica, ya sea estratificación, falla o una veta con respecto al norte magnético.

Secuencia: Sucesión de diferentes unidades sedimentarias que se encuentran en una sección estratigráfica.

Secuencias siliciclásticas: Roca sedimentaria compuesta en su mayoría por granos de sílice o fragmentos de otros silicatos.

Sedimentación: Fenómeno geológico que involucra la génesis y depositación de sedimentos.

Sedimento: Producto de fragmentos no consolidados, como resultado de la meteorización y/o erosión, mediante la desintegración de otras rocas o precipitación química y/o agentes biológicos.

Serie: Unidad cronoestratigráfica elemental. Se encuentra conformada por pisos.

Sigmoide: Estructuras que se forman por la asociación de dos fallas de rumbo (strike slip), donde en el centro de ambas fallas genera un sector de subsidencia. Este proceso forma algunas veces cuencas que se rellenan posteriormente con sedimentos y material orgánico. Sinónimo: jog estructural.

Sistema estructural: Conjunto de fallas de distinta cinética relacionadas genéticamente.

Skarn: Término utilizado para referirse a un determinado tipo de yacimientos minerales relacionados a aureolas de contacto de intrusiones dentro de secuencias calcáreas (Calizas, dolomitas).

Sobreescurreamiento: Secuencia estratigráfica fallada y plegada, en la cual uno de los bloques de esta falla se ha desplazado una distancia considerable. Por lo general en un sobreescurreamiento el estrato antiguo se superpone al más moderno. Es una falla inversa de bajo ángulo.

Subducción: Fenómeno geológico que ocurre en un borde convergente donde una placa tectónica se hunde bajo otra placa adyacente.

Subsidencia: Proceso geológico, el cual consiste en el descenso del fondo de una cuenca sedimentaria, por fallamiento de cinemática normal que permite la depositación de gran cantidad de sedimentos durante un intervalo de tiempo prolongado.

Stock: Plutón granítico de pequeño tamaño.

Stream Sediment: Muestreo de sedimentos de quebradas. Se utiliza para la prospección de yacimientos minerales.

Tensión: Son dos o más esfuerzos que actúan sobre un cuerpo en direcciones opuestas y tiene como consecuencia la deformación del mismo.

Toba: Roca originada por actividad volcánica explosiva. De acuerdo al tamaño promedio de los fragmentos se denomina toba de lapilli (2 a 64 mm) o toba de ceniza (menor de 2 mm)

Tectónica: Conjunto de procesos geológicos a escala regional que se expresan en las deformaciones de las rocas y permite diferenciar a una región de otra.

Terraza Fluvial: Formación geológica ubicado en los bordes de un valle fluvial, a una altura mayor a la del curso actual del agua.

Textura: Conjunto de características de los granos minerales que forman una roca, referentes al tamaño, forma, grado de angulosidad y desarrollo.

Textura afanítica: Característica de las rocas volcánicas, en el cual los fragmentos minerales no se pueden observar a simple vista.

Textura fanerítica: Característica de las rocas intrusivas, en el cual los fragmentos minerales pueden observarse sin la necesidad de una lupa o microscopio.

Textura porfirítica o porfídica: Característica de ciertas rocas volcánicas e hipabisales en el cual una matriz fina engloba un agregado de minerales criptocristalinos.

Tonalita: Roca intrusiva, perteneciente a los granitoides, cuya composición dispone de plagioclasa sódica y cuarzo. Presenta minerales máficos como minerales accesorios.

Unidades litoestratigráficas: Unidad litológica de origen sedimentario, con características únicas en su composición, formación, litología, mineralogía y contenido fósil.

Unidades morfoestructurales: Regiones caracterizadas por elementos geomorfológicos similares.

Vergencia: Término para referirse al buzamiento.

Veta: Estructura geológica con una composición y dimensiones determinadas. Una veta puede ser económico o estéril. Las vetas se generan debido a la interacción de soluciones hidrotermales rellenando fracturas o fallas.

Vulcanismo: Conjunto de procesos geológicos relacionados con la erupción volcánica.

Yacimiento epitermal: Yacimiento mineralizado, el cual se ha formado a bajas profundidades por fluidos hidrotermales, cuyas temperaturas varían entre 50 y 200°C.

Yacimiento hidrotermal: Yacimiento mineralizado, formado por precipitación de soluciones químicas cuyas temperaturas varían entre 50 y 500°C, rellenando fracturas.

Zona de cizallamiento: Zona en el cual actúan diferentes esfuerzos en direcciones opuestas y tiene como consecuencia una deformación.

Zona de falla: Zona caracterizada por la presencia de fallas secundarias, las cuales están subordinadas a una falla principal.

CAPITULO IV

MARCO GEOLOGICO REGIONAL

4.1. Geomorfología

4.1.1. Generalidades

El área de estudio presenta la topografía muy variada y accidentada a la vez, cuyo principal rasgo geográfico es la Cordillera Occidental alcanzando altitudes promedias de más de 4,000 m.

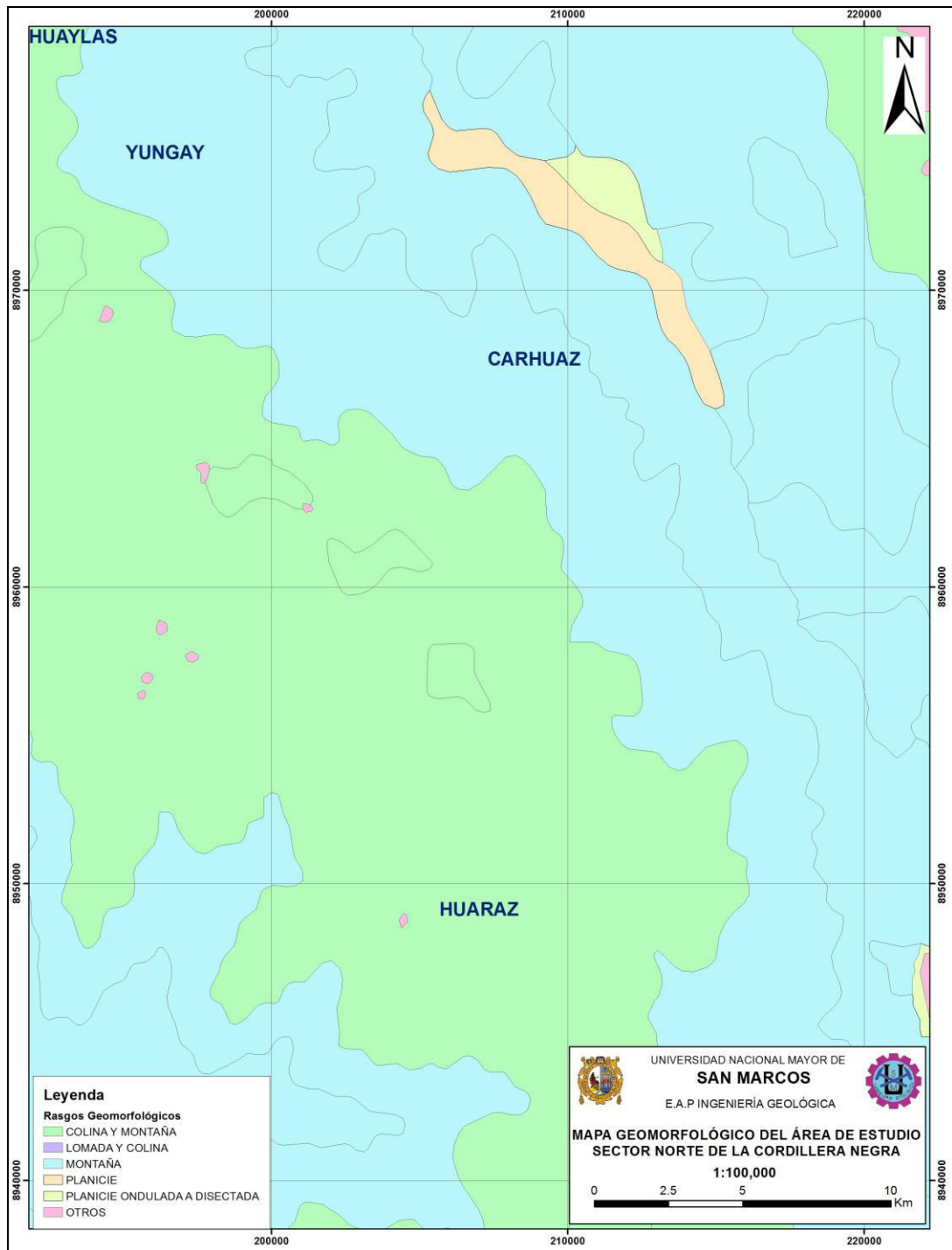
La Cordillera Occidental comprende la Cordillera Blanca, Cordillera Negra y Valle del Río Santa, de los cuales las dos últimas subdivisiones están presentes en el área de estudio.

La Cordillera Negra es una cadena montañosa cuyas crestas sobrepasan los 4000 msnm. El flanco nororiental de esta cordillera se presenta disectado por quebradas profundas que fluyen hacia el valle del río Santa. (Wilson, J.; Reyes L. y Garayar, J.; 1995.)

El Valle del Río Santa se encuentra surcado por el río del mismo nombre. Este valle es de tipo longitudinal de aproximadamente 200 Km de largo, de los cuales 100 Km se encuentran en el área de estudio. El río Santa tiene por límites occidental y oriental a las Cordilleras Negra y Blanca respectivamente. (Wilson, J.; Reyes L. y Garayar, J.; 1995.)

Asimismo, cabe decir que el área de estudio comprende diversas geoformas existentes como colinas, planicies y montañas. (Mapa 3), siendo estas últimas la que predominan en el área de estudio y tienen una pendiente considerada entre fuerte a moderada.

Cabe recalcar que en la Cordillera Negra no se reconoce la presencia de la Superficie Puna, posiblemente debido por efectos de erosión y/o subsidencia, por el cual ha pasado esta cadena montañosa.



Mapa 3. Mapa geomorfológico. Basado en información de GEOCATMIN - INGEMMET.

4.2. Estratigrafía

4.2.1. Facies Orientales o de Plataforma

I) Grupo Goyllarisquizga

Las facies del Grupo Goyllarisquizga consisten de areniscas conglomerádicas que tienen un espesor que varían entre los 50 y 350 m con intercalaciones de arcillitas rojizas, marrones, grises y verdosas. (Wilson, J.; Reyes L. y Garayar, J.; 1995.)

4.2.2. Facies Occidentales o de Cuenca

I) Formación Chimú

Conformado por cuarcitas, areniscas y arcillitas, con mantos de carbón (Antracita), sobreyaciendo a la Formación Oyón (Neocomiano inferior) e infrayaciendo a la Fm. Santa (Valanginiano superior), con ligera discordancia. (Wilson, J.; Reyes L. y Garayar, J.; 1995.)

El espesor varía entre 150 a 400 m y está compuesta por los miembros:

Miembro Inferior: Compuesto de areniscas y cuarcitas con intercalaciones de arcillitas. Asimismo existen mantos de carbón

Miembro Superior: Consiste de estratos de cuarcitas blancas a grises, con intercalaciones de arcillitas.

II) Formación Santa

Conformado por calizas y arcillitas calcáreas que sobreyacen a la Fm. Chimú e infrayacen a la Fm. Carhuaz; ambos contactos con discordancia paralela. Esta formación tiene un espesor que varía desde 100 a 400 m. (Wilson, J.; Reyes L. y Garayar, J.; 1995.)

III) Formación Carhuaz

Consiste de areniscas marrones en capas delgadas, con intercalaciones de arcillitas con un espesor de aproximadamente 500 m. en discordancia sobre la Fm. Santa.

Se encuentra infrayaciendo bajo la Formación. Pariahuanca. (Wilson, J.; Reyes L. y Garayar, J.; 1995.)

4.2.3. Formaciones Calcáreas

IV) Formación Pariahuanca

Compuesto de calizas con unos 100 m. de potencia. Suprayace a la Fm Farrat y subyace a las margas de la Fm. Chulec. (Wilson, J.; Reyes L. y Garayar, J.; 1995.)

V) Formación Chulec

Conformado por estratos delgados de calizas, marga y arcillitas de composición calcárea, presenta gran cantidad de fósiles. Tiene un espesor que varía entre 100 a 250 m. Esta formación suprayace a la Fm. Pariahuanca e infrayace a la Fm. Pariatambo en forma concordante. (Wilson, J.; Reyes L. y Garayar, J.; 1995.)

VI) Formación Pariatambo

Conformado por margas y arcillitas negras, con estratos de calizas, con un espesor variable de aproximadamente de 100 m, Suprayace a la Formación Chulec e infrayace a la Formación Jumasha en forma concordante. (Wilson, J.; Reyes L. y Garayar, J.; 1995.)

4.2.4. Rocas Volcánicas

VII) Grupo Calipuy

Esta unidad litoestratigráfica suprayace a secuencias sedimentarias del Cretáceo en discordancia angular, en el cual su tope se encuentra erosionado. Su espesor tiene como promedio 2000 m. (Wilson, J.; Reyes L. y Garayar, J.; 1995.)

Las rocas del Gpo. Calipuy son en su mayoría lavas, aglomerados, tobas y cuerpos intrusivos. Su composición es variable y puede ser andesita, dacita y riolita.

En el Gpo. Calipuy se han diferenciado en dos unidades (Torres, A. y Enríquez, J., 1997) en forma general pero que es aplicable a la zona de estudio.

La formación Ututo conforma la secuencia inferior, está constituido de lavas andesíticas piroclásticas gris verdosas a gris marrones, en pseudoestratos gruesos. Ligadas a esta unidad se emplazan stocks subvolcánicos en forma alineada Noroeste - Sureste (Ancosh - Castillo Punta - Adriana - Pucajirca), que conformarían los centros de emisión ígnea de extinguidos aparatos volcánicos y de actividad hidrotermal. Estos stocks tienen composición diorítica a monzonítica y tienen importante relación con mineralización de Cu - Au, en yacimientos tipo pórfido. (Torres, A. y Enríquez, J., 1997)

La formación Chururo, definido en el Cerro del mismo nombre, al Sur de la Hoja de Recuay, emplazada discordantemente sobre la Formación Ututo, consiste

de brechas preclásicas, aglomerados y brechas silíceas gris claras a blanquecinas, tendiendo a la acidez en la composición (dacítica a riodacítica). El emplazamiento de esta unidad está controlado por un lineamiento paralelo al Este del Eje Ututo y del mismo modo al Oeste de la falla de la Cordillera Blanca. Los centros están constituidos de stocks y domos subvolcánicos con importante desarrollo de estructuras asociadas con sistemas epitermales relacionadas con mineralización diseminada y pórfidos de Au, Au-Cu y Cu-Mo (Chururopampa - Complejo Ticapampa / Aija - Pierina – Piedra Imán - Mata Mata - Pashpap). (Torres, A. y Enríquez, J., 1997)

VIII) Formación Yungay

Conformado por una secuencia de tobas blancas pobremente estratificadas, compuestas de abundantes cristales de cuarzo y biotita en una matriz feldespática, así como ignimbritas dacíticas con disyunción columnar. Suprayace a secuencias cretáceas, intrusivos plutónicos y al Gpo. Calipuy. Su espesor se estima en aproximadamente 150 m. (Wilson, J.; Reyes L. y Garayar, J.; 1995.)

4.2.5. Depósitos Cuaternarios

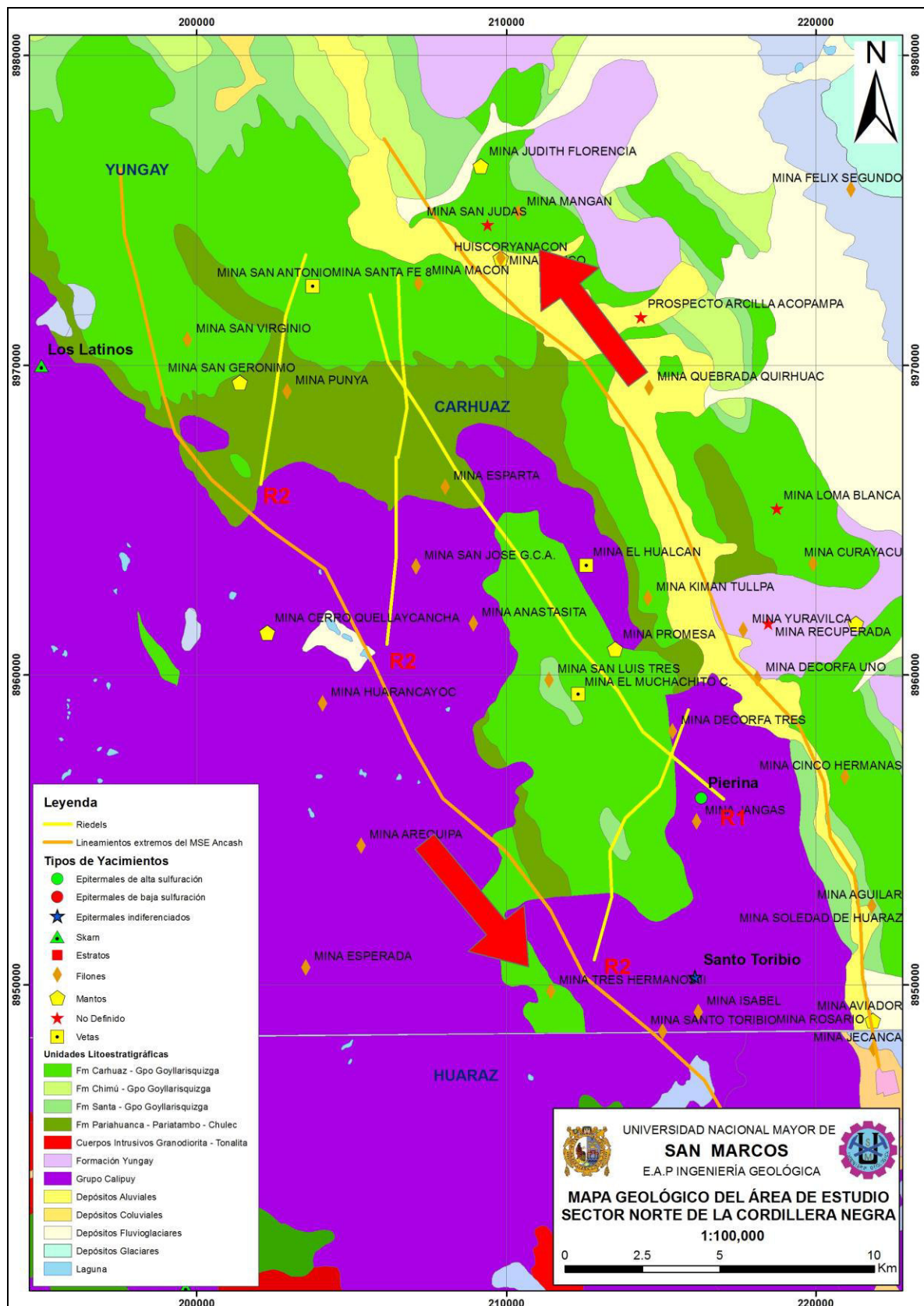
Sobreyaciendo a todas las unidades descritas, se encuentran depósitos cuaternarios, siendo los más importantes los fluvioglaciares; incluyendo a grupos de morrenas, extensos mantos de arenas y gravas.

Además, existen terrazas fluvioaluviales prominentes en algunos sectores del valle del río Santa. (Wilson, J.; Reyes L. y Garayar, J.; 1995.)

4.2.6. Rocas Intrusivas

IX) Batolito de la Costa

En el sector suroccidental del área de estudio afloran con una extensión relativamente menor, rocas intrusivas pertenecientes al Batolito de la Costa. Su litología predominante consiste en granodioritas y tonalitas, afectando a secuencias del Grupo Calipuy. De acuerdo con las dataciones hechas, la edad del emplazamiento comprende el intervalo del Cretáceo al Paleógeno. (Stewart y Spelling, 1971).



Mapa 4. Mapa geológico. El área de estudio corresponde sector norte de la Cordillera Negra. Se observa al Gpo. Calipuy abarcando gran parte del área. Secuencias sedimentarias del Cretáceo y depósitos cuaternarios afloran en el sector nororiental del área de estudio. Basado en información de GEOCATMIN - INGEMMET.

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD		Espesor (m)	LITOLOGÍA
	Cuaternario	Holoceno	Depósitos Aluviales			
CENOZOICO	Neogeno	Plioceno	Fm. Yungay		150	
	Paleógeno	Eoceno	Gpo. Calipuy	Fm. Chururo	2000	
		Paleoceno		Fm. Ututo		
MESOZOICO	Cretáceo	Inferior	Fm. Pariatambo		100	
			Fm. Chulec		50	
			Fm. Pariahuanca		100	
			Gpo. Goyllarisquizga	Fm. Carhuaz	100	
				Fm. Santa	100	
				Fm. Chimú	100	
NEOPROTEROZOICO			Complejo del Maraón			

Figura 2. Columna estratigráfica generalizada (Tomado y adaptado de Wilson & Reyes, 1995).

4.3. Geología Histórica

4.3.1. Generalidades

El área de estudio cuenta con una columna estratigráfica, la cual presenta una litología muy variada teniendo en la base al Complejo del Maraón que data del Neoproterozoico (750-1000 M.A.) presentando un metamorfismo regional de bajo grado que posiblemente ocurrió en el Precámbrico tardío.

Por efectos de la fase compresiva (Ciclo Calcedónico) que ocurre en el Ordovícico Inferior (470 – 485 M.A.), da lugar a la existencia de una discordancia entre el Complejo del Maraón y el Grupo Goyllarisquizga. Esta fase tectónica se caracteriza por movimientos epirogenéticos sin deformación. (Boletín N° 55, 1995).

Durante el Cretáceo Inferior (100 – 140 M.A) la sedimentación ocurre en cuencas controladas por movimientos oscilatorios verticales y fallas longitudinales heredadas de las tectónica Hercínica (Devónico Superior – Triásico Inferior) y la tectónica Nevadiana (Jurásico). (Boletín N° 55, 1995).

Durante este periodo los mares fueron someros, lo cual permitió una sedimentación silicoclástica – carbonatada formándose el Grupo Goyllariquizga (Formación Carhuaz, Formación Santa, Formación Farrat y Formación Chimú), así como las formaciones calcáreas (Formación Pariatambo, Formación Chulec y Formación Pariahuanca).

En el Cretáceo Superior se produjo el retiro definitivo de los mares en los Andes produciéndose algunas regresiones paulatinas (Boletín N° 55, 1995). Luego tiene lugar la Primera Fase Orogénica Andina (Fase Peruana) de naturaleza compresiva produciéndose plegamientos, fallamientos y fracturamientos. Es por ello que existe una discordancia entre la Formación Pariatambo y la Formación Ututo (Grupo Calipuy).

Durante el Paleoceno ocurre un vulcanismo activo principalmente efusivo, proceso por el cual se forma la Formación Ututo (Grupo Calipuy). En el Eoceno ocurre la segunda deformación denominada Fase Inca, caracterizada por ser fuertemente compresiva y su posterior actividad volcánica, dando lugar a la Formación Chururo (Grupo Calipuy).

Durante el Mioceno, el vulcanismo explosivo fue muy fuerte desarrollándose secuencias de material piroclástico. Asimismo, durante esta época se desarrolla la Fase quechua que separa series volcánicas y tiene como características fallamientos y el vulcanismo explosivo. A causa de ello, existe una discordancia entre la Formación Chururo (Grupo Calipuy) y la Formación Yungay.

En el Plioceno continúa la actividad volcánica, tanto explosiva como efusiva, dando lugar a la Formación Yungay.

Finalmente, durante el Holoceno la acción erosiva de los ríos se incrementa y se forman depósitos aluviales.

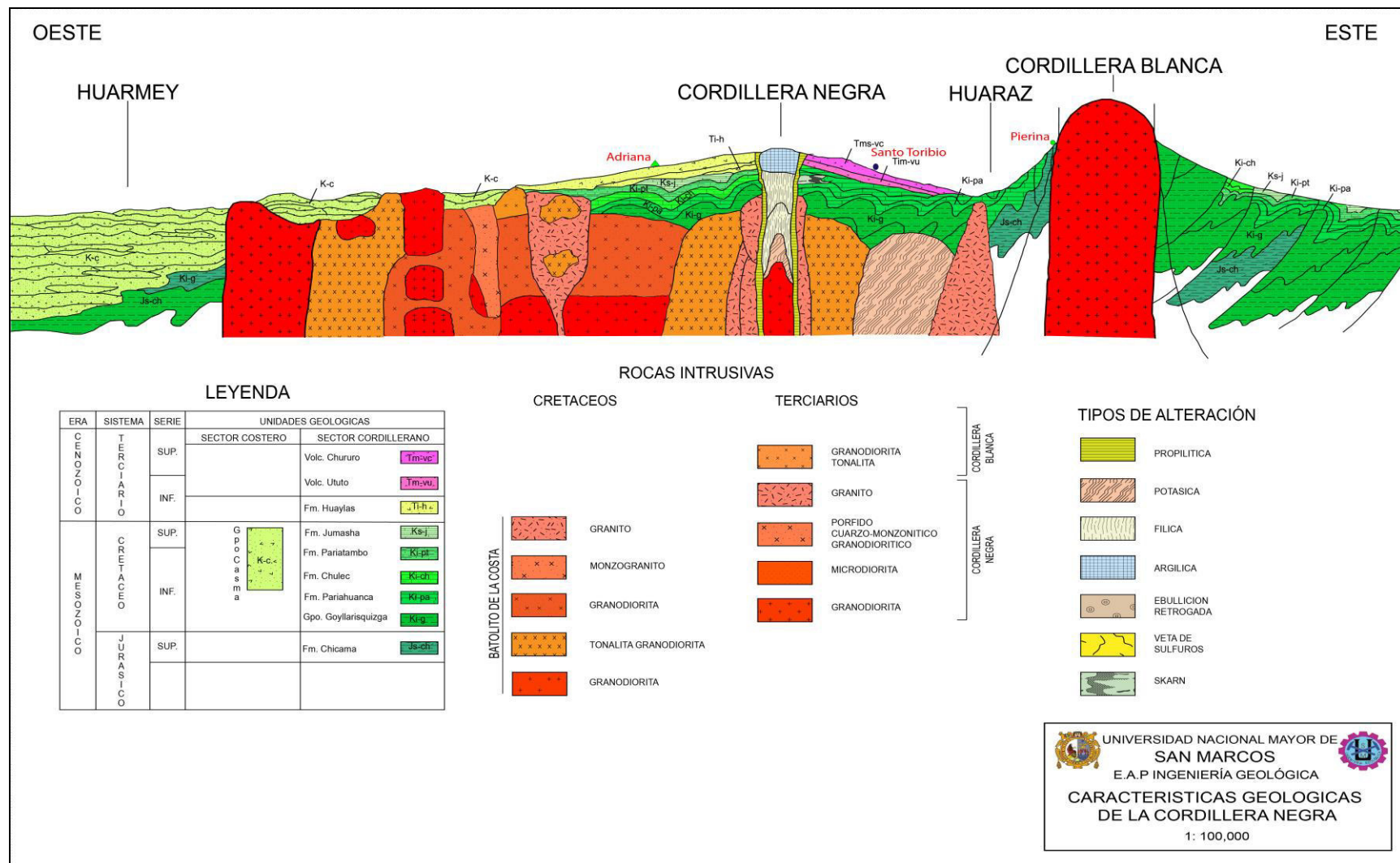


Figura 3. Características geológicas de la Cordillera Negra (Tomado y adaptado de Torres & Enríquez, 1998).

4.4. Geología Estructural

4.4.1. Generalidades

El área de estudio se caracteriza por la presencia de dos fallas regionales, asimismo se puede encontrar sistemas de plegamientos. Los dos sistemas de fallas tienen direcciones preferentes NW-SE y NE-SW respectivamente, por otro lado los sistemas de pliegues tienen dirección preferente NW-SE.

El sistema de fallas NW-SE corresponde a fallas normales asociadas a un sistema plegado y corrido donde las secuencias sedimentarias Carhuaz - Pariahuanca – Chulec - Pariatambo, forman plegamientos volcados con dirección de buzamiento al NE. **El otro sistema de fallas tiene dirección NE-SW**, es decir son transversales al primer sistema de fallas y al sistema de pliegues de dirección NW-SE. Las fallas con dirección NE-SW cortan diferentes estructuras y tienen importancia, dado que posiblemente han dado origen a yacimientos minerales presentes en el área de estudio. (Vásquez y Carlotto, 2015). Uno de estos es el yacimiento epitermal HS Pierina.

Los eventos tectónicos que se produjeron fueron cuatro fases de deformación: la primera fase tuvo como consecuencia movimientos ascendentes, por otro lado, en la segunda y tercera fase se produjeron movimientos horizontales y ascendentes. Finalmente, el ascenso del Plio-Cuaternario fue ocasionado por movimientos ascendentes. (Wilson y Reyes, 1995).

La primera fase ocasionó el ascenso de la faja andina, lo que provocó la depositación de la Fm. Chota, cuyos clastos proceden de las áreas que ascendieron. La segunda fase orogénica andina originó el desarrollo de sobreescurrecimientos y plegamientos. El acortamiento se produjo antes de la depositación de la Fm. Chota y anterior al emplazamiento del grupo Calipuy, por lo que se presume, debió haber sido un evento producido a inicios del Cenozoico. En la tercera fase, se produjo grandes movimientos epirogenéticos del basamento de la Cordillera Central. La cuarta fase, consiste en el levantamiento general de la faja andina durante el Plio-Pleistoceno, levantándose algunas fajas más que el promedio regional, un ejemplo de ello es la Cordillera Blanca. (Wilson y Reyes, 1995).

El modelo estructural propuesto es el “Sistema Estructural Ancash” (Mapa 4.3), en el cual sus lineamientos extremos están distribuidos de la siguiente manera: En su **sector occidental** incluyen el Sistema de Fallas Huaraz – Recuay y en el **sector oriental** el Sistema de Fallas de la Cordillera Blanca. (Villarreal & Rivera, INGEMMET). Estos dos sistemas mencionados delimitan el sistema estructural. Este sigmoide de cinemática siniestral ha dado lugar a fallas y fracturas Riedel conjugadas R1 y R2). En la intersección de las dos fracturas de Riedel R1 (NW-SE) y R2 (SW-NE) se ha desarrollado la mayor mineralización debido a que se encuentra altamente fracturado, donde se ubica el yacimiento epitermal HS Pierina.

Cabe mencionar las fracturas Riedel (R1 y R2), las fracturas Y y las fracturas P (Fracturas PYR). Sus dimensiones abarcan unos kilómetros teniendo en promedio el plano estructural R1 unos 20 kilómetros de longitud en dirección NW – SE y los 3 planos estructurales R2 una longitud promedio de 8 kilómetros en dirección SW-NE.

El plano estructural sintético R1 tiene un ángulo de 15° con el plano principal de la falla. Asimismo, los planos antitéticos R2 son conjugados con respecto al plano R1 y forman un ángulo de 75° respecto al plano principal de la falla. También se tienen las fracturas Y, las cuales son paralelas a la envolvente y condicionadas por el sentido de los esfuerzos de cizallamiento. Cabe mencionar, debido al dinamismo de la falla puede aparecer una tercera fractura, los cuales son los planos P que forman un ángulo agudo con el plano principal de la zona de falla (Davis & Reynolds, 1996).

Dada las características descritas anteriormente del Sistema Estructural Ancash, se puede inferir por su cinemática siniestral que tiene una tectónica de régimen extensional, el cual abre espacios y permite el movimiento masivo de fluidos hidrotermales en la roca hospedante, lo cual da como resultado, la presencia de numerosos depósitos hidrotermales en el área de estudio.

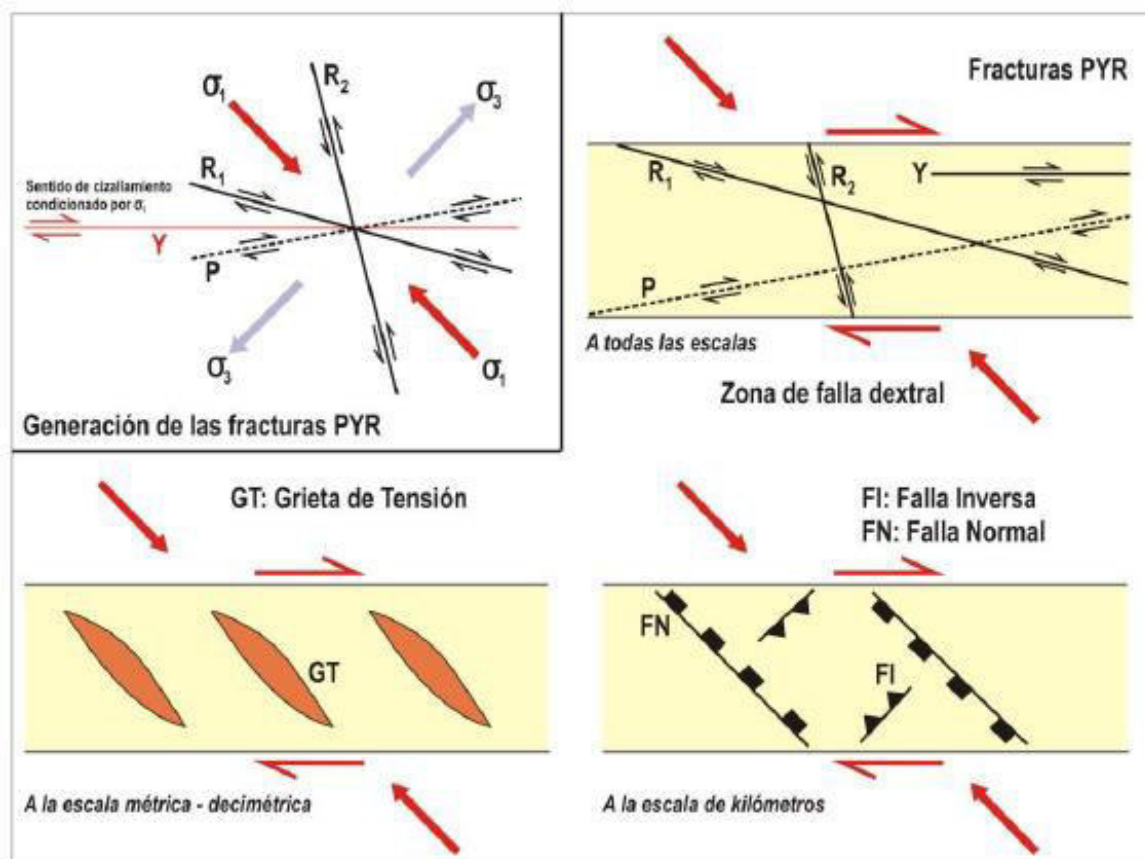


Figura 4. Estructuras asociadas que se pueden encontrar en una zona de falla (Tomado y adaptado de Davis & Reynolds, 1996).

Las fallas tienden a curvarse en el espacio como resultado de la dirección específica del esfuerzo que las genera, es allí donde tendrá lugar al desarrollo de sectores que acumulen o liberen energía en el entorno de la falla, generando espacios que sirvan como conductos de los fluidos mineralizantes y se pueda encontrar depósitos de interés económico.

La curvatura de una falla puede ser definida por las inflexiones y saltos (Davis y Reynolds, 1996) donde se podrán generar espacios para la libre circulación de fluidos hidrotermales.

Las inflexiones en aperturas son las más importantes, ya que se generan espacios y los fluidos hidrotermales pueden circular libremente generando jogs estructurales mineralizados (Sigmoides). Las zonas de apertura pueden dar lugar a cuencas pull-apart. Asimismo, en zonas de cierre pueden generar levantamientos por efectos compresionales (pop-up).

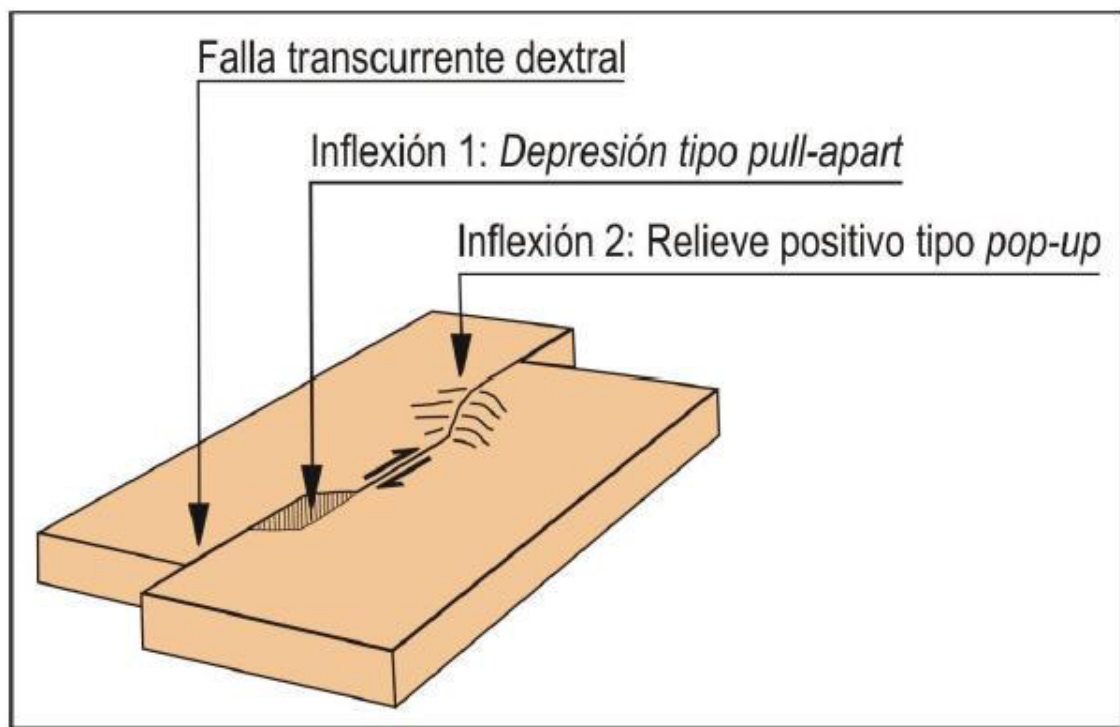
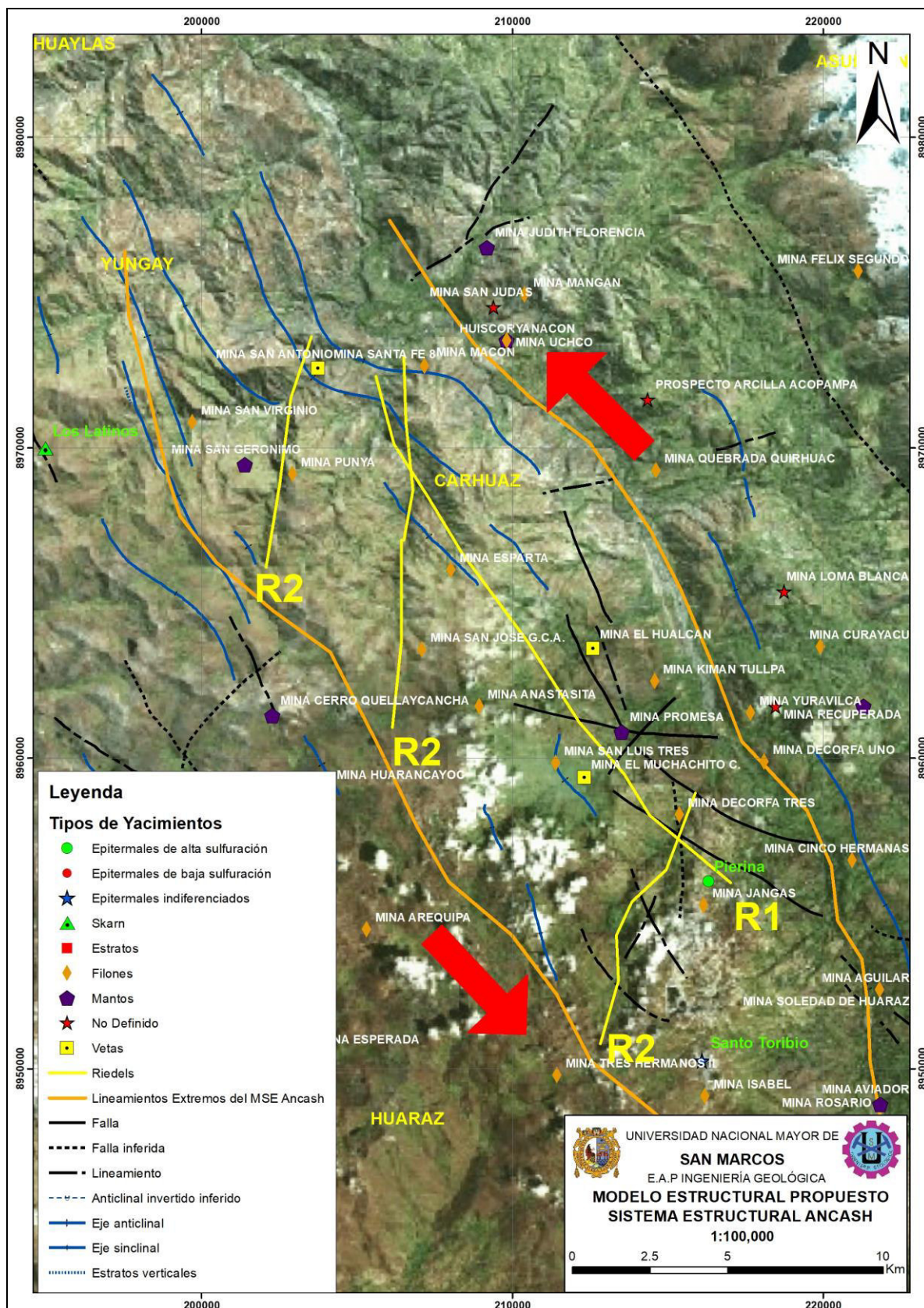


Figura 5. Relieves tipo pull apart y pop up (Tomado y adaptado de Davis & Reynolds, 1996)



4.5. Magmatismo

4.5.1. Centros Volcánicos en el Área de Estudio

El área de estudio corresponde al sector norte de la Cordillera Negra, el cual está constituido en gran parte por grandes depósitos volcánicos y volcanoclásticos, lo cual se denomina en conjunto como Grupo Calipuy (Wilson et al., 1995; Cobbing et al., 1996), el cual fue emplazado geocronológicamente entre el Eoceno y Mioceno (Farrar y Noble, 1976; Rivera et al., 2005; Navarro et al., 2009; Navarro et al., 2010).

Tomando en cuenta la estratigrafía volcánica del Gpo. Calipuy (Chávez, Navarro & Rodríguez et al, 2010), ya que el área de estudio comprende los 9° 15' y 9° 30' LS y los 77° 45' y 77° 30' LW (Figura 6).

El Gpo. Calipuy está compuesto por 4 centros volcánicos, 1 secuencia volcánica (depósitos sin centro de emisión definido) y 1 complejo volcánico (compuesto por 2 centros volcánicos Huinoc y Alto Ruri, teniendo dos etapas evolutivas: inicio efusivo y posteriormente explosiva., los cuales fueron generados a partir de arcos volcánicos que migraron de oeste a este. (Chávez, Navarro y Rodríguez et al, 2010).

Tal como se observa, el área de estudio abarca un centro volcánico (Huarancayoc) y un complejo volcánico (Compuesto por dos centros volcánicos Huinoc y Alto Ruri), los cuales corresponden tres etapas eruptivas comprendidas entre el Eoceno superior al Mioceno inferior.

Tal como se observa en la figura 7 que muestra la columna generalizada de los Centros Volcánicos Cenozoico (Chávez, Navarro y Rodríguez et al, 2010), los centros volcánicos Huinoc, Alto Ruri y Huarancayoc pertenecen a una etapa posterior explosiva, ello se puede corroborar en la composición de estas tres unidades, los cuales están compuesto por depósitos de flujos piroclásticos formándose a una distancia más alejada de la fosa actual.

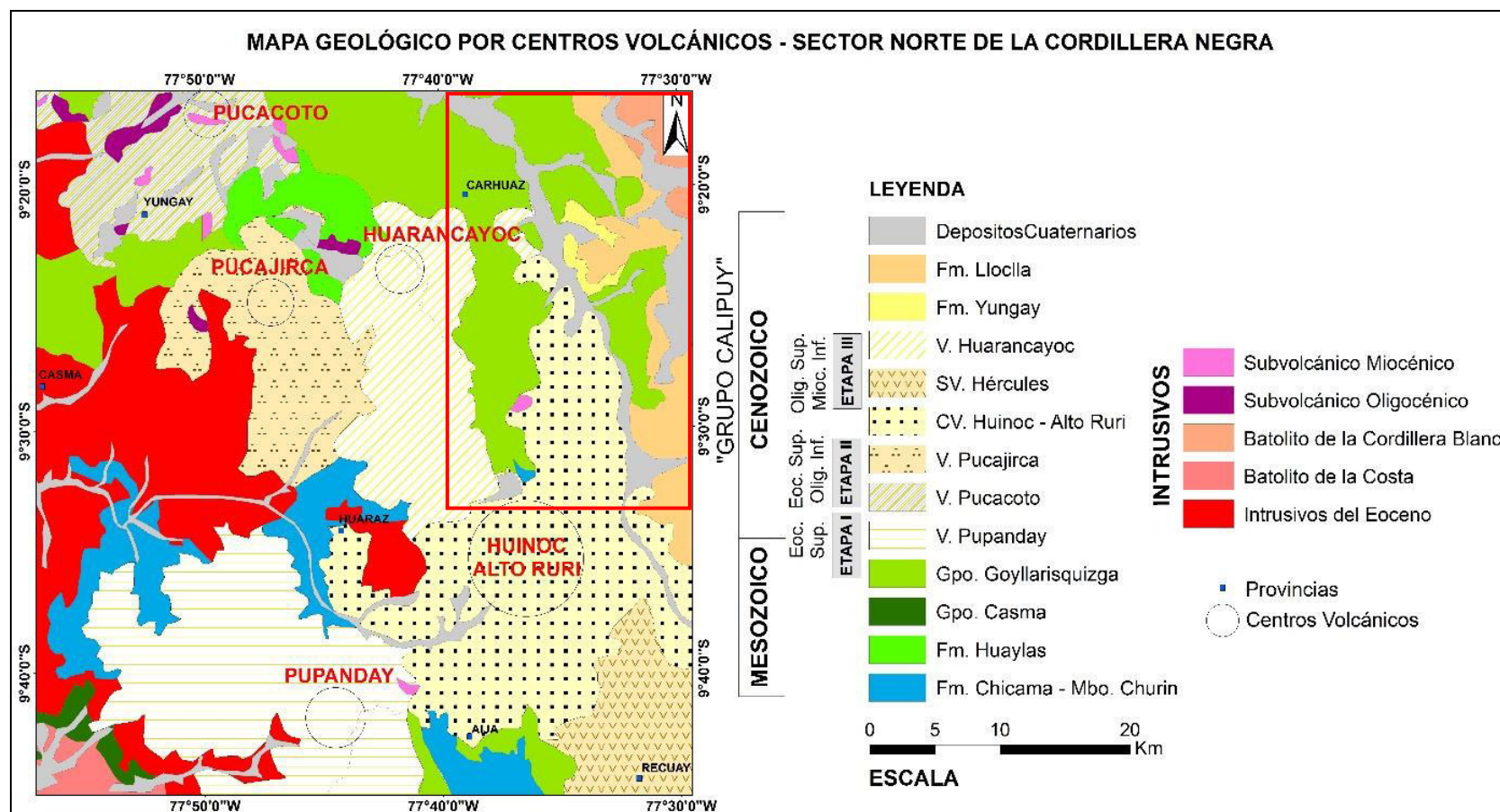


Figura 6. Mapa geológico por centros volcánicos – sector norte de la Cordillera Negra. El recuadro rojo indica el área de estudio. (Tomado y adaptado de Chávez, Navarro & Rodríguez et al, 2010).

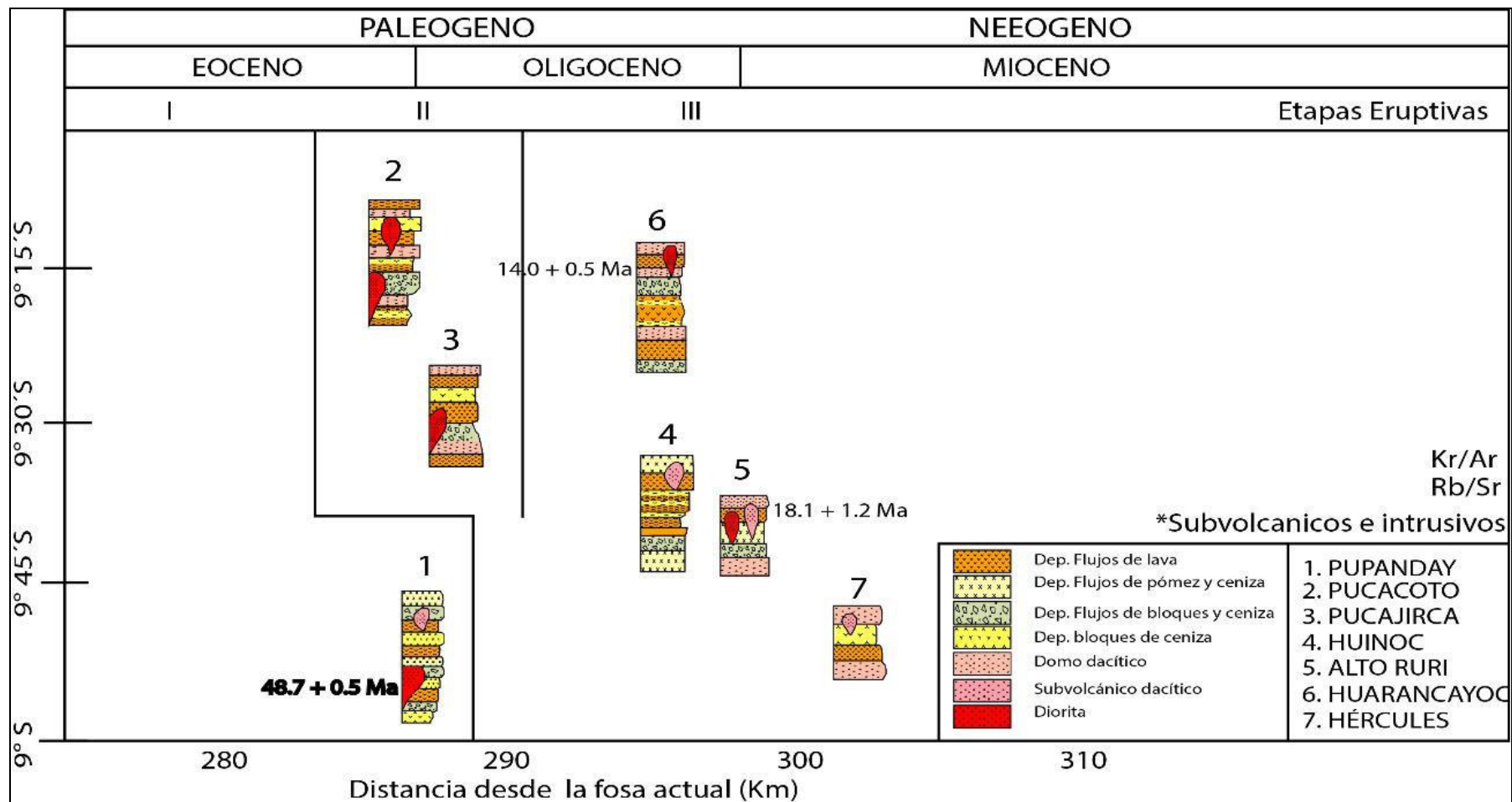


Figura 7. Columna generalizada de los centros volcánicos cenozoico (Tomado de Chávez, Navarro & Rodríguez et al, 2010).

4.5.2. Descripción Litológica de los Complejos Volcánicos en el Área de Estudio

4.5.2.1 Complejo Volcánico Huinoc – Alto Ruri

Está compuesto por dos volcanes superpuestos y erosionados, edificados por siete eventos eruptivos.

El centro volcánico Huinoc es el más antiguo y comprende los cuatro primeros eventos eruptivos: 1) Depósitos de flujos piroclásticos de cenizas gris blanquecinas, porfirítica. 2) Secuencias de flujos de lava andesítica, gris oscura a negra; sobreyacen depósitos de flujos piroclásticos de bloques y cenizas, gris violáceo, porfirítica. 3) Depósitos de flujos piroclásticos de pómez y cenizas, gris claro verdoso, porfirítico, con pómez fibrosas; se intercalan depósitos de flujos piroclásticos de cenizas, gris claro violáceos, porfiríticos; flujos de bloques y cenizas, gris violáceo, porfirítica, monomícticos. 4) Depósitos tabulares de flujos de lava andesítica, gris pardusca, porfirítico; cubierto por intercalaciones de depósitos de flujos piroclásticos de cenizas rico en cristales, gris verdoso, porfirítico; además se tienen horizontes de depósitos de caída de cenizas. (Chávez, Navarro y Rodríguez et al, 2010).

El centro volcánico Alto Ruri cubre parcialmente al volcán Huinoc, comprende tres eventos: 1) Depósitos de flujos piroclásticos de pómez y cenizas, rico en cristales, gris verdoso, porfirítica, con pómez densas y algunas fibrosas. 2) Depósitos de flujos de lava andesítica, gris azulina, afanítica; sobreyacen flujos piroclásticos de cenizas, gris parduscos, porfiríticos. 3) Depósitos de flujos de lava andesítica, gris negruzca, porfirítica; cubiertos por flujos piroclásticos de pómez y cenizas, gris claro verdoso, ricos en fragmentos líticos afaníticos. (Chávez, Navarro y Rodríguez et al, 2010).

Los depósitos del centro volcánico Huinoc sobreyacen a los últimos eventos eruptivos del volcán Pupanday e infrayacen a los eventos eruptivos del volcán Huarancayoc. Así mismo, los depósitos que conforman la base del volcán Alto Ruri están intruidos por un domo dacítico que reporta una edad K/Ar de 18.1 ± 1.2 Ma en biotita (Farrar & Noble, 1976). De esta manera se le asigna una edad del Oligoceno superior (Huinoc) al Mioceno inferior (Alto Ruri). (Chávez, Navarro y Rodríguez et al, 2010).

4.5.2.2. Centro Volcánico Huarancayoc

Está constituido por cuatro eventos eruptivos: 1) Depósitos de flujos de lava andesítica, cubiertos por intercalaciones de depósitos de flujos piroclásticos de cenizas, flujos de cenizas rico en fragmentos líticos y hacia el tope flujos piroclásticos de bloques y cenizas. 2) Depósitos de flujos de lava andesítica, cubiertos por intercalaciones de depósitos de flujos piroclásticos de cenizas, ricos en cristales y flujos de bloques y cenizas. 3) Depósitos de lava, cubiertos por depósitos de cenizas piroclásticas, flujos piroclásticos de pómez y cenizas ricos en cristales, y finalmente depósitos de flujos piroclásticos de bloques y cenizas. 4) Intercalación de flujos de lava y flujos piroclásticos de pómez y cenizas, rico en cristales. (Chávez, Navarro y Rodríguez et al, 2010).

Los depósitos de este centro sobreyacen a los últimos eventos eruptivos del centro volcánico Pucajirca y son coetáneos con los depósitos del centro volcánico Alto Ruri. El tercer evento eruptivo reporta una edad K/Ar de 14.0 ± 0.5 Ma en muscovita (Noble y McKee, 1999). Por lo tanto, se le puede asignar una edad correspondiente al Mioceno inferior. (Chávez, Navarro y Rodríguez et al, 2010).

4.6. Metalogenia

4.6.1 Franjas Metalogenéticas

Los lineamientos extremos del Sistema estructural Ancash y los dominios geológicos han permitido definir tres franjas metalogenéticas en la zona de estudio, de las cuales dos son las más importantes ya que albergan a los yacimientos de Pierina, Los Latinos y Adriana:

I. Franja Metalogenética XXI – b: Epitermales de Au – Ag hospedados en rocas volcánicas

Esta franja se extiende en el dominio volcánico de la Cordillera Occidental a lo largo del territorio peruano. El principal yacimiento de esta franja es el depósito epitermal de alta sulfuración Pierina. Las estructuras están dominadas por fallas NO, pero también existen fallas transversales al rumbo andino que generalmente están relacionadas a vetas de baja sulfuración con enriquecimiento en Au-Ag (Cu-Pb-Zn). Los mejores exponentes de este tipo de depósitos están localizados en la Cordillera Negra, donde los epitermales están

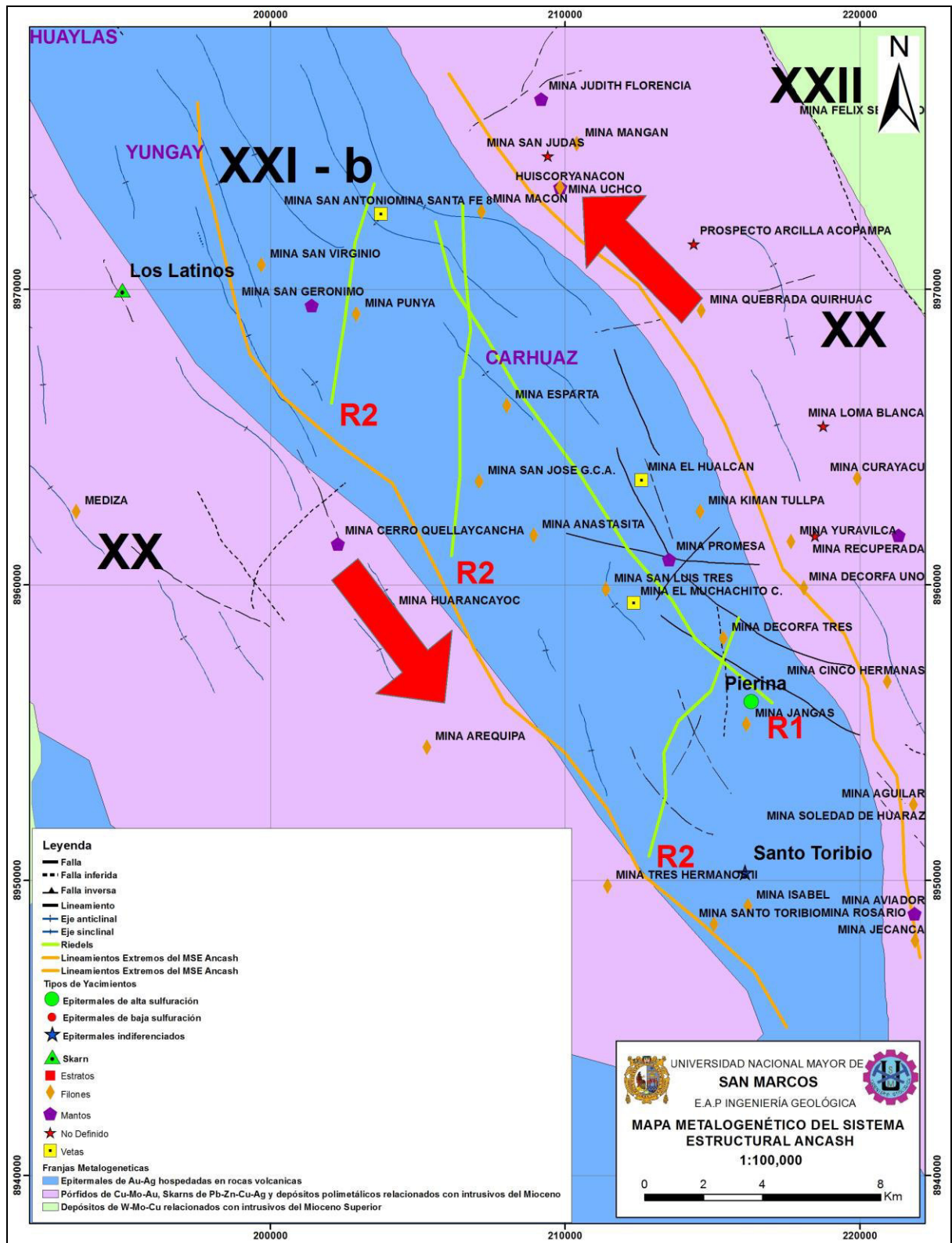
desarrollados en rocas volcánicas cenozoicas del Grupo Calipuy (Rivera, 2008).

II. Franja Metalogenética XX: Pórfidos de Cu – Mo – Au, skarns de Pb – Zn – Cu – Ag y yacimientos polimetálicos relacionados con rocas intrusivas del Mioceno

Esta franja se encuentra controlada por fallas inversas de rumbo NW-SE (Sistema Chonta). Esta franja presenta tres eventos geológicos de tipo magmático, los cuales se relacionan con la mineralización, estimado en 22 – 20 Ma, 18 – 13 Ma y 10 – 5 Ma. El magmatismo se manifiesta con stocks calcoalcalinos (dioritas a granodioritas). Los intrusivos con edades de 10 a 5 Ma, controlados por Sistemas de Fallas Chonta, en contacto con rocas calcáreas Cretácicas (9°-12°30') presentan yacimientos tipo skarn y cuerpos de reemplazamiento de Pb-Zn-Ag como por ejemplo Pachapaqui, Raura, Antamina, Huanzalá, Huarón, Yauricocha y Ucchuchacua. (Quispe et. al. 2007). En el área de estudio, en esta franja se puede ubicar el depósito mineralizado Los Latinos.

III. Franja Metalogenética XXII: Depósitos de W – Mo – Cu relacionados con intrusivos del Mioceno Superior

Los yacimientos minerales de Cu-W se encuentran asociados con granitoides de la Cordillera Blanca, los cuales se han emplazado por un control estructural fallas con direcciones preferentes NW-SE y N-S pertenecientes al Sistema de Fallas de la Cordillera Blanca (Santisteban, 2008). Los yacimientos minerales más representativos de esta franja son Nueva California, Pasto Bueno, Jacabamba, y Mundo Nuevo. Los yacimientos mineralizados se presentan como vetas o filones con variable contenido de cuarzo – cobre gris, así como algunos depósitos tipo pórfido. (Villarreal y Rivera, 2008). En el área de estudio, esta franja no ocupa una extensión considerable y no se ubica algún depósito de gran importancia.



Mapa 7. Mapa metalogénico. Basado en información de INGEMMET. Obsérvese que los lineamientos del Sistema Estructural Ancash se alinean a los límites entre las franjas metalogénicas.

4.6.2 Factores Condicionantes Para la Mineralización en el Área de Estudio

Entre los factores condiciones más importantes para la mineralización, se tiene:

a. Componentes Estructurales y Tectónica Activa

Teniendo en cuenta a los componentes estructurales a escala regional da lugar al papel desempeñado por los sistemas de fallas regionales que funciones como conductos de las cámaras magmáticas y un posterior emplazamiento del magma formando cuerpos intrusivos. Asimismo, en una escala regional es más favorable una tectónica activa compresiva que pueda impedir una desgasificación masiva y haya una carga volátil importante. Por otro lado, a escalas locales es necesario la presencia de estructuras abiertas (Fallas, diaclasas, etc.) que permitan el ascenso de fluidos mineralizantes y se pueda lograr una precipitación de la carga volátil. (Torres, A. y Enríquez, J., 1998).

b. Actividad Magmática

Es la fuente de metales y depende si los intrusivos son fértiles y otras condiciones adicionales. Dependiendo de ello, tendrá éxito en formar depósitos minerales. Si un intrusivo es fértil podría formar un depósito mineral, pero ello está condicionado por las condiciones estructurales que permita el ascenso del magma y de las condiciones litológicas que sean lo suficientemente permeables y/o porosas para que retengan el depósito mineral. Es por ello que la actividad magmática está circunscrita a muchas condicionantes y no depende de sí misma en la génesis de un yacimiento mineralizado.

c. El Agua

La función más importante del agua es proporcionar energía. El equilibrio agua vapor se encuentra definido por la relación presión-temperatura. Ello involucra la probabilidad de la existencia de agua en estado líquido a temperaturas mayores que la temperatura de ebullición del agua a nivel del mar (100°C) si la presión es mayor a 1 atmósfera. (J. Lillo y R. Oyarzun et al 2013). Sin embargo, este equilibrio tiene un límite hasta llegar a 374°C a una presión de 22MPa, a este punto llamamos supercrítico, ya que cualquier perturbación de la presión (descompresión violenta) desencadenaría la conversión de agua líquida en vapor (El vapor de agua ocupa un volumen que es una 1000 veces superior al

ocupado por el agua líquida) y ocasiona una explosión violenta y consigo la formación de stockworks y cuerpos de brecha. (Torres, A. y Enríquez, J., 1998).

Cabe mencionar que la función de transporte es secundaria ya que solamente ocurre si existen los conductos por donde pueden circular los fluidos.

d. El Tiempo

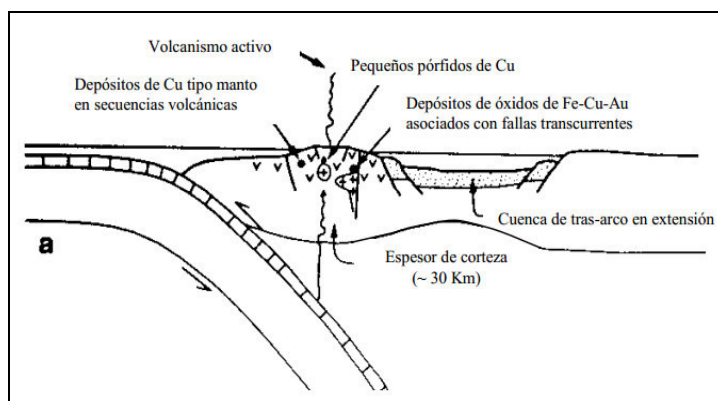
Es un factor importante para la formación de depósitos minerales, ya que se relaciona directamente con las épocas metalogénicas. La mineralización es un proceso lento que esta antecedida por una alteración hidrotermal que le confiere a la roca propiedades fisicoquímicas que condicionan un posterior transporte y precipitación de metales. (Torres, A. y Enríquez, J., 1998).

Teniendo en cuenta los factores condicionantes antes expuestos, en la Cordillera Negra tendría como factor determinante a los componentes estructurales, los cuales han permitido la mineralización económica. Asimismo, ello no habría sido posible sin la tectónica compresiva lo cual es producto de la subducción de la placa de Nazca y la placa Sudamericana.

4.7. Geofísica

4.7.1. Generalidades

El ángulo de subducción de la placa oceánica probablemente es el factor que ha permitido la mineralización y ha influido en los distintos yacimientos tanto en el sur, centro y norte del Perú. Teniendo en cuenta que los grandes yacimientos mineralizados generalmente son el resultado de varios pulsos sucesivos de mineralizaciones que ocurren en un mismo punto.



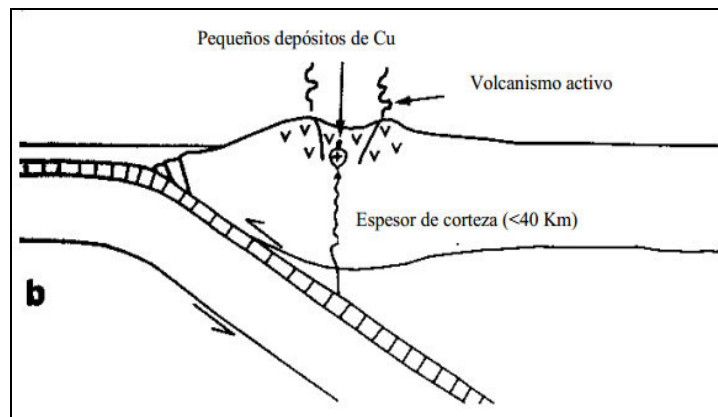


Figura 8. Esquemas de secciones tectonomagmáticas del margen central de los Andes del Norte de Chile y Sur del Perú que muestran los rasgos relevantes de la formación de las fajas de Cu. (a) Arco de extensión o transtensión (Faja del Jurásico - medio - Cretáceo inferior). (b) Arco magmático neutral a extensión media (Faja del Paleoceno - Eoceno - inferior). (Sillitoe & Perelló, 2005).

4.7.2. Explicación Geofísica

Ángulo de subducción según diversos autores:

El progreso de la geodinámica del Perú viene siendo regida por los rasgos tectono-estructurales a continuación: la Fosa Peruano-Chilena, la Dorsal de Nazca, la Dorsal de Carnegie, la Cadena Volcánica, la Cordillera Andina, y todos los sistemas de fallas presentes en el continente. A continuación una recopilación de diferentes autores respecto al ángulo de subducción de la placa oceánica.

Autores	Año	Descripción	Ángulo de subducción.
Barazangi e Isacks	1976 - 1979	Utilizaron la telesísmica para postular que la subducción en el Perú se ejecuta de forma heterogénea.	Región Norte – Centro: Ángulo de 10° hasta una profundidad de 100 Km, donde continuaría de forma casi horizontal. Región Sur: 30° hasta alcanzar una profundidad de 300 Km.
Hasegawa y Sacks	1981	Usaron información registrada por una red sísmica local ubicada en la región Sur del Perú. Dichos autores llegan a la conclusión que la forma de la placa subducente es continua y que la variación en el modo de subducción, entre la región Norte, Centro y Sur se origina con una contorsión de la placa.	Región Sur: Angulo de 30° hasta una profundidad de 300 Km. Región Central: El mismo ángulo se conserva pero esta tiende a ser horizontal a una profundidad de 100 Km.

Grange	1984	Este autor utilizó información proveniente de una red sísmica local situada en la región Sur de Perú. El autor indica que la placa se contorsiona.	Región Sur: 30° constante hasta una profundidad de 250 Km. Región Central: El ángulo disminuye hacia esta región hasta alcanzar una profundidad de 100 Km.
Schneider y Sacks	1987	Utilizaron datos de una red sísmica local instalada al Sur de Perú.	Región Sur: 25° hasta una profundidad de 250 Km. Región Centro: Los sismos obtienen profundidades de 100 Km.
Rodríguez y Tavera	1991	Estos autores fijaron la geometría del proceso de subducción para la región Central de Perú utilizando información obtenida de cuatro redes sísmicas locales que funcionaron en varios periodos de tiempo.	Región Central: Aprox. 30° hasta una profundidad de 107 Km para luego desplazarse de manera casi horizontal por debajo del continente hasta 650 Km de distancia desde la línea de fosa.
Cahill e Isacks	1992	Evaluaron cuantitativamente una base de datos para el periodo 1963 – 1989 extraída del catálogo NEIC y el ISC a fin de estudiar la geometría del proceso de subducción en Sudamérica.	Plantean que la subducción se iniciaría, desde la fosa, con un ángulo entre 27°-30° luego pasaría a ser continua por debajo del continente revelando la presencia de dos tipos de subducción: una subducción subhorizontal presente en la zona Central de Perú (entre 7°S-16°S) y otra de tipo normal presente en la región Sur de Perú (al Sur de los 16°S)
Tavera y Bufo	1998	Plantean un modelo 3D para el proceso de subducción en Perú a partir de información del NEIC en el periodo 1960-1995. Asimismo, recalcan la heterogeneidad en el modo de subducción, la contorsión de la placa y las longitudes alcanzadas, desde la fosa, por debajo del continente).	Señalan la presencia de dos formas de subducción: una casi horizontal presente en las regiones Norte y Centro de Perú con profundidades entre 100-120 km y longitudes, desde la fosa que varían entre 700 a 500 km. En la zona Sur, el proceso de subducción se conserva invariable con un ángulo de 30° hasta 300 km de profundidad y longitudes desde la fosa de 400 km.

Tabla 1. El ángulo de subducción de la Placa Oceánica según diversos autores

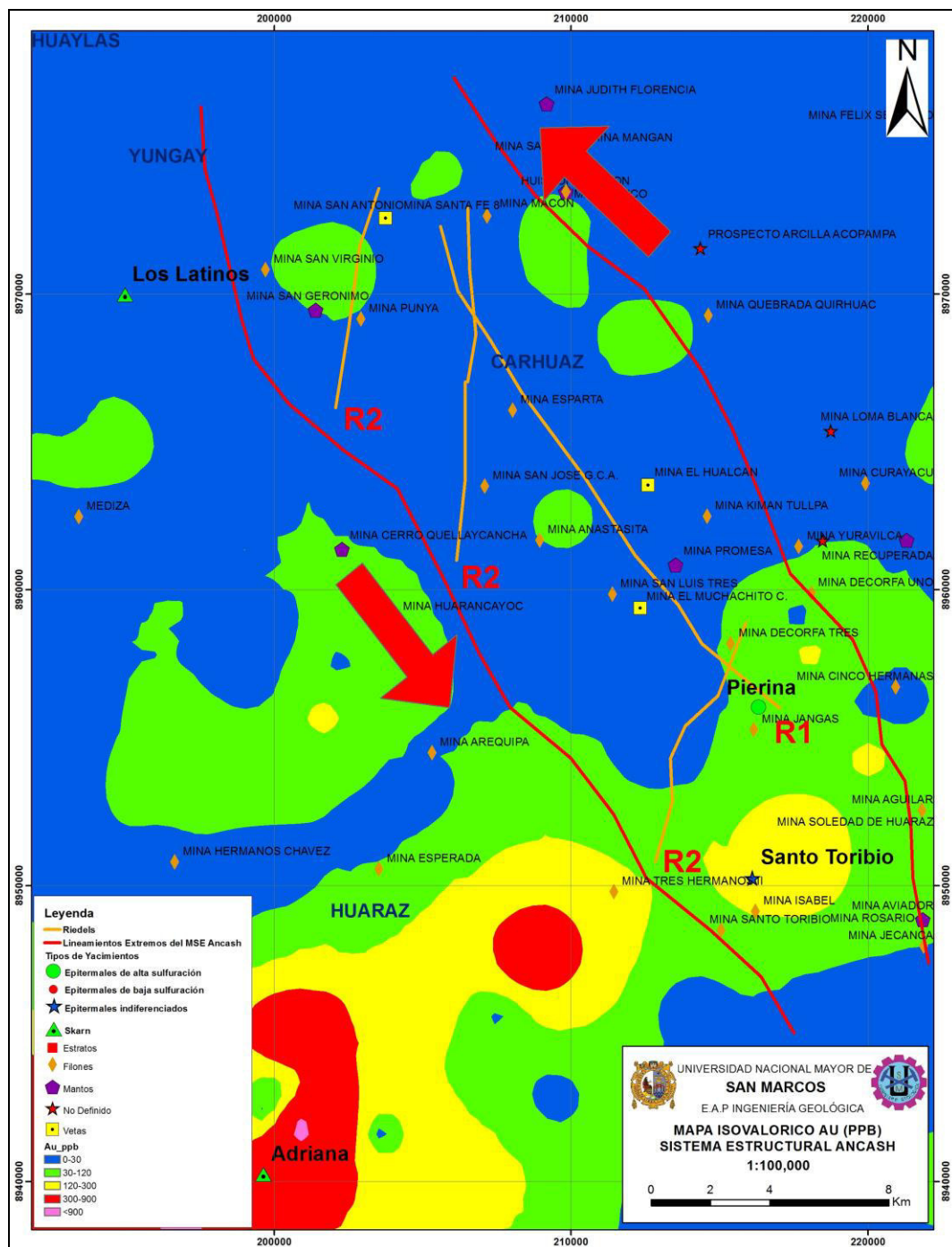
4.8. Geoquímica

4.8.1. Generalidades

En relación con la información obtenida del Portal Web GEOCATMIN - INGEMMET de los elementos Au, Ag, Cu, Fe, Pb y Zn; los cuales se han considerado por ser los más importantes representando el tipo de yacimientos que se pueden ubicar en el área de estudio. Cabe recalcar que estas muestras son de tipo stream sediment con un total de 120 muestras abarcando en su totalidad el cuadrángulo de Carhuaz (19h) y parte del cuadrángulo de Huaraz (20h).

4.8.2. Elemento Au

En el mapa isovalórico del elemento Au (ppb) se puede observar una zona anómala cerca al yacimiento Adriana (Skarn) con valores promedios entre 300 y 900 ppb representando los valores más altos de Au en la zona de estudio. Asimismo, hay una zona anómala cerca a los yacimientos Pierina y Santo Toribio con valores promedio entre 120 y 300 ppb.



Mapa 8. Mapa isovalórico en relación con el elemento Au (ppb). Basado en información de INGEMMET

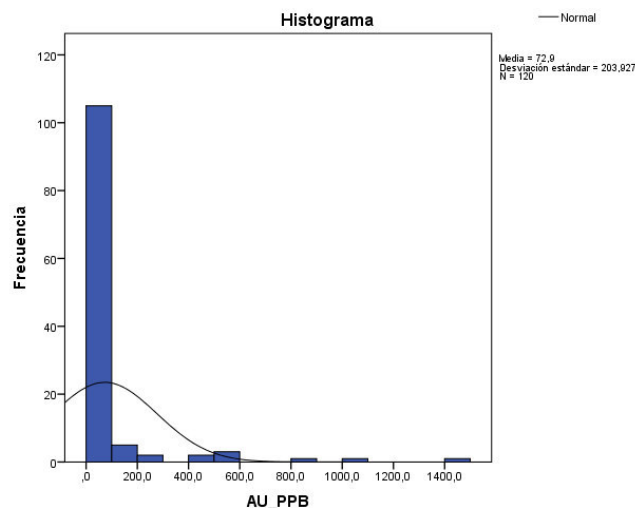
Descriptivos				Estadístico	Error estándar
AU_PPb	Media			72,896	18,6159
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior		36,034	
		Límite superior		109,757	
	Media recortada al 5%			34,505	
	Mediana			8,000	
	Varianza			41586,260	
	Desviación estándar			203,9271	
	Mínimo			2,5	
	Máximo			1421,0	
	Rango			1418,5	
	Rango intercuartil			27,5	
	Asimetría			4,453	,221
	Curtosis			22,259	,438

Tabla 2. Estadísticos descriptivos – Elemento Au (ppb). Fuente: Autor

Histograma de Au (ppb)

En el histograma de distribución normal del Oro se observa una distribución asimétrica positiva, quiere decir que hay mayor cantidad de valores aislados a la derecha.

Este histograma presenta una distribución mesocúrtica.



F

Figura 9. Histograma – Elemento Au (ppb). Fuente: Autor

Gráfico Q-Q normal de AU_PPb

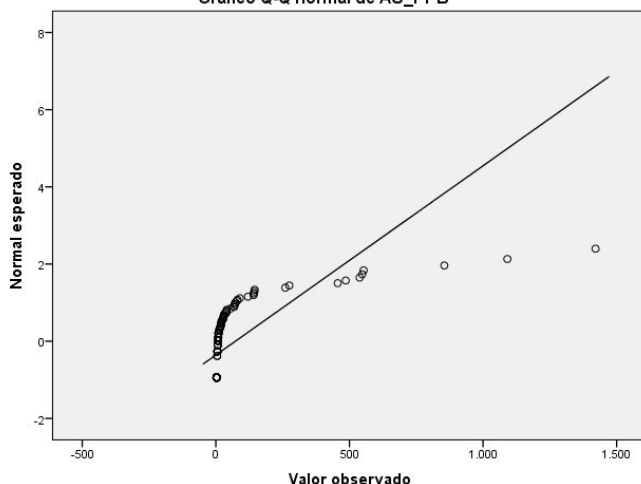


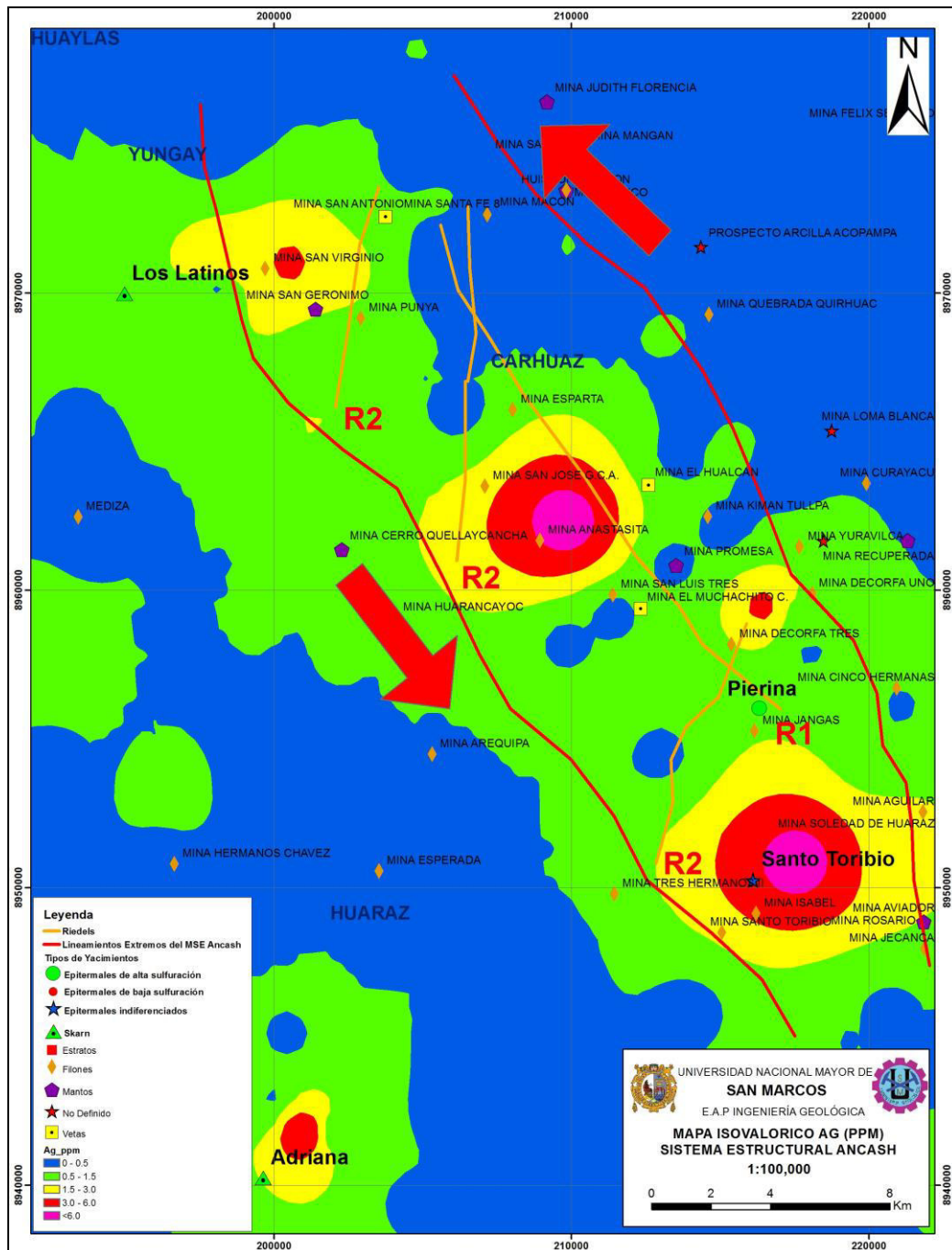
Gráfico Q-Q Normal Au (ppb)

En el gráfico Q-Q normal se observa que todos los valores no son cercanos a la normalidad, a excepción de los valores anómalos se alejan de la recta normal.

Figura 10. Gráfico Q-Q Normal – Elemento Au (ppb). Fuente: Autor

4.8.3. Elemento Ag

En el mapa isovalórico del elemento Ag (ppm) se puede observar dos zonas anómala bien marcadas cerca al yacimiento Santo Toribio (Epitermal indiferenciado) y Anastasita (Filón) con valores promedios por encima de 6 ppm representando los valores más altos de Ag en la zona de estudio. Asimismo, hay dos zonas anómalas de menor extensión los cuales se ubican cerca de San Virgino (Filón) y Adriana (Skarn)



Mapa 9.. Mapa isovalórico en relación con el elemento Ag (ppm). Basado en información de INGEMMET

Descriptivos			Estadístico	Error estándar
AG_PPM	Media		,6333	,11778
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,4000	
		Límite superior	,8665	
	Media recortada al 5%		,3922	
	Mediana		,2500	
	Varianza		1,665	
	Desviación estándar		1,29022	
	Mínimo		,05	
	Máximo		8,76	
	Rango		8,71	
	Rango intercuartil		,39	
	Asimetría		4,692	,221
	Curtosis		24,374	,438

Tabla 3. Estadísticos descriptivos – Elemento Ag (ppm). Fuente: Autor

Histograma de Ag (ppm)

En el histograma de distribución normal de la Plata se observa una distribución asimétrica positiva, quiere decir que hay mayor cantidad de valores aislados a la derecha.

Este histograma presenta una distribución mesocúrtica.

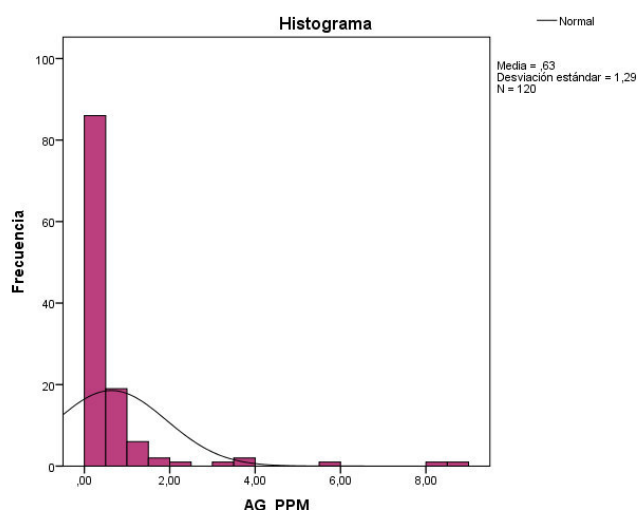


Figura 11. Histograma – Elemento Ag (ppm). Fuente: Autor

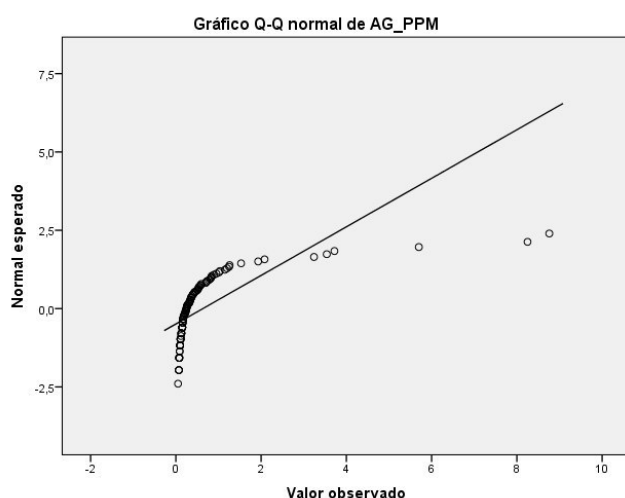


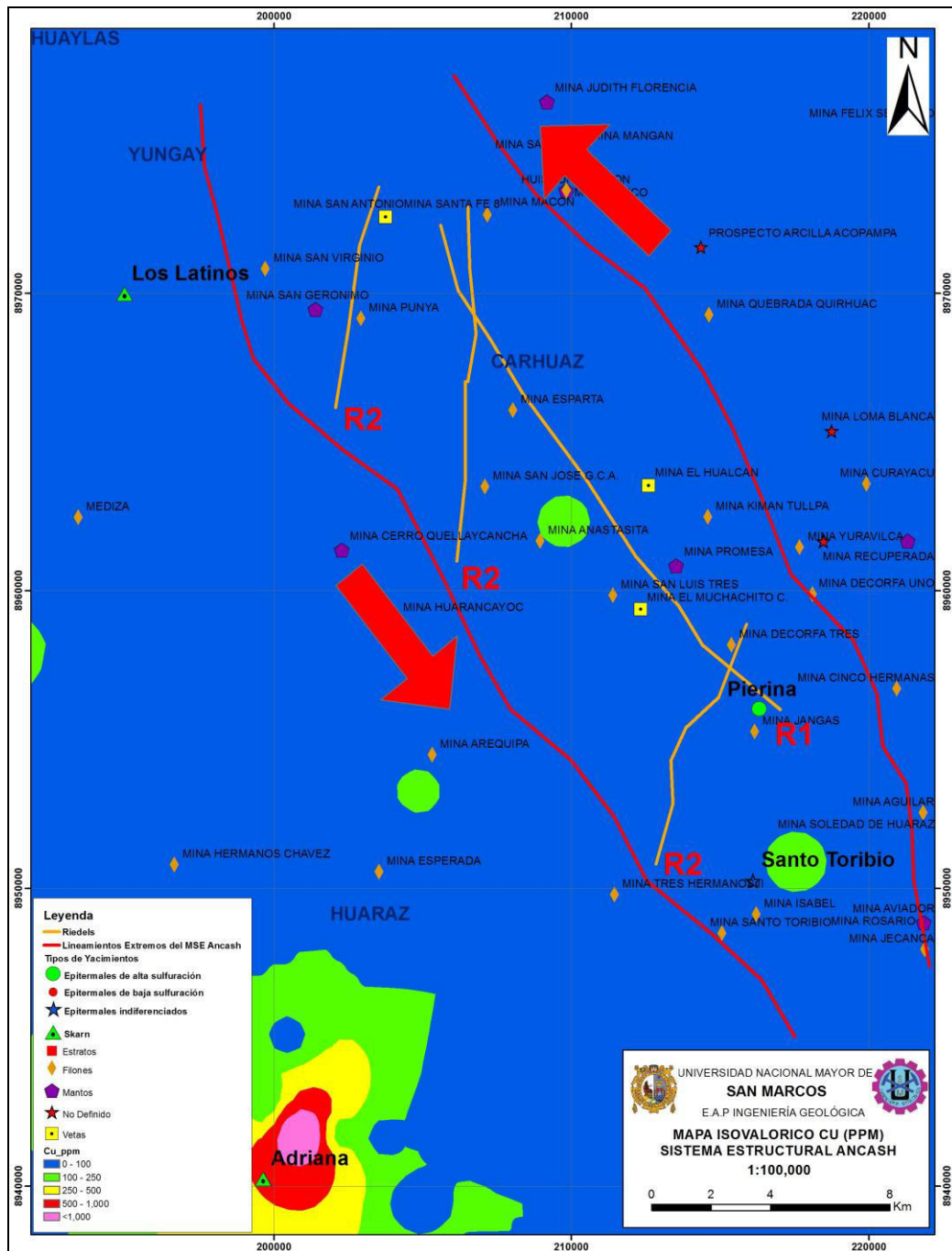
Gráfico Q-Q Normal Ag (ppm)

Al igual que en el elemento Au, en el gráfico se observa que todos los valores no son cercanos a la normalidad, a excepción de los valores anómalos se alejan de la recta normal.

Figura 12. Gráfico Q-Q Normal – Elemento Ag (ppm). Fuente: Autor.

4.8.4. Elemento Cu

En el mapa isovalórico del elemento Cu (ppm) se puede observar una zona anómala bien marcada cerca al yacimiento Adriana (Skarn) con valores promedios por encima de 1000 ppm representando los valores más altos de Cu en la zona de estudio. Sin embargo, hay dos zonas anómalas de menor valor los cuales se ubican cerca de Anastasita y Arequipa (Filones), así como Santo Toribio (Epitermal indiferenciado).



Mapa 10. Mapa isovalórico en relación con el elemento Cu (ppm). Basado en información de INGEMMET.

Descriptivos			Estadístico	Error estándar
CU_PPM	Media		62,733	19,4232
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	24,273	
		Límite superior	101,193	
	Media recortada al 5%		36,064	
	Mediana		27,500	
	Varianza		45271,315	
	Desviación estándar		212,7706	
	Mínimo		6,7	
	Máximo		2305,0	
	Rango		2298,3	
	Rango intercuartil		23,1	
	Asimetría		10,037	,221
	Curtosis		105,976	,438

Tabla 4. Estadísticos descriptivos – Elemento Cu (ppm). Fuente: Autor

Histograma de Cu (ppm)

En el histograma de distribución normal del Cobre se observa una distribución asimétrica positiva, quiere decir que hay mayor cantidad de valores aislados a la derecha.

Este histograma presenta una distribución mesocúrtica.

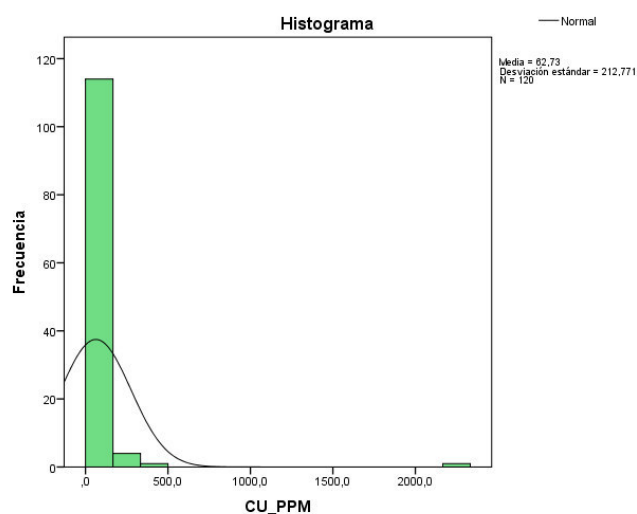


Figura 13. Histograma – Elemento Cu (ppm). Fuente: Autor

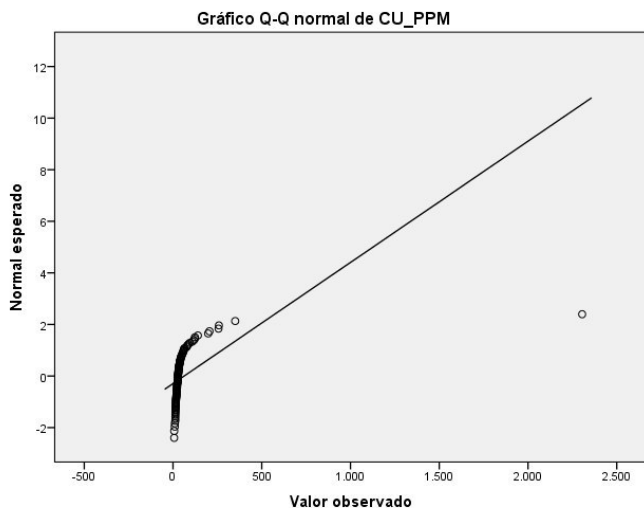


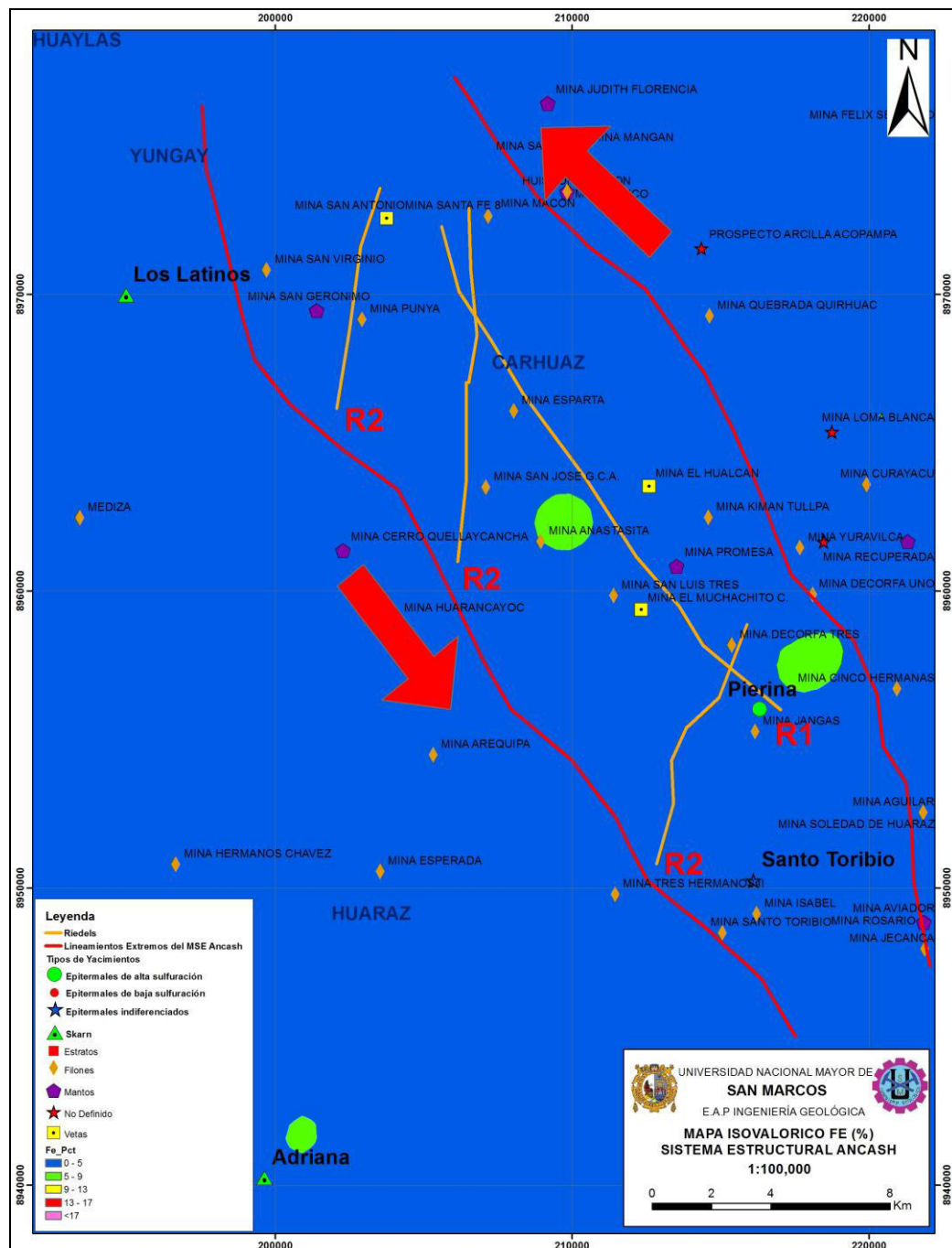
Gráfico Q-Q Normal Cu (ppm)

En este gráfico Q-Q normal se observa que todos los valores no son cercanos a la normalidad, a excepción de los valores anómalos se alejan de la recta normal.

Figura 14. Gráfico Q-Q Normal – Elemento Cu (ppm). Fuente: Autor

4.8.5. Elemento Fe

En el mapa isovalórico del elemento Fe (%) no se tiene zonas anómalas bien marcadas con valores altos. Sin embargo, hay tres zonas anómalas de menor valor los cuales se ubican cerca de Anastasita y Cinco Hermanas (Filones), así como Adriana (Skarn).



Mapa 11. Mapa isovalórico en relación con el elemento Fe (%). Basado en información de INGEMMET

Descriptivos			Estadístico	Error estándar
FE_PORCENT	Media		3,3103	,08368
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,1446	
		Límite superior	3,4759	
	Media recortada al 5%		3,2825	
	Mediana		3,2000	
	Varianza		,840	
	Desviación estándar		,91665	
	Mínimo		,85	
	Máximo		6,96	
	Rango		6,11	
	Rango intercuartil		1,02	
	Asimetría		,629	,221
	Curtosis		2,482	,438

Tabla 5. Cuadro de estadísticos descriptivos – Elemento Fe (%). Fuente: Autor

Histograma de Fe (%)

En el histograma de distribución normal del Hierro se observa una ligera distribución asimétrica positiva. Este histograma presenta una distribución leptocúrtica.

Figura 15. Histograma – Elemento Fe (%). Fuente: Autor

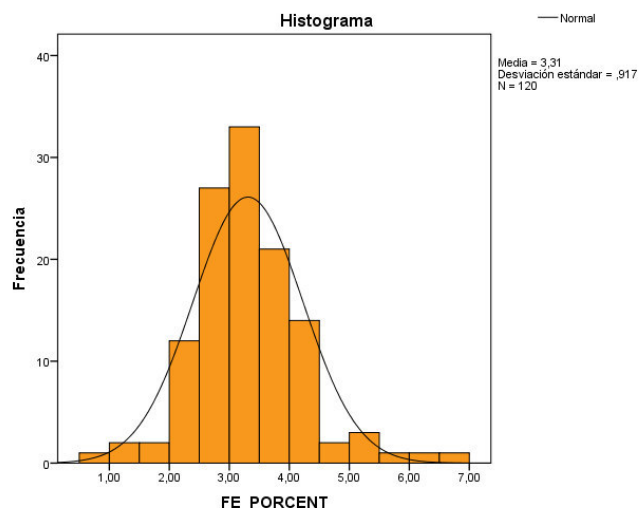
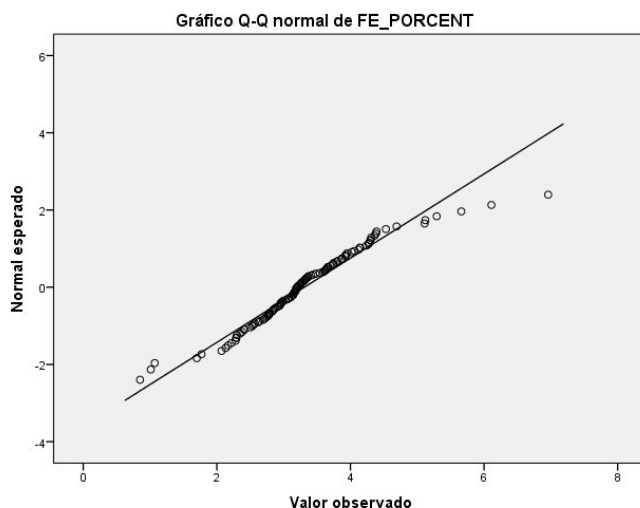


Gráfico Q-Q Normal Fe (%)

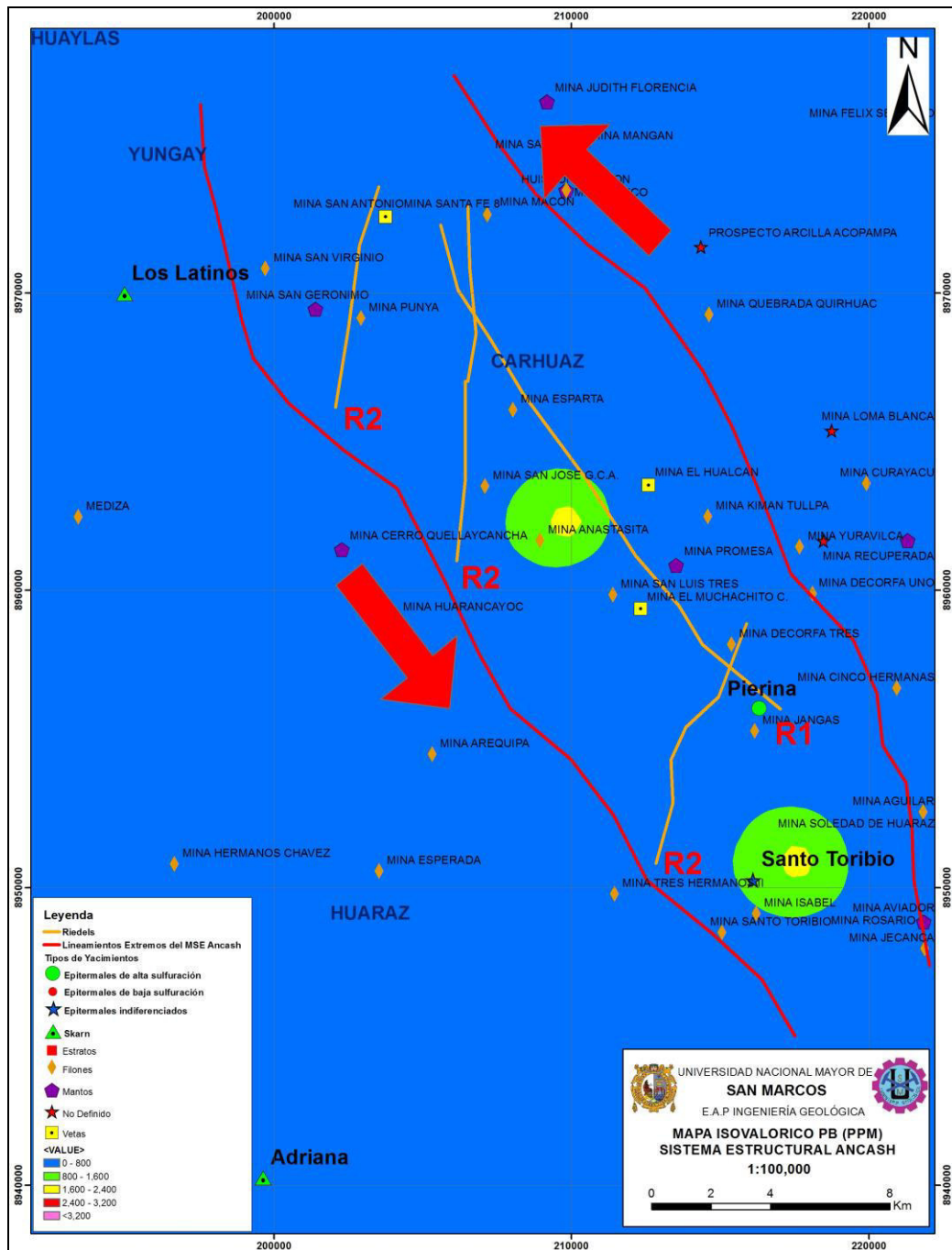
En el gráfico Q-Q normal se observa valores cercanos a la normalidad, a excepción de unos cuantos valores anómalos que se alejan de la recta normal.

Figura 16. Gráfico Q-Q Normal – Elemento Fe (%). Fuente: Autor



4.8.6. Elemento Pb

En el mapa isovalórico del elemento Pb (ppm) no se tiene zonas anómalas bien marcadas con valores altos. Sin embargo, hay dos zonas anómalas de valor intermedio los cuales se ubican cerca de Anastasita y San José (Filones), así como Santo Toribio (Epitermal indiferenciado).



Mapa 12. Mapa isovalórico en relación con el elemento Pb (ppm). Basado en información de INGENMET

Descriptivos			Estadístico	Error estándar
PB_PPM	Media		81,023	21,5211
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	38,409	
		Límite superior	123,636	
	Media recortada al 5%		41,853	
	Mediana		30,550	
	Varianza		55578,957	
	Desviación estándar		235,7519	
	Mínimo		6,9	
	Máximo		1802,0	
	Rango		1795,1	
	Rango intercuartil		30,2	
	Asimetría		6,609	,221
	Curtosis		45,592	,438

Tabla 6. Cuadro de estadísticos descriptivos – Elemento Pb (ppm). Fuente: Autor

Histograma de Pb (ppm)

En el histograma de distribución normal del Plomo se observa una distribución asimétrica positiva, quiere decir que hay mayor cantidad de valores aislados a la derecha.

Este histograma presenta una distribución mesocúrtica.

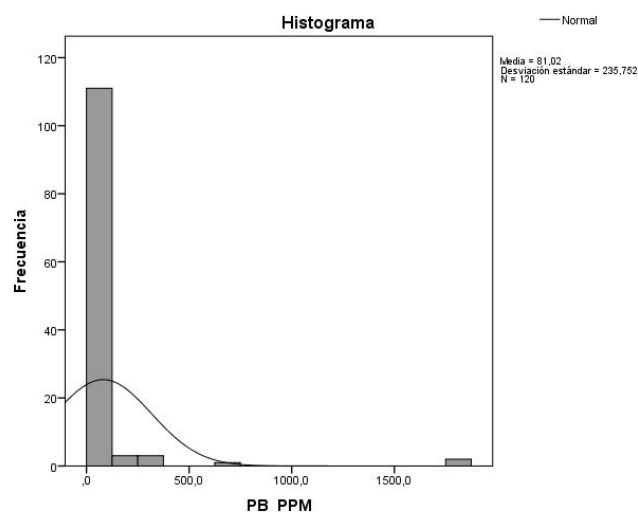


Figura 17. Histograma – Elemento Pb (ppm). Fuente: Autor

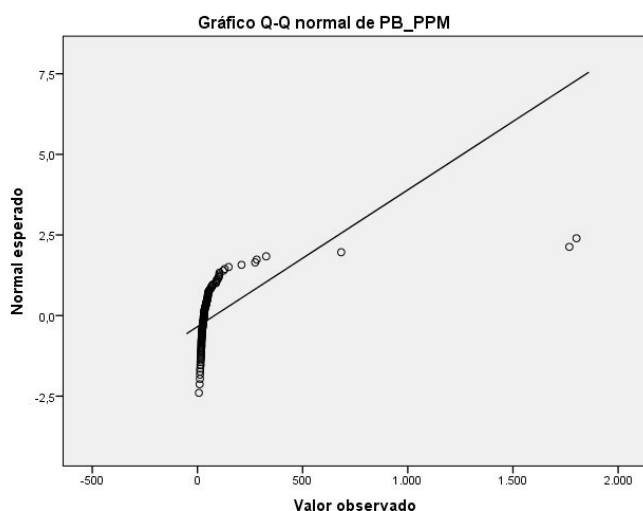


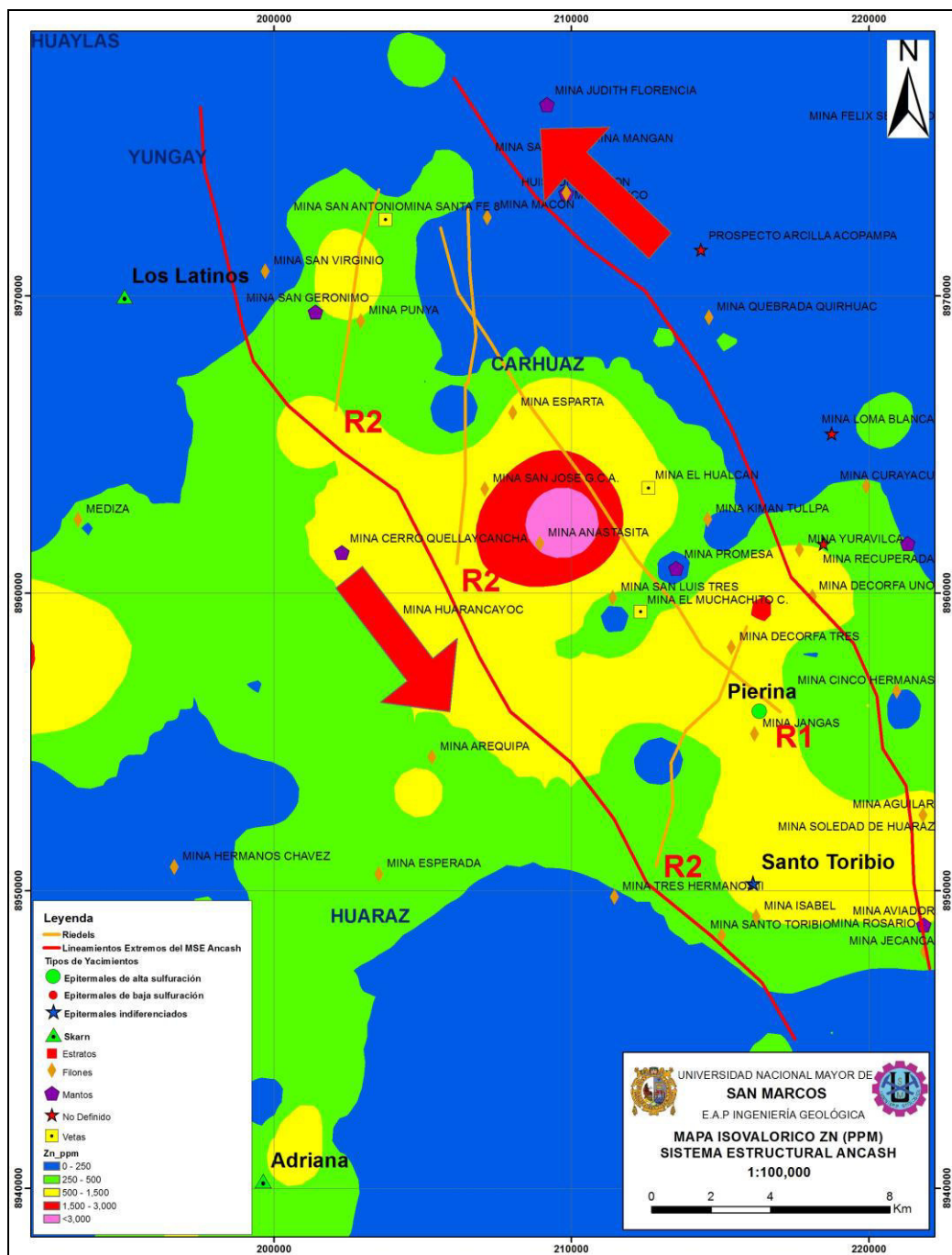
Gráfico Q-Q Normal Pb (ppm)

En este gráfico Q-Q normal se observa que todos los valores no son cercanos a la normalidad.

Figura 18. Gráfico Q-Q Normal – Elemento Pb (ppm). Fuente: Autor.

4.8.7. Elemento Zn

En el mapa isovalórico del elemento Zn (ppm) se tiene una zona anómala bien marcada el cual se encuentra cerca a Anastasita y San José (Filones) con valores por encima de 3000 ppm. Asimismo, se tiene zonas anómalas de valor intermedio cerca de Pierina (Epitermal de alta sulfuración), Santo Toribio (Epitermal indiferenciado) y San Gerónimo (Manto)



Mapa 13. Mapa isovalórico en relación con el elemento Zn (ppm). Basado en información de INGEMMET

Descriptivos			Estadístico	Error estándar
ZN_PPM	Media		272,21	45,064
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	182,98	
		Límite superior	361,44	
	Media recortada al 5%		198,29	
	Mediana		127,50	
	Varianza		243687,057	
	Desviación estándar		493,647	
	Mínimo		33	
	Máximo		4806	
	Rango		4773	
	Rango intercuartil		201	
	Asimetría		7,017	,221
	Curtosis		60,876	,438

Tabla 7. Cuadro de estadísticos descriptivos – Elemento Zn (ppm). Fuente: Autor

Histograma de Zn (ppm)

En el histograma de distribución normal del Zinc se observa una distribución asimétrica positiva, quiere decir que hay mayor cantidad de valores aislados a la derecha. Este histograma presenta una distribución mesocúrtica.

Figura 19. Histograma – Elemento Zn (ppm).

Fuente: Autor

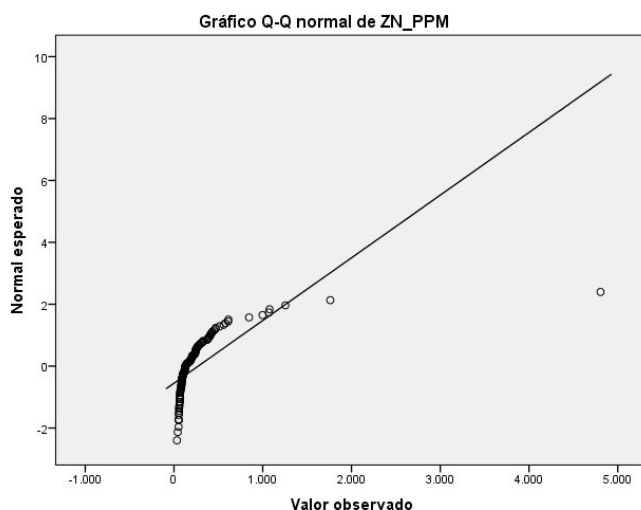
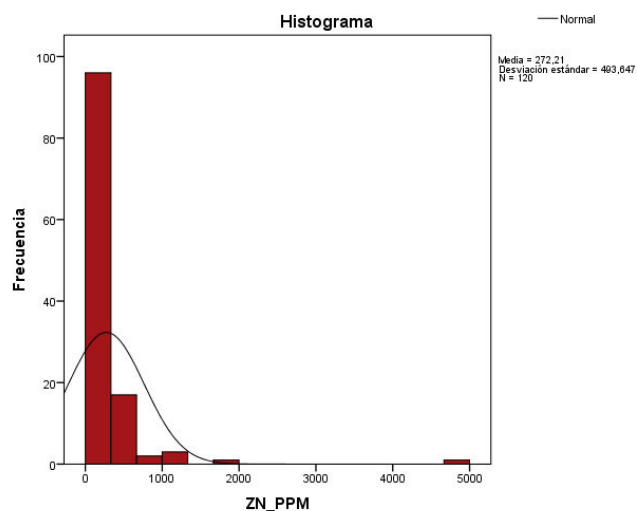


Gráfico Q-Q Normal Pb (ppm)

En este gráfico Q-Q normal se observa que todos los valores no son cercanos a la normalidad.

Figura 20. Gráfico Q-Q Normal – Elemento Zn (ppm). Fuente: Autor

4.8.8. Análisis Estadístico

A continuación, se tiene la correlación de Pearson con los elementos Au, Ag, Cu, Pb, Fe, Zn resaltándose las correlaciones más altas que se aproximan a 1.

		Correlaciones					
		AU PPB	AG PPM	CU PPM	PB PPM	FE %	ZN PPM
AU_PPB	Correlación de Pearson	1	,216	,554	,045	,197	,124
	Sig. (bilateral)		,018	,000	,624	,031	,176
	N	120	120	120	120	120	120
AG_PPM	Correlación de Pearson	,216	1	,412	,855	,383	,763
	Sig. (bilateral)	,018		,000	,000	,000	,000
	N	120	120	120	120	120	120
CU_PPM	Correlación de Pearson	,554	,412	1	,035	,340	,244
	Sig. (bilateral)	,000	,000		,705	,000	,007
	N	120	120	120	120	120	120
PB_PPM	Correlación de Pearson	,045	,855	,035	1	,327	,774
	Sig. (bilateral)	,624	,000	,705		,000	,000
	N	120	120	120	120	120	120
FE_PORCENT	Correlación de Pearson	,197	,383	,340	,327	1	,412
	Sig. (bilateral)	,031	,000	,000	,000		,000
	N	120	120	120	120	120	120
ZN_PPM	Correlación de Pearson	,124	,763	,244	,774	,412	1
	Sig. (bilateral)	,176	,000	,007	,000	,000	
	N	120	120	120	120	120	120

Tabla 8. Cuadro de Correlación de Pearson. Fuente: Autor

A través de la Correlación de Pearson se pudieron encontrar las siguientes asociaciones:

Au – Ag: Esta asociación se debe principalmente a los yacimientos de alta sulfuración.

Au – Ag – Cu: Esta asociación se debe principalmente a los pórfidos de cobre con contenido de metales preciosos.

Pb – Fe – Zn: Esta asociación se debe principalmente a los yacimientos polimetálicos.

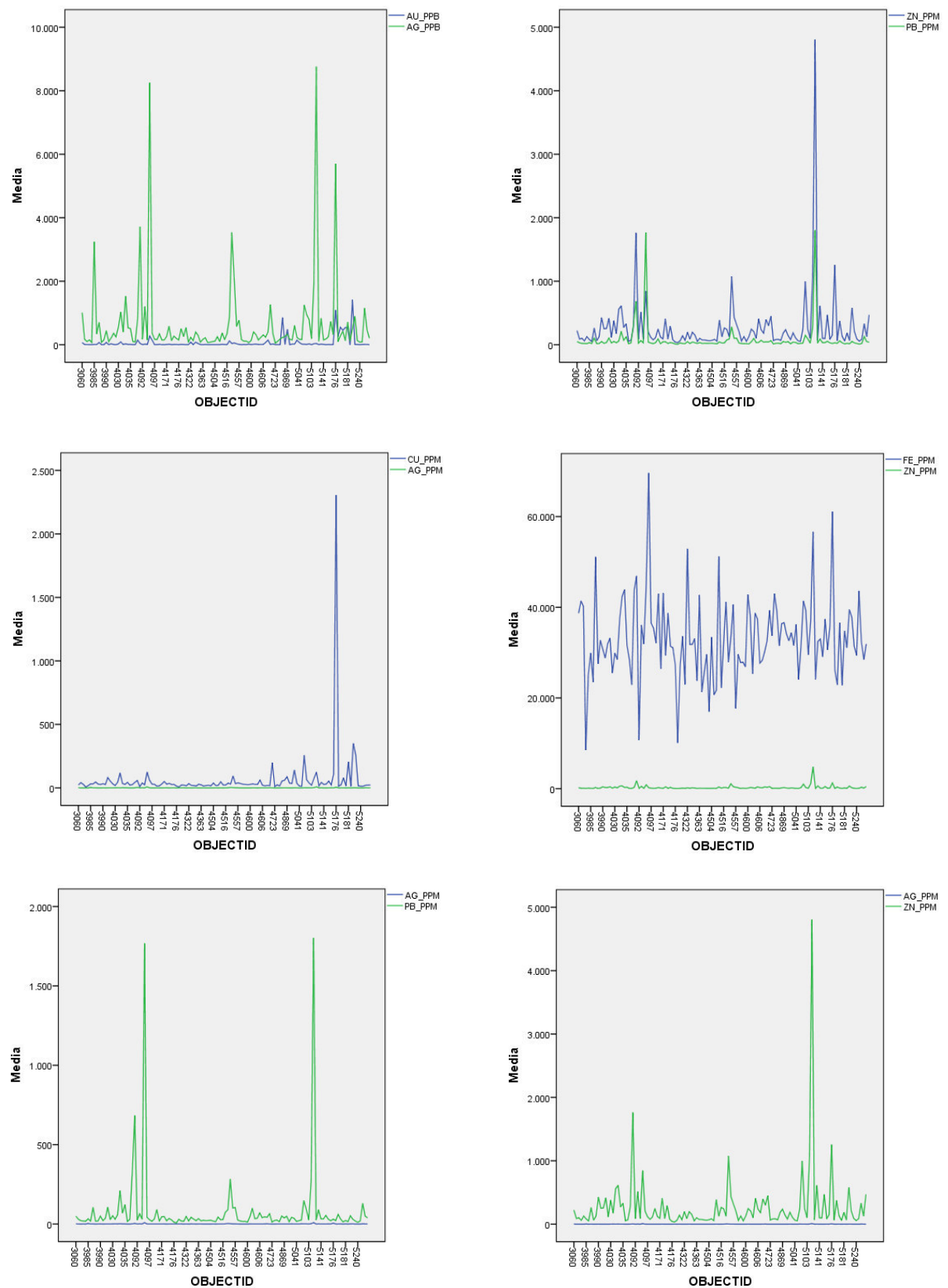


Figura 21. Gráficos de Dispersión. Obsérvese que los elementos con mayor grado de dispersión o variabilidad (Se alejan de la media) son los metales base: Fe, Pb, Zn. Los metales preciosos (Au y Ag) al igual que el Cu presentan bajo grado de dispersión. Fuente: Autor

CAPITULO V

MARCO GEOLÓGICO LOCAL

5.1. Estratigrafía

5.1.1. Generalidades

El área de estudio presenta una particular columna estratigráfica litológicamente hablando, ya que es muy heterogéneo presentando facies sedimentarias (Calcáreas y silicoclásticas), así como facies volcánicas (Grupo Calipuy) y cuerpos intrusivos (Batolito de la Costa)

Ello se debe principalmente a los diferentes eventos tectónicos y pulsos magmáticos por lo cual ha atravesado las cordilleras Negra y Blanca respectivamente. El presente informe tiene como objetivo distinguir las diferentes litologías presentes en la zona de estudio.

5.1.2. Estratigrafía Local

En el área de estudio se han registrado secuencias litológicas desde el Mesozoico, correspondientes a unidades sedimentarias del Grupo Goyllarisquizga, constituido por sus formaciones Chimú, Santa y Carhuaz. Se presencia en el tope las formaciones Pariahuanca, Chulec y Pariatambo.

El grupo Calipuy se divide en dos unidades: Formación Chururo (Unidad Superior) y Formación Ututo (Unidad Inferior).

La formación Yungay (Neógeno) se encuentra dispuesta en discordancia angular sobre el Grupo Calipuy del Mioceno que abarca una mayor extensión del área de estudio.

En el sector norte del área de estudio aflora la formación Yungay constituido por ignimbritas y tufos blancos.

5.1.2.1. Grupo Goyllarisquizga

Las facies del Grupo Goyllarisquizga consisten principalmente de areniscas conglomerádicas con intercalaciones de arcillitas y limolitas. Asimismo presenta facies calcáreas como la formación Santa.

II) Formación Santa

En el área de estudio se manifiesta como capas potentes de calizas grises oscuras con venillas de calcita (Figura 22)

III) Formación Carhuaz

En el área de estudio se pudo identificar como estratos delgados de areniscas grises con tonalidad verdosa con intercalación de niveles finos de lutitas y limolitas de coloración parduzca a negra (Figura 23)



Figura 22. Afloramiento de calizas grises oscuras con venillas de calcita – Formación Santa (Grupo Goyllarisquizga). Ubicación: Alrededores de la mina de yeso San Martín. Fuente: Autor.



Figura 23. Afloramiento de areniscas gris verdosas con intercalación de niveles finos de lutitas y limolitas – Formación Carhuaz (Grupo Goyllarisquizga). Ubicación: Carretera camino a Amashca. Fuente: Autor.

5.1.2.2. Grupo Calipuy

El Grupo. Calipuy se constituye principalmente de tobas lapilíticas, piroclastos de grano grueso y medio, aglomerados y lavas andesíticas. La composición es variable y puede ser andesitas, dacitas y riolitas.

La estratigrafía volcánica del grupo Calipuy es diversa y es por ello que se ha podido observar afloramientos de lavas andesíticas piroclásticas (Figura 24) de tonalidad gris verdosa, el cual conforma la secuencia inferior del Calipuy (Formación Ututo). Asimismo presenta una silicificación moderada y alteración argílica incipiente.

Asimismo en la localidad de Jangas, en las periferias de la mina Pierina, aflora la formación Ututo teniendo como litología andesita porfírica con tonalidad gris rojiza a verdosa (Figura 25).

Por otro lado, la formación Chururo se manifiesta por la presencia de aglomerados volcánicos grises a blanquecinos (Figura 26).



*Figura 24. Afloramiento de lavas andesíticas piroclásticas – Formación Ututo (Grupo Calipuy).
Ubicación: Alrededores de la Mina Santo Toribio. Fuente: Autor.*



Figura 25. Afloramiento de andesitas porfíricas – Formación Ututo (Grupo Calipuy). Ubicación: Alrededores de la Mina Pierina. Fuente: Autor.



Figura 26. Afloramiento de aglomerados volcánicos – Formación Chururo (Grupo Calipuy). Ubicación: Alrededores de la Mina Lincuna – Carretera hacia Aija. Fuente: Autor.

5.2. Geología de Campo

5.2.1. Generalidades

La base de la geología es el trabajo de campo. El producto final de ello es un mapa geológico y/o sección geológica. En éstos, se documentan las litologías que afloran en superficie y las relaciones o contactos entre ellos. Asimismo, también se grafican los elementos estructurales (Diaclasas, fallas, discordancias) que puedan explicar la configuración estructural del área de estudio.

Un buen trabajo de campo conlleva a la comprensión de la geología de la zona a estudiar y a explicar los eventos geológicos que han ocurrido en ella.

5.2.2. Geología Local

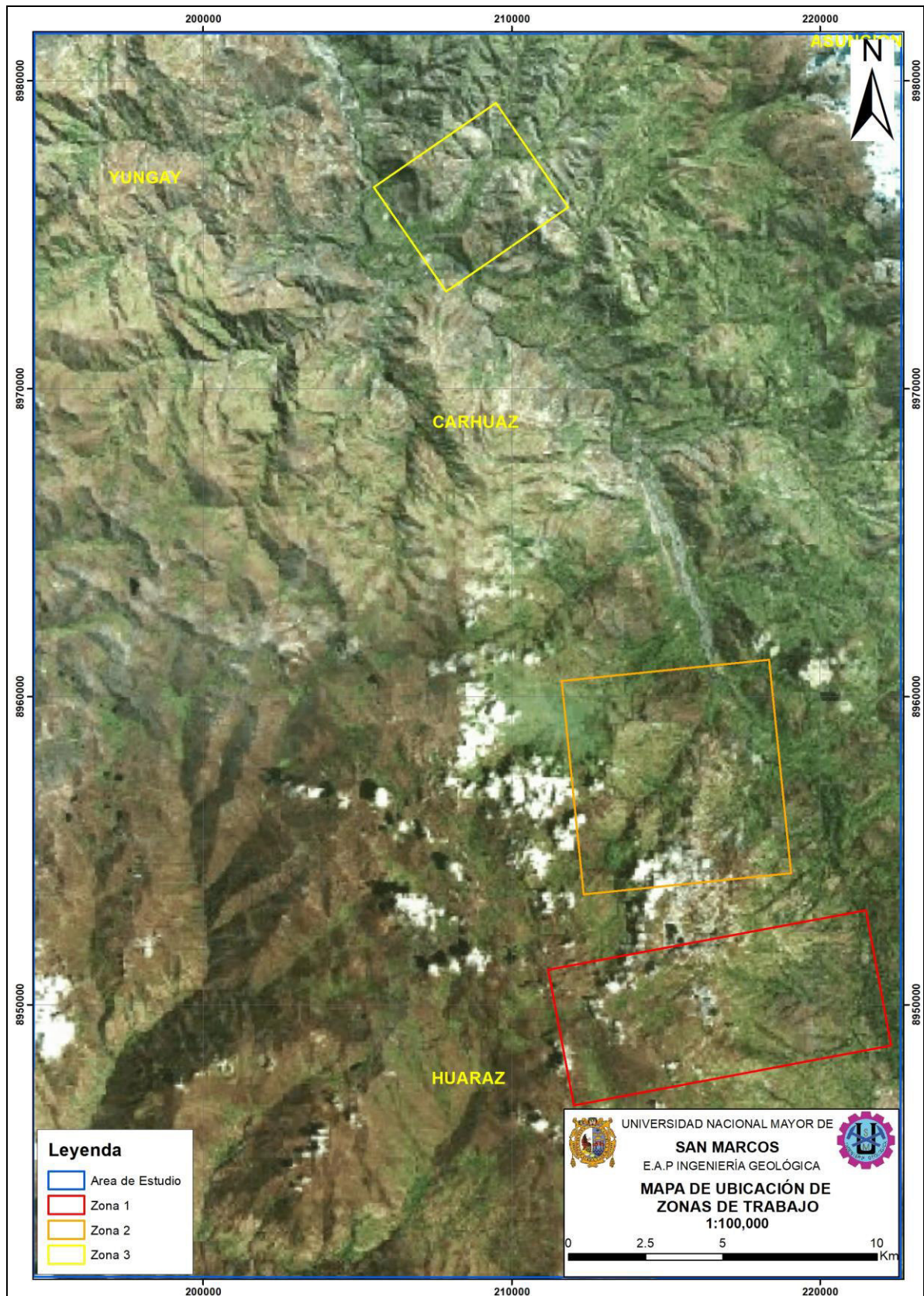
La geología del campo del área de estudio se realizó a través de los siguientes trabajos:

- Cartografiado geológico local
- Traver geológico
- Estaciones geomecánicas (Toma de datos de orientación de estructuras)

Estos trabajos permiten la construcción de un mapa geológico y una sección geológica respectivamente. Para un estudio mejor detallado, se eligió 3 zonas de trabajo, las cuales son:

- Zona 1: Mina Santo Toribio (Aija)
- Zona 2: Comunidad de Jangas
- Zona 3: Comunidad de Amashca

Luego de haber cartografiado estas zonas, así como también haber realizado toma de datos de orientación de la estructuras, se procede a la interpretación y posteriormente a la generación del modelo estructural.



Mapa 14. Mapa de ubicación de zonas de trabajo. Escala: 1/10000. Fuente: Imagen Satelital LANDSAT.

5.2.2.1. Zona 1: Mina Santo Toribio (Aija)

En esta zona afloran rocas de la formación Ututo, el cual pertenece al Grupo Calipuy. Se tiene una zona de contacto entre lavas andesíticas y andesitas piroclásticas. Asimismo en los alrededores de la mina Santo Toribio presenta una alteración moderada silicificada y argílica. (Figura 27)

Los yacimientos minerales Santo Toribio (Epitermal indiferenciado) e Isabel (Filón) se encuentran emplazados en las lavas andesíticas. (Figura 28).

En el cartografiado geológico se observa el contacto entre las dos litologías pertenecientes a la formación Ututo. Los pseudoestratos buzcan hacia el noroeste. Se tiene sistemas de diaclasas con direcciones preferentes NW – SE y NE -SW (Figura 29).

En la sección geológica A – A', se tiene un sistema de fallas con dirección preferente NE – SW, el cual corresponde al sistema de fallas Huaraz – Recuay, lo cual corresponde al lineamiento extremo del Sistema Estructural Ancash en el sector occidental, posiblemente de cinemática normal al igual que una falla inferida, cerca al yacimiento Santo Toribio. La configuración estructural de la zona posiblemente es un sistema de fallas normales escalonadas. (Figura 30).



Figura 27. Afloramiento de lavas andesíticas. Silicificación y argilización moderados – Formación Ututo (Grupo Calipuy). Ubicación: Alrededores del yacimiento mineral Santo Toribio. Fuente: Autor.



Figura 28. Vista de Google Earth de la Zona 1. Se observa los yacimientos minerales Santo Toribio y Pierina. Fuente: Google Earth.

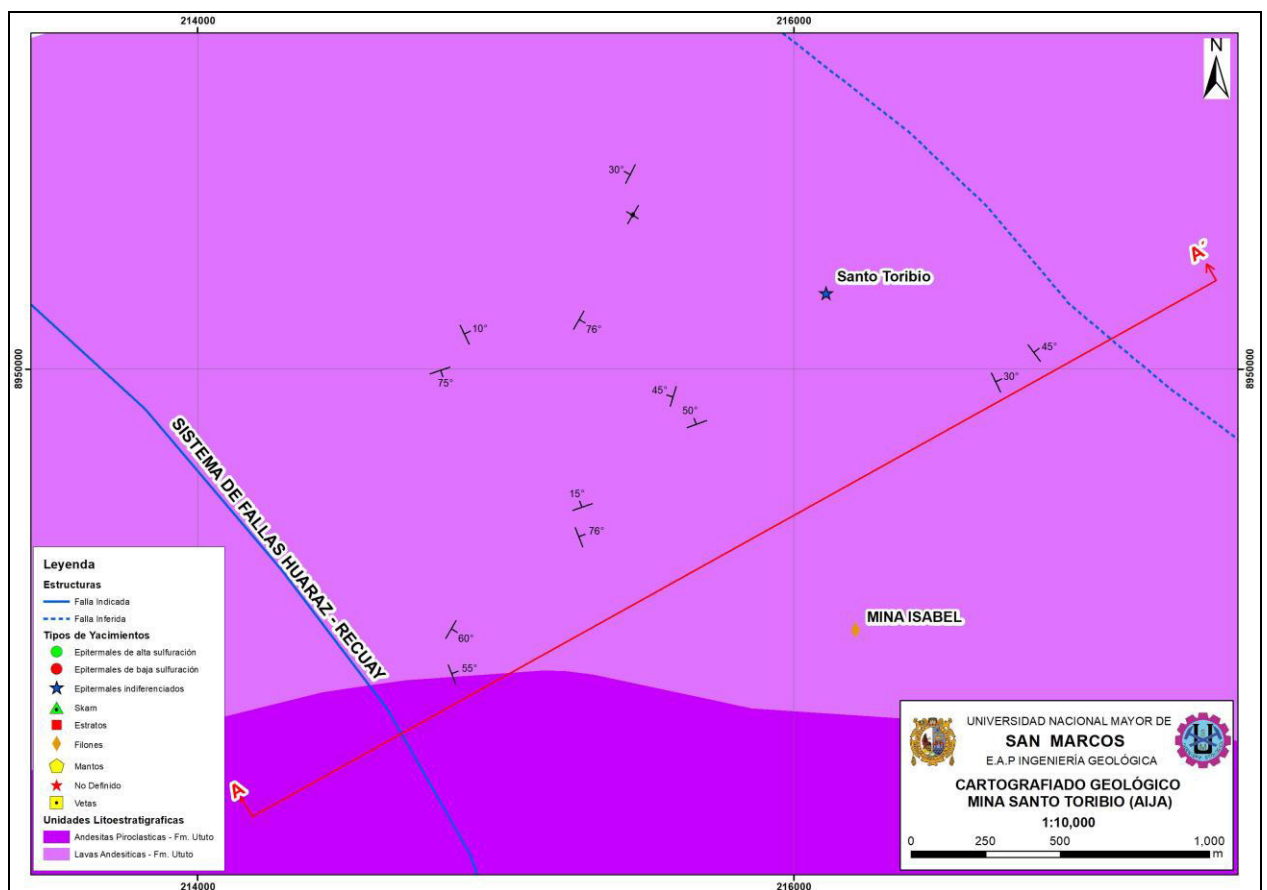


Figura 29. Cartografiado geológico Mina Santo Toribio – Aija. Escala: 1:/10000. Fuente: Autor.

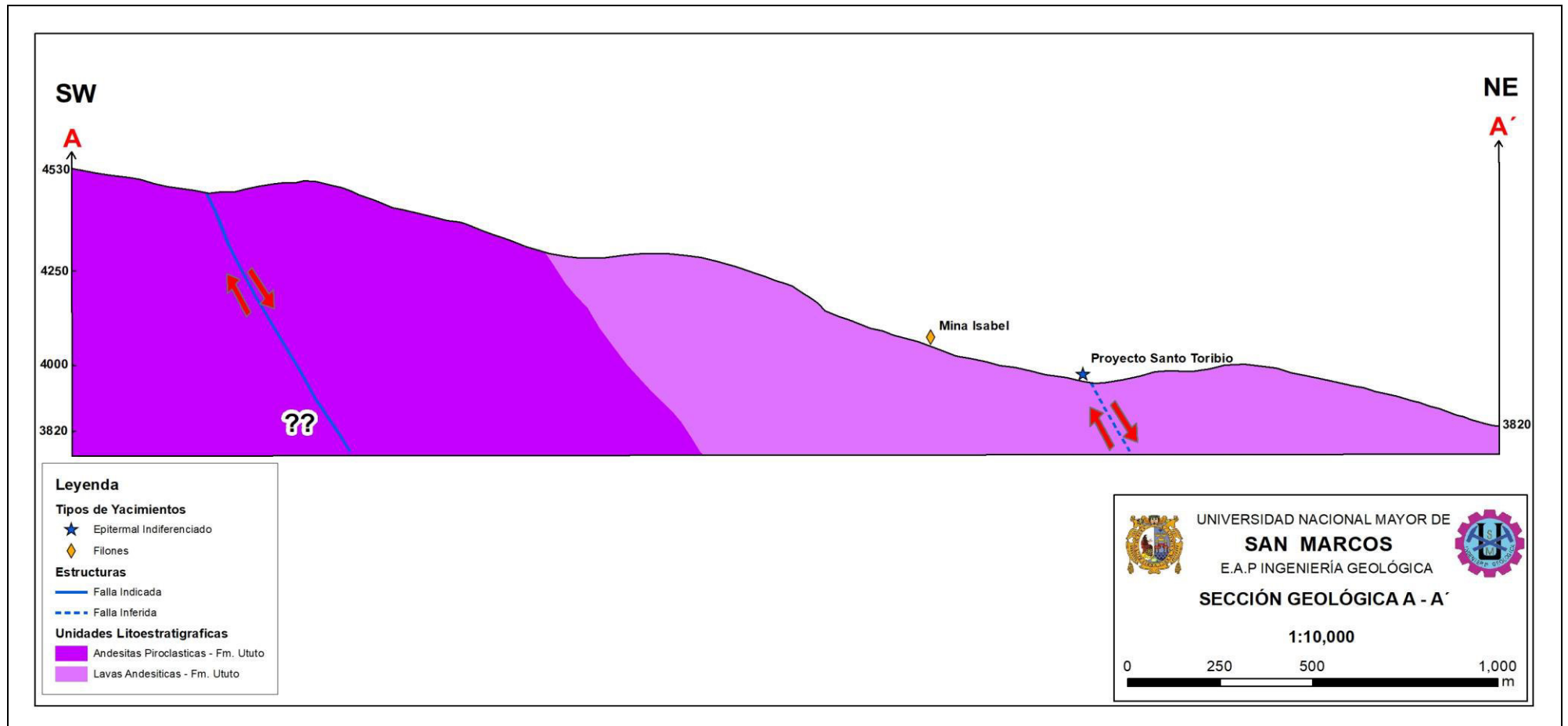


Figura 30. Sección geológica A – A'. Escala: 1/10000. Fuente: Autor.

5.2.2.2. Zona 2: Comunidad de Jangas

En esta zona afloran rocas de la formación Ututo (Grupo Calipuy), que son lavas andesíticas pero con los cristales más desarrollados (Textura porfírica), lo cual es más notorio y se diferencia de la zona 1. De la misma manera, afloran rocas de la formación Carhuaz (Grupo Goyllarisquizga), las cuales se describen litológicamente como areniscas grises con intercalaciones de limolitas. (Figura 31).

El yacimiento mineral de Corfa Tres (Filón) se encuentra emplazado en las lavas andesíticas. (Figura 32).

Asimismo se tiene una zona de contacto entre lavas andesíticas (Fm. Ututo – Gpo. Calipuy) y las areniscas grises con intercalaciones de limolitas (Fm. Carhuaz – Gpo. Goyllarisquizga). (Figura 33).

En el cartografiado geológico se observa el contacto entre las dos litologías pertenecientes a la formación Carhuaz y formación Ututo respectivamente. Los pseudoestratos de la formación Ututo buzan hacia el noroeste. Por otro lado los estratos de la formación Carhuaz buzan hacia el noreste. Se tiene sistemas de diaclasas con direcciones preferentes NW – SE y NE - SW (Figura 33).

En la sección geológica B – B', se tiene dos sistemas de fallas con sentidos preferentes NW – SE y NE – SW. El primer sistema NW – SE corresponde posiblemente a las fractura riedel R1 (Fractura con un ángulo de 15° con respecto al plano de la falla principal) y el segundo sistema NE – SW corresponde a las fractura riedel R2 (Fractura con un ángulo de 75° con respecto al plano de la falla principal). Posiblemente corresponda a un sistema de fallas normales las fracturas R1 y R2 (Figura 34).



Figura 31 Afloramiento de la formación Carhuaz (Grupo Goyllarisquizga) – Areniscas grises con intercalaciones de limolitas. Ubicación: Cercanías de la localidad de Amashca. Fuente: Autor.

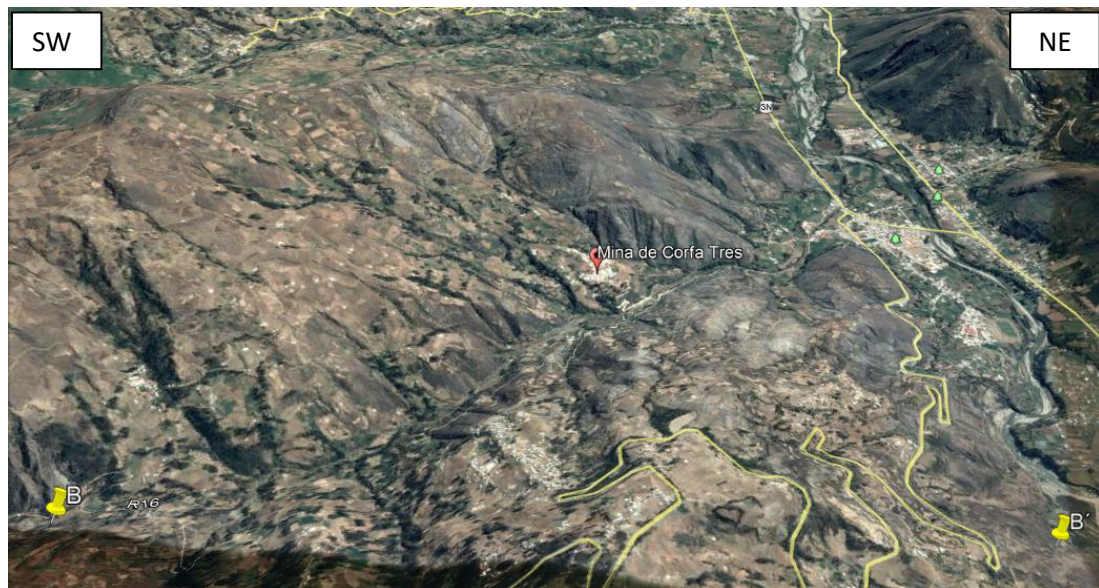


Figura 32. Vista de Google Earth de la Zona 2. Se observa el yacimiento mineral de Corfa Tres. Fuente: Google Earth.

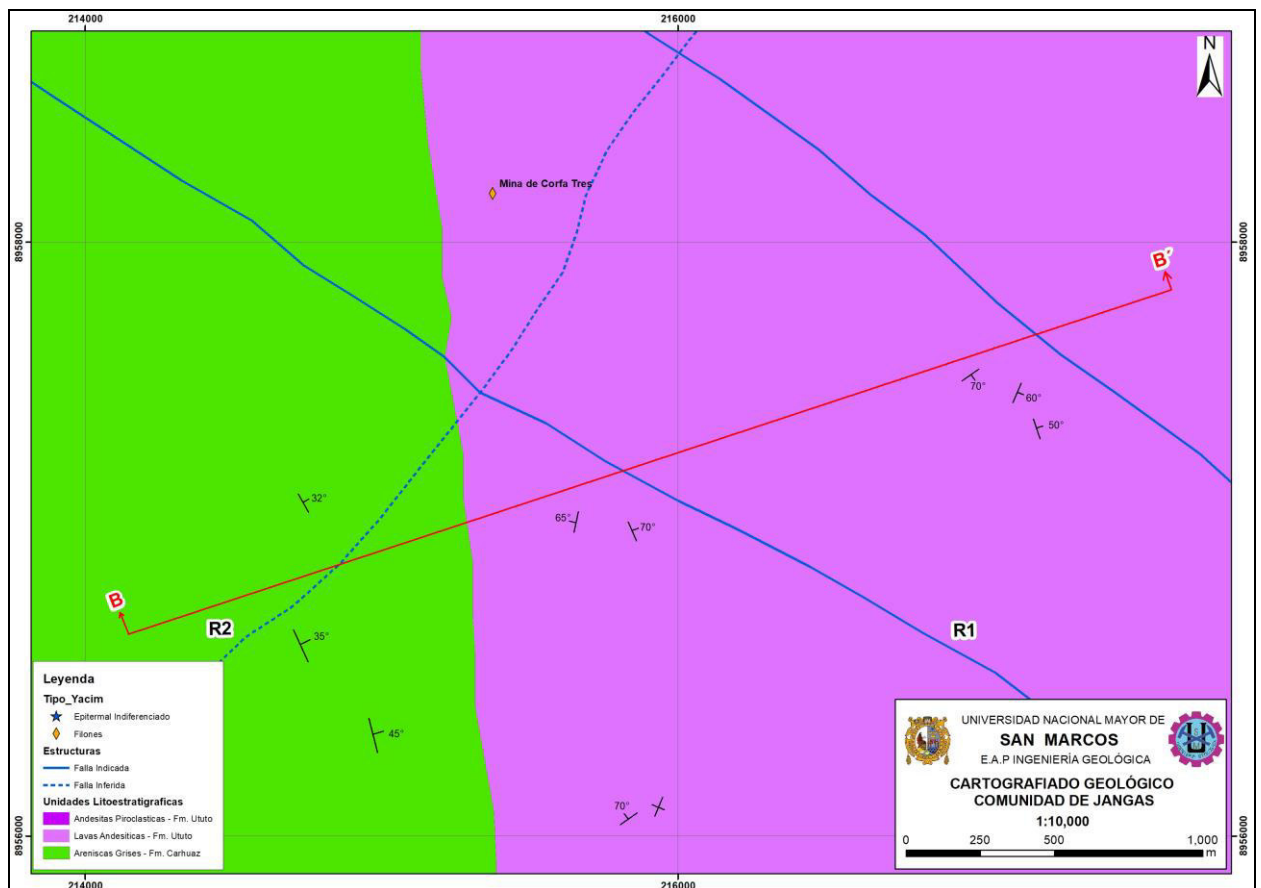


Figura 33. Cartografiado geológico Comunidad de Jangas. Escala: 1/10000. Fuente: Autor.

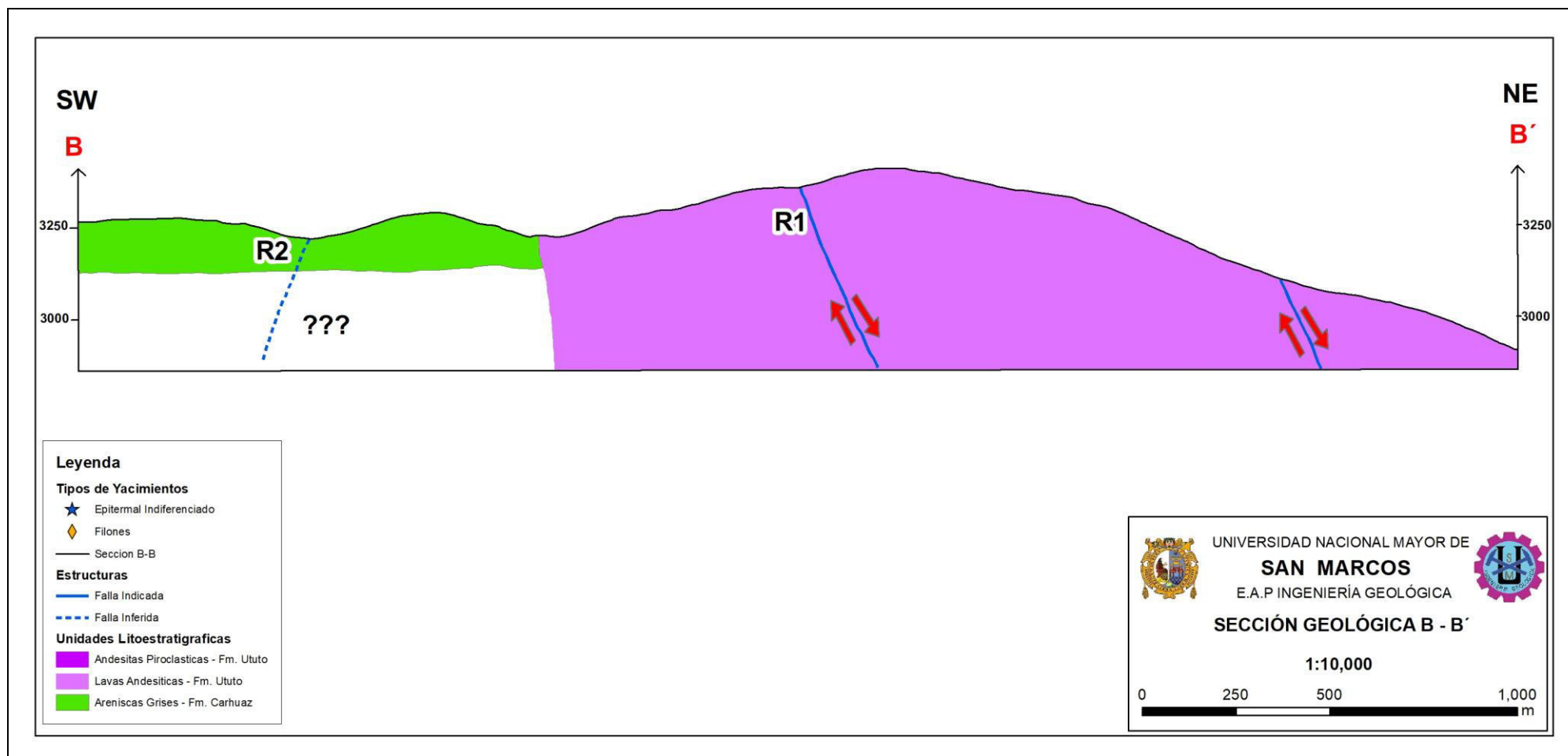


Figura 34. Sección geológica B – B'. Escala: 1/10000. Fuente: Autor.

5.2.2.3. Zona 3: Comunidad de Amashca

En esta zona afloran rocas de las formaciones Santa y Carhuaz, pertenecientes al grupo Goyllarisquizga. La formación Santa se describe como calizas grises oscuras de espesor potente con venillas de calcita y a la formación Carhuaz como areniscas de color gris con intercalaciones de limolitas. Asimismo se ha identificado una zona de contacto entre estas formaciones. (Figura 35).

Los yacimientos minerales San Martín (Yeso) y Judith Florencia (Manto) se encuentran emplazados en las formaciones Carhuaz y Santa respectivamente. (Figura 36).

En el cartografiado geológico se observa el contacto entre las dos litologías pertenecientes a la formación Carhuaz y formación Santa respectivamente. Los estratos de la formación Carhuaz buzan hacia el sureste. Por otro lado los estratos de la formación Santa buzan hacia el noreste. Se tiene sistemas de diaclasas con direcciones preferentes NW – SE y NE - SW (Figura 37).

En la sección geológica C – C', se tiene dos sistemas de fallas con sentidos preferentes NW – SE y NE – SW. El primer sistema NW – SE corresponde al sistema de fallas de la Cordillera Blanca, los cuales forman parte del lineamiento extremo del Sistema Estructural Ancash en el sector oriental y el segundo sistema NE – SW corresponde a las fracturas riedel R2 (Fractura con un ángulo de 15° con respecto al plano de la falla principal). (Figura 38).



*Figura 35. Zona de contacto entre la formación Carhuaz y la formación Santa (Grupo Goyllarisquizga). Ubicación: Alrededores de la Mina San Martín – Localidad de Amashca.
Fuente: Autor.*



Figura 36. Vista de Google Earth de la Zona 3. Se observa los yacimientos San Martín y Judith Florencia. Fuente: Google Earth.

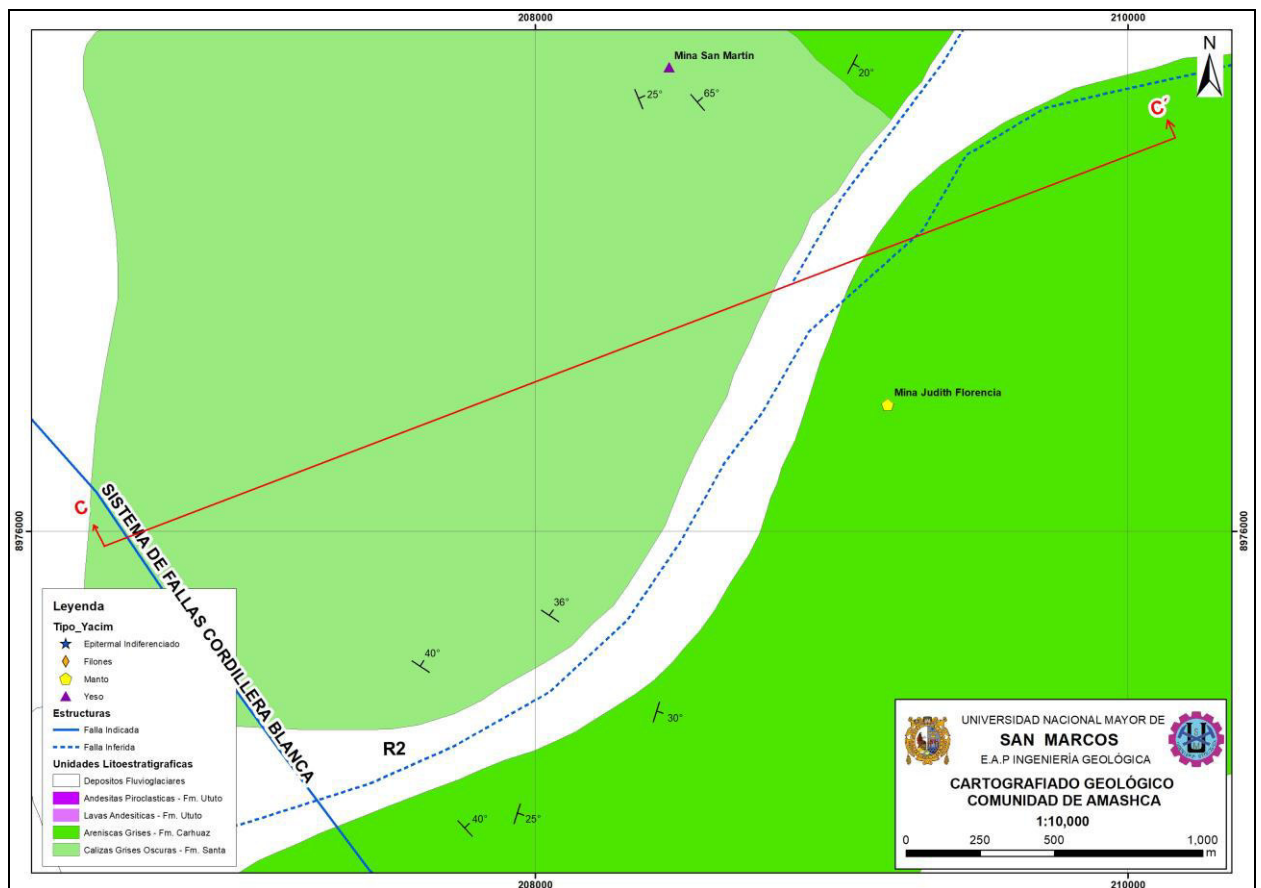


Figura 37. Cartografiado geológico Comunidad de Amashca. Escala: 1/10000. Fuente: Autor.

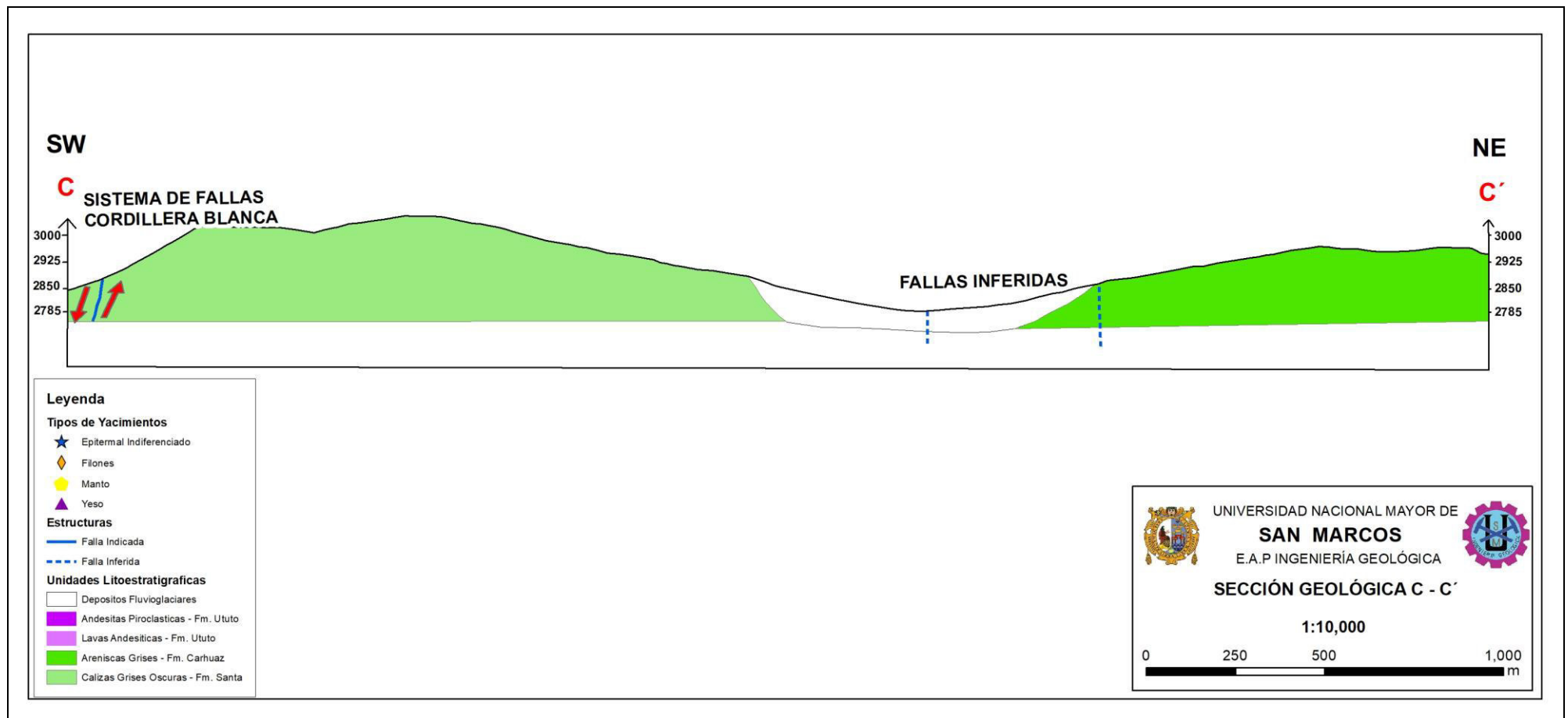


Figura 38. Sección geológica C – C'. Escala: 1/10000. Fuente: Autor.

5.3. Geología Estructural

5.3.1. Generalidades

El área de estudio se caracteriza por el control estructural de dos fallas regionales. Estos sistemas de fallas tienen direcciones preferentes NW-SE y NE-SW respectivamente.

El modelo estructural propuesto es el Sistema Estructural Ancash, en el cual sus bordes o lineamientos extremos se distribuyen en el sector occidental por el Sistema de Falla Huaraz – Recuay y en el sector oriental por el Sistema de Fallas de la Cordillera Blanca. (Villarreal & Rivera, 2007). Dicho sistema estructural de cinemática sinistral ha dado origen a fallas y fracturas Riedel conjugadas R1 y R2). En la intersección de las dos fracturas de Riedel R1 (NW-SE) y R2 (SW-NE) se ha desarrollado la mayor mineralización debido a que se encuentra altamente fracturado, donde se ubica el yacimiento epitermal HS Pierina.

Cabe mencionar que las fracturas Riedel (R1 y R2), las fracturas Y y las fracturas P (Fracturas PYR) tienen dimensiones kilométricas abarcando en promedio el plano estructural R1 unos 20 kilómetros de longitud en dirección NW – SE y los 3 planos estructurales R2 una longitud promedio de 8 kilómetros en dirección SW-NE.

El plano estructural sintético R1 tiene un ángulo de 15° con el plano principal de la falla. Asimismo, los planos antitéticos R2 son conjugados con respecto al plano R1 y forman un ángulo de 75° respecto al plano principal de la falla. También se tienen las fracturas Y, las cuales son paralelas a la envolvente y condicionadas por el sentido de los esfuerzos de cizallamiento. Cabe mencionar, debido al dinamismo de la falla puede aparecer una tercera fractura, las cuales son los planos P que forman un ángulo agudo con el plano principal de la zona de falla (Davis & Reynolds, 1996).

En el trabajo de campo se tomó datos de orientación (Rumbo y buzamiento) de alrededor 600 puntos distribuidos en la zona de estudio. Con esta información se ha logrado realizar un análisis estructural para determinar la orientación en campo de dichas estructuras y un análisis cinemático de las estructuras para determinar la orientación de los sistemas de diaclasas en la red de Schmidt.

5.3.2. Análisis Estructural

Se han identificado estructuras (Fallas indicadas e inferidas) y lineamientos cercanos a diferentes yacimientos mineralizados, los cuales son elementos del Sistema Estructural Ancash y pueden contribuir a corroborar su existencia.



Figura 39. Falla inferida con dirección preferente NW – SE, corresponde a sistemas de fallas paralelas al sistema de fallas Huaraz - Recuay. Azimut: N 295°. Ubicación: Alrededores de la Mina Santo Toribio. Fuente: Autor.



Figura 40. Sistema de Fallas Huaraz – Recuay con dirección preferente NW – SE (Borde extremo del Sistema Estructural Ancash en el sector occidental). Azimut: N 120°. Ubicación: Alrededores de la Mina Santo Toribio. Fuente: Autor.



Figura 41. Lineamiento estructural con dirección preferente NE – SW (Posible fractura riedel R2, el cual tiene un ángulo de 75° respecto de la falla principal). Azimut: N 210°. Ubicación: Ruta Huaraz – Coris. Fuente: Autor.



Figura 42. Lineamiento estructural con dirección preferente NE - SW. Azimut: N 225°. Ubicación: Ruta Huaraz – Aija. Fuente: Autor.

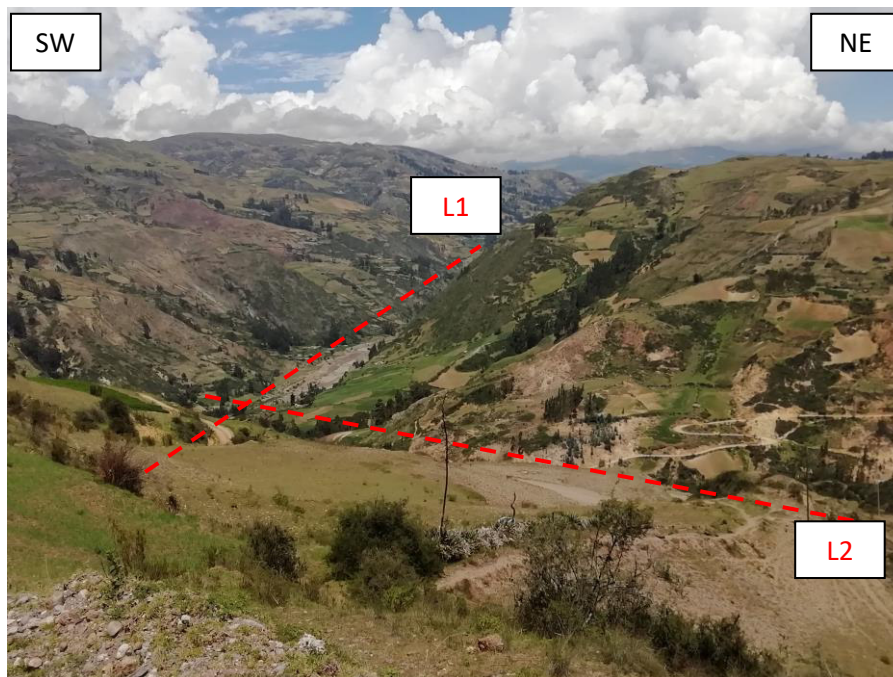


Figura 43. Lineamientos estructurales. L1 con sentido preferente NW – SE. Azimut: N 320° (Paralelo al Río Santa) L2 con sentido preferente NE - SW. Azimut: N 205° (Riedel R1). Ubicación: Camino a Tayapampa. Fuente: Autor.

Se ha establecido las direcciones de los lineamientos estructurales, en el cual se ha establecido dos sistemas de fallas con direcciones preferentes NW – SE y NE-SW. Dichas direcciones corresponden a lineamientos del Sistema Estructural Ancash.

5.3.3. Análisis Cinemático

Se ha realizado estaciones geomecánicas en puntos clave del Sistema Estructural Ancash, los cuales han servido para realizar un análisis de la dirección preferente de los sistemas diaclasas.

Para ello se tomó algunos puntos referenciales para el análisis cinemático, los cuales son:

I. Mina Santo Toribio

De acuerdo a la red de Schmidt, se pudo identificar los siguientes sistemas:

Sistema 1 (S1): Dirección de Buzamiento: SW. Dirección Preferente: NW – SE

Sistema 2 (S2): Dirección de Buzamiento: SW. Dirección Preferente: NW – SE

Sistema 3 (S3): Dirección de Buzamiento: E. Dirección Preferente: N - S

Sistema 4 (S4): Dirección de Buzamiento: NE. Dirección Preferente: NW – SE

Sistema 3 (S5): Dirección de Buzamiento: SE. Dirección Preferente: NE – SW

Sistema 3 (S6): Dirección de Buzamiento: SE. Dirección Preferente: NE – SW

Sistema 3 (S7): Dirección de Buzamiento: SE. Dirección Preferente: NE – SW

Sistema 3 (S8): Dirección de Buzamiento: SE. Dirección Preferente: NE – SW

Sistema 9 (S9): Dirección de Buzamiento: SW. Dirección Preferente: Horizontal

Sistema 10 (S10): Dirección de Buzamiento: NE. Dirección Preferente: NW - SE

De acuerdo al diagrama de rosetas, los sistemas con mayor porcentaje son los sistemas que tienen una dirección preferente NE – SW, seguido de unos sistemas con dirección preferente NW – SE.

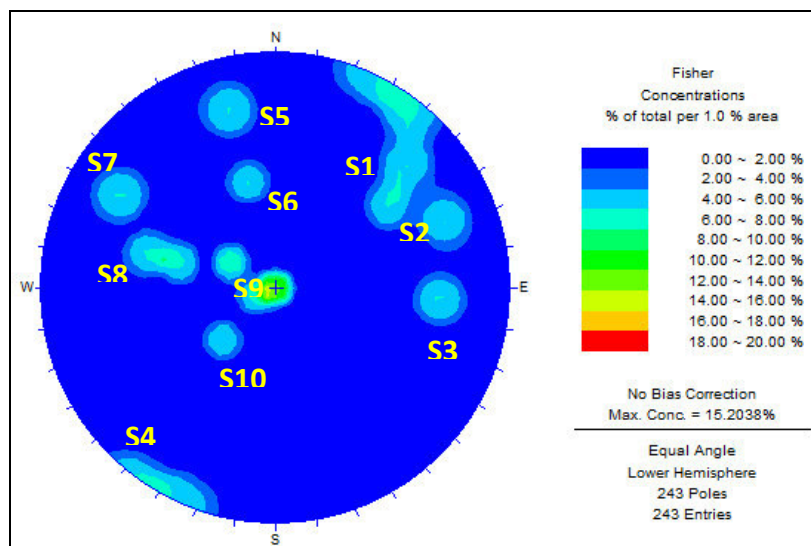


Figura 44. Red de Schmidt. Ubicación referencial: Mina Santo Toribio. Obsérvese que se tienen 4 sistemas en los cuales predominan los sistemas con direcciones preferentes NW – SE y NE – SW. Fuente: Autor.

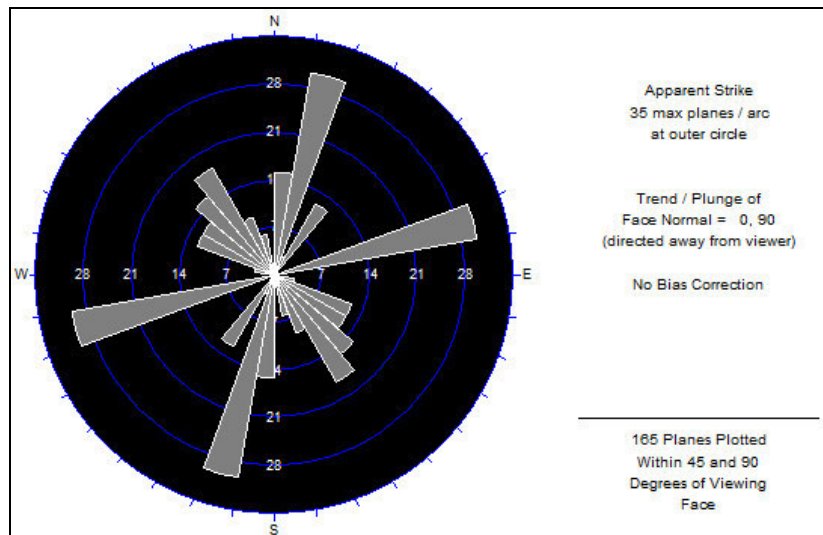


Figura 45. Diagrama de Rosetas. Ubicación referencial: Mina Santo Toribio. Obsérvese que se tienen sistemas con mayor porcentaje, los cuales tienen dirección preferente NE – SW. Fuente: Autor.

II. Comunidad de Jangas

De acuerdo a la red de Schmidt, se pudo identificar los siguientes sistemas:

Sistema 1 (S1): Dirección de Buzamiento: SE. Dirección Preferente: NE – SW

Sistema 2 (S2): Dirección de Buzamiento: SE. Dirección Preferente: NE – SW

Sistema 3 (S3): Dirección de Buzamiento: NW. Dirección Preferente: NE – SW

Sistema 4 (S4): Dirección de Buzamiento: NW. Dirección Preferente: NE - SW

De acuerdo al diagrama de rosetas, todos los sistemas con mayor porcentaje tienen una dirección preferente NE – SW.

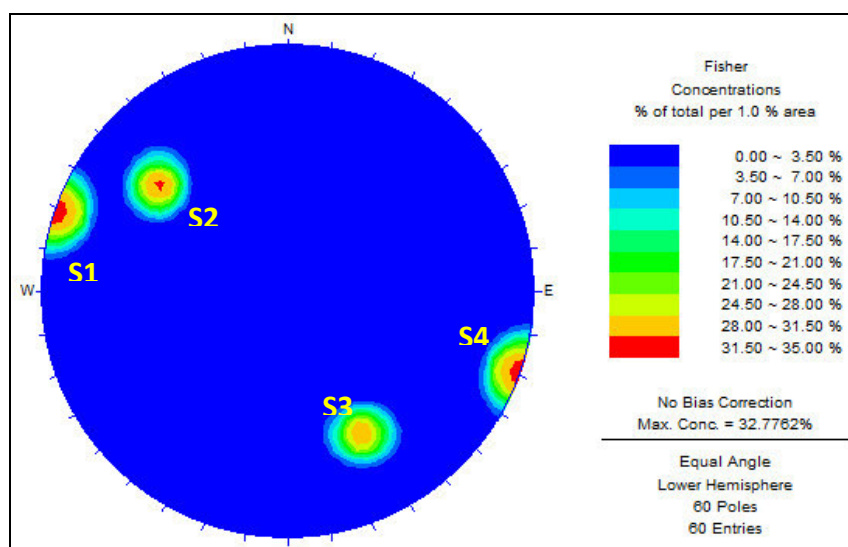


Figura 46. Red de Schmidt. Ubicación referencial: Comunidad de Jangas. Obsérvese que se tienen 4 sistemas en los cuales predomina la dirección preferente NE – SW. Fuente: Autor.

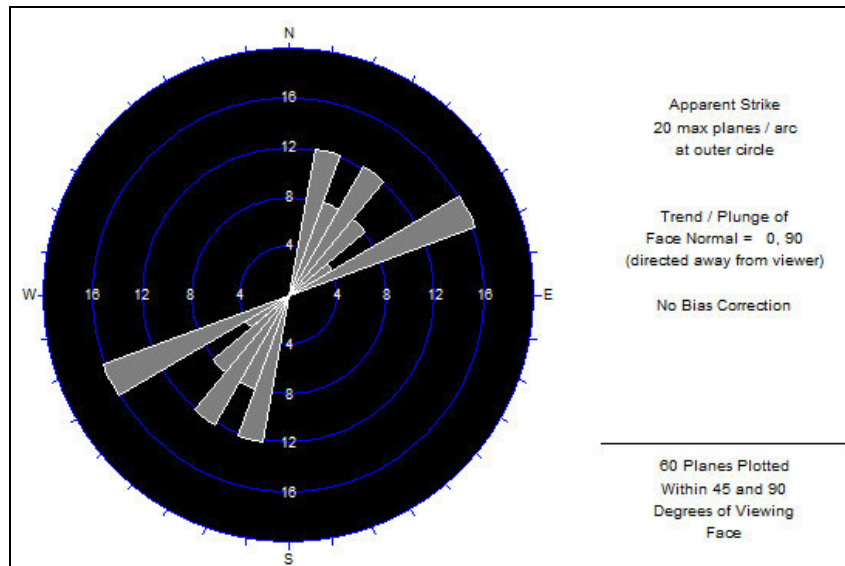


Figura 47. Diagrama de Rosetas. Ubicación referencial: Comunidad de Jangas. Obsérvese que todos los sistemas tienen dirección preferente NE – SW. Fuente: Autor.

III. Camino a Comunidad de Amashca

De acuerdo a la red de Schmidt, se pudo identificar los siguientes sistemas:

Sistema 1 (S1): Dirección de Buzamiento: SE. Dirección Preferente: NE – SW

Sistema 2 (S2): Dirección de Buzamiento: SW. Dirección Preferente: NW – SE.

De acuerdo al diagrama de rosetas, el sistema con mayor porcentaje tiene una dirección preferente NW - SE.

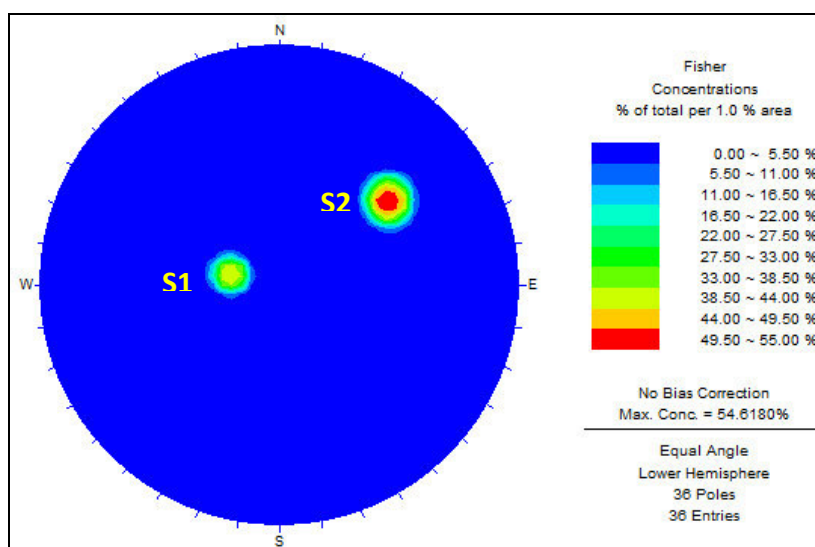


Figura 48. Red de Schmidt. Ubicación referencial: Camino a Comunidad de Amashca. Obsérvese que se tienen 2 sistemas con direcciones preferentes NE – SW y NW – SE respectivamente. Fuente: Autor.

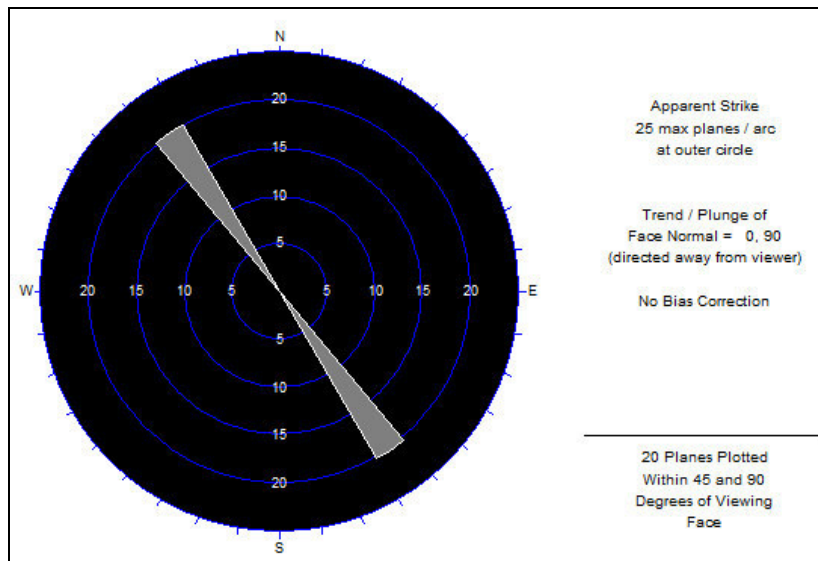


Figura 49. Diagrama de Rosetas. Ubicación referencial: Camino a Comunidad de Amashca. Obsérvese que el sistema con mayor porcentaje tiene una dirección preferente NW – SE. Fuente: Autor.

IV. Mina de Yeso San Martín (Amashca)

De acuerdo a la red de Schmidt, se pudo identificar los siguientes sistemas:

Sistema 1 (S1): Dirección de Buzamiento: NE. Dirección Preferente: NW – SE

Sistema 2 (S2): Dirección de Buzamiento: NE. Dirección Preferente: NW – SE.

De acuerdo al diagrama de rosetas, el sistema con mayor porcentaje tiene una dirección preferente NW - SE.

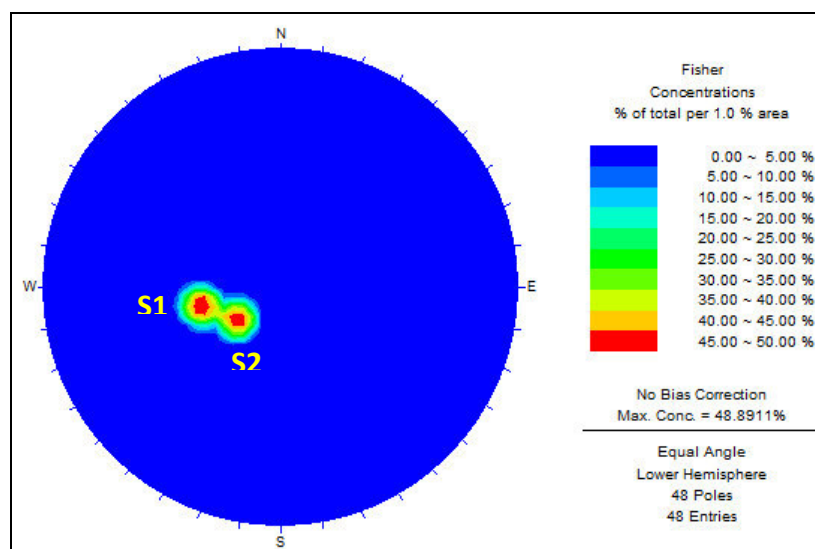


Figura 50. Red de Schmidt. Ubicación referencial: Mina de Yeso San Martín (Amashca). Obsérvese que los 2 sistemas tienen direcciones preferentes NW – SE. Fuente: Autor.

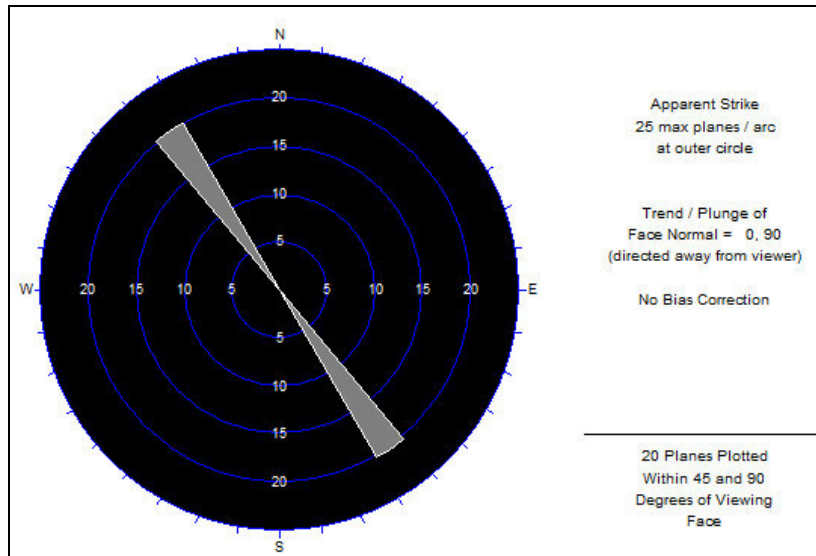


Figura 51. Diagrama de Rosetas. Ubicación referencial: Mina de Yeso San Martín (Amashca). Obsérvese que el sistema con mayor porcentaje tiene una dirección preferente NW – SE.
Fuente: Autor.

V. Mina Lincuna (Aija)

De acuerdo a la red de Schmidt, se pudo identificar los siguientes sistemas:

Sistema 1 (S1): Dirección de Buzamiento: SW. Dirección Preferente: NW – SE

Sistema 2 (S2): Dirección de Buzamiento: SW. Dirección Preferente: NW – SE

Sistema 3 (S3): Dirección de Buzamiento: W. Dirección Preferente: N – S

Sistema 4 (S4): Dirección de Buzamiento: NW. Dirección Preferente: NE – SW

Sistema 5 (S5): Dirección de Buzamiento: NE. Dirección Preferente: NW – SE

Sistema 6 (S6): Dirección de Buzamiento: NE. Dirección Preferente: NW – SE

Sistema 7 (S7): Dirección de Buzamiento: NE. Dirección Preferente: NW – SE

Sistema 8 (S8): Dirección de Buzamiento: SE. Dirección Preferente: NE – SW

Sistema 9 (S9): Dirección de Buzamiento: SE. Dirección Preferente: NE – SW

Sistema 10 (S10): Dirección de Buzamiento: NE. Dirección Preferente: NE – SW

De acuerdo al diagrama de rosetas, el sistema con mayor porcentaje tiene una dirección preferente NW – SE, seguido del sistema con dirección preferente NE – SW.

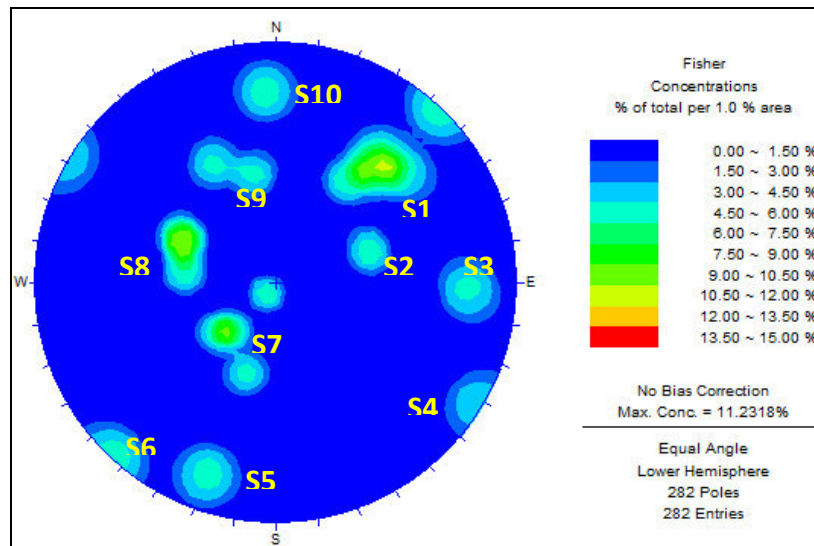


Figura 52. Red de Schmidt. Ubicación referencial: Mina Lincuna (Aija). Obsérvese que los 2 sistemas tienen direcciones preferentes NW – SE. Fuente: Autor.

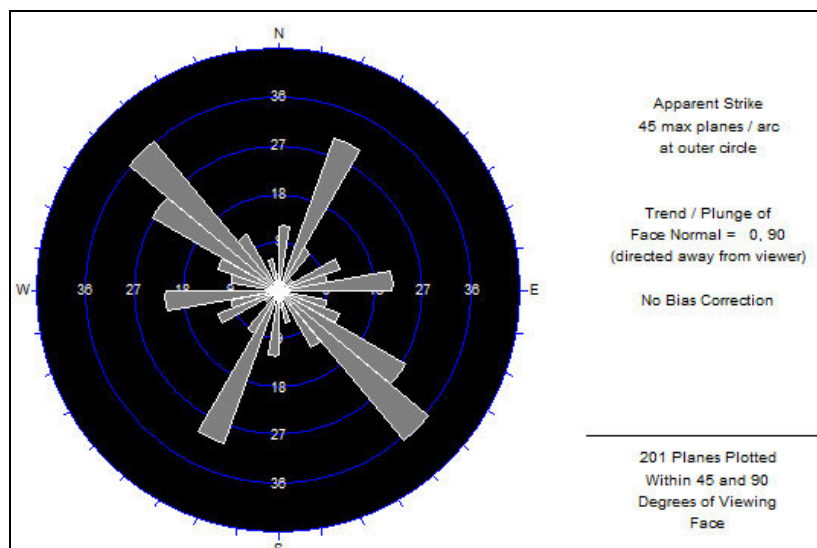


Figura 53.. Diagrama de Rosetas. Ubicación referencial: Mina Lincuna (Aija). Obsérvese que el sistema con mayor porcentaje tiene una dirección preferente NW – SE. Fuente: Autor.

Análisis General

De acuerdo a los sistemas de fallas y diaclasas del Sistema Estructural Ancash, se tiene a continuación la red de Schmidt y el diagrama de rosetas generales.

De acuerdo a ello se ha podido determinar que hay dos direcciones preferentes NE – SW y NW – SE. Asimismo, los sistemas con mayor porcentaje tienen las direcciones preferentes antes mencionadas.

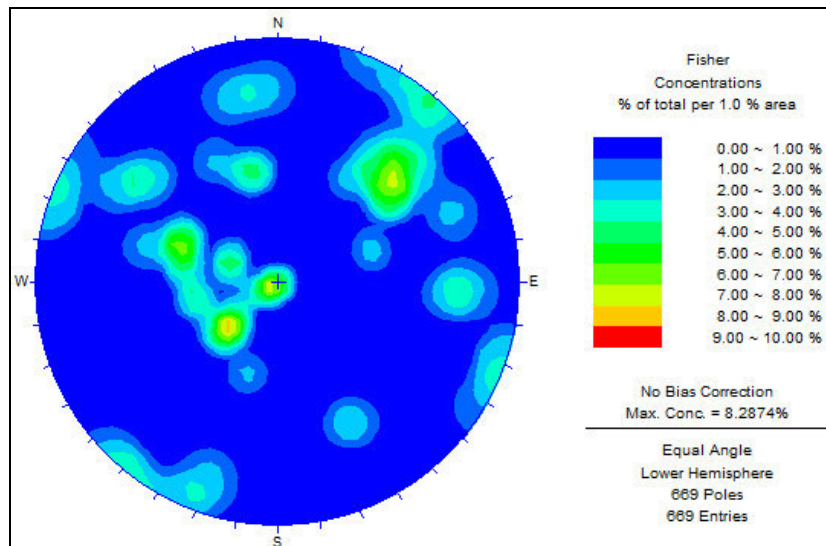


Figura 54. Red de Schmidt. Análisis general, en el cual los sistemas tienen una direcciones preferentes NE – SW y NW – SE respectivamente. Fuente: Autor.

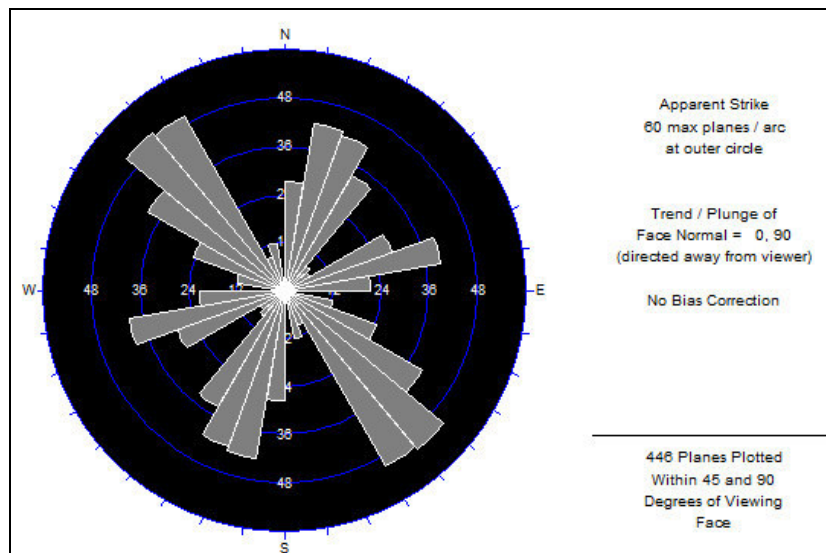


Figura 55. Diagrama de Rosetas. Análisis general, los mayores porcentajes tienen las direcciones preferentes NE – SW y NW – SE respectivamente. Fuente: Autor.

5.3.4. Análisis Estadístico

El objetivo del análisis estadístico de los datos de orientación de las estructuras tiene como finalidad identificar tendencias en el rumbo y buzamiento de fallas, diaclasas y/o lineamientos.

Para ello se ha recurrido a un software estadístico para calcular los parámetros estadísticos correspondientes y diagramas como histogramas de frecuencia acumulada.

Estadísticos descriptivos											
	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza	Asimetría		Curtosis	
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar
Azimet	669	346	4	350	161.80	114.297	13063.900	.251	.094	-1.363	.189
N válido (por lista)	669										

Tabla 9. Estadísticos descriptivos – Azimet. Fuente: Autor.

El azimet mínimo es 4° y el máximo es 350° (Tabla 5.1) con una media de 161.80°. De acuerdo al histograma de frecuencia acumulada, los rangos con mayor cantidad de datos son: 0° - 40°, 120° - 150° y 300° - 320°. (Figura 5.23)

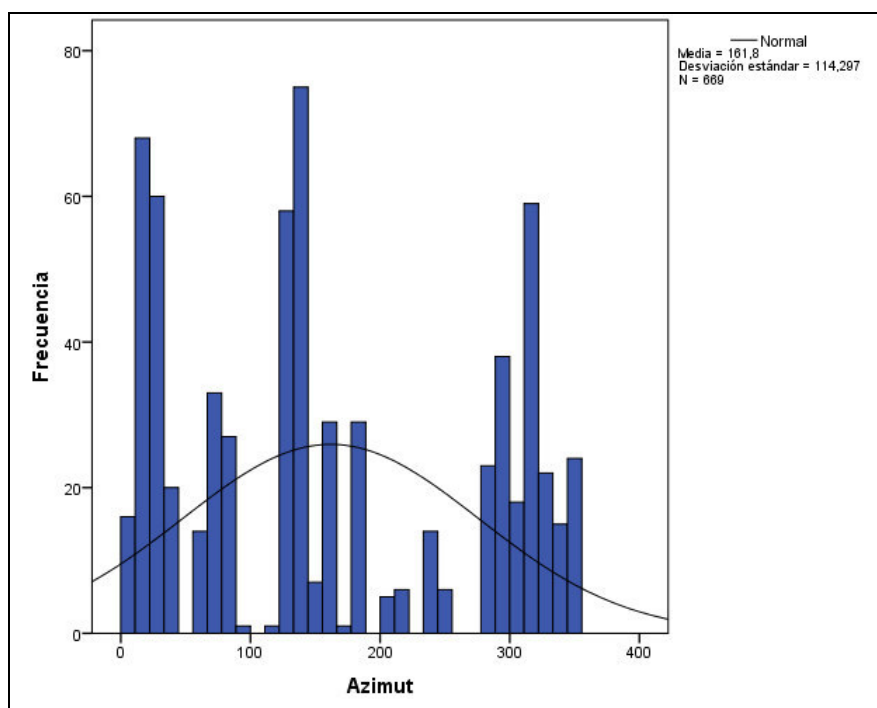


Figura 56. Histograma de frecuencia acumulada – Azimet. Fuente: Autor.

Por otro lado, la inclinación (dip) mínima es 0° y el máximo es 90° (Tabla 5.2) con una media de 53.82°. De acuerdo al histograma de frecuencia acumulada, los rangos con mayor cantidad de datos son: 60° - 70° (Figura 5.24)

Estadísticos descriptivos											
	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza	Asimetría		Curtosis	
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar
Dip	669	90	0	90	53.82	24.564	603.378	-.451	.094	-.601	.189
N válido (por lista)	669										

Tabla 10. Estadísticos descriptivos – Dip (Buzamiento). Fuente: Autor.

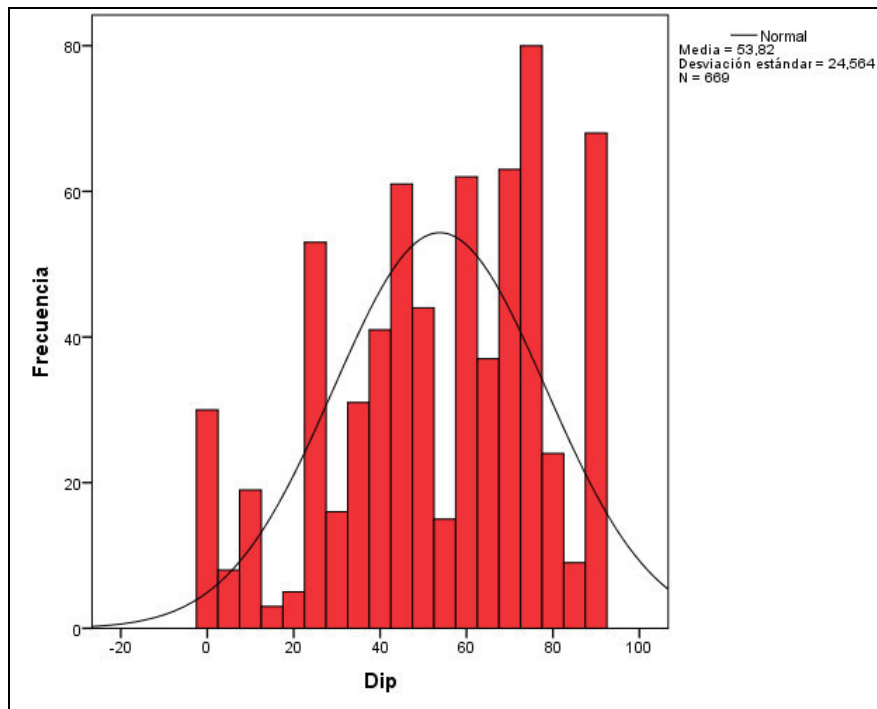


Figura 57. Histograma de frecuencia acumulada – Dip (Buzamiento). Fuente: Autor.

5.3.5. Modelo Estructural

La Cordillera Negra se caracteriza por ser un área de estudio interesante y sobre todo porque en casi toda la totalidad de su área se encuentra el grupo Calipuy, el cual es importante porque alberga gran cantidad de yacimientos minerales.

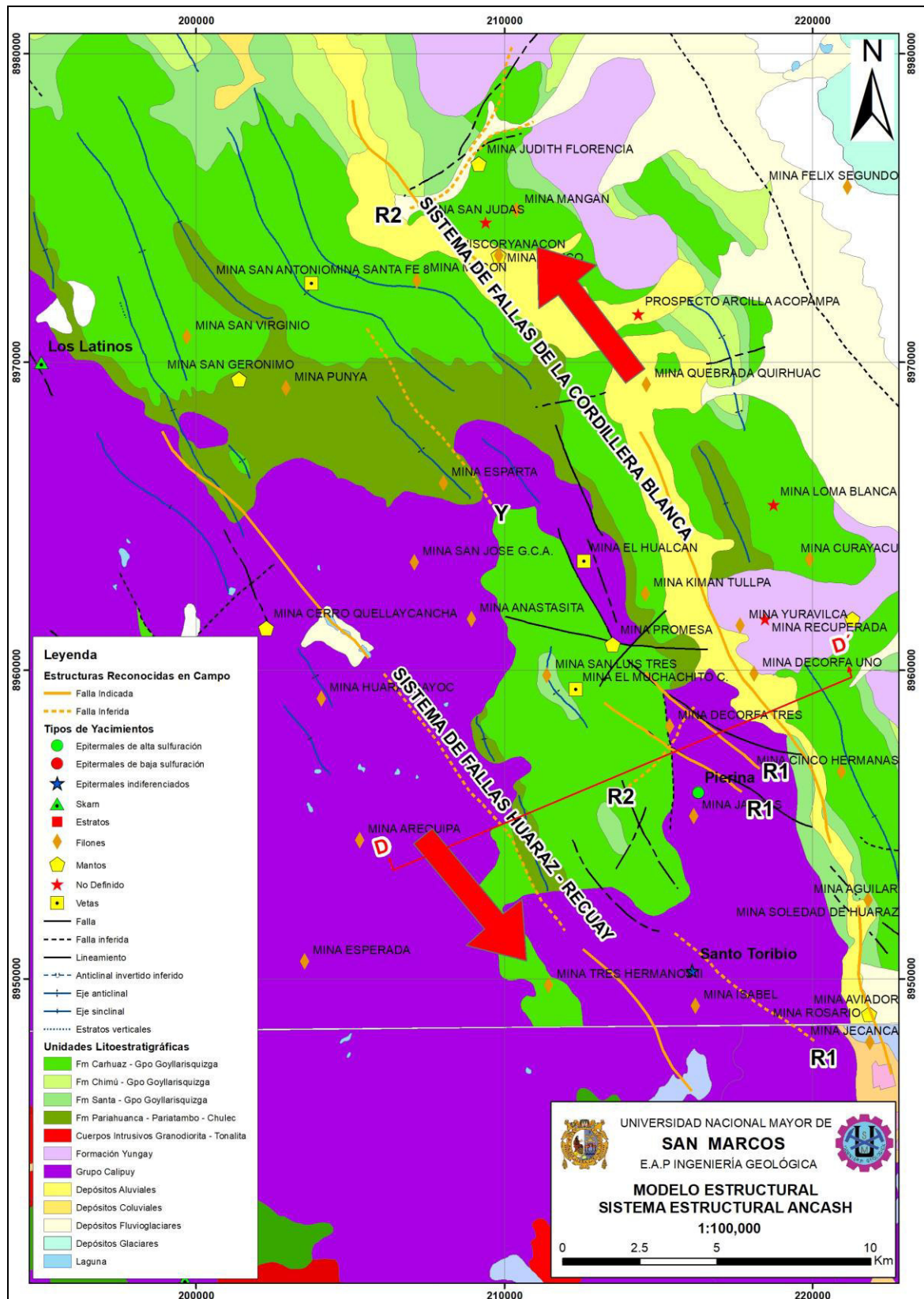
Es por ello que en el sector norte de la Cordillera Negra, ante la ausencia de un modelo que explique el origen y presencia de yacimientos minerales se ha propuesto el Sistema Estructural Ancash. Este sistema estructural constituye un sigmoide de cinemática normal – siniestral, teniendo por lineamientos extremos se distribuyen en el sector occidental por el Sistema de Falla Huaraz – Recuay y en el sector oriental por el Sistema de Fallas de la Cordillera Blanca. (Villarreal & Rivera, 2007). Ambos sistemas de fallas tienen como dirección preferente NW – SE y con una longitud promedio de 20 Km. (Mapa 5.2).

Producto de este esfuerzo de cizallamiento se producen fracturas y fallas conjugadas tipo Riedel R1 y R2. La fractura tipo R1 tiene un ángulo de 15° con respecto al plano principal de la falla y la fractura tipo R2 que tiene un ángulo de 75° respecto de la misma. Cabe mencionar, por el dinamismo de la falla puede aparecer un tercer plano, que son los planos P, formando un ángulo muy

agudo con el plano principal de la zona de falla y los planos Y los cuales son paralelos al plano principal de la falla. (Davis & Reynolds, 1996).

El sistema estructural Ancash 3 fracturas riedels R1 en el sector sur del sigmoide cerca a los yacimientos Pierina y Santo Toribio respectivamente. Asimismo se tienen 2 fracturas riedels R2 en el sector sur y norte respectivamente, relacionados a mineralización. Por último se pudo determinar la presencia de una fractura tipo Y, la cual es paralela al sistema de fallas de la Cordillera Blanca. (Mapa 15).

En la sección geológica D – D' (Figura 57), la interpretación corresponde a dos sistemas de fallas normales en ambos lineamientos extremos del Sistema Estructural Ancash, constituyendo un graben o cuenca pull –apart, originado por una tectónica de régimen extensional generando fracturas tipo riedel lo que ha permitido el ascenso de fluidos mineralizantes que ha dado lugar a la existencia de distintos yacimientos minerales.



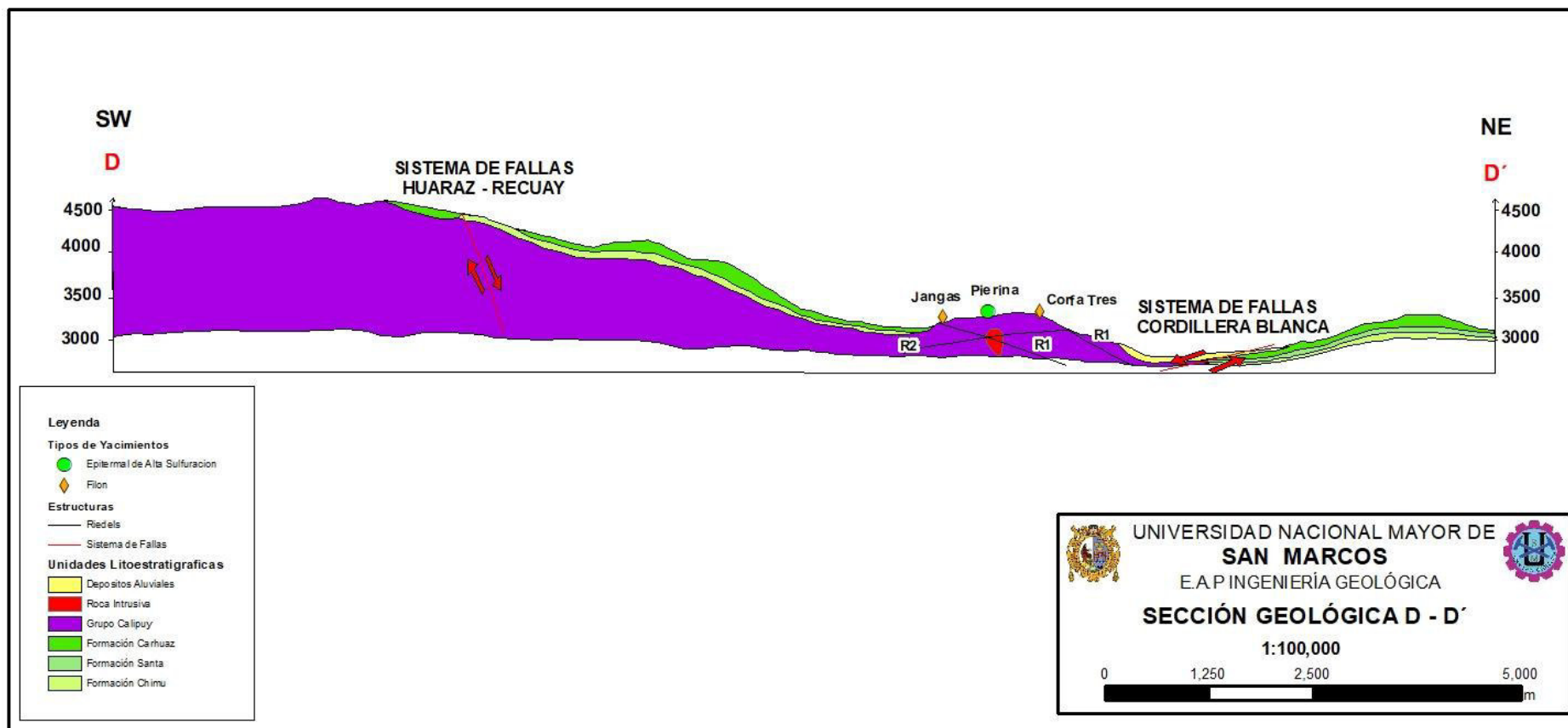


Figura 57. Sección geológica D – D'. Geología tomada del INGEMMET. Escala: 1/100000. Fuente: Autor.

Conclusiones

El objetivo principal de esta tesis es determinar el análisis estructural de la configuración relacionada con la mineralización en el sector norte de la Cordillera Negra. Ello implica, demostrar que los grandes sistemas de fallas con rumbos NW – SE y NE – SW han influenciado en la mineralización del sector norte de la Cordillera Negra, lo cual explicaría la presencia de yacimientos minerales en el área de estudio.

Así pues, el aporte principal de este trabajo de investigación consiste en la generación de un modelo estructural denominado “Sistema Estructural Ancash” en el sector norte de la Cordillera Negra; este sistema consiste de un sigmoide de cinemática normal siniestral que genera un graben o cuenca pull –apart con lineamientos extremos en el sector occidental por el Sistema de fallas Huaraz – Recuay y en el sector oriental por el Sistema de fallas de la Cordillera Blanca. Estos sistemas de fallas tienen una dirección preferente NW – SE y las fracturas riedels R2 tienen una dirección preferente NE – SW. Este sigmoide ha sido originado por una tectónica de régimen extensional generando fracturas tipo riedel lo que ha permitido el ascenso de fluidos mineralizantes que ha dado lugar a la existencia de distintos yacimientos minerales conocidos en el área de estudio. Ello ha sido posible gracias al trabajo de campo, la toma de datos de orientación de las estructuras presentes, su correlación con yacimientos existentes en el área de estudio y su posterior interpretación y análisis en gabinete.

En esta tesis se demuestra con los análisis estructural y cinemático respectivos, correlacionando distintas estaciones geomecánicas en distintos puntos del área de estudio, en el cual se da a conocer las direcciones preferentes de las estructuras las cuales son NW – SE y NE – SW.

Asimismo, se demuestra que las estructuras geológicas son indicadores de la mineralización, tal es el caso del yacimiento mineral Pierina por la intersección de fracturas riedel R1 y R2.

Cabe mencionar, que el tipo de yacimiento mineral predominante en el área de estudio es del tipo filón, es decir mineral rellenando fracturas, indicador de una tectónica de régimen extensional lo cual ha permitido que ascienda los fluidos hidrotermales y rellene zonas fracturadas. Ello también ha sido producto del

metalotecto de la Cordillera Negra (Grupo Calipuy), ya que ha permitido y dado las condiciones para la formación de diferentes yacimientos minerales en el área de estudio.

El Sistema Estructural Ancash permite definir los límites de las franjas metalogenéticas XX (Pórfidos de Cu – Mo – Au, skarns de Pb – Zn – Cu – Ag y depósitos polimetálicos relacionados con intrusivos del Mioceno) y XXI – b (Epitermales de Au – Ag hospedados en rocas volcánicas).

Otro factor importante en la mineralización de la Cordillera Negra es el ángulo de subducción de la placa oceánica y la tectónica andina han permitido la mineralización en la Cordillera Negra, dado que es el resultado de varios pulsos mineralizantes en el mismo punto.

Recomendaciones

Quedaría plantear cuáles podrían ser las líneas futuras de la investigación en el área de estudio. Como continuación natural del trabajo desarrollado en esta tesis:

Realizar un estudio más avanzado aplicando métodos indirectos como la geofísica de magnetometría que permita una mejor interpretación del modelo estructural. Asimismo, quedaría pendiente estudios directos como un análisis mineragráfico o dataciones radiométricas.

Recomendar a las empresas mineras o instituciones afines que quieran tomar dicho modelo y puedan interpretar parte del área de estudio para fines convenientes.

Bibliografía

Bodenlos, A J.; Straczek; J. S., 1957, Base-Metal Deposits of the Cordillera Negra Departamento of Áncash. Perú. U.S.G.S. Bull. No 1040.

Palacios, O.; Sánchez, A.; Herrera, F.; 1995. Boletín N° 55 Serie A: Carta Geológica Nacional. Geología del Perú. INGEMMET.

Wilson, J.; Reyes, L.; Garayar, J.; 1995. Boletín N° 60 Serie A: Carta Geológica Nacional. Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari. Hojas: 17-h, 17-i, 18-h, 18-i, 19-g, 19-i. INGEMMET.

Cobbing, J.; Sánchez, A.; Martínez, W.; Zárate H.; 1996. Boletín N° 76 Serie A: Carta Geológica Nacional. Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquian y Yanahuanca. Hojas: 20-h, 20-i, 20-j, 21-i, 21-j. INGEMMET.

Torres, A. & Enríquez, J. 1998. Características Estratigráficas y Estructurales como Control de la Metalogenia en la Cordillera Negra. Cía. de Minas Buenaventura.

León, W.; Palacios, O.; Vargas, L.; Sánchez, A.; 1999. Boletín N° 136 Serie A: Carta Geológica Nacional. Memoria Explicativa del Mapa Geológico del Perú. Escala 1: 000 000. INGEMMET.

Tumialán, H.; 2003. Boletín N° 10 Serie B: Geología Económica. Compendio de Yacimientos Minerales del Perú. INGEMMET.

Acosta, A.; Santisteban, A.; 2007. Control Estructural de la Cuenca Cretácica Casma y su Relación con el Emplazamiento del Batolito de la Costa y los Yacimientos Metálicos entre Mala y Trujillo. INGEMMET

Villarreal, E.; Rivera, R.; Santisteban A.; 2010. Características Metalogenéticas de la Cordillera Occidental en la Región Ancash, INGEMMET

Chávez, L.; Navarro, P; Rodríguez F.; Martiarena R.; 2010. Estratigrafía Volcánica del Grupo Calipuy (Volcanismo Cenozoico) – Sector Norte del

Segmento Cordillera Negra, Región Áncash. Proyecto GR-4: “Geología de las Rocas Volcánicas de la Cordillera Occidental en el *Norte* del Perú”.

INGEMMET. XV Congreso Peruano de Geología, Cusco.

Villarreal, E.; Rivera, R.; Santisteban A.; 2010. Potencial Económico de la Cordillera Occidental del Norte del Perú. Dirección de Recursos Minerales y Energéticos Programa de Metalogenia, INGEMMET. XV Congreso Peruano de Geología, Cusco.

Chávez, L.; Mamani, M.; Navarro, P; Rodríguez F.; Martiarena R.; 2010. “Variaciones Geoquímicas y Clasificación por Arcos Magmáticos de las Rocas Volcanicas del “Grupo Calipuy”: Cajamarca, La Libertad y Áncash. XV Congreso Peruano de Geología, Cusco.

Dávila, J.; 2011. Diccionario Geológico. INGEMMET.

Lillo, J.; Oyarzun, R. 2013. Geología Estructural Aplicada a la Minería y Exploración Minera: Principios Básicos. Ediciones GEMM – Aula2pontonet.

Oyarzun, J.; Oyarzun, R.; 2014. Léxico de Geología Económica – Términos de Uso Común en España e Iberoamérica. Ediciones GEMM – Aula2pontonet.

Vásquez, S., Farfán, C. & Carlotto, V. 2015. Investigación geológica e hidrogeológica en el distrito de Jangas – Huaraz: como soporte técnico en los conflictos socio ambientales. Instituto de Ingeniero de Minas del Perú.

Pajuelo, D.; 2015. Magmatismo, Petrografía y Estratigrafía de los Depósitos Volcánicos Cenozoicos (Grupo Calipuy) en el Segmento Cordillera Negra, Sector Sur Ancash. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Chávez, L.; 2016. Estratigrafía y Geoquímica del Grupo Calipuy en la Cordillera Negra (8°45’S – 9°45’S) y su relación con los yacimientos minerales. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Imágenes satelitales tomadas del software Google Earth Pro

Anexos

Anexo 1.1

Cronograma de Actividades

ACTIVIDADES A DESARROLLAR		2018												2019			
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
Introducción al tema y planteamiento del problema	Búsqueda y revisión de material bibliográfico																
	Primer bosquejo de marco conceptual																
	Correcciones y revisiones para la redacción de la primera versión del proyecto																
	Redacción de la primera versión del proyecto de investigación																
Trabajo de campo	Establecimiento de vínculo y negociaciones con los participantes que apoyarán en el trabajo																
	Planeamiento colectivo del proyecto con apoyo del asesor de tesis.																
	Realización de las actividades propuestas																
	Ordenamiento de información obtenida de campo y posterior trabajo de gabinete																
Análisis y discusión de resultados	Primera redacción del reporte de investigación a partir de los resultados de la información obtenida en el campo																
	Discusión del reporte generado con el asesor de tesis																
	Redacción final del reporte de investigación																
Redacción final y presentación de la tesis																	

Fuente: Autor

Anexo 1.2

Presupuesto de Ejecución

Descripción	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Costo total (S/.)
Respuestos y Accesorios			
Laptop HP 1000 Notebook Pc	01 unidad	4000	4000.00
GPS Garmin	01 unidad	2000	2000.00
Brujula Brunton	01 unidad	1500	1500.00
Lupa Iwamoto	01 unidad	50	50.00
Picota Stiwing	01 unidad	100	100.00
Rayador	01 unidad	30	30.00
Lápiz iman	01 unidad	30	30.00
Utiles y Materiales de Oficina			
Tablero	02 unidades	10	20.00
Lapices	02 unidades	2	4.00
Protactor	01 unidad	30	30.00
Escalímetro	01 unidad	15	15.00
Servicios y Viajes			
Pasajes de Bus	08 unidades	50	400.00
Alquiler de Camioneta	02 unidades	500	1000.00
Habitación de hotel	02 unidades	200	400.00
Alimentación	02 unidades	300	600.00
Acabados			
Impresiones	2000 hojas	0.1	200.00
Empastado	10 unidades	15	150.00
TOTAL (S/.)			S/10,529.00

Fuente: Autor

Anexo 1.3

Datos de Orientación de Estructuras

ITEM	AZ	DIP	DIP DIRECTION	DIR BZ	REFERENCIA UBICACIÓN
1	290	0	20		Alrededores de la mina Santo Toribio
2	293	0	23		Alrededores de la mina Santo Toribio
3	290	0	20		Alrededores de la mina Santo Toribio
4	287	0	17		Alrededores de la mina Santo Toribio
5	291	0	21		Alrededores de la mina Santo Toribio
6	288	0	18		Alrededores de la mina Santo Toribio
7	292	0	22		Alrededores de la mina Santo Toribio
8	294	0	24		Alrededores de la mina Santo Toribio
9	291	0	21		Alrededores de la mina Santo Toribio
10	288	0	18		Alrededores de la mina Santo Toribio
11	286	0	16		Alrededores de la mina Santo Toribio
12	288	0	16		Alrededores de la mina Santo Toribio
13	289	0	19		Alrededores de la mina Santo Toribio
14	288	0	18		Alrededores de la mina Santo Toribio
15	289	0	19		Alrededores de la mina Santo Toribio
16	315	0	45		Alrededores de la mina Santo Toribio
17	313	0	43		Alrededores de la mina Santo Toribio
18	312	0	42		Alrededores de la mina Santo Toribio
19	317	0	47		Alrededores de la mina Santo Toribio
20	315	0	45		Alrededores de la mina Santo Toribio
21	314	0	44		Alrededores de la mina Santo Toribio
22	313	0	43		Alrededores de la mina Santo Toribio
23	314	0	44		Alrededores de la mina Santo Toribio
24	315	0	45		Alrededores de la mina Santo Toribio
25	318	0	48		Alrededores de la mina Santo Toribio
26	317	0	47		Alrededores de la mina Santo Toribio
27	318	0	48		Alrededores de la mina Santo Toribio
28	316	0	46		Alrededores de la mina Santo Toribio
29	315	0	45		Alrededores de la mina Santo Toribio
30	314	0	44		Alrededores de la mina Santo Toribio
31	30	25	120	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
32	29	24	119	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
33	31	25	121	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
34	28	25	118	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
35	30	24	120	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
36	31	25	121	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
37	27	26	117	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
38	29	26	119	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
39	28	25	118	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio

40	31	24	121	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
41	30	25	120	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
42	29	23	119	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
43	33	24	123	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
44	32	25	122	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
45	31	26	121	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
46	29	25	119	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
47	30	24	120	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
48	28	25	118	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
49	295	90	25		Alrededores de la mina Santo Toribio
50	294	90	24		Alrededores de la mina Santo Toribio
51	296	90	26		Alrededores de la mina Santo Toribio
52	294	90	24		Alrededores de la mina Santo Toribio
53	293	90	23		Alrededores de la mina Santo Toribio
54	294	90	24		Alrededores de la mina Santo Toribio
55	296	90	26		Alrededores de la mina Santo Toribio
56	295	90	25		Alrededores de la mina Santo Toribio
57	294	90	24		Alrededores de la mina Santo Toribio
58	293	90	23		Alrededores de la mina Santo Toribio
59	294	90	24		Alrededores de la mina Santo Toribio
60	296	90	26		Alrededores de la mina Santo Toribio
61	297	90	27		Alrededores de la mina Santo Toribio
62	295	90	25		Alrededores de la mina Santo Toribio
63	294	90	24		Alrededores de la mina Santo Toribio
64	340	10	70	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
65	338	12	68	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
66	341	11	71	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
67	339	12	69	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
68	340	12	70	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
69	339	13	69	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
70	342	9	72	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
71	340	12	70	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
72	338	13	68	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
73	338	11	68	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
74	339	12	69	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
75	340	10	70	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
76	343	13	73	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
77	342	12	72	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
78	340	11	70	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
79	76	75	166	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
80	75	73	165	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
81	75	74	165	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
82	73	76	163	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
83	74	76	164	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
84	75	77	165	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
85	75	78	165	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio

86	74	77	164	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
87	73	76	163	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
88	78	74	168	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
89	76	77	166	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
90	77	75	167	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
91	74	75	164	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
92	75	76	165	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
93	77	76	167	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
94	314	34	44	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
95	313	34	43	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
96	314	33	44	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
97	312	35	42	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
98	313	33	43	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
99	314	35	44	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
100	315	35	45	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
101	314	33	44	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
102	313	35	43	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
103	319	36	49	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
104	318	36	48	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
105	317	37	47	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
106	318	35	48	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
107	319	36	49	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
108	317	35	47	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
109	125	89	215	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
110	126	88	216	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
111	124	87	214	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
112	127	87	217	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
113	126	88	216	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
114	125	87	215	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
115	124	88	214	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
116	128	86	218	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
117	127	88	217	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
118	130	88	220	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
119	129	88	219	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
120	128	87	218	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
121	128	86	218	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
122	127	88	217	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
123	126	87	216	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
124	30	76	120	SE	Alrededores de la mina Santo Toribio
125	28	77	118	SE	Alrededores de la mina Santo Toribio
126	28	78	118	SE	Alrededores de la mina Santo Toribio
127	28	75	118	SE	Alrededores de la mina Santo Toribio
128	29	76	119	SE	Alrededores de la mina Santo Toribio
129	30	76	120	SE	Alrededores de la mina Santo Toribio
130	32	75	122	SE	Alrededores de la mina Santo Toribio
131	31	76	121	SE	Alrededores de la mina Santo Toribio

132	32	76	122	SE	Alrededores de la mina Santo Toribio
133	31	74	121	SE	Alrededores de la mina Santo Toribio
134	30	75	120	SE	Alrededores de la mina Santo Toribio
135	32	76	122	SE	Alrededores de la mina Santo Toribio
136	33	75	123	SE	Alrededores de la mina Santo Toribio
137	30	77	120	SE	Alrededores de la mina Santo Toribio
138	31	76	121	SE	Alrededores de la mina Santo Toribio
139	137	74	227	SW	Alrededores de la mina Santo Toribio
140	137	76	227	SW	Alrededores de la mina Santo Toribio
141	136	76	226	SW	Alrededores de la mina Santo Toribio
142	135	75	225	SW	Alrededores de la mina Santo Toribio
143	135	76	225	SW	Alrededores de la mina Santo Toribio
144	137	77	227	SW	Alrededores de la mina Santo Toribio
145	138	72	228	SW	Alrededores de la mina Santo Toribio
146	137	75	227	SW	Alrededores de la mina Santo Toribio
147	136	76	226	SW	Alrededores de la mina Santo Toribio
148	140	75	230	SW	Alrededores de la mina Santo Toribio
149	138	76	228	SW	Alrededores de la mina Santo Toribio
150	136	75	226	SW	Alrededores de la mina Santo Toribio
151	133	77	223	SW	Alrededores de la mina Santo Toribio
152	135	75	225	SW	Alrededores de la mina Santo Toribio
153	136	75	236	SW	Alrededores de la mina Santo Toribio
154	184	69	274	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
155	184	71	274	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
156	183	70	273	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
157	185	70	275	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
158	184	71	274	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
159	183	70	273	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
160	182	68	272	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
161	182	70	272	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
162	184	71	274	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
163	186	70	276	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
164	185	70	275	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
165	184	72	274	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
166	182	71	272	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
167	183	70	273	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
168	184	72	274	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
169	144	60	234	SW	Alrededores de la mina Santo Toribio
170	144	62	234	SW	Alrededores de la mina Santo Toribio
171	142	62	232	SW	Alrededores de la mina Santo Toribio
172	145	62	235	SW	Alrededores de la mina Santo Toribio
173	144	60	234	SW	Alrededores de la mina Santo Toribio
174	142	61	232	SW	Alrededores de la mina Santo Toribio
175	142	60	232	SW	Alrededores de la mina Santo Toribio
176	141	62	231	SW	Alrededores de la mina Santo Toribio
177	143	62	233	SW	Alrededores de la mina Santo Toribio

178	140	63	230	SW	Alrededores de la mina Santo Toribio
179	140	62	230	SW	Alrededores de la mina Santo Toribio
180	144	60	234	SW	Alrededores de la mina Santo Toribio
181	147	60	237	SW	Alrededores de la mina Santo Toribio
182	145	62	235	SW	Alrededores de la mina Santo Toribio
183	144	61	234	SW	Alrededores de la mina Santo Toribio
184	15	45	105	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
185	16	46	106	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
186	15	47	105	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
187	18	47	108	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
188	17	46	107	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
189	15	45	105	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
190	13	45	103	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
191	14	46	104	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
192	14	44	104	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
193	15	46	105	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
194	17	45	107	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
195	17	47	107	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
196	14	45	104	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
197	15	47	105	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
198	16	46	106	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
199	75	50	165	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
200	76	49	166	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
201	77	48	167	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
202	77	50	167	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
203	75	51	165	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
204	76	50	166	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
205	73	48	163	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
206	74	50	164	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
207	75	50	165	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
208	74	51	164	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
209	76	50	166	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
210	76	48	166	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
211	78	50	168	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
212	76	50	166	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
213	78	48	168	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
214	158	76	248	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
215	160	76	250	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
216	159	74	249	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
217	160	75	250	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
218	158	74	248	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
219	160	75	250	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
220	156	74	246	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
221	158	76	248	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
222	160	74	250	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
223	162	75	252	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio

224	160	76	250	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
225	157	75	247	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
226	155	75	245	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
227	158	74	248	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
228	159	76	249	NE	Alrededores de la mina Santo Toribio
229	15	59	105	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
230	16	60	106	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
231	14	58	104	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
232	14	60	104	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
233	15	58	105	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
234	16	60	106	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
235	17	58	107	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
236	16	60	106	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
237	17	58	107	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
238	12	60	102	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
239	15	60	105	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
240	17	60	107	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
241	18	57	108	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
242	16	60	106	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
243	14	58	104	NW	Alrededores de la mina Santo Toribio
244	20	90	110		Jangas cerca a la mina Pierina
245	22	90	112		Jangas cerca a la mina Pierina
246	20	90	110		Jangas cerca a la mina Pierina
247	20	90	110		Jangas cerca a la mina Pierina
248	18	90	108		Jangas cerca a la mina Pierina
249	22	90	112		Jangas cerca a la mina Pierina
250	20	90	110		Jangas cerca a la mina Pierina
251	18	90	108		Jangas cerca a la mina Pierina
252	22	90	112		Jangas cerca a la mina Pierina
253	20	90	110		Jangas cerca a la mina Pierina
254	22	90	112		Jangas cerca a la mina Pierina
255	20	90	110		Jangas cerca a la mina Pierina
256	19	90	109		Jangas cerca a la mina Pierina
257	22	90	112		Jangas cerca a la mina Pierina
258	21	90	111		Jangas cerca a la mina Pierina
259	20	90	110		Jangas cerca a la mina Pierina
260	17	90	107		Jangas cerca a la mina Pierina
261	22	90	112		Jangas cerca a la mina Pierina
262	20	90	110		Jangas cerca a la mina Pierina
263	21	90	111		Jangas cerca a la mina Pierina
264	40	70	130	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
265	40	68	130	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
266	42	70	132	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
267	38	69	128	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
268	38	67	128	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
269	40	68	130	NW	Jangas cerca a la mina Pierina

270	40	70	130	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
271	38	69	128	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
272	39	66	129	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
273	40	68	130	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
274	42	68	132	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
275	40	70	130	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
276	43	70	133	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
277	42	68	132	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
278	40	68	130	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
279	38	70	128	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
280	36	68	126	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
281	38	69	128	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
282	38	70	128	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
283	39	68	129	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
284	242	65	332	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
285	240	66	330	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
286	242	65	332	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
287	241	66	331	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
288	240	65	330	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
289	240	67	330	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
290	244	66	334	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
291	242	65	332	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
292	245	67	335	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
293	244	65	334	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
294	242	66	332	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
295	244	66	334	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
296	239	68	329	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
297	242	66	332	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
298	244	65	334	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
299	245	66	335	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
300	247	63	337	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
301	245	65	335	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
302	246	66	336	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
303	245	66	335	NW	Jangas cerca a la mina Pierina
304	142	60	232	NW	Carretera camino a Amashca
305	140	62	230	NW	Carretera camino a Amashca
306	142	60	232	NW	Carretera camino a Amashca
307	141	61	231	NW	Carretera camino a Amashca
308	140	60	230	NW	Carretera camino a Amashca
309	142	62	232	NW	Carretera camino a Amashca
310	142	60	232	NW	Carretera camino a Amashca
311	140	60	230	NW	Carretera camino a Amashca
312	142	59	232	NW	Carretera camino a Amashca
313	141	60	231	NW	Carretera camino a Amashca
314	142	62	232	NW	Carretera camino a Amashca
315	144	60	234	NW	Carretera camino a Amashca

316	145	58	235	NW	Carretera camino a Amashca
317	142	60	232	NW	Carretera camino a Amashca
318	144	62	234	NW	Carretera camino a Amashca
319	142	61	232	NW	Carretera camino a Amashca
320	141	60	231	NW	Carretera camino a Amashca
321	142	59	232	NW	Carretera camino a Amashca
322	140	60	230	NW	Carretera camino a Amashca
323	142	52	232	NW	Carretera camino a Amashca
324	15	25	105	SE	Carretera camino a Amashca
325	14	24	104	SE	Carretera camino a Amashca
326	14	23	104	SE	Carretera camino a Amashca
327	14	23	104	SE	Carretera camino a Amashca
328	12	25	102	SE	Carretera camino a Amashca
329	14	22	104	SE	Carretera camino a Amashca
330	12	24	102	SE	Carretera camino a Amashca
331	14	23	104	SE	Carretera camino a Amashca
332	10	23	100	SE	Carretera camino a Amashca
333	12	24	102	SE	Carretera camino a Amashca
334	13	24	103	SE	Carretera camino a Amashca
335	12	22	102	SE	Carretera camino a Amashca
336	13	22	103	SE	Carretera camino a Amashca
337	14	22	104	SE	Carretera camino a Amashca
338	14	24	104	SE	Carretera camino a Amashca
339	13	22	103	SE	Carretera camino a Amashca
340	325	25	55	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
341	323	25	53	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
342	323	24	53	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
343	322	26	52	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
344	320	28	50	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
345	320	26	50	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
346	324	25	54	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
347	326	24	56	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
348	328	23	58	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
349	326	24	56	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
350	327	23	57	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
351	326	25	56	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
352	325	23	55	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
353	324	26	54	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
354	326	25	56	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
355	327	27	57	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
356	325	25	55	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
357	322	27	52	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
358	324	25	54	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
359	323	25	53	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
360	325	23	55	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
361	323	24	53	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)

362	323	24	53	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
363	325	25	55	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
364	324	23	54	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
365	348	39	78	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
366	350	40	80	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
367	349	39	79	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
368	348	38	78	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
369	350	40	80	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
370	348	40	80	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
371	347	38	77	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
372	346	40	76	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
373	345	38	75	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
374	348	39	78	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
375	348	40	78	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
376	346	49	76	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
377	347	37	77	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
378	347	38	77	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
379	348	40	78	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
380	347	38	77	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
381	346	38	76	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
382	346	40	76	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
383	347	40	77	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
384	345	38	75	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
385	345	36	75	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
386	348	40	78	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
387	346	39	76	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
388	345	40	75	NE	Mina de Yeso San Martín (Amashca)
389	130	70	220	SW	Alrededores de la mina Lincuna
390	128	68	218	SW	Alrededores de la mina Lincuna
391	130	68	220	SW	Alrededores de la mina Lincuna
392	128	66	218	SW	Alrededores de la mina Lincuna
393	126	68	216	SW	Alrededores de la mina Lincuna
394	127	69	217	SW	Alrededores de la mina Lincuna
395	125	68	215	SW	Alrededores de la mina Lincuna
396	126	70	216	SW	Alrededores de la mina Lincuna
397	128	68	218	SW	Alrededores de la mina Lincuna
398	133	72	223	SW	Alrededores de la mina Lincuna
399	130	70	220	SW	Alrededores de la mina Lincuna
400	128	68	218	SW	Alrededores de la mina Lincuna
401	127	69	217	SW	Alrededores de la mina Lincuna
402	128	68	218	SW	Alrededores de la mina Lincuna
403	130	70	220	SW	Alrededores de la mina Lincuna
404	290	42	20	NE	Alrededores de la mina Lincuna
405	288	42	18	NE	Alrededores de la mina Lincuna
406	288	40	18	NE	Alrededores de la mina Lincuna
407	285	40	15	NE	Alrededores de la mina Lincuna

408	286	43	16	NE	Alrededores de la mina Lincuna
409	288	42	18	NE	Alrededores de la mina Lincuna
410	288	45	18	NE	Alrededores de la mina Lincuna
411	287	43	17	NE	Alrededores de la mina Lincuna
412	286	42	16	NE	Alrededores de la mina Lincuna
413	286	43	16	NE	Alrededores de la mina Lincuna
414	288	44	18	NE	Alrededores de la mina Lincuna
415	288	42	18	NE	Alrededores de la mina Lincuna
416	292	45	22	NE	Alrededores de la mina Lincuna
417	290	44	20	NE	Alrededores de la mina Lincuna
418	288	43	18	NE	Alrededores de la mina Lincuna
419	182	75	272	NW	Alrededores de la mina Lincuna
420	180	76	270	NW	Alrededores de la mina Lincuna
421	182	76	272	NW	Alrededores de la mina Lincuna
422	181	77	271	NW	Alrededores de la mina Lincuna
423	182	78	272	NW	Alrededores de la mina Lincuna
424	180	76	270	NW	Alrededores de la mina Lincuna
425	184	78	274	NW	Alrededores de la mina Lincuna
426	182	78	272	NW	Alrededores de la mina Lincuna
427	183	77	273	NW	Alrededores de la mina Lincuna
428	185	79	275	NW	Alrededores de la mina Lincuna
429	186	78	276	NW	Alrededores de la mina Lincuna
430	188	76	278	NW	Alrededores de la mina Lincuna
431	177	75	267	NW	Alrededores de la mina Lincuna
432	178	76	268	NW	Alrededores de la mina Lincuna
433	180	76	270	NW	Alrededores de la mina Lincuna
434	85	79	175	SW	Alrededores de la mina Lincuna
435	86	80	176	SW	Alrededores de la mina Lincuna
436	88	78	178	SW	Alrededores de la mina Lincuna
437	88	75	178	SW	Alrededores de la mina Lincuna
438	87	76	177	SW	Alrededores de la mina Lincuna
439	88	76	178	SW	Alrededores de la mina Lincuna
440	89	77	179	SW	Alrededores de la mina Lincuna
441	86	76	176	SW	Alrededores de la mina Lincuna
442	88	78	178	SW	Alrededores de la mina Lincuna
443	84	76	174	SW	Alrededores de la mina Lincuna
444	86	77	176	SW	Alrededores de la mina Lincuna
445	88	76	178	SW	Alrededores de la mina Lincuna
446	88	77	178	SW	Alrededores de la mina Lincuna
447	86	77	176	SW	Alrededores de la mina Lincuna
448	88	76	178	SW	Alrededores de la mina Lincuna
449	162	45	252	NW	Alrededores de la mina Lincuna
450	160	45	250	NW	Alrededores de la mina Lincuna
451	162	46	252	NW	Alrededores de la mina Lincuna
452	160	44	250	NW	Alrededores de la mina Lincuna
453	163	46	253	NW	Alrededores de la mina Lincuna

454	160	44	250	NW	Alrededores de la mina Lincuna
455	161	43	251	NW	Alrededores de la mina Lincuna
456	162	44	252	NW	Alrededores de la mina Lincuna
457	162	45	252	NW	Alrededores de la mina Lincuna
458	164	44	254	NW	Alrededores de la mina Lincuna
459	164	45	254	NW	Alrededores de la mina Lincuna
460	162	46	252	NW	Alrededores de la mina Lincuna
461	163	45	253	NW	Alrededores de la mina Lincuna
462	160	44	250	NW	Alrededores de la mina Lincuna
463	163	46	253	NW	Alrededores de la mina Lincuna
464	125	55	215	SW	Alrededores de la mina Lincuna
465	126	56	216	SW	Alrededores de la mina Lincuna
466	124	54	214	SW	Alrededores de la mina Lincuna
467	123	52	213	SW	Alrededores de la mina Lincuna
468	124	54	214	SW	Alrededores de la mina Lincuna
469	126	52	216	SW	Alrededores de la mina Lincuna
470	128	54	218	SW	Alrededores de la mina Lincuna
471	126	52	216	SW	Alrededores de la mina Lincuna
472	124	54	214	SW	Alrededores de la mina Lincuna
473	124	56	214	SW	Alrededores de la mina Lincuna
474	126	56	216	SW	Alrededores de la mina Lincuna
475	124	55	214	SW	Alrededores de la mina Lincuna
476	122	55	212	SW	Alrededores de la mina Lincuna
477	124	56	214	SW	Alrededores de la mina Lincuna
478	126	55	216	SW	Alrededores de la mina Lincuna
479	80	51	170	SE	Alrededores de la mina Lincuna
480	78	50	168	SE	Alrededores de la mina Lincuna
481	80	52	170	SE	Alrededores de la mina Lincuna
482	77	48	167	SE	Alrededores de la mina Lincuna
483	78	50	168	SE	Alrededores de la mina Lincuna
484	80	52	170	SE	Alrededores de la mina Lincuna
485	83	52	173	SE	Alrededores de la mina Lincuna
486	82	50	172	SE	Alrededores de la mina Lincuna
487	80	52	170	SE	Alrededores de la mina Lincuna
488	75	49	165	SE	Alrededores de la mina Lincuna
489	76	48	166	SE	Alrededores de la mina Lincuna
490	76	50	166	SE	Alrededores de la mina Lincuna
491	78	48	168	SE	Alrededores de la mina Lincuna
492	80	47	170	SE	Alrededores de la mina Lincuna
493	76	48	166	SE	Alrededores de la mina Lincuna
494	130	64	220	SW	Alrededores de la mina Lincuna
495	132	64	222	SW	Alrededores de la mina Lincuna
496	134	65	224	SW	Alrededores de la mina Lincuna
497	134	65	224	SW	Alrededores de la mina Lincuna
498	136	66	226	SW	Alrededores de la mina Lincuna
499	134	64	224	SW	Alrededores de la mina Lincuna

500	132	62	222	SW	Alrededores de la mina Lincuna
501	130	64	220	SW	Alrededores de la mina Lincuna
502	132	65	225	SW	Alrededores de la mina Lincuna
503	135	62	225	SW	Alrededores de la mina Lincuna
504	136	64	226	SW	Alrededores de la mina Lincuna
505	132	65	222	SW	Alrededores de la mina Lincuna
506	128	64	218	SW	Alrededores de la mina Lincuna
507	130	65	220	SW	Alrededores de la mina Lincuna
508	134	66	224	SW	Alrededores de la mina Lincuna
509	140	70	230	SW	Alrededores de la mina Lincuna
510	138	70	228	SW	Alrededores de la mina Lincuna
511	138	68	228	SW	Alrededores de la mina Lincuna
512	137	68	227	SW	Alrededores de la mina Lincuna
513	140	70	230	SW	Alrededores de la mina Lincuna
514	142	68	232	SW	Alrededores de la mina Lincuna
515	142	70	232	SW	Alrededores de la mina Lincuna
516	140	68	230	SW	Alrededores de la mina Lincuna
517	142	70	232	SW	Alrededores de la mina Lincuna
518	143	72	233	SW	Alrededores de la mina Lincuna
519	142	70	232	SW	Alrededores de la mina Lincuna
520	144	70	234	SW	Alrededores de la mina Lincuna
521	145	65	235	SW	Alrededores de la mina Lincuna
522	144	68	235	SW	Alrededores de la mina Lincuna
523	146	68	236	SW	Alrededores de la mina Lincuna
524	60	60	150	SE	Alrededores de la mina Lincuna
525	62	60	152	SE	Alrededores de la mina Lincuna
526	69	60	150	SE	Alrededores de la mina Lincuna
527	58	55	148	SE	Alrededores de la mina Lincuna
528	60	58	150	SE	Alrededores de la mina Lincuna
529	62	58	152	SE	Alrededores de la mina Lincuna
530	63	60	153	SE	Alrededores de la mina Lincuna
531	62	58	152	SE	Alrededores de la mina Lincuna
532	64	60	152	SE	Alrededores de la mina Lincuna
533	65	60	155	SE	Alrededores de la mina Lincuna
534	62	58	152	SE	Alrededores de la mina Lincuna
535	60	60	150	SE	Alrededores de la mina Lincuna
536	64	57	154	SE	Alrededores de la mina Lincuna
537	62	58	152	SE	Alrededores de la mina Lincuna
538	64	60	154	SE	Alrededores de la mina Lincuna
539	310	31	40	NW	Alrededores de la mina Lincuna
540	310	32	40	NW	Alrededores de la mina Lincuna
541	309	30	39	NW	Alrededores de la mina Lincuna
542	308	30	38	NW	Alrededores de la mina Lincuna
543	310	32	40	NW	Alrededores de la mina Lincuna
544	312	30	42	NW	Alrededores de la mina Lincuna
545	312	28	42	NW	Alrededores de la mina Lincuna

546	314	30	44	NW	Alrededores de la mina Lincuna
547	312	30	42	NW	Alrededores de la mina Lincuna
548	314	30	44	NW	Alrededores de la mina Lincuna
549	314	30	44	NW	Alrededores de la mina Lincuna
550	312	28	42	NW	Alrededores de la mina Lincuna
551	315	30	45	NW	Alrededores de la mina Lincuna
552	313	28	43	NW	Alrededores de la mina Lincuna
553	314	30	44	NW	Alrededores de la mina Lincuna
554	25	46	115	NE	Alrededores de la mina Lincuna
555	22	45	112	NE	Alrededores de la mina Lincuna
556	24	45	114	NE	Alrededores de la mina Lincuna
557	23	45	113	NE	Alrededores de la mina Lincuna
558	25	47	115	NE	Alrededores de la mina Lincuna
559	24	45	114	NE	Alrededores de la mina Lincuna
560	22	45	112	NE	Alrededores de la mina Lincuna
561	24	46	114	NE	Alrededores de la mina Lincuna
562	25	44	115	NE	Alrededores de la mina Lincuna
563	27	47	117	NE	Alrededores de la mina Lincuna
564	26	45	116	NE	Alrededores de la mina Lincuna
565	25	44	115	NE	Alrededores de la mina Lincuna
566	28	48	118	NE	Alrededores de la mina Lincuna
567	26	46	116	NE	Alrededores de la mina Lincuna
568	27	48	117	NE	Alrededores de la mina Lincuna
569	25	46	115	NE	Alrededores de la mina Lincuna
570	26	46	116	NE	Alrededores de la mina Lincuna
571	24	48	114	NE	Alrededores de la mina Lincuna
572	23	46	113	NE	Alrededores de la mina Lincuna
573	25	48	115	NE	Alrededores de la mina Lincuna
574	26	48	116	NE	Alrededores de la mina Lincuna
575	22	44	112	NE	Alrededores de la mina Lincuna
576	25	46	115	NE	Alrededores de la mina Lincuna
577	26	46	116	NE	Alrededores de la mina Lincuna
578	27	50	117	NE	Alrededores de la mina Lincuna
579	28	48	118	NE	Alrededores de la mina Lincuna
580	26	50	116	NE	Alrededores de la mina Lincuna
581	28	47	118	NE	Alrededores de la mina Lincuna
582	26	48	116	NE	Alrededores de la mina Lincuna
583	28	50	118	NE	Alrededores de la mina Lincuna
584	5	42	95	NE	Alrededores de la mina Lincuna
585	6	44	96	NE	Alrededores de la mina Lincuna
586	6	42	96	NE	Alrededores de la mina Lincuna
587	4	40	94	NE	Alrededores de la mina Lincuna
588	5	40	95	NE	Alrededores de la mina Lincuna
589	6	42	96	NE	Alrededores de la mina Lincuna
590	7	43	97	NE	Alrededores de la mina Lincuna
591	8	42	96	NE	Alrededores de la mina Lincuna

592	6	40	96	NE	Alrededores de la mina Lincuna
593	6	41	96	NE	Alrededores de la mina Lincuna
594	8	42	98	NE	Alrededores de la mina Lincuna
595	8	40	98	NE	Alrededores de la mina Lincuna
596	8	42	98	NE	Alrededores de la mina Lincuna
597	6	40	96	NE	Alrededores de la mina Lincuna
598	7	42	97	NE	Alrededores de la mina Lincuna
599	135	90	225		Alrededores de la mina Lincuna
600	136	90	226		Alrededores de la mina Lincuna
601	138	90	228		Alrededores de la mina Lincuna
602	133	90	223		Alrededores de la mina Lincuna
603	135	90	225		Alrededores de la mina Lincuna
604	136	90	226		Alrededores de la mina Lincuna
605	132	90	222		Alrededores de la mina Lincuna
606	134	90	224		Alrededores de la mina Lincuna
607	132	90	222		Alrededores de la mina Lincuna
608	130	90	220		Alrededores de la mina Lincuna
609	132	90	222		Alrededores de la mina Lincuna
610	134	90	224		Alrededores de la mina Lincuna
611	136	90	226		Alrededores de la mina Lincuna
612	135	90	225		Alrededores de la mina Lincuna
613	136	90	226		Alrededores de la mina Lincuna
614	290	80	20	NE	Alrededores de la mina Lincuna
615	288	78	18	NE	Alrededores de la mina Lincuna
616	290	78	20	NE	Alrededores de la mina Lincuna
617	287	78	17	NE	Alrededores de la mina Lincuna
618	288	77	18	NE	Alrededores de la mina Lincuna
619	290	78	20	NE	Alrededores de la mina Lincuna
620	291	81	21	NE	Alrededores de la mina Lincuna
621	290	80	20	NE	Alrededores de la mina Lincuna
622	288	80	18	NE	Alrededores de la mina Lincuna
623	288	82	18	NE	Alrededores de la mina Lincuna
624	290	78	20	NE	Alrededores de la mina Lincuna
625	292	76	22	NE	Alrededores de la mina Lincuna
626	293	80	23	NE	Alrededores de la mina Lincuna
627	292	80	22	NE	Alrededores de la mina Lincuna
628	292	78	22	NE	Alrededores de la mina Lincuna
629	210	90	300		Alrededores de la mina Lincuna
630	208	88	298	NE	Alrededores de la mina Lincuna
631	298	90	300		Alrededores de la mina Lincuna
632	208	88	298	NE	Alrededores de la mina Lincuna
633	210	88	300	NE	Alrededores de la mina Lincuna
634	212	88	302	NE	Alrededores de la mina Lincuna
635	212	90	302		Alrededores de la mina Lincuna
636	210	88	300	NE	Alrededores de la mina Lincuna
637	212	88	302	NE	Alrededores de la mina Lincuna

638	214	87	304	NE	Alrededores de la mina Lincuna
639	212	88	302	NE	Alrededores de la mina Lincuna
640	214	86	304	NE	Alrededores de la mina Lincuna
641	310	7	40	NE	Alrededores de la mina Lincuna
642	308	6	38	NE	Alrededores de la mina Lincuna
643	310	6	40	NE	Alrededores de la mina Lincuna
644	308	5	38	NE	Alrededores de la mina Lincuna
645	310	6	40	NE	Alrededores de la mina Lincuna
646	312	6	42	NE	Alrededores de la mina Lincuna
647	312	8	42	NE	Alrededores de la mina Lincuna
648	310	8	40	NE	Alrededores de la mina Lincuna
649	308	8	38	NE	Alrededores de la mina Lincuna
650	307	7	37	NE	Alrededores de la mina Lincuna
651	308	8	38	NE	Alrededores de la mina Lincuna
652	308	10	38	NE	Alrededores de la mina Lincuna
653	310	6	40	NE	Alrededores de la mina Lincuna
654	310	8	40	NE	Alrededores de la mina Lincuna
655	308	8	38	NE	Alrededores de la mina Lincuna
656	320	35	50	NE	Alrededores de la mina Lincuna
657	318	36	48	NE	Alrededores de la mina Lincuna
658	320	36	50	NE	Alrededores de la mina Lincuna
659	318	36	48	NE	Alrededores de la mina Lincuna
660	318	35	48	NE	Alrededores de la mina Lincuna
661	320	35	50	NE	Alrededores de la mina Lincuna
662	318	34	47	NE	Alrededores de la mina Lincuna
663	320	35	50	NE	Alrededores de la mina Lincuna
664	322	36	52	NE	Alrededores de la mina Lincuna
665	321	37	51	NE	Alrededores de la mina Lincuna
666	322	36	52	NE	Alrededores de la mina Lincuna
667	320	36	50	NE	Alrededores de la mina Lincuna
668	323	35	53	NE	Alrededores de la mina Lincuna
669	322	36	52	NE	Alrededores de la mina Lincuna

Fuente: Autor