

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA E

INGENIERÍA METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



**“ESTUDIO GEOLÓGICO Y RECURSOS ECONÓMICOS EN LA
ZONA MAMACOCHA DISTRITO DE SAN ANTONIO DE
ESQUILACHE-PUNO”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. SERGIO RAMOS CORNEJO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

PUNO - PERÚ

2011

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

“ESTUDIO GEOLÓGICO Y RECURSOS ECONÓMICOS EN LA ZONA
MAMACOCHA DISTRITO DE SAN ANTONIO DE ESQUILACHE-PUNO”

TESIS
PRESENTADA POR:
Bach. SERGIO RAMOS CORNEJO
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO GEÓLOGO



APROBADA POR:

PRESIDENTE

: 
Msc. Ing. Andrés Olivera Chura

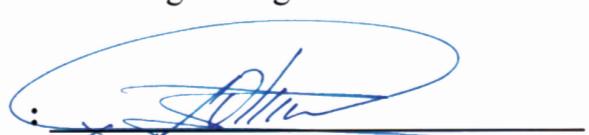
PRIMER MIEMBRO

: 
Msc. Ing. E. Samuel Machaca Hanco

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Msc. Ing. Georges F. Llerena Peredo

ASESOR DE TESIS

: 
Msc. Ing. Flavio Rosado Linares

DIRECTOR DE TESIS

: 
Ing. Roberto F. Zegarra Ponce

Área : YACIMIENTOS MINERALES

Tema : “ESTUDIO GEOLÓGICO Y RECURSOS ECONÓMICOS EN LA ZONA MAMACOCHA
DISTRITO DE SAN ANTONIO DE ESQUILACHE-PUNO”

Fecha de sustentación: 15/11/2011

DEDICATORIA

A mis padres: Mariano y Augusta, por su esfuerzo incansable, a mi esposa Belteguí a mis hijos Sergio y Alejandra, inspiración y fortaleza y a mis hermanas Judit, Doris (†) y Aydeé, por su invalorable apoyo.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a la Empresa Venaresources Inc. por darme la oportunidad de realizar este trabajo de tesis.

Mi especial agradecimiento a mi maestro el Ing^o Roberto F. Zegarra Ponce, por impartirme sus conocimientos, por darme la oportunidad de participar y conformar el grupo de exploraciones en Venaresources Inc.

Mi gratitud a los Ingenieros: Gervacio Rodríguez, Davit Bent y Wilmer Montes, por su apoyo en la realización del presente proyecto.

Mi más sincero agradecimiento a todos los docentes de mi alma mater por brindarme sus conocimientos.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
RESUMEN	XIV

CAPITULO I

1. GENERALIDADES	1
1.1. INTRODUCCION	4
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.3. HIPOTESIS.....	4
1.4. OBJETIVOS	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
1.5. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	5
1.5.1. Carácter del estudio.....	5
1.5.2. Recopilación y revisión de fuentes de información.....	5
1.5.3. Trabajo de campo	5
1.5.4. Trabajo de gabinete	6
1.5.5. Equipos e instrumentos.	6

CAPITULO II

2. REVISION DE LITERATURA	7
2.1. MARCO TEÓRICO	7
2.1.1. Geología General	7
2.1.2. Geología Económica	7
2.1.3. Cámara Magmática	8
2.1.4. Caldera	8
2.1.5. Magma	8
2.1.6. Volcán	8
2.1.7. Crater.....	8
2.1.8. Chimenea	8
2.1.9. Cono Volcánico.....	9
2.1.10. Piroclasto.....	9
2.1.11. Lapilli	9
2.1.12. Ceniza Volcánica	9
2.1.13. Bomba Volcánica	9
2.1.14. Lava.....	9
2.1.15. Estrato Volcán.....	9
2.1.16. Domo.....	10
2.1.17. Dique.....	10
2.1.18. Vulcanismo	10
2.1.19. Estratificación	10
2.1.20. Alteración.....	10
2.1.21. Epitermal	11
2.1.22. Hidrotermal	11
2.1.23. Alteración Hidrotermal	11
2.1.24. Geología Estructural.....	11
2.1.25. Falla.....	11
2.1.26. Fractura	11

2.1.27.	Rasgos Rectilíneos	11
2.1.28.	Lineamiento.....	12
2.1.29.	Lineación.....	12
2.1.30.	Rasgos circulares.....	12
2.1.31.	Métodos Geoquímicos.....	12
2.1.32.	Métodos Geofísicos.....	12
2.1.33.	Magnetometría	12
2.1.34.	Autopotencial Eléctrico.....	13
2.1.35.	Resistividad Eléctrica.....	13
2.1.36.	Polarización Inducida.....	14
2.1.37.	Perfiles Eléctricos de Resistividad y Polarización Inducida.....	15
2.1.38.	Imágenes de Teledetección	15
2.1.39.	LandSat	16
2.2.	MARCO CONCEPTUAL	16
2.2.1.	Grupo Puno (P-pu).....	16
2.2.2.	Grupo Tacaza (PN-t).....	18
2.2.3.	Formación Sillapaca (Nm-si)	20
2.2.4.	Rasgos geomorfológicos regionales	21
2.2.5.	Geología Estructural.....	21
2.2.6.	Fallas	22
2.2.7.	Plegamiento.....	22
2.2.8.	EL CODIGO JORC.....	22
2.2.9.	Recursos Minerales	22
2.2.10.	Recurso Mineral Inferido	23
2.2.11.	Recurso Mineral Indicado	23
2.2.12.	Recurso Mineral Medido.....	23
CAPITULO III		
3.	MATERIALES Y METODOS.....	25
3.1.	UBICACIÓN Y ACCESO	25
3.1.1.	Ubicación	25
3.1.2.	Accesibilidad.....	25
3.2.	CONDICIONES CLIMÁTICAS	28
3.3.	GEOLOGÍA LOCAL	28
3.3.1.	Rocas Sedimentarias	29
3.3.2.	Rocas Volcánicas	29
3.3.2.1.	Grupo Volcánicos Tacaza (PN-t)	29
3.3.2.2.	Grupo Maure (Nm-ma).....	29
3.3.2.3.	Grupo Barroso (NQ-b)	30
3.3.3.	Rocas Intrusivas.	30
3.3.3.1.	Stocks Subvolcánicos.....	30
3.3.3.1.1.	Subvolcánico Diorítico - Andesítico.....	30
3.3.3.1.2.	Domos.....	30
3.3.4.	Rocas Sedimentarias	31
3.3.4.1.	Grupo Yura (JsKi-y).....	31
3.3.4.2.	Grupo Puno (P-pu)	31
3.3.5.	Rocas Volcánicas	32
3.3.5.1.	Grupo Tacaza (PN-t)	32
3.3.5.2.	Volcánicos Maure (Nm-ma).....	32
3.3.5.3.	Grupo Barroso (NQ-b)	32
3.3.5.4.	Depósitos Recientes.....	33
3.3.6.	Rocas Intrusivas	33

3.3.6.1.	Intrusivos de Composición Básica	33
3.3.6.2.	Intrusivos de Composición Intermedia a Acida.....	33
3.4.	PETROGRAFIA Y MINERAGRAFIA	37
3.4.1.	Diorita Microporfirítica.....	37
3.4.2.	Andesita Porfirítica	38
3.4.3.	Andesita Porfirítica Alterada.....	42
3.4.4.	Toba Lítica Alterada.....	43
3.4.5.	Andesita Porfirítica Alterada.....	44
3.4.6.	Toba Litocristalina	45
3.4.7.	Caliza Silicificada.	46
3.4.8.	Minerografía (Pirita, Esfalerita, Calcopirita, Galena, Hematita, Limonita).....	47
3.4.9.	Minerografía (Rutilo, Magnetita, Pirrotita y Calcopirita).....	48
3.4.10.	Minerografía (Pirita, Esfalerita, Calcopirita y Galena).....	49
3.5.	GEOLOGIA ESTRUCTURAL	50
3.5.1.	Estructuras Mayores.....	50
3.5.1.1.	Calderas Regionales	50
3.5.1.2.	Caldera Esquilache	53
3.5.1.3.	Facies Piroclásticas y Efusivas	54
3.5.1.4.	Domos al Interior de la Caldera de Esquilache.....	55
3.5.1.5.	Domos al exterior de la Caldera	57
3.5.1.6.	Lineamientos	59
3.5.1.7.	Fallas	60
3.5.2.	Estructuras Menores.....	63
3.5.2.1.	Fallas radiales	63
3.5.2.2.	Fallas anulares	63
3.5.2.3.	Diques.....	64
3.5.2.3.1.	Diagrama de familias.....	65
3.5.2.3.2.	Diagrama de planos	65
3.5.2.3.3.	Diagrama de familias y planos.....	66
3.5.2.3.4.	Diagrama de rosetas.....	66
3.5.2.4.	Vetas.....	67
3.6.	GEOFISICA.....	71
3.6.1.	Estacado Geofísico y Morfología General	71
3.6.2.	Intensidad Magnética de Campo Total Reducida al Ecuador.....	71
3.6.3.	Intensidad Magnética de Campo Total – Señal Analítica	72
3.6.4.	Isocurvas de Potencial Espontáneo o de Autopotencial Eléctrico (SP).....	72
3.6.5.	Resistividad y Cargabilidad Real a siete profundidades.....	73
3.6.6.	Secciones de Resistividad Real y de Cargabilidad Real.....	74
3.7.	GEOQUIMICA.....	78
3.7.1.	Tipos de muestreo realizados	78
3.7.1.1.	Chips Selectivos	78
3.7.1.2.	Muestreo en Mallas	78
3.7.1.3.	Muestreo Sistemático en Canales (Superficie y Subterráneo).....	78
3.7.2.	Labores subterráneas antiguas (mapeo y muestreo).....	79
3.7.2.1.	Muestreo en Testigos de Perforación	89
3.7.2.2.	Puntos de Muestreo Regional	89
3.7.2.3.	Muestreo Geoquímico de Au.....	89
3.7.2.4.	Muestreo Geoquímico de Ag.....	90
3.7.2.5.	Muestreo Geoquímico de Cu.....	90
3.7.2.6.	Muestreo Geoquímico de Pb	90
3.7.2.7.	Muestreo Geoquímico de Zn	90

3.8.	ALTERACIONES HIDROTERMALES.....	90
3.8.1.	Interpretación de Imágenes Aster y Mapeo en Campo.....	92
3.8.1.1.	Alteración Argílica Moderada.....	92
3.8.1.2.	Alteración Argílica Avanzada.....	92
3.8.1.3.	Silicificación.....	92
3.8.1.4.	Alteración Propilítica.....	92
3.8.2.	Análisis de Espectroscopia de Reflectancia.....	93
3.8.2.1.	Interpretación de Resultados de Espectroscopia.....	96
3.9.	PERFORACION DIAMANTINA (DDH).....	98
3.9.1.	1° y 2° Campaña de Perforación.....	98
3.9.2.	Ejecución de Perforación Diamantina.....	99
3.9.2.1.	Taladros Ejecutados.....	100
3.9.2.2.	Toma de Muestras y Análisis Químico.....	100
3.9.2.3.	Densidad.....	101

CAPITULO IV103

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	103
4.1.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA GEOLOGÍA Y MINERALIZACION DE LA ZONA MAMACOCHA.....	103
4.1.1.	Mineralogía.....	104
4.1.1.1.	Minerales de mena.....	104
4.1.1.2.	Minerales de ganga.....	104
4.1.2.	Mineralización.....	104
4.1.3.	Paragénesis.....	105
4.1.4.	Zoneamiento.....	106
4.1.5.	Clasificación del yacimiento.....	107
4.2.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RECURSOS ECONÓMICOS DE LA ZONA MAMACOCHA (FRANJA AURÍFERA).....	110
4.2.1.	Caracterización de estructuras mineralizadas (VETAS).....	110
4.2.2.	Caracterización Veta IVET.....	111
4.2.2.1.	Cubicación Veta IVET.....	112
4.2.3.	Caracterización Veta MAMACOCHA.....	117
4.2.3.1.	Cubicación Veta MAMACOCHA.....	117
4.2.4.	Caracterización Veta JUAN.....	121
4.2.4.1.	Cubicación Veta JUAN.....	121
4.2.5.	Caracterización Veta SANTA CRUZ.....	123
4.2.5.1.	Cubicación Veta SANTA CRUZ.....	123
	CONCLUSIONES.....	127
	RECOMENDACIONES.....	128
	BIBLIOGRAFÍA.....	129
	ANEXOS.....	131

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: VÍAS DE ACCESO Y COORDENADAS DE UBICACIÓN DEL PROYECTO E5 – ESQUILACHE.	26
TABLA 2: RESUMEN DE DATOS DE DIQUES.	64
TABLA 3: UBICACIÓN DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS DE ESPECTROSCOPIA.	94
TABLA 4: RESULTADOS DE ANÁLISIS ESPECTROSCÓPICO DE 10 MUESTRAS TOMAS EN SAN ANTONIO DE ESQUILACHE.	94
TABLA 5: RESUMEN DE SONDAJES DE PERFORACIÓN (DDH), REALIZADO EN 2 CAMPAÑAS DE PERFORACIÓN.	100
TABLA 6: DENSIDADES APARENTES DE DIFERENTES LITOLÓGÍAS, EXISTENTES EN EL PROYECTO.	101
TABLA 7: EVOLUCIÓN PARAGENÉTICA DE LA FRANJA AURÍFERA MAMACOCHA.	105
TABLA 8: CÁLCULOS DE CUBICACIÓN VETA IVET.	113
TABLA 9: RESUMEN DE CUBICACIÓN VETA IVET.	114
TABLA 10: CÁLCULOS DE CUBICACIÓN VETA MAMACOCHA.	118
TABLA 11: RESUMEN DE CUBICACIÓN VETA MAMACOCHA.	118
TABLA 12: CÁLCULOS DE CUBICACIÓN VETA JUAN.	121
TABLA 13: RESUMEN DE CUBICACIÓN VETA JUAN.	121
TABLA 14: CÁLCULOS DE CUBICACIÓN VETA SANTA CRUZ.	124
TABLA 15: RESUMEN DE CUBICACIÓN VETA SANTA CRUZ.	124
TABLA 16: RESUMEN GENERAL DE CUBICACIÓN FRANJA AURÍFERA MAMACOCHA.	126

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1: VISTA PANORÁMICA DEL YACIMIENTO, UBICADO EN EL CERRO MAMACOCHA.	3
FIGURA N° 2: FLUJOGRAMA DE CÓDIGO AUSTRALIANO JORC.	24
FIGURA N° 3: PLANO DE UBICACIÓN ZONA DE ESTUDIO (IMAGEN SATELITAL LAND SAT-321).....	26
FIGURA N° 4: EMPLAZAMIENTOS DE CUERPOS, DOMOS SUBVOLCÁNICOS RESURGENTES DENTRO DEL APARATO VOLCÁNICO CALDERA ESQUILACHE EN RELACIÓN CON EL SISTEMA ESTRUCTURAL Y ESTRUCTURAS MINERALIZADAS.	31
FIGURA N° 5: COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA LOCAL DE LA CALDERA ESQUILACHE.	34
FIGURA N° 6: ABUNDANTES CRISTALES DE PLAGIOCLASAS (PGLs) EN MATRIZ MICROGRANULAR DE CASI EL MISMO TAMAÑO. MINERALES OPACOS (OPS) DISEMINADOS. MINERALES MÁFICOS (MFs) DISEMINADOS.	37
FIGURA N° 7: SE PUEDEN APRECIAR ALGUNOS FENOCRISTALES DE PLAGIOCLASAS (PGLs) Y DE MINERALES MÁFICOS (MFs) ALTERADOS, TODOS ELLOS EN MATRIZ MICROGRANULAR 38	38
FIGURA N° 8: FENOCRISTALES DE PLAGIOCLASAS 80% (PGLs) CORROÍDOS POR VIDRIO, ANFÍBOL ALTERADO POR CALCITA (CAC). MATRIZ MICROGRANULAR. ALTERACIÓN CARBONATACIÓN, CLORITIZACIÓN DÉBIL, TEXTURA PORFIRÍTICA.	39
FIGURA N° 9: FENOCRISTAL DE PLAGIOCLASA (PGLs) 2.4 MM 79%, ALTERADA POR CALCITA (CAC). MINERALES OPACOS 5% (OPS), 0.15MM, DISEMINADOS Y MINERALES MÁFICOS (MFs) ALTERADOS POR CALCITA. ALTERACIÓN: CARBONATACIÓN MODERADA E INTENSA CLORITIZACIÓN.	39
FIGURA N° 10: FENOCRISTALES DE PLAGIOCLASAS 1.8MM (PGLs)80% Y DE MINERALES MÁFICOS 0.4MM (MFs) 5% EN MATRIZ MICROGRANULAR DE COMPOSICIÓN FELDESPÁTICA. MINERALES OPACOS 0.1MM (OPS) DISEMINADOS. ALTERACIÓN: SERICITIZACIÓN MODERADA Y CLORITIZACIÓN DÉBIL.	40
FIGURA N° 11: FENOCRISTALES DE PLAGIOCLASAS 2.7MM (PGLs), 85% ALGUNAS DE LAS CUALES PRESENTAN UNA CORROSIÓN POR VIDRIO. MINERALES MÁFICOS 0.7MM (MFs), 8% ALTERADOS POR CALCITA (CAC). MINERALES OPACOS 0.15MM (OPS) DISEMINADOS. ALTERACIÓN: CLORITIZACIÓN MODERADA.	40
FIGURA N° 12: FENOCRISTALES DE PLAGIOCLASAS 4 MM (PGLs) 85%, EN MATRIZ MICROGRANULAR DE COMPOSICIÓN FELDESPÁTICA. MINERALES OPACOS 0.15MM (OPS), 15% DISEMINADOS. ALTERACIÓN: CARBONATACIÓN Y CLORITIZACIÓN DÉBIL.	41
FIGURA N° 13: EN LA FOTO APRECIAMOS A LAS PLAGIOCLASAS 3.0MM (PGLs) 65% ALTERADAS POR CALCITA (CAC) Y RODEADAS POR LA MATRIZ ALTERADA POR ARCILLAS Y CON DIMINUTAS PLAGIOCLASAS Y MOLDES DE MINERALES MÁFICOS 15%. ALTERACIÓN: CARBONATACIÓN MODERADA.	41
FIGURA N° 14: FENOCRISTALES DE PLAGIOCLASAS (PGLs) ALTERADOS SUPERFICIALMENTE POR CALCITA (CAC). MINERALES MÁFICOS (MFs) ALTERADOS POR CALCITA Y MATRIZ DE COMPOSICIÓN FELDESPÁTICA NO ALTERADA. MINERALES OPACOS (OPS) DISEMINADOS.	42

FIGURA N° 15: FRAGMENTOS DE ROCAS VOLCÁNICAS (FRV) CON MATRIZ MICROGRANULAR COMPUESTA POR ABUNDANTES GRANOS DE PLAGIOCLASAS (PGLs) ALTERADOS POR CALCITA.	43
FIGURA N° 16: FRAGMENTO DE ROCA (FR) EN LA QUE SE OBSERVAN MINERALES OPACOS Y RELICTOS DE MINERALES MÁFICOS (MFs). LA MATRIZ TIENE PLAGIOCLASAS Y OTROS CRISTALES DIMINUTOS ACOMPAÑADOS POR CUARZO Y ARCILLAS.	45
FIGURA N° 17: GRANOS DE CALCITA (CAC) CON AGREGADOS DE GRANOS DE CUARZO (CZ) RELLENANDO INTERSTICIOS. MINERALES OPACOS (OPS) DISEMINADOS.	46
FIGURA N° 18: GRANO MIXTO DE GALENA (GN) CON LA CALCOPIRITA (CP). LA GALENA REEMPLAZA A LA CALCOPIRITA Y AMBOS SE ENCUENTRAN DISEMINADOS EN LA GANGA (GGs).	47
FIGURA N° 19: GRANO DE CALCOPIRITA (CP) EN EL BORDE DE LA PIRROTITA (PO). PIRROTITA Y MAGNETITA (MT) DISEMINADOS EN LA GANGA (GGs).	48
FIGURA N° 20: GRANO MIXTO DE GALENA (GN) CON LA CALCOPIRITA (CP). LA GALENA REEMPLAZA A LA CALCOPIRITA Y AMBOS SE ENCUENTRAN DISEMINADOS EN LA GANGA (GGs). GRANOS DE ESFALERITA (EF) Y PIRITA (PY).	49
FIGURA N° 21: UBICACIÓN DE CALDERAS REGIONALES (ESQUILACHE, CHUCAPACA, ICHUJASI Y CHAPI CHIARA, ENTRE OTROS).	51
FIGURA N° 22: IMAGEN SATELITAL, DONDE CLARAMENTE SE APRECIA LA MORFOLOGÍA DE LA CALDERA DE EXPLOCIÓN ESQUILACHE.	53
FIGURA N° 23: NÓTESE LOS DIFERENTES TIPOS Y TAMAÑOS DE LÍTICOS EN MATRIZ TOBACEA, PRODUCTO DEL FLUJO DE DEBRIS FLOW (FLUJO DE ESCORIA).	54
FIGURA N° 24: FACIES PIROCLÁSTICAS DE TOBA DE LÍTICOS.	55
FIGURA N° 25: AFLORAMIENTO DE DOMO RESURGENTE INTRACALDERA DE COMPOSICIÓN DIORITA MICROPORFIRÍTICA, UBICADO EN EL CERRO MAMACOCOA, DENOMINADO COMO “YANA KAKA”.	56
FIGURA N° 26: DOMO DE COMPOSICIÓN RIOLÍTICA Y TARDÍA UBICADA AL INTERIOR DE LA CALDERA ESQUILACHE, CERRO SEÑOR KOLLO.	57
FIGURA N° 27: AFLORAMIENTOS DE DOMOS RESURGENTES AL EXTERIOR DE LA CALDERA, IZQUIERDA: DOMO DIORÍTICO UBICADO EN EL CERRO TACACORANE Y A LA DERECHA: DOMO ANDESÍTICO BASÁLTICO, UBICADO EN EL QUEBRADA HUANTANE.	57
FIGURA N° 28: EVOLUCIÓN VOLCÁNICA DE CALDERA EXPLOSIVA ESQUILACHE.	58
FIGURA N° 29: LINEAMIENTOS REGIONALES CHUCAPACA- ARUNTANI, TUCARI, CONTROLADO POR LINEAMIENTOS ORTOGONALES CHAPI – CHUCAPACA, CUAJONE - ARUNTANI.	59
FIGURA N° 30: SISTEMA DE FALLAMIENTOS RADIALES AL INTERIOR DE LA CALDERA ESQUILACHE.	63
FIGURA N° 31: DIAGRAMA DE FAMILIAS (DIQUES).	65
FIGURA N° 32: DIAGRAMA DE PLANOS (DIQUES).	65
FIGURA N° 33: DIAGRAMA DE PLANOS Y FAMILIAS (DIQUES).	66
FIGURA N° 34: DIAGRAMA DE ROSETAS (DIQUES).	66
FIGURA N° 35: MUESTREO EN: CHIPS SELECTIVOS, MALLAS, CANALES Y SONDAJES DE PERFORACIÓN.	79
FIGURA N° 36: UBICACIÓN DE LABORES SUBTERRANEAS ANTIGUAS.	80
FIGURA N° 37: ISOVALORES DE Au, REFLEJA LA TENDENCIA Y CONCENTRACIÓN DE MEJORES VALORES. ...	89

FIGURA N° 38: MUESTRA CON ALTERACIÓN HIDROTHERMAL, SERICITIZACIÓN FUERTE DE LOS CRISTALES DE HORNBLENDAS.	91
FIGURA N° 39: AFLORAMIENTO EN ZONAS DE ALTERACIÓN HIDROTHERMAL ARGÍLICA AVANZADA, CON PRESENCIA DE ALUNITA FINA, LA MISMA FUE CONFIRMADA EN LABORATORIO POR ANÁLISIS DE ESPECTROSCOPIA DE REFLECTANCIA.	91
FIGURA N° 40: DIFRACTOGRAMAS, RESULTADO DE ANÁLISIS ESPECTROGRÁFICO.....	95
FIGURA N° 41: OTROS ENSAYOS DE ESPECTROSCOPIA REALIZADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO, (FRANJA AURÍFERA MAMACOCHA).	96
FIGURA N° 42: UBICACIÓN DE TALADROS DE PERFORACIÓN DIAMANTINA.	98
FIGURA N° 43: INSTALACIÓN DE EQUIPO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA EN EL CERRO MAMACOCHA. ...	99
FIGURA N° 45: ZONAMIENTO VERTICAL DEL MODELO IDEALIZADO DEL SISTEMA EPITERMAL-MESOTERMAL VITIFORME SIGMOIDAL DE LA ZONA MAMACOCHA.	106
FIGURA N° 46: MODELO IDEALIZADO DEL SISTEMA EPITERMAL-MESOTERMAL VITIFORME SIGMOIDAL DE LA ZONA MAMACOCHA.	111

LISTADO DE PLANOS

PLANO 1: (SR-01), PLANO DE UBICACIÓN	27
PLANO 2: (SR-02), GEOLOGÍA LOCAL.....	35
PLANO 3: (SR-05), SECCIONES GEOLÓGICAS LONGITUDINALES	36
PLANO 4: (SR-03.1), CORREDOR ESTRUCTURAL MINERALÓGICO SAN ANTONIO DE ESQUILACHE.....	52
PLANO 5: (SR-03), GEOLOGÍA ESTRUCTURAL FRANJA AURÍFERA MAMACOCHA (IMAGEN SATELITAL) .	61
PLANO 6: (SR-03.2), ESTRUCTURAL FRANJA AURÍFERA MAMACOCHA.....	62
PLANO 7: (SR-03.3), GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL – INTRUSIVOS, VETAS Y DIQUES	68
PLANO 8: (SR-06), SECCIÓN COMPÓSITO ZONA MAMACOCHA.....	69
PLANO 9: (SR-07), SECCIONES GEOLÓGIACA VETAS CRUZ PATA-MARÍA ELENA-COBRE MINA	70
PLANO 10: (SR-08), SECCIONES GEOFÍSICAS (RESISTIVIDAD Y CARGABILIDAD)	75
PLANO 11: (SR-09), GEOFÍSICA INTENSIDAD MAGNÉTICA – SEÑAL ANALÍTICA – MAGNETOMETRÍA	76
PLANO 12: (SR-10), GEOFÍSICA (RESISTIVIDAD Y CARGABILIDAD).....	77
PLANO 13: (SR-04.1), MUESTREO GENERAL FRANJA AURÍFERA.....	81
PLANO 14: (SR-12.1), MAPEO Y MUESTREO (AU), INTERIOR MINA CORTADA MAMACOCHA.	82
PLANO 15: (SR-12.2), MAPEO Y MUESTREO (AU), INTERIOR MINA CRUZ PATA.....	83
PLANO 16: (SR-12.3), MAPEO Y MUESTREO (AU), INTERIOR MINA CCOCHU PATA.....	84
PLANO 17: (SR-12.4), MAPEO Y MUESTREO (AU), INTERIOR MINA AYDEE.....	85
PLANO 18: (SR-12.5), MAPEO Y MUESTREO (AU), INTERIOR MINA ESTEFANY.....	86
PLANO 19: (SR-12.6), MAPEO Y MUESTREO (AU), INTERIOR MINA COBRE MINA (SR-12.6).....	87
PLANO 20: (SR-12.7), MAPEO Y MUESTREO (AU), INTERIOR MINA SANTA ELENA.....	88
PLANO 21: (SR-04), ALTERACIONES HIDROTERMALES.....	97
PLANO 22: (SR-13), UBICACIÓN DE SONDAJES ZONA MAMACOCHA	102
PLANO 23: (SR-11), MODELO GEOLÓGICO MAMACOCHA (SAN ANTONIO DE ESQUILACHE)	108
PLANO 24: (SR-11.1), ORTOFOTO CALDERA SAN ANTONIO DE ESQUILACHE.....	109
PLANO 25: (SR-13.1), SECCIÓN DE CUBICACIÓN VETA IVET (AG).	115
PLANO 26: (SR-13.1.1), SECCIÓN DE CUBICACIÓN VETA IVET (AU).....	116
PLANO 27: (SR-13.2), SECCIÓN DE CUBICACIÓN VETA MAMACOCHA (AG).....	119
PLANO 28: (SR-06.1), SECCIÓN COMPÓSITO CORTADA MAMACOCHA (ALTERACIONES HIDROTERMALES).	120
PLANO 29: (SR-13.3), SECCIÓN DE CUBICACIÓN VETA JUAN (AG).....	122
PLANO 30: (SR-13.4), SECCIÓN DE CUBICACIÓN VETA SANTA CRUZ (AG).	125

LISTADO DE ANEXOS

- ANEXO N° 1:** AUTORIZACIÓN DE LA EMPRESA VENA RESOURCES PARA USO DE DATOS
- ANEXO N° 2:** DATA GENERAL DE PERFORACIÓN DIAMANTINA 1° Y 2° CAMPAÑA
- ANEXO N° 3:** (SR-14) SECCIÓN BRECHA SANTA ELENA
- ANEXO N° 4:** (SR-14.1) SECCIÓN COMPOSITO MAMACOCHA (ALTERACIONES HIDROTERMALES)
- ANEXO N° 5:** (SR-14.2) SECCIÓN ESH-09-01
- ANEXO N° 6:** (SR-14.3) SECCIÓN ESH-09-02
- ANEXO N° 7:** (SR-14.4) SECCIÓN ESH-09-03
- ANEXO N° 8:** (SR-14.5) SECCIÓN ESH-09-04-A
- ANEXO N° 9:** (SR-14.6) SECCIÓN ESH-09-04-A-B
- ANEXO N° 10:** (SR-14.7) SECCIÓN ESH-10-05
- ANEXO N° 11:** (SR-14.8) SECCIÓN ESH-10-06
- ANEXO N° 12:** (SR-14.9) SECCIÓN ESH-10-11
- ANEXO N° 13:** (SR-14.10) SECCIÓN ESH-10-10
- ANEXO N° 14:** (SR-14.11) SECCIÓN ESH-10-14
- ANEXO N° 15:** (SR-14.12) SECCIÓN ESH-10-19
- ANEXO N° 16:** (SR-14.13) SECCIÓN ESH-10-20
- ANEXO N° 17:** (SR-14.14) SECCIÓN ESH-27-2011
- ANEXO N° 18:** (SR-14.15) SECCIÓN ESH-28-2011
- ANEXO N° 19:** (SR-14.16) SECCIÓN ESH-29-2011
- ANEXO N° 20:** (SR-14.17) SECCIÓN ESH-30-2011

LISTADO DE SIGLAS

INGEMMET	: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.
IGN	: Instituto Geográfico Nacional
USA	: United State of América

LISTADO DE ABREVIATURAS

IP	: Polarización Inducida
SP	: Potencial Espontáneo
ICP-MS	: Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry
ICP-AES	: Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry
UTM	: Universal Transverse Mercator
PSAD 56	: Provincia Satelital 56
LANDSAT	: LAND = Tierra SAT = Satélite
NO	: Nor Oeste
SE	: Sue Este
PGLs	: Plagioclasas
OPs	: Opacos
MFs	: Máficos
CLO	: Cloritas
CBs	: Carbonatos
Cz	: Cuarzo
Cac	: Calcita
FRV	: Fragmento de roca volcánica
GGs	: Ganga

RESUMEN

La Geología Local está conformada por la sucesión volcánica de tobas y flujos de lavas que por lo general son de naturaleza básicas a posibles ultrabásicas (andesitas-basaltos) depositadas durante el Neógeno las que han sido disturbadas posteriormente por rocas ígneas intrusivas (dioritas microporfíricas) y subvolcánicas (andesitas) también del Neógeno. Tanto los intrusivos ígneos como los subvolcánicos muestran alteraciones que gradan desde débiles a moderadas como de carbonatación, cloritización, sericitización y argilización. Los elementos estructurales en el área, se manifiestan mediante fallamientos regionales, que constituyen zonas de debilitamiento como las quebradas: Esquilache, Caballune, Huancarane y Pajchiri, y otras que se encuentran en la esquina noreste del mapa geológico las que muestran un reducido desplazamiento vertical. Geológicamente la zona Mamacocha trata de un conjunto de vetas y vetillas tipo sigmoidales, las cuales están emplazadas en dioritas, lavas andesíticas y tobas. La mineralización está asociada a vetas y vetillas de cuarzo-hematita-galena-esfalerita-calcopitita, con asociaciones de oro, predominando cuarzo-galena-esfalerita y óxidos de manganeso en estructuras principales vetiformes como: Ivet, Mamacocha y Elvira. Las rocas encajonantes presentan básicamente una alteración argílica y una alteración propílica (clorita-calcita-pirita). Con mayor énfasis, se realizó estudios en la zona Mamacocha. El 2007 – 2011 Vena Perú SAC llega a un acuerdo con Silex Perú Subsidiaria de ASC, LDS – APEX SILVER, para tomar en opción de 3 años para explorar la concesión Esquilache, con una inversión de 1,5 millones. Se ejecutó trabajos de mapeo y muestreo: regional y al detalle, en galerías interior mina, muestreo sistemático en superficie de vetas, vetillas y zonas diseminadas, se realizó estudios Geofísicos (IP) por 140Km, se ejecutó dos campañas de perforación diamantina con un total de 5,709.89 metros lineales, la primera campaña, se inició el 03 de diciembre del 2009, con 13 sondajes hasta el 10 de febrero de 2010, y la segunda campaña se reinicia el 02 de febrero 2011 y se culminó el 29 de junio de 2011, haciendo 18 sondajes de perforación diamantina.

Palabras Claves: Mamacocha, Cobre Mina, Estrato volcán y Toba de líticos.

ABSTRACT

The Local Geology is made up of the volcanic succession of tuffs and lava flows that are generally of a basic nature to possible ultrabasic (andesites-basalts) deposited during the Neogene which have been subsequently disturbed by intrusive igneous rocks (microporphitic diorites) and subvolcanic (andesites) also of the Neogen. Both igneous and subvolcanic intrusives show alterations that range from weak to moderate, such as carbonation, chloritization, sericitization and argilization. The structural elements in the area, are manifested by regional failures, which constitute areas of weakening such as the creeks: Esquilache, Caballune, Huancarane and Pajchiri, and others that are in the northeast corner of the geological map which show a reduced vertical displacement. Geologically, the Mamacocha area is a set of veins and sigmoidal veins, which are located in diorites, andesitic lavas and tuffs. The mineralization is associated with veins and veils of quartz-hematite-galena-sphalerite-chalcopyrite, with gold associations, predominantly quartz-galena-sphalerite and manganese oxides in major vetiform structures such as: Ivet, Mamacocha and Elvira. The encasing rocks basically have an argillic alteration and a propyl alteration (chlorite-calcite-pyrite). With greater emphasis, studies were conducted in the Mamacocha area. The 2007 - 2011 Vena Perú SAC reached an agreement with Silex Peru Subsidiary of ASC, LDS - APEX SILVER, to take the option of 3 years to explore the Esquilache concession, with an investment of 1.5 million. Mapping and sampling work was carried out: regional and in detail, in interior mine galleries, systematic surface sampling of veins, veils and disseminated areas, Geophysical (IP) studies were carried out for 140Km, two diamond drilling campaigns were executed with a total of 5,709.89 linear meters, the first campaign, began on December 3, 2009, with 13 drillings until February 10, 2010, and the second campaign restarts on February 2, 2011 and ended on June 29, 2011, making 18 diamond drill holes.

Keywords: Mamacocha, Copper Mine, Stratum volcano and Tuff of lithics.

CAPITULO I

1. GENERALIDADES

Los primeros trabajos de extracción de mineral, se cree que datan de la época del Incanato y que los españoles continuaron con la explotación en forma más agresiva. Con el apoyo del mismo personal, que ya dominaba la técnica de trabajo en subterráneo. En la actualidad podemos ver remanentes de la forma como hacían el sostenimiento, de los trabajos subterráneos.

En el año 1680 época de la colonia la producción de plata era importante y San Antonio de Esquilache fue un gran contribuyente de este metal, la importancia extraer la plata con valores de oro significativos, esta extracción duro hasta la Independencia.

En 1920 fue denunciada por el señor Arthur Williams, quien la exploto hasta 1950, para luego venderla a Mauricio Hochschild, El señor Williams hace el primer estudio técnico del cual tenemos conocimiento. En informe "Report Upon the Silver, Lead, Zinc Mines de fecha 11 de noviembre de 1924. Un año antes se reporta resultados de un estudio metalúrgico con muestras procedentes de la Mina Esquilache, ejecutado en Pulacayo Bolivia: Chloride Roasting and Leaching Test. Diciembre 1923¹.

La producción informada de este periodo es: 200.68Kg de Oro, 64,941Kg de Plata, 536 Tn. de cobre, 16,878 Tn. de Plomo y 6,416 Tn. de Zinc.

¹ Gervacio M. Rodríguez S.

1950 Mauricio Hochschild y Compañía compran la propiedad del Sr. Williams, para continuar la explotación hasta el año 1958, durante este periodo la mina produce 850,000 toneladas con ley de mineral de cabeza de: 3.0 – 4.0% de Pb; 8.0 – 10.0% de Zn; 0.51% de Cu y 93.91g de Ag. Después del 1958 ceden en arriendo al Ing° Edgard Llamoca, retiran los generadores y paralizan la planta, por ello la producción decae a 6500 Tn/mes, con pallaqueo y maritatas, durante este periodo visitan consultores para continuar evaluando la propiedad con profesionales de Sucuitambo, por que el mineral se vendía a Hochschild. Existen recomendaciones para poder reactivar la zona de los trabajos antiguos de los españoles, que no se logra ejecutar.

Datos de producción de mineral en el año 1961, se menciona que entre 1951 a julio de 1961 se ha producido: 1`060,000 toneladas de mineral con ley de 3.2 % de plomo, 4.8 % de Zinc, 3.4 Oz de plata y 0.4g de oro.

1975 – 1984 la mina es denunciada por el Sr. Juan Ortega Reyes, ejecuta trabajos artesanales de minería selectiva de recuperación, no tenemos datos de producción. Pero por comunicación verbal nos informamos que se obtenía un tonelaje de 50 a 60 toneladas mes, que se trataban en la concentradora de Aladino, los Rosales y Tiquillaca.

2001 Denuncio por ASC solo hace unas visitas de evaluación con muestreo superficial y muestreos puntuales en algunas labores accesibles en mina

2007 VENA PERU SAC, Entra en el área Pichacani y San Anotonio de Esquilache, denunciando las primeras 10,400 Has, En el mes de mayo se inicia los trabajos de exploración de mapeo superficial, a escala 1:25,000. Con este estudio se define 7 áreas con valores anómalos que son: Huantane, Hancocruz, Collapucho, Mojoraque, Amantiña, Esquilache y Virgen de Chapi². En estas áreas se ajusta en mapeo a escala 1/:5,000, con muestreo de las estructuras más importantes, se define las áreas para ejecutar los estudios geofísicos. En base a los muestreos y características geológicas, el 11 de octubre se inician los trabajos de Geofísica en campo, obteniendo el reporte en el mes de noviembre 2007.

² Roberto F. Zegarra P.

2007 – 2011 Vena Perú SAC llega a un a un acuerdo con Silex Perú Subsidiaria de ASC, LDS – APEX SILVER, para tomar en opción por 3 años para explorar la concesión Esquilache, el compromiso de inversión es 1,5 millones. En la actualidad se ejecutó trabajos de mapeo y muestreo regional, mapeo y muestreo al detalle en las concesiones Esquilache I y mapeo y muestreo en galerías interior mina. Además muestreo sistemático en superficie de las estructuras de vetas, vetillas y diseminaciones, así también se ejecutó estudios Geofísicos IP por 140Km, se realizó también dos campañas de perforación diamantina con un total de 5,709.89 metros lineales, *la primera se campaña de perforación*, de inició el 03 de diciembre del 2009, por la empresa Canchi Perforaciones S.A.C. haciendo 13 sondajes desde ESH-09-01 hasta el 10 de febrero de 2010 finalizando con el sondaje ESH-10-20 y *la segunda campaña de perforación* se reinicia el 02 de febrero 2011 con la empresa Andacollo Servicios de Perforación S.A.C. con el sondaje ESH-15-2011 y se culminó el 29 de junio de 2001 con el sondaje ESH-33-2011, haciendo un total de 18 sondajes de perforación diamantina. Los trabajos de rehabilitación de labores subterráneas, mapeo de labores a escala 1:500, muestreo sistemático de las labores e interpretación de la campaña de perforación diamantina, nos permitieron determinar los recursos económicos de la zona Mamacocha.

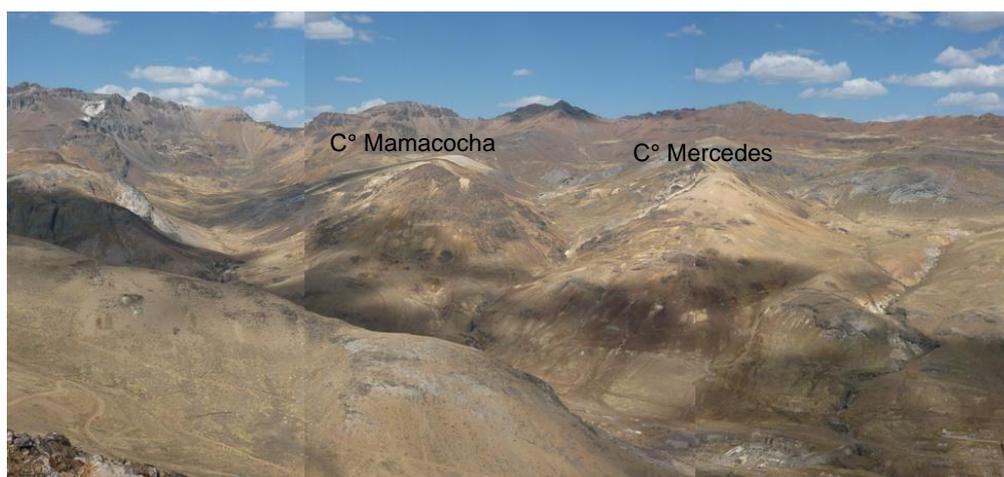


Figura N° 1: Vista panorámica del Yacimiento, ubicado en el Cerro Mamacocha.

1.1. INTRODUCCION

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El avance vertiginoso de la tecnología en los últimos años ha ocasionado la constante demanda de los recursos minerales, para lo cual nuestro país ofrece importantes rasgos geológicos para la concentración de yacimientos metalíferos y su respectivo aprovechamiento de sustancias y/o elementos metálicos y no metálicos.

En este contexto, el yacimiento minero de San Antonio de Esquilache, en la zona de Mamacocha requiere de estudios y conocimientos sobre sus características fundamentales, tales como sus procesos de formación, morfología, mineralogía, génesis, contenido metálico, alteraciones, rasgos estructurales y geología general.

Estas características metalogénicas descritas y el significativo incremento y recuperación de los precios de los metales en el mercado mundial en estos últimos años, ha hecho que los trabajos de exploración se incrementen, el estudio geológico y recursos económicos en la zona de Mamacocha nos lleva a una investigación para el mejor conocimiento de los procesos geológicos que intervinieron en el origen y formación de este yacimiento en específico.

De acuerdo al planteamiento del problema se ha formulado las siguientes interrogantes:

- ¿Cuál es el modelo del yacimiento en la zona de Mamacocha?
- ¿Cuál es el potencial de recursos metálicos de la zona Mamacocha?

1.3. HIPOTESIS

- La presencia de estructuras vetiformes mineralizadas y la evidentes zonas de alteración y las condiciones geológicas genéticas definen un modelo de yacimiento en la zona de Mamacocha en el distrito de San Antonio de Esquilache.

- Los recursos metálicos definen un potencial económico en la zona de Mamacocha.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Determinar, analizar e interpretar datos y observaciones de campo y de laboratorio, con las técnicas e instrumentos apropiados, para demostrar las hipótesis planteadas sobre las características geológicas de la zona Mamacocha, del Distrito de San Antonio de Esquilache en la Región de Puno.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar la Geología de la mineralización de la zona Mamacocha.
- Evaluar los recursos económicos de la zona Mamacocha.

1.5. METODOLOGÍA DE TRABAJO

1.5.1. Carácter del estudio

El presente trabajo denominado “Estudio geológico y recursos económicos en la zona de Mamacocha en el distrito de San Antonio de Esquilache – Puno”. Tiene un alcance de carácter descriptivo, mediante la recopilación de datos e información de forma cualitativa y cuantitativa, pasando a la fase analítica y finalmente se pasa a la fase de interpretación.

1.5.2. Recopilación y revisión de fuentes de información

En esta etapa se recopiló información bibliográfica relacionada al propósito del estudio, los mapas geológicos locales y regionales de la zona de estudio se obtuvieron de instituciones como: INGEMMET, Tesis UNSA y otros.

1.5.3. Trabajo de campo

En esta etapa se realizó la observación, reconocimiento y descripción de los elementos y caracteres geológicos a través del cartografiado de todas las estructuras geológicas, basados en la observación e interpretación “in situ” de los aspectos geomorfológicos, litológicos, estratigráficos, tectónicos. Por otro lado se han tomado muestras para el análisis químico, análisis petrográfico - minerográfico y PIMA, así también se desarrollaron trabajos geofísicos.

1.5.4. Trabajo de gabinete

En esta etapa se realizó el procesamiento y automatización de la información obtenida durante la etapa de campo, se realizó análisis estadístico, elaboración de planos, secciones geológicas, interpretación y evaluación de resultados de las muestras. Así también se utilizó imágenes Satelitales, Ortofotografías de la zona e imágenes Raster multibandas para la interpretación estructural y alteraciones hidrotermales respectivamente, finalmente se realizó la redacción del borrador del presente trabajo de investigación.

1.5.5. Equipos e instrumentos.

- Estación Total
- Brújula (Brunton)
- GPS (Garmin)
- Lupa Acromática 20x (Iwamoto)
- Rayador con punta diamantada
- Picota (Estwing)
- Wincha, flexometro
- Libreta de campo
- Cámara fotográfica
- Lápices de color
- Tablero
- Protactor (multiescala)
- Ácidos
- Bolsas para la toma de muestras
- Otros.

CAPITULO II

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Geología General

La Geología es la ciencia que estudia la Tierra, su composición, su estructura, los fenómenos que han ocurrido en la actualidad, su evolución como planeta, su relación con los astros del universo así como la evolución de la vida mediante los documentos que de ella han quedado en las rocas.

La geología además de ciencia meramente descriptiva, es también genética y evolutiva, trata de hallar la causas de los fenómenos que se observan.

La geología es una especialidad básica, de gran importancia en el mundo actual para el aprovechamiento racional de los recursos naturales de un país y su aplicación inmediata en otras actividades humanas: agricultura, obras civiles, minería, petróleo, aguas subterráneas, etc.

2.1.2. Geología Económica

Se le denomina a los yacimientos minerales: técnicas de estudio, tipos, evolución metalogénica, exploración, de rendimiento económico por ejemplo:

Los procesos que llevan a la diferenciación de un magma, o a la formación de una roca sedimentaria o metamórfica implican en ocasiones transformaciones profundas químico-mineralógicas. Es durante el curso de esos procesos que algunos elementos o minerales pueden concentrarse selectivamente, muy por encima de sus valores "normales" para un determinado tipo de roca, dando

origen concentraciones "anómalas" que de aquí en adelante denominaremos "yacimientos minerales".

2.1.3. Cámara Magmática

Es la región situada en la profundidad de la litosfera donde se acumula y deposita el magma.

2.1.4. Caldera

Se denomina así a una región semicircular de regulares dimensiones que corresponden a un gran cráter volcánico erosionado, que dando hoy en día solo los extremos circundantes. En la mayoría de los casos las regiones de las calderas se hallan ocupadas por lagos.

2.1.5. Magma

Material líquido pastoso, que se encuentra en el interior de la corteza terrestre a altas temperaturas y fuertes presiones. La solidificación del magma en su cercanía a la superficie o la salida al exterior da lugar a la formación de las rocas ígneas plutónicas y volcánicas.

2.1.6. Volcán

Es una estructura que se forma por la acumulación de material ígneo que haciendo, desde las profundidades de una cámara magmática, hasta la superficie a través de una fractura, solidificándose en sus proximidades y desarrollando una forma de colina o montaña con características particulares.

2.1.7. Cráter

Depresión u orificio externo, generalmente en forma de embudo, con paredes casi verticales, por donde son arrojados los materiales volcánicos ígneos, cuando esta depresión alcanza varios kilómetros de diámetro y de forma circular, se le conoce como: caldera.

2.1.8. Chimenea

Son los conductos de salida al exterior de los materiales volcánicos ígneos (piroclastos, lavas, productos sólidos y gaseosos). Estos suelen ser fracturas profundas que se comunican con la cámara magmática, los cuales se van ensanchando por efectos de la erupción.

2.1.9. Cono Volcánico

Es una elevación formada alrededor de la chimenea, originada por la acumulación de materiales provenientes de las erupciones.

2.1.10. Piroclasto

Proceden de las paredes de la chimenea y de las lavas solidificadas en el interior de la misma o de lavas que se han solidificado en el aire al ser proyectadas por las explosiones.

2.1.11. Lapilli

Material piroclástico, lanzado por los volcanes eruptivos. El tamaño de los fragmentos es de 5mm - 5cm, su forma puede ser angulosa o redondeada. Los lapilli aparecen en los conos volcánicos conjuntamente con cenizas, bloques y bombas.

2.1.12. Ceniza Volcánica

Material sólido y pulverulento lanzado por los volcanes durante las erupciones, la granulometría es de 0.25 a 4mm. Puede ser transportado por el viento miles de kilómetros.

2.1.13. Bomba Volcánica

Bloque de grandes dimensiones expelido por un volcán. El tamaño puede variar desde el de una mano hasta de varios metros de diámetro.

2.1.14. Lava

Material ígneo fundido cuya temperatura supera los 1100°C, los cuales al salir del cráter genera coladas y forma estructuras volcánicas tales como estratos volcanes y domos según la fluidez de la lava que a su vez depende de la composición química, están compuestas principalmente de silicatos y son de tipo básico y ácido.

2.1.15. Estrato Volcán

Estructura volcánica en forma de cono, constituido por una fase piroclástica en la base acumuladas alrededor de la chimenea y luego cubierta por una fase de colada de lava que fluyen hacia la base del aparato volcánico, la composición química de la lava generalmente es básica y presentan mayor contenido de calcio, hierro y magnesio es por eso que son más fluidas y tienden

a cubrir enormes extensiones de terreno, formando grandes mantos basálticos y flujos bandeados de andesita.

2.1.16. Domo

Estructura volcánica en forma de hongo, constituido por lava muy rica en sílice de composición acida, dacitas y riolitas, muy viscosa, debido a su viscosidad se quedan en las inmediaciones del cono volcánico o en muchas ocasiones se solidifican en el cráter, formando grandes tapones, posteriormente, por la presión de los gases llegan a producir grandes explosiones siendo expulsados hacia el exterior en forma de piroclastos.

2.1.17. Dique

Cuerpos intrusivos de forma tabular, que corta secuencias líticas de formaciones anteriores, por lo general los diques son eventos posteriores.

2.1.18. Vulcanismo

Son todas las manifestaciones internas y externas del movimiento y solidificación de los materiales rocosos y fundidos (magma) que se halla en cámaras magmáticas bastante cerca de la superficie terrestre, existen tres tipos de vulcanismo, eruptivo ó piroclástico es cuando los materiales son arrojados al exterior en forma fragmentaria (bloques, bombas, lapilli y cenizas) a grandes distancias, efusivo es cuando el material fluye sobre la superficie en forma de lava, en ambos casos los materiales contienen muchos gases sobre todo el primero y se le denomina vulcanismo extrusivo, intrusivo es cuando el material se solidifica cerca de la superficie en forma de grandes masas en formas de diques, sills, lacolitos y lopolitos intruyendo a rocas pre-existentes.

2.1.19. Estratificación

Características de muchas rocas sedimentarias, metamórficas y volcánicas que, por útil simplificación, se le considera inicialmente plana y horizontal la inclinación, traslación y/o torcedura, que las aparten de su estado inicial son indicadores de deformación.

2.1.20. Alteración

Proceso de modificación de los minerales y rocas por acción de los agentes de erosión agua, viento, hielo, sol, etc.

2.1.21. Epitermal

Yacimientos minerales formados cerca a la superficie y a baja temperatura a partir de soluciones hidrotermales.

2.1.22. Hidrotermal

(Soluciones).- Soluciones líquido gaseosas provenientes del magma que asciende hacia la superficie a través de fisuras o fracturas o falla, rellenándolas con depósitos minerales.

2.1.23. Alteración Hidrotermal

Proceso de metamorfismo, mediante el cual los minerales de las rocas se alteran por acción de las soluciones hidrotermales a alta temperatura, las alteraciones hidrotermales son indicadores de la presencia de yacimientos minerales de origen hidrotermal.

2.1.24. Geología Estructural

Es la ciencia que estudia las deformaciones de la corteza terrestre relacionadas con el tiempo geológico, estudia las deformaciones orogénicas, diastrofias, epirogenéticas, etc., las deformaciones pueden ser pliegues, fallas, intrusiones, etc.

2.1.25. Falla

Es una estructura en la cual se ha realizado una fractura o ruptura y un desplazamiento relativo entre los bloques separados por la fractura. Sus dimensiones son muy diversas, desde desplazamientos nulos o de escasos centímetros, a muchos cientos de metros, y desde una longitud muy pequeña a fracturas de muchos cientos de kilómetros.

2.1.26. Fractura

Discontinuidad planar en una roca producida por un mecanismo de ruptura frágil asociado a un estado de esfuerzo local dado.

2.1.27. Rasgos Rectilíneos

Corresponden a quiebres topográficos, a contactos entre dos dominios de diferente rugosidad o diferente alteración, o alineamientos de ríos o de lagunas. Todos ellos reciben el nombre genérico de lineamiento.

2.1.28. Lineamiento

Rasgo lineal, con uno o varios segmentos rectos o ligeramente curvos, identificado de una imagen satelital, aerofoto, mapas topográficos o geofísicos.

2.1.29. Lineación

Estructura tectónica penetrativa similar a la anterior pero que da, a un afloramiento de roca una partición lineal, también se genera por intersección de estructuras planares o por alargamiento en ciertos procesos dúctiles.

2.1.30. Rasgos Circulares

Son evidencias que se presentan en la topografía, contactos o drenajes, muchas veces corresponden a rasgos volcánicos como cráteres, calderas, etc.

2.1.31. Métodos Geoquímicos

Análisis geoquímicos por los métodos de absorción atómica y al fuego ICP+Au, 35 elementos+ Au = 36 Elementos por análisis.

2.1.32. Métodos Geofísicos

Consiste en un método indirecto cuyo elemento principal es la energía eléctrica, aplicado a la prospección geológica, detallamos cada una de los métodos a continuación:

2.1.33. Magnetometría

Diversos materiales litológicos contienen diferentes proporciones de minerales magnéticos, principalmente magnetita, como componente original o adquirido. Las rocas ígneas usualmente son más magnéticas que las sedimentarias y entre las primeras, las básicas más que las ácidas. Por esta razón es común el empleo del método magnetométrico para complementar la información geológica en zonas cubiertas, donde no es posible hacer mapas litológicos y de estructuras. Ciertos procesos de mineralización provocan la acumulación de magnetita, ya sea como diseminaciones o como cuerpos masivos, lo que cambia las condiciones magnetométricas³ y puede aprovecharse esta situación en exploración minera. El caso opuesto, de menor contenido de magnetita en rocas

³ Arce Geofísicos S.A.C.

que originalmente la tuvieron como componente principal también puede ocurrir en condiciones de alteración en las que la magnetita ha sido eliminada.

2.1.34. Autopotencial Eléctrico

Los procesos electroquímicos y electro cinéticos en un ambiente geológico dan lugar a campos eléctricos naturales que pueden ser medidos en la superficie del terreno, con el objeto de interpretar la ubicación de estructuras para su eventual verificación con técnicas directas. La operación de campo de Autopotencial Eléctrico, o potencial espontáneo (método geofísico también conocido como “SP”, de sus siglas inglesas), consiste en mediciones sistemáticas de voltajes de corriente continua relativos a un punto de referencia. La técnica de campo puede tener dos variantes, ya sea con una estación de base, como con gradientes de voltaje entre dos electrodos móviles. En ambas es usual operar a lo largo de líneas con estaciones a intervalos regulares, pero aquella con una estación de base da lecturas más confiables. Cuando son adecuadas las condiciones geológicas de oxidación, de movimiento de fluidos, de porosidad saturada y de disposiciones minerales en el subsuelo, los voltajes tienden a mostrar valores bajos (o negativos) cerca de la parte superior de los cuerpos mineralizados con sulfuros metálicos. Sin embargo, existen también situaciones geológicas que aun no siendo objetivos de exploración pueden dar anomalías de SP, tal como es el caso de la alunita. En el proceso de levantamiento de perfiles de resistividad/cargabilidad (IP) se toman lecturas de SP sin por ello requerir trabajo adicional; por esta razón es que conviene investigar esta propiedad natural ya que a veces la información puede ser de utilidad en la exploración.

2.1.35. Resistividad Eléctrica

Si una corriente eléctrica es aplicada al terreno por medio de dos electrodos, un campo eléctrico es creado simultáneamente en el subsuelo y sus efectos pueden ser medidos por otro par de electrodos conectados a un voltímetro. La corriente de energización se obtiene de una fuente controlada a voluntad del operador geofísico. Tan pronto como se conecta, la cantidad de corriente es indicada en un amperímetro. En el instante en que comienza a circular la corriente aparece una caída de voltaje (ΔV), que se mide entre los dos electrodos de potencial, siendo su magnitud dependiente de la intensidad del campo aplicado (I , en

amperios), de las relaciones geométricas del sistema de cuatro electrodos (K) y de la resistividad (ρ) de la masa de subsuelo que está siendo afectada por la corriente. La resistividad es la resistencia específica de la unidad de volumen de roca (1 metro cúbico), expresada en ohmios por metro cuadrado sobre metro (Ωm , ú $\text{Ohm}\cdot\text{m}^2/\text{m}$), generalmente indicada como ohmiometros. Todas las rocas de la corteza terrestre, ya sean éstas diagenisadas, o alteradas, o no consolidadas, exhiben cierta conductividad eléctrica, o su inversa, la resistividad, determinada por el grado de saturación y salinidad del agua (conductividad iónica), los minerales sólidos (conductividad electrónica) y la temperatura. El contenido de humedad es, por mucho, el factor más importante en la gran mayoría de casos. Debido a estas razones, puede deducirse que la fracturación o la alteración son aspectos litológicos muy importantes y que, por consiguiente, la resistividad debe ser tratada como una propiedad relativa. En exploraciones por masas de sulfuros metálicos la conductividad que interesa es la electrónica, determinada por los minerales conductores que son, por lo general, aquellos con lustre metálico.

Casi todos los sulfuros metálicos son conductores, aunque en diversa medida, salvo minerales como la esfalerita y la casiterita, que tienen brillo vítreo y son eléctricamente aislantes. Las formaciones litológicas silicificadas y los filones de cuarzo dan resistividades altas.

2.1.36. Polarización Inducida

Con el mismo sistema de cuatro electrodos descrito para la resistividad eléctrica, si la corriente (I) es aplicada durante un tiempo determinado y bajo ciertas circunstancias geológicas, puede notarse que el campo energizante produce caídas de voltaje (ΔV) que no desaparecen completamente al interrumpirse la corriente, sino que más bien van decreciendo paulatinamente a partir de un voltaje máximo inicial (V_p), conformando una *curva de voltajes secundarios* (V_s) que puede ser observada en los electrodos de potencial. Este es el así llamado **efecto de polarización inducida (IP)**, característico de los materiales de la corteza que contienen partículas con diferente conductividad electrónica (o metálica). La textura mineral que mejor presenta esta característica es la de los yacimientos de sulfuros diseminados, en los que la superficie conductora expuesta es máxima, en comparación con los depósitos

"masivos". En la Naturaleza no existen, para propósitos geofísicos, cuerpos de sulfuros masivos, ya que siempre están presentes la ganga, las fracturas y las oxidaciones, factores todos que aumentan la superficie expuesta de los conductores. A diferencia de la resistividad, que es siempre relativa a ciertas condiciones litológicas locales, la polarización inducida es absoluta, con respuestas cercanas a cero donde no hay minerales polarizables. Las lecturas de campo vienen a ser el resultado de un efecto combinado, similar al de muchos condensadores pequeños que son cargados por el campo de corriente aplicado, y que subsecuentemente se descargan cuando el campo es interrumpido. El efecto de polarización inducida se representa por el término cargabilidad (M), que indica la susceptibilidad de determinado material a ser eléctricamente cargado, y se mide en milivoltios. segundo/voltio (milisegundos), o en milivoltios por voltio (mV/V), dependiendo de los parámetros de diseño del instrumento utilizado. Las respuestas de IP son altas cuando están presentes sulfuros conductores. Calcocita, calcopirita y pirita causan anomalías fuertes; en menor grado, enargita, galena, sulfosales, etc. *La esfalerita y otros minerales sin brillo metálico no dan anomalía de cargabilidad.* Los efectos indeseables de magnetita finamente diseminada, del grafito, la sericita, la montmorillonita y otras arcillas en partículas planas y conductoras, deben ser interpretados con un adecuado conocimiento geológico⁴.

2.1.37. Perfiles Eléctricos de Resistividad y Polarización Inducida

La técnica consiste en series de lecturas tomadas cada 50 metros a lo largo de las líneas. Para conseguir penetraciones variables fue utilizada la configuración de electrodos Polo-Polo, la que supone instalación de un electrodo de corriente (B) y uno de potencial (N) a distancia "infinita", mientras que los electrodos de corriente A y de potencial M avanzan sobre la línea. La separación AM (a) está relacionada con la penetración de registro, aunque tal relación no es lineal.

2.1.38. Imágenes de Teledetección

Conocidas también como remote sensing imagery, comprende todas las imágenes generadas con datos obtenidos por captadores de radiaciones

⁴ Arce Geofísicos S.A.C.

electromagnéticas ubicado remotamente al suelo de la zona a estudiar. Ejem. LandSat, Aster.

2.1.39. LandSat

Satélite tecnológico terrestre, Land = tierra, Sat = Satélite, lanzado por la NASA-USA con el objeto de obtener imágenes de la superficie terrestre y realizar con esto estudios de los recursos naturales. Las imágenes pueden ser obtenidas en diversos campos del espectro electromagnético, aprovechando las diferentes propiedades de los materiales y su comportamiento ante cada tipo de onda electromagnética.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Grupo Puno (P-pu)

Gerty (1915) descubrió por primera vez unas capas rojas areniscas y conglomerados, los cuales afloran inmediatamente al noroeste de la ciudad de Puno, luego CABRERA LA ROSA y PETERSEN (1963) le da el nombre de formación Puno, posteriormente estos sedimentos fueron mapeados ampliamente en la región del altiplano por NEWEL (1949), quien dio a la unidad la categoría del Grupo Puno (P-pu).

El término “Grupo Puno” es usado aquí como lo definió NEWEL (1949) e incluye una gruesa acumulación de sedimentos arcósicos de facies continental rojizos, mal clasificados, los cuales se acumulan en cuencas de subsidencia rápidamente el Cretáceo Superior y el terciario. El Grupo puede incluir dos o más unidades de distinta edad, pero solamente ha sido posible realizar una subdivisión informal durante el presente estudio.

El Grupo Puno (P-pu), ocurre en la parte norte de los cuadrángulos de Condorama y Ocuvi (2930, 83360). Se asume que todas las áreas de los sedimentos originalmente gruesos han sido, al menos parcialmente preservados, aunque es difícil de determinar los efectos de erosión post-deposicional y la no deposición en la distribución de los afloramientos del grupo Puno (P-pu). Los sedimentos tienen un grosor máximo estimado aproximadamente de 5.5 km. y sobreyace discordantemente a las calizas de la formación Ayabacas (Kis-ayb) y unidades más antiguas.

El grupo consiste de areniscas con conglomerados comunes, limonitas subordinadas, calizas y horizontes de tufos.

Las areniscas son en todo lugar feldespáticas y usando el esquema de PETTYJOHN (1975), se le puede clasificar principalmente como arcosas, algunas como subarcosas y pocas como wackas feldespáticas. Son generalmente de color rosado a marrón rojizo, bien clasificadas, masivas a bien estratificadas y de tamaño de grano muy variable. Los granos de cuarzo son típicamente monocristalinos angular a subredondeado.

Los conglomerados del Grupo Puno (P-pu), contienen una variedad de clastos. Los cuales incluyen calizas grises, cuarcitas y areniscas rojas. Limonitas, venas de cuarzo, dioritas, microdioritas, cherts jaspes y una selección de volcánicos andesíticos basaltitos. Los juegos de gravas encontrados son similares en las áreas de lagunillas, mañazo y el altiplano sin mostrar variaciones regionales significativas.

El Grupo Puno (P-pu), puede ser convenientemente subdividido en tres facies de extensión regional una facies conglomeradicas que comprenden conglomerados masivos con pocas areniscas interestratificadas y una facies mixtas arenisca-conglomerado, que consiste de areniscas con intercalación de conglomerados; y unas facies constituidas por areniscas y limonitas con poca o ninguna ínterestratificación de conglomerados. Estas tres facies son completamente gradacionales.

La combinación de sedimentos clásticos, gruesos y arcósicos con coloración rojiza ignimbritas parcialmente soldadas, fragmentos de madera fósil y la ausencia de fósiles marinos indican un origen continental para el Grupo Puno (P-pu), típico de acumulación de molasas post-tectónicas en áreas adyacentes y de rápido levantamiento. Parece probable que el Grupo Puno (P-pu), ha sido depositado durante fases de levantamiento asociado con eventos tectónicos durante el Cretáceo Superior y Terciario, la acumulación en cuencas subsidentes levantadas por fallas adyacentes a macizos de roca madre, expuestas y movimientos de fallas contemporáneas con la sedimentación han permitido la acumulación local de enormes espesores del Grupo Puno (P-pu).

2.2.2. Grupo Tacaza (PN-t)

El término Volcánicos Tacaza fue empleado por primera vez por JENKS. (1946). siendo publicado formalmente por NEWELL (1949) describiendo una gruesa acumulación de rocas volcánicas en las proximidades de la Mina Tacaza (315400-E 8271410-N) en el cuadrángulo de Lagunillas. Posteriores investigadores, han seguido usando el mismo nombre (eg. GARCIA 1978) habiéndole dado a la unidad la categoría de Grupo⁵.

El Grupo Tacaza (PN-t), ocupa una gran extensión en las partes NO y central de la zona de estudio. Principalmente en los cuadrángulos de Chivay, Condorama, Ocuvi, Lagunillas y Pichacani. Descansa casi siempre en discordancia sobre rocas del Mesozoico o del Grupo Puno (P-pu). Y localmente sobre estratos paleozoicos (Norte del Lago Arapa). En el cuadrángulo de Puno. El Grupo Tacaza (PN-t), descansa en contacto paralelo en conformidad sobre el Grupo Puno (P-pu). Este es a su vez superpuesto por varios volcánicos del Cenozoico o rocas volcanoclásticas que se extienden desde las ignimbritas del Grupo Palca (Nm-p/sl-tcri).

Regionalmente es un grupo diverso con rocas volcánicas andesíticas teniendo en gran parte hasta un 50% de sedimentos terrestres. El mapa ha sido basado en la observación de amplios criterios de campo, siendo el más importante de ellos, la acumulación de volcánicos más antigua en el área del proyecto. Los que frecuentemente se encuentran suavemente plegados o inclinados no teniendo centros volcánicos reconocibles. Las lavas son de olivino y la augita porfirítica y se caracterizan por la presencia de minerales de cobre diseminado, principalmente malaquita, en las juntas, superficies de fracturas y rellenando amígdalas. Aunque este criterio general ha servido bastante bien en el mapeo de campo, es de conocimiento que regionalmente podría haber algún solapamiento cronoestratigráfico con volcánicos del Grupo Sillapaca (Nm-si)

⁵ (e.g. MAROCCO y DEL PINO 1966).

Como en muchas localidades no hay secciones completas, el espesor total es difícil de estimar. Se puede apreciar la variación general de 250 m. en el cuadrángulo de Juliaca a más de 1.900 m. en el valle del Colca.

La expresión fotogeológica no es distintiva y varía considerablemente, dependiendo de la litología, buzamiento y grado de alteración. En términos generales, las rocas volcánicas muestran laderas escarpadas con tonos medios y estratificación delgada. Normalmente es muy difícil distinguir lavas de rocas piroclásticas gruesas, aunque usualmente los tufos lapillíticos muestran tonos pálidos sin trazas de estratificación. Las zonas de alteración que son comúnmente silicificadas o piritizadas se muestran a menudo como zonas irregulares de tonos pálidos, áreas con piroclastos casi horizontales y flujos de lava de gran extensión están generalmente, bien definidas. Los sedimentos muestran generalmente elevaciones con pendientes más suaves con tonos relativamente pálidos y trazas de estratificación localmente bien definidas.

No hay capas guías en el Grupo Tacaza (PN-t) y por tanto queda mejor ilustrado en términos de secuencias relativamente localizadas. Varias formaciones han sido mapeadas localmente dentro del Grupo, pero no fue factible dividir la mayoría de las secuencias las cuales están referidas como "Grupo Tacaza indiviso".

Depósitos del área típica (Cuadrángulo de Lagunillas) Consisten de aproximadamente 400 m. de andesitas bien estratificadas lavas de andesitas basálticas y tufos de bloques, con una alta proporción de sedimentos fluviales en la parte basal. Hay un cambio total hacia arriba de las lavas de augita porfirítica a lavas de plagioclasa porfirítica con fenocristales hasta de 5 mm. Se tiene una secuencia bien expuesta en el Cerro.

Otros afloramientos más abundantes del Grupo Tacaza indiviso, están mejor tratados en términos regionales. La Secuencia en el valle del Colca. Cuadrángulos de Chivay y Callalli, es predominantemente de brechas, tobas de bloques con lavas andesíticas cerca al tope, 200 m. de calizas silicificadas sin fósiles, fangolitas rojas, con ondulación laminada y areniscas de grano fino a grueso, Varias capas de fangolita contienen pequeños clastos de calizas angulares provenientes de las capas subyacentes las cuales, se presume, hayan

sido incorporadas después del periodo de desecación. Los bloques de tobas contienen clastos de andesita gris, y gris violáceo hasta de 1 m. de sección en una matriz de lapilli-toba y algunas unidades contienen bloques de pumita hasta de 65 cm. de diámetro. También hay secuencias de tobas lapillíticas bien estratificadas en la parte más baja del, valle del Colca. Muchas de estas se hallan silicificadas, Particularmente alrededor de la Mina Madrigal donde la silicificación está asociada a la mineralización de fase post-deposicional lavas con augita y olivino porfirítico son dominantes, con plagioclasas, las cuales están notablemente alteradas.

La secuencia del Grupo Tacaza (PN-t), cerca de Puno, consiste predominantemente de andesitas gris pálido a verde, rojo morado de grano fino con abundante plagioclasa y localmente con analcima hasta de 2 mm. Las lavas más vesiculares están localmente afectadas por un intemperismo inmenso, son friables, de color verde pálido, amarillo y anaranjado-con vetas de óxido de hierro, presentan amígdalas de 10 cm. de sección, rellenas con calcedonia jasperoide, cuarzo, calcita y malaquita. Al SE de Puno, son 400 m. de andesitas porfiríticas finas, flujos de brecha y bloques de tobas superpuestas por 330 m. de dacita traquitoide con augita y dacitas y lamprofíricas bien estratificadas. Algunas de las lavas de esta secuencia tienen zeolita que rellenan cavidades. La secuencia es fácilmente distinguible en las fotografías aéreas, se presenta como una topografía distintivamente redondeada y por su tono más pálido comparado con el resto del Grupo Tacaza (PN-t), en el área de Puno.

2.2.3. Formación Sillapaca (Nm-si)

El término se ha derivado de la cordillera Sillapaca al Nor Oeste del cuadrángulo de lagunillas, denominado por JENKS Y NEWELL (1949), usando ambos el nombre de volcánicos Sillapaca y “grupo Sillapaca”. Posteriormente PORTUGAL (1984) introduce el término “Formación Sillapaca” a lo largo de los volcánicos de la cordillera estos autores también incluyen el basalto de Umayo geográfica y morfológicamente distinto, el cual en el presente informe se incluye en Grupo Barroso (NQ-b). Los volcánicos de la cordillera barroso al sur del área del proyecto han sido correlacionadas con la Formación Sillapaca (Nm-si), (ejem. Wilson y García 1962). Pero en el

presente estudio se han reconocido que es más antiguo aunque sus relaciones no han sido del todo aclaradas.

Le principal criterio usado en el mapeo del Grupo Sillapaca (Nm-si), en el área tipo es el reconocimiento de la horizontalidad o el suave plegamiento de los volcánicos y no fácil de identificar, cuando se trata de conos volcánicos. Las edades radiométricas de la secuencia tipo han sido establecidas en el grupo Sillapaca, así como las secuencias volcánicas contemporáneas que no necesariamente poseen la misma litología o característica morfológica. La secuencia esta denominada por lavas formando riscos, principalmente de composición Dacítica a traquiandesítica y alcalinas de Condorama y Ocuvi, Callalli y Lagunillas y en pequeños afloramientos asilados en el cuadrángulo de Ilave. Principalmente se muestran como cordilleras cubiertas de nieve con picos por encima de los 5000 m., siendo característicamente peñascos como resultado de la presión de congelamiento del agua con las grietas de la roca.

2.2.4. Rasgos Geomorfológicos Regionales

La Región del Titicaca, se encuentra afectada por una diversidad de fenómenos orgánicos y tectónicos (Newell 1949); llegando a diferenciar la existencia de tres unidades estructurales y geomorfológicas:

La cuenca del Titicaca, considerada como una depresión tectónica, alargada, constituida por sedimentos marinos y continentales de diferentes edades

La Cordillera Oriental y la Cordillera Occidental; los cuales se extienden ligeramente paralelas a la costa peruana siguiendo una dirección NW- SE.

2.2.5. Geología Estructural

El área del presente trabajo, se encuentra ubicada en el flanco Este de la Cordillera Occidental, es decir, en el borde Oeste de la cuenca del Titicaca, cuyos elementos estructurales dominantes lo constituye el fallamiento en bloques de los sedimentos Paleozoicos y Mesozoico.

El complejo plegamiento y sobreescurreamiento de las rocas Cretáceas, mayormente evidenciadas por el intenso y caótico plegamiento de las calizas del Grupo Ayabacas (Kis-ayb) del Grupo Moho (Kis-m), que en algunos casos se encuentran descansando directamente sobre los sedimentos del Grupo

Cabanillas (D-c). Lo que hace suponer que posiblemente esté relacionado a un sobreescurrimiento o cabalgamiento de origen tectónico. (Newell-1949).

2.2.6. Fallas

Se le denomina al desplazamiento de un bloque rocoso con respecto a otro colindante a esto o de ambos bloques, a través de un plano denominado “plano de falla”. Las fallas producidas en el yacimiento son producto de esfuerzos tectónicos, producto de la epirogenesis, orogenia, diastrofismo, tectónica de placas o cualquier otro tipo de desplazamiento de parte de la corteza una falla ocasiona discontinuidad de las estructuras geológicas.

2.2.7. Plegamiento

Deformación de las rocas estratificadas, debido a los esfuerzos de compresión, a las propiedades plásticas de este y las condiciones de elevada presión reinantes, tomando formas onduladas y/o plegadas.

Los plegamientos pueden clasificarse en estructuras arqueadas o convexas y cóncavas o en cubetas, pero lo más usual es en anticlinales y sinclinales, domos cuencas, monoclinales, pliegues recostados o tumbados, estructuras imbricadas, cabalgamientos, etc.

2.2.8. EL CODIGO JORC

El Código es la norma mínima requerida para Información Pública. También recomienda que se adopte como una norma mínima para otros informes. La referencia que se hace en el Código a una información pública es la referencia de información sobre resultados de exploración, recursos minerales, reservas de mena, preparado con el objeto de informar a los inversores ó inversionistas potenciales y a sus asesores. Esto incluye un informe preparado para satisfacer los requisitos reguladores. Se alienta a las Compañías para que en sus informes públicos entreguen la información más amplia posible.

2.2.9. Recursos Minerales

Los recursos minerales son concentraciones u ocurrencias de interés económico intrínseco dentro o fuera de la corteza terrestre en forma y cantidad tal como para demostrar que hay perspectivas razonables para una eventual extracción económica. La ubicación, cantidad, contenido metálico,

características geológicas y continuidad de un recurso mineral se conocen o estiman e interpretan desde evidencias y conocimientos geológicos específicos. No se incluyen como un recurso mineral aquellas partes del yacimiento que no tienen perspectivas razonables para una eventual extracción económica.

2.2.10. Recurso Mineral Inferido

Es aquella parte de un yacimiento mineral en la cual se puede estimar el tonelaje y contenido metálico con un bajo nivel de confianza. Se le infiere por la evidencia geológica y se le asume, pero no se verifica la continuidad geológica y/o el contenido metálico. El estimado se basa en información reunida por medio de técnicas apropiadas de afloramientos, zanjas, cateos, calicatas, taladros de perforación, que puede ser limitados o de calidad y fiabilidad inciertas.

2.2.11. Recurso Mineral Indicado

Es aquella parte de un yacimiento mineral para la cual se puede estimar el tonelaje, peso específico del mineral, la forma, las características físicas y el contenido metálico, con un razonable nivel de confianza. El estimado se basa en información reunida por medio de técnicas apropiadas de lugares tales como afloramientos, zanjas, calicatas, trincheras, pozos y taladros de perforación. Los lugares de muestreo y estudio se encuentran muy distantes el uno del otro o distanciados de manera inapropiada como para confirmar la continuidad geológica y/o del contenido metálico, pero se encuentran lo suficiente próximos el uno del otro como para asumir dicha continuidad geológica con muestras inadecuadamente espaciadas y que no permiten confirmar tonelaje. La confianza en el estimado pese a ser menor que en el caso de Recurso Medidos, es suficientemente alta como para aplicar los parámetros técnicos y económicos para una posible evaluación de pre-factibilidad económico.

2.2.12. Recurso Mineral Medido

Es aquella parte de un yacimiento mineral para la cual se puede estimar el tonelaje, el peso específico del mineral, la forma, las características físicas, y el contenido metálico con alto nivel de confianza. Se basa en una información detallada y confiable de la exploración, del muestreo y evidencias reunidas por medio de técnicas apropiadas en lugares tales como afloramientos, zanjas,

CAPITULO III

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. UBICACIÓN Y ACCESO

3.1.1. Ubicación

El Proyecto E-5 – Esquilache, esta enmarca dentro de la clasificación de yacimientos polimetálicos del tipo filoniano; se encuentra ubicado en el sur del Perú, en el departamento y provincia de Puno; distrito de San Antonio de Esquilache. La Tabla N° 1, muestra las coordenadas UTM, Datum PSAD 56 zonas geográfica 19 L y se encuentra a una altitud promedio de 4600 m.s.n.m. se localiza a 1,315 km. al Sur Este de la ciudad de Lima y a 40 Km al Sur Oeste de la ciudad de Puno, específicamente en el distrito de San Antonio de Esquilache, provincia de Puno, Región Puno.

3.1.2. Accesibilidad

Es accesible por la red vial Panamericana sur Lima – Puno, con un recorrido de 1,315 km, para luego tomar la red troncal de carreteras afirmadas Puno - Tiquillaca - Condorire - Juncal - San Antonio de Esquilache con 95km. Y un recorrido de 02 horas, 030 minutos.

Tabla 1: Vías de acceso y coordenadas de Ubicación del proyecto E5 – Esquilache.

Rutas de Acceso			
Ruta	Distancia Km	Descripción	Tiempo Aprox (HORAS)
Puno _ Juncal , Esquilache	95	Carretera Afirmada	2.30 Hrs.
Lima - Puno	1315	Longitudinal de la Sierra	20hrs.

COORDENADAS UTM			
PROYECCION : PSAD 56 - Z19S			
Nº	VERTICE	ESTE	NORTE
1	Vértice 1	361,000	8,222,000
2	Vértice 2	364,000	8,220,000
3	Vértice 3	364,000	8,216,000
4	Vértice 4	363,000	8,216,000
5	Vértice 5	363,000	8,217,000
6	Vértice 6	361,000	8,217,000

Fuente: Vena Resources

Existe además otro acceso por la vía aérea con un tiempo aproximado de vuelo de 01 hora y 30 minutos desde la ciudad de Lima hasta la ciudad de Juliaca.

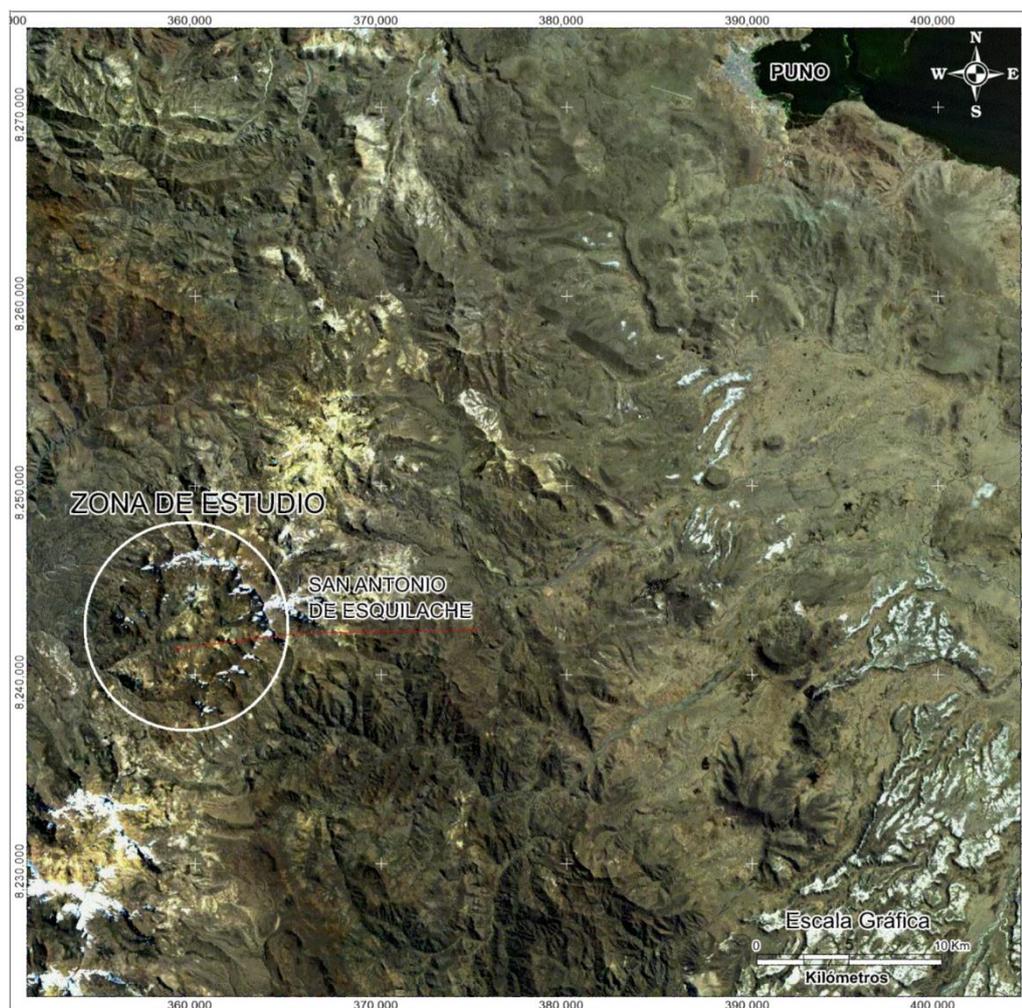


Figura N° 3: Plano de Ubicación Zona de Estudio (imagen satelital Land Sat-321).

Fuente: Vena Resources.

Plano 1: (SR-01), Plano de Ubicación.

3.2. CONICIONES CLIMÁTICA

El yacimiento minero de San Antonio, se encuentra emplazado en la faja occidental sur de la cordillera de los andes, presenta relieve típico de alta montaña con montañas que presentan altitudes de 5,100 m.s.n.m, (C° Cutune), dentro de esta fisiografía el desarrollo de valle glaciares son los accidentes más saltantes, dentro de ellos se ríos por los que discurren las aguas hacia la cuenca del río Tambo el mismo que desemboca en el Océano Pacífico. Las consideraciones climáticas en Esquilache, corresponden a clima de alta montaña, con temperaturas variables desde - 10° C a 17.5° C, y precipitación anual aproximada de 714.8 mm (fuente Senamhi –Puno). Las condiciones climáticas se presentan de acuerdo a los periodos estacionales definidos, periodos de temperaturas bajas por debajo de 0° C (Meses Mayo – Agosto) y periodo de precipitaciones Pluviales (Diciembre –Marzo).

3.3. GEOLOGÍA LOCAL

La composición litológica de la estrato-caldera, está constituido por secuencias piroclásticas (composiciones dacíticas - andesítica en la base, con secuencias alternadas de toba de bloques, lavas andesíticas, riolíticas, tobas de ceniza y lítico, toba de cristales) intercaladas con lavas de andesitas basálticas. Tobas vitrificadas con obsidiana pómez, vidrio volcánico de color negro, tobas riolíticas y lavas riolíticas como último evento explosivo, las cuales forman escarpas en el anillo semicircular del estrato caldera. Secuencias que se encuentran instruidas por una secuencia de domos y cuerpos resurgentes de composición, acido alcalina y básica (dacitas, dioritas) cortados por diques radiales de composición básica (andesítica).

Los estudios geológicos regionales a la escala 1:100,000 realizado por INGEMMET (1984), Hoja (33V) cuadrángulo de Pichacani, desde el punto de vista litoestratigráfico reportan las siguientes unidades formacionales:

3.3.1. Rocas Sedimentarias

Constituida por remanentes de cuarcitas que fueron transportadas y levantadas por diques y cuerpos subvolcánicos; las cuales forman el basamento de la caldera, forma parte de formaciones del Grupo Yura (JsKi-y), afloramientos de cuarcitas, paralelos a los diques andesíticos, flanco cerro Mamacocha y Mercedes e interior de cortada Cobre Mina.

3.3.2. Rocas Volcánicas

3.3.2.1. Grupo Volcánicos Tacaza (PN-t)

Afloramientos de este grupo se exponen en la base de la secuencia volcánica, infrayaciendo a las secuencias volcanosedimentarias del Grupo Maure (Nm-ma), y en algunos sectores a coladas de andesitas basálticas del Grupo Barroso (NQ-b).

La secuencia inferior está conformada por derrames lávicos de andesitas porfiríticas de coloración negra grisácea con niveles de piroclásticos líticos en una matriz de ceniza y tobas de cristales de color claro con tonalidad gris verdosa, intercalada esporádicamente con lavas andesíticas afaníticas de color gris verdoso con textura porfirítica, en capas delgadas a gruesas.

En área de Mamacocha – Santa Elena; esta unidad está representada por secuencias piroclásticas de tobas de ceniza y líticos las cuales infrayacen a las coladas de andesitas basálticas. Los Volcánicos Tacaza, por correlación litoestratigráfica se le asigna edades comprendidas entre el Eoceno Superior a Oligoceno.

3.3.2.2. Grupo Maure (Nm-ma)

En el área del proyecto el Grupo Maure (Nm-ma), aflora al Noreste de Mamacocha, (Quebrada Caballuni), cuyas características litológicas corresponden a secuencias piroclásticas re trabajadas, tobas de ceniza de coloración verdosa, depositadas en cuencas lacustres, lentes de areniscas tobáceas y calizas negras. (Se encontró remanentes de arenisca cuarzosa dentro de la zona de trabajo.

3.3.2.3. Grupo Barroso (NQ-b)

La formación consiste en una serie de andesitas basálticas y traquiandesitas provenientes de conos volcánicos circundantes al área de trabajo, en la parte superior de la secuencia predominan las rocas tobáceas sobre las lavas. Aflora ampliamente estas rocas en el área del proyecto y alrededores, presenta una morfología de cumbres altas formando escarpas.

La secuencia inferior está constituida por una alternancia de 250m de andesitas basálticas y basaltos de texturas afanítica, con niveles intercalados de tobas de bloques, lavas riolíticas y tobas riolíticas.

3.3.3. Rocas Intrusivas.

3.3.3.1. Stocks Subvolcánicos.

3.3.3.1.1. Subvolcánico Diorítico - Andesítico.

Ubicado en los Cerros Crestón, Mamacocho, Santa Elena, con orientación NE – SO y SE – NO ,el stock se encuentra intruyendo a las secuencias piroclásticas y coladas andesíticas, secuencias piroclástica y coladas volcánicas de composición andesítica del Grupo Tacaza (PN-t) y del Grupo Maure (Nm-ma), presenta textura porfirítica con gradación a microporfirítica, presenta coloración gris oscura ver plano (Plano SR-11.1).

3.3.3.1.2. Domos.

Ubicado en el sector Noroeste cerro Señor Collo Norte se emplazan domos de composición dacítica, presenta cristales subhedrales de cuarzo, plagioclasas y máficos en matriz granular. Presenta textura porfirítica, estructuras que se encuentran cortando la secuencia de tobas de cristales y líticos.

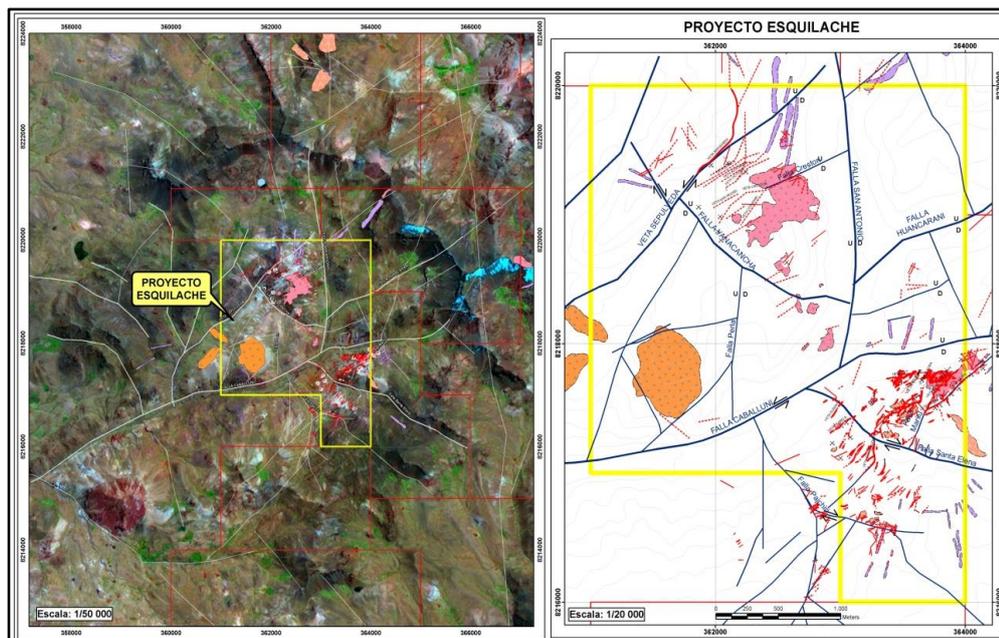


Figura N° 4: Emplazamientos de cuerpos, domos subvolcánicos resurgentes dentro del aparato volcánico caldera Esquilache en relación con el sistema estructural y estructuras mineralizadas.

Fuente: Vena Resources.

3.3.4. Rocas Sedimentarias

3.3.4.1. Grupo Yura (JsKi-y)

Constituida por secuencias del Mesozoico (Jurásico –Cretácico), depositadas en el flanco oriental de la cuenca de Arequipa, La litología consiste en cuarcitas con laminaciones oblicuas las cuales se encuentran como remanentes adyacentes a diques y domos subvolcánicos, se correlaciona con la formación Grupo Yura (JsKi-y), en la cuenca Arequipa.

3.3.4.2. Grupo Puno (P-pu)

Secuencia molásica detrítica depositada en ambientes continentales que se encuentra ampliamente distribuida en la cuenca altiplánica; en Esquilache – Pichacani se presentan secuencias volcanoclásticas de coloración gris violácea, rojizas probablemente re depositadas y re trabajadas en cuencas lacustrinas de centros de aparatos volcánicos y zonas de intensa denudación y erosión glaciaria.

3.3.5. Rocas Volcánicas

3.3.5.1. Grupo Tacaza (PN-t)

Afloramientos de este grupo se exponen en la base de la secuencia volcánica, infrayaciendo a las secuencias volcanosedimentarias del Grupo Maure (Nm-ma) y en algunos sectores a coladas de andesitas basálticas del Grupo Barroso (NQ-b). La secuencia inferior está conformado por secuencias piroclásticas de tobas de ceniza y cristales intercalada por tobas de cristales y líticos de composición dacítica y riódacítica; la roca está constituida por cristales subhedrales y anhedrales de cuarzo; plagioclasas sódicas, matriz de ceniza con presencia de líticos de diferente composición; derrames lávicos de andesitas granulares - porfiríticas de coloración gris verdoso y gris oscuro.

La zona norte del cerro crestón se observa secuencias de tobas de ceniza de textura granular fina con presencia de cuarzo anhedral presenta una coloración gris violacia secuencias que se encuentran cortadas por diques de composición andesítica. Así mismo se tiene secuencias de andesitas porfiríticas con presencia de fenocristales de plagioclasas > de 4mm. Los volcánicos del Grupo Tacaza (PN-t).

3.3.5.2. Volcánicos Maure (Nm-ma)

Formación de Edad miocénica la cual tiene un espesor aproximado de 50 a 150m y representa una secuencia explosiva de volcanismo, conformando rocas de tipo brecha y aglomerados con matriz consolidada de cristales fragmentados (debris flow), constituido por bloques andesíticos de diferente diámetro englobados en una matriz volcánica de coloración gris verdosa y pardo rojiza, secuencias volcano-sedimentarias de tobas re trabajadas en cuencas lacustrinas de coloración verdosa, tobas sub aéreas blanquecinas las cuales se localizan en las áreas circundantes al estrato-caldera Esquilache.

3.3.5.3. Grupo Barroso (NQ-b)

Volcanismo Plio-pleistocénico, de tipo efusivo – explosivo , constituido por rocas de composición básica, intermedia y calco alcalina las cuales se encuentran en discordancia erosional supra yaciendo a las secuencias del Grupo Tacaza (PN-t), la litología está conformada por: Andesitas porfiríticas,

andesitas basálticas afaníticas de color gris oscuro, intercaladas con eventos de vulcanismo explosivo (tobas de bloques polimíctico, tobas riolíticas de textura fluidal, tobas dacítica blanquecinas y remanentes de vitroclásticos basálticos.

3.3.5.4. Depósitos Recientes

Bajo esta denominación se describen a la conglomeración de depósitos fluvio-glaciares, morrenas y coluvios, aluviones fluviales que se encuentran cubriendo las secuencias sedimentarias y de vulcanismo así como cuerpos subvolcánicos e intrusivos, están constituidos principalmente por material heterolítico polimíctico, detritos, gravas y guijarros englobados en matriz limo – arcillosa que son productos de las diferentes etapas de denudación, intemperismo y erosión de las rocas preexistentes; presencia de bofedales.

3.3.6. Rocas Intrusivas

En el ámbito regional las rocas intrusivas están constituidas por cuerpos subvolcánicos y diques de composición básica, intermedia y calco alcalinas las cuales cortan secuencias del basamento sedimentario y vulcanismo Paleógeno – Neógeno.

3.3.6.1. Intrusivos de Composición Básica

Constituidos por cuerpos subvolcánicos de composición básica, presentan texturas porfiríticas, granulares con contenido de cristales subhedrales y anhedrales de plagioclasas, cuarzo, anfíboles y piroxeno, principalmente se encuentran como domos y diques subverticales. (Domo Huantane, domo Chapichiara, etc)

3.3.6.2. Intrusivos de Composición Intermedia a Acida

En el área Pichacani – Esquilache, se emplazan cuerpos subvolcánico de composición calco – alcalinos así como diques y sills los cuales forman cuerpos tipo domo, presentan texturas porfiríticas y fluidales, constituido por cristales de cuarzo, feldespatos alcalinos y plagioclasas sódicas ejm: Domo Jacharaya – Hancocruz, domo Jayo-Jayuni etc. En la zona de Laraqueri – Morocollo.

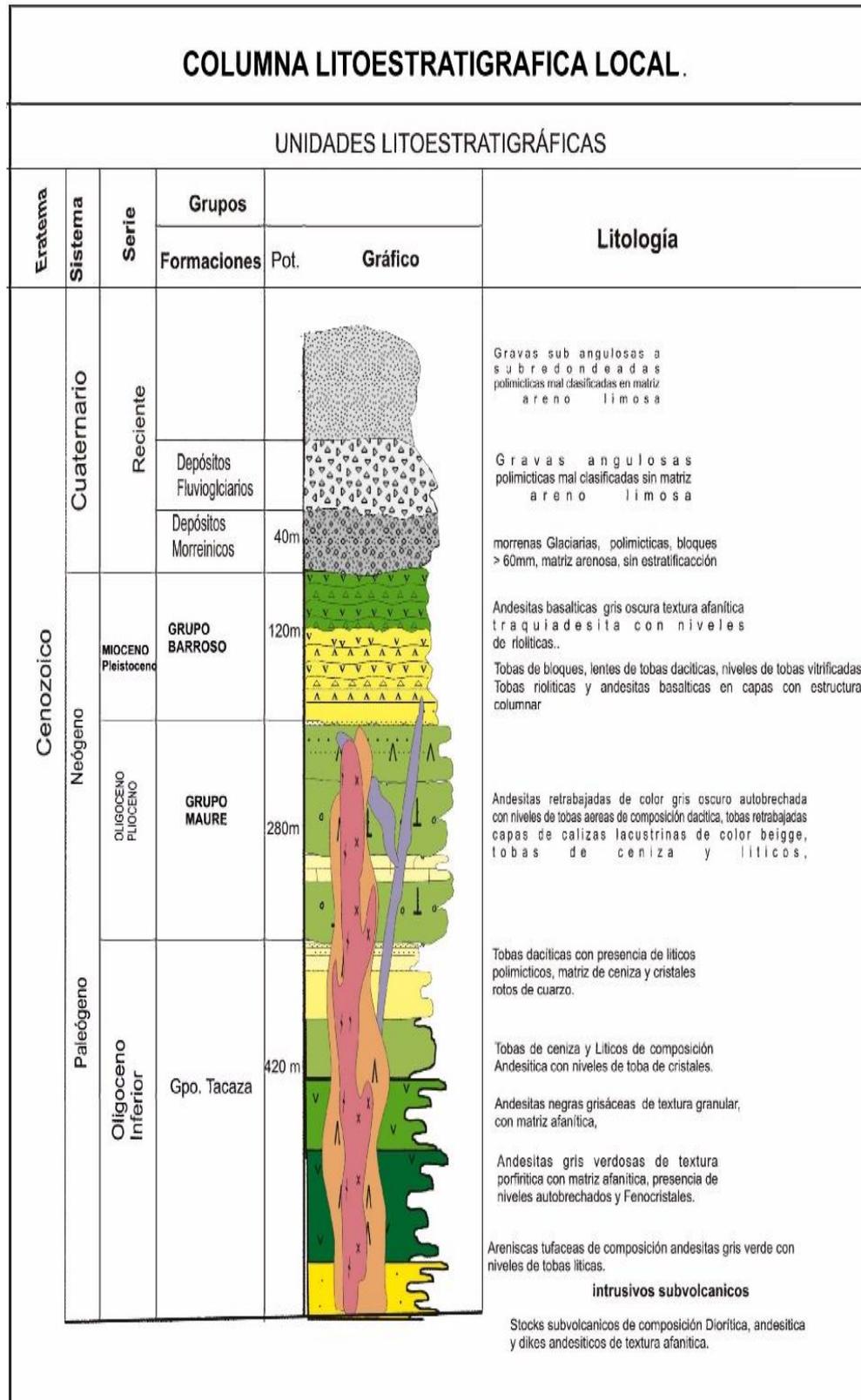


Figura N° 5: Columna litoestratigráfica local de la caldera Esquilache.

Fuente: Vena Resources.



Plano 2: (SR-02), Geología Local

Plano 3: (SR-05), Secciones Geológicas Longitudinales

3.4. PROGRAFIA Y MINERAGRAFIA

Los estudios petrominerográficos, fueron realizados por: Alberto Aranda Vercelli en Diciembre de 2007.

3.4.1. Diorita Microporfirítica

Alteraciones : Cloritización moderada y sericitización débil.

Textura : Microgranular, microporfirítica.

Las **plagioclasas** se presentan como cristales subhedrales a euhedrales, tabulares, maclados y con tamaños hasta de 1.1 mm, los mayores y 0.3 mm, los de menor tamaño. Presentan una *débil alteración por sericita* en la superficie de los granos. El total de plagioclasas es de 85 %.

El **cuarzo** se presenta como cristales anhedrales, con tamaños menores a 0.3 mm. Se presentan rellenando intersticios entre los granos de plagioclasas. Su porcentaje es del 5 % aproximadamente.

Los **minerales máficos** ocurren en cristales anhedrales a subhedrales, con tamaños hasta de 0.65 mm. *Están alterándose a cloritas* y también están siendo reemplazados por la actinolita-tremolita por minerales opacos. Los piroxenos son de las variedades, augita y diópsido. El total de piroxenos es de 12 % aproximadamente.

Los **minerales opacos** se presentan como cristales anhedrales a subhedrales, con tamaños inferiores a 0.12 mm. Están reemplazando a los minerales máficos y también se presentan diseminados en la roca. El total es de 1 %.

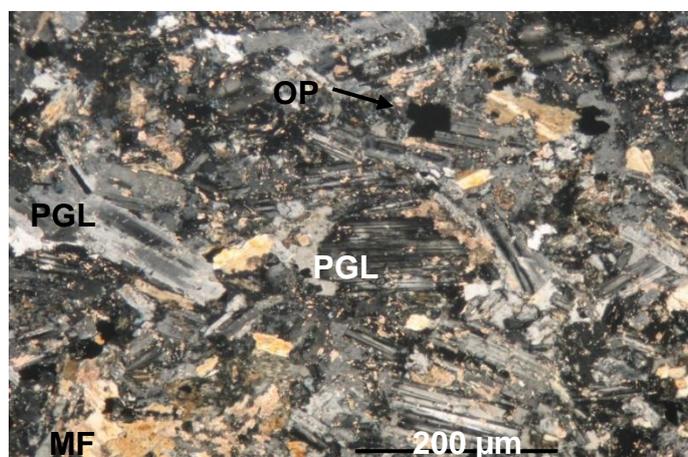


Figura N° 6: Abundantes cristales de plagioclasas (PGLs) en matriz microgranular de casi el mismo tamaño. Minerales opacos (OPs) diseminados. Minerales máficos (MFs) diseminados.

3.4.2. Andesita Porfirítica

Alteraciones : Carbonatación débil

Textura : Porfirítica (roca volcánica)

Las **plagioclasas** se presentan como fenocristales de formas subhedrales a euhedrales y con tamaños hasta de 2.4 mm. Se encuentran macladas y algunas de ellas zonadas. Algunos fenocristales presentan una corrosión por vidrio en los bordes. En tamaños menores forma parte de la matriz microgranular. El total de plagioclasas es 80 %.

Como **minerales máficos** se tienen a las biotitas, las cuales se presentan como cristales de formas subhedrales y los piroxenos de tipo augita, las cuales están alteradas a cloritas y calcita. Los anfíboles se encuentran oxidados y reemplazados por diminutos minerales opacos. El total de minerales máficos es del 10 %. Se pueden localizar algunos **xenolitos** consistentes en tobas cristalinas, con la matriz completamente alterada a carbonatos.

Los **minerales opacos** se presentan como cristales anhedrales a subhedrales con tamaños inferiores a 0.12 mm. Se encuentran diseminados y rellenando algunos intersticios en la matriz. También se presentan reemplazando a los anfíboles. La **matriz** de la roca es microgranular a criptocristalina, compuesta por diminutos cristales de plagioclasas, minerales máficos y minerales opacos.

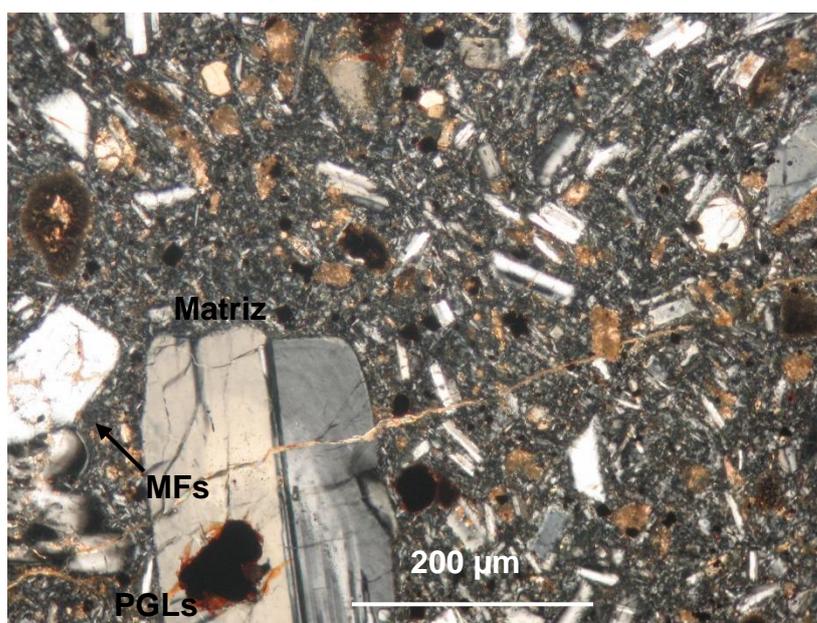


Figura N° 7: Se pueden apreciar algunos fenocristales de plagioclasas (PGLs) y de minerales máficos (MFs) alterados, todos ellos en matriz microgranular

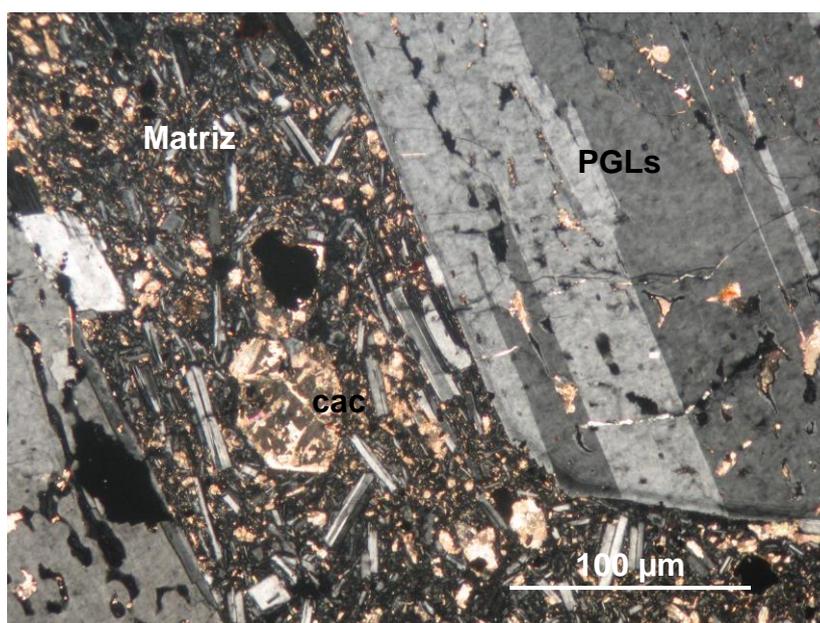


Figura N° 8: Fenocristales de plagioclasas 80% (PGLs) corroídos por vidrio, anfíbol alterado por calcita (cac). Matriz microgranular. Alteración carbonatación, cloritización débil, textura porfírica.

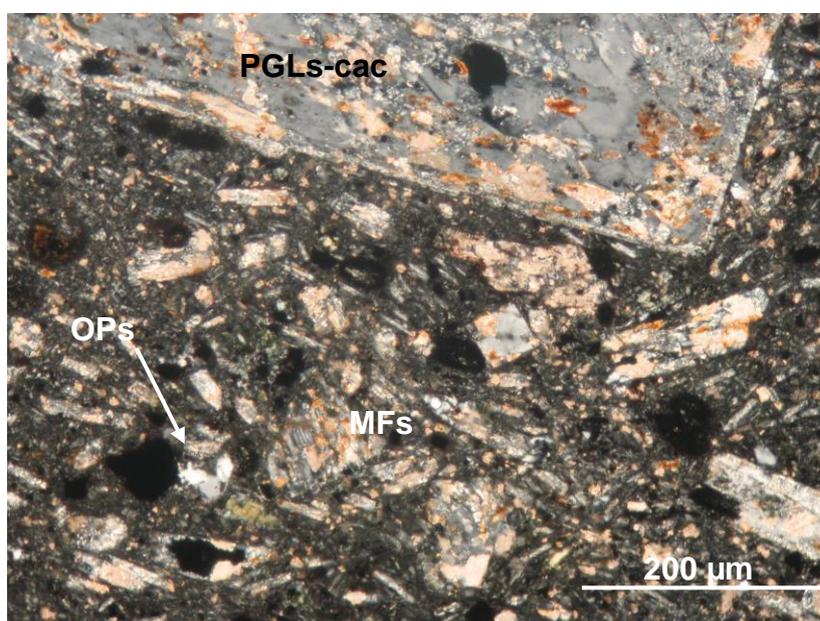


Figura N° 9: Fenocristal de plagioclasa (PGLs) 2.4 mm 79%, alterada por calcita (cac). Minerales opacos 5% (OPs), 0.15mm, diseminados y minerales máficos (MFs) alterados por calcita. Alteración: Carbonatación moderada e intensa cloritización.

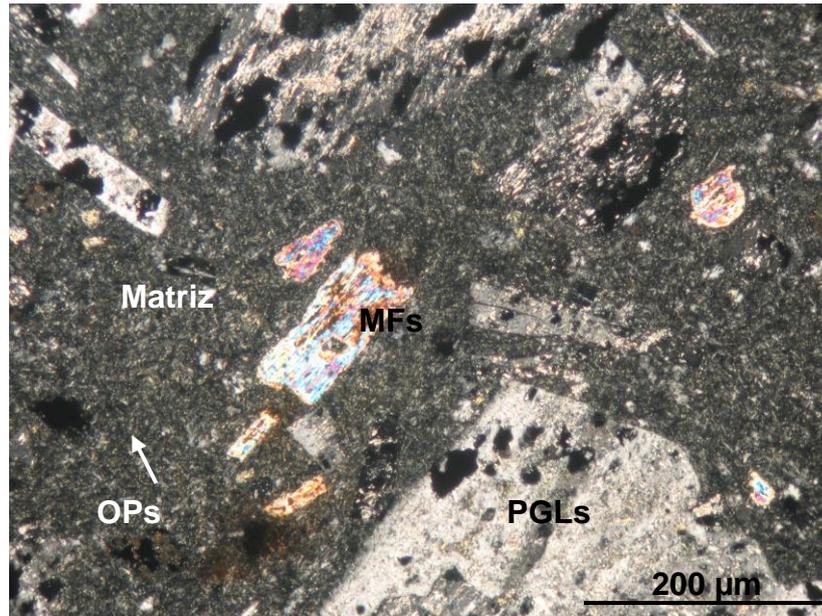


Figura N° 10: Fenocristales de plagioclasas 1.8mm (PGLs)80% y de minerales máficos 0.4mm (MFs) 5% en matriz microgranular de composición feldespática. Minerales opacos 0.1mm (OPs) diseminados. Alteración: Sericitización moderada y cloritización débil.

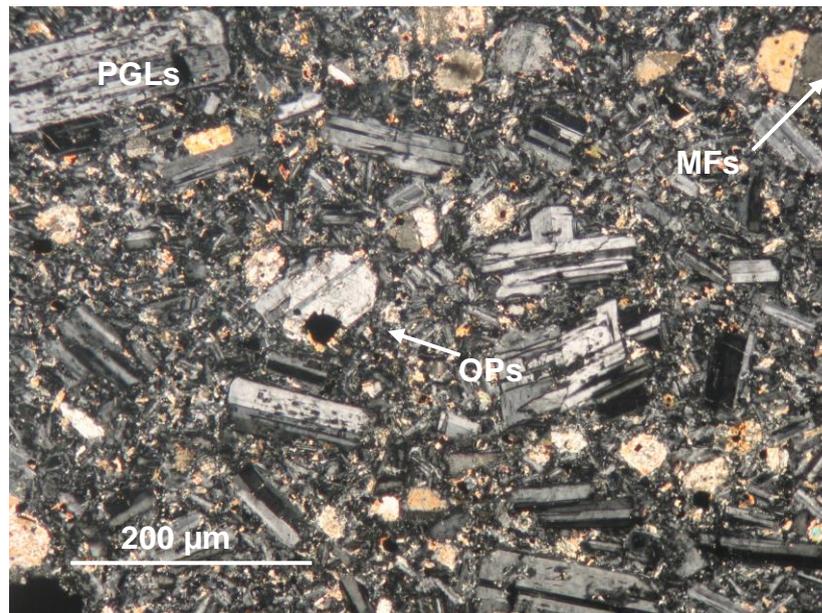


Figura N° 11: Fenocristales de plagioclasas 2.7mm (PGLs), 85% algunas de las cuales presentan una corrosión por vidrio. Minerales máficos 0.7mm (MFs), 8% alterados por calcita (cac). Minerales opacos 0.15mm (OPs) diseminados. Alteración: cloritización moderada.

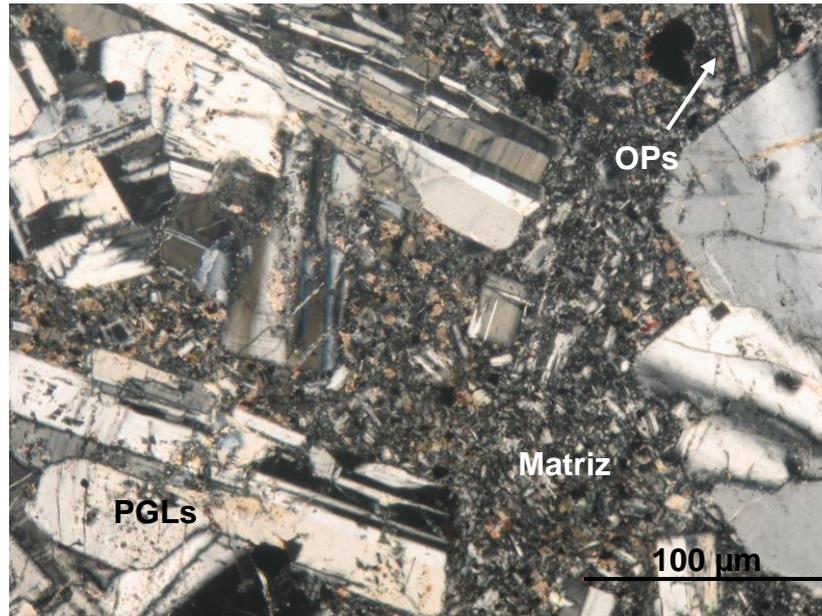


Figura N° 12: Fenocristales de plagioclasas 4 mm (PGLs) 85%, en matriz microgranular de composición feldespática. Minerales opacos 0.15mm (OPs), 15% diseminados. Alteración: Carbonatación y cloritización bébil.

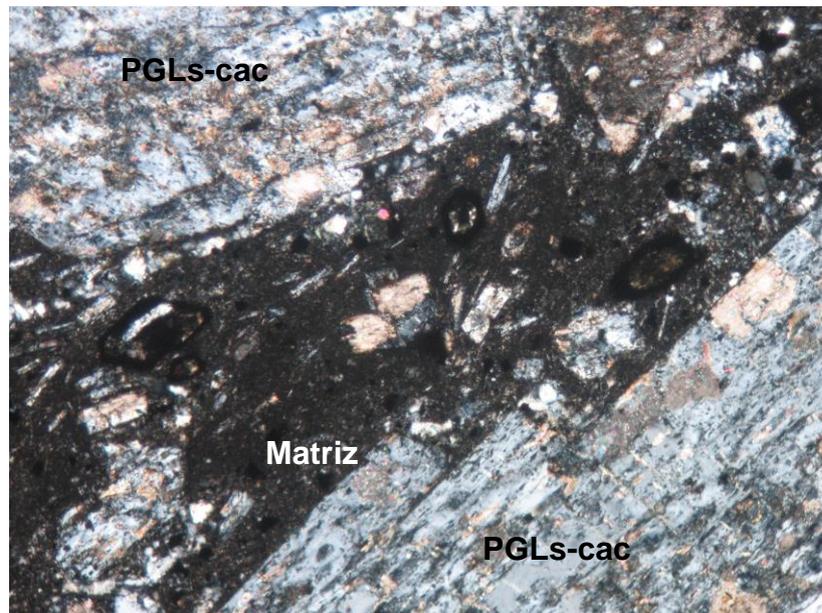


Figura N° 13: En la foto apreciamos a las plagioclasas 3.0mm (PGLs) 65% alteradas por calcita (cac) y rodeadas por la matriz alterada por arcillas y con diminutas plagioclasas y moldes de minerales máficos 15%. Alteración: Carbonatación moderada.

3.4.3. Andesita Porfirítica Alterada.

Alteraciones : Carbonatación moderada a intensa, cloritización débil.

Textura : Porfirítica.

Consiste en una roca volcánica de textura porfirítica, compuesta por plagioclasas, minerales opacos y minerales máficos, etc.

Las **plagioclasas** son los minerales más abundantes y se presentan como fenocristales con formas subhedrales a euhedrales, tabulares, y con tamaños hasta de 1.2 mm. Están macladas y algunas pocas de ellas están zonadas. Algunos de los fenocristales están *alterados por calcita* en toda la superficie. Forman una parte importante de la matriz, la cual es microgranular y casi no presenta alteración. El total de plagioclasas es de 90 % aproximadamente. El **cuarzo** se presenta en cristales anhedrales, con tamaños menores a 0.25 mm. Se les ubican diseminados en la matriz. Representan menos del 2 %. Los **minerales máficos** consisten en escasas biotitas, las cuales se presentan como cristales de formas subhedrales, relícticos y con tamaños menores a 0.3 mm. Están *alteradas por cloritas y calcita*. Los piroxenos son de tipo augita. Son los minerales más abundantes entre los máficos y se presentan como cristales subhedrales, *alterados por cloritas* y en menor proporción por calcita. El total de minerales máficos es del 8 % aproximadamente. Los **minerales opacos** se presentan como cristales subhedrales con tamaños inferiores a 0.15 mm. Se encuentran diseminados y relleno algunos intersticios en la matriz. Están como trazas. La **calcita** ocurre como alteración de las plagioclasas y en menor cantidad de los minerales máficos. Las cloritas alteran a los minerales máficos.

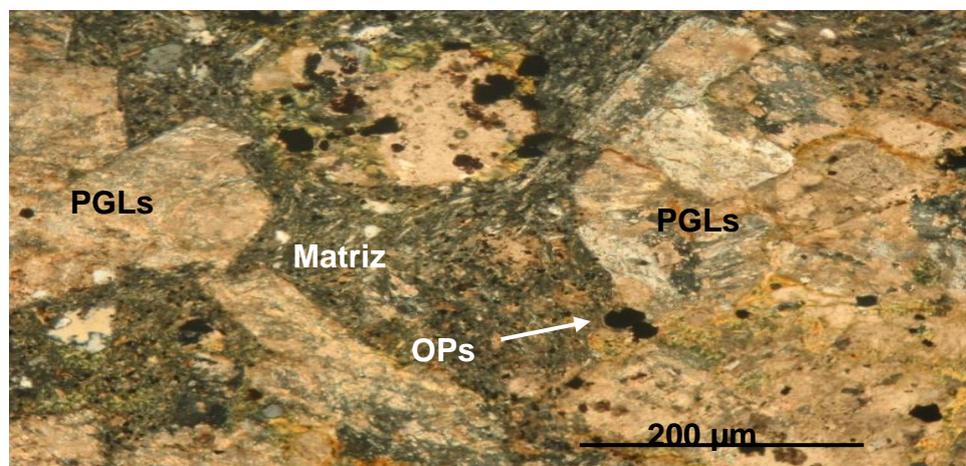


Figura N° 14: Fenocristales de plagioclasas (PGLs) alterados superficialmente por calcita (cac). Minerales máficos (MFs) alterados por calcita y matriz de composición feldespática no alterada. Minerales opacos (OPs) diseminados.

3.4.4. Toba Lítica Alterada.

Alteraciones : Carbonatación moderada, cloritización débil

Textura : Tufácea

Roca volcánica piroclástica, compuesta por abundantes fragmentos de rocas. Se pueden observar fragmentos de rocas volcánicas, afaníticas, con granos de cuarzo diseminados producto, al parecer, de una alteración. Los moldes de fragmentos de cristales están alterados por diminutos granos de cuarzo, y las cavidades e intersticios están rellenos por cristales de cuarzo algo más desarrollados.

Los fragmentos, presentan la matriz alterada por calcita en granos muy diminutos. Se observan relictos de minerales máficos como las augitas las hornblendas, las cuales presentan una débil alteración por cloritas.

En esos fragmentos de rocas también se pueden apreciar abundantes y diminutos minerales opacos.

La matriz de la roca consiste en abundantes cristales de plagioclasas en granos muy diminutos, los cuales aparentemente tienen una textura fluidal. Junto con la matriz se pueden localizar fragmentos de cristales de piroxenos y algunas cavidades rellenas por cloritas.

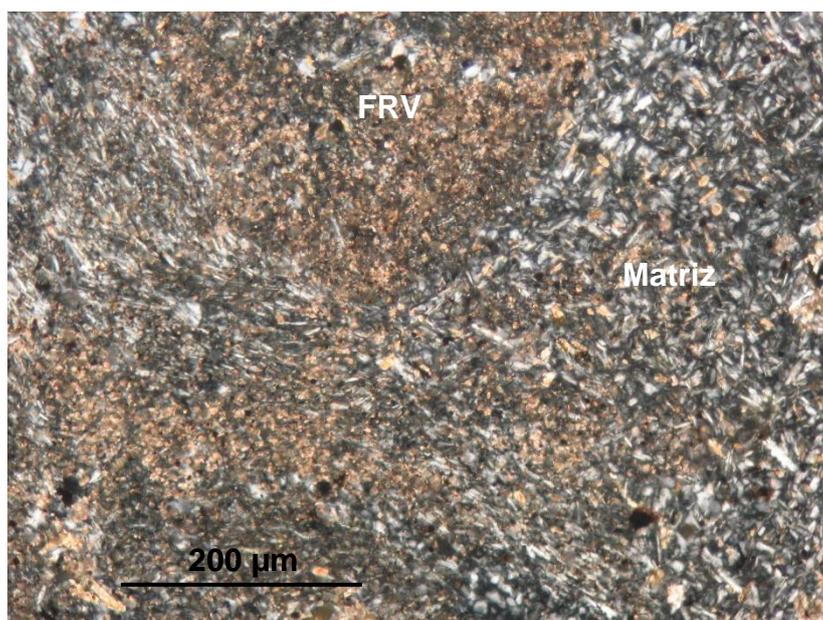


Figura N° 15: Fragmentos de rocas volcánicas (FRV) con matriz microgranular compuesta por abundantes granos de plagioclasas (PGLs) alterados por calcita.

3.4.5. Andesita Porfirítica Alterada

Alteraciones : Cloritización carbonatación, sericitización y argilización débiles.

Textura : Porfirítica.

La muestra corresponde a una roca volcánica de textura porfirítica, la cual contiene abundantes plagioclasas. Estas, se presentan como cristales subhedrales a euhedrales, tabulares, con tamaños hasta de 1.8 mm. Se presentan maclados y solo unos pocos están zonados. *Algunos granos de plagioclasas están siendo alterados por la calcita.* La variedad de las plagioclasas parece ser labradorita. La *alteración a sericita, arcillas y calcita* varía entre débil a moderada. El total de plagioclasas es de 75 % aproximadamente. De los **minerales máficos**, solo se observan las formas externas, ya que han sido *completamente alterados por cloritas, carbonatos*, siendo más abundantes las cloritas. El total de minerales secundarios, incluyendo la sericita y las arcillas, llega al 21 % aproximadamente. Hay **minerales opacos**, los cuales tienen formas anhedrales a subhedrales y tamaños menores a 0.3 mm. Se presentan reemplazando algunos de los minerales máficos y diseminados en la ganga o rellenando intersticios entre la matriz. El total de minerales secundarios es del 2 % aproximadamente. El **cuarzo** se presenta en cristales anhedrales, con tamaños inferiores a 0.1 mm. Se les ubican rellenando intersticios. Representan el 2 % de la muestra. La matriz es microgranular, compuesta por granos de plagioclasas, con cuarzo y minerales secundarios y opacos rellenando intersticios.

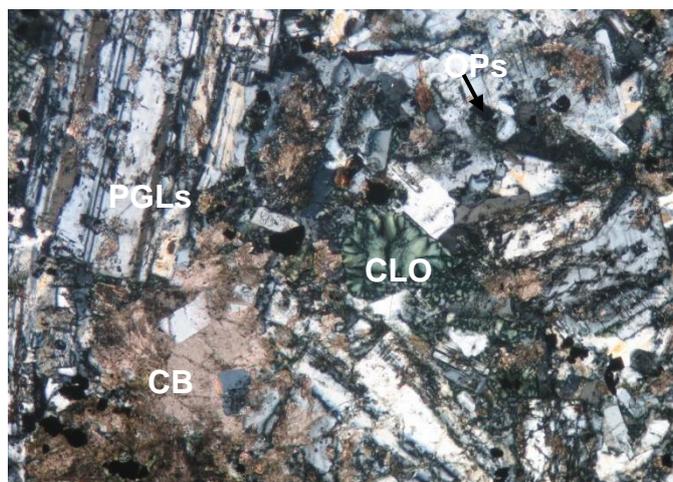


Figura N° 16: Agregados de carbonatos (CBs) alterando a los máficos, las plagioclasas (PGLs) y cloritas (CLOs). Escasos minerales opacos (OPs) diseminados.

3.4.6. Toba Litocristalina

Alteraciones : Cloritización y argilización débil a moderada, sericitización y Carbonatación incipiente.

Textura : Tufácea.

La muestra consiste en una roca volcánica, piroclástica, con fragmentos de rocas en matriz microgranular a criptocristalina.

Entre los fragmentos de cristales se pueden apreciar **plagioclasas**, las cuales están alteradas en diversos grados, también se pueden localizar moldes de cristales y escasos relictos de piroxenos y anfíboles, los que se presentan *alterados por cloritas* y reemplazados por diminutos minerales opacos. Entre los **piroxenos** parece haber augitas relícticas, *alteradas por las cloritas* y reemplazadas por los opacos. Hay minerales opacos, los cuales tienen formas anhedrales a subhedrales y tamaños menores a 0.25 mm. Se presentan reemplazando a los minerales máficos y disseminados en la ganga o rellenando algunos intersticios entre el material cementante. Se observan fragmentos de rocas, de tipo volcánicas con textura porfirítica, los cuales parecen corresponder a rocas de tipo andesitas. Se observa un cierto direccionamiento de las plagioclasas de la matriz de estos fragmentos. El material cementante consiste en granos de plagioclasas, con minerales opacos, cloritas, arcillas, relictos de minerales máficos etc, englobando a los fragmentos de rocas.

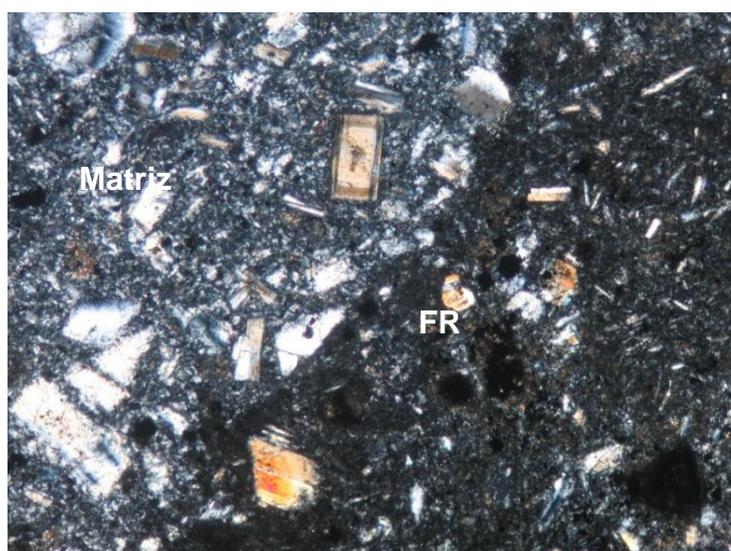


Figura N° 16: Fragmento de roca (FR) en la que se observan minerales opacos y relictos de minerales máficos (MFs). La matriz tiene plagioclasas y otros cristales diminutos acompañados por cuarzo y arcillas.

3.4.7. Caliza Silicificada.

Alteraciones : No presenta.

Textura : Granos de cuarzo relleno intersticios de carbonatos.

La muestra corresponde a una roca sedimentaria en la que se observan abundantes granos de carbonatos y cuarzo.

Los **carbonatos (calcita)** se presentan como cristales con tamaños hasta de 0.3 mm. Tienen formas anhedrales a subhedrales. En sectores la presencia de carbonatos es relativamente abundante y predominan sobre el cuarzo. El total de carbonatos llega al 60 % aproximadamente.

El **cuarzo** se presenta en cristales anhedrales, diminutos, normalmente formando agregados de granos, los cuales se presentan como relleno intersticial. Los granos miden menos de 0.015 mm. En zonas los agregados de granos de cuarzo superan a los de carbonatos. El total del cuarzo llega al 38 % aproximadamente.

Los **minerales opacos** se presentan como diminutos cristales de formas anhedrales a subhedrales y con tamaños hasta de 0.3 mm. Se les observan relleno intersticios y diseminados en la roca. Representan el 2 %.

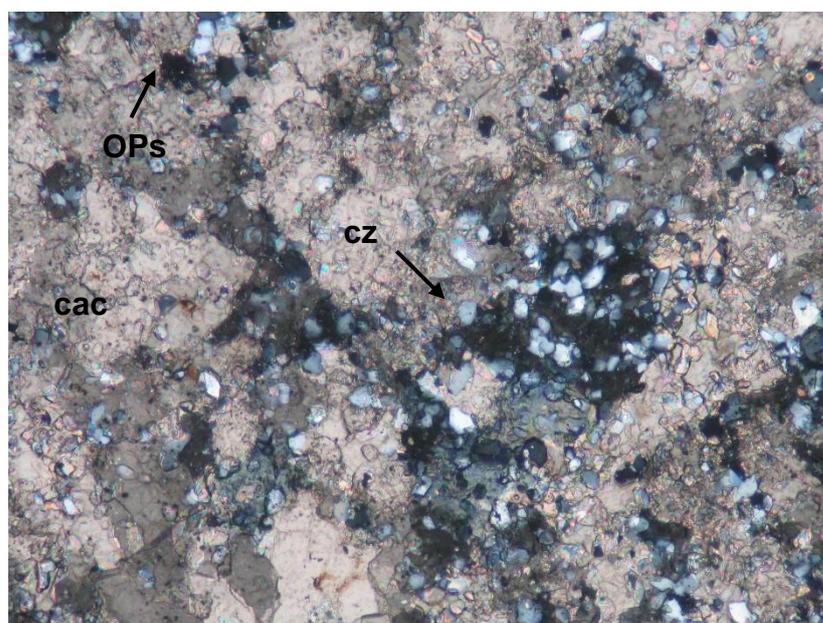


Figura N° 17: Granos de calcita (cac) con agregados de granos de cuarzo (cz) relleno intersticios. Minerales opacos (OPs) diseminados.

3.4.8. Minerografía (Pirita, Esfalerita, Calcopirita, Galena, Hematita, Limonita)

Textura : De reemplazamiento. Secuencia de formación mineral: La muestra corresponde a una estructura mineralizada, en la cual se pueden apreciar sulfuros como la galena, calcopirita y esfalerita. (Veta Aydeé). La **esfalerita** se presenta en cristales anhedrales con tamaños hasta de 0.4 mm. Se encuentran diseminados en la ganga o como inclusiones en la calcopirita y galena, minerales que además la están reemplazando. La **pirita** se presenta en cristales anhedrales a euhedrales, con tamaños hasta de 0.28 mm. Se presentan diseminados en la ganga. Ocurre como inclusiones en la calcopirita y esfalerita. Representa el 1 %. La **calcopirita** es el sulfuro más abundante en la muestra y se presenta en cristales anhedrales con tamaños milimétricos. Reemplaza a la esfalerita y está siendo reemplazada por la galena. Se le ubica diseminada en la ganga o asociada a los demás sulfuros. El total de calcopirita es del 5 %. La **galena** se presenta en cristales anhedrales a subhedrales, con tamaños hasta de 2.5 mm. Se les ubican diseminados en la ganga o asociados a los demás sulfuros. Reemplaza a la esfalerita y calcopirita, con quienes está muy asociada. La galena representa el 1 % de la muestra. Los minerales oxidados como la **hematita y limonitas**, se presentan rellenando cavidades e intersticios en la ganga. También tiñen parcialmente la muestra. Las limonitas son más abundantes que la hematita y juntas representan el 3 % de la muestra.

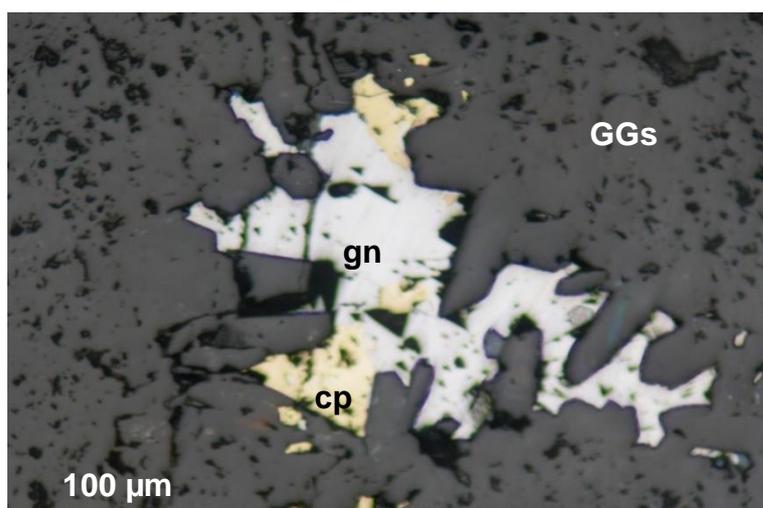


Figura N° 18: Grano mixto de galena (gn) con la calcopirita (cp). La galena reemplaza a la calcopirita y ambos se encuentran diseminados en la ganga (GGs).

3.4.9. Minerografía (Rutilo, Magnetita, Pirrotita y Calcopirita)

Textura : Diseminada.

Secuencia de formación mineral:

La muestra corresponde a una roca aparentemente sedimentaria, en la cual se notan diminutas fracturas discontinuas.

Se pueden apreciar granos de **magnetita** con formas anhedrales a subhedrales, diseminados en la ganga. Estos granos llegan a medir hasta 0.25 mm. No tienen ninguna relación con los demás minerales de la muestra. Está como trazas.

Existen algunos granos de **pirrotita** diseminados en la ganga. Tienen formas anhedrales a subhedrales y tamaños inferiores a 0.035 mm. No tienen ninguna relación con la magnetita. Trazas.

La **calcopirita** se presenta en cristales anhedrales con tamaños menores a 0.015 mm. Reemplaza a la pirrotita. Se le ubica diseminada en la ganga o Reemplazando a la pirrotita. Esta como trazas.

El **rutilo** se presenta en cristales anhedrales a subhedrales con tamaños menores a 0.03 mm. Se encuentran diseminados en la ganga sin tener ninguna relación con los demás minerales de la muestra. Trazas.

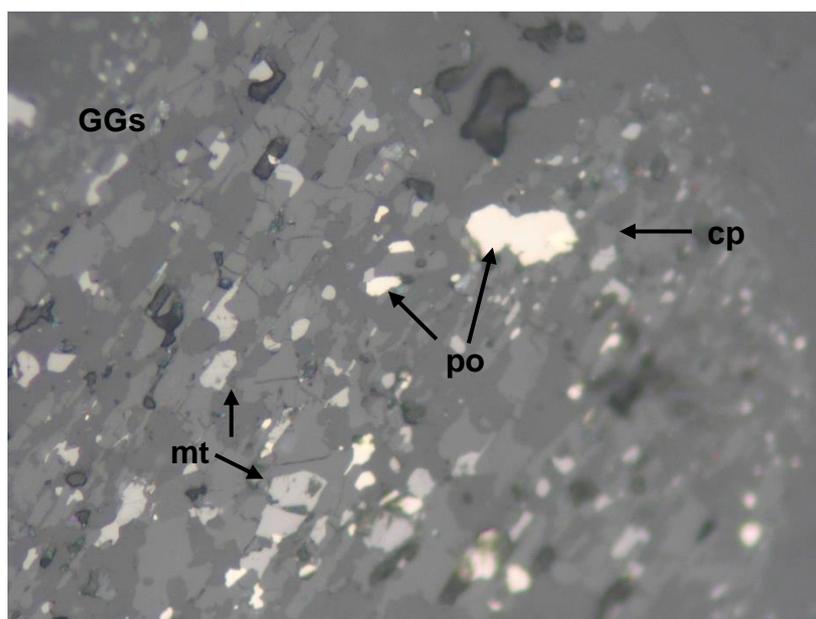


Figura N° 19: Grano de calcopirita (cp) en el borde de la pirrotita (po). Pirrotita y magnetita (mt) diseminados en la ganga (GGs).

3.4.10. Minerografía (Pirita, Esfalerita, Calcopirita y Galena)

Textura : Diseminada y de reemplazamiento. Secuencia de formación mineral.

La muestra corresponde a una estructura mineralizada, en la cual se pueden apreciar sulfuros diseminados. La **esfalerita** se presenta en cristales anhedrales con tamaños hasta de 0.25 mm. Se encuentran diseminados en la ganga o como diminutas inclusiones en la calcopirita y galena, minerales que además la están reemplazando. Ocurre como trazas. La **pirita** se presenta en cristales anhedrales a euhedrales, con tamaños hasta de 0.38 mm. Se les observan diseminados en la ganga. Ocurren como inclusiones en la calcopirita y esfalerita. Está como trazas.

La **calcopirita** se presenta en cristales anhedrales con hasta de 0.05 mm. Reemplaza a la esfalerita y está siendo reemplazada por la galena. Se le ubica diseminada en la ganga o asociada a los demás sulfuros. La calcopirita se encuentra como trazas. La **galena** se presenta en cristales anhedrales a subhedrales, con tamaños hasta de 0.3 mm. Se les ubican diseminados en la ganga o asociados a los demás sulfuros. Reemplaza a la esfalerita y calcopirita, con quienes está muy asociada. La galena ocurre a nivel de trazas.

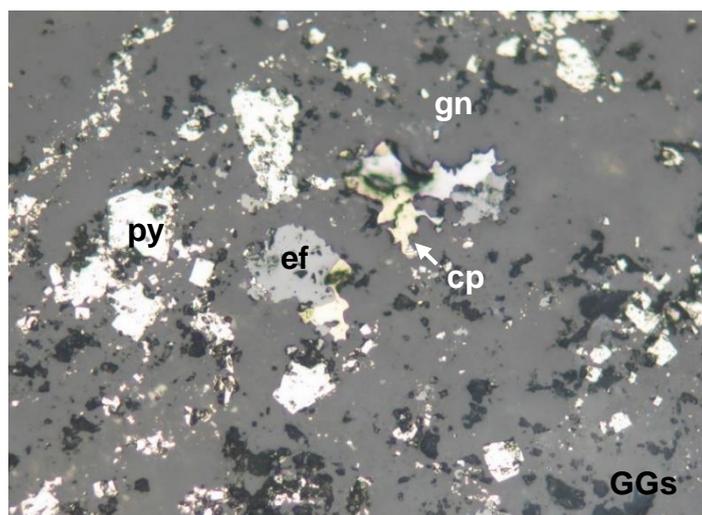


Figura N° 20: Grano mixto de galena (gn) con la calcopirita (cp). La galena reemplaza a la calcopirita y ambos se encuentran diseminados en la ganga (GGs). Granos de esfalerita (ef) y pirita (py).

3.5. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Esquilache se localiza al noroeste del lineamiento del corredor metalogénico Chucapaca – Mazocruz de orientación andina, forma parte de corredor regional; Chapi – Chucapaca / Cuajone - Cuajone –Tucari (Aruntani de orientación NW-SE ;el área de proyecto se encuentra enmarcado dentro del aparato volcánico caldera Esquilache⁷; ubicada en el flanco occidental de la cordillera occidental del sur, la cual tiene una orientación NE –SW, con abertura al sur por donde discurren las aguas del río San Antonio.

3.5.1. Estructuras Mayores

El tectonismo, andino, asociado al volcanismo y subducción, limitan las condiciones estructurales de sistemas de fallas transcurrentes que permiten permeabilidad vertical y ascenso de magmas profundos; en el sur se presenta un modelo estructural de fallamientos transversales al eje andino como consecuencia de la subducción oblicua de la deriva de colisión intraplacas⁸, los cuales ejercen control estructural en la formación de la caldera.

3.5.1.1. Calderas Regionales

La interpretación de imágenes Lansat, nos muestra una conformación de mega calderas con orientación andina, los cuales conforman centros de aparatos volcánicos con estructuras tipo estrato caldera, aparatos formados durante el periodo de intenso vulcanismo de tipo explosivo efusivo del Oligo-Pleistocénico en la zona Pichacani – Esquilache y zonas aledañas se tiene aparatos volcánicos en: Chucapaca, Ichujasi, Huayllatani, Chapi Chiara y Esquilache entre otros. Ver Plano (SR-03.1)

⁷ Natalio de la Cruz 2008

⁸ Paredes Pacheco 2010

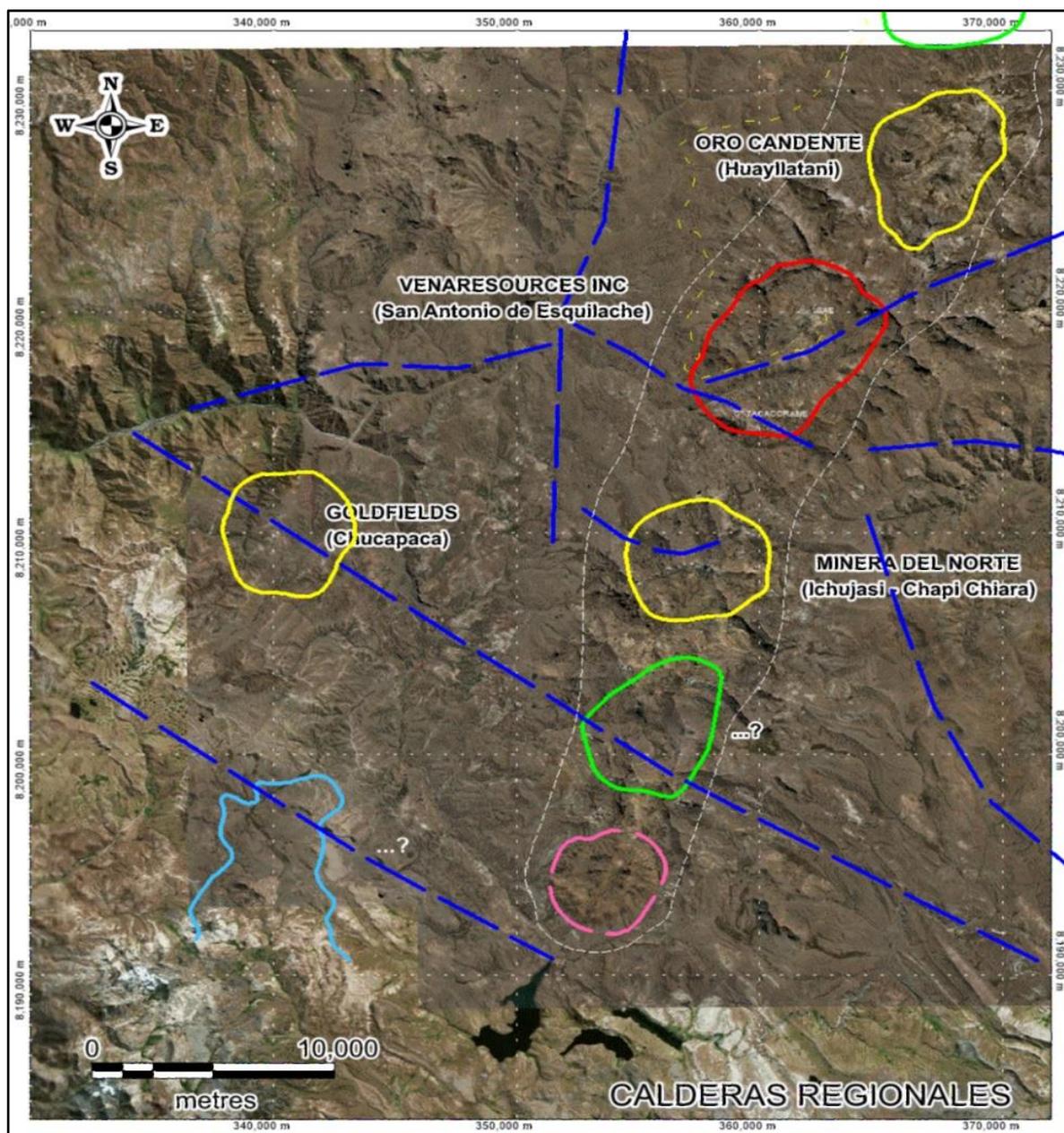


Figura N° 21: Ubicación de Calderas Regionales (Esquilache, Chucapaca, Ichujasi y Chapi Chiara, entre otros).

Fuente: Vena Resources.



Plano 4: (SR-03.1), Corredor Estructural Mineralógico San Antonio de Esquilache

3.5.1.2. Caldera Esquilache

La interpretación de la imagen satelital ha puesto en evidencia la presencia de una gran estructura volcánica correspondiente a un estrato volcán, donde incluso se puede apreciar la dirección de los flujos en forma radial. Por otro lado el análisis de los productos eruptivos y su posición en el campo confirman que se trata de una Caldera de Explosión.

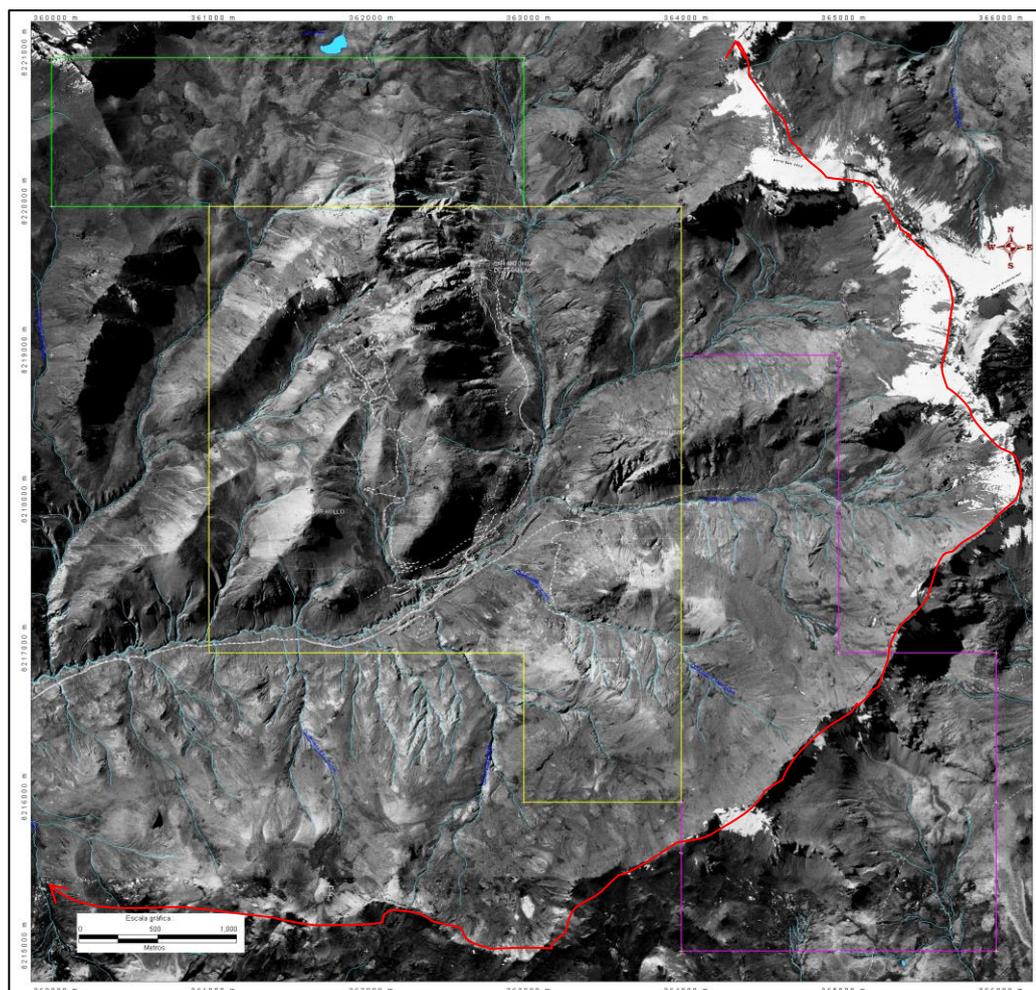


Figura N° 22: Imagen satelital, donde claramente se aprecia la morfología de la caldera de explosión Esquilache.

Fuente: Vena Resources.

La presencia de material brechado que se encuentra colmando la parte alta del volcán en forma de semilunar evidencian una gran actividad explosiva, como resultado de esta actividad gran parte de la boca central del cráter voló, dejando actualmente una abertura de 6 kms., de diámetro con algunas paredes verticales, al interior se observa una secuencia, de domos resurgentes, que

indican una reactivación de la actividad magmática, que posiblemente este asociada a la mineralización como es el caso de la mina de Esquilache.

En la (Fig N° 3), se muestra el desarrollo evolutivo de la formación del volcán poligenético el cual se destaca por su prolongada actividad de múltiples erupciones que puede haber transcurrido en varios miles de años e incluso millones de años y posteriormente haber evolucionado a una *caldera de explosión*⁹.

3.5.1.3. Facies Piroclásticas y Efusivas

Como resultado del mapeo geovulcanológico al detalle se ha reconocido una fase de toba lítica que deben corresponder a las primeras actividades explosivas previas a la instalación de la estructura volcánica (volcán) que de acuerdo a la leyenda corresponde a las tobas de bloques y clastos.

Como base del volcán se tiene unas lavas líticas andesíticas porfiríticas, que se intercalan con varios niveles de tobas de cenizas y de bloques y lavas. Como parte del estrato volcán, sobre este último se tiene una secuencia de brechas, como resultado de la explosión freatomagmática que en algunos casos ha originado depósito de debris flow.

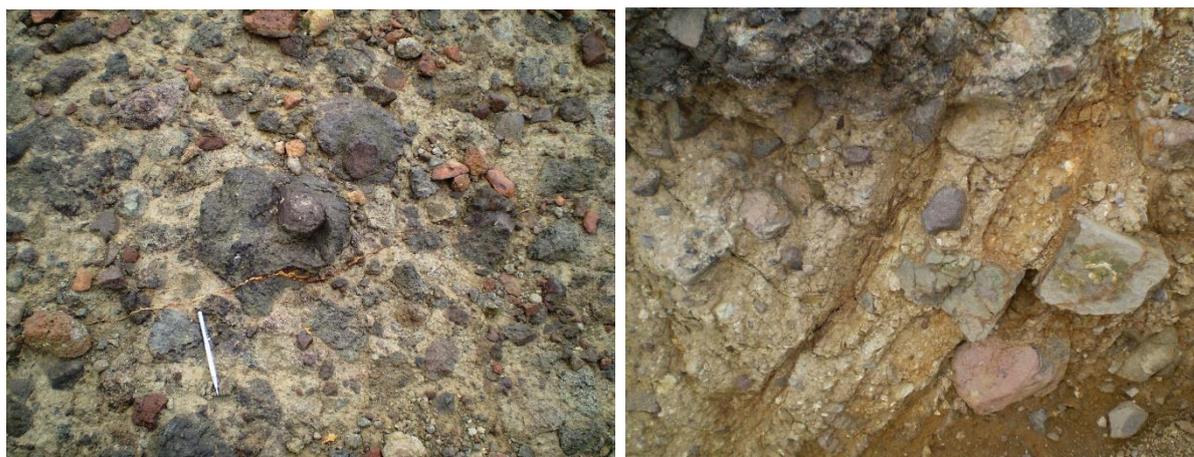


Figura N° 23: Nótese los diferentes tipos y tamaños de líticos en matriz tobacea, producto del flujo de debris flow (flujo de escoria).

⁹ Guillermo Díaz y Natalio de la Cruz



Figura N° 24: Facies piroclásticas de toba de líticos.

3.5.1.4. Domos al Interior de la Caldera de Esquilache.

Al interior de la caldera la actividad magmática se reactivó, con la presencia de domos resurgentes que para el caso de Esquilache viene a constituir un complejo de domos y domos lávicos. Los estudios petrográficos reportan, de que se trata de tufos basálticos y de un pórfido gabroide lo cual se evidencia, que la fuente de alimentación de la actividad hidrotermal está directamente relacionado a una cámara magmática de naturaleza básica. Relacionado a la actividad magmática de los domos resurgente se tiene vetas fallas que tienen una dirección N45°E, lo cual evidencia la presencia de una actividad hidrotermal mineralizante. Como resultado de las últimas manifestaciones magmáticas se tiene cuerpos de naturaleza diorítica que se ubican en la parte central o conformando parte de las paredes internas de la Caldera. Otros cuerpos dómicos se observa en el cerro Mamacocha y Mercedes los cuales están alterados y mineralizados.



Figura N° 25: Afloramiento de domo resurgente intracaldera de composición diorita microporfírica, ubicado en el cerro Mamacocha, denominado como “Yana Kaka”.

La morfología de la caldera en planta es tipo herradura limitada por escarpas abruptas y empinadas originadas durante el colapso, las que tienen sus bases cubiertas por taludes (coluvios glaciares y pequeños abanicos morrénicos. Remarcando resaltos escalonados ó de pendientes escalonadas e irregulares, que resultan de la alternancia de mantos volcánicos sub horizontales resistentes a la erosión.

La caldera abarca una superficie de 30 km². Su diámetro E-O de 5 kilómetros es menor que el N-S de 6 kilómetros. Su contorno primario se halla aproximadamente determinado por la curva de nivel de 4550 m.s.n.m, siendo fácilmente reconocido por su degradación posterior limitada. El interior de la depresión expone un paisaje diversificado de colinas y domos resurgentes, resultante de intrusiones post caldera cuyo basamento lo constituye secuencias piroclásticas líticas pre caldera.

En el nivel superior se destacan escarpas pronunciadas que constituyen los rasgos más sobresalientes de la morfología constituida por derrames y coladas lávicas viscosas modelada por el colapso de bloques y erosión glaciaria.



Figura N° 26: Domo de composición Riolítica y tardía ubicada al interior de la Caldera Esquilache, Cerro Señor Kollo.

3.5.1.5. Domos al exterior de la Caldera

Conformando parte las laderas del Volcán – Caldera tanto al sur y al norte se tiene domos como el del cerro Tacacorane de composición diorítica y el cerro Condoriqueña de posible naturaleza riolítica, los otros domos también dioríticos se ubican en el cerro Condoriqueña (norte del cerro Quesanane), el cerro Quesanane se considera como un domo lava basáltico, el domo que ocupa los cerros Ninachiri y Tihueco son de composición andesita basáltica microporfirítica y en el extremo este en el cerro Calvario, este domo es de naturaleza ácida y parece ser muy reciente (fresco).



Figura N° 27: Afloramientos de domos resurgentes al exterior de la caldera, Izquierda: domo diorítico ubicado en el cerro Tacacorane y a la Derecha: domo andesítico basáltico, ubicado en el quebrada Huantane.

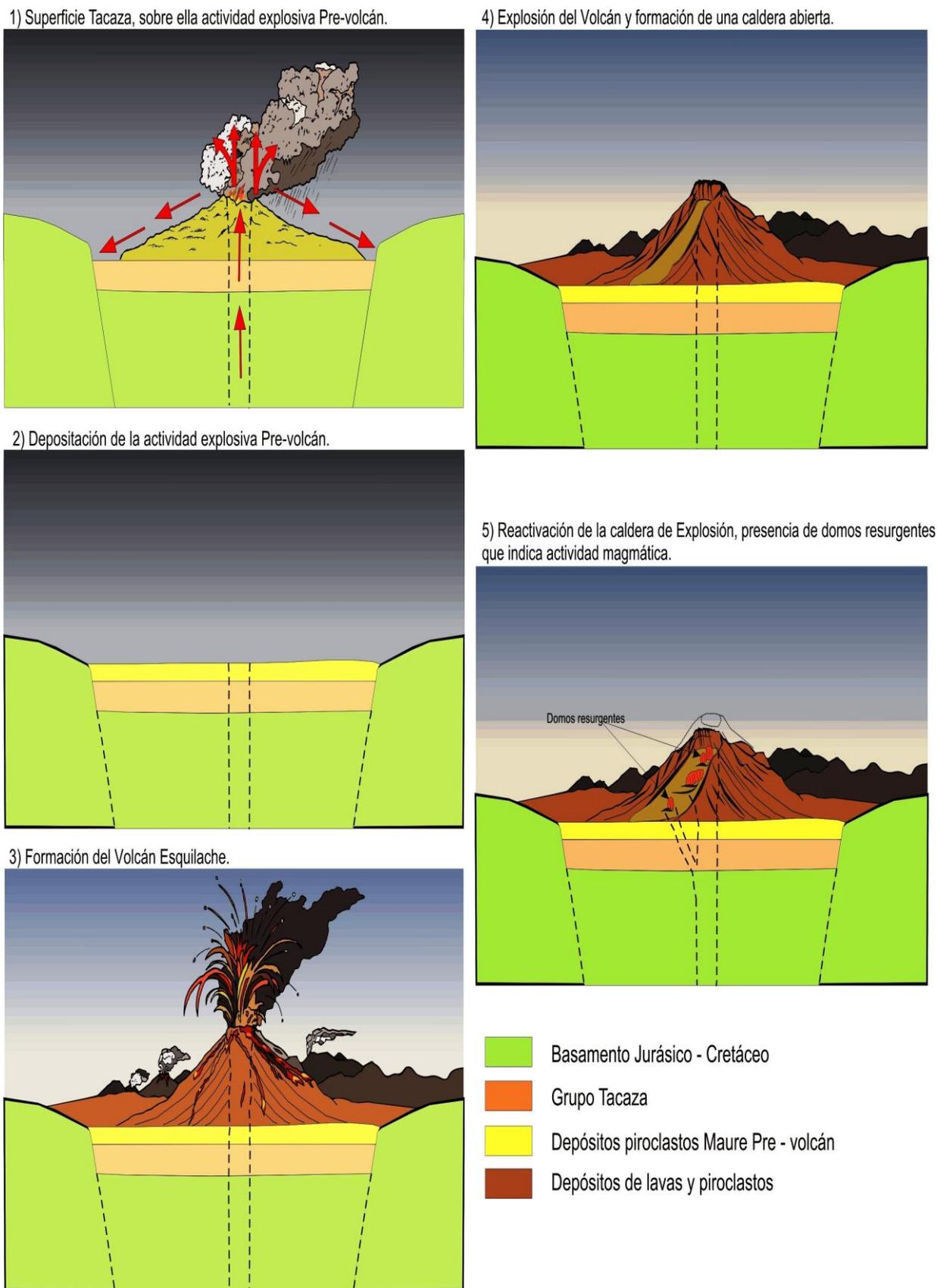


Figura N° 28: Evolución volcánica de caldera explosiva Esquilache.

3.5.1.6. Lineamientos

Estructuras de carácter regional, la cuales tienen orientación andina NNO – SSE, Lineamiento considerado como metalotecto donde se localizan los yacimientos Auríferos de Chucapaca. Aruntani, Tucari, intersecadas por tres lineamientos ortogonales orientación, NNE – SSO (lineamiento Chapi – Chucapaca; Cuajone - Quellaveco – Aruntani), (lineamiento Chapi – Chucapaca – San Antonio), en cuyo lineamiento se localiza la *caldera Esquilache*¹⁰.

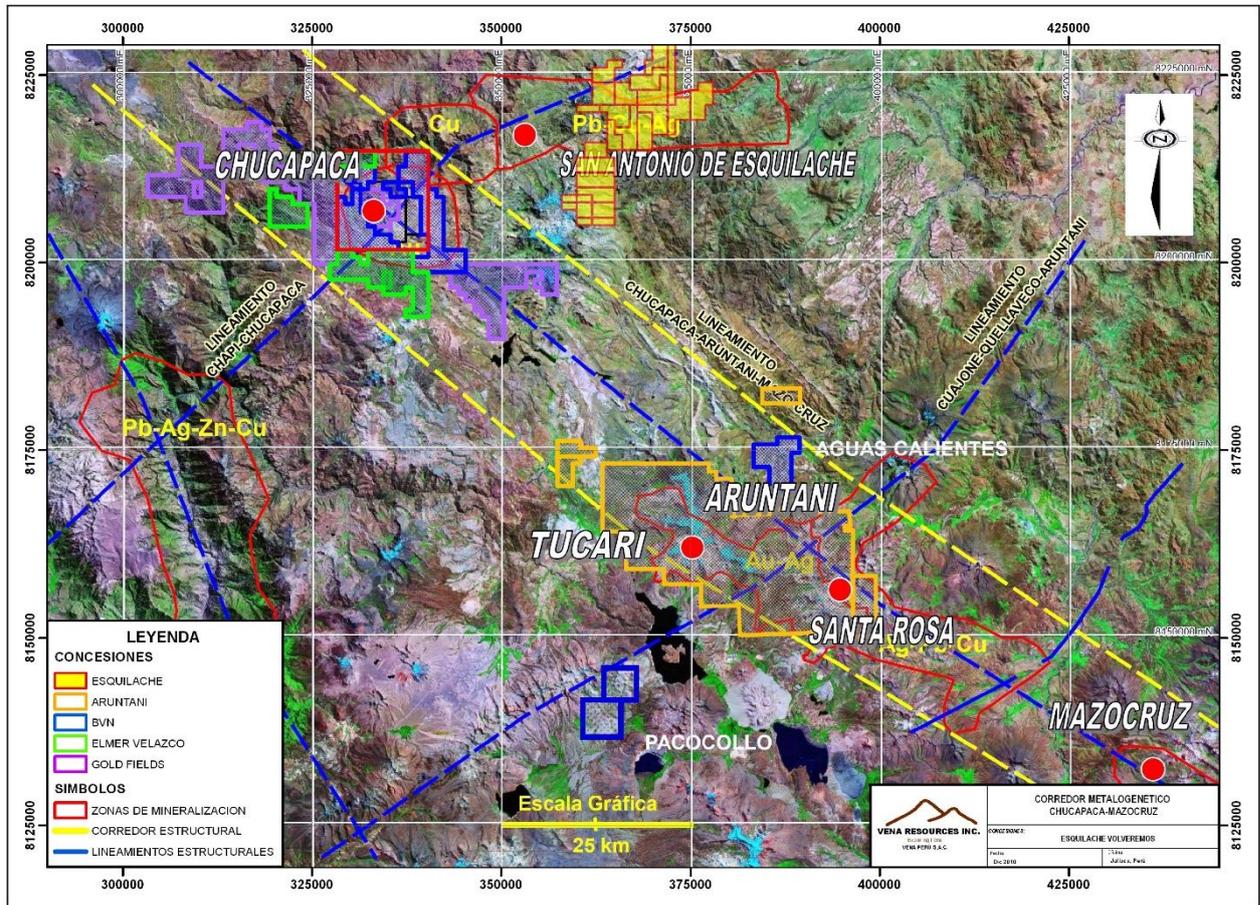


Figura N° 29: Lineamientos Regionales Chucapaca- Aruntani, Tucari, controlado por lineamientos ortogonales Chapi – Chucapaca, Cuajone - Aruntani.

Fuente: Vena Resources - Gold Fields.

¹⁰ GolFields & Vena Resources Inc.

3.5.1.7. Fallas

En el sistema de fallas localizadas dentro del ámbito local se considera:

Sistema de fallas de tipo tensional, con orientación NE-SO las cuales presentan buzamientos de alto ángulo (más de 60°), en dirección al Noroeste y Sureste como la falla San Antonio. Lo conforman las principales estructuras mineralizadas las cuales presentan relleno de cuarzo - baritina, con mineralización de plata, plomo zinc. Paralelo a este sistema se reactivó generando fallas normales, post mineral al techo y piso de las estructuras como se puede apreciar en la veta Julián, presenta también fallas radiales como las fallas: Asiento, Caballuni y Huancarane.

Plano 5: (SR-03), Geología Estructural Franja Aurífera Mamacochoa (Imagen Satelital).

Plano 6: (SR-03.2), Estructural Franja Aurífera Mamacocha.

3.5.2. Estructuras Menores

Conformados por Fracturas, está definido por dos sistemas, que son:

Sistema Noroeste–Sureste, sistema de fracturas perpendicular al sistema de vetas tensionales, presentan relleno con ensamble de cuarzo – calcita – galena – calcopirita – esfalerita así como sulfuros lixiviados (Limonitas).

3.5.2.1. Fallas radiales

Conformado por sistemas de fallamientos de tipo normal intracaldera, los cuales desplazaron y formaron sistemas de bloques ejm. falla San Antonio, Huancarane, Caballuni etc.

3.5.2.2. Fallas anulares

Sistema de fallas circundantes que formaron bloques de hundimiento y resurgencia dentro de la caldera, así mismo por este sistema circularon fluidos hidrotermales y mineralizantes que dieron lugar a la formación de vetas anulares circundantes a los domos subvolcánicos; vetas Elvira, Santa Rosa, Kati, Julián, en la zona sur.

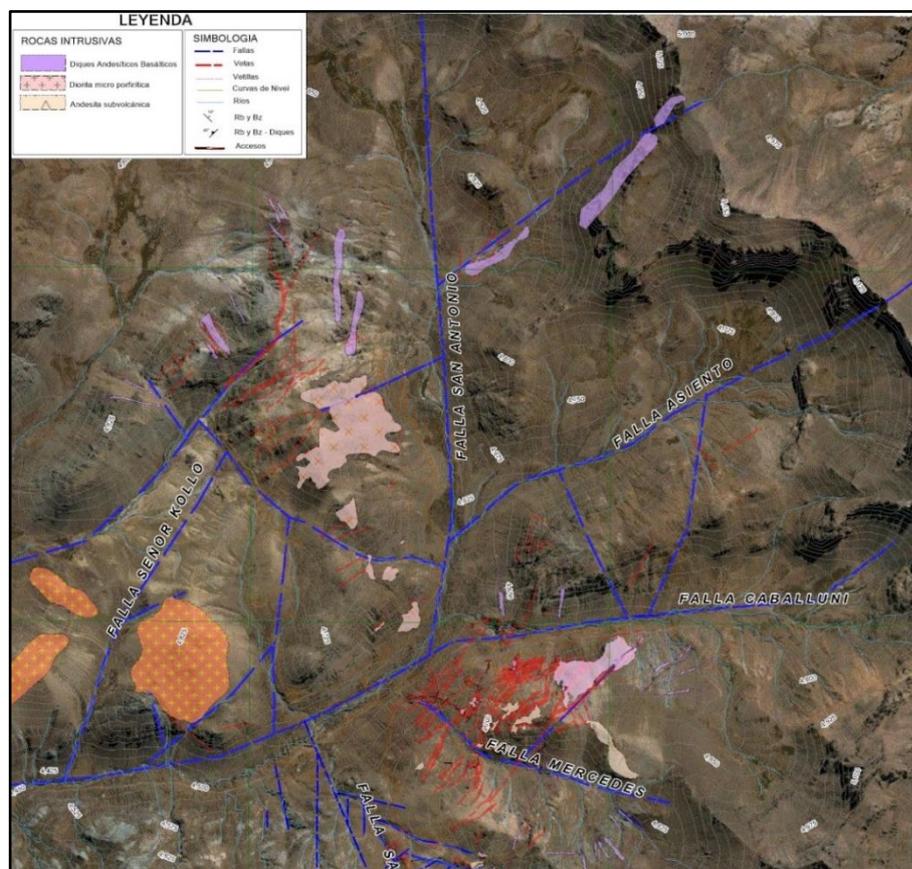


Figura N° 30: Sistema de fallamientos radiales al interior de la caldera Esquilache.

Fuente: Vena Resources

3.5.2.3. Diques

Se encuentran ubicados en los cerros Crestón, Chojlloni y cerro Mamacocha, están constituidos por andesitas basálticas con plagioclasas y máficos de coloración gris oscuro; los cuales cortan las secuencias piroclásticas y coladas lávicas andesíticas del grupo Tacaza; afloran en algunos casos paralelos a las estructuras mineralizadas, y de forma discontinua e irregulares, con rumbos variables generalmente concéntricos a la caldera, N-S variando a NO-SE, NE-SO y una inclinación sub vertical, con potencias variables en algunos casos con más de dos metros de grosor, presentan textura afanítica.

Se realizaron trabajos de mapeo de diques con el fin de complementar los datos estructurales tales como rumbo, buzamiento y dirección de buzamiento, para realizar diagramas de rosetas y corroborar las orientaciones y correlacionarlos entre sí, se pudo obtener un total de 32 datos, en los afloramientos de diques del proyecto E-5, como se muestra en el cuadro siguiente:

Tabla 2: Resumen de datos de diques.

N°	RB	BZ	DB		OBS
1	140	59	275	SW	Diques de composición Andesítica.
2	135	73	276	SW	Diques de composición Andesítica.
3	320	68	90	E	Diques de composición Andesítica.
4	260	85	100	SE	Diques de composición Andesítica.
5	264	82	106	SE	Diques de composición Andesítica.
6	100	87	280	NW	Diques de composición Andesítica.
7	89	70	310	NW	Diques de composición Andesítica.
8	100	72	282	NW	Diques de composición Andesítica.
9	65	69	307	NW	Diques de composición Andesítica.
10	230	47	120	SE	Diques de composición Andesítica.
11	48	75	315	NW	Diques de composición Andesítica.
12	30	90	300	NW	Diques de composición Andesítica.
13	38	90	306	NW	Diques de composición Andesítica.
14	48	66	355	NW	Diques de composición Andesítica.
15	26	78	340	NW	Diques de composición Andesítica.
16	26	72	350	NW	Diques de composición Andesítica.
17	15	84	355	NW	Diques de composición Andesítica.
18	90	84	300	NW	Diques de composición Andesítica.
19	90	90	270	W	Diques de composición Andesítica.
20	80	90	316	NW	Diques de composición Andesítica.
21	80	84	305	NW	Diques de composición Andesítica.
22	165	47	304	SW	Diques de composición Andesítica.
23	70	74	85	NE	Diques de composición Andesítica.
24	310	86	25	NE	Diques de composición Andesítica.
25	310	83	50	NE	Diques de composición Andesítica.
26	135	71	275	NW	Diques de composición Andesítica.
27	135	60	293	NW	Diques de composición Andesítica.
28	95	81	255	NW	Diques de composición Andesítica.
29	98	74	320	SW	Diques de composición Andesítica.
30	80	87	287	NW	Diques de composición Andesítica.
31	75	84	300	NW	Diques de composición Andesítica.
32	360	56	340	NW	Diques de composición Andesítica.

3.5.2.3.1. Diagrama de familias

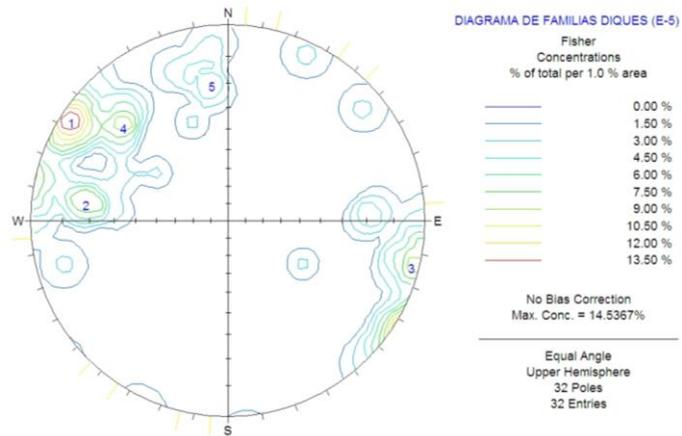


Figura N° 31: Diagrama de familias (diques).

En el diagrama de familias, mostramos una marcada tendencia de agrupamiento, resultando 5 familias de las cuales podemos diferenciar 3 principales (1-2-3) y 2 secundarias (4-5), respectivamente.

3.5.2.3.2. Diagrama de planos

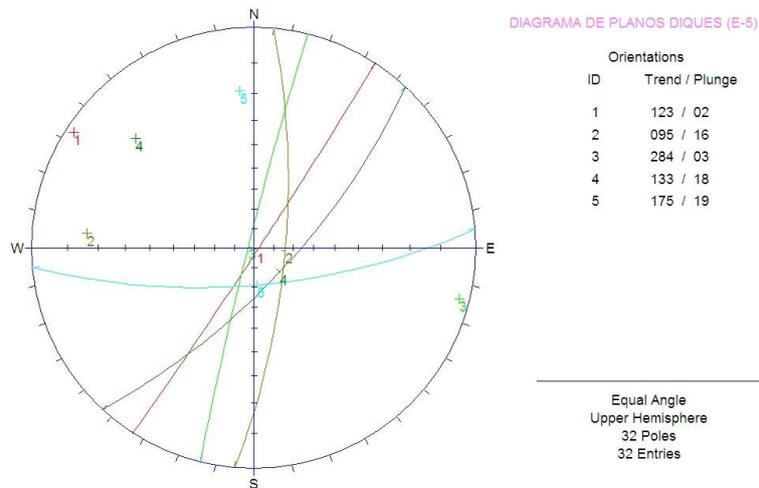


Figura N° 32: Diagrama de Planos (diques).

En el diagrama de planos, mostramos los rumbos y buzamientos de cada una de las familias, Podemos comprobar que existen 2 sistemas bien definidos: (1)~N50°E, con buzamientos de 65° - 70° y (2) ~ S118°E, con buzamientos de 75° - 87° con algunas excepciones que llegan a los 90°, es decir verticales, y un tercer sistema de diques secundario: (3) ~ S187°O . con buzamientos que varían de 50° - 60°¹¹.

¹¹ Sergio Ramos C. 2010

3.5.2.3.3. Diagrama de familias y planos

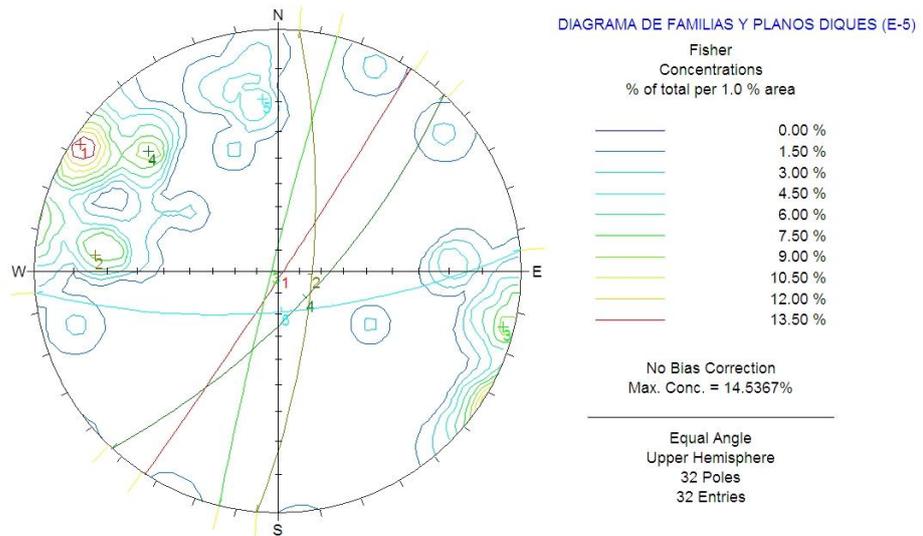


Figura N° 33: Diagrama de Planos y familias (diques).

Este gráfico, corresponde al trazado de planos con respecto a la mayor concentración de las 5 familias.

3.5.2.3.4. Diagrama de rosetas

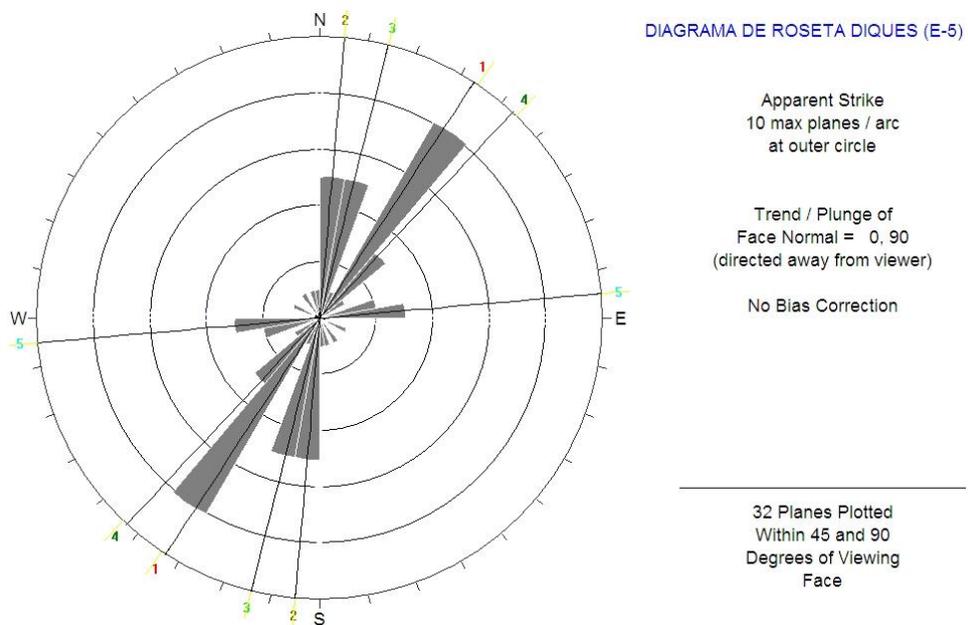


Figura N° 34: Diagrama de Rosetas (diques).

En este gráfico de Diagrama de Rosetas, comprobamos los Rumbos dominantes con sus respectivas agrupaciones y familias.

3.5.2.4. Vetas

El sistema de estructuras mineralizadas formadas a partir de esfuerzos tensionales y fallamientos anular y tangencial, presentan tres sistemas de orientación definida a) sistema NE-SE; b) sistema NE-SO y c) sistema Norte-Sur. Se presentan como estructuras centrales de la caldera Esquilache, de comportamiento sigmoidal, con relleno de cuarzo brechado y fluidal, con potencias variables y de tendencia a disminuir en profundidad, gran parte de la estructuras vetiformes, se encuentran cubiertas, existiendo labores antiguas, las mismas que sirven de guías para un seguimiento geológico, pertenece a un sistema de fracturas de centro de caldera, por donde se emplazaron intrusiones subvolcánicas de composición básica dejando aberturas en sus bordes por cuyos espacios circularon los fluidos hidrotermales dando origen a la formación de sistemas epitermales-mesotermales de mineralización polimetálica. Predominantemente con mineralización de Ag-Au en la parte superior (epitermal) y Zn-Pb-Ag-Cu-Au en zonas más someras (mesotermal).

Con longitudes variables, llegando a medir unos 600m - 900 m. aproximados y tiene una potencia promedio de 12 m., su textura es brechoide, dando la apariencia de haber sido una brecha de colapso, monomítica que fue rellenada por los fluidos mineralizantes, de baja sulfuración (cuarzo-sericita-baritina-adularia), formando en el techo y el piso vetas bien formadas con sílice coloforme, fluidal y altas leyes de Ag-Au, la zona de brecha que alcanza un ancho de 10 m. con menor deposición leyes. El ensamble mineralógico de la ganga es sílice-sericita-baritina-adularia-manganeso-fe, y de mena en la zona epitermal es: **Ag-Au-Pb-Zn-Cu** (tz), y en la zona mesotermal es: **Zn-Pb-Ag-Cu-Au**.

La zona de oxidación en el horizonte de tobas y flujos de lavas se presenta en forma irregular, y en la zona de intrusivos subvolcánicos, presenta una gradación a sulfuros primarios.

En el área de incidencia del sigmoide principal, el fracturamiento fue moderado a intenso, y la presencia de venillas de cuarzo y hematita es considerable, con mejores valores económicos de Au.

Plano 7: (SR-03.3), Geología Estructural Regional – Intrusivos, Vetas y Diques

Plano 8: (SR-06), Sección Compósito Zona Mamacocha



Plano 9: (SR-07), Secciones Geológica Vetas Cruz Pata-María Elena-Cobre Mina

3.6. GEOFISICA

Los estudios geofísicos, fueron realizados por la empresa **Arce Geofísicos S.A.C.** en diciembre de 2007, por encargo de la empresa Vena Resources, el mismo que se basó en dos métodos, polarización inducida, y magnetometría terrestre y a continuación se describe ambos métodos.

Se realizaron 83,000 metros de Magnetometría y Polarización Inducida.

El estacado topográfico fue realizado con un instrumento GPS relacionado con el satélite Omnistar. Se esperan errores menores de un metro en las tres coordenadas UTM-WGS84. La corrección por elevación se hizo con el punto Ayabacas (3836.739 m.s.n.m). La Magnetometría se completó sobre 83000 metros de 25 perfiles, con lecturas cada 10 metros con un magnetómetro Scintrex ENVI y utilizando otro para la estación de base. El levantamiento de Polarización Inducida consistió de 83000 metros en los mismos 25 perfiles N-S, con un receptor IRIS ElrecPro con medición de Potencial Espontáneo y simultáneas de Resistividad + Cargabilidad para siete penetraciones. La energización se consiguió con un transmisor Iris VIP4000 y grupo electrógeno de 6.5kW.

3.6.1. Estacado Geofísico y Morfología General

El plano ha sido preparado con las coordenadas WGS84 (X-Y-Z) de los puntos colocados con el sistema GPS/OMNISTAR. El archivo digital fue extraído del plano (AutoCad) que nos fuera entregado para preparar la propuesta del 29.10.07, e ingresado luego al colector de datos TDS Ranger 300X. El operador navegó con el GPS hasta localizar cada uno de los puntos que fueron marcados en el terreno, en una red de 100m x 50m, a lo largo de 83000 metros de perfiles. Las elevaciones han sido referidas al punto Ayabacas.

3.6.2. Intensidad Magnética de Campo Total Reducida al Ecuador

Las lecturas de campo, una vez corregidas para variaciones diurnas, han sido correlacionadas para conformar las isógamas del Plano (SR-09). Debe tenerse en cuenta que las intensidades magnéticas están invertidas con respecto al contenido de magnetita, debido a la posición geográfica de la zona estudiada, cercana al Ecuador Magnético. Por esta razón la escala de colores del Plano 2

tiene relación inversa con el contenido de magnetita o, en otras palabras, la escala indica más magnetita hacia abajo (rojo-rosado) y menos magnetita hacia arriba (azul). Los valores regionales han sido calculados en: Intensidad Total=24204.5nT; Inclinación=-7.42⁰ (S); Declinación = -4.29⁰ (O). La complejidad visual del Plano (SR-08) se deriva del hecho físico de que los cuerpos magnéticos están representados por altos y bajos (dipolos magnéticos), razón por la que ha sido considerado pertinente procesar los datos para obtener la señal analítica del Plano (SR-09).

3.6.3. Intensidad Magnética de Campo Total – Señal Analítica

Muestra la señal analítica que ha sido computada para la zona estudiada. Este enfoque es útil para definir los bordes de los cuerpos con anomalía magnética, ya sea mayor o menor que la de los alrededores. La señal analítica es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las derivadas en las direcciones x-y-z. El plano 3 es algo “ruidoso” como consecuencia de la intensidad magnética regional, relativamente baja por estar cerca del Ecuador Magnético, lo que determina un procesamiento matemático complicado. Los cuerpos magnéticos están delineados con borde amarillo-naranja (centro de la escala) con tendencia al rojo-rosado. Es de remarcar el cuerpo magnético, alineados aproximadamente NO-SE, en el extremo norte de Virgen de Chapi. Asimismo, el conjunto de cuerpos magnéticos alineados SO-NE, a partir de la esquina inferior izquierda. Los pequeños centros aislados, que se notan como numerosos puntos a lo largo de las líneas, no tienen significación alguna y no hemos querido eliminarlos con filtros para no afectar a las anomalías reales.

3.6.4. Isocurvas de Potencial Espontáneo o de Autopotencial Eléctrico (SP)

Los campos eléctricos que se desarrollan naturalmente sobre cuerpos mineralizados con sulfuros dependen de que ocurran procesos de oxidación y separación de iones en unidades conductoras eléctricas que llegan a formar “pilas” con su negativo en la parte superior. Estos campos de SP (*self-potential*) pueden tener orígenes profundos cuando los yacimientos son de gran extensión, como es el caso de los pórfidos y de los grandes de tipo *skarn*. Otro origen de campos eléctricos naturales es de tipo electrocinético, por el que se producen anomalías negativas por movimiento diferencial de fluidos (agua) en el

subsuelo. Como durante la operación de Polarización Inducida es automática la medición de potenciales espontáneos (o SP), de todos modos preparamos el plano de Isocurvas de Autopotencial Eléctrico de este informe. La información de SP no tiene control de profundidad porque se trata de la representación superficial de un campo de origen natural, sin intervención de energía aplicada externamente. Cuando no hay anomalías de SP tampoco deben sacarse conclusiones, en vista de que los campos eléctricos naturales sólo se desarrollan en ciertas condiciones geológicas y físicas. Hay zonas anómalas (coloreadas con azul) que adquieren importancia solamente allí donde coinciden con altas cargabilidades. Este Plano 4 debe ser conservado como referencia y pensamos que tiene significación solamente en los lugares donde los bajos de SP (azules) coinciden con los altos de cargabilidad de los planos (SR-08-09-10). Da la impresión que en Virgen de Chapi los campos eléctricos naturales sólo se han desarrollado en el sector L1600 á L2400, entre las distancias 2700 y 3900, donde se encuentra una anomalía de SP en clara coincidencia con anomalías de cargabilidad.

3.6.5. Resistividad y Cargabilidad Real a siete profundidades

Los planos de interpretación en 3D. Han sido utilizadas seis profundidades, a partir de la superficie del terreno: 20m, 50m, 100m, 150m, 200m y 280m. En los planos de resistividad, las zonas en las que se espera encontrar rocas compactas están coloreadas con verde/celeste, mientras que las formaciones alteradas, o conductoras, lo están en color rojo/morado. En profundidades someras, especialmente a 20m Plano (SR-08), la resolución horizontal es ciertamente mejor y se observan grandes cambios. Las anomalías de alta resistividad deben estar relacionadas con cuerpos compactos. Las anomalías de baja resistividad revelan existencia de rocas alteradas y húmedas o de formaciones arcillosas. En el levantamiento de cargabilidades el procedimiento de acumulación algebraica de señales (*signal enhancement*), factible de aplicación con el receptor ElrecPro de 100M Ω de impedancia de entrada empleado en este estudio, ha permitido medir los valores con alta relación señal/ruido, por lo que el nivel de fondo (*background*) ha resultado menor que 7.5 mV/V; de esta manera han podido ser definidos alineamientos anómalos débiles coloreados con verde/amarillo (7.5-18 mV/V), intermedios con

anaranjado/rojo (18-32 mV/V), aparte de los más intensos coloreados con rosado (>32 mV/V)¹².

3.6.6. Secciones de Resistividad Real y de Cargabilidad Real

En las cinco láminas de este informe están las secciones extraídas del conjunto invertidas por procedimientos tomográficos con corrección por deformaciones topográficas en tres dimensiones (3D). Las resistividades reales se dan en ohmiómetros ($\Omega\text{-m}$ ú $\text{Ohm.m}^2/\text{m}$). Los extremos van desde $<10\Omega\text{-m}$ para las masas litológicas alteradas o muy conductoras, hasta $>60\Omega\text{m}$ para las rocas compactas. Las láminas contienen también las secciones de cargabilidad, en milivoltios por voltio (mV/V). El nivel de fondo (*background*) de cargabilidad es menor de 7.5m V/V y está coloreado con azul/celeste. Los valores anómalos débiles comienzan en 7-18mV/V (verde/amarillo), los intermedios en 18-32mV/V (anaranjado/rojo) y alcanzan más de 32mV/V en los sectores de mayor intensidad (rosado). Intrusivos piritizados suelen ser de alta resistividad y de alta cargabilidad, salvo el caso de que hubieran sufrido intensa alteración hidrotermal, en cuyo caso la resistividad baja. Para escoger objetivos de perforación, una vez seleccionadas las anomalías de alta cargabilidad y de baja resistividad (¿y de bajo autopotencial eléctrico?), que tengan también justificación geológica, conviene apuntar a los centros de anomalía de cargabilidad, no a las zonas en las que se nota que la anomalía está creciendo (o disminuyendo).

¹² Arce Geofísicos S.A.C. Dic-2007.



Plano 10: (SR-08), Secciones Geofísicas (Resistividad y Cargabilidad)

Plano 11: (SR-09), Geofísica Intensidad Magnética – Señal Analítica – Magnetometría

Plano 12: (SR-10), Geofísica (Resistividad y Cargabilidad)

3.7. GEOQUIMICA

En las dos campañas se han ejecutado 5,709.89 mts de perforación en 31 pozos y se recolectaron 3,114 muestras incluyendo las de control de calidad (QA/QC). Adicionalmente, se hizo muestreo superficial y en labores subterráneas sumándose 2,754 muestras incluyendo su control de calidad

Los Análisis químicos fueron realizados en los Laboratorios del **CIMM PERU S.A.**, por el método ICP+Au, en la primera campaña se trabajó con laboratorios **INSPECTORATE S.A.** también por ICP+Au. Los criterios de muestreo aplicados al proyecto Esquilache durante la campaña de exploraciones, fueron:

3.7.1. Tipos de muestreo realizados

Los diferentes tipos de muestreo realizados para el presente estudio fueron los siguientes:

3.7.1.1. Chips Selectivos

Con la finalidad de ubicar posibles zonas anómalas, recorriéndose en forma regional el interior de la caldera Esquilache tales como zonas: Mamacocha, Mercedes, Crestón, Señor. Collo, Chojlloni, Sta Elena, Putuko, Polvorín, lográndose recolectar un total de 2,184 muestras en chips selectivos.

3.7.1.2. Muestreo en Mallas

Este método de muestro fue utilizado, con la finalidad de recolectar muestras en las zonas con mayor presencia de mineralización diseminada, brechas y halos de alteración, vetillas tipo stockwork, lográndose recolectar un total de 139 muestras.

3.7.1.3. Muestreo Sistemático en Canales (Superficie y Subterráneo)

Esta metodología de muestreo se utilizó tanto en superficie y en interior, sobre estructuras, seccionando transversalmente las vetas cada 10m. con una log. 2-3 m. de longitud x 0.20 cm. de ancho y 0.10-0.20 cm. de profundidad, esto con la finalidad de lograr una limpieza adecuada para lograr finalmente el muestreo óptimo, es así que se logró una recolección de 431 muestras interior mina. Así como también, se realizó el mapeo geológico de labores.

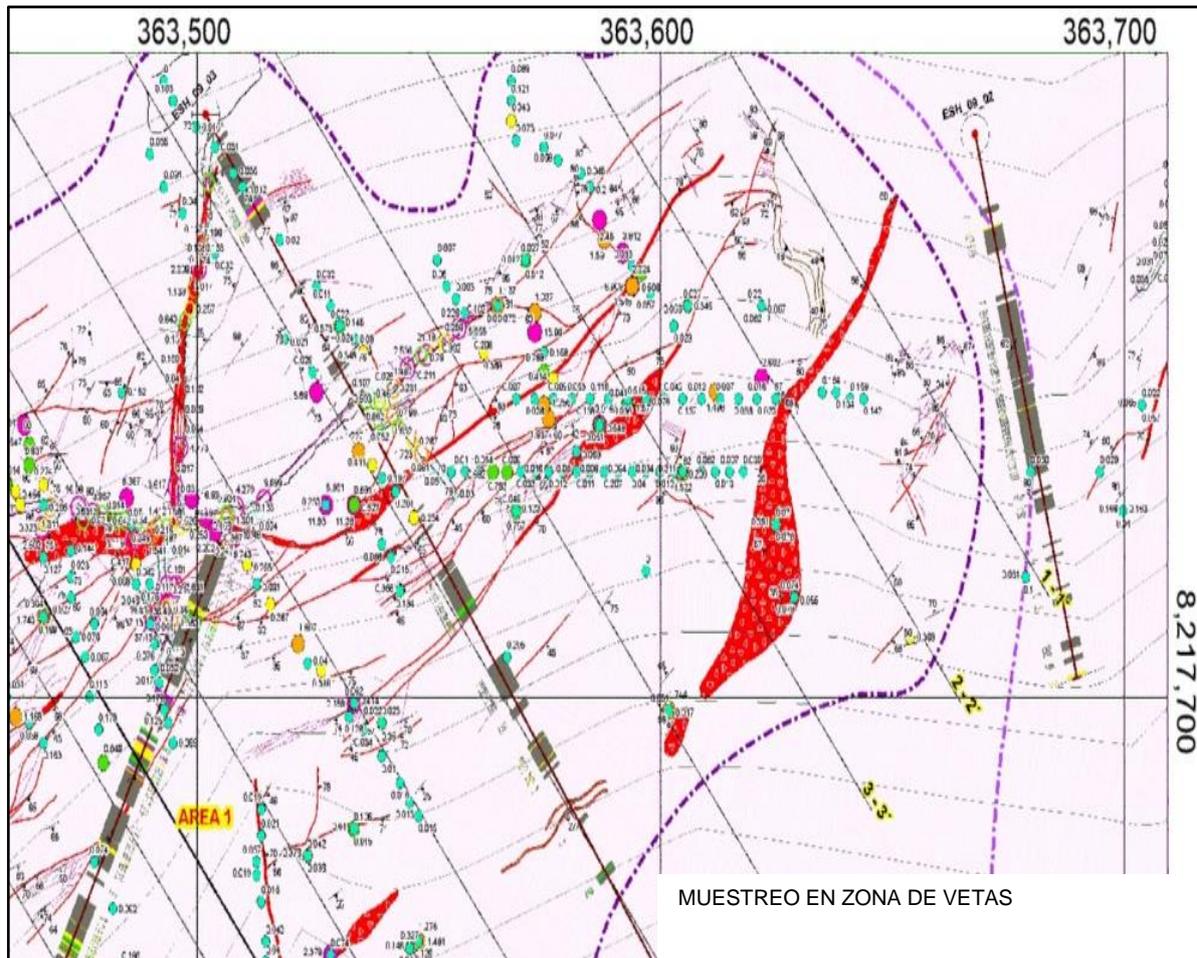


Figura N° 35: Muestreo en: chips selectivos, mallas, canales y sondajes de perforación.

Fuente: Vena Resources.

3.7.2. Labores subterráneas antiguas (mapeo y mustreo)

Se deduce, que desde épocas del incanato y etapa colonial, como lo determinan vestigios de la forma de laboreo de esa etapa, la mina de Esquilache, tuvo gran reelevancia con la explotación de plata y posteriormente polimetálicos (Cobre, Plomo, Ag, Zn y Au), en la etapa de Williams y la compañía Hoschilld. En la zona central (zona Mamacocho), existen laboreos de media barreta, galerías, cortadas y chimineas, sobre las principales estructuras; siendo uno de los principales cruceros, el de “Mamacocho”; el cual ha sido rehabilitado en el nivel 4,565 e intercepta las galerías Juan, Sta Cruz. Así mismo se rehabilitaron también, galerías subterráneas como: Cobremina, Ccochupata, Haydee, Ivett, Estefany, Cruzpata y Sta Elena¹³, las que veremos en las siguientes láminas.

¹³ Roberto F. Zegarra

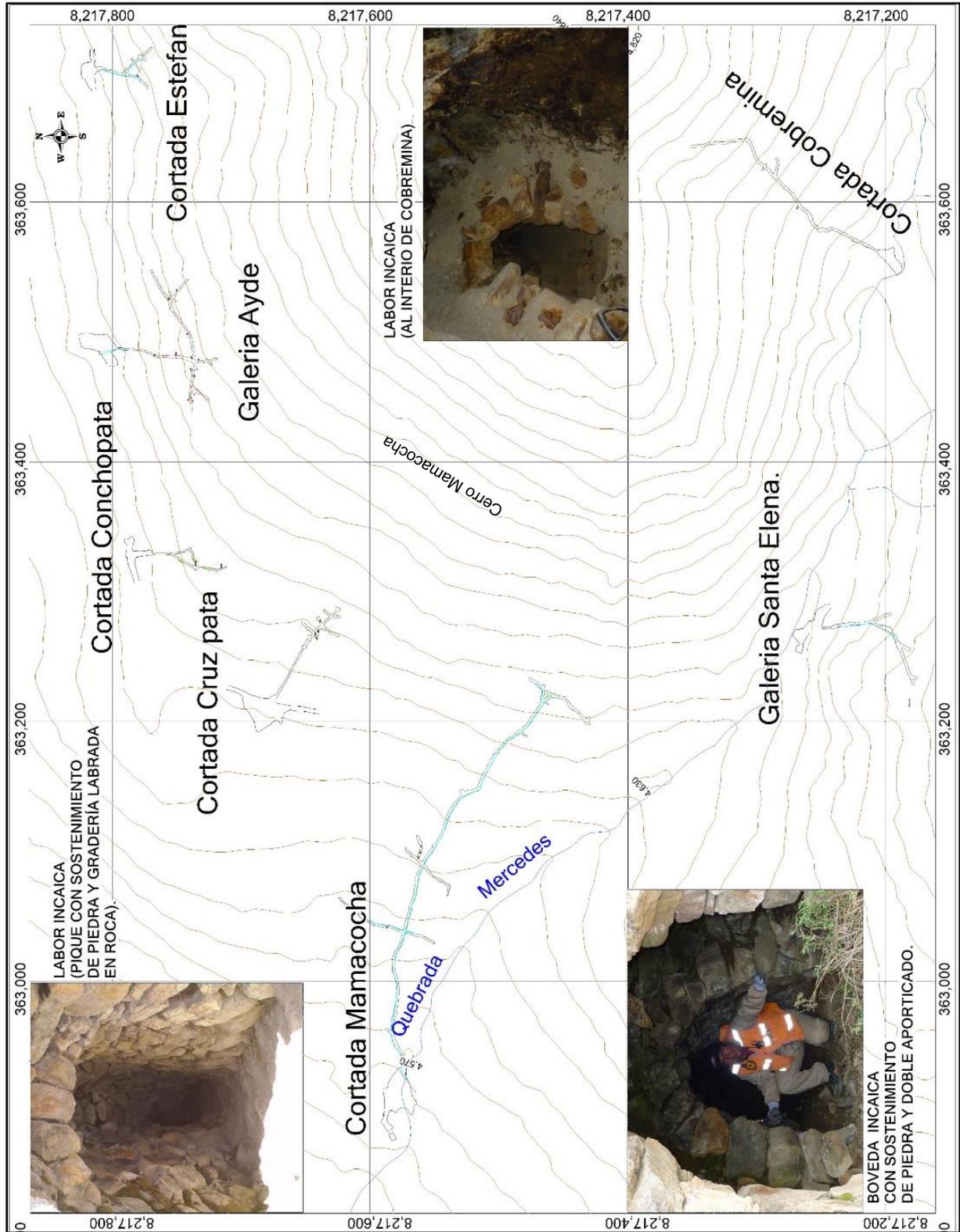
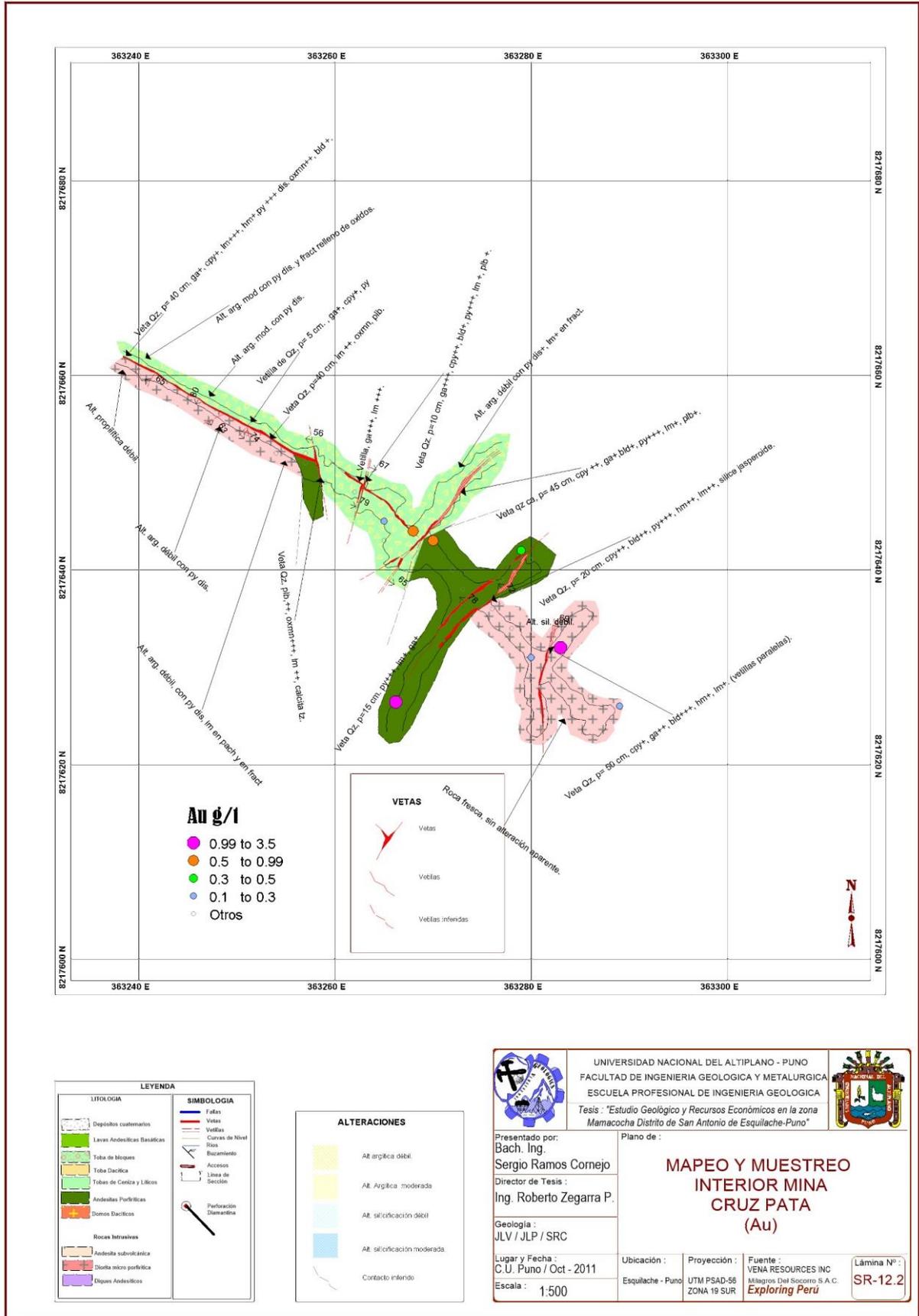


Figura N° 36: Ubicación de labores subterráneas antiguas.

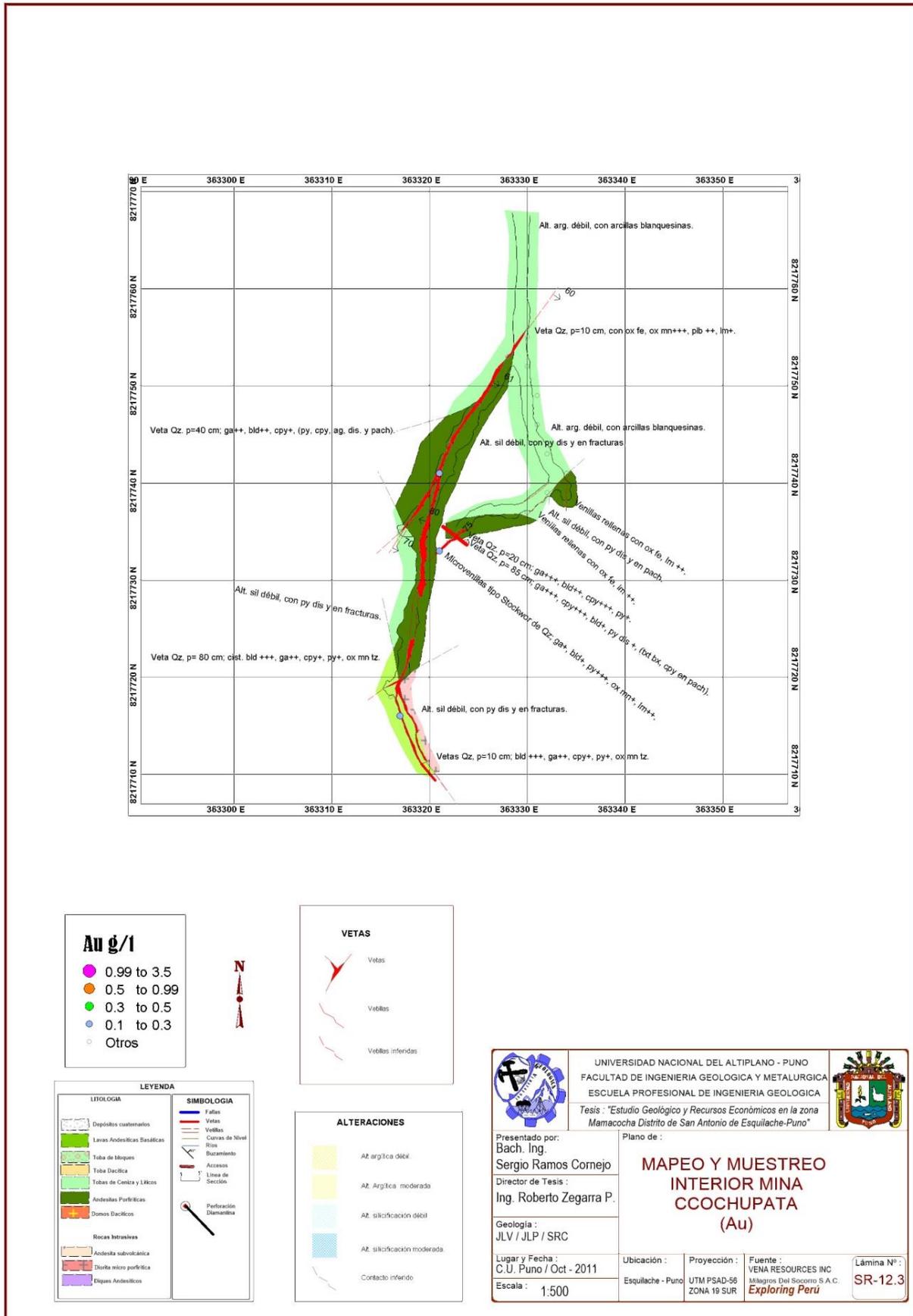
Fuente: Vena Resources.

Plano 13: (SR-04.1), Muestreo General Franja Aurífera



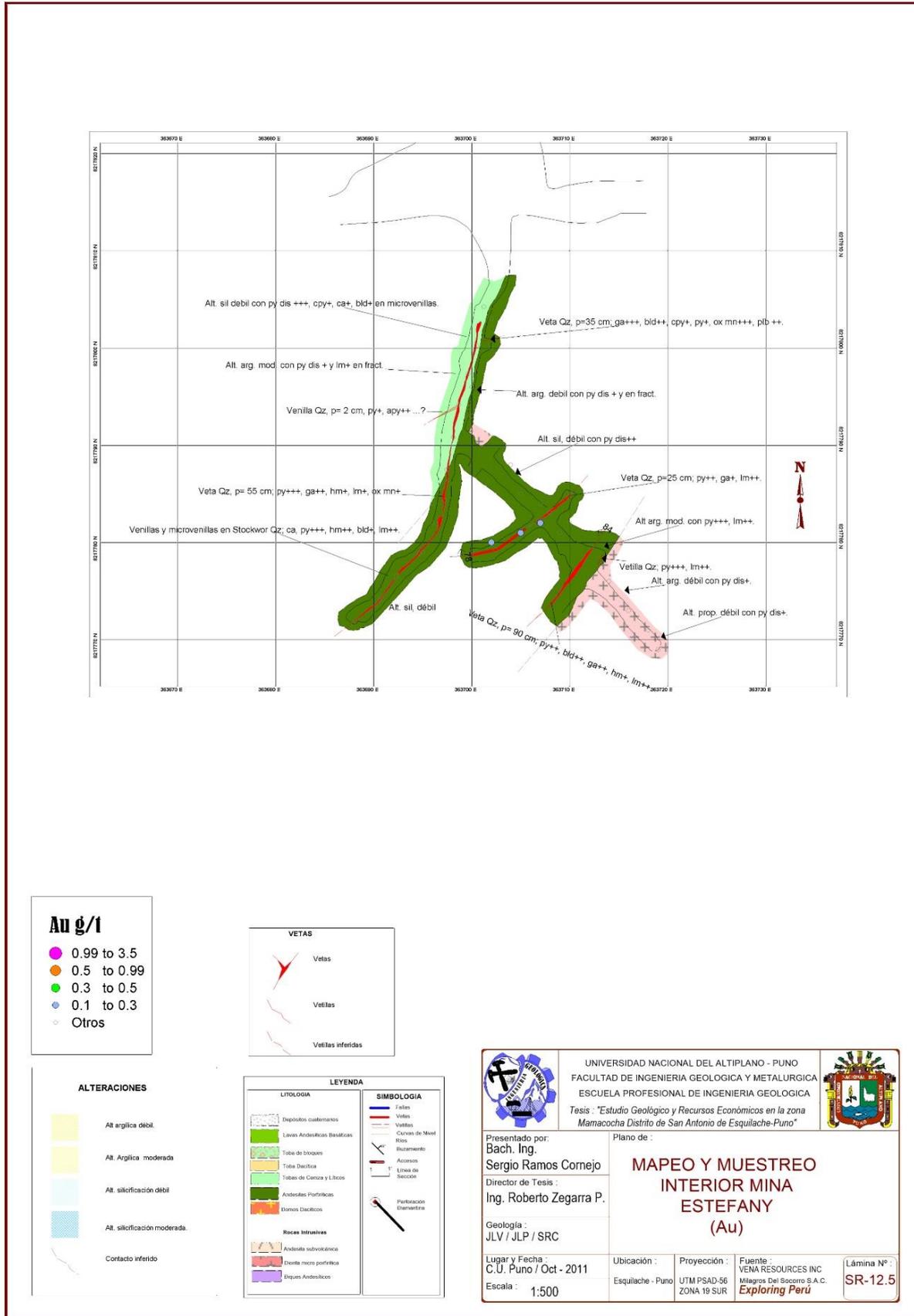
Plano 15: (SR-12.2), Mapeo y muestreo (Au), Interior mina Cruz Pata.

Fuente: Vena Resources.



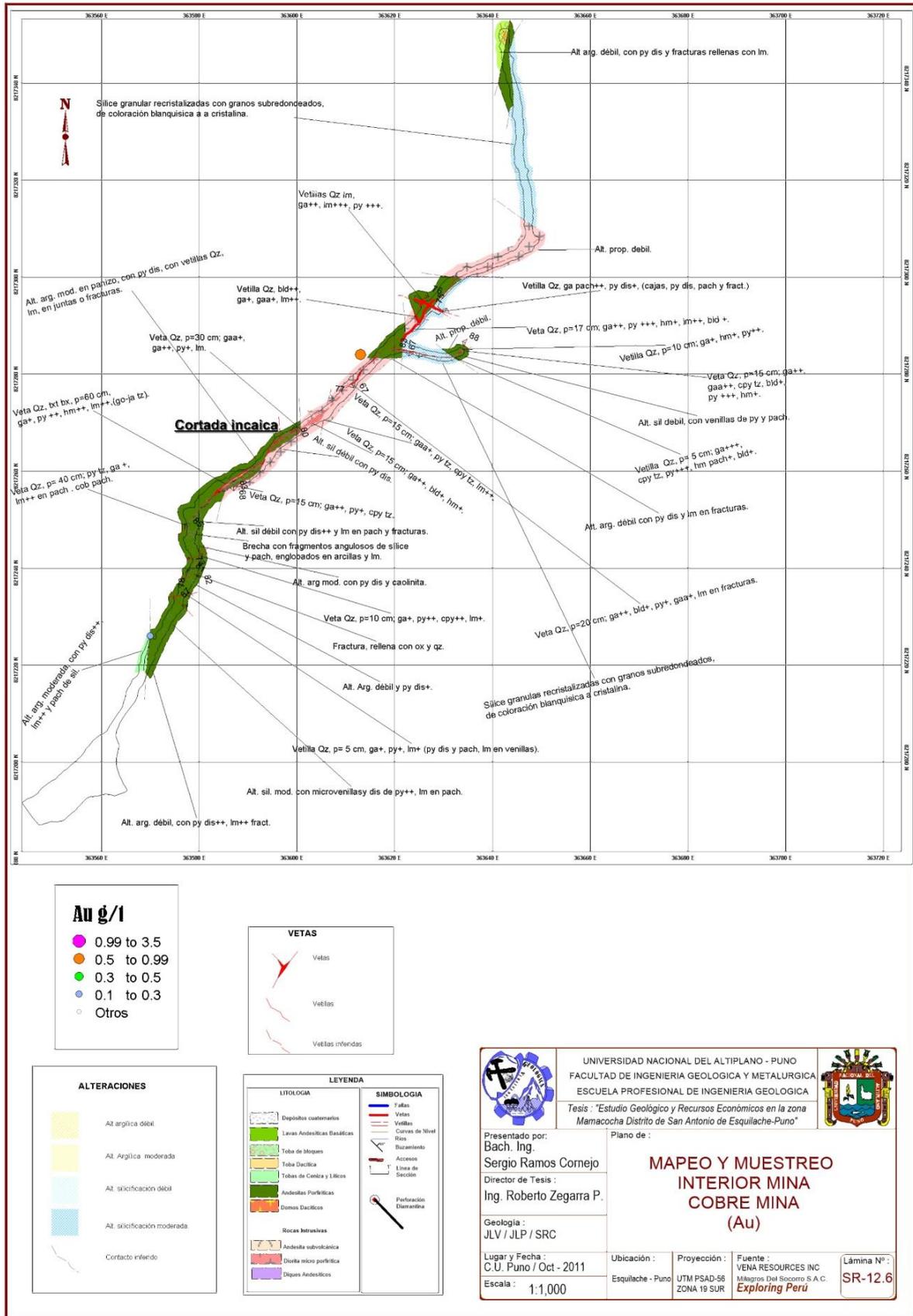
Plano 16: (SR-12.3), Mapeo y muestreo (Au), Interior mina Ccochu Pata.

Fuente: Vena Resources.



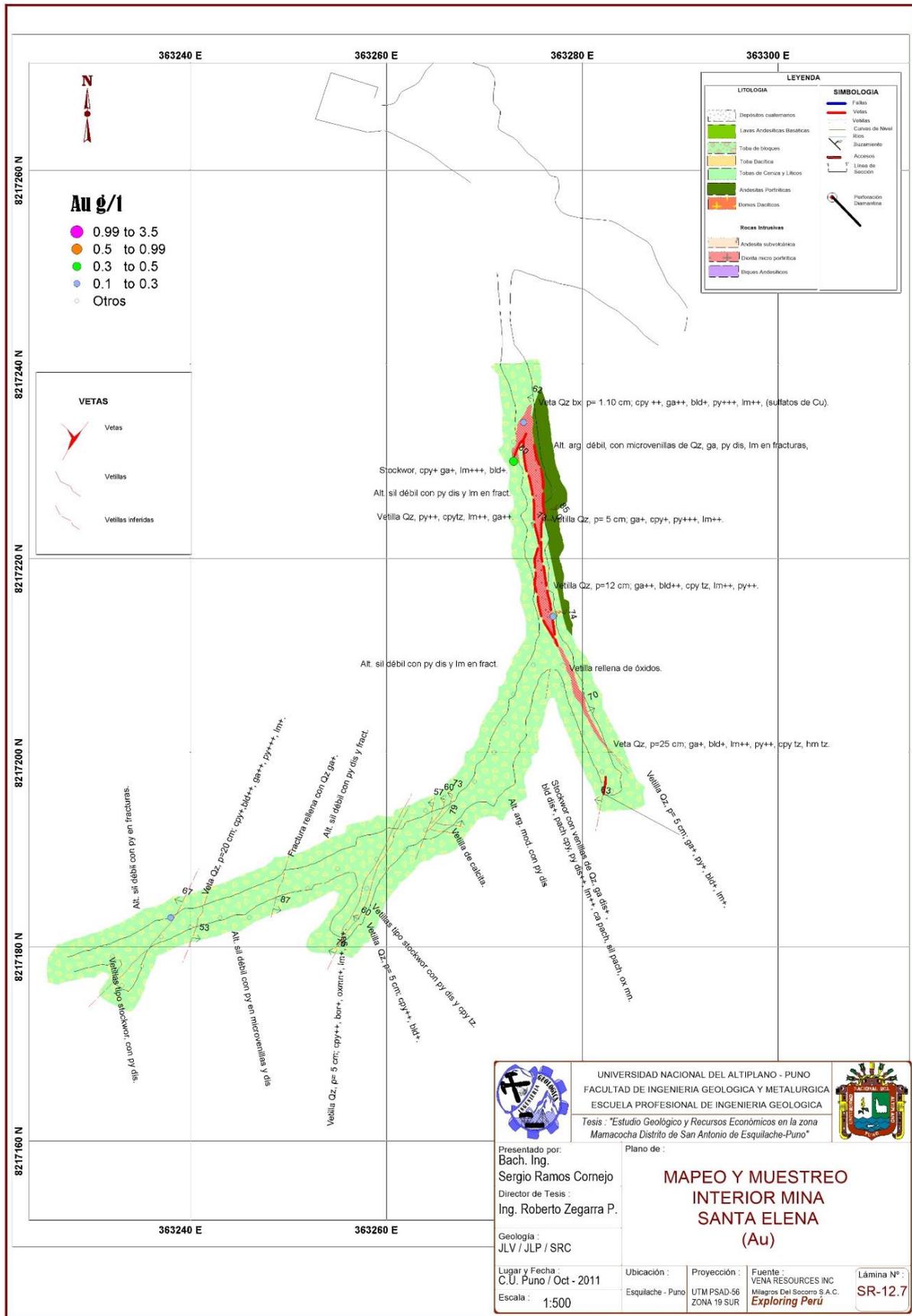
Plano 18: (SR-12.5), Mapeo y muestreo (Au), Interior mina Estefany.

Fuente: Vena Resources.



Plano 19: (SR-12.6), Mapeo y muestreo (Au), Interior mina Cobre Mina (SR-12.6).

Fuente: Vena Resources.



Plano 20: (SR-12.7), Mapeo y muestreo (Au), Interior mina Santa Elena.

Fuente: Vena Resources.

3.7.2.1. Muestreo en Testigos de Perforación

Para realizar el muestreo en los testigos de perforación, se aplicó el criterio de extraer mediante un corte longitudinal del testigo en dos mitades una de ellas se envía al laboratorio y la otra queda como contramuestra, seleccionando a criterio del geólogo de logeo, las vetas, vetillas y así también las cajas de las estructuras.

3.7.2.2. Puntos de Muestreo Regional

El muestreo Regional consistió básicamente en chips selectivos, las zonas donde se desarrolló el muestreo en mallas, canales y trincheras, se hicieron también en la Zona Estibina. Desarrollamos a continuación, una descripción geoquímica por zonas de los siguientes elementos Au, Ag, Cu, Pb y Zn, el mismo que detallamos de la siguiente manera:

3.7.2.3. Muestreo Geoquímico de Au

Luego de obtener los resultados geoquímicos, con leyes de Au, podemos apreciar que la zona con mayor interés en oro, se refleja en la zona denominada “Franja Aurífera Mamacocha”, corroborando las apreciaciones de la primera campaña, esto vinculado primordialmente a las estructuras Ivet y Elvira, con la presencia de Au, esta zona se caracteriza por manifestarse en Vetas brechadas, venillas y micro-venillas, con un ensamble de Cz-Hm-Sph, ubicado en el margen Nor Oeste del Cerro Mamacocha.

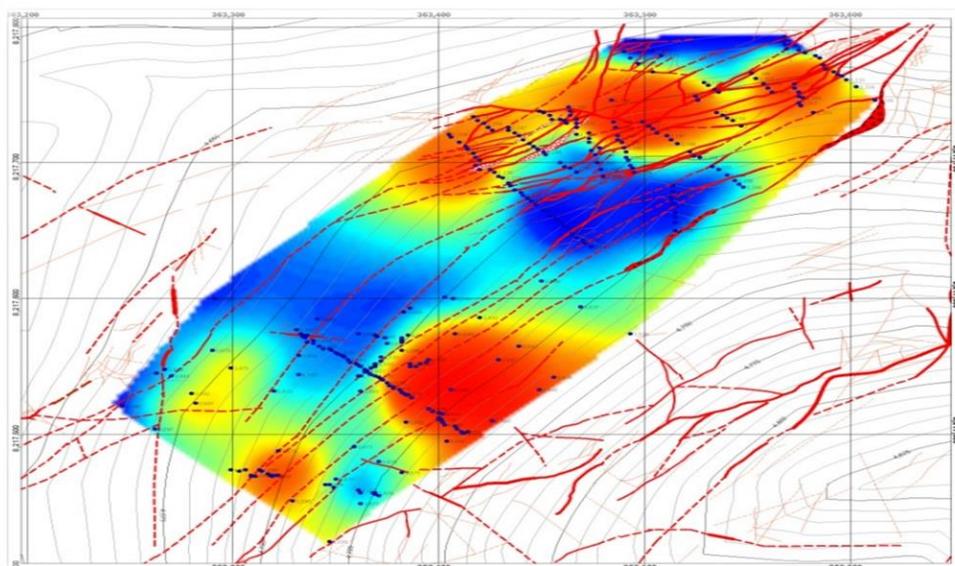


Figura N° 37: Isovalores de Au, reflej la tendencia y concentración de mejores valores.

3.7.2.4. Muestreo Geoquímico de Ag

Los resultados obtenidos del muestreo, nos hacen visualizar la zona Centro y Sur, es decir el cerro Mamacocha y cerro Mercedes respectivamente, (Domo diorítico, zona Au Mamacocha, zona Santa Elena y zona Mercedes), con presencia de plata de hasta Ag 4,936 ppm, vinculadas básicamente al óxidos de Manganeso y Galena Argentífera.

3.7.2.5. Muestreo Geoquímico de Cu

Podemos observar que la presencia de cobre en superficie es muy restringido, visualizándose únicamente en el Domo Diorítico y la cima del cerro Mamacocha, esto por zonación vertical, sin embargo en los resultados de perforación, se pudo, observar mejores valores de hasta 1.36 % Cu.

3.7.2.6. Muestreo Geoquímico de Pb

En base a los resultados de análisis químico, podemos observar que tenemos mayor concentración de plomo en la Zona Sur del proyecto, nos referimos a: (Domo Diorítico, Zona de Au, Quebrada Santa Elena, Zona Mercedes, Zona Estibina y cerro Mamacocha así también se aprecia anomalía de Pb en la Zona Polvorín). Con valores máximos de hasta 21.26 % Pb.

3.7.2.7. Muestreo Geoquímico de Zn

En base a los resultados de análisis químico, se pudo apreciar que tenemos mejores valores de Zinc en la Zona Centro y Sur del proyecto, es decir a: (Zona de Aurífera Mamacocha, Quebrada Santa Elena, Zona Mercedes, Zona Estibina), así también se aprecia anomalía de Zn en la Zona Polvorín. Con valores máximos de hasta 104.4 % Zn.

3.8. ALTERACIONES HIDROTERMALES

El centro volcánico caldera Esquilache fue afectado por un enorme sistema hidrotermal que con su aporte de fluidos alteró a las rocas presentes en una superficie aflorante de unos 12 km². Es posible que una superficie similar esté cubierta por las lavas andesíticas tardías, la cual fue afectada por la erosión del centro volcánico que señala una diferencia de relieve muy marcada por lo que es posible observar diferentes niveles del sistema hidrotermal. Las partes de mayor cota en los cerros Crestón y Mamacocha así como Mercedes,

caracterizadas por presentar zonas circundadas de alteración Argílica (incluyendo alunita, caolinita, sílice, limonita Pirita, sericita), a alturas de 4800 a 4950 m.

En posiciones intermedias y zonas restringidas a los sistemas de estructuras mineralizadas se localiza zonas de agilización moderada y propilitización.

Los trabajos de mapeo y análisis espectral PIMA, han permitido identificar zonas con alteración hidrotermal producto del reemplazamiento y circulación de fluidos hidrotermales:

- Zona de Cuarzo – Sericita – Pirita – alunita
- Zona de Cuarzo – Sericita – Hematita – Pirita
- Zona de Caolín – Illita – pirita: Zona Argílica
- Zona de Clorita – Epidota – calcita – Pirita: Zona Propilítica



Figura N° 38: Muestra con Alteración Hidrotermal, sericitización fuerte de los cristales de hornblendas.



Figura N° 39: Afloramiento en zonas de Alteración Hidrotermal Argílica avanzada, con presencia de alunita fina, la misma fue confirmada en laboratorio por análisis de espectroscopía de Reflectancia.

3.8.1. Interpretación de Imágenes Aster y Mapeo en Campo

3.8.1.1. Alteración Argílica Moderada

Alteración predominante en las calderas Huailatani, Esquilache, Ichujasi y Chucapaca, los principales minerales arcillosos son, caolinita y montmorillonita, zonalmente grada a una alteración propilítica hacia la roca fresca y a sericítica en dirección de la mineralización, con predominio de montmorillonita en la franja externa y de caolinita en el sector interno, así mismo se encuentra asociado a sulfuros y limonitas, en la caldera Esquilache, Para determinar este tipo de alteración se usan 3 bandas del sensor del SWIR de ASTER, donde los minerales que componen este tipo de alteración tienen absorción en la banda 6 y reflectancia en la suma de las bandas.

3.8.1.2. Alteración Argílica Avanzada

Alteración típica de depósitos de alta sulfuración, con ensamble característico cuarzo-alunita fina - caolinita con contenido alto de azufre, interpretación de imágenes Aster evidencias anomalías de este tipo de alteración en las calderas de Chucapaca, Ichujasi - Huailatani se encuentra asociado a silicificación moderada con presencia de limonitas y sulfuros de fierro. Este tipo de alteración ocurre donde se han movilizad o apreciablemente el aluminio, removiéndose algo de sílice, hierro, potasio, sodio, calcio y magnesio. Los sulfuros hipogénicos asociados van desde escasos a abundantes, con alta relación azufre/metal.

3.8.1.3. Silicificación

Este tipo de alteración se observa en las calderas Chucapaca, y Huailatani, asociado a argílica avanzada en la caldera Esquilache, las anomalías están restringidas a estructuras y las anomalías observadas en las imágenes Aster se emplazan en el borde de la caldera, vinculado a colada riolíticas, domos y diques riolíticas.

3.8.1.4. Alteración Propilítica

Las zonas determinadas para la alteración Propilítica se relacionan principalmente a zonas con calcita, La principal característica de la alteración Propilítica es la presencia de clorita-epidota-albita, también podría presentar

calcita, pero no es un mineral determinante para este tipo de alteración hidrotermal. Estos argumentos indicarían que este análisis podría entregar alguna relación de calcita con alteración las imágenes Lansat nos muestran una distribución marginal de borde en la zona este de la caldera Esquilache, así como en los domos andesíticos con alto contenido de ferromagnesianos y anfíboles.

3.8.2. Análisis de Espectroscopia de Reflectancia

Con la finalidad de obtener un estudio más preciso sobre las Alteraciones Hidrotermales existentes en la zona y poder realizar un trabajo de mapeo de alteraciones en campo, se realizó muestreo selectivo específico, con lo cual se obtuvieron 10 muestras, de los diferentes sectores y zonas de alteración hidrotermal, lo análisis de espectroscopia, fueron realizados en la empresa **SOUTH PACIFIC DRILLING COMPANY SAC**, a continuación veremos en detalle en cuadro siguiente, la ubicación y descripción de cada una de las muestras.

UBICACIÓN DE MUESTRAS PARA ESPECTROSCOPIA DE REFLECTANCIA
(Proyecto E5 – Esquilache)

N°	CODIGO	ESTE	NORTE	COTA	LUGAR	DESCRIPCION
1	ESQ - 01	363494	8217739	4620	Aydeé (Interior)	Roca caja de veta Aydee, interior mina, andesitas argilizadas.
2	ESQ - 02	363410	8217535	4718	Zona Aydeé (Superficie)	Franja Aurífera, Mamacocha, al techo de veta Elvira, tobas argilizadas.
3	ESQ - 03	363460	8216926	4770	C° Mercedes	Andesitas argilizadas C° Mercedes, al Sur Este veta Santa Elena.
4	ESQ - 04	362675	8218875	4763	Mesa de Plata	Zona Norte, C° Crestón, Flanco este, andesitas argilizadas.
5	ESQ - 05	363307	8218027	4587	Quebrada Asiento	Quebrada Caballuni margen Izquierda, tobas de cristales argilizadas.
6	ESQ - 06	363222	8217466	4520	Mamacocha (Interior)	Galería Mamacocha, roca caja veta Elvira, andesitas argilizadas.
7	ESQ - 07	362019	8219799	4912	C° Chojlloni	Zona Norte, C° Crestón, Flanco oeste, andesitas argilizadas.
8	ESQ - 08	361461	8219304	4886	Huayllapujo (Camino Rogelio)	Zona Norte, Sur Oeste de cancha Sepúlveda, andesitas argilizadas.
9	ESQ - 09	362997	8217598	4585	ESH_10_06 (Sondaje)	Sondaje N° 06 últimos tramos, andesitas argilizadas.
10	ESQ - 10	361849	9218670	4801	Putuco Pata (Ladera Sr. Kollo)	Zona Norte, parte baja de C° Crestón, al Sur Este de la cancha Sepúlveda.

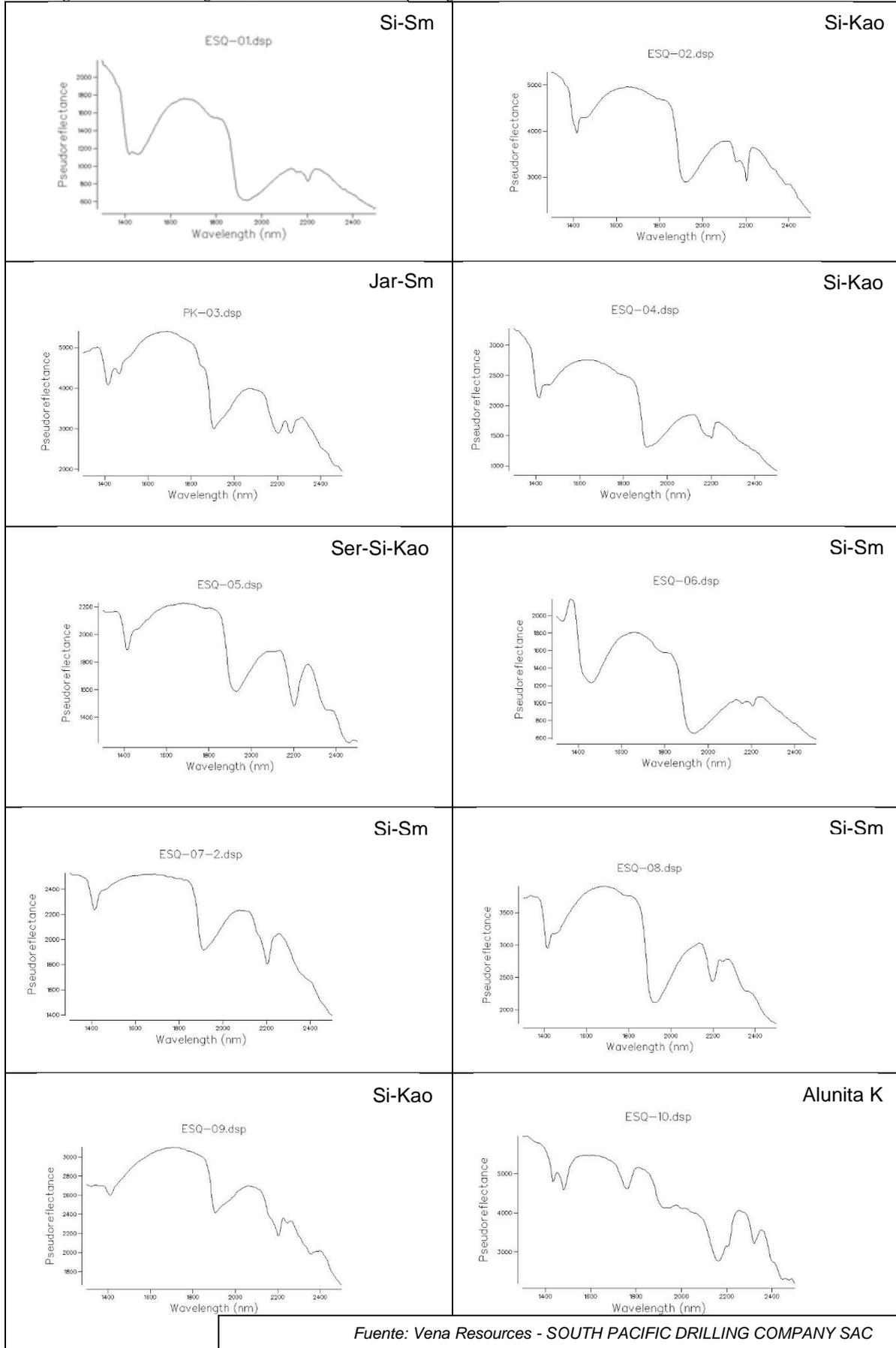
Tabla 3: Ubicación de muestras para análisis de espectroscopia.
Fuente: Vena Resources

RESULTADOS DE ANALISIS ESPECTROSCOPICO DE REFLECTANCIA
(Proyecto E-5 - Esquilache)

MUESTRA	Lecturas	si	qz	K-AL	N-AL	rflx	dk	po	dias	KA O	dk	ill	SM	ser	jar	co3	CH L	ep	FeOx	NH4	Other	Observaciones	
ESQ-01	1	3											1										
	2	3											Tr										
ESQ-02	1	3								2													
	2	3								2													
ESQ-03	1	3								2													
	2	3								2													
ESQ-04	1	3								2													
	2	3								2													
ESQ-05	1	2								Tr				3									
	2	2								1				3									
ESQ-06	1	3											1										
	2	3											1										
ESQ-07	1	3											2										
	2	3											2										
ESQ-08	1	3											1										
	2	3											1										
ESQ-09	1	2								3													
	2	3								2													
ESQ-10	1			3																			Alunita Potásica
	2			3																			Alunita Potásica
Intensidad:	Tr: Trazas	1: Débil	2: Moderado	3: Intenso																			

Tabla 4: Resultados de Análisis Espectroscópico de 10 muestras tomas en San Antonio de Esquilache.
Fuente: Vena Resources - SOUTH PACIFIC DRILLING COMPANY SAC

Figura N° 40: Difractogramas, resultado de análisis espectrográfico.



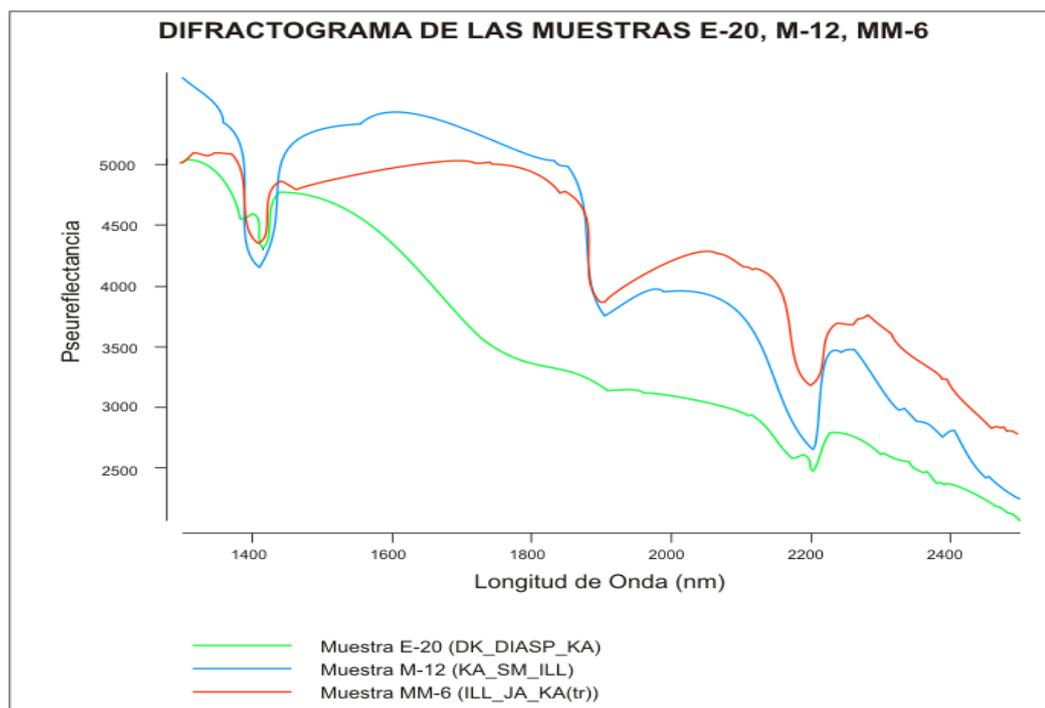


Figura N° 41: Otros ensayos de espectroscopia realizados en la zona de estudio, (franja Aurífera Mamacocho).

Fuente: Vena Resources - SOUTH PACIFIC DRILLING COMPANY SAC

3.8.2.1. Interpretación de Resultados de Espectroscopia

Se analizaron un total de 10 muestras, presentándose casi en la totalidad de ellas Sílice, Illita, Esmectita, Kaolin y Alunita fina.

Estos ensambles corresponden a una Alteración Argílica Moderada acompañada de una Silicificación en el análisis de las muestras. Estas arcillas se forman normalmente en ambientes de pH Neutros por lo que se trata de un ambiente de Baja a Intermedia Sulfuración, lo cual se corresponde con los trabajos de mapeo de Alteraciones Hidrotermales.



Plano 21: (SR-04), Alteraciones Hidrotermales

3.9. PERFORACION DIAMANTINA (DDH)

El proyecto Esquilache ha realizado dos campañas de perforación, la primera realizada en los años 2009 - 2010 con 13 sondajes diamantinos perforando 2,550.00 metros, la segunda en el año 2011 con 18 sondajes diamantinos perforando 3,159.89 metros haciendo un total de 31 sondajes

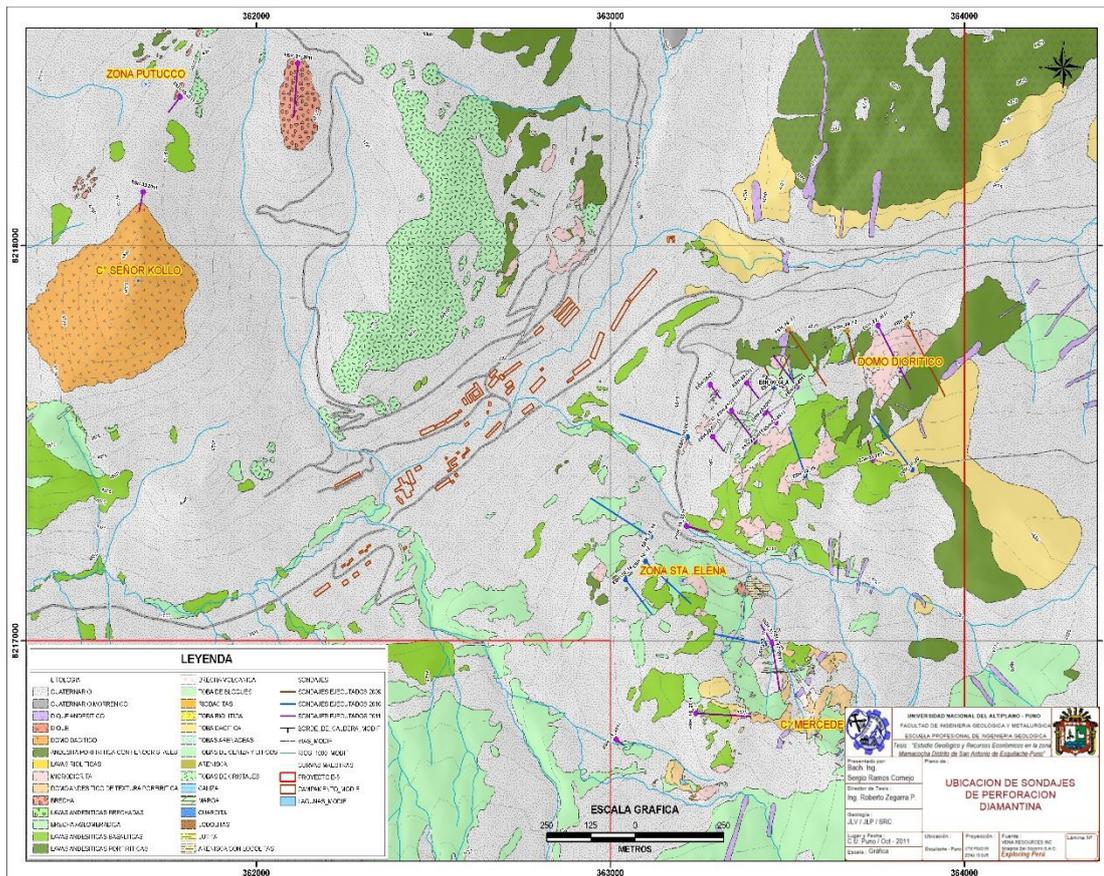


Figura N° 42: Ubicación de taladros de perforación diamantina.

Fuente: Vena Resources

3.9.1. 1° y 2° Campaña de Perforación

Se ejecutaron un total de 31 sondajes con un metraje acumulado de **5,709.89** metros, entre las 2 campañas de perforación. En la primera campaña de perforación se determinó la continuidad en profundidad de la mineralización en las vetas y vetillas tipo stockwork. La finalidad de la segunda campaña de perforación, fue la búsqueda de nuevos target en zonas de anomalía geoquímica y goeífsica, siendo las principales zonas de perforación: Santa Elena, Silvia, Mercedes, Señor Collo y Mamacocha en esta última se debe estimar recurso en Oro y Plata.

3.9.2. Ejecución de Perforación Diamantina

La primera campaña de perforación se inició el 03 de diciembre de 2009, con la ejecución del taladro ESH-09-01 culminándose el 10 de febrero de 2010 con el sondaje ESH-10-20, por la empresa Canchi Perforaciones S.A.C. utilizando la máquina Lonyear - 44.

La segunda campaña de perforación se inició el 02 de febrero de 2011, con la ejecución del taladro ESH-15-2011 culminándose el 29 de junio de 2011 con el sondaje ESH-33-2011, para dicha campaña se utilizó máquinas Lonyear-44.

Los 8 primeros sondajes fue realizada por la empresa Andacollo Servicios de Perforación S.A. y los 10 taladros restantes por la empresa Canchi Perforaciones S.A.C.



Figura N° 43: Instalación de equipo de Perforación diamantina en el Cerro Mamacocha.

3.9.2.1. Taladros Ejecutados

A continuación detallamos en los sondeos de perforación realizadas en 2 campañas de perforación:

Tabla 5: Resumen de Sondeos de Perforación (DDH), realizado en 2 campañas de perforación.

N°	HOLE-ID	ESTE	NORTE	COTA	AZIMUT	DIP	METRAJE
1	ESH_09_01	363822	8217819	4669	150	-45	300
2	ESH_09_02	363650	8217798	4655	165	-45	120.2
3	ESH_09_03	363481	8217800	4642	143	-45	250.3
4	ESH_09_04	363449	8217653	4702	333	-50	88.5
5	ESH_09_04-A	363449	8217653	4702	0	-90	84.1
6	ESH_10_04-B	363449	8217653	4702	28	-48	137.3
7	ESH_10_12	363085	8217211	4679	130	-42	225
8	ESH_10_14	363080	8217296	4655	300	-40	253
9	ESH_10_11	363418	8217004	4736	280	-40	190
10	ESH_10_19	363022	8217171	4687	140	-40	153
11	ESH_10_06	363184	8217541	4630	287	-40	260
12	ESH_10_20	363816	8217451	4833	320	-45	250.2
13	ESH_10_05	363532	8217421	4798	339	-57	238.4
14	ESH-15-2011	363016	8216751	4688	125	-75	103.6
15	ESH-16-2011	363241	8216817	4772	93	-64	350
16	ESH-17-2011	363456	8216996	4733	170	-65	286.97
17	ESH-17A-2011	363456	8216996	4733	325	-80	310.7
18	ESH-18-2011	363215	8217291	4642	105	-65	144.8
19	ESH-21-2011	362117	8218461	4766	185	-65	315.75
20	ESH-22-2011	363755	8217798	4670	150	-52	300.1
21	ESH-23-2011	363468	8217552	4728	320	-59	80.37
22	ESH-24-2011	363407	8217505	4720	320	-55	167.2
23	ESH-25-2011	363435	8217576	4733	315	-50	13.4
24	ESH-26-2011	363527	8217642	4724	320	-52	165.2
25	ESH-27-2011	363342	8217582	4676	140	-60	78.9
26	ESH-28-2011	363289	8217517	4672	140	-60	94.3
27	ESH-29-2011	363386	8217653	4677	140	-60	100.3
28	ESH-30-2011	363282	8217648	4650	140	-80	255
29	ESH-31-2011	363740	8217458	4832	345	-70	146.5
30	ESH-32-2011	361785	8218377	4786	220	-70	146.5
31	ESH-33-2011	361680	8218136	4790	193	-60	100.3
TOTAL METRAJE PERFORADO							5,709.89

Fuente: Vena Resources.

3.9.2.2. Toma de Muestras y Análisis Químico

El proceso de análisis químico de las muestras de perforación, fue encomendado al laboratorio CIMM PERU S.A. e INSPECTORATE. El método de análisis de ensayos, fue por ICP + 32 Elementos.

El total de muestras tomadas durante las 2 campañas de perforación fue de 3114 muestras de perforación diamantina, con la inserción de sus respectivos controles de QA-QC, considerando un 10% del total de muestras analizadas,

los resultados de las muestras obtenidas, sirvieron para realizar los cálculos de recursos del proyecto.

3.9.2.3. Densidad

La toma de densidad aparente fue realizada con una balanza con aproximación a milésimos, se sacó muestras a cada 25m.

El procedimiento fue el siguiente:

- Toma de muestras representativas cada 25m.
- Codificación de muestras (profundidad y ancho de muestra).
- Peso de muestra saturada en superficie.
- Peso de Muestra luego de secado en hornilla (6 horas).
- Peso de muestra saturada en agua.
- Cálculo de densidad aparente en gabinete.

Los resultados son los siguientes:

Tabla 6: Densidades aparentes de diferentes litologías, existentes en el proyecto.

TIPO DE ROCA	DENSIDAD APARENTE
Andesita	2.82
Toba de Ceniza y Líticos	2.62
Microdiorita	2.81
Brecha Craquel	2.73
Brecha Explosiva	2.66
Brecha Hidrotermal	2.79
Vetas	2.91

Fuente: Vena Resources.

Plano 22: (SR-13), Ubicación de Sondajes Zona Mamacocho

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA GEOLOGÍA Y MINERALIZACIÓN DE LA ZONA MAMACOCHA

La caldera Esquilache es una estructura volcánica circular elíptica de 6 Kms. de longitud por 5 Kms. de ancho, cuya evolución magmática de a una actividad hidrotermal tardía, formando depósitos minerales multi-eventos, donde se ha podido identificar un sistema principal de mineralización epitermal-mesotermal de baja sulfuración con ensamble cuarzo-sericita-baritina, en fracturas sigmoidales de borde de domos subvolcánicos.

La caldera se divide geográficamente en tres zonas, norte centro y sur, el principal sistema de mineralización, el cual hemos nombrado está ubicado en la zona centro, bordeando el cerro Mamacocha y siguiendo esta dirección hacia el cerro Mercedes hay estructuras mineralizadas no bien interpretadas que deben tener muy buenas perspectivas económicas, además de estas estructuras, en el flanco norte del cerro Mercedes se ha identificado un conducto de brecha explosiva con reactivación hidrotermal con buenos valores de Pb, Zn, Ag a la que hemos nombrado como brecha Santa Elena, ver plano (SR-14 SECCIÓN BRECHA SANTA ELENA). En el segmento Norte también hay mineralización en vetas que no las hemos interpretado en esta campaña y hacia el cerro señor Ccollo existe un conducto de brecha explosiva heteroclástica, con brechas freatomagmáticas hacia el borde norte; se han perforado tres taladros que nos indican, que la mineralización debe estar muy profunda y es necesario mayor estudio para una mejor interpretación.

4.1.1. Mineralogía

La metalogenia de las zonas mineralizadas del cerro Mamacocha indican que tiene una misma secuencia de formación de mineral como lo demuestra el estudio mineragráfico, realizado en la zona Mamacocha (Figuras N° 19 y 20), esta secuencia es de: pirita, esfalerita, calcopirita, galena, hematina y limonita, así mismo el sulfuro más abundante es la galena y la calcopirita.

En Zona Mamacocha, el control de la mineralización económicamente explotable, está estructuralmente controlado, conformando un sistema vetiforme sigmoidal, con rumbos predominantes (NE-SW, NS), en relleno de fracturas en tobas líticas, tobas de ceniza y cuerpos intrusivos subvolcánicos, así también en el entrecruzamiento de las venillas que conforman los stockworks, con mayor presencia aurífera.

4.1.1.1. Minerales de mena

La mineralogía está constituida fundamentalmente por sulfuros primarios, siendo los principales minerales de MENA, la Galena (PbS), Galena Argentífera (PbAgS), Esfalerita (ZnS), Calcopirita (CuFeS₂), y en menor porcentaje Estibina (Sb₂S₃) y algunos óxidos de plomo y de cobre como la Almártaga y la Malaquita (Cu₃(OH)₂(CO₃)₂) respectivamente.

4.1.1.2. Minerales de ganga

Los minerales de GANGA están dados por la Pirita (FeS₂), Pirrotina, Calcita, Rodocrosita, Cuarzo (SiO₂) lechoso, óxidos de Fierro como Magnetita (Fe₃O₄), Hematita (Fe₂O₃), Limonita (FeO(OH)₂H₂O), en menor proporción y óxidos de Manganeso.

4.1.2. Mineralización

La mineralización presenta un control o zoneamiento vertical y se presenta de dos formas principales una en Vetas y vetillas tipo stockwork, y la otra, en forma de brechas polymetálicas de (Cu-Au-Ag-Pb-Zn), mineralógicamente son similares, de superficie hacia profundidad con la siguiente distribución:

Los primero 18 m. aprox. (zona de óxidos), en superficie con una fuerte presencia de vetillas y venillas tipo stockwork con mineralización de Ag-Au, seguido de una zona intermedia de 150 m. aproximados, en estructuras de

4.1.5. Clasificación del yacimiento

La zona Mamacocha, se constituye básicamente de una mena de: **Ag-Au-Pb-Zn** trazas de **Cu**, en la zona epitermal y **Zn-Pb-Ag-Cu-Au** en la mesotermal basadas estrictamente en la mineralogía de influencia hidrotermal espacial, con zonas de lixiviación (óxidos en superficie), con mayor concentración aurífera, como se puede ver en la (Figura N°: 45 y Plano N° SR-11).

Basados en los estudios geológicos, mineralógicos, mineragráficos, petrográficos y secciones pulidas, nos permite determinar que: *“el depósito mineral de la zona Mamacocha y alrededores, corresponde a un depósito hidrotermal mesotermal a epitermal de intermedia a baja sulfuración”*.

Plano 23: (SR-11), Modelo Geológico Mamacocha (San Antonio de Esquilache)

Plano 24: (SR-11.1), Ortofoto Caldera San Antonio de Esquilache

4.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RECURSOS ECONÓMICOS DE LA ZONA MAMACOCCHA (Franja Aurífera)

Considerando el mapeo geológico y muestreo de la primera y segunda campaña, se logró identificar una zona de acumulación de vetas y vetillas de cuarzo con hematita, con el objetivo de poder ubicar mineralización aurífera para poder explotarla en un tajo abierto y se proyectó a 50 metros de profundidad para realizar esta ubicación, pero con los taladros perforados en la presente campaña hemos identificado que las vetillas contienen valores hasta una profundidad máxima de 18 metros, y confluyen a dos vetas principales que son: las vetas Ivet y Elvira, después de este análisis cambiamos el enfoque del trabajo y nos dedicamos a identificar mayormente la veta Ivet, que tiene una potencia promedio de 10 metros con leyes de Ag, que sobrepasan las 7 Onz/Tm, finalmente se identificaron dos estructuras con muy buen potencial económico Vetos Mamacocha e Ivet.

4.2.1. Caracterización de estructuras mineralizadas (VETAS)

La veta Mamacocha, forma un gran sigmoide con la veta Ivet, dentro del cual existen otras estructuras que deben ser estudiadas, la veta Mamacocha es la conjunción de las vetas Santa Rosa, Estefany y que hacia el sur llegan a confluir a esta estructura las vetas Katy y Julián, un taladro nos ha dado muy buenos valores de Ag, y se proyectó al final ubicar recursos en las vetas Mamacocha e Ivet, se consideran también, para la ubicación, las vetas Juan y Santa Cruz.

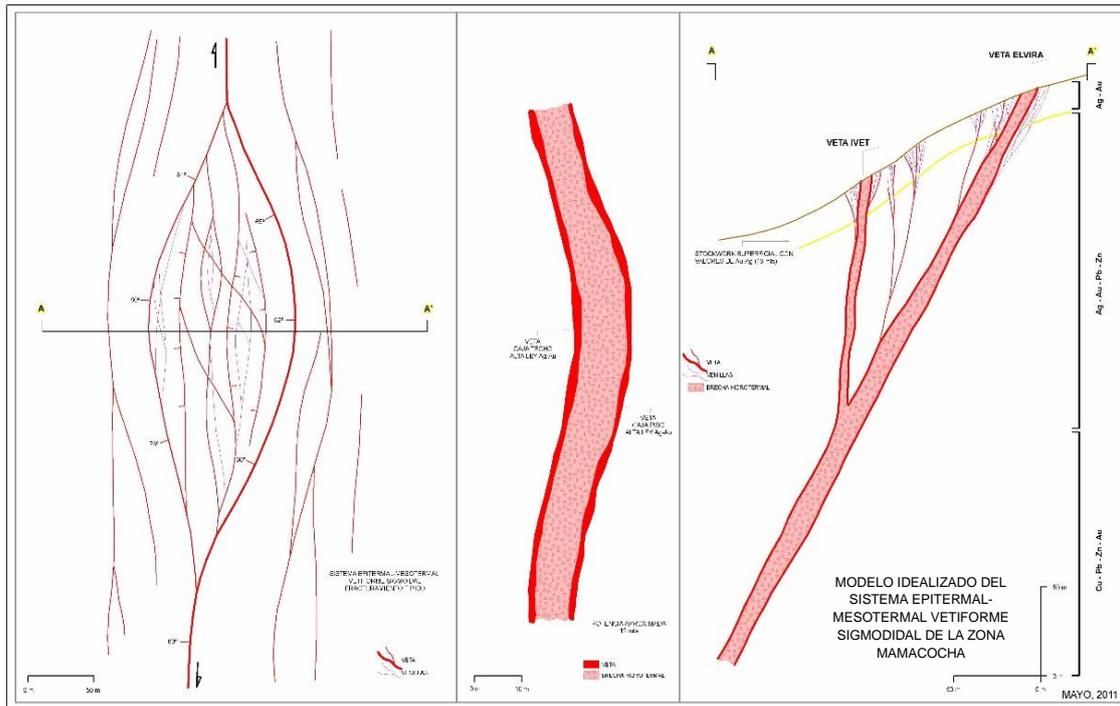


Figura N° 45: Modelo idealizado del sistema epitermal-mesotermal vitiforme sigmoidal de la zona mamacocha.

Fuente : Vena Resources.

4.2.2. Caracterización Veta IVET

La veta Ivet tiene un rumbo promedio N50°E y pertenece a un sistema de fracturas de centro de caldera, por donde se emplazaron intrusiones subvolcánicas de composición básica dejando aberturas en sus bordes por cuyos espacios circularon los fluidos hidrotermales dando origen a la formación de sistemas epitermales - mesotermiales de mineralización polimetálica con predominancia de Ag-Au en la parte superior y Zn-Pb-Ag-Cu-Au, en la zona mesotermal, pertenece al tipo de sistema de mineralización de baja sulfuración con ensambles de cuarzo-sericita-baritina-adularia.

La veta tiene una longitud aproximada de 900m. y tiene una potencia promedio de 12m., su textura es brechoide, dando la apariencia de haber sido una brecha de colapso, monomítica que fue rellena por los fluidos mineralizantes, formando tanto al techo y al piso vetas bien formadas con sílice colofome, fluidal y altas leyes de Ag-Au, que fueron explotadas en varios tramos en la época de la Colonia, pero la zona de brecha que alcanza un ancho de 10m. no fue explotada por que contiene menos ley.

Gran parte de la estructura se encuentra cubierta y la guía para un seguimiento geológico son las labores antiguas que fueron ejecutadas en la época colonial

y que han dejado pequeñas canchas, de desmonte con cierto alineamiento siguiendo el rumbo de la veta.

Aproximadamente en la intersección de las coordenadas 8217560N - 363420E forma un sigmoide con la veta Elvira, que volvería a juntarse entre las coordenadas 8218000N y 363800E.

En esta campaña se ha realizado 5 sondajes con el objetivo interceptar la veta Ivet para ver su comportamiento estructural, llegando a cumplir el cometido con los taladros ESH-24-25-27-28-29 y 30.

Llegando a obtener interceptos 31.48Oz/Tm Ag y 4.89g/t Au en un tramo 2 metros.

4.2.2.1. Cubicación Veta IVET

Para la cubicación de recursos de la veta Ivet, se ha tomado un total de 47 muestras de galería subterránea, 25 muestras de superficie y 60 muestras de testigos de perforación diamantina.

Como se muestra en la sección se ha realizado el cálculo para dos blocks, según la evaluación geológica y la data de leyes podemos indicar que hacia el SW después de la intersección de la veta Ivet y Elvira se puede notar mayor concentración de Ag para lo cual consideramos el Block 01 y hacia el NE la veta Ivet tiene mayor concentración de Au, lo que consideramos en Block 02.

En el cuadro resumen general para el Block 01, se tiene un total de **430,637.97 Tm** castigado al 30%, con una ley de **0.52 g/t Au y 8.49 Oz/t Ag**, y para el Block 02 un tonelaje de **337,927.28 Tm** castigado al 30%, con una ley de **1.87 g/t Au y 0.57 Oz/t Ag**.

Tabla 8: Cálculos de cubicación Veta Iveta.

BLOCK 01							
MUESTRAS DE TESTIGOS DE PERFORACION							
HEADER	FROM	TO	WIDTH	SAMPLE	Au (ppm)	Ag (ppm)	Ag(Oz)
ESH-24-2011	164.00	166.00	2.00	7001823	1.19	188.00	6.04
ESH-24-2011	166.00	167.20	1.20	7001824	11.04	2297.00	73.85
		SUMATORIA	3.20	PROM POND	4.89	978.87	31.47
HEADER	FROM	TO	WIDTH	SAMPLE	Au (ppm)	Ag (ppm)	Ag(Oz)
ESH-25-2011	4.00	6.00	2.00	7001962	0.83	588.00	18.90
ESH-25-2011	6.00	8.00	2.00	7001963	0.20	374.00	12.02
ESH-25-2011	8.00	10.00	2.00	7001964	0.00	40.00	1.29
ESH-25-2011	10.00	12.00	2.00	7001965	0.00	70.90	2.28
ESH-25-2011	12.00	13.40	1.40	7001966	0.09	270.00	8.68
		SUMATORIA	9.40	PROM POND	0.23	268.49	8.63
HEADER	FROM	TO	WIDTH	SAMPLE	Au (ppm)	Ag (ppm)	Ag(Oz)
ESH-27-2011	54.00	56.00	2.00	7002077	0.26	57.00	1.83
ESH-27-2011	56.00	58.00	2.00	7002078	0.78	66.50	2.14
ESH-27-2011	58.00	59.00	1.00	7002079	0.65	93.50	3.01
		SUMATORIA	5.00	PROM POND	0.54	68.10	2.19
HEADER	FROM	TO	WIDTH	SAMPLE	Au (ppm)	Ag (ppm)	Ag(Oz)
ESH-28-2011	63.30	65.00	1.70	7002134	0.09	92.00	2.96
ESH-28-2011	65.00	67.00	2.00	7002135	0.04	59.60	1.92
		SUMATORIA	3.70	PROM POND	0.06	74.49	2.39
HEADER	FROM	TO	WIDTH	SAMPLE	Au (ppm)	Ag (ppm)	Ag(Oz)
ESH-30-2011	188.15	189.23	1.08	7002450	0.10	47.60	1.53
ESH-30-2011	189.23	191.10	1.87	7002451	0.12	374.00	12.02
		SUMATORIA	2.95	PROM POND	0.11	254.50	8.18

BLOCK 02							
MUESTRAS DE TESTIGOS DE PERFORACION							
HEADER	FROM	TO	WIDTH	SAMPLE	Au (ppm)	Ag (ppm)	Ag(Oz)
ESH-09-03	23.37	23.50	0.13	2548	0.53	27.30	0.88
ESH-09-03	23.50	24.00	0.50	3497	0.64	24.50	0.79
ESH-09-03	24.00	25.30	1.30	2552	2.73	89.10	2.86
		SUMATORIA	1.93	PROM POND	2.04	68.20	2.19
HEADER	FROM	TO	WIDTH	SAMPLE	Au (ppm)	Ag (ppm)	Ag(Oz)
ESH-09-04	70.60	70.70	0.10	2627	8.45	11.40	0.37
ESH-09-04	70.70	71.40	0.70	3151	0.47	4.20	0.14
ESH-09-04	71.40	71.50	0.10	2628	6.80	6.50	0.21
ESH-09-04	71.50	73.44	1.94	3152	7.27	13.90	0.45
ESH-09-04	73.44	73.78	0.34	2629	3.09	9.00	0.29
ESH-09-04	73.78	74.04	0.26	3153	0.31	6.30	0.20
ESH-09-04	74.04	74.42	0.38	2631	7.80	4.80	0.15
ESH-09-04	74.42	75.08	0.66	2632	3.64	7.70	0.25
ESH-09-04	75.08	75.37	0.29	3154	0.04	4.10	0.13
ESH-09-04	75.37	75.72	0.35	2633	4.41	6.60	0.21
ESH-09-04	75.72	76.04	0.32	3155	0.21	5.80	0.19
ESH-09-04	76.04	76.36	0.32	2634	1.48	7.50	0.24
ESH-09-04	76.36	76.65	0.29	3156	0.04	4.90	0.16
ESH-09-04	76.65	77.05	0.40	2635	2.76	4.50	0.14
ESH-09-04	77.05	77.61	0.56	3157	0.72	6.30	0.20
ESH-09-04	77.61	77.98	0.37	2636	5.90	21.60	0.69
ESH-09-04	77.98	78.84	0.86	3158	2.51	6.20	0.20
		SUMATORIA	8.09	PROM POND	3.69	8.65	0.28

HEADER	FROM	TO	WIDTH	SAMPLE	Au (ppm)	Ag (ppm)	Ag(Oz)
ESH-29-2011	21.85	23.45	1.60	7002163	0.58	11.00	0.35
ESH-29-2011	23.45	24.75	1.30	7002164	5.73	11.00	0.35
ESH-29-2011	24.75	25.50	0.75	7002165	0.43	5.80	0.19
ESH-29-2011	25.50	27.05	1.55	7002167	0.10	4.70	0.15
ESH-29-2011	27.05	28.40	1.35	7002168	1.02	3.00	0.10
ESH-29-2011	28.40	29.40	1.00	7002170	0.29	4.20	0.14
ESH-29-2011	29.40	30.70	1.30	7002171	0.07	6.10	0.20
ESH-29-2011	30.70	32.10	1.40	7002173	0.59	5.00	0.16
ESH-29-2011	32.10	33.70	1.60	7002174	0.82	23.00	0.74
ESH-29-2011	33.70	35.20	1.50	7002175	1.37	2.70	0.09
ESH-29-2011	35.20	36.50	1.30	7002176	1.07	6.30	0.20
ESH-29-2011	36.50	37.55	1.05	7002177	1.90	62.60	2.01
ESH-29-2011	37.55	39.65	2.10	7002178	0.48	7.60	0.24
ESH-29-2011	39.65	42.00	2.35	7002179	0.59	8.00	0.26
ESH-29-2011	42.00	43.85	1.85	7002180	1.82	6.60	0.21
ESH-29-2011	43.85	45.90	2.05	7002181	1.28	6.60	0.21
ESH-29-2011	45.90	48.20	2.30	7002182	1.76	2.90	0.09
ESH-29-2011	48.20	48.70	0.50	7002183	2.30	13.10	0.42
ESH-29-2011	48.70	51.10	2.40	7002184	1.15	4.50	0.14
ESH-29-2011	51.10	52.30	1.20	7002185	1.85	4.00	0.13
ESH-29-2011	52.30	54.30	2.00	7002187	0.83	7.00	0.23
ESH-29-2011	54.30	56.20	1.90	7002188	0.76	8.10	0.26
ESH-29-2011	56.20	58.10	1.90	7002190	5.96	4.80	0.15
ESH-29-2011	58.10	60.30	2.20	7002191	1.82	7.50	0.24
ESH-29-2011	60.30	62.80	2.50	7002193	1.74	14.80	0.48
ESH-29-2011	62.80	65.10	2.30	7002194	0.94	10.20	0.33
		SUMATORIA	43.25	PROM POND	1.43	8.93	0.29

BLOCK 01					
MUESTRAS SUBTERRANEO					
GALERIA	LENGTH M	SAMPLE	Au (ppm)	Ag (ppm)	Ag (Oz)
MAMACOCHA	2.00	1862	0.19	14.90	0.48
MAMACOCHA	2.30	1861	0.49	358.00	11.51
MAMACOCHA	2.00	1863	0.12	139.00	4.47
MAMACOCHA	2.00	1864	0.45	119.00	3.83
MAMACOCHA	1.50	1865	0.20	90.70	2.92
MAMACOCHA	2.00	1866	0.47	69.00	2.22
MAMACOCHA	2.00	1867	0.42	63.10	2.03
MAMACOCHA	1.70	1868	0.15	24.00	0.77
MAMACOCHA	2.00	1869	0.20	40.80	1.31
MAMACOCHA	2.00	1870	0.17	93.60	3.01
MAMACOCHA	2.00	1871	0.30	108.00	3.47
MAMACOCHA	2.00	1872	0.16	50.80	1.63
MAMACOCHA	2.00	1873	0.14	157.00	5.05
MAMACOCHA	2.00	1874	0.15	45.40	1.46
MAMACOCHA	2.00	1875	0.08	11.80	0.38
MAMACOCHA	3.00	1876	0.11	60.50	1.95
PROMEDIO	2.03	PROM POND	0.24	92.51	2.97

MUESTRAS SUPERFICIE					
GRUPO	LENGTH M	SAMPLE	Au (ppm)	Ag (ppm)	Ag (Oz)
1	2.00	3678	0.12	133.00	4.28
1	2.00	4076	0.11	311.00	10.00
1	2.00	4077	0.20	574.00	18.45
PROMEDIO	3.00	PROM POND	0.14	339.33	10.91

BLOCK 02					
MUESTRAS SUBTERRANEO					
GALERIA 1	LENGTH M	SAMPLE	Au (ppm)	Ag (ppm)	Ag (Oz)
IVETA	3.00	1968	0.59	10.10	0.32
IVETA	2.90	1977	0.32	14.00	0.45
IVETA	3.00	1978	0.45	16.60	0.53
IVETA	2.80	1979	0.25	5.70	0.18
IVETA	3.00	1980	0.17	3.40	0.11
IVETA	0.90	1981	1.38	3.10	0.10
IVETA	0.50	1982	0.13	14.40	0.46
IVETA	0.80	2001	3.12	21.40	0.69
IVETA	1.30	2002	0.93	23.20	0.75
IVETA	1.50	2005	1.54	34.40	1.11
IVETA	1.70	2006	1.31	48.70	1.57
IVETA	1.30	2007	0.47	15.30	0.49
IVETA	1.30	2008	0.93	24.10	0.77
IVETA	1.00	2152	16.98	39.00	1.25
IVETA	0.90	2153	3.96	220.00	7.07
IVETA	2.00	2154	0.63	41.80	1.34
IVETA	1.20	2155	0.91	118.00	3.79
IVETA	1.60	2156	0.54	58.40	1.88
IVETA	1.00	2157	0.64	24.30	0.78
IVETA	1.20	2158	1.41	44.80	1.44
IVETA	0.80	2159	4.38	28.10	0.90
IVETA	1.00	2160	9.70	44.00	1.41
PROMEDIO	1.58	PROM POND	1.61	31.41	1.01

MUESTRAS SUBTERRANEO					
GALERIA 2	LENGTH M	SAMPLE	Au (ppm)	Ag (ppm)	Ag (Oz)
IVETA	3.00	1987	0.23	39.90	1.28
IVETA	2.90	1991	0.26	64.90	2.09
IVETA	3.00	1992	0.10	18.60	0.60
IVETA	2.80	2009	0.59	31.80	1.02
IVETA	3.00	2012	5.56	61.80	1.99
IVETA	0.90	2161	0.86	684.00	21.99
IVETA	0.50	2162	1.49	243.00	7.81
IVETA	0.80	2163	2.54	44.90	1.44
IVETA	1.30	2164	6.32	46.50	1.49
PROMEDIO	2.02	PROM POND	1.75	80.86	2.60

MUESTRAS SUPERFICIE					
GRUPO	LENGTH M	SAMPLE	Au (ppm)	Ag (ppm)	Ag (Oz)
2	0.50	M1294	0.25	24.40	0.78
2	1.30	M1295	6.74	73.00	2.35
2	0.80	M1296	19.48	136.00	4.37
2	1.35	M1316	2.22	25.70	0.83
2	1.00	M1317	1.55	30.70	0.99
2	0.70	M1318	6.91	15.40	0.50

Tabla 9: Resumen de cubicación Veta Ivet.

RESUMEN										
BLOCK	RECURSO	AREA	POT	VOLUMEN	PE	TM	CASTIGO (30%)	Au (ppm)	Ag (ppm)	Ag (Oz)
BLOCK 01	INFERIDO	74796	3.29	246078.84	2.5	615197.10	430637.97	0.52	264.19	8.49
BLOCK	RECURSO	AREA	POT	VOLUMEN	PE	TM	CASTIGO (30%)	Au (ppm)	Ag (ppm)	Ag (Oz)
BLOCK 02	INFERIDO	27045	7.14	193101.30	2.5	482753.25	337927.28	1.87	17.66	0.57

Fuente: Vena Resources.



Plano 25: (SR-13.1), Sección de Cubicación Veta Ivet (Ag).



Plano 26: (SR-13.1.1), Sección de Cubicación Veta Ivet (Au).

4.2.3. Caracterización Veta MAMACOCHA

Al momento de cambiar de enfoque en los trabajos de la franja se inició el reconocimiento de todas las estructuras del sistema Mamacocha y se identificó esta veta que es parte del gran sigmoide que se emplazó en este cerro, el rumbo promedio en el flanco sur del cerro es de N40°E y su buzamiento es de 70° SE y en el flanco norte la dirección se torna NS por ser la zona de mayor curvatura del sigmoide, para llegar a la quebrada Caballuni otra vez con el rumbo N40°E y buzamiento subvertical, no muy bien determinado por la cobertura.

Hemos calculado un recurso inferido que debe ser comprobado con trabajos de perforación diamantina, pero de preferencia sería mejor explorarla por medio de tunelería partiendo de la labor que está en la quebrada Santa Elena en la labor Cobremina.

Esta estructura en el sondaje ESH-30 -2011 presenta leyes promedio de 16.27Oz/Tm Ag y 0.16 g/t Au con una potencia de 5.85m. Se adjunta los datos de cubicación.

4.2.3.1. Cubicación Veta MAMACOCHA

Para la cubicación de recursos de la veta Mamacocha se ha tomado un total de 8 muestras de superficie y 8 muestras de testigos de perforación diamantina que interceptaron la estructura.

Como se muestra en la sección en este caso se ha realizado el cálculo para un solo Block, a continuación mostramos la data de leyes utilizada.

En el cuadro de resumen general para el Block 01, se tiene un total de **5'950,003.50 Tm** castigado al 30%, con una ley de **0.12 g/t Au y 9.28 Oz/t Ag**.

Tabla 10: Cálculos de cubicación Veta Mamacochoa.

MUESTRAS DE SUPERFICIE-VETA MAMACOCHA					
GRUPO	LENGTH_M	SAMPLE	Au (ppm)	Ag (ppm)	Ag (Oz)
1	0.30	7002204	0.13	168.00	5.40
1	0.40	7002205	0.05	486.00	15.62
1	2.40	7002206	0.06	49.10	1.58
SUM	3.10	PROM POND	0.07	116.98	3.76

GRUPO	LENGTH_M	SAMPLE	Au (ppm)	Ag (ppm)	Ag (Oz)
2	1.50	7002213	0.33	224.00	7.20
2	1.50	7002214	0.12	294.00	9.45
2	2.00	7002215	0.02	86.90	2.79
SUM	5.00	PROM POND	0.14	190.16	6.11

GRUPO	LENGTH_M	SAMPLE	Au (ppm)	Ag (ppm)	Ag (Oz)
3	0.35	M1409	0.5040	884.00	28.42
3	2.00	M1434	0.0850	136.00	4.37
SUM	2.35	PROM POND	0.15	247.40	7.95

PROM PONDERADO DE SONDAJES DE PERFORACION				
MUESTRA	POT (m)	Au (ppm)	Ag (ppm)	Ag(Oz)
ESH-09-02	2.80	0.04	102.70	3.30
ESH-31-2011	5.85	0.16	505.86	16.26
	4.33	0.12	375.36	12.07

PROM PONDERADO DE MUESTRAS DE SUPERFICIE				
MUESTRA	POT (m)	Au (ppm)	Ag (ppm)	Ag(Oz)
GRUPO 1	3.10	0.07	116.98	3.76
GRUPO 2	5.00	0.14	190.16	6.11
GRUPO 3	2.35	0.15	247.40	7.95
	3.48	0.12	181.32	5.83

PROM PONDERADO DE SONDAJES DE PERFORACION				
MUESTRA	POT (m)	Au (ppm)	Ag (ppm)	Ag(Oz)
DDH	4.33	0.12	375.36	12.07
SUPERFICIE	3.48	0.12	181.32	5.83
	3.90	0.12	288.80	9.28

Tabla 11: Resumen de cubicación Veta Mamacochoa.

RESUMEN										
BLOCK	RECURSO	AREA	POT	VOLUMEN	P.E.	TM	CASTIGO (30%)	Au (ppm)	Ag (ppm)	Ag (Oz)
1	INFERIDO	87180	3.90	340002.00	2.50	850005.00	595003.50	0.12	288.80	9.28

Fuente: Venaresources.



Plano 27: (SR-13.2), Sección de Cubicación Veta Mamacochoa (Ag).

Plano 28: (SR-06.1), Sección Compósito Cortada Mamacocho (Alteraciones Hidrotermales).

4.2.4. Caracterización Veta JUAN

Emplazada en secuencias de tobas de ceniza con líticos y coladas andesíticas presenta una longitud de desarrollo subterráneo de 85m; tiene un rumbo promedio de N20°E, con buzamiento 72° al SE, la potencia promedio es de 0.80 m, esta veta fue interceptada por el taladro ESH-10-06 con una ley de 3.4 Oz Ag/Tm y 0.4 Gr Au/Tm, 1.4% de Zn, y 0.8 de Pb, en la galería el promedio de Zn es 0.84% y Pb 0.57%, con los valores de Ag que se tiene en la galería se ha cubicado un pequeño recurso que ponemos a disposición.

4.2.4.1. Cubicación Veta JUAN

Esta estructura ha sido interceptada por la cortada Mamacocha, de donde se ha considerado para la cubicación un total de 36 muestras tomadas en canales sobre la veta Juan y dos muestras de testigos de perforación, se presenta los datos utilizados. Como se muestra en la sección se ha realizado el cálculo para dos block, donde a continuación presentamos todos los datos utilizados.

En el cuadro resumen general se tiene un tonelaje total de **3,821.22 Tm** castigado al 30%, con una ley de **0.33 g/t Au y 6.89 Oz/t Ag**.

Tabla 12: Cálculos de cubicación Veta Juan.

BLOCK 01				
MUESTRA	POT (m)	Au (g/t)	Ag (g/t)	Ag (oz/t)
1736	0.35	0.07	151.00	4.85
1737	0.18	0.08	130.00	4.18
1738	0.50	0.36	602.00	19.35
1739	1.20	1.75	626.00	20.13
1740	0.65	0.28	212.00	6.82
1741	0.40	0.15	369.00	11.86
1742	1.10	0.09	161.00	5.18
1743	0.60	0.22	252.00	8.10
1744	0.40	0.11	62.70	2.02
1745	1.20	0.13	50.90	1.64
1746	0.70	0.10	33.60	1.08
1747	0.70	0.02	198.00	6.37
1748	1.20	0.10	172.00	5.53
1749	1.40	0.36	195.00	6.27
1750	1.40	0.16	69.50	2.23
BLOCK	POT (m)	Au (g/t)	Ag (g/t)	Ag (oz/t)
2	0.80	0.33	214.28	6.89

Tabla 13: Resumen de cubicación Veta Juan.

RESUMEN										
BLOCK	RECURSO	AREA	POT	VOLUMEN	P.E.	TM	CASTIGO (30%)	Au (g/t)	Ag (g/t)	Ag (oz/t)
1	INFERIDO	1589	0.8	1271.20	2.80	3559.36	2491.55	0.33	214.28	6.89
2	INFERIDO	848	0.8	678.40	2.80	1899.52	1329.66	0.33	214.28	6.89
						5458.88	3821.22	0.33	214.28	6.89

Fuente: Vena Resources.

Plano 29: (SR-13.3), Sección de Cubicación Veta Juan (Ag).

4.2.5. Caracterización Veta SANTA CRUZ

Emplazada en secuencias de tobas de ceniza con líticos y coladas andesíticas presenta una longitud de laboreo subterráneo de aprox. 50 m su rumbo promedio es N40°E, con buzamiento de 62° al SE, su potencia promedio es de 1.52 m, es una veta de cuarzo bandeado hialino con presencia de sulfuros, fue interceptada por el taladro ESH-09-06 con valores de 6 Oz Ag/Tm, 0.96 Gr/Tm Au, 0.79% Pb y 1.5% Zn, en la galería tenemos buenas leyes de Ag que han sido tomadas para cubicar un pequeño recurso, las leyes de Pb y Zn también son muy importantes, en anterior reporte se tomaron valores de una zona más profunda por interpretación, pero hay que tener muy en cuenta estos valores para una futura exploración.

4.2.5.1. Cubicación Veta SANTA CRUZ

Para la cubicación se ha considerado un total de 25 muestras de galería subterránea y 2 muestras de testigos de perforación.

La sección se ha realizado el cálculo para dos block, donde a continuación presentamos todos los datos utilizados.

En el cuadro de resumen general se tiene un total de **14,032.59 Tm** castigado al 30%, con una ley de **0.37g/t Au y 9 Oz/t de Ag**.

Tabla 14: Cálculos de cubicación Veta Santa Cruz.

BLOCK 01-LEYES DE MUESTRAS							
MUESTRA	POT (m)	Au (g/t)	Ag (g/t)	Ag (oz/t)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)
1772	2.00	0.57	219.00	7.04	1.42	0.15	0.23
1773	1.60	0.15	168.00	5.40	0.49	0.17	0.46
1774	1.40	0.23	60.10	1.93	0.43	0.06	0.25
1775	1.50	0.36	214.00	6.88	1.82	0.20	0.67
1776	2.00	0.17	234.00	7.52	0.63	0.10	0.41
1777	1.50	0.21	52.20	1.68	0.27	0.11	0.35
1778	2.00	0.41	256.00	8.23	0.81	1.37	4.03
1779	1.50	0.15	103.00	3.31	0.34	0.25	0.80
1780	1.70	0.44	192.00	6.17	0.48	2.27	6.11
1781	1.50	0.41	282.00	9.07	1.90	0.41	0.59
1782	1.50	0.40	407.00	13.09	2.45	0.35	0.46
1783	1.80	0.21	123.00	3.95	0.53	0.35	0.66
1784	1.50	0.25	358.00	11.51	1.43	0.39	1.47
1785	1.80	0.34	330.00	10.61	1.77	0.30	1.33
1786	1.60	1.33	523.00	16.81	0.72	0.87	2.14
1787	1.20	0.26	227.00	7.30	0.55	0.62	1.19
1788	1.50	0.31	423.00	13.60	2.18	0.16	0.40
1789	1.30	0.28	659.00	21.19	2.42	0.34	0.66
1790	1.30	0.21	133.00	4.28	0.82	0.19	0.59
1791	2.20	0.30	786.00	25.27	1.51	0.30	0.74
1792	1.80	0.27	149.00	4.79	0.19	0.82	2.92
1793	1.00	0.80	333.00	10.71	0.36	0.87	3.23
1794	1.30	0.31	235.00	7.56	0.76	0.27	0.71
2993	0.62	0.13	30.20	0.97	0.01	0.06	0.20
2994	0.86	0.96	189.40	6.09	0.11	0.80	1.46
BLOCK	POT (m)	Au (g/t)	Ag (g/t)	Ag (oz/t)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)
1	1.52	0.37	279.83	9.00	1.02	0.48	1.33

Tabla 15: Resumen de cubicación Veta Santa Cruz.

RESUMEN										
BLOCK	RECURSO	AREA	POT	VOLUMEN	P.E.	TM	CASTIGO (30%)	Au (g/t)	Ag (g/t)	Ag (oz/t)
1	INFERIDO	3131.52	1.52	4759.90	2.80	13327.73	9329.41	0.37	279.83	9.00
2	INFERIDO	1578.67	1.52	2399.58	2.80	6718.83	4703.18	0.37	279.83	9.00
						20046.56	14032.59	0.37	279.83	9.00

Fuente: Vena Resources

Plano 30: (SR-13.4), Sección de Cubicación Veta Santa Cruz (Ag).

Tabla 16: Resumen General de cubicación Franja Aurífera Mamacocha.

VELA	BLOCK	RECURSO	AREA	POT	VOLUMEN	PE	TM	CASTIGO (30%)	Au (ppm)	Ag (ppm)	Ag (Oz)
IVET	BLOCK 01	INFERIDO	74,796.00	3.29	246,078.84	2.50	615,197.10	430,637.97	0.52	264.19	8.49
IVET	BLOCK 02	INFERIDO	27,045.00	7.14	193,101.30	2.50	482,753.25	337,927.28	1.87	17.66	0.57
JUAN	BLOCK 01	INDICADO	1,589.00	0.80	1,271.20	2.80	3,559.36	2,491.55	0.33	214.28	6.89
JUAN	BLOCK 02	INFERIDO	848.00	0.80	678.40	2.80	1,899.52	1,329.66	0.33	214.28	6.89
MAMACOCHA	BLOCK 01	INFERIDO	87,180.00	3.90	340,002.00	2.50	850,005.00	595,003.50	0.12	288.80	9.28
SANTA CRUZ	BLOCK 01	INDICADO	3,131.52	1.52	4,759.90	2.80	13,327.73	9,329.41	0.37	279.83	9.00
SANTA CRUZ	BLOCK 02	INFERIDO	1,578.67	1.52	2,399.58	2.80	6,718.83	4,703.18	0.37	279.83	9.00
SUB TOTALES							1,973,460.79	1,381,422.55	0.56	222.70	7.16

Fuente: Vena Resources.

En resumen: **1'381,422.55 Tm**, con un castigo de 30% y con una ley de **0.56 g/t Au** y **7.16 Oz/t de Ag**.

CONCLUSIONES

El yacimiento de Esquilache, por la geología, mineralogía, minerografía y petrología, es un depósito hidrotermal mesotermal a epitermal, presenta un sistema principal de mineralización multi-evento de baja sulfuración, vetiforme, sigmoidal en un estadio transicional que va gradando de un mesotermal a epitermal típico de intermedia a baja sulfuración, con mineralización polimetálica con predominancia de **Ag-Au** en las zonas epitermal y mesotermal, muestra mayores valores de, Zn-Pb-Ag-Cu-Au.

Se confirma la existencia de un potencial metálico indicado, que genera una gran posibilidad de extracción, teniendo como: **1'381,422.55 Tm**, con un castigo de 30% y con una ley de **0.56 g/t Au** y **7.16 Oz/t de Ag**.

RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar con estudios geológicos, datación radiométrica e Inclusiones fluidas, realizar sondajes de perforación diamantina en malla o sistemáticos, con perforaciones profundas.

Así como también realizar perforaciones diamantinas profundas sub verticales en la veta Estibina para obtener mayor información geológica y determinar su influencia en la mineralización, Se recomienda realizar pruebas metalúrgicas para una buena recuperación de oro en la zona Mamacochoa.

BIBLIOGRAFÍA

- BOLETIN N°55 1995. "GEOLOGIA DEL PERU". Editado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico Lima-Perú.
- CORBETT G.J.-LEACH T.M. 1997. "SOUTHWEST PACIFIC RIM GOLD – COPPER SYSTMS". Special Publications of the Society of Economic Geologists.
- CORBETT G.J 2004 "EPITHERMAL Au-Ag THE MAGMATIC CONNECTION" Geoscience Australia.
- CORBETT G.J 2002 "EPITHERMAL GOLD FOR EXPLORATIONISTS". AIG Journal-Applied geoscientific practice and research in Australia.
- DAVILA B.J. 1992. "DICCIONARIO GEOLOGICO". Editado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico Lima-Perú.
- HEDENQUIST J. 2005. "EPITHERMAL SYSTEMS" Ottawa, Canada.
- MEGARD F. 1979. "ESTUDIO GEOLOGICO DE LOS ANDES DEL PERU CENTRAL". Editado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico Lima-Perú.
- MCPHIE J.-DOYLE M.-ALLEN R. 1993. "VOLCANIC TEXTURES". Centre for Deposit and Exploration Studies University of Tasmania.
- MERCIER J.-VERGELY P. 2001 "TECTONICA" Editorial LIMUSA - Noriega
- NELSON P.E. 2003. "GEOLOGIA ESTRUCTURAL APLICADA A LA EXDPLORACION". Colorado School of Mines, Nevada.
- PIRAJNO F. 2001 "HYDROTHERMAL MINERAL DEPOSITS". Lima-Perú.
- RIVERA M.H. 2001. "GEOQUIMICA". Lima-Perú.
- SILLITOE H.R.-PERELLO J.-VIDAL E.C. 2004. "ANDEAM METALLOGENY NEW DISCOVERIES, CONCEPTS, AND UPDATES". Special Publications of the Society of Economic Geologists.
- STEINMULLER K. 1999. "DEPOSITOS METALICOS EN EL PERU" Editado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico Lima-Perú.
- VALERA J. 1987. "GEOLOGIA DE LOS DEPOSITOS DE MINERALES METALICOS". Lima-Perú.
- CLARK, R.N., King, T., Klefwa, M., Swayze, G.A. y Vergo, N., 1990, Espectroscopía de reflectancia de alta resolución para minerales: Journal of Geophysical Research, v. 95, no. B-8, p. 12,653-12,680.

CROELEY, J. K., 1984, Reflectancia de la zunyita en la zona cercana al infrarrojo:

Implicancias en el mapeo de campo y la detección por sensores remotos de rocas con alto contenido de alúmina hidrotermalmente alteradas: *Economic Geology*, v.79, p. 553-557.

HUSTON, D.L., KAMPRAD, J., Y BRAUHART, C., 1999, Definición de zonas de alteración de altas temperaturas con PIMA: Un ejemplo del distrito Panorama VHMS, central Pilbara Craton: *Australian Geological Survey Organization Research Newsletter*, v. 30, p. 10-12.

MARTINEZ-ALONSO, S.E., GOETZ, A.F.H., ATKINSON, W.W., KRUSE, F.A. Y EBERL, D.D., 1999, Estudio a multiescala de las imágenes espectrales del infrarrojo de minerales arcillosos: de cálculos “ab initio quantum” para sensores remotos hiperespectrales: *International Conference on Applied Geologic Remote Sensing*, 13th, Vancouver, B.C., March 1-3, 1999, ERIM International Inc., *Proceedings*, p. I-174-181.

ANEXOS

Anexo N° 1: AUTORIZACIÓN DE LA EMPRESA VENA RESOURCES PARA USO DE DATOS

Anexo N° 2: DATA GENERAL DE PERFORACIÓN DIAMANTINA 1° Y 2° CAMPAÑA

Anexo N° 3: (SR-14) SECCIÓN BRECHA SANTA ELENA

Anexo N° 4: (SR-14.1) SECCIÓN COMPOSITO MAMACOCHA (Alteraciones Hidrotermales)

Anexo N° 5: (SR-14.2) SECCIÓN ESH-09-01

Anexo N° 6: (SR-14.3) SECCIÓN ESH-09-02

Anexo N° 7: (SR-14.4) SECCIÓN ESH-09-03

Anexo N° 8: (SR-14.5) SECCIÓN ESH-09-04-A

Anexo N° 9: (SR-14.6) SECCIÓN ESH-09-04-A-B

Anexo N° 10: (SR-14.7) SECCIÓN ESH-10-05

Anexo N° 11: (SR-14.8) SECCIÓN ESH-10-06

Anexo N° 12: (SR-14.9) SECCIÓN ESH-10-11

Anexo N° 13: (SR-14.10) SECCIÓN ESH-10-10

Anexo N° 14: (SR-14.11) SECCIÓN ESH-10-14

Anexo N° 15: (SR-14.12) SECCIÓN ESH-10-19

Anexo N° 16: (SR-14.13) SECCIÓN ESH-10-20

Anexo N° 17: (SR-14.14) SECCIÓN ESH-27-2011

Anexo N° 18: (SR-14.15) SECCIÓN ESH-28-2011

Anexo N° 19: (SR-14.16) SECCIÓN ESH-29-2011

Anexo N° 20: (SR-14.17) SECCIÓN ESH-30-2011