



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



**GEOLOGÍA Y RECURSOS MINERALES DEL CUERPO**  
**“RACRAC” DEL PROYECTO RACRAC – DISTRITO DE TARICA,**  
**PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ANCASH,**  
**PERÚ”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. EDWIN BENIQUE COA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO GEÓLOGO**

**PUNO – PERU**

**2023**

**DEDICATORIA**



## Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**GEOLOGÍA Y RECURSOS MINERALES DE  
L CUERPO "RACRAC" DEL PROYECTO RA  
CRAC - DISTRITO DE TARICA, PROVINCI**

AUTOR

**EDWIN BENIQUE COA**

RECuento DE PALABRAS

**26308 Words**

RECuento DE CARACTERES

**148012 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**156 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**21.9MB**

FECHA DE ENTREGA

**Sep 19, 2023 12:48 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Sep 19, 2023 12:51 PM GMT-5**

### ● 14% de similitud general

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

- 13% Base de datos de internet
- Base de datos de Crossref
- 8% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossr

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)



Dr. Leonel Palomares Aucoc  
Director (a) de la Unidad de Investigación  
EPIG

ING. ROBERTO F. ZECARRA RONCE.  
0122 9785.

Resumen



*Dedico este trabajo a mi Señora madre, a mi querida esposa Yeny por su apoyo que ha sido muy importante; quien ha estado conmigo incluso en los momentos más difíciles de la vida. Este proyecto no fue fácil; pero estuvieron motivándome hasta donde sus alcances lo permitieron. También lo dedico a mis queridos hijos Thiago y Caleb, quienes fueron mi inspiración para realizar dicha tesis.*

**Edwin Benique Coa**



## AGRADECIMIENTOS

*Quiero agradecer a Dios profundamente por darme la vida, el conocimiento y la sabiduría para alcanzar una meta, mi eterno agradecimiento al Ing. Yuri Vilca Zapana, por sus sabios consejos, expreso mi profundo agradecimiento a mi asesor de tesis el Ing. Roberto Florentino Zegarra Ponce por su gran aporte, mi gratitud a la **UNA-PUNO** y por ende a la **EPIG**. Plana jerárquica, docentes, personal administrativo, amigos y compañeros que me brindaron su valioso aporte.*

*De lo más profundo de mi corazón agradecer a mis familiares, a mi señora madre, hermanas, esposa y a mis hijos, quienes me brindaron su apoyo, su comprensión, para permitir así llevar adelante este proyecto que pasó de ser una meta personal a otro emprendimiento más de la familia. A todos ellos, mi eterno amor y gratitud.*

**Edwin Benique Coa**



# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ÍNDICE DE ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN .....</b>	<b>18</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1 JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>20</b>
<b>1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>20</b>
1.2.1 Identificación del Problema .....	20
1.2.2 Formulación del Problema .....	21
1.2.3 Hipótesis.....	21
<b>1.3 OBJETIVOS.....</b>	<b>21</b>
1.3.1 Objetivo general .....	21
1.3.2 Objetivos específicos .....	22
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	
<b>2.1 ANTECEDENTES.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....</b>	<b>24</b>
2.2.1 Depósitos tipo Skarn .....	24



2.2.1.1	Forma del depósito tipo Skarn .....	24
2.2.1.2	Características del depósito.....	25
2.2.1.3	Etapas de formación de un skarn .....	27
2.2.1.3.1	Skarn Prógrado .....	27
2.2.1.3.2	Skarn retrógrado .....	29
2.2.1.4	Mineralogía de mena.....	29
2.2.1.5	Factores que controlan la mineralización tipo skarn.....	31
2.2.1.6	Margen tectónico y magmatismo .....	34
2.2.1.7	Tipos de skarn .....	35
2.2.1.8	Alteración hidrotermal .....	37
<b>2.3</b>	<b>GEOLOGÍA REGIONAL.....</b>	<b>39</b>
2.3.1	Formación Chambará (Trs-c).....	39
2.3.2	Formación Chicama (Js-ch) .....	39
2.3.3	Formación Oyón (Ki-o).....	39
2.3.4	Grupo Goyllarisquizga (Ki-go).....	39
2.3.4.1	Formación Chimú (Ki-chim) .....	40
2.3.4.2	Formación Santa-Carhuaz (Ki-sa/ca).....	40
2.3.4.3	Formación Farrat (Ki-fa).....	41
2.3.5	Formación Pariahuanca (Ki-ph).....	41
2.3.6	Formación Pariatambo (Ki-pt) .....	41
2.3.7	Grupo Casma (Kis-c) .....	42
2.3.8	Formación Jumasha (Ks-j) .....	42
2.3.9	Formación Casapalca (KsPg-c).....	42
2.3.10	Grupo Calipuy (KsP-ca).....	42
2.3.11	Formación Yungay (Ni-yu).....	44



2.3.12	Depósitos Cuaternarios(Q-fg) .....	44
2.3.13	Franja Intrusiva de la Cordillera Occidental .....	45
<b>2.4</b>	<b>DOMINIOS TECTONICOS Y FALLAS REGIONALES .....</b>	<b>45</b>
2.4.1	Dominios tectónicos.....	45
2.4.2	Estructural regional .....	47
<b>2.5</b>	<b>METALOGENIA Y OCURRENCIAS MINERALOGICAS .....</b>	<b>48</b>
2.5.1	XX Pórfidos de Cu-Mo-Au, Skarns de Pb-Zn-Cu-Ag y depósitos polimetálicos relacionados con intrusivos del Mioceno .....	48
<b>2.6</b>	<b>GEOQUÍMICA .....</b>	<b>51</b>
<b>2.7</b>	<b>RECURSOS Y RESERVAS DE MINERAL .....</b>	<b>52</b>
2.7.1	Recursos minerales.....	52
2.7.1.1	Recurso mineral medido .....	52
2.7.1.2	Recurso mineral indicado.....	53
2.7.1.3	Recurso mineral inferido.....	54
2.7.2	Reserva mineral.....	55
2.7.2.1	Reserva mineral probable.....	55
2.7.2.2	Reserva mineral probada.....	56
<b>2.8</b>	<b>MÉTODOS PARA LA CUBICACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS ....</b>	<b>56</b>
2.8.1	Métodos clásicos o geométricos.....	56
2.8.2	Métodos modernos o geoestadísticos.....	57
2.8.3	Elementos de la cubicación de recursos .....	58
2.8.4	Dilución.....	58
2.8.5	Densidad.....	58
<b>2.9</b>	<b>PERFORACIÓN DIAMANTINA .....</b>	<b>58</b>
2.9.1	Logeo geológico.....	59



2.9.2	Corte de testigos .....	60
2.9.3	Muestreo de testigos.....	60
2.9.4	Aseguramiento y control de calidad.....	60
2.9.5	Muestras de Control de Calidad .....	60
2.9.5.1	Muestra Estándar.....	61
2.9.5.2	Muestra Duplicado .....	61
2.9.5.3	Muestra Blanco .....	61
2.9.6	Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	61

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

<b>3.1</b>	<b>MATERIALES Y EQUIPOS .....</b>	<b>63</b>
<b>3.2</b>	<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>64</b>
3.2.1	Tipo de Investigación .....	64
3.2.2	Nivel de investigación.....	64
3.2.3	Fases de investigación.....	64
3.2.3.1	Precampo o trabajos de gabinete.....	64
3.2.3.2	Campo .....	64
3.2.3.3	Post campo, interpretación.....	65
3.2.4	Diseño de la investigación .....	65
3.2.5	Población, muestra y muestreo .....	65
3.2.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	66
3.2.6.1	Muestreo en superficie .....	66
3.2.6.2	Muestreo en Subterráneo .....	66
3.2.6.3	Mapeo geológico en labores subterráneos .....	68
3.2.7	Software Utilizados .....	70





## CAPITULO IV

### CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

<b>4.1</b>	<b>UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD.....</b>	<b>71</b>
<b>4.2</b>	<b>GEOMORFOLOGÍA .....</b>	<b>72</b>
4.2.1	Depósitos morrénicos.....	73
4.2.2	Valle Glaciar .....	73
4.2.3	Cono Aluvial .....	74
4.2.4	Clima .....	74
4.2.5	Recurso hídrico .....	74
<b>4.3</b>	<b>GEOLOGÍA LOCAL .....</b>	<b>75</b>
4.3.1	Mesozoico (Ki).....	76
4.3.1.1	Grupo Goyllarisquizga(Ki-go).....	76
4.3.2	Cenozoico (Ks).....	78
4.3.2.1	Formación Yungay(Ni-yu).....	78
4.3.2.2	Roca intrusiva .....	79
<b>4.4</b>	<b>OCURRENCIAS MINERALOGICAS.....</b>	<b>80</b>

## CAPÍTULO V

### EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

<b>5.1</b>	<b>CARACTERIZACIÓN GEOLOGICA DEL CUERPO RACRAC.....</b>	<b>82</b>
5.1.1	Características litológicas.....	82
5.1.2	Características mineralógicas.....	83
5.1.2.1	Mineralización .....	83
5.1.2.2	Skarn .....	84
5.1.2.3	Clasificación de los dominios minerales.....	86
5.1.2.4	Forma de la mineralización.....	89



5.1.2.5	Mineralogía de mena y ganga .....	90
5.1.2.6	Mineragrafia.....	92
5.1.2.7	Características geoquímicas .....	94
5.1.2.8	Alteraciones hidrotermales .....	98
5.1.2.9	Estructural local .....	101
5.1.2.9.1	Fallamiento .....	102
5.1.2.9.2	Plegamiento .....	103
5.1.3	Geología Económica- Cuerpo RACRAC.....	103
5.1.3.1	Génesis .....	103
5.1.3.2	Tipo y forma del yacimiento.....	103
5.1.3.3	Desarrollo del yacimiento .....	104
5.1.3.4	Resultados de la Evolución del cuerpo Racrac .....	108
5.1.4	Isovalores de Oro y Plata .....	110
5.1.4.1	Isovalores de Oro. ....	111
5.1.4.2	Isovalores de Plata. ....	111
5.1.5	Áreas con potencial exploratorio y programa de exploración. ....	114
<b>5.2</b>	<b>PERFORACIÓN DIAMANTINA (DDH), CUERPO RACRAC .....</b>	<b>116</b>
5.2.1	Muestreo(diamantina) .....	117
5.2.2	cálculo de recursos (cubicación) .....	118
5.2.2.1	Métodos de los bloques geométricos .....	119
5.2.2.2	Recursos minerales – cuerpo Racrac .....	119
<b>VI</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>126</b>
<b>VII</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>128</b>
<b>VIII</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>129</b>

**Área:** Yacimientos minerales



**Tema:** Geología y recursos minerales

**Fecha de sustentación:** 05/10/2023



## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1</b> Etapa prógrada, minerales anhidros y etapa retrógrada, minerales hidratados. .....	31
<b>Tabla 2</b> Equipos y materiales para el desarrollo del proyecto .....	64
<b>Tabla 3</b> Coordenadas del área de estudio.....	71
<b>Tabla 4</b> Ubicación política del proyecto. ....	71
<b>Tabla 5</b> Accesibilidad al proyecto Racrac .....	73
<b>Tabla 6</b> Resultado de leyes de muestreo superficial. ....	95
<b>Tabla 7</b> Resultado de leyes de muestreo subterráneo del cuerpo Racrac .....	98
<b>Tabla 8</b> Ubicación de DDH del cuerpo Racrac.....	117
<b>Tabla 9</b> Tarjeta de cubicación Gal. 942 SE.....	120
<b>Tabla 10</b> Tarjeta de cubicación galería 104 SE .....	121
<b>Tabla 11</b> Resumen total de recursos minerales medidos del cuerpo Racrac .....	122
<b>Tabla 12</b> Resumen total mineral indicado .....	123
<b>Tabla 13</b> Resumen total de recursos minerales inferidos del cuerpo Racrac.....	124
<b>Tabla 14</b> Resumen total de recursos minerales prospectivo del cuerpo Racrac .....	125
<b>Tabla 15</b> Total reservas minerales del cuerpo Racrac .....	125



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1</b> Forma del depósito tipo skarn .....	27
<b>Figura 2</b> Forma del depósito tipo skarn .....	26
<b>Figura 3</b> Esquema de endoskarn y exoskarn.....	28
<b>Figura 4</b> Minerales de depósitos tipo skarn. ....	29
<b>Figura 5</b> Estructuras manteadas, asociado a mineralización tipo skarn.....	32
<b>Figura 6</b> Controles en la mineralización y alteración tipo skarn. ....	33
<b>Figura 7</b> Skarns de Fe vinculados (a-i) al plutón diorítico y f-i) al plutón granítico...	34
<b>Figura 8</b> Ambiente de formación de los skarn, referido a un arco magmático donde. Modificado de Meinert, 1983 .....	35
<b>Figura 9</b> Relación entre la composición de intrusiones ígneas y el metal dominante en varios tipos de depósitos de tipo skarn (de Meinert, 1992).. ....	36
<b>Figura 10</b> Alteraciones hidrotermales en depósito tipo skarn. (Meinert et al 2005) ....	38
<b>Figura 11</b> Plano de dominios tectónicos y sistema de fallas regionales .....	48
<b>Figura 12</b> Mapa metalogenético del Perú: operaciones y proyectos mineros .....	50
<b>Figura 13</b> Resultados de exploración, recursos minerales y reservas de mena .....	56
<b>Figura 14</b> Comunidad de Collón.....	75
<b>Figura 15</b> Recurso hídrico de la quebrada Checorure .....	76
<b>Figura 16</b> Vista tomada mirando al norte, calizas de la Formación Santa .....	78
<b>Figura 17</b> Areniscas de la Formación Carhuaz.....	78
<b>Figura 18</b> Descripción litología de Formación Carhuaz.....	79
<b>Figura 19</b> Rocas lutitas de la Formación Carhuaz. Con presencia malaquita .....	79
<b>Figura 20</b> Rocas piroclásticas, Fm. Yungay .....	80
<b>Figura 21</b> Toba lítica.....	80



<b>Figura 22</b>	Vista tomada mirando al NE del intrusivo tonalítico.....	<b>81</b>
<b>Figura 23</b>	BM. Racrac.....	<b>82</b>
<b>Figura 24</b>	Skarn de granate – clinopiroxeno y pirita .....	<b>85</b>
<b>Figura 25</b>	Skarn de granate-clinopiroxeno-wollastonita.....	<b>86</b>
<b>Figura 26</b>	Sulfuro masivo tipo pirrotita rico en pirita y marmatita, con alteración propilitica con ensamble clorita epidota, pirita y cuarzo accesorios. ....	<b>87</b>
<b>Figura 27</b>	Sulfuro masivo tipo pirita rico en marmatita y galena.....	<b>88</b>
<b>Figura 28</b>	Ore pórfido tonalítico fuertemente silicificado con presencia de venillas finas de sílice gris posible contenido de oro y tipo stock work (muestra de superficie). ....	<b>88</b>
<b>Figura 29</b>	La mineralización del cuerpo Racrac(Gal. 942 SE; Pto top. F6+ 10 m).....	<b>89</b>
<b>Figura 30</b>	Cuerpo Racrac (Gal. 942 SE; Pto top. F6 + 10 m);.....	<b>89</b>
<b>Figura 31</b>	Galena con cristalización cubica .....	<b>90</b>
<b>Figura 32</b>	Marmatita en bandas en roca caliza .....	<b>91</b>
<b>Figura 33</b>	Estibina con cristalización radial.....	<b>91</b>
<b>Figura 34</b>	Pirita con presencia de oro refractario.....	<b>91</b>
<b>Figura 35</b>	Fluorita cristalizada .....	<b>92</b>
<b>Figura 36</b>	Óxidos de fierro.....	<b>92</b>
<b>Figura 37</b>	Mineragrafia con presencia de granates y piroxenos .....	<b>93</b>
<b>Figura 38</b>	Puntos de muestreo geoquímico en superficie (oro), y leyes .....	<b>96</b>
<b>Figura 39</b>	Puntos de muestreo geoquímico en superficie(plata), y leyes .....	<b>97</b>
<b>Figura 40</b>	Seritización con ensamble mineralógico, cuarzo-sericita-pirita diseminada	<b>99</b>
<b>Figura 41</b>	Alteración Argílica con ensamble silica-clay-pirita diseminado .....	<b>99</b>
<b>Figura 42</b>	Alteración silicificación con stock pirita diseminada .....	<b>100</b>
<b>Figura 43</b>	Caliza con recristalización de carbonatos con pirita diseminada.....	<b>101</b>



<b>Figura 44</b> Estratigrafía antes de la intrusión del dique tonalítico .....	<b>104</b>
<b>Figura 45</b> Estratigrafía después del movimiento tectónico.....	<b>105</b>
<b>Figura 46</b> Probablemente el dique tonalítico ascendió a lo largo de Falla Racrac y Luma, .....	<b>105</b>
<b>Figura 47</b> Separación de fluido magmático y formación de skarn .....	<b>106</b>
<b>Figura 48</b> Concentración de fluidos magmáticos .....	<b>107</b>
<b>Figura 49</b> Mineralización polimetálica, cuerpos mineralizados.....	<b>108</b>
<b>Figura 50</b> Evolución del cuerpo Racrac.....	<b>109</b>
<b>Figura 51</b> Isovalores de oro DDH-01/09/24 .....	<b>112</b>
<b>Figura 52</b> Isovalores de plata DDH- 01/09/24.....	<b>113</b>
<b>Figura 53</b> Potencial exploratorio .....	<b>115</b>
<b>Figura 54</b> Consideraciones geométricas para clasificar los bloques como reserva de mena o recurso mineral.....	<b>118</b>



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

Ag:	Plata.
Al:	Aluminio.
Au:	Oro.
As:	Arsénico.
Bi:	Bismuto
Cd:	Cadmio
CO <sub>2</sub> :	Dióxido de carbono.
Cr:	Cromo.
Cu:	Cobre.
Cutt-off:	Ley mínima explotable.
C/U:	Cada uno.
Cz:	Carhuaz.
Ch:	Chimú.
DDH:	Diamond Drill Hole.
Desv:	Desvío.
EPIG:	Escuela Profesional de Ingeniería Geológica.
Esc:	Escala.
ESE:	Este Sur Este.
E-O:	Este Oeste.
EVEN:	Eventualmente.
Fe:	Fierro.
Fig:	Figura:
Fm:	Formación.
Gal:	Galería.
gr:	Gramo.
Gn:	Galena.
GPS:	Sistema de Posicionamiento Global.
Has:	Hectáreas.
Hg:	Mercurio.
HQ:	Diámetro de perforación.
H <sub>2</sub> O:	Agua.
Ki:	Cretáceo Inferior.





Kg:	Kilogramo.
Km:	Kilometro.
Ksp:	Cretáceo superior.
LM:	Limonita.
m:	Metro.
M.a:	Millones de año.
mm:	Milímetro.
Mn:	Manganeso.
Mo:	Molibdeno.
m.s.n.m:	Metros sobre el nivel del mar.
MTS.	Metros.
m/s:	Metros por segundo.
M <sup>3</sup> :	Metro cubico.
Na	Sodio.
NE:	Nor este.
N-S:	Norte Sur.
Nv.	Nivel.
NW:	Nor oeste.
Ore skarn:	Mineral de skarn.
OxFe:	Óxidos de fierro.
Oz/TC:	Onzas por tonelada corta.
Pb:	Plomo.
PN:	Paleógeno.
Po:	Pirrotita.
Py:	Pirita.
ppb:	partes por billón.
ppm:	partes por millón.
Pto:	Punto.
QAQC:	Aseguramiento de la Calidad y Control de Calidad.
Qz:	Cuarzo.
Sa:	Santa.
Sb:	Antimonio.
SE:	Sur este.
SENAMHI:	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.



SFCB:	Sistema de fallas cordillera Blanca.
SFCH:	Sistema de fallas Chota.
SFHCH:	Sistema de fallas Huallac-Churín.
SFHR:	Sistema de fallas Huaraz-Recuay
SFT:	Sistema de fallas Tapacocha.
SW:	Sur Oeste.
TC:	Tonelada corta.
TCS:	Toneladas cortas secas.
TMS:	Toneladas métricas secas.
TMS/m <sup>3</sup> :	Toneladas métricas secas por metro cubico.
Top:	Tope.
Trs:	Triásico Superior.
UNA-PUNO:	Universidad Nacional Del Altiplano- Puno.
Unid:	Unidad.
US\$:	dólares americanos.
W:	Wolframio.
WNW	Oeste Norte Oeste.
Zn:	Zinc.



## RESUMEN

El estudio en cuestión se centra en la geología y los recursos minerales del cuerpo denominado "Racrac", que se encuentra en Tarica, Huaraz, en el departamento de Ancash, Perú. La principal motivación detrás de esta investigación es determinar con precisión el ambiente geológico y las características específicas de "Racrac" con el fin de cuantificar de manera efectiva sus recursos minerales. Para lograr este objetivo, se adoptó una metodología tanto descriptiva como cuantitativa. Esta metodología implicó una extensa recolección de datos en el campo, que posteriormente permitió establecer patrones claros de mineralización. Además, se llevó a cabo la elaboración meticulosa de mapas geológicos que representan con precisión la región estudiada. Durante el proceso de investigación, se identificaron diversas rocas sedimentarias y volcánicas que datan del período Cretáceo Inferior. Además, se descubrió un intrusivo tonalítico, que es de particular interés ya que generó un yacimiento tipo Skarn cálcico. Este cuerpo mineralizado es complejo en su naturaleza, presentando estructuras que son tanto irregulares como discontinuas. Estas estructuras forman bandas o lenguas de mena que están estrechamente relacionadas con una aureola de contacto de intrusión tonalítica. A lo largo de la investigación, se identificaron varios minerales, incluidos galena, marmatita y calcopirita, entre otros. Se realizaron sondajes de perforación, que revelaron valores significativos de oro y plata. Finalmente, los controles geológicos establecidos indican que la mineralización está predominantemente influenciada por las Fallas Collón y Luma.

**Palabras Claves:** Geológica, Recursos Minerales, Yacimientos Tipo Skarn



## ABSTRACT

The research at hand delves deeply into the geology and mineral resources of the body named "Racrac", situated in Tarica, Huaraz, in the Ancash department of Peru. The primary motivation behind this study is to accurately determine the geological setting and the specific characteristics of "Racrac" in order to effectively quantify its mineral assets. To achieve this aim, a methodology that is both descriptive and quantitative was adopted. This methodology involved extensive data collection in the field, which subsequently allowed for the establishment of clear mineralization patterns. Additionally, meticulous crafting of geological maps that accurately represent the studied region was undertaken. Throughout the research process, various sedimentary and volcanic rocks dating from the Lower Cretaceous period were identified. Furthermore, a tonalitic intrusive was discovered, which is of particular interest as it gave rise to a calcic Skarn deposit. This mineralized body is complex in its nature, showcasing structures that are both irregular and discontinuous. These structures form bands or tongues of ore that are closely related to a tonalitic intrusion contact aureole. Throughout the investigation, several minerals were pinpointed, including galena, marmatite, and chalcopyrite, among others. Drilling surveys were conducted, which unveiled significant values of gold and silver. Lastly, the established geological controls indicate that the mineralization is predominantly influenced by the Collón and Luma Faults.

**Keywords.** Geological, Mineral resources, Skarn type deposits,



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 JUSTIFICACIÓN

El proyecto Racrac, presenta mineralización polimetálica de (Pb, Zn, Ag y Au), con valores muy interesantes según las muestras obtenidas en superficie, testigos y laboreo subterráneo con una distribución irregular de la mineralización, nos lleva a investigar el yacimiento a través de su ambiente geológico y caracterización geológica, usando criterios geológicos y herramientas geológicas, apoyándose con información geológica existentes del proyecto, con ello podremos caracterizar mejor la distribución de la mineralización tanto como horizontal y vertical. Determinar sus controles de mineralización y estimar el potencial del recurso mineral, para luego cuantificar sus recursos minerales existentes, que serán imprescindibles para las siguientes etapas de exploración y una posterior etapa de explotación del yacimiento.

### 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.2.1 Identificación del Problema

La concesión se ubica morfoestructuralmente en la Cordillera Blanca con potencial geológico por depósitos polimetálicos de zinc (Zn), plomo (Pb), plata (Ag) y Oro (Au). Los dominios tecto-estratigráficos corresponden al Grupo Goyllarisquizga. (Villarreal E. et. al. 2010 p. 684), conformados por las Formaciones sedimentarias del Cretácico Inferior, como son: Fm. Chimú, Fm. Santa y Fm. Carhuaz y un cuerpo intrusivo de magma tonalítico, el mismo que a intruído a las Formaciones sedimentarias. Nuestro planteamiento incide en la búsqueda de la producción continúa en el Proyecto Racrac; es por ello que se ha



considerado la evaluación de áreas prospectivas con evidencia de rentabilidad económica del yacimiento.

### **1.2.2 Formulación del Problema**

Actualmente existe una escasa información de su ambiente geológico y características geológicas, controles de mineralización del Proyecto minero Racrac. También la necesidad de conocer el potencial de mineralización y sus recursos minerales, motivo por el cual es necesario plantear el siguiente problema a investigar:

¿Cuáles son las características geológicas y controles de mineralización del cuerpo Racrac?

¿Es posible estimar recursos minerales en el cuerpo Racrac?

### **1.2.3 Hipótesis**

Los estudios geológicos del cuerpo Racrac, así como: los mapeos geológicos, muestreos geoquímicos, perforaciones diamantinas, labores subterráneas y otros. De los cuales se caracterizará mejor su ambiente geológico y características geológicas del yacimiento, permitiendo determinar su potencial recurso mineral y su comportamiento mineralógico del cuerpo Racrac.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo general**

Determinar el comportamiento geológico y cuantificar su potencial recurso mineral del cuerpo “Racrac” del proyecto Racrac- Distrito de Tarica, Provincia Huaraz.



### 1.3.2 Objetivos específicos

- Conocer las características litológicas, mineralógicas, petrográficas, geoquímicas, estructurales, alteraciones hidrotermales y controles de mineralización del cuerpo Racrac.
- Estimar y cuantificar sus recursos minerales en el cuerpo Racrac.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 ANTECEDENTES

La concesión se encuentra en el corredor estructural, metalogénico de Pierina – Santo Toribio - Susana de Oro, donde se encuentran los yacimientos epitermales de (Au-Ag) en explotación, pórfido Cotonga (Au-Mo) en explotación, Antamina (Zn-Pb-Ag-Cu) en explotación. El yacimiento de Antamina exclusivamente se ha dado en rocas carbonatadas de la Formación Jumasha y la Formación Celendín produciendo una zona de alteración denominada skarn producto de la intrusión del pórfido cuarzo monzonítico, donde hacía el contacto con el intrusivo (endoskarn), existe una zona de mayor concentración de Cu y para la zona más distal (exoskarn) la existencia de una zona más rica Zn-Ag y en menor medida Cu. (Cueva E. et. al. 2017 p. 2-3).

Raura es un yacimiento tipo skarn de Zn-Cu-Pb-Ag; el complejo de intrusiones, brechas y rocas volcánicas que dieron origen al depósito en Skarn, se dio durante el Mioceno, a manera de una caldera volcánica. Actualmente erosionada que nos permite visualizar los eventos ígneos que se emplazaron en la cuenca sedimentaria de la Formación Jumasha (Uribe E. & Zapana E. 2012 p. 1).

La ocurrencia de mineralización de Tintaya corresponden a un yacimiento metasomático de contacto tipo skarn de Cu- (Ag, Au y Mo), producto del contacto del pórfido cuprífero con las calizas de la Formación Ferrobamba. El yacimiento de Tintaya está conformado por Tintaya (Tajo Antiguo), chabuca Este-Oeste, chabuca Norte y zona industrial que están controlados por un anticlinal de orientación ENE-WSW y chabuca Sur, cuyo control es un sinclinal de orientación similar. (Lytman J. et al. 2014 p. 71).





## 2.2 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

### 2.2.1 Depósitos tipo Skarn

Los skarn son yacimientos de reemplazo metasomático caracterizados por la presencia de minerales calcosilicatadas faneríticos de grano grueso, Ca, Fe, Mg y Mn. Reemplazando selectivamente a las rocas carbonatadas y que pueden asociarse con mineralización metálica de W, Cu, Zn, Pb, Sn, Fe, Ca y menor Au-Ag, se hallan adyacentes a plutones a lo largo de las fallas y zonas de cizalla en sistemas geotermales de poca profundidad, en el suelo marino y en profundidades de la corteza baja. Lo que tienen en común estos distintos ambientes y lo que define a la roca como skarn es la mineralogía, que incluye una amplia gama de minerales calco-silicatos y otros asociados, normalmente con la presencia predominante de granate y piroxeno (Meinert, 1992).

Skarnoide es un término descriptivo para rocas de tipo calco-silicatos que son de grano relativamente fino, de bajo contenido de hierro y que reflejan por lo menos en parte el control composicional del protolito. (Marin, R. 2021. p 34).

#### 2.2.1.1 Forma del depósito tipo Skarn

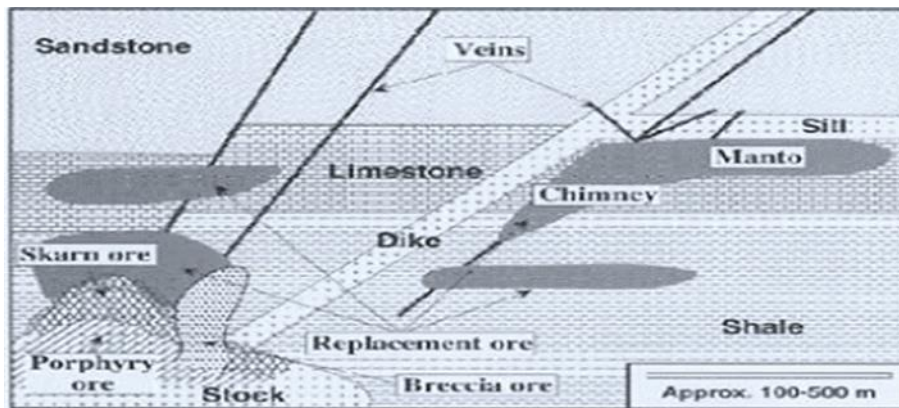
Los depósitos minerales tipo skarn son de forma irregular, pueden formar lenguas de mena que se extienden a lo largo de cualquier estructura planar (estratificación, diaclasas, fallas), etc.

Su distribución dentro de la aureola de contacto es poco definida, ya que los cuerpos mineralizados pueden terminar abruptamente debido a alguna estructura.

La producción principal de depósitos de tipo skarn incluye: Fe, Cu, W, C (grafito), Zn, Pb, Mo, Sn, U, Au, granate, talco, wollastonita.

### **Figura 1**

#### *Forma del depósito tipo skarn*



Fuente. <http://geologiawed.blogspot.com/2017/05/yacimientos-tipo-skarn.html>

#### **2.2.1.2 Características del depósito**

Una vez ocurrida la intrusión del magma con la roca calcárea, estas rocas se convierten en rocas metamórficas, como mármoles, rocas coreanas calco-silicatos (hornfels) y/o Skarn por efecto del metamorfismo de contacto.

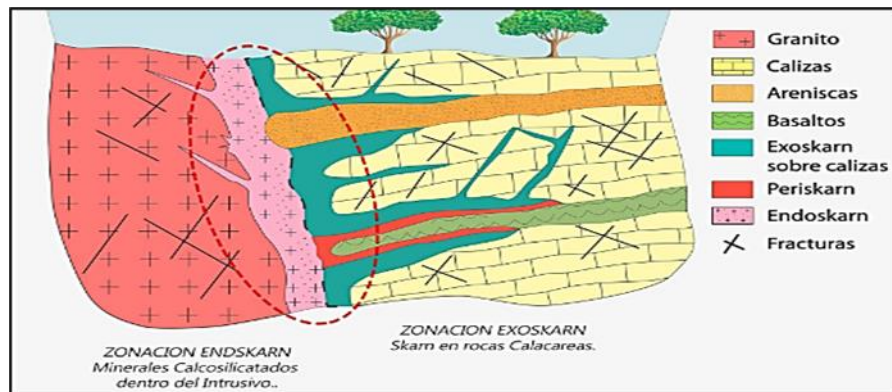
El metamorfismo de contacto afecta a las rocas de caja, pero es frecuente que la intrusión también sufra efectos metasomáticos. Esto resulta en una zonación:

**Endoskarn:** Minerales calcosilicatados dentro del intrusivo.

**Exoskarn:** Skarn en las rocas calcáreas.

**Figura 2**

*Forma del depósito tipo skarn*



**Fuente.** <http://geologiawed.blogspot.com/2017/05/yacimientos-tipo-skarn.htm>

**a). Depósitos tipo skarn: Endo y Exoskarn**

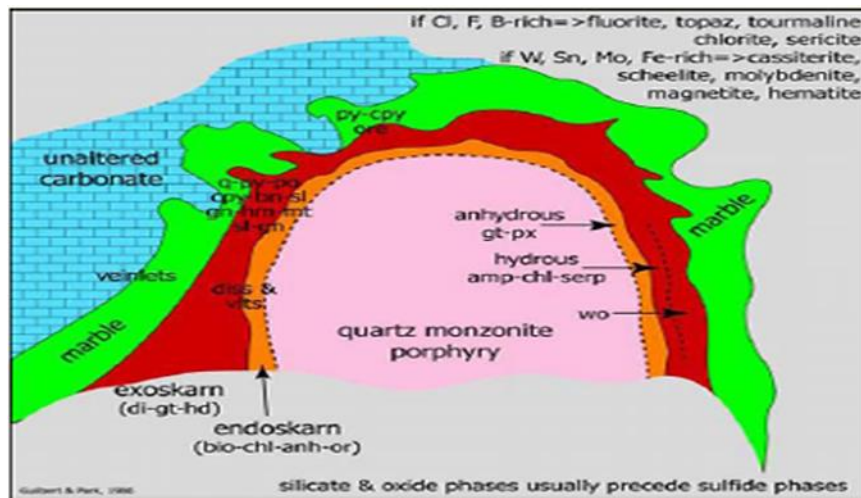
El endoskarn ocurre principalmente en la periferia de los plutones intrusivos, donde el flujo de fluidos fue hacia adentro del plutón o paralelo al contacto.

Usualmente están ausentes en las intrusiones con mineralización de tipo pórfido debido a que domina el flujo ascendente de los fluidos provenientes del plutón.

Generalmente los skarn de interés económico son de origen calcáreo y exoskarn.

**Figura 3**

*Esquema de endoskarn y exoskarn*



**Fuente.** <http://aabetmen.blogspot.cl>

### 2.2.1.3 Etapas de formación de un skarn

Existen diferentes asociaciones minerales en los depósitos tipo skarn y sus procesos de formación son similares, emplazamiento de una intrusión, actividad magmática e hidrotermal, en diferentes niveles en la corteza. **Tabla 1.**

Estos se explican mediante los siguientes procesos:

#### 2.2.1.3.1 Skarn Prógrado

Metamorfismo isoquímico (metamorfismo de contacto), Metasomatismo y reemplazo (exolución de fluido magmático y comienzo de la mineralización).

##### a).Metamorfismo Isoquímico



Corresponde a la recristalización metamórfica y cambio mineralógicos reflejando el protolito y circulación de fluidos a alta temperatura, formando minerales calco-silicatos. Incluye además el desarrollo de: mármol, rocas corneanas, cuarcitas, skarn de reacción, skarnoide, talco y wollastonita hacia la periferia (fases anhidras). No hay mineralización en esta etapa.

Dolomitas -> granate, clinopiroxeno, tremolita, talco/ flogopita.

Calizas -> granate, versuvianita, wollastonita, mármol.

#### **b). Metasomatismo y reemplazo**

Exsolución de fluido magmático.

Cristalización del magma y liberación de una fase fluida rica en H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> y vapor (provenientes de la intrusión).

La cual genera el skarn o halo de alteración.

Se forman minerales anhidros, a temperaturas de 400 y 800°C, en esta etapa comienza la mineralización.

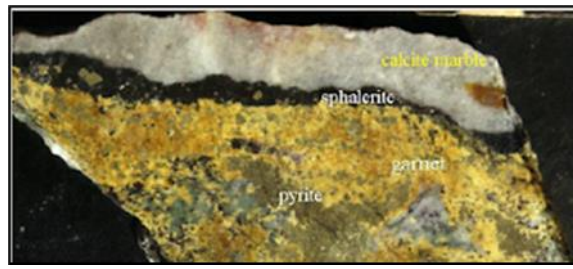
#### **c). Reemplazo**

Los sedimentos calcáreos (Ca, Mg) son reemplazados por Si, Al, y Fe.

Los sulfuros aún no precipitan en esta etapa.

## Figura 4

### *Minerales de depósitos tipo skarn*



**Fuente.** <http://geologiawed.blogspot.com/2017/05/yacimientos-tipo-skarn.html>

#### 2.2.1.3.2 Skarn retrógrado

Alteración retrógrada (influencia de aguas meteóricas).

##### a). Metamorfismo y alteración retrógrada

Enfriamiento del plutón y circulación de agua a temperatura más baja, posiblemente meteóricas (oxigenadas), causando la alteración a más baja, posible de los minerales anhidros ya formados, esto es favorecido por el control estructural de la zona.

Bajo estas condiciones continúa la mineralización => precipitan los sulfuros.

Por su parte, la alteración retrógrada es más extensa a niveles más someros (ya sea un Skarn más somero o partes superiores de un sistema de tipo skarn), puesto que está controlada por la circulación de fluidos y la participación de aguas meteóricas en la fase tardía del sistema.

#### 2.2.1.4 Mineralogía de mena

Magnetita y hematita (diseminación y vetas). En el centro hay pirita-calcopirita magnetita.

En los bordes bornita, esfalerita y galena.

Los minerales anhidros ahora se hidratan y se forman minerales como:



Epidota, biotita, clorita, plagioclasa, calcita, cuarzo a partir de los granates.

Tremolita- actinolita y talco a partir de piroxenos.

Serpentina por el olivino. ***Tabla 1***

**Tabla 1**

*Etapa prógrada, minerales anhidros y, etapa retrógrada, minerales hidratados.*

<b>Grupo General</b>	<b>Miembro Externo</b>	<b>Formula General</b>	<b>Abreviación</b>
<b>Granate</b>	<i>Grosularia</i>	$Ca_3Al_2(SiO_4)_3$	<i>Gr</i>
	<i>Andradita</i>	$Ca_3(Fe^{3+})_2(SiO_4)_3$	<i>Ad</i>
	<i>Espesartina</i>	$(Mn^{2+})_3Al_2(SiO_4)_3$	<i>Sp</i>
	<i>Alamandina</i>	$Fe^{2+}_3Al_2(SiO_4)_3$	<i>Al</i>
	<i>Piropo</i>	$Mg_3Al_2(SiO_4)_3$	<i>Prp</i>
<b>Piroxenos</b>	<i>Diópsido</i>	$CaMgSi_2O_6$	<i>Di</i>
	<i>Hedenbergita</i>	$CaFeSi_2O_6$	<i>Hd</i>
	<i>Johansenita</i>	$CaMnSi_2O_6$	<i>Jo</i>
	<i>Fassaita</i>	$Ca(Mg, Fe Al)(Si, Al)_2O_6$	<i>Fas</i>
<b>Olivino</b>	<i>Forsterita</i>	$Mg_2SiO_4$	<i>Fo</i>
	<i>Fayalita</i>	$Fe_2SiO_4$	<i>Fa</i>
	<i>Tephroita</i>	$Mn_2SiO_4$	<i>Tp</i>
	<i>Monticelita</i>	$Ca_2SiO_4$	<i>Mc</i>
<b>Piroxenoide</b>	<i>Ferrosilita</i>	$Fe_2Si_2O_6$	<i>Fs</i>
	<i>Rodonita</i>	$Mn^{2+}SiO_3$	<i>Rd</i>
	<i>Wollastonita</i>	$CaSiO_3$	<i>Wo</i>
<b>anfíboles</b>	<i>Tremolita</i>	$Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$	<i>Tr</i>
	<i>Ferroactinolita</i>	$Ca_2Fe_5Si_8O_{22}(OH)_2$	<i>Ft</i>
	<i>Hornblenda</i>	$Ca_2Mg_4Al_2Si_7O_{22}(OH)_2$	<i>Hb</i>
	<i>Pargasita</i>	$NaCa_2Mg_4Al_3Si_6O_{22}(OH)_2$	<i>Pg</i>
	<i>Ferrohastingsita</i>	$NaCa_2Fe_4Al_3Si_6O_{22}(OH)_2$	<i>Fh</i>
	<i>Cummingtonita</i>	$Mg_5Fe_2Si_8O_{22}(OH)_2$	<i>Cm</i>
	<i>Dannemorita</i>	$Mn_2Fe_2Si_8O_{22}(OH)_2$	<i>Dm</i>
	<i>Grunerita</i>	$Fe-Si_8O_{22}(OH)_2$	<i>Gru</i>
<b>Epidota</b>	<i>Piemontita</i>	$CaMnAl_2Si_3O_{12}(OH)$	<i>Pm</i>
	<i>Allanita</i>	$(Ca, REE)_2FeAl_2Si_3O_{12}(OH)$	<i>All</i>
	<i>Epidota</i>	$Ca_2FeAl_2Si_3O_{12}(OH)$	<i>Ep</i>
	<i>Pistacita</i>	$Ca_2Fe_3Si_3O_{12}(OH)$	<i>Ps</i>
	<i>Clinozoicita</i>	$Ca_2Al_3Si_3O_{12}(OH)$	<i>Cz</i>
<b>Plagioclasa</b>	<i>Anortita</i>	$CaAl_2Si_2O_8$	<i>Am</i>
<b>Escapolita</b>	<i>Meionita</i>	$Ca_4Al_6Si_6O_{24}(CO_3, OH, ClSO_4)$	<i>Me</i>
<b>Otros</b>	<i>Vesuvianita</i>	$Ca_{10}(Mg, Fe, Mn)_2Al_4Si_9O_{34}(OH; CL; F)_4$	<i>Vs</i>
	<i>Prehnita</i>	$Ca_2Al_2Si_3O_{10}(OH)_2$	<i>Pr</i>
	<i>Axinita</i>	$(Ca, Mn, Fe)_3Al_2BO_3Si_4O_{12}(OH)$	<i>Ax</i>

Fuente: (Meinert, 1992.p-148). <https://www.geoaprendo.com/2015/06/resumen-depositos-tipo-skarn.html>

### 2.2.1.5 Factores que controlan la mineralización tipo skarn



Los factores relevantes que controlan la evolución hidrotermal de los sistemas de tipo skarn son:

Presión (profundidad de formación).

Estado de oxidación del magma (fugacidad de oxígeno).

Grado de diferenciación del magma (cristalización fraccionada).

Tiempo de separación del fluido (fase volátil del magma respecto a la cristalización del Plutón).

Existe una gran variedad de tipos y asociaciones de metales en depósitos de tipo Skarn, incluyendo: W, Sn, Mo, Cu, Fe, Pb-Zn y Au.

**a). Profundidad de emplazamiento**

El desarrollo de skarn depende de la profundidad de formación.

A niveles más someros el skarn metasomático tiene amplia extensión lateral pudiendo sobrepasar la aureola metamórfica; mientras en profundidad es relativamente pequeño comparado con la aureola de metamorfismo.

**Figura 5**

*Estructuras manteadas, asociado a mineralización tipo Skarn.*



**Fuente.** <http://geologiawed.blogspot.com/2017/05/yacimientos-tipo-skarn.html>

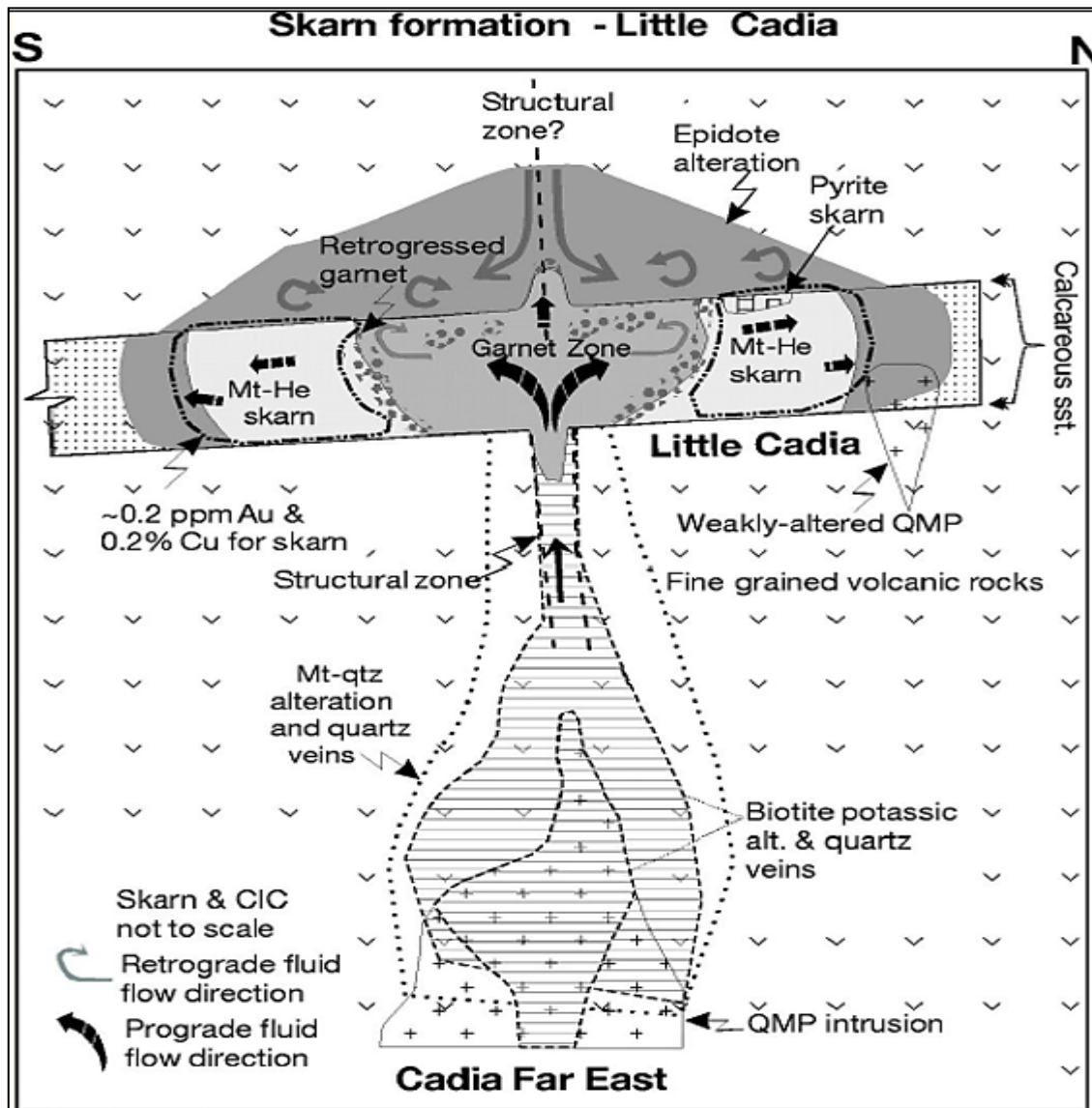
**b). - Migración de los fluidos**

A mayor profundidad estos se concentran entre estratos o siguiendo un plano estratigráfico.

A menor profundidad los fluidos serán más pervasivos, generando un fracturamiento hidráulico, con una textura de granos más gruesos.

**Figura 6**

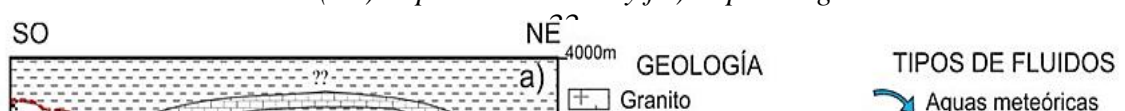
*Controles en la mineralización y alteración tipo skarn.*



*Nota.* Depósito Cadia, New South Wales. Australia, Fuente. Forster D. et al., 2004, Econ Geol, 99 p. 782.

**Figura 7**

*Skarns de Fe vinculados (a-i) al plutón diorítico y f-i) al plutón granítico.*





*Fuente.* <http://geologiawed.blogspot.com/2017/05/yacimientos-tipo-skarn.html>

#### **2.2.1.6 Margen tectónico y magmatismo**

Los depósitos de tipo skarn ocurren en distintos marcos geotectónicos, dada la presencia de secuencias calcáreas y de una intrusión.

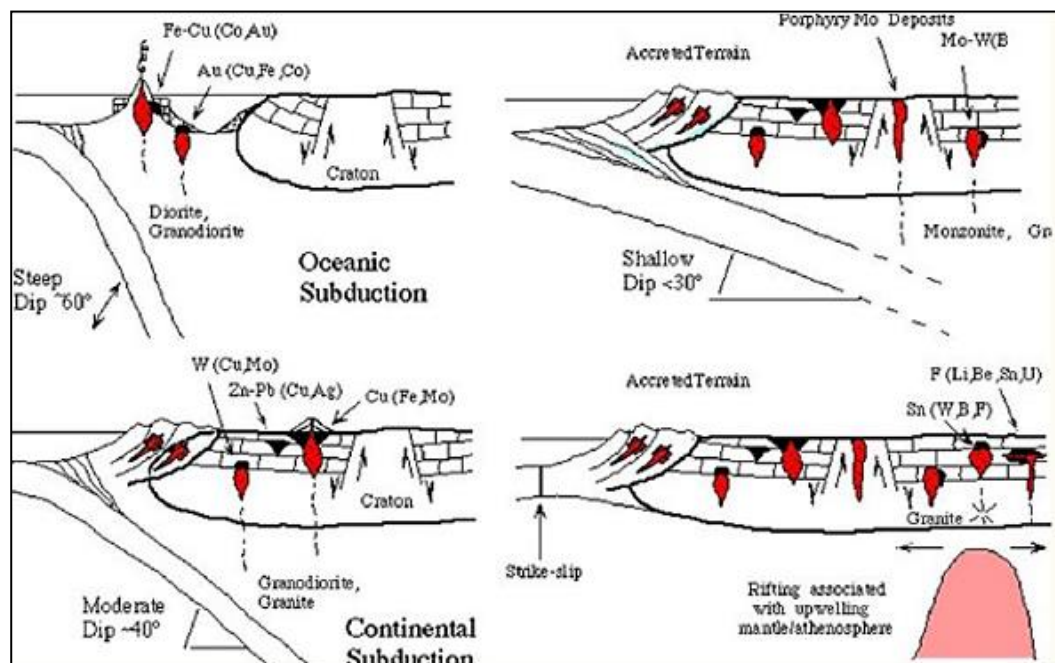
La mineralización asociada dependerá de la composición de los magmas relacionados a cada ambiente geotectónico particular.

los intrusivos de composición media - ácida entran en contacto con rocas sedimentarias del tipo calizas y dolomitas y de esta interacción suceden fenómenos de metamorfismo de contacto y que posteriormente con el enfriamiento del intrusivo se liberan fluidos que reaccionan con las calizas y sucede el fenómeno de metasomatismo.

### Figura 8

Ambiente de formación de los skarn, referido a un arco magmático donde.

Modificado de Meinert, 1983



Fuente. <https://www.geoaprendo.com/2015/06/resumen-depositos-tipo-skarn.html>

#### 2.2.1.7 Tipos de skarn

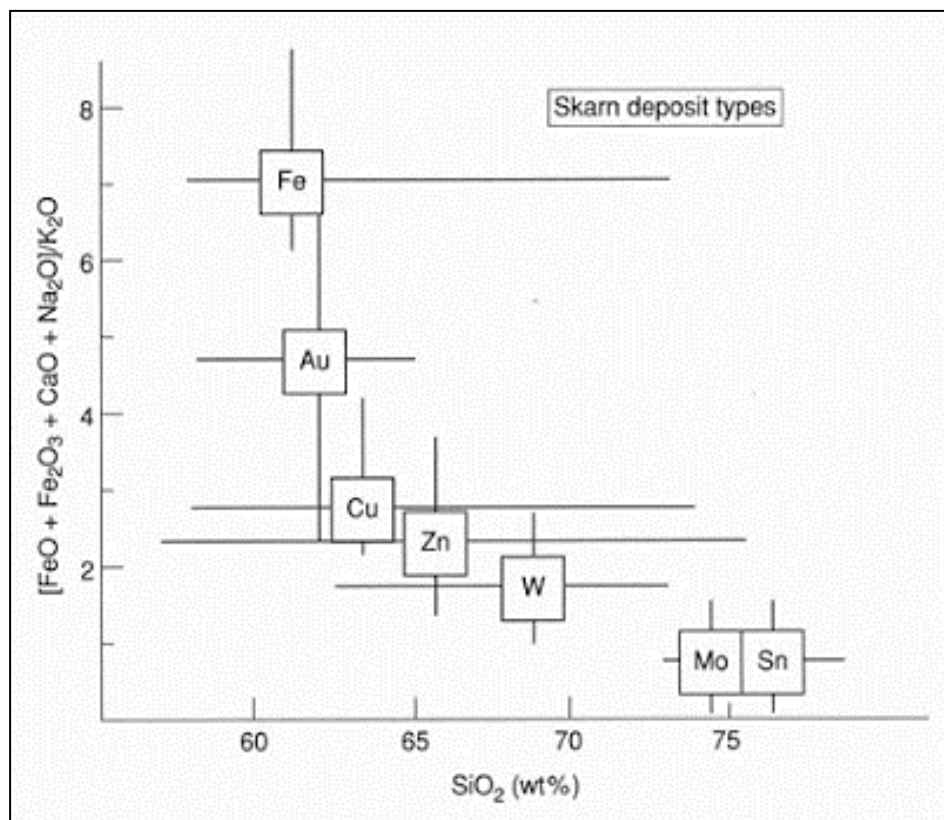
##### a). - Tipos de mena

- En general los skarn más ricos en Fe y Au están asociados a intrusiones máficas a intermedias.
- Los skarn de Cu, Pb, Zn y W, asociados a intrusiones más graníticas, en un ambiente más oxidado.

- Los skarn de Mo y Sn con granitos más diferenciados, en un ambiente más reducido.
- Existen excepciones.

### **Figura 9**

*Relación entre la composición de intrusiones ígneas y el metal dominante en varios tipos de depósitos de tipo skarn (de Meinert, 1992).*



**Fuente.** <http://geologiawed.blogspot.com/2017/05/yacimientos-tipo-skarn.html>

### **b). - Skarn de zinc y plomo (Zn-Pb)**

Cuerpos mineralizados de reemplazo metasomático de posición y relación variable con respecto a un intrusivo, pero siempre distales. Ocurren en márgenes continentales de subducción relacionados al menos con fuentes de fluido hidrotermales a intrusivos granodioríticos, cuarzo monzonita y calcoalcalinas. La mineralogía del skarn prógrada está dominada por piroxenos (razón granate/piroxeno bajo) de composición Ca-Fe y Mn. Los sulfuros están asociados con los piroxenos. La alteración retrógrada está



caracterizada por ilvaita (Mn), anfíboles (actinolita-tremolita) y clorita. De acuerdo con su posición y relación con intrusivos existe una subclasificación de estos en:

Cercanos a batolitos, de ambiente profundo.

Cercanos a stocks epizonales con amplio desarrollo de skarn (350° y 500°C).

Distales a la fuente ígnea.

Vetas de carbonatos con minerales de Mn calcosilicatados. Temperatura bajo los 300°C.

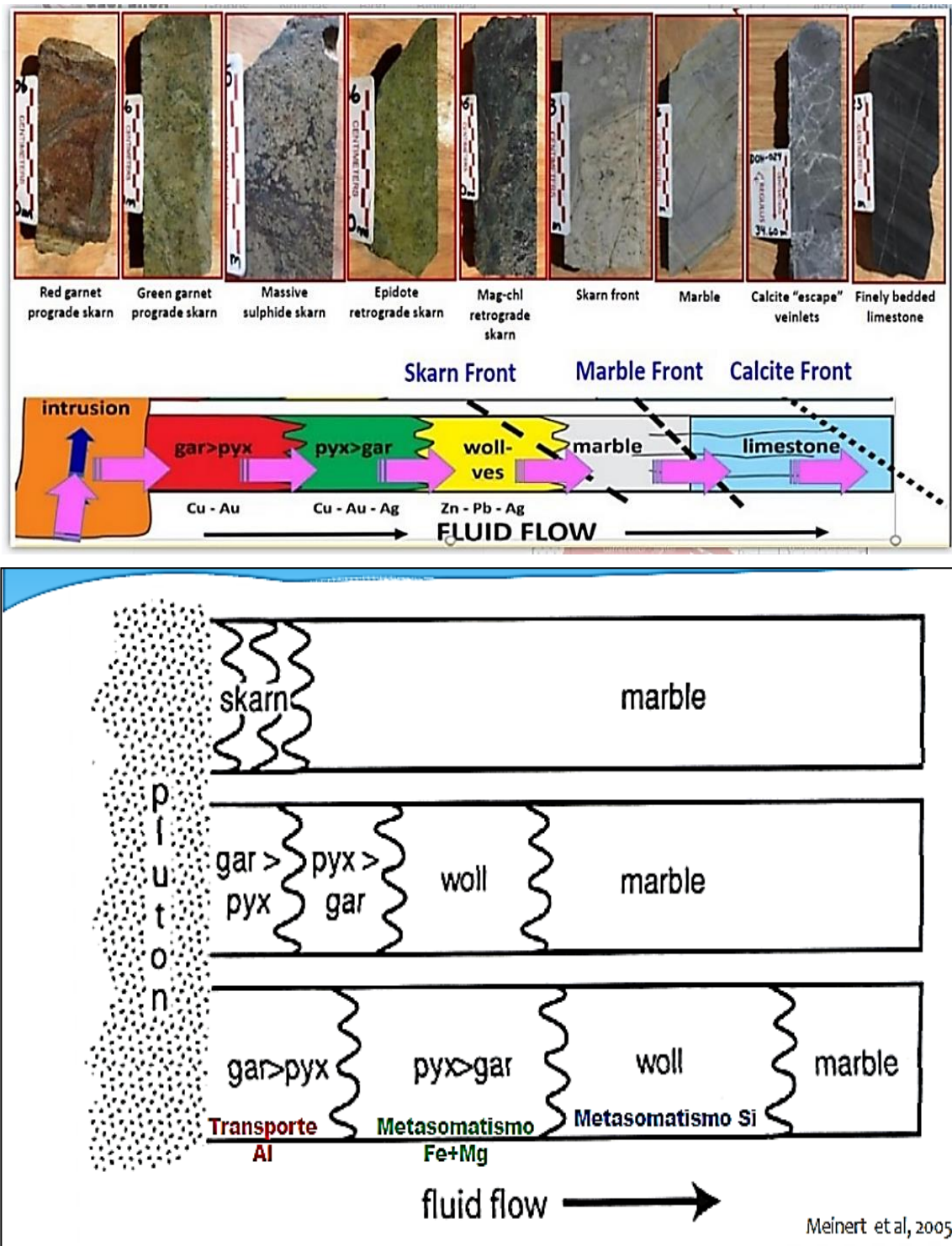
El potencial de mineralización será dependiente de la profundidad y porcentaje de cristalización del magma relacionada (mayor potencial aquellos skarns de carácter epizonal).

#### **2.2.1.8 Alteración hidrotermal**

La alteración hidrotermal es la repuesta mineralógica, textural y química de las rocas a un cambio del ambiente, en términos químicos y termales, por causa de agua, vapor o gas. La alteración hidrotermal es un proceso que ocurre cuando las fases minerales se transforman, existe un crecimiento de nuevos minerales, se diluyen o precipitan minerales, todo esto como producto del intercambio iónico entre los minerales constituyentes de la roca y el fluido caliente.

**Figura 10**

*Alteraciones hidrotermales en depósito tipo skarn. (Meinert et al 2005).*



**Fuente.** <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1027996/FULLTEXT02.pdf>



## 2.3 GEOLOGÍA REGIONAL

### 2.3.1 Formación Chambará (Trs-c)

Formación Chambará (Noriano – Triásico), Consiste en una sucesión de calizas bioesparíticas, biomicritas y dolomías, alcanzando una potencia de 2500 mts. se distinguen tres unidades litológicas dibujadas en la columna estratigráfica. La base de la Unidad Inferior está en contacto subvertical con el Grupo Mitú, tiene 800 mts. de potencia y empieza con bioesparita gris, en bancos de 0.30-0.50 m de grosor, compactos y duros, afectados por un stock granodiorítico de 230 mts, de ancho, silicificando y marmolizando parcialmente a la caja. (Valderrama P. 2013 p. et al., 18). Anexo, *Figura 2.1 Plano geológico regional*

### 2.3.2 Formación Chicama (Js-ch)

Esta unidad consiste en intercalaciones de capas delgadas de areniscas grises, cuarcitas y lutitas bituminosas y abigarradas. (Valderrama P. t al., 2013 p. 18).

### 2.3.3 Formación Oyón (Ki-o)

Secuencia sedimentaria compuesta de areniscas con gravas, limonitas y lutitas gris oscuras intercaladas con mantos de carbón y se encuentra fuertemente deformada por la presencia de pliegues y fallas. Su edad ha sido estimada dentro del Cretáceo Inferior por corresponder a los niveles superiores de la Formación Chicama. (Valderrama P. et al., 2013 p. 18). Anexo, *Figura 2.1 Plano geológico regional*.

### 2.3.4 Grupo Goyllarisquizga (Ki-go)

El Grupo Goyllarisquizga, por sus características litoestratigráficas han sido divididos en tres unidades: Fm. Chimú, Fm. Santa-Carhuaz y Fm. Farrat. Las unidades cartografiadas por otros autores, como Fm. Casapalca, han sido renombradas como Fm.





Pocobamba. Fuente Ingemmet Cuadrángulo Cerro de Pasco (22-k), (Valderrama P. et al., 2013 p. 18). Anexo. *Figura 2.1 Plano geológico regional*.

#### **2.3.4.1 Formación Chimú (Ki-chim)**

Esta formación está constituida por una secuencia de cuarcitas recrystalizadas, en bancos medianos y de grano fino, presentando como base una secuencia abigarrada compuesta por lutitas, limonitas y areniscas blancas y macizas. Litológicamente la formación consiste en una secuencia de orto cuarcitas blancas de grano medio, la cual ha sido recrystalizada presentando un aspecto general de cuarcitas metamórficas. Dentro de las capas de lutitas, aparecen restos de plantas, siendo más abundantes en la base de la Formación, donde se observan algunos mantos de carbón. Anexo. *Figura 2.1 Plano geológico regional*.

#### **2.3.4.2 Formación Santa-Carhuaz (Ki-sa/ca)**

Esta Formación consiste en calizas color azul grisáceo con abundante meteorización y no presentan fósiles, aflora mayormente al este del área de estudio. En la parte alta de la cuenca, sus afloramientos se encuentran algo plegados y fallados localmente. Por correlación estratigráfica, se estima una edad correspondiente al Cretáceo Inferior. Esta Formación también está constituida por limoarcillitas, lutitas y areniscas; que por intemperismo presentan una coloración marrón o marrón amarillenta, suelen también presentarse algunos horizontes de areniscas más o menos prominentes. Sus principales afloramientos se observan en la parte alta de la cuenca, hacia los límites del área de interés. (Quispe Z. & Spelucin. 2016 p. 2). Anexo. *Figura 2.1 Plano geológico regional*.

Las características geotécnicas de esta unidad indican un comportamiento suave, incompetente y plástico, dentro de una secuencia muy plegada. La Formación presenta



una marcada tendencia a adelgazamiento a lo largo de los flancos de los pliegues y al engrosamiento en la zona axial. Su espesor promedio se considera de aproximadamente 600 mts. De acuerdo con la posición estratigráfica, se considera que esta Formación pertenece al Cretáceo Inferior.

#### **2.3.4.3 Formación Farrat (Ki-fa)**

Las areniscas de la Formación Farrat constituyen la unidad más discreta del Grupo Goyllarisquizga, cuyo grosor es mínimo; de modo tal que no permite su representación a la escala de los mapas geológicos. Sin embargo, su peculiaridad litológica hace posible individualizarla como la unidad superior que consiste en 20 mts de arenisca blanca friable de grano medio que yace directamente sobre la Fm. Carhuaz infrayacente con lo cual se ha cartografiado en el mapa por tratarse de una unidad muy delgada que infrayace a la Formación Pariahuanca. En algunos lugares no se encuentran areniscas y se considera que está representada por limoarcillitas de la parte superior de la Formación Carhuaz. Anexo. *Figura 2.1 Plano geológico regional.*

#### **2.3.5 Formación Pariahuanca (Ki-ph)**

Consiste en una secuencia de calizas macizas color algo azul correspondiente al Cretáceo Inferior a Medio, dentro de la cuenca de sedimentación marina.

#### **2.3.6 Formación Pariatambo (Ki-pt)**

Sus afloramientos sobresalen en la parte alta de la microcuenca, prolongándose hacia Oyón. Está conformada por calizas grises oscuras bituminosas con limoarcillitas de igual coloración. La litología que constituyen la Formación Pariatambo, indican que fueron depositadas generalmente en un ambiente marino de plataforma somera, sin embargo, se evidencian algunas variaciones que indican un ambiente anaeróbico hacia el oeste. Anexo. *Figura 2.1 Plano geológico regional.*



### **2.3.7 Grupo Casma (Kis-c)**

Secuencia de depósitos volcánicos lávicos de composición andesítica, muy fracturadas, con intercalaciones de areniscas tufáceas, piroclásticos y ocasionales capas de calizas.

### **2.3.8 Formación Jumasha (Ks-j)**

Esta formación es esencialmente calcárea, muy resistente. Está compuesta de calizas alternadas con margas en la base; y en el tope, por calizas más macizas, de color gris azulino, con estratos delgados a gruesos.

### **2.3.9 Formación Casapalca (KsPg-c)**

Aflora con relativa amplitud hacia la parte central del área de estudio y compuesto esencialmente de areniscas con margas, lodolitas y conglomerados con color rojizo característico.

### **2.3.10 Grupo Calipuy (KsP-ca)**

El grupo Calipuy consiste en al menos de 2000 mts. de espesor y en algunos lugares más de 3000 mts. de estratos volcánicos variados. Estos son principalmente de rocas piroclásticas gruesas de composición andesítica; pero también son abundantes lavas andesíticas e ignimbritas dacíticas. La secuencia es extremadamente variable, de manera que una sección medida en cualquier localidad tiene poca semejanza a otra medida en cualquier otro lugar. La presencia de discordancias dentro del Grupo Calipuy, se considera que representa episodios iguales de formación y por ello, se ha subdividido al Grupo Calipuy.

El Grupo Calipuy descansa con gran discordancia sobre todas las formaciones Mesozoicas, siendo la más joven la Fm. Casapalca y Fm. Chicama la más antigua.



También sobreyace a los plutones más orientales del batolito de la costa en el sector occidental.

El Grupo Calipuy en la sección medida, al este de Tapacocha compuesto por conglomerado basal, la cual lo suprayacen flujos sub-aéreos y piroclásticas de composición basáltica a dacítica y que suman aproximadamente 1200mts. de grosor.

En la sección medida en Tapacocha distingue sus miembros que los agrupa en dos Formaciones.

Formación Calipuy superior: miembro de tobas soldadas.

Formación Calipuy inferior: flujos y tobas de flujos de ceniza.

Flujo y toba de lapilli.

Tobas de flujo de ceniza.

Miembros y aglomerados

Flujo finamente laminado y toba de lapilli.

Conglomerado basal.

A lo largo de los afloramientos que se encuentra en la Cordillera Negra, se ha podido separar aproximadamente estas dos unidades; sin embargo, existen variaciones locales que incluyen secuencias clásticas continentales, cuerpos subvolcanicos y los efectos de la alteración hidrotermal que afectó a estas rocas.

En la carretera Pechicato, afloran unas secuencias sedimentarias atribuidas al Grupo Calipuy superior, esta unidad suprayace en discordancia angular fuerte a las secuencias del Cretáceo Inferior e infrayace a mantos lávicos. Una sección medida en el cerro caracará muestra en sus niveles inferiores conglomerados brechas lodolitas y arenisca de contacto ondulante con un grosor de 100 mts. discordantemente se encuentran secuencias de areniscas finas y lodolitas en secuencias rítmicas, con un grosor de 65 mts. en su parte superior aparecen calizas grises de aspecto lodolítico intercalado con areniscas

reduciéndose significativamente en los últimos 40 mts. La sección medida totalizo 270 mts. de grosor. Teóricamente, esta secuencia se depositó en un ambiente lacustre de extensión reducida al área de Recuay.

En la parte inferior, se tiene una secuencia de color rojizo bien estratificado donde alternan sedimentos y piroclásticos dacítico-riolíticos, con deformación moderada en ciertas partes. Se observan areniscas tobaceas y hacia el suroeste conglomerados con areniscas y lapillitas. En la sección delgada van desde andesitas bastante alteradas.

En la secuencia superior se observan limoarcillitas, areniscas gris oscuras con estratificación delgada a laminar, se alternan calizas y sedimentos calcáreos. (Navarro P. et al., 2009 p. 219-223), Anexo. *Figura 2.1 Plano geológico regional*.

### **2.3.11 Formación Yungay (Ni-yu)**

Consiste en una secuencia de rocas piroclásticas encontradas en algunos sectores del valle del río Santa (Yungay). La litología predominante, son tobas blancas, friables, pobremente estratificadas, compuestas de abundantes cristales de cuarzo y biotita en una matriz feldespática; así como ignimbritas dacíticas con disyunción columnar, suprayace a secuencias cretáceas, intrusivos plutónicos y al Grupo Calipuy. Su grosor se estima en aproximadamente 150 mts. de edad y correlación. De la Formación Yungay, al rellenar zonas del valle del río Santa, se interpreta como evidencia que la toba fue depositada después de las primeras etapas de desarrollo de la topografía actual; asimismo el valle del río Santa estuvo sujeto a movimientos verticales que se acentuaron a partir del Mioceno o Plioceno. Anexo. *Figura 2.1 Plano geológico regional*.

### **2.3.12 Depósitos Cuaternarios(Q-fg)**

Depósitos Cuaternarios, sobreyacen a las unidades antes descritas, siendo los más importantes los fluvioglaciares, que alcanzan su desarrollo máximo en los



alrededores de la Cordillera Blanca; incluyen a los grupos de morrenas, extensos mantos de arenas y gravas. Anexo. *Figura 2.1 Plano geológico regional.*

### **2.3.13 Franja Intrusiva de la Cordillera Occidental**

A los alrededores de la zona de investigación, se tiene una serie de cuerpos intrusivos de orientación NW- SE, que forman parte del Batolito de la Cordillera Blanca, conformada por las Unidades: Santa Rosa, superior Unidad Puscao, superior Unidad Paccho, conformadas por rocas intrusivas como granodioritas, tonalitas, dioritas y monzogranitos en sus diversas variedades. El tipo de litología que presenta la zona de estudio da origen a las numerosas escarpas que existe en el circo glaciar del nevado. Se presenta algunos desglasamientos en diversos sectores, producto del fenómeno de desglaciación intensa, lo que origina desprendimientos de bloques y derrumbes; no sólo alrededor de la laguna, sino también a lo largo de la quebrada. Anexo. *Figura 2.1 Plano geológico regional.*

## **2.4 DOMINIOS TECTONICOS Y FALLAS REGIONALES**

### **2.4.1 Dominios tectónicos**

La región del Perú presenta tres eventos tectónicos compresivos de corta duración.

Fase Peruana: en el Santoniano

Fase Inca: en el Eoceno superior – Oligoceno inferior

Fase Quechua: en el Mio – Plioceno. en base, a un análisis de series sedimentarias y volcánicas, añaden a las secuencias, nuevos eventos tectónicos compresivos:

Fase Mochica: en el Albiano

Fase Peruana: en el Santoniano (80 Ma.)

Fase del Cretácico final: Paleoceno (65-55 Ma.)

Fase Incaica: Eoceno superior (40 Ma.)



Fase Aymara: Oligoceno superior (26 – 28 Ma.), Mioceno inferior (15 – 17 Ma.)

Fase Quechua: Mioceno medio (10 Ma), Mioceno superior (7 Ma.)

Fase Cuaternario antiguo (2 Ma.), en esta región estos eventos tectónicos produjeron sistemas de fallas inversas, normales y de rumbo. Esta zona despierta gran interés geológico minero debido a que en ella se encuentra dos de las operaciones más importantes del Perú. Hacia el lado de la Cordillera Blanca, se tiene el skarn Antamina, Cu, Zn, y hacia el lado de la Cordillera Negra está el Yacimiento Epitermal de Pierina, Au, Ag. (Villarreal E. 2010 et al., p. 684-688). Ambos contextos totalmente diferentes y estos sistemas de fallas nos han permitido definir los dominios geológicos. **Figura 11.**

1.- Dominio volcánico-sedimentario: Casma del cretácico.

2.- Dominio Jurásico-Cretácico: Chicama-Goyllarisquizga.

3.- Dominio Permo-Triásico: Mitu Pucará.

Para fines de exploración, los dominios geotectónicos más importantes son dos: En primer lugar, está el Dominio Chicama – Goyllarisquizga que comprende de una secuencia de areniscas intercaladas con lodolitas de la Formación Chicama (Jurásico medio a superior). En la parte basal sobre la Formación Chicama, se tiene la secuencia sedimentaria del Grupo Goyllarisquizga (Berrrisiano – Aptiano), conformada por areniscas intercaladas con lodolitas y calizas de la Formación Santa, areniscas cuarzosas y grauwas intercaladas con lodolitas, Fm. Carhuaz y areniscas cuarzosas blancas, Fm. Farrat. En la parte oriental del dominio se observa una secuencia carbonatada del Albiano – Campaniano que forman parte de las Unidades Pariahuanca, Chúlec, Pariatambo, Jumasha y Celendín. En la parte occidental el tope del dominio está formado por rocas volcánicas cenozoicas del Grupo Calipuy. Este dominio es importante debido a que hospeda yacimientos importantes como son: Antamina en la secuencia carbonatada y Pierina en la secuencia volcánica cenozoica. La secuencia sedimentaria del grupo

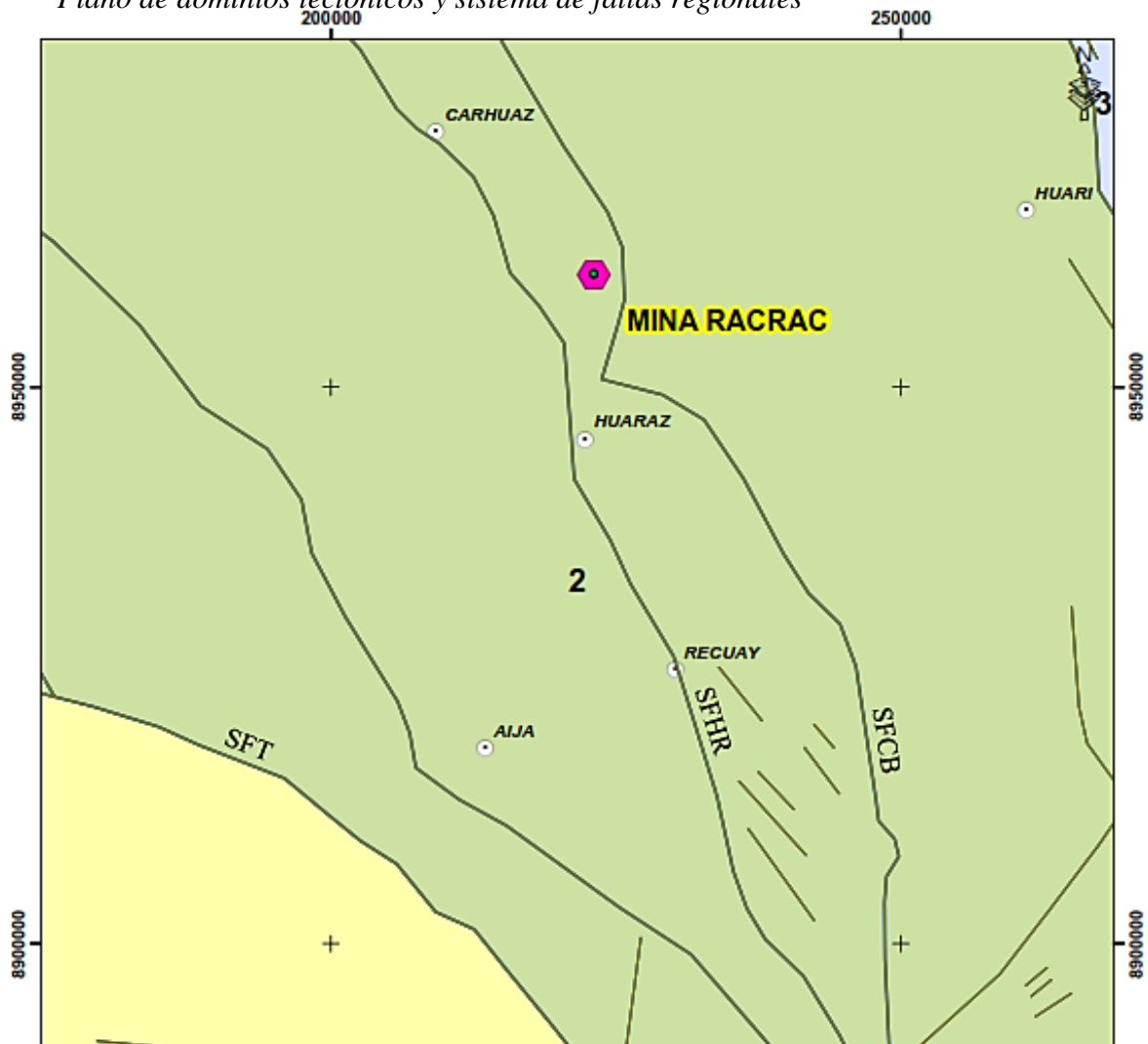
Goyllarisquizga, se caracteriza por hospedar depósitos de diseminados de Au y Ag como son: Lagunas Norte, La Virgen, Santa Rosa; pero estos se encuentran hacia el norte y caen fuera del área de estudio. (Villarreal E. 2010 et al., p. 684-688).

#### 2.4.2 Estructural regional

El área de estudio principalmente está controlada por sistemas de fallas regionales que tienen una dirección NO-SE (Villarreal E. 2010 p. 684-688), Sistema de Fallas Huaraz – Recuay (SFHR), Sistema de Fallas de la Cordillera Blanca (SFCB), por los extremos tenemos el Sistema de Fallas Chota (SFCH), Sistema de fallas Tapacocha (SFT), Sistema de fallas Huallac-Churín (SFHCH) y Sistema de Fallas Chota (SFCH) (Romero D. 2008 p. 468), (Villarreal E. 2010 et al., p. 684-688), **Figura 11**.

**Figura 11**

*Plano de dominios tectónicos y sistema de fallas regionales*







## **2.5 METALOGENIA Y OCURRENCIAS MINERALOGICAS**

### **2.5.1 XX Pórfidos de Cu-Mo-Au, Skarns de Pb-Zn-Cu-Ag y depósitos polimetálicos relacionados con intrusivos del Mioceno**

Se ubica en la Cordillera Occidental del Norte y centro del Perú (5°-12°). Esta franja está controlada por el Sistema de Fallas y cabalgamientos NW-SE, de los Sistemas Chonta y Punre-Canchis-Magistral; este último conforma la faja corrida y plegada del Marañón (MTFB). En el Norte del Perú, las fallas van cambiando a WNW - ESE y finalmente N-S, al aproximarse a la deflexión de Huancabamba.

Esta franja presenta tres eventos magmáticos relacionados con la mineralización, estimados en 22-20 Ma. 18-13 Ma. y 10-5 Ma., los eventos magmáticos están manifestados por el emplazamiento de stocks intrusivos calcoalcalinos dioríticos a granodioríticos.

Primer evento de 22-20 Ma., se asocia con los depósitos tipo pórfido de Cu-Mo de Michiquillay y Aurora Patricia.

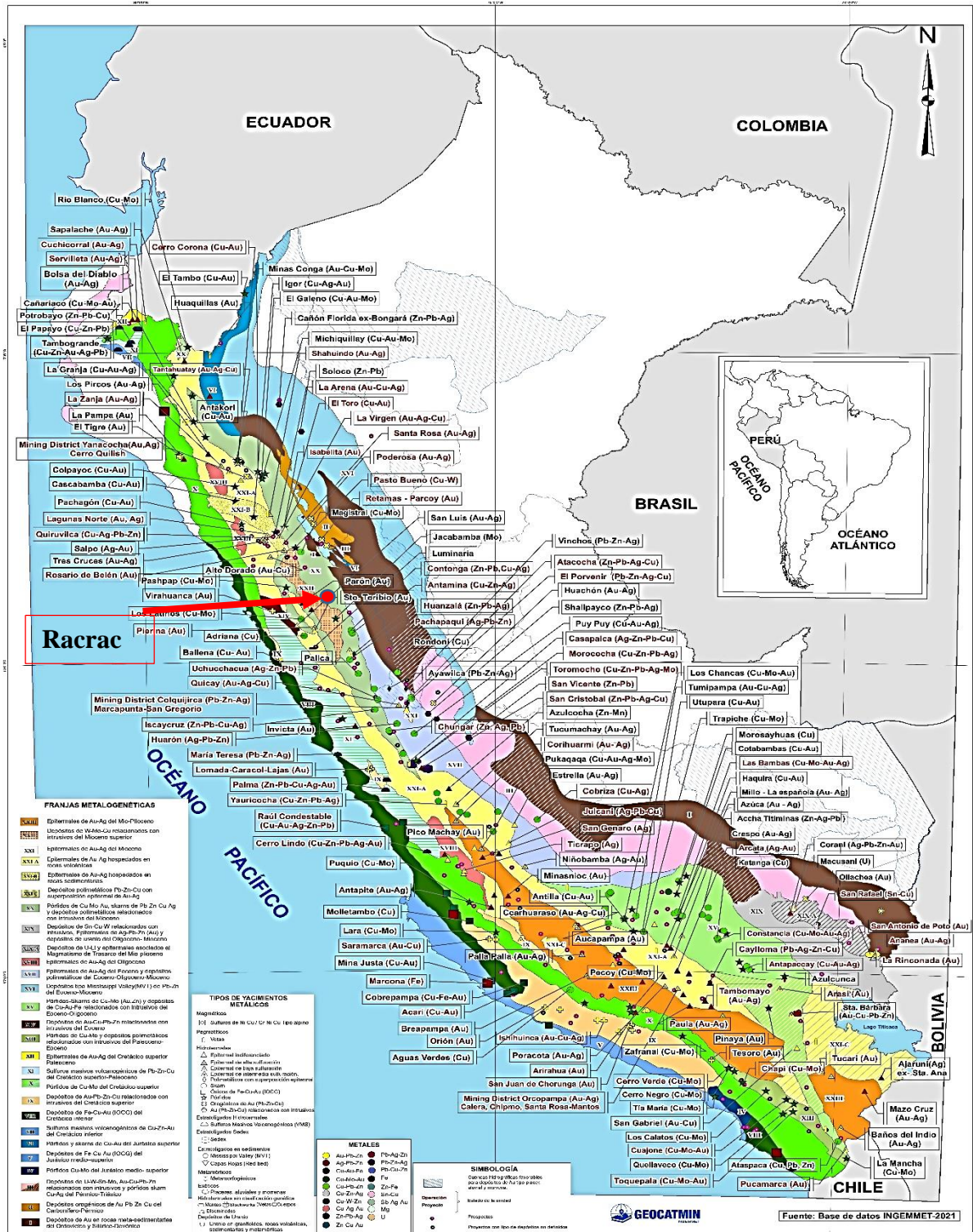


Segundo evento de 18-13 Ma., contiene mineralizaciones tipo pórfido de Cu-Mo y Cu-Au, que algunas veces desarrolla skarns y cuerpos de reemplazamiento de Pb-Zn-Ag, en el contacto con rocas carbonatadas del Cretácico como: Chungar, Iscay Cruz y otros depósitos. Los pórfidos de Cu-Mo (18-13 Ma.), están relacionados con intrusiones intermedias a ácidas, El Galeno, La Granja, Cañariaco, Parón y Magistral. Mientras que los pórfidos de Cu-Au, están asociados con intrusiones básicas a intermedias, como es el caso de Proyectos Conga (El Perol y Chailhualgón) y Cerro Corona, sistemas porfiríticos similares a los anteriores se exponen puntualmente en sectores erosionados del dominio volcánico Miocénico (Franja XXI), donde se puede mencionar a los depósitos de Chamis, Colpayoc, Cascabamba, San José, La Arena, Alto Dorado, Pashpap, Los Latinos. Así como al depósito en la transición pórfido-Epitermal El Toro y al skarn de Pb-Zn-Cu, El Extraño.

Tercer evento magmático de 10-5 Ma. genera depósitos tipo pórfido Cu-Mo (Au), como Río Blanco y Toromocho al norte. Los intrusivos de 10-5 Ma. controlados por el dominio de las Fallas del Sistema Chonta, Churrín San Mateo, en contacto con rocas calcáreas del Cretácico (9°-12°30'), presentan skarns y cuerpos de reemplazamiento de Cu-Zn y Pb-Zn-Ag, como son: proyecto Huanzalá, Pachapaqui, Raura, Ucchuchacua, Huarón, Yauricocha y otros. Igualmente, generan vetas y cuerpos de reemplazamiento de Pb-Zn-Ag, similares Yauliyacu Casapalca, Morococha, Proyecto Solitaria y San Cristóbal; este último con una edad ~6 Ma. (Acosta J, 2009), (Carlotto V. 2009 p. 32-33).

Figura 12

Mapa metalogenético del Perú: operaciones y proyectos mineros



*Nota.* Ubicación del proyecto Racrac en el Mapa Metalogenético del Perú. Fuente Ingemmet.



## 2.6 GEOQUÍMICA

El método geoquímico se desarrolla especialmente a partir de la química, la geología y mineralogía, junto a estos conocimientos, llega a construir una excelente herramienta en la etapa de exploración. En la prospección geoquímica es de suma importancia, considerar las técnicas de muestreo y el análisis químico que se emplea. También es importante analizar la abundancia y distribución de los elementos en las distintas secuencias litológicas a escala regional, con la finalidad de conocer los valores de contenido de fondo y poder establecer la posible existencia de anomalías geoquímicas las cuales tiene factores favorables para la localización de cuerpos mineralizados del área de estudio.

El muestreo geoquímico se hace para evaluar grandes y pequeños depósitos desde superficie o interior (mantos, vetas, cuerpos mineralizados diseminada, etc.). El muestreo geoquímico es la forma corriente de obtener muestras representativas de un determinado material natural, colectado de una manera estandarizada. La cantidad de material debe estar adecuada a la finalidad del muestreo, a los requerimientos analíticos y a la conservación del remanente en repositorios como material de referencia para futuras investigaciones. La metodología de muestreo condiciona el grado de certidumbre de los resultados y normalmente constituye un 55%, porcentaje muy significativo del costo total de un proyecto. En consecuencia, es conveniente establecerla previamente mediante protocolos cuidadosamente elaborados para distintos medios, fines y escalas



## 2.7 RECURSOS Y RESERVAS DE MINERAL

### 2.7.1 Recursos minerales

Es una concentración u ocurrencia de material de interés económico intrínseco en o sobre la corteza de la Tierra en forma y cantidad en que haya probabilidades razonables de una eventual extracción económica. La ubicación, cantidad, ley, características geológicas y continuidad de un recurso mineral son conocidas, estimadas o interpretadas a partir de evidencia y conocimientos específicos geológicos. Los recursos minerales se subdividen, en orden de confianza geológica ascendente, en categorías de inferidos D21 Indicados D22 y Medidos D23. No deben incluirse en un recurso mineral las porciones de un depósito que no tienen probabilidades razonables de una extracción económica eventual. El término “Recursos Minerales” cubre mineralización que se ha identificado y estimado mediante exploración y haciendo un muestreo y dentro de los cuales las reservas de mena se pueden definir por la consideración y aplicación de factores técnicos, económicos, legales, ambientales, sociales y gubernamentales. El término “probabilidades razonables para extracción económica eventual” implica un criterio (aunque sea preliminar) por la persona competente con respecto a los factores técnicos y económicos que podrían influir en la perspectiva de extracción económica, incluyendo los parámetros aproximados de explotación. En otras palabras, un recurso mineral no es un inventario de toda la mineralización perforada o donde se ha tomado la muestra, cualquiera que sea la ley de corte, dimensiones probables de explotación, ubicación o continuidad. Es un inventario realista de mineralización que, bajo condiciones técnicas y económicas asumidas y justificables, podría total o parcialmente llegar a ser económicamente explotable. (BVL, 2016 p. 7), *Figura 13*.

#### 2.7.1.1 Recurso mineral medido



Un “Recurso mineral medido” es aquella parte de un recurso mineral para el cual puede estimarse con un alto nivel de confianza el tonelaje, su densidad, forma, características físicas, ley y contenido de mineral. Se basa en exploración detallada y confiable, información sobre muestreo y pruebas obtenidas mediante técnicas apropiadas de lugares como ser afloramientos, zanjas, rajos, túneles, laboreos y sondajes. Las ubicaciones están espaciadas con suficiente cercanía para confirmar continuidad geológica y/o de ley. La Mineralización puede clasificarse como un recurso mineral medido cuando la naturaleza, calidad, cantidad y distribución de datos son tales como para que no haya duda razonable, en opinión de la persona competente que determina el recurso mineral, que el tonelaje y ley de la mineralización puede estimarse dentro de límites cercanos y que cualquiera variación de la estimación no afectaría en forma significativa la viabilidad económica potencial. Esta categoría requiere un alto nivel de confianza en, y entendimiento de, la geología y controles del yacimiento. La confianza en la estimación es suficiente para permitir la aplicación apropiada de parámetros técnicos y económicos y para permitir una evaluación de la viabilidad económica. (BVL, 2016 p. 9), *Figura 13*.

### **2.7.1.2 Recurso mineral indicado**

Un “Recurso mineral indicado” es aquella parte de un recurso mineral para el cual puede estimarse con un nivel razonable de confianza el tonelaje, densidad, forma, características físicas, ley y contenido mineral. Se basa en información sobre exploración, muestreo y pruebas reunidas mediante técnicas apropiadas en ubicaciones como ser: afloramientos, zanjas, rajos, túneles, laboreos y sondajes. Las ubicaciones están demasiado espaciadas o su espaciamiento es inapropiado para confirmar continuidad geológica y/o de ley, pero está espaciada con suficiente cercanía para que se pueda suponer continuidad. Un recurso mineral indicado tiene un nivel de confianza menor que



el que se aplica a un recurso mineral medido, pero tiene un nivel de confianza mayor que el que se aplica a un recurso mineral inferido. La mineralización puede clasificarse como un recurso mineral indicado cuando la naturaleza, calidad cantidad y distribución de datos son tales como para permitir una interpretación fiel del marco geológico y asumir continuidad de mineralización. La confianza en la estimación es suficiente para permitir la aplicación apropiada de parámetros técnicos y económicos, y permitir una evaluación de viabilidad económica. (BVL, 2016 p. 8), *Figura 13*.

### **2.7.1.3 Recurso mineral inferido**

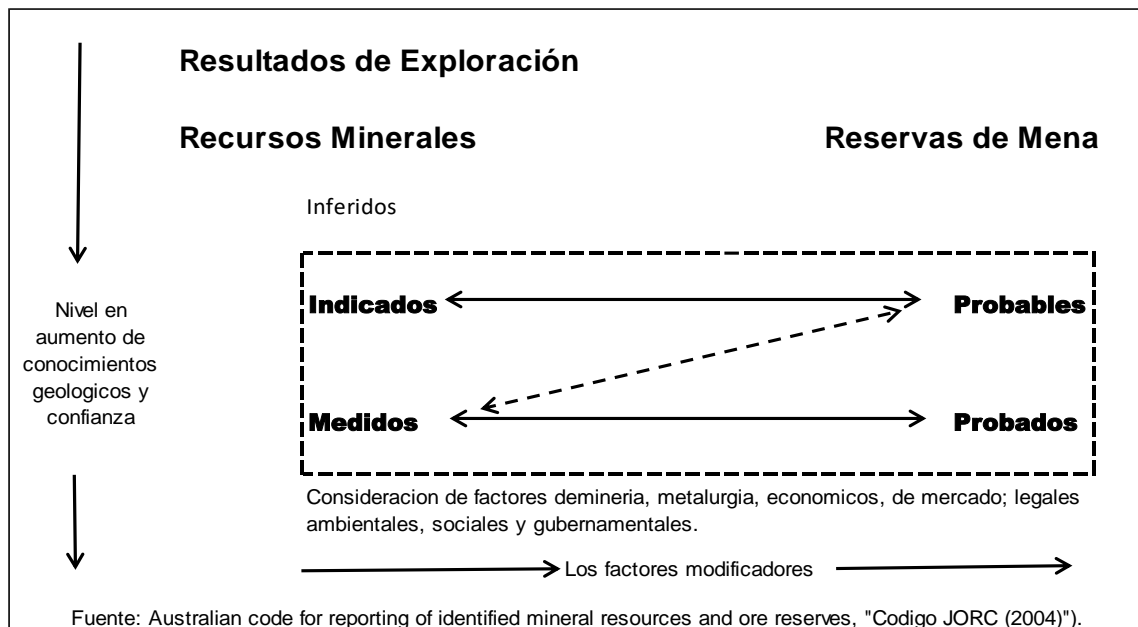
Un “Recurso mineral inferido” es aquella parte de un recurso mineral por la cual se puede estimar el tonelaje, ley y contenido de mineral con un bajo nivel de confianza. Se infiere a partir de evidencia geológica y se asume, pero no se certifica la continuidad geológica ni de la ley. Se basa en información inferida mediante técnicas apropiadas de localizaciones como ser afloramientos, zanjas, rajos, laboreos y sondajes que pueden ser limitados o de calidad y confiabilidad incierta. Un recurso mineral Inferido tiene un nivel más bajo de confianza que el que se aplica a un recurso mineral indicado. La categoría tiene la intención de cubrir situaciones donde se ha identificado una concentración mineral u ocurrencia y se ha completado una medición y muestreo limitado, pero donde los datos son insuficientes para permitir que se interprete con confianza la continuidad geológica y/o ley. Debido a la inseguridad que puede existir en cuanto a algunos recursos minerales inferidos, no puede asumirse que todos o una parte de los recursos minerales inferidos podrán incrementar de categoría a un recurso mineral medido como resultado de exploración continua. La confianza en la estimación generalmente no es suficiente para permitir la aplicación apropiada de parámetros técnicos y económicos o permitir una evaluación de viabilidad económica. Debe tenerse precaución si se considera esta categoría en estudios económicos. (BVL, 2016 p. 8), *Figura 13*.

## 2.7.2 Reserva mineral

Es todo material mineral que se considera explotable bajo las condiciones existentes incluyendo costo, precio, tecnología y circunstancias locales. Ella incluye materiales de dilución y considera pérdidas que puedan ocurrir durante la explotación del material. Las reservas minerales se subdividen en orden de aumento de confianza en reservas minerales probables y reservas minerales probadas. (BVL, 2016 p. 11), *Figura 13*.

*Figura 13*

*Resultados de exploración, recursos minerales y reservas de mena*



Fuente. Código Jorc (2004).

### 2.7.2.1 Reserva mineral probable

Es la parte económicamente explotable de un recurso mineral indicado y, en algunas circunstancias, de recursos minerales medidos. Ella incluye los materiales de dilución y considera las pérdidas que pueden ocurrir cuando el mineral es minado. (Oyarzun, J. 2011). *Figura 13*.



### **2.7.2.2 Reserva mineral probada**

Es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Medido. Ella incluye los materiales de dilución y considera las pérdidas que pueden ocurrir cuando el mineral es minado. (Oyarzun, J. 2011), *Figura 13*.

## **2.8 MÉTODOS PARA LA CUBICACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS**

Existen dos tipos de métodos usados para la estimación de recursos y reservas, cuya aplicación depende de las características del yacimiento, estos métodos son los siguientes:

### **2.8.1 Métodos clásicos o geométricos**

Son los que se usan tradicionalmente, se basan fundamentalmente en los principios de interpretación; con las variables entre dos puntos contiguos de muestreo, lo determina la construcción de los bloques geométricos a los que se le asignan las leyes medias para la estimación de recursos.

Las características principales de este método son sencillas, se basan en criterios comúnmente geométricos, están siendo superados por los métodos modernos, la variabilidad es extrema.

Los principios de interpretación de este método son los siguientes:

➤ El principio de los cambios graduales presupone que los valores de una variable (ancho, ley, etc.) varían gradual y continuamente a lo largo de la línea recta que une dos puntos de muestreo contiguos.

➤ El principio de muestras vecinas más cercanas admite que el valor de la variable de interés en un punto no muestreado es igual al valor de la variable en el punto más próximo.



➤ El último de los principios permite la extrapolación de los valores conocidos en los puntos de muestreo a puntos o zonas alejadas sobre la base del conocimiento geológico o por analogía con yacimientos similares.

Todos estos principios de interpretación son utilizados para la subdivisión del yacimiento mineral en bloques o sectores, los cuales son evaluados individual y posteriormente integrados para determinar los recursos totales del yacimiento.

Los tipos de métodos clásicos o geométricos que se utilizan para la estimación de recursos y reservas son: (Alfaro M. 2007)

Media aritmética.

- Bloques geológicos.
- Bloques de explotación.
- Perfiles.
- Polígonos.
- Triángulos.

### **2.8.2 Métodos modernos o geoestadísticos**

Los métodos modernos o geoestadísticos son más exactos y ofrecen una información más completa que los métodos clásicos. Sin embargo, se requiere una formación académica especializada, software adecuado lo cual permiten realizar estimaciones en bloques más pequeños, se basan en procedimientos matemáticos de interpolación local y emplean datos de los sondeos y calicatas. (Alfaro M. 2007),

Las características de los métodos modernos son las siguientes:

- Se han desarrollado ampliamente en los últimos años.
- Están dirigidos a informatizar los métodos clásicos.



- Con el uso de la geoestadística, los métodos son más potentes.
- Realizar estimaciones en bloques más pequeños.
- Procedimientos matemáticos de interpolación local.

### **2.8.3 Elementos de la cubicación de recursos**

Es el conjunto de consideraciones que permiten aproximar la cantidad de mineral susceptible de explotación económica.

- Contacto geológico
- Contacto mineralógico
- Contacto económico

### **2.8.4 Dilución**

Es la contaminación del mineral de una estructura con material estéril o desmonte durante las distintas fases del proceso, del cual no se obtiene ni un kilogramo de concentrado y que, muy por el contrario, ayuda a elevar nuestros costos considerablemente. Generalmente es expresada como porcentaje y muchas veces se refiere cuando hay limitaciones para precisarla.

### **2.8.5 Densidad**

Es la relación existente entre el peso de un material y su volumen. La comparación en el sistema métrico decimal se realiza en Tms. /m<sup>3</sup>.

## **2.9 PERFORACIÓN DIAMANTINA**

La perforación diamantina es aquella perforación que se hace utilizando una broca diamantada para perforar la roca obteniendo un testigo de esta, el cual es extraído,



registrado y colocado en cajas porta-testigos para debida protección y almacenamiento dentro del almacén de testigos (Cores Racks).

Es importante que una vez finalizado las técnicas de prospección previas se debe haber definido una zona de anomalías que necesite ser estudiada con mayor precisión. La manera de conocer más al detalle el terreno que presenta tales anomalías es tomar muestras en profundidad en la zona a estudiar, por medio de la perforación diamantina.

La perforación diamantina, es una de las más importantes técnicas de exploración que proporciona la mayor parte de la información que nos permite localizar y caracterizar el potencial recurso mineral, y así darle un valor económico de una zona mineralizada. El cuidadoso registro de las muestras de testigos de sondajes, ayudará a delinear la geometría y el cálculo del volumen de mineral y proporciona características estructurales.

Los testigos recuperados contienen valiosa información para el geólogo, en la exploración de yacimientos metálicos para la realización de diferentes estudios, estimación de recursos, ubicación de los yacimientos minerales; proporcionándoles además valiosa información para el diseño del sistema de explotación a aplicar.

En el cuerpo Racrar se ha ejecutado la perforación diamantina de 5 pozos más altos con diferentes direcciones para interceptar zonas con contenido de mineral.

### **2.9.1 Logueo geológico**

El logueo geológico es un proceso en el cual se registra toda la información que nos brinden los testigos de perforación, principalmente las características geológicas como: litología, alteración, mineralización, detalles estructurales. Otros datos que se incluyen son el porcentaje de recuperación, los datos de calidad de la roca (RQD) y el registro gráfico.



### **2.9.2 Corte de testigos**

El testigo de perforación es cortado longitudinalmente utilizando un disco de diamante, siendo éste el método estándar de trabajo, este método a pesar de ser relativamente cara y lenta es la mejor manera de obtener una muestra representativa.

### **2.9.3 Muestreo de testigos**

Una vez realizado el registro geológico y geotécnico a detalle, el geólogo encargado define los intervalos de muestreo tomando en cuenta principalmente el grado de mineralización, en tramos con mineralización débil a moderado se determina sistemáticamente cada 2 mts. y en tramos con mayor intensidad de mineralización los intervalos se pueden reducir hasta 0.20 m de longitud.

Las muestras obtenidas de cada intervalo son introducidas a una bolsa de muestreo, debidamente codificadas para su posterior envío al laboratorio.

### **2.9.4 Aseguramiento y control de calidad**

El objetivo principal del aseguramiento y control de calidad (QA/QC por sus siglas en inglés) relacionada con la exploración geológica y minera, es la práctica de técnicas apropiadas de prevención con énfasis en el muestreo, la preparación y análisis de las muestras para construir una base de datos con mínimos errores.

Para el caso del proyecto Racrac para garantizar el aseguramiento y control de calidad se ha elaborado e implementado protocolos de trabajo antes de iniciar con las diferentes actividades como es el traslado de muestras desde las plataformas hasta el almacén de testigos, logueo, corte de testigos, muestreo, etc.

### **2.9.5 Muestras de Control de Calidad**

Son aquellas muestras que son insertados en los lotes de muestras que se envían



a laboratorio, con el fin de detectar y controlar los errores en los procesos de muestreo, preparación mecánica en laboratorio y análisis de muestras geoquímicas.

Los tipos de muestras de control QA/QC que se inserta en el muestreo de testigos de perforación son:

#### **2.9.5.1 Muestra Estándar**

Las muestras estándares son muestras certificadas con valores conocidos de elementos determinados; permiten evaluar la exactitud.

#### **2.9.5.2 Muestra Duplicado**

Son muestras repetidas de un mismo lugar, en perforación diamantina se consigue cortando el testigo en dos partes iguales guiándose de la mineralización; esto permite evaluar la precisión.

#### **2.9.5.3 Muestra Blanco**

Son muestras estériles que contienen valores bajos niveles de concentraciones de minerales, permiten evaluar la contaminación.

### **2.9.6 Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Se procesaron los datos o informaciones de las características geológicas del depósito Racrac, utilizando técnicas como: la cartografía geológica, elaboración de secciones geológicas interpretativas y con la información obtenida en el gabinete y en campo se conceptualizó el modelo geológico y la evaluación de los recursos minerales existentes.

Se ha realizado el análisis de datos para ser utilizado en la estimación de recursos minerales, así como datos de DDH y labores subterráneas.



Para el procesamiento de datos se utilizó diversos softwares con el fin de plasmar una cubicación en lo posible lo más realista.



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 MATERIALES Y EQUIPOS

Para el presente proyecto de investigación se utilizaron: los siguientes equipos y materiales, tanto en campo y gabinete que a continuación se detallan:

**Tabla 2**

*Equipos y materiales para el desarrollo del proyecto*

RECURSOS	DESCRIPCION	CANTIDAD	MEDIDA
Infraestructura	Campamento minero	1	Unid.
	GPS	1	Unid.
Equipos	Brújula	1	Unid.
	Laptop	1	Unid.
	Estación total	1	Unid.
Herramientas geológicas	Picota	1	Unid.
	Lupa 20x	1	Unid.
	Wincha 50 Mts.	1	Unid.
	Flexo de 5 Mts	1	Unid.
Materiales	Bolsa de muestreo	500	Unid.
	Talonario	500	Unid.
	Mochila de lona	2	Unid.
	Ácido clorhídrico	500	ml.
	Lápiz imantado, rayador	1	Unid.
Materiales y herramientas de mina	Compresora sullair	1	Unid.
	Máquina perforadora Jackley	3	Unid.
	Ventilador de 50rpm	2	Unid.
	Mangueras de polietileno	500	Mts.
	Mangueras de aire	500	Mts.
	Mangas de ventilación	500	Mts.
	Carros mineros	4	Unid.
	Rieles de 9 Mt.	100	Unid.
	Winches	1	Unid.
	Cables wireles	300	Mts.
	Palas mineras, picos	30	Unid.
	barretillas	12	Unid.
	Cucharillas	3	Unid.
	lámparas mineras	50	Unid.
	Mamelucos y Guantes	50	Unid.
	Botas	50	Unid.
	Protectores de gas	50	Unid.
Tapón de oído	50	Unid.	
Barbijos	50	Unid.	
Puntura spray	10	Unid.	

Elaboración propia





## **3.2 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.2.1 Tipo de Investigación**

La investigación según su propósito es aplicada.

### **3.2.2 Nivel de investigación**

La presente tesis aplica la metodología de investigación: descriptiva y cuantitativa, ya que estos métodos parten del estudio; no se apoya tanto en la teoría, sino en la recolección de datos que permitan detectar patrones de mineralización para dar explicación a dichos fenómenos. Con los resultados se caracterizará mejor el depósito mineral del área para incrementar el conocimiento del distrito minero.

### **3.2.3 Fases de investigación.**

El método de investigación a desarrollar será: descriptivo y cuantitativo donde se pudo tener un conocimiento general de la percepción de las características geológicas del depósito.

#### **3.2.3.1 Precampo o trabajos de gabinete**

Recolección de data histórica, Ingemmet, Geocatmin, trabajos antiguos (TVX Minera del Perú), Digitalización de mapas regionales a escala 1/150.000, preliminares locales a escala 1/2000.

#### **3.2.3.2 Campo**

cartografiado geológico superficial a escala 1/5 000 y caracterización del área abarcando la mayor parte, identificando estructuras mineralizadas, contactos, fallas, tipo de litología y alteraciones hidrotermales. Mapeo geológico a escala 1/500, muestreo geoquímico en afloramientos dentro y circundantes al cuerpo Racrac.



Los primeros trabajos consistieron en la recopilación y elaboración de mapas geológicos a escala 1/2 000 de superficie, secciones geológicas interpretativas de superficie, subterráneo, esquemas, tablas, figuras, etc.

Análisis de sondajes diamantinos, descripción macroscópica, microscópica de rocas y minerales; para conocer la litología, alteración, ensambles y caracterización petrominerográfica.

### **3.2.3.3 Post campo, interpretación**

Análisis e interpretación final de datos de muestreos en superficie y subterráneo y leyes de DDH, para zonificar estructuras geológicas, estructurales, litológicas, texturales y mineralógicas.

Conceptualización del modelo geológico del yacimiento y la evaluación de recursos minerales existentes.

### **3.2.4 Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación fue transversal, el trabajo consistió en explorar el área de estudio; se realizó en base a la observación como un proceso sistemático de obtención, recopilación y registro de datos empíricos de las características geológicas del depósito mineral.

### **3.2.5 Población, muestra y muestreo**

La población pertenece al ámbito espacial del proyecto Racrac.

Las muestras tomadas corresponden a fragmentos de rocas y minerales expuestas en la superficie y a muestras de testigos de perforación diamantina de los interceptos más representativos y muestras de labores subterráneas.



### **3.2.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La recopilación de información del área de estudio es el primer paso para comenzar el proceso de exploración que consiste en obtener la información geológica, estudios previos realizados en el proyecto, recopilación de mapas topográficos, geológicos, imágenes satelitales y otras informaciones necesarias.

En el proyecto Racrac ha sido fundamental contar con la información obtenida de estudios anteriores de prospección y exploración.

#### **3.2.6.1 Muestreo en superficie**

##### **a). Muestras de rocas**

Ubicación del área de trabajo, en este caso la carretera o acceso a muestrear.

Limpiar el lugar a muestrear hasta encontrar roca no intemperizada y determinar los contactos litológicos.

Marcar tramos de 2 metros consecutivos en la roca y según los contactos litológicos.

Hacer canales de aproximadamente 20cm de ancho en cada tramo de 2 metros como máximo o según lo determine el geólogo.

Proceder a la toma de la muestra con la ayuda de martillo y cincel.

La muestra deberá tener un peso entre 2 y 3 kilogramos.

Colocar la muestra en la bolsa plástica y etiquetarlo con su número correspondiente y cerrar en forma segura.

#### **3.2.6.2 Muestreo en Subterráneo**

##### **a) Ubicación de canales de muestreo en interior proyecto**



Todos los canales son levantados con topografía, estos puntos de muestreo son enlazados a un punto topográfico levantados con estación total. Se toma el punto inicial y el punto final del canal de muestreo.

#### **b) Muestreo de interior proyecto**

El muestreo empleado es por canales en labores de interior Proyecto y consiste en realizar cavidades rectangulares transversales y perpendiculares al buzamiento de la veta, del que se extrae la muestra.

- **Dimensiones:**

Ancho: Limpieza de canal de 0.25 m, muestreo de canal 0.2 m

Profundidad: 0.025 m

Longitud: Longitud de límites geológicos (litológicos, alteraciones, mineralógicos, textura y grado de fragmentación) a un máximo de 1.5 m y un mínimo de 0.1 m, si la muestra fuera insuficiente es completando la cantidad de muestra mínima de 2 Kg. en la longitud de la mineralización ampliando el ancho de muestreo.

- **Espaciamiento:**

La distancia entre canales en un mismo frente de muestreo depende de los límites geológicos o las longitudes establecidas en las dimensiones.

El espaciamiento de las muestras de labores horizontales como galerías, subniveles y tajos son aproximadamente cada 2 Mts., en caso de cruceros el muestreo se realiza en ambas paredes del a techo y piso.

En las labores verticales, caso de chimeneas, el muestreo se realiza en ambas paredes donde se expone la veta en este caso el espaciamiento es cada 2 Mts. pero con canales intercalados entre las caras, si la labor no muestra todo el afloramiento



de la veta entonces se realizarán estocadas al techo y piso de la veta para dimensionar la potencia total de la veta.

**c) Procedimiento:**

El muestreo se inicia lavando el frente de la labor o techo, limpiando los fragmentos que se impregnaron por la voladura quitando cualquier partícula extraña que no corresponda al tramo a muestrearse.

El frente mineralizado, es dividido en tantas muestras como límites geológicos que existen o longitudes máximas de muestreo.

Del canal marcado se extraen los fragmentos de la muestra picando en forma de zig zag en el interior del canal hasta completar la cantidad necesaria un mínimo de 2 kilogramos.

Los fragmentos que caen al piso no se han de recoger.

Las muestras no han de cuartearse.

Los fragmentos del muestreo son recibidos y posteriormente sellados en bolsas de polietileno diseñados para tal fin, estas bolsas son etiquetados con códigos para su identificación.

### **3.2.6.3 Mapeo geológico en labores subterráneos**

**Las labores de exploración, desarrollo y explotación se han ejecutado en la**

parte superficial del cuerpo Racrac con la finalidad de conocer mejor el comportamiento geológico del yacimiento. Para ello se ha iniciado la primera labor:

- en el nivel 3410 m.s.n.m (Galería 942 SE), con un Azimut de 129° NE y longitud alcanzada de 134 mts. Con sección de 2.10 x 1.80 mts. *Anexo. Figura*

#### ***3.1 Mapeo geológico Nv. 3410, Gal. 942 SE***



- En el nivel 3516 m.s.n.m (Galería 104 SE), con una longitud de 130 Mts. Perpendicular a ellos se ha realizado estocadas cortas. *Anexo. Figura 3.2 Mapeo geológico Nv. 3516, Gal. 942 SE*

Con estas labores ejecutadas han sido de gran ayuda para alimentar las interpretaciones del yacimiento. Al estar ubicadas superficialmente y en zona de skarn se ha podido determinar mineralización clara en bandas, concordante a la estratificación de la Formación Santa y concentración de sulfuros de acuerdo con la porosidad de la roca huésped, algunas bandas están fuertemente rellenas con sulfuros y otros están totalmente estériles. Para ello presentamos un pequeño modelo gráfico.

**a). Procedimiento**

El personal debe portar con el EPP completo. La supervisión debe realizar las coordinaciones necesarias para que se habilite la labor a mapear, teniendo en cuenta las condiciones de seguridad (ventilación, regado desatado).

El personal verifica la ventilación en la labor de no ser así no se continua con el proceso-

Luego se verifica que el techo se encuentre debidamente desatado de no ser así no se continúa con el proceso.

Eliminadas las condiciones inseguras se procederá al lavado de la labor a mapear (corona, hastiales).

Se realizará el marcado de la labor cada 2.00 mts. a partir de puntos topográficos y/o de referencias conocidas.

Se marcarán contactos litológicos, estructuras geológicas y los horizontes mineralizados.



Se ploteará en la hoja de mapeo todos los detalles geológicos tales como litología, características estructurales, alteraciones y mineralogía.

Los datos serán actualizados en AutoCAD.

Reporte de fin de guardia.

### **3.2.7 Software Utilizados**

- a). **ArcGIS Desktop:** ArcGIS es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica.
- b). **AUTOCAD** es una poderosa herramienta de dibujo y diseño que nos ayudó en nuestro trabajo de investigación geológica.

## CAPITULO IV

### CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

#### 4.1 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

El proyecto Racrac se encuentra localizado en la cordillera Blanca del Perú y está ubicado aproximadamente a 14 km al norte de la provincia de Huaraz, políticamente se encuentra ubicado en distrito de Tarica, provincia de Huaraz, departamento de Ancash.

*Anexo. Figura 4.1 Plano de Ubicación del proyecto Racrac.*

Limita por el norte y por el este con la provincia de Carhuaz, por el sur con el distrito de Independencia y por el oeste con el distrito de Jangas. Se encuentra a una altura promedio de 3400 m.s.n.m. y demarcada por las siguientes coordenadas. *Tabla 3*, ubicación política. *Tabla 4*, accesibilidad al proyecto *Tabla 5*.

*Tabla 3*

*Coordenadas del área de estudio*

	VÉRTICE	COORDENAS UTM		ÁREA TOTAL Has
		UTM. WGS-84 ZONA 18S		
		ESTE	NORTE	
<b>ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>1</b>	<b>222729.97</b>	<b>8 961049.73</b>	<b>300</b>
	<b>2</b>	<b>224227.41</b>	<b>8 960962.68</b>	
	<b>3</b>	<b>224111.36</b>	<b>8 958966.06</b>	
	<b>4</b>	<b>222613.89</b>	<b>8 959053.10</b>	

Elaboración propia

*Tabla 4*

*Ubicación política del proyecto.*

<b>Departamento</b>	<b>Ancash</b>
<b>Provincia</b>	<b>Huaraz</b>
<b>Distrito</b>	<b>Tarica</b>
<b>Comunidad</b>	<b>Racrac</b>

Elaboración propia



**Tabla 5***Accesibilidad al proyecto Racrac*

<b>Trayecto</b>	<b>Distancia (aprox.)</b>	<b>Tiempo (aprox.)</b>	<b>Tipo vía/ Estado</b>
Lima-Barranca	390 Km	3horas	Vía Asfaltado/ Bueno
Barranca-Huaraz	204 Km	5 horas	Vía Asfaltado/ Bueno
Huaraz Desv - Carhuaz	14 Km	10 min	Vía Asfaltado/ Bueno
Huaraz Desv - Carhuaz-Proyecto Racrac	12 Km	40 min	Trocha Carrozable/Regular
<b>Total</b>			<b>620Km. 8h40min</b>

*Nota.* La accesibilidad al área de estudio por vía terrestre.

**4.2 GEOMORFOLOGÍA**

En el departamento de Ancash, la geomorfología muestra un interesante desarrollo de la cordillera Occidental, la cual se divide en dos tramos: hacia el lado Este se tiene la cordillera Blanca y hacia el lado Oeste se tiene la Cordillera Negra, conformando así el Callejón de Huaylas. La cordillera Blanca se denomina así por las imponentes cumbres glaciares de hielos permanentes; mientras que la cordillera Negra, se denomina así por contraposición, al no tener cumbres glaciares. Entre ambas cordilleras se desplaza el Río Santa, el cual nace en la localidad de Conococha, su recorrido es a lo largo del callejón de Huaylas (Sur a Norte), para luego cambiar de dirección al Oeste y finalmente desembocar al Océano Pacífico. La cuenca alta del valle del Río Santa es considerada como valle interandino, las vertientes son moderadamente suaves y son de origen glaciar. Presentan conos aluviales en los cuales se emplazan ciudades importantes como Huaraz, Caraz, Carhuaz, Yungay, entre otros. En medio del valle del río Santa y de la cordillera Blanca, se encuentra una vasta zona de depósitos fluvio-glaciares y glaciares, los cuales están constituidos de materiales inconsolidados compuestos por clastos angulosos de diferentes tamaños, provenientes de la desintegración de las rocas preexistentes, en una matriz también inconsolidada, compuesta de arenas y arcillas. En la cordillera Blanca la



altura máxima es de 6768 msnm, que pertenece al pico Sur del Nevado del Huascarán. Presenta pendientes ligeramente suaves hacia el sur, luego se va tornando más empinadas hacia el norte hasta llegar al punto más alto del Nevado Huascarán para luego ir disminuyendo de nuevo. A lo largo de toda la Cordillera Blanca se presentan, un gran número de lagunas formadas por diques morrénicos o rocosos, los cuales fueron retrabajados por la acción del hielo. En el flanco Oeste de la cordillera Blanca y a lo largo de ella se encuentra la denominada falla de la cordillera Blanca, con una longitud aproximada de 210 km. Esta Falla normal exhibe continuas evidencias geomorfológicas de repetidos desplazamientos del Pleistoceno tardío y Holoceno. Al oeste del valle del Río Santa se encuentra la Cordillera Negra cuya altura comprende entre los 4800 y 5187 m.s.n.m. Las pendientes que presenta son ligeramente suaves, no presenta glaciares como en la cordillera Blanca. En los meses de diciembre a marzo, se cubre de granizo y escarcha en las partes altas de la Cordillera Negra. El pico más elevado de esta cordillera es el Coñocranra (5187 msnm). (Valderrama P. 2013 p. 9).

#### **4.2.1 Depósitos morrénicos**

Estos depósitos son característicos de la sedimentación glacial que se producen por la acumulación de fragmentos de roca y arcilla (tillitas), transportados y depositados por un glaciar. Las morrenas forman crestas y lomas alargadas, se ubican en la zona del frente glacial. El área en estudio está claramente cubierta por material morrénicos. (Valderrama P. 2013 p. 13).

#### **4.2.2 Valle Glaciar**

El valle glacial cerca al proyecto tiene un aspecto muy especial debido a que presenta una profundidad mayor de 50 Mts. en relación con los valles vecinos; muy aparte

de la actividad tectónica que elevó a la Cordillera Blanca y que realizó la actividad erosiva en las partes altas y a la actividad glaciár. (Valderrama P. 2013 p. 15).

#### **4.2.3 Cono Aluvial**

El material del cono aluvial está comprendido por gravas y limos como producto de antiguos y recientes aluviones debido a deslizamientos provenientes de las morrenas por caídas de bloques de hielo. (Valderrama P. 2013 p. 16).

#### **4.2.4 Clima**

El clima del área de estudio es templado, frío y seco, con temperatura media anual de 15 – 18 °C, variando entre una máxima media de 22.4 °C en setiembre y una mínima media de 8.4 °C en Julio. En los meses de invierno la temperatura desciende, a una temperatura de 5.3 °C. (Senamhi 2021 p. 39-40).

#### ***Figura 14***

*Comunidad de Collón*



#### **4.2.5 Recurso hídrico**

Tiene su origen en la laguna Aguash, ubicada al extremo sur del Callejón de Huaylas a 3944 m.s.n.m., esta laguna vuelca sus aguas a través del río Tuco en la laguna Conococha, donde nace el Río Santa. El relieve de la cuenca es bastante accidentado. El

río Santa tiene una longitud aproximada de 294 Km. y una pendiente promedio de 1.4% desde su nacimiento en Conococha hasta su desembocadura en el mar. El valle del Río Santa es de origen tectónico, encontrándose controlado por las llamadas cordillera Blanca y Negra. El Río Santa realiza su recorrido con una dirección NO-SE desde su nacimiento en Conococha hasta el lugar denominado “Cañón del Pato”, donde cambia bruscamente su dirección a E-O y terminar vertiendo sus aguas en el Océano Pacífico. Los principales afluentes de la margen derecha son los ríos Tunco, Queulish, Quilcay, Coronguillo, Manta, Cashapampa, Pariac, Santa Cruz, Chuquicara y Tablachaca; mientras que por la margen izquierda solo cuenta con el río Quihua, esto agua abajo del Cañón del Pato. En la zona de interés se distinguen dos microcuencas que es la quebrada Ishinca, Checorure y Chacarure que van de NE-SW y desembocan al Río Santa. (Villanueva R. 2011)

***Figura 15***

***Recurso hídrico de la quebrada Checorure***



### **4.3 GEOLOGÍA LOCAL**

La geología local que presenta la zona de estudio, afloran rocas de edad cretácica del Grupo Goyllarisquizga, constituido por la Formación Chimú de cuarcitas, areniscas y lutitas pizarrosas. Suprayacen la Formación Santa-Carhuaz constituido por secuencias de estratos de calizas y estratos de areniscas grisesas a verdosas intercaladas con lutitas

negras y limolitas marrones. A todas estas secuencias cretácicas suprayacen en discordancia angular rocas de edad Cenozoica, compuestas por secuencia de la Formación Yungay constituido por: rocas piroclásticas, cenizas y derrames de lavas dacitas, andesitas con textura porfirítica, del Mioceno Superior y finalmente estas secuencias son cortadas e intruidos por dique de composición Tonalítica de edad Miocénica, *Anexo.*

***Figura 4.2 Plano geológico local.***

Las secuencias están controladas por el Sistema de Fallas Conchao, Cocachacra–Pallasca, cordillera Blanca de rumbo andino NW-SE. La mineralización está relacionada a intrusiones eocenas, muy posibles relacionadas con la actividad magmática de los volcánicos del Eoceno. (Santisteban, A. et al., 2009), el cual controla la mineralización económica de metales preciosos y base en el área. El yacimiento mineral más cercano a la zona del proyecto Racrac es el depósito Pierina-Susana de Oro, tipo de yacimientos epitermales (Au-Ag) en explotación, se encuentra a 5 km al Nor Oeste.

**4.3.1 Mesozoico (Ki)**

**4.3.1.1 Grupo Goyllarisquizga(Ki-go).**

El grupo Goyllarisquizga está representada por las siguientes unidades litológicas:

**a). Formación Chimú (Ki-chim)**

Dentro del Grupo Goyllarisquizga, la Formación Chimú constituido por: secuencia de cuarcitas, areniscas y lutitas pizarrosas. En superficie mostrándose al norte del cuerpo Racrac.

**b). Formación Santa-Carhuaz (Ki-sa/ca)**

El área de estudio está constituida por: secuencias de estratos de calizas de color gris azulado y gris blanquecina y estratos de areniscas gris verdosas intercaladas con lutitas negras y limolitas marrones.

**Figura 16**

*Vista tomada mirando al Norte, Calizas de la Formación Santa*



*Nota. Roca sedimentaria de color gris negruzca de grano fino con presencia de venilla delgada de calcita*

**Figura 17**

*Areniscas de la Formación Carhuaz.*



### **Figura 18**

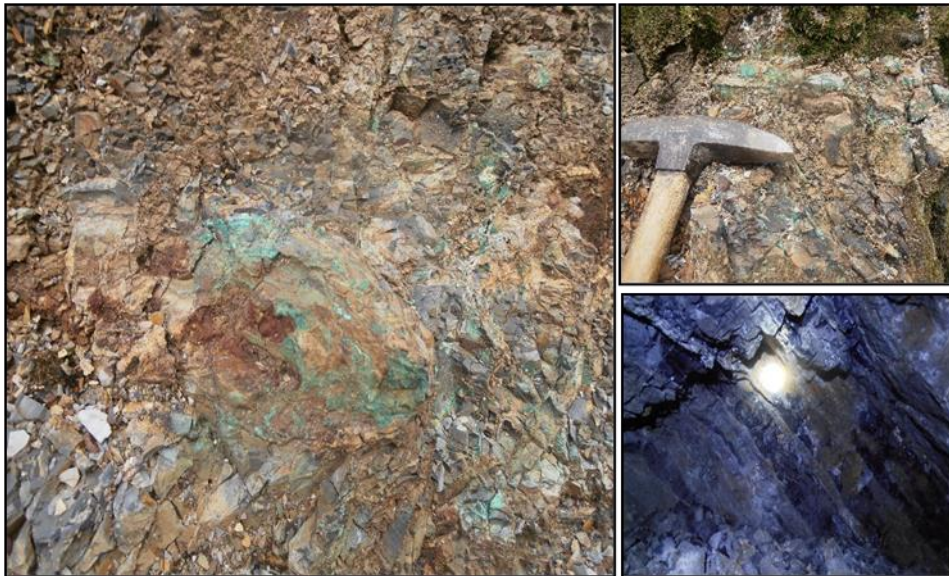
#### *Descripción litología de Formación Carhuaz*



*Roca sedimentaria clástica; Lutita de grano muy fino, textura pelítica; es decir, integrada por detritos clásticos constituidos por partículas de los tamaños de la arcilla y del limo. Muestra tomada en superficie.*

### **Figura 19**

#### *Rocas lutitas de la Formación Carhuaz. Con presencia malaquita*



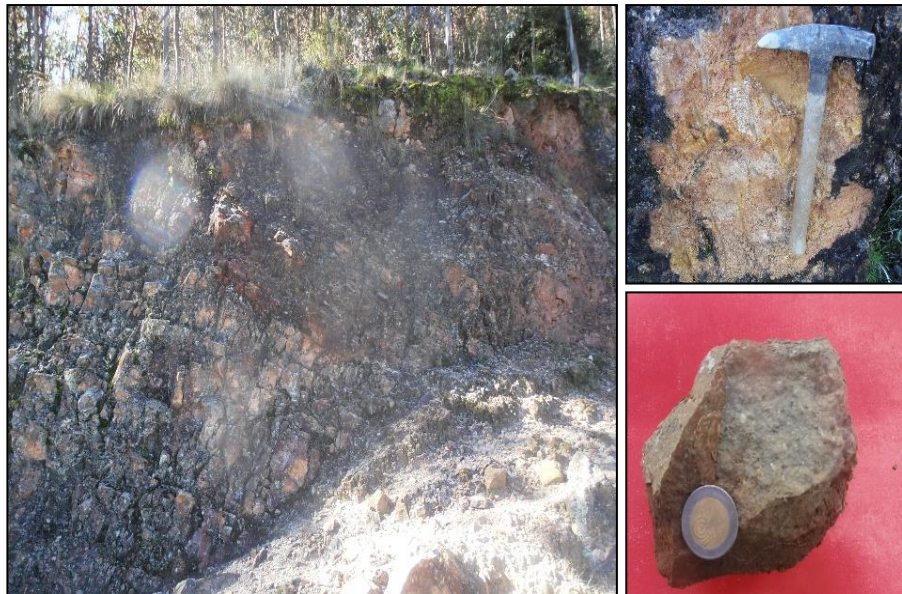
## **4.3.2 Cenozoico (Ks)**

### **4.3.2.1 Formación Yungay(Ni-yu)**

En el área de estudio se ha registrado en el mapeo geológico rocas piroclásticas: cenizas y derrames de lavas dacitas, andesitas con textura porfírica del Mioceno Superior.

**Figura 20**

*Rocas piroclásticas, Fm. Yungay*



**Figura 21**

*Toba lítica*



*Toba lítica con presencia de partículas de roca de tamaño de aprox 2-4mm. Perteneciente al grupo de las rocas piroclásticas.*

*Muestra tomada en superficie.*

#### 4.3.2.2 Roca intrusiva



Dentro del área de estudio se ha encontrado y descrito rocas intrusivas de composición tonalítica de edad Miocénica.

**Figura 22**

*Vista tomada mirando al NE del intrusivo tonalítico*



*Nota.* Roca intrusiva de composición tonalítica alterada con incremento de soluciones hidrotermales que han modificado el protolito.

#### 4.4 OCURRENCIAS MINERALÓGICAS

El Proyecto Racrac se encuentra en una zona donde existe diferentes tipos de yacimientos minerales de gran envergadura, está ubicado en la comunidad de Collón rodeado de importantes yacimientos cercanos como: Decorfa uno (Veta Ag, Pb y Zn), Yuravilca (Veta Ag y Cu), Kimantullpa (Manto Ag, Pb y Zn), Promesa J. (Manto Ag y Pb) y Pierina (Epitermal Au, Ag y Cu).

El yacimiento más importante citado es Pierina (Villarreal E. et al., (2009 p 3). De la empresa minera Barrick Misquichilca y está a una distancia promedio de 5 km de a al lado SW de nuestro proyecto y actualmente en operación; El Proyecto Pierina es un yacimiento Epitermal de alta sulfuración de Au y Ag, formada entre 15 y 14.1 Ma. Además, el yacimiento muestra otros elementos como el Bi, Sb, Pb, As, Cu, Fe, Hg, localmente enriquecido en Al y Tl. También hay concentraciones de Zn, Cd, W, Mo y Cr.



Anexo. *Figura 4.2 Plano ocurrencias mineralógicas*

## CAPÍTULO V

### EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 5.1 CARACTERIZACIÓN GEOLOGICA DEL CUERPO RACRAC

##### 5.1.1 Características litológicas

La zona de estudio se distingue por las unidades litológicas del Cretáceo Inferior conformado por: El Grupo Goyllarisquizga y sus Fm. Chimú, Fm. Santa (calizas), Fm. Carhuaz (areniscas-lutitas-limolitas) y las unidades litológicas del Cenozoico Mioceno superior conformado por: La Formación Yungay (Piroclastos) e intrusivo tonalítico; este intrusivo tonalítico a intruido a todos los paquetes del Grupo Goyllarisquizga como son: las Formación Chimú, Fm. Santa-Fm. Carhuaz. Anexo *Figura 4.2 Plano Geológico local*. Generando zonas de Skarn mediante un proceso de metasomatismo de contacto; aquí se pueden observar, el endoskarn, ubicado dentro del intrusivo; esta zona no puede ser distinguida fácilmente; pero con la ayuda de la Mineragrafia se ha podido describir el endoskarn (granates, piroxenos, el exoskarn exclusivamente en las zonas carbonatadas, Fm. Santa).

*Figura 23*

*BM. Racrac*





## 5.1.2 Características mineralógicas

### 5.1.2.1 Mineralización

La mineralización del proyecto Racrac es de tipo skarn de Pb, Zn, Ag y Au. Las mejores zonas con mineralización dentro del cuerpo Racrac, está en las rocas calcáreas de la Formación Santa y las etapas de mineralizaciones, ellas están caracterizada por: skarn prógrado, skarn retrógrado y/o Alteración hidrotermal y una variedad de minerales económicos y de ganga que cada uno tiene una peculiaridad particular de acuerdo con la ubicación, ya sea a lo largo, ancho y altura de toda el área mineralizada. Los minerales de mena reconocida macroscópicamente son: galena (PbS), marmatita (FeZn)S, calcopirita (CuFeS<sub>2</sub>), galena argentífera y Mineral de Oro. Como mineral de ganga se tiene, la Pirrotita (S<sub>1-x</sub>Fe), Pirita (S<sub>2</sub> Fe), estibina (SbH<sub>3</sub>), Cuarzo, Fluorita, Calcita, Granates, epidotas y sericita.

Por posible meteorización supergena en la parte superior se tiene patinas de OxFe y Mn, expuestas a lo largo del cuerpo mineralizado.

#### a). Etapa de skarn Prógrado:

Formación del exoskarn de granate, clinopiroxeno y wollastonita, reemplazando a las calizas y lutitas, probablemente esté relacionado con el emplazamiento de pórfido tonalítico.

La mineralización en esta etapa se presenta como diseminación de marmatita, pirrotita y pirita de baja ley (Ore skarn).

#### b). Etapa de skarn retrógrado:

Los minerales de skarn y lutitas son reemplazados por epidota, clinozoicita, clorita y sericita (Ore skarn alterado), el Pórfido tonalítico ha sido reemplazado por clorita



y sericita (Ore pórvido alterado). La mineralización en esta etapa se presenta en forma diseminada y sulfuro masivo.

La mayor parte de mineral en cuerpo Racrac precipitó en esta etapa. El Sulfuro masivo se desarrolla en el skarn, también reemplazando a calizas y lutitas.

Los minerales de menas son: marmatita, pirrotita, pirita, galena, calcopirita, arsenopirita.

### **5.1.2.2 Skarn**

El Skarn del cuerpo Racrac, está desarrollado principalmente en la zona del exoskarn, reemplazando a las calizas y lutitas de las Formaciones Santa y Carhuaz. La zona del Endoskarn casi no existe, en la zona del Exoskarn se pueden diferenciar zonas de skarn de granate, skarn de wollastonita, skarn de clinopiroxeno, skarn de epidota-clinozoicita y skarn de feldespato potásico.

El cuerpo mineralizado Racrac, se encuentra dentro del skarn de granate 95% y skarn de wollastonita, skarn de clinopiroxeno. (5%).

#### **a). Skarn de granate**

El Skarn de granate, se desarrolla reemplazando a la caliza principalmente o reemplazando a lutitas muy raras veces, este se encuentra dentro del cuerpo mineralizado Racrac ocupa el 95% vol. presentando la siguiente gama de colores: verde, verde amarillento, beige o marrón. Principalmente se encuentra constituido por granate (1~5mm), sulfuros y producto de alteración retrógrada epidota, clorita y sericita, muy pocas veces presenta clinopiroxeno y wollastonita.

#### **b). Skarn de wollastonita**

El Skarn de wollastonita, se desarrolla en el skarn de granate reemplazando a las calizas, dentro del cuerpo mineralizado Racrac. La Wollastonita tiene color blanco,

textura fibrosa representa en la etapa tardía de skarn prógrado generalmente coexiste con la calcita, cuarzo y sulfuros, pocas veces coexiste con mineral de Zn de alta ley.

#### **c). Skarn de clinopiroxeno**

El Skarn de clinopiroxeno se desarrolla en el skarn de granate reemplazando a las Calizas. Dentro del cuerpo mineralizado Racrac. El clinopiroxeno tiene color verde grisáceo, textura fibrosa (0.1-10mm), reemplaza al granate en la etapa tardía de skarn progrado. Generalmente, coexiste con los granates, calcitas, cuarzo y sulfuros.

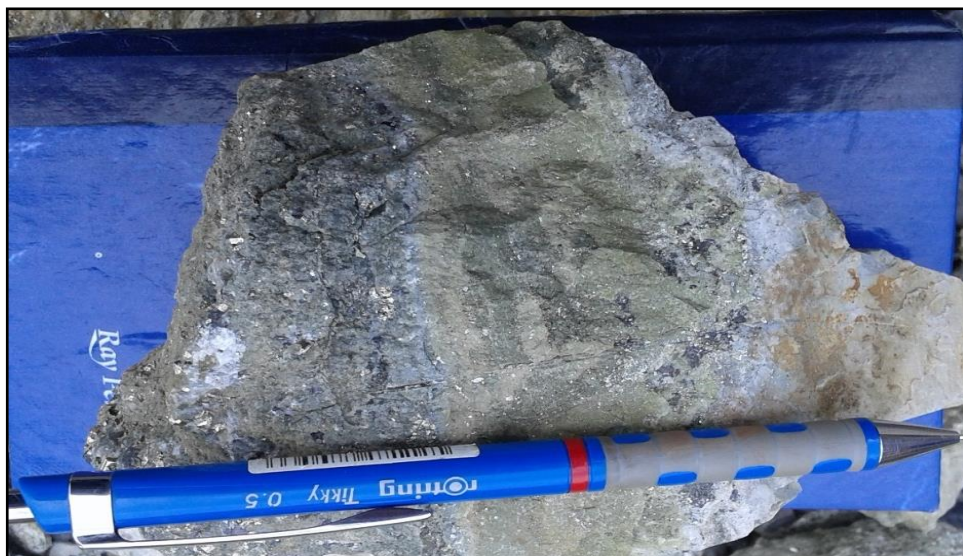
#### **d). Skarn de epidota-clinozoicita**

El Skarn de epidota-clinozoicita se desarrolla reemplazando a lutita de la Formación Carhuaz. Los clinopiroxenos tienen color verde grisáceo, Textura fibrosa (0.1-10mm), reemplaza a los granates en la etapa tardía de skarn progrado.

Generalmente, coexiste con los granates, calcita, cuarzo y sulfuros, su Color es verde o verde amarillento, generalmente, se encuentra constituido por epidota (menos que 1mm), clinozoisita (menos que 1mm), clorita, granate, cuarzo, calcita y sulfuros, Generalmente, tiene baja ley de Ag, Cu, Zn y Pb.

### ***Figura 24***

*Skarn de granate – clinopiroxeno y pirita*



**Figura 25**

*skarn de granate-clinopiroxeno-wollastonita*



### 5.1.2.3 Clasificación de los dominios minerales

En este estudio, se clasificarán los dominios de mineral en: ore skarn, sulfuro masivo tipo Po, sulfuro masivo tipo Py. El Cuerpo mineralizado denominado Racrac se encuentra constituido por el 75% del dominio ore skarn, 10% del dominio sulfuro masivo tipo Po, 10% del dominio sulfuro masivo tipo Py y 5% del dominio ore pórfido tonalítico alterado).

#### a). Ore skarn

La presencia del mineral en este dominio esta diseminada en sulfuros, el porcentaje de sulfuros es menor de 50%, la Roca encajonante es skarn.

Generalmente, la diseminación en el skarn de epidota-clinozoicita es débil, la diseminación en skarn de granate, feldespato potásico y wollastonita es moderada a fuerte. Los sulfuros son esfalerita, galena, calcopirita, pirita y pirrotita, Pero alejado del cuerpo, es estéril, solamente se encuentra diseminación de pirita y pirrotita.

### b). Sulfuro masivo

El dominio mineral denominado sulfuro masivo, presenta más del 50% en sulfuros.

Este dominio debido a la secuencia de formación y combinación mineralógica se divide en sulfuro masivo tipo Po y sulfuro masivo tipo Py.

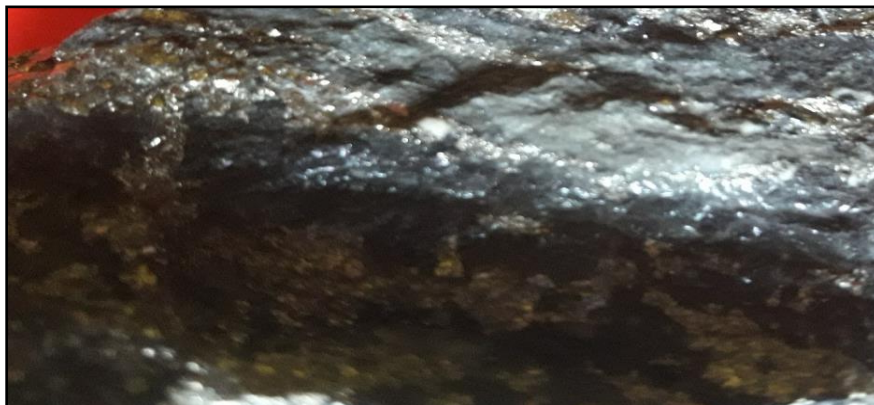
- **Sulfuro masivo tipo pirrotita:** Lo que predomina es el Po, de igual manera que en el dominio ore skarn también se presentan los siguientes sulfuros esfalerita-pirrotita-pirita, Este dominio es casi contemporáneo con el dominio ore Skarn. Este dominio lo podemos observar dentro del cuerpo mineralizado Racrac.

Se presentan los siguientes sulfuros esfalerita, galena, calcopirita, arsenopirita, magnetita, pirita y pirrotita, como minerales de ganga se pueden reconocer granate, epidota, sericita y clorita.

- **Sulfuro masivo tipo pirita:** Dentro del dominio denominado sulfuro masivo tipo Py, que no contiene pirrotita; se presenta dentro del cuerpo mineralizado Racrac. También se presentan los siguientes sulfuros: esfalerita, galena, calcopirita y pirita, los minerales de ganga presentes son sericita, clorita, cuarzo, calcita y rodocrosita.

### ***Figura 26***

*Sulfuro masivo tipo pirrotita rico en pirita y marmatita, con alteración propilitica con ensamble clorita epidota, pirita y cuarzo accesorios.*





**Figura 27**

*Sulfuro masivo tipo pirita rico en marmatita y galena*



**c). Ore pórfido tonalítico alterado**

El mineral se presenta en forma diseminada, La Roca encajonante es el pórfido tonalítico. El porcentaje de sulfuros raros veces excede el 50%, los sulfuro que se pueden reconocer son marmatita, galena, calcopirita, pirita, arsenopirita y los minerales ganga sericita, clorita, cuarzo, calcita, y fluorita. (Visto en muestra la imagen)

**Figura 28**

*Ore pórfido tonalítico fuertemente silicificado con presencia de venillas finas de sílice gris posible contenido de oro y tipo stock work (muestra de superficie).*

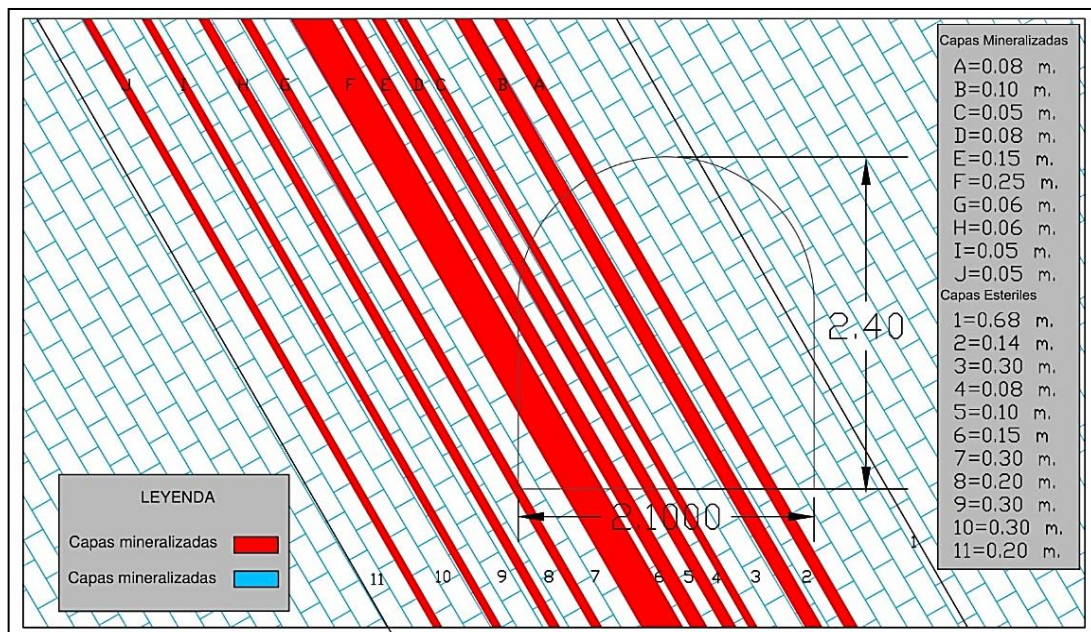


### 5.1.2.4 Forma de la mineralización

La mineralización es de tipo Skarn; con estructuras irregulares y discontinuas; formando bandas o lenguas de mena, diseminados, manchas, venillas, vetillas. que ocurre a lo largo de contacto litológico (estratificación), diaclasas, fallas. Anexo. **Figura 3.1** mapeo geológico).

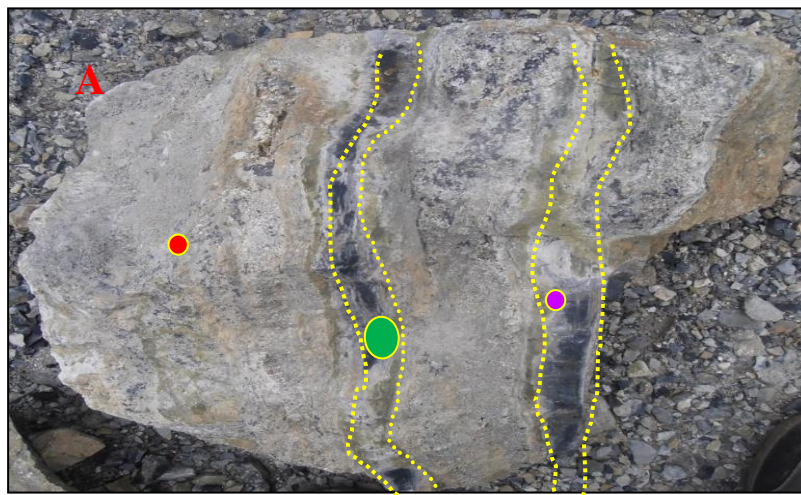
**Figura 29**

*La mineralización del cuerpo Racrac (Gal. 942 SE; Pto top. F6+ 10 m)*



**Figura 30**

*Cuerpo Racrac (Gal. 942 SE; Pto top. F6 + 10 m);*





<i>Roca calcárea mineralizado</i>	<i>Roca calcárea estéril</i>	<i>Roca calcárea estéril</i>
-----------------------------------	------------------------------	------------------------------

*Nota.* A) mineralización en forma de bandas, B) Roca calcárea mineralizada, C) Roca calcárea estéril, D) Roca calcárea estéril.

### 5.1.2.5 Mineralogía de mena y ganga

Dentro del cuerpo Racrac se ha reconocido una variedad de minerales económicos y de ganga que cada uno tiene una peculiaridad particular de acuerdo con la ubicación, ya sea a lo largo, ancho y altura de toda el área mineralizada. Los minerales de mena reconocida macroscópicamente son: galena (PbS), marmatita (FeZn)S, calcopirita (CuFeS<sub>2</sub>), galena argentífera y Au. Como mineral de ganga se tiene pirrotita (S<sub>1-x</sub>Fe), pirita (S<sub>2</sub>Fe), magnetita (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), calcita (CO<sub>3</sub>Ca), fluorita (CaF<sub>2</sub>), estibina (SbH<sub>3</sub>), granate, clorita, sericita.

Por posible meteorización supergena en la parte superior se tiene patinas de OxFe y OxMn, expuestas a lo largo del cuerpo mineralizado.

**Figura 31**

*Galena con cristalización cubica*



**Figura**

**32**

*Marmatita en bandas en*



*roca caliza*

**Figura 33**

*Estibina con cristalización radial*



**Figura 34**

*Pirita con presencia de oro refractario*



**Figura 35**

*Fluorita cristalizada*



**Figura 36**

*Óxidos de fierro.*



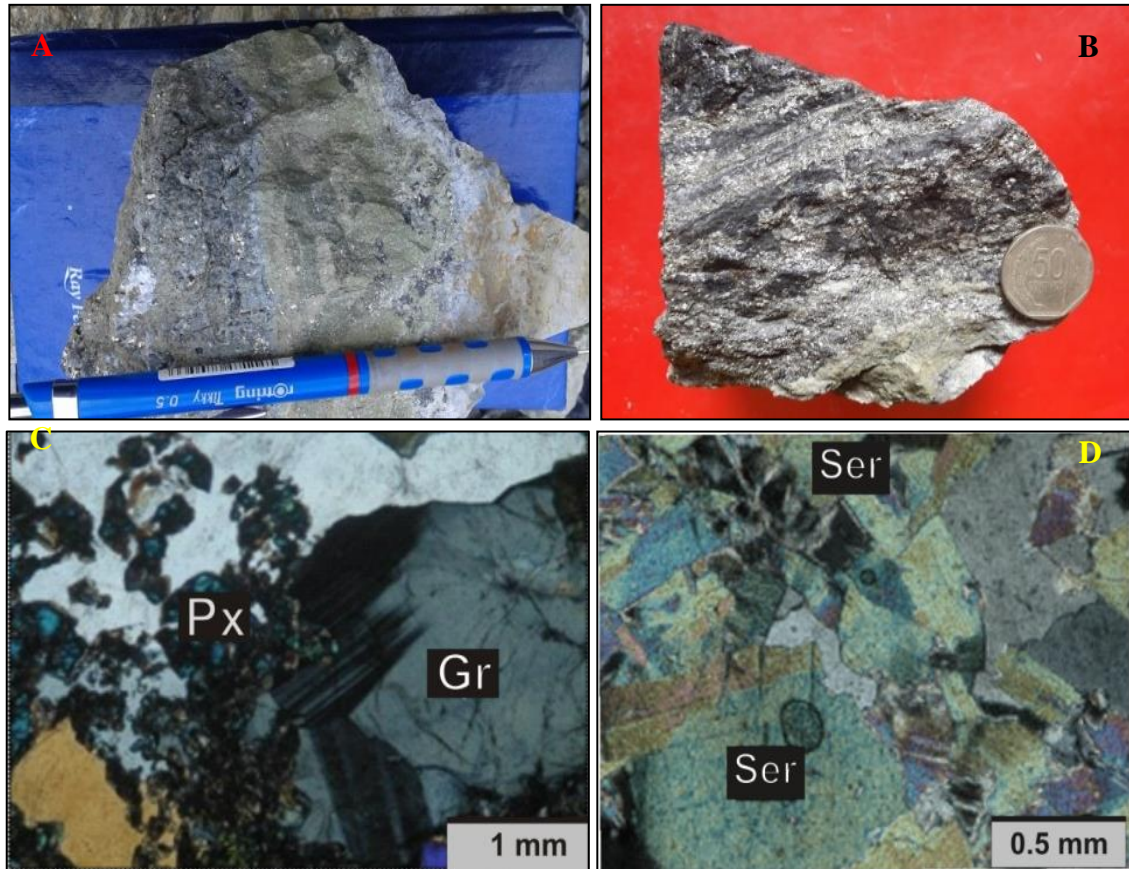
#### **5.1.2.6 Minerografía.**

El microscopio mineralógico destinados a hacer visible las muestras de minerales para el estudio, que por su pequeñez están fuera del rango de resolución del ojo normal. Si bien el microscopio es el elemento central de la microscopía, el uso de este se requiere para producir las imágenes adecuadas, de todo un conjunto de métodos y técnicas afines pero extrínsecas al aparato. Algunas de ellas son, técnicas de preparación y manejo de los objetos de estudio, técnicas de salida, procesamiento, interpretación y registro de imágenes, etc. La microscopía generalmente implica la difracción, reflexión o refracción de algún tipo de radiación incidente en el sujeto de estudio (Pozo et al., 2010).

Para apoyarnos a un reconocimiento y descripción macroscópica se realizó el estudio minerográfico de dos muestras. Las muestras pertenecen al proyecto Racrac son de labor subterráneo (Nv. 3410, Gal. 942 SE y Nv. 3510, Gal. 134 SW)

***Figura 37***

*Mineragrafia con presencia de granates y piroxenos*



*Nota.* Minerografía (A) Muestra de mano extraída de labor subterráneo (Nv. 3410, Gal. 942 SE Pto Top. S3 + 22 m). B) Muestra de mano extraída de labor subterráneo (Nv. 3510, Gal. 134 SW, Pto Top. F1 + 0.00 m). C) Aspecto al microscopio en luz polarizada del skarn Racrac. Donde se aprecia claramente la presencia de granates y piroxenos, cuarzo y calcita. D) Fotomicrografías en luz polarizada analizada en sección delgada de rocas alteradas por el hidrotermalismo. Mostrando principalmente parte de la alteración Sericitica.

### 5.1.2.7 Características geoquímicas

En la zona de estudio, se realizó un programa de exploración geoquímica de rocas con el fin de evaluar el potencial minero del área por Au, Ag. Las muestras que han sido tomados durante el desarrollo de labores para la explotación de manera artesanal en cuerpo Racrac, actualmente se han tomado muestras referenciales que han sido tomados de acuerdo con el criterio geológico en los diferentes niveles del cuerpo Racrac; las muestras fueron tomadas por canales y enviadas a analizar por Zinc, Plomo, Plata, y Oro.



Muestreos en superficie. Recolectando 23 muestras. **Tabla 6 y Figuras 38-39.**

Muestreos subterráneos. Recolectando 07 muestras. **Tabla 7 y Figura 3.1-3.2.**

Los valores Au, Ag de las muestras han sido sometidos a un tratamiento de la base de datos, lo cual consistió en ubicar valores altos y promediarlo entre 2.

Y posteriormente tomar rangos con un alto criterio geoestadístico principalmente para el Au.

Los rangos obtenidos de Au ppm y Ag ppm han sido aplicados para representar el plano geoquímico de muestras de superficie, tal como se muestra en las **Figuras 38-39.**

**Tabla 6**

*Resultado de leyes de muestreo superficial.*

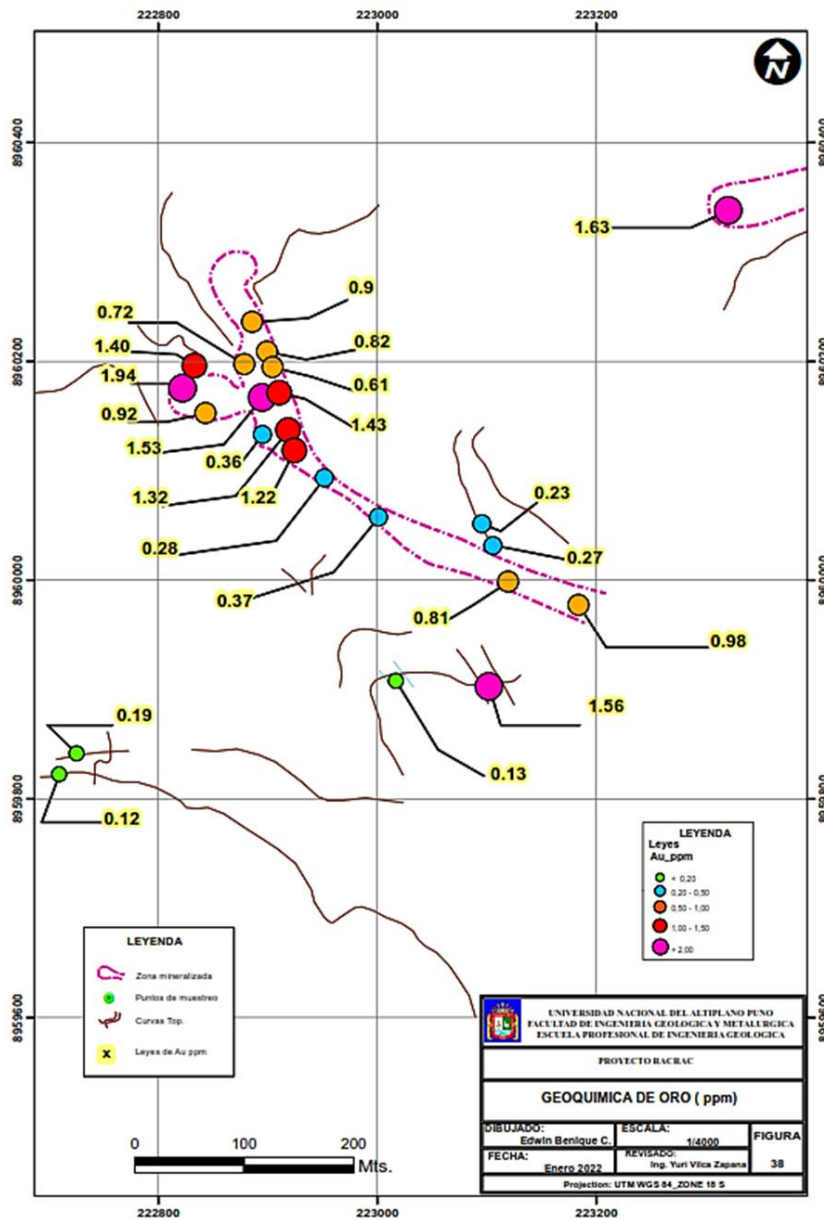
<b>Nº DE MUESTRA</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>Au_ppm</b>	<b>Ag_ppm</b>
1	222890	8 960209	0.72	18
2	222844	8 960207	1.4	54
3	222833	8 960187	1.94	15
4	222854	8 960164	0.92	15
5	222906	8 960178	1.53	42
6	222906	8 960144	0.36	9
7	222930	8 960149	1.32	29
8	222935	8 960130	1.22	14
9	222963	8 960105	0.28	7
10	223013	8 960069	0.37	17
11	223131	8 960010	0.81	49
12	223195	8 959989	0.98	34
13	223117	8 960043	0.27	10
14	223107	8 960063	0.23	16
15	222922	8 960183	1.43	38
16	222915	8 960206	0.61	37
17	222911	8 960220	0.82	12



18	222897	8 960248	0.9	42
19	223113	8 959914	1.56	9
20	223028	8 959919	0.13	2
21	222720	8 959834	0.12	1
22	222737	8 959853	0.19	1,5
23	223332	8 960349	1.63	149

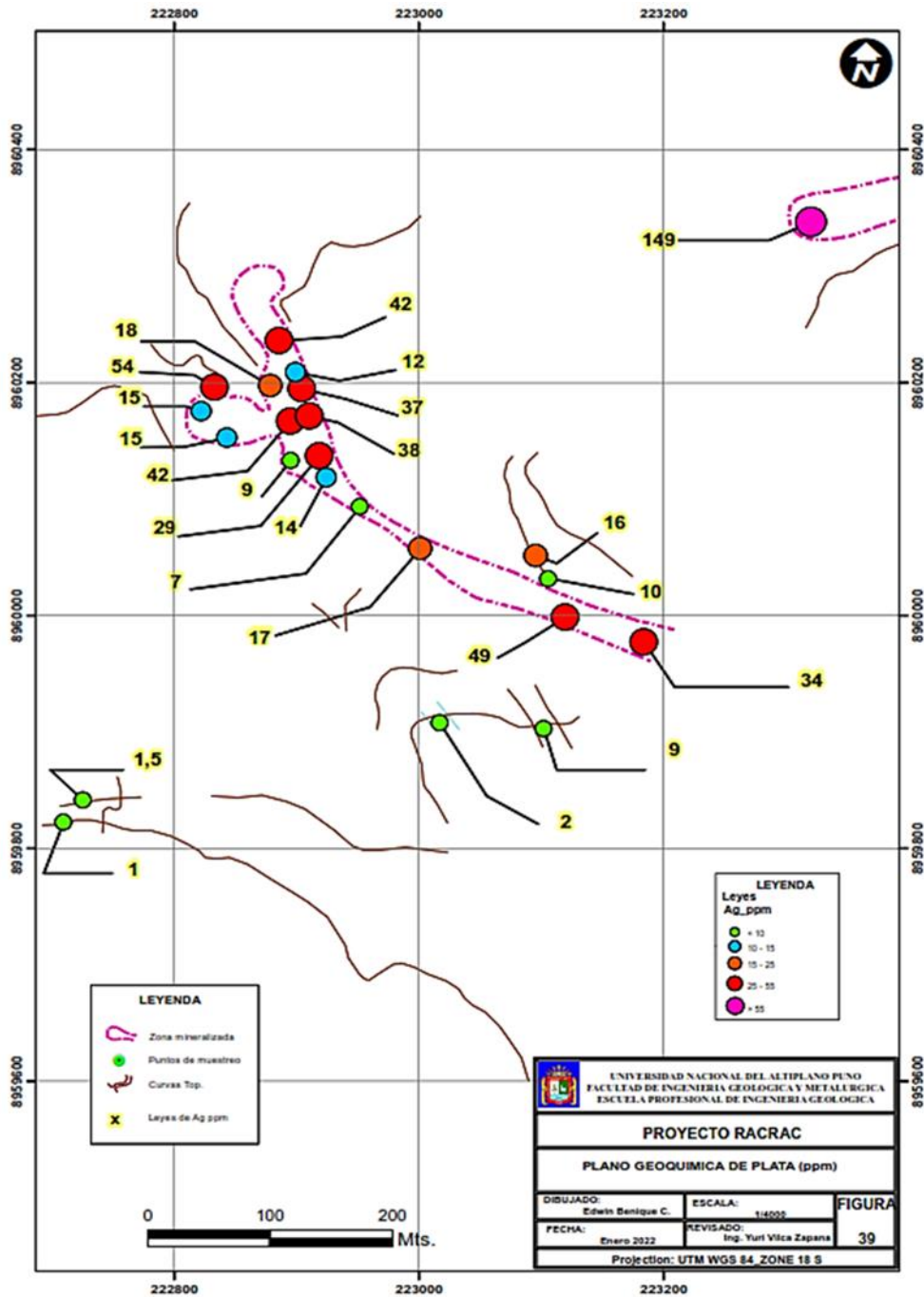
**Figura 38**

*Puntos de muestreo geoquímico en superficie (oro), y leyes*



**Figura 39**

*Puntos de muestreo geoquímico en superficie(plata), y leyes*



**Tabla 7***Resultado de leyes de muestreo Subterráneo del cuerpo Racrac*

Nº MUESTRA	CUERPO	NIVEL	LABOR	UBICACION	%Zn	%Pb	Ag Oz/Tm.
M-1	Racrac	3537	Gal.136 NE	T+15.3169 Mts.	1.27	0.26	0.38
M-2	Racrac	3537	Gal. 134 SE	T5+19.72 Mts.	8.39	2.36	4.43
M-3	Racrac	3470	Gal. 942 SE	F6+5.0 Mts.	1.26	0.11	0.05
M-4	Racrac	3470	Gal. 942 SE	F3+10.94 Mts.	1.92	0.19	0.41
M-5	Racrac	3537	Est.147 NE	Filo+5.31 Mts.	4.25	0.84	3.63
M-6	Racrac	3537	Est.147 NE	Filo+2.60 Mts.	5.95	1.21	1.59
M-7	Racrac	3537	Est.147NE	Filo+0.00 Mts.	0.79	0.64	0.41

#### 5.1.2.8 Alteraciones hidrotermales

Dentro de las principales alteraciones hidrotermales que han afectado las rocas circundantes se tiene la silicificación, sericitización, Propilitica y todos estos relacionados a la mineralización. La sericitización, propilitica (epidota-Clorita) pertenecen a la etapa retrógrada del skarn. La propilitica con mayor contenido de epidota se le reconoce notablemente en el skarn de granate en la formación Santa y la Sericitización y cloritización se reconocen en el skarn de granate, intrusivo tonalítico.

Dentro del pórfido tonalítico se observa la silicificación fuerte en superficie y débil en profundidad, sericitización, cloritización (débil). *Anexo. Figura 5.1 Plano de alteraciones hidrotermales local.*

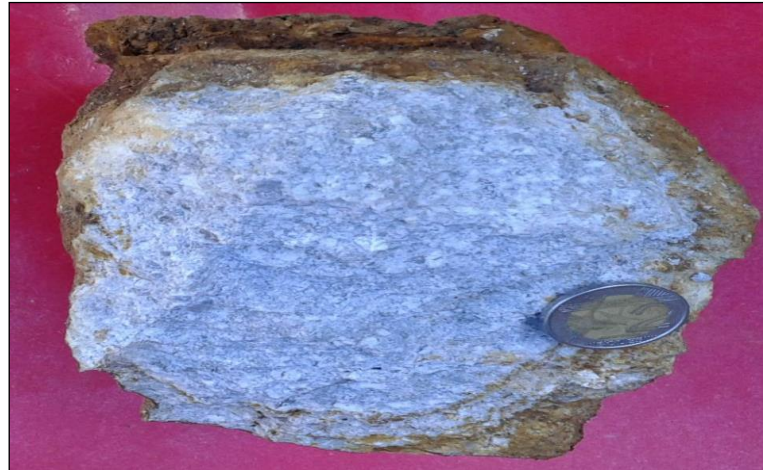
##### a). Sericitización

Es la lixiviación de Na, Ca, Mg, y el desarrollo de un metasomatismo potásico, reemplazando a los feldespatos y la biotita, se le encuentra conformando por parte de

venillas, también en forma dispersa proveniente de las rocas intrusivas (Tonalita) y la asociación presente se da como cuarzo-sericita-pirita.

**Figura 40**

*Seritización con ensamble mineralógico, cuarzo-sericita-pirita diseminada*



**b). Argílica**

Se caracteriza por la presencia de minerales arcillosos como el caolín con diferentes cantidades de cuarzo.

Constituido por un ensamble de alteración silica-clay-pirita diseminada y se hospeda en los piroclastos dacíticos y areniscas.

**Figura 41**

*Alteración Argílica con ensamble Silica-clay-pirita diseminado*



### c). Silicificación

Esta alteración es la más común en las rocas encajonantes, se da por el desarrollo de un metasomatismo de cuarzo y lixiviación de cationes alcalinos. Esta alteración es observada algunos hornfels y calizas de la Formación Santa y areniscas recristalizadas de la Formación Carhuaz y Tonalítico.

#### *Figura 42*

*Alteración silicificación con stock pirita diseminada*



### d). Propilitica

Esta alteración domina gran parte del cuerpo mineralizada asociación con clorita, epidota, calcita, pirita y accesorios de cuarzo. Mientras que la calcita representa el carbonato más común, otros minerales de fluidos más ácidos incluyen rodocrosita y dolomita. La clorita pervasiva con calcita controlada por fracturas representa un ensamblaje mineral común. *Figura 26.*

**Figura 43**

*Caliza con recristalización de carbonatos con pirita diseminada*



#### **5.1.2.9 Estructural local**

En la zona de estudio la escena estructural de esta parte de los andes, está representada por el Sistema de Fallas Tapacocha(SFT), Sistema de Fallas Huallac-Churín(SFHCH) y Cordillera Blanca(SFCB). Anexo. **Figura 5.1 Plano estructural local**, de dirección andina NW-SE, el cual sirvió como ruta principal para el ascenso de magmas y fluidos hidrotermales con mineralización económica de metales preciosos y metales base; además existen fallas locales secundarias de dirección NE-SW y E-W. y también se tiene fallas preminerales en sentido NN-W y NN-E con buzamientos subverticales en las zonas de Racrac y Luma; se ha mapeado fallas normales post minerales (E-W) que desplazan las estructuras mineralizadas en forma escalonada con fuerte fracturamiento predominante en este sentido.

Las fallas principales que controlan este cuerpo mineralizado son: falla collón y falla Luma.



### 5.1.2.9.1 Fallamiento

En superficie es restringido determinar las características de las fallas; pero con la ayuda de las secciones geológicas interpretadas a partir de sondajes diamantinos se ha corroborado que producto de esfuerzos de compresión y tensión, se presentan fallas inversas, estas fallas inversas del tipo cabalgamiento, plegamientos suaves. Así mismo se originaron fracturas, las fallas consideradas más resaltantes de interés son: la falla Collón y la falla Luma hasta el momento, posiblemente sean los controladores de la mineralización en ambas direcciones y también se presentan otras fallas subparalelas a las fallas citadas y algunas oblicuas debido a un fuerte tectonismo en el área de interés.

#### a. Falla Collón

La falla principal que controla al cuerpo mineralizado Racrac; es la falla Collón que tiene un azimut promedio de  $116^{\circ}$  NE, buzamiento  $70^{\circ}$  SW y longitud promedio reconocido de 600 mts. Esta falla ha sido corroborada superficialmente, mediante labores subterráneas horizontales y se nota claramente en las secciones geológicas construidas con datos de la perforación diamantina.

#### b). Falla Luma

Esta falla está dentro de la concesión y también controla al cuerpo mineralizado Luma que tiene un buen potencial de mineralización y tiene un azimut promedio de  $79^{\circ}$  NE, buzamiento  $52^{\circ}$  SW y longitud promedio reconocido de 450 mts. También fue corroborada en superficie, mediante labores subterráneas horizontales y con la perforación diamantina.

En el plano estructural se muestra más fallas subparalelas a la falla Racrac y también de dimensiones similares a las citadas anteriormente y que solo fueron



reconocidos puntualmente en superficie que también han tenido que ver mucho en la mineralización del área de interés geológico.

### **c). Fracturamiento**

Las rocas del área de estudio han sufrido fracturamiento es el resultado de los diferentes eventos tectónicos a lo largo de las eras Geológicas, es por ello por lo presentan direcciones Subparalelas, oblicuas y subpendiculares a las fallas principales citadas (Falla Collón y Falla Luma).

#### **5.1.2.9.2 Plegamiento**

En superficie y observando algunas secciones geológicas elaborados a partir de taladros diamantinos se aprecia que algunas de las unidades litológicas han sufrido un moderado plegamiento (Secciones geológicas de los DDH).

### **5.1.3 Geología Económica- Cuerpo RACRAC**

#### **5.1.3.1 Génesis**

Este depósito está relacionado a una intrusión de magma tonalítico, el mismo que a intruído en la litología del Grupo Goyllarisquizga, (Ki), como son las Formaciones Chimú, Fm. Santa-Carhuaz, generando zonas de Skarn, mediante un proceso de metasomatismo de contacto. Aquí se pueden observar: el endoskarn ubicado dentro del intrusivo, esta zona no puede ser distinguida fácilmente, pero presentan minerales como los granates y piroxenos. El exoskarn exclusivamente en las zonas carbonatadas, presentan minerales como granates y diópsida, es la zona más importante ya que se observa concentraciones considerables de Zn-Pb-Ag y Au como minerales económicos en cuerpos de regular tamaño

#### **5.1.3.2 Tipo y forma del yacimiento**



Racrac se considera como un yacimiento por reemplazamiento metasomático en rocas carbonatadas (skarn), dentro de la clasificación por su composición se le puede caracterizar como un yacimiento de skarn cálcico. La forma del yacimiento está relacionada a cuerpos irregulares de skarn en calizas de las Formaciones Santa, los que son paralelos a la estratificación en la mayoría de los casos. Además, se tiene una mineralización que se presenta relacionada a los fallamientos y fracturas que son de menor importancia por su poco espesor.

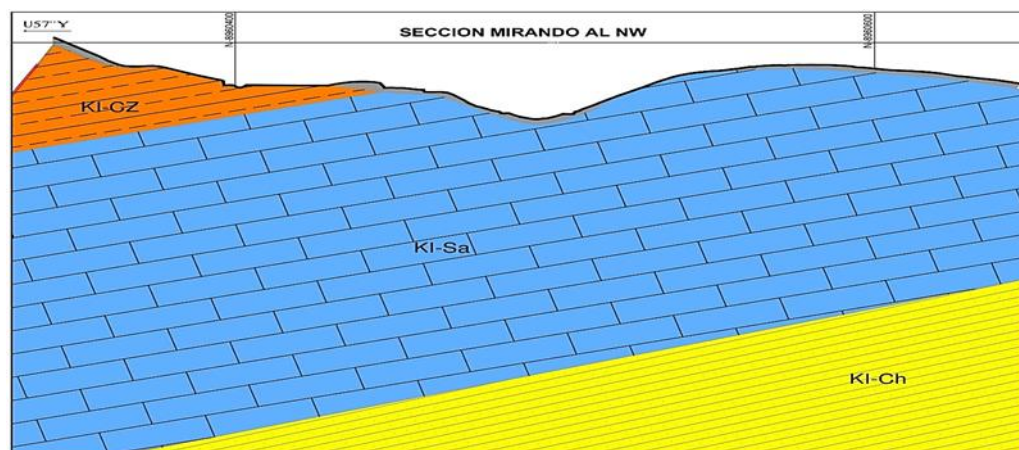
### 5.1.3.3 Desarrollo del yacimiento

#### a). La estratigrafía antes de la intrusión y del fallamiento

Previo a la intrusión, fallamiento y mineralización desde piso hasta techo tenemos arenisca cuarzosa de la formación chimú, calizas de la formación Santa, lutitas y areniscas de la formación Carhuaz y por encima de todo ellos tenemos piroclásticos de la formación Yungay.

#### **Figura 44**

*Estratigrafía antes de la intrusión del dique tonalítico*

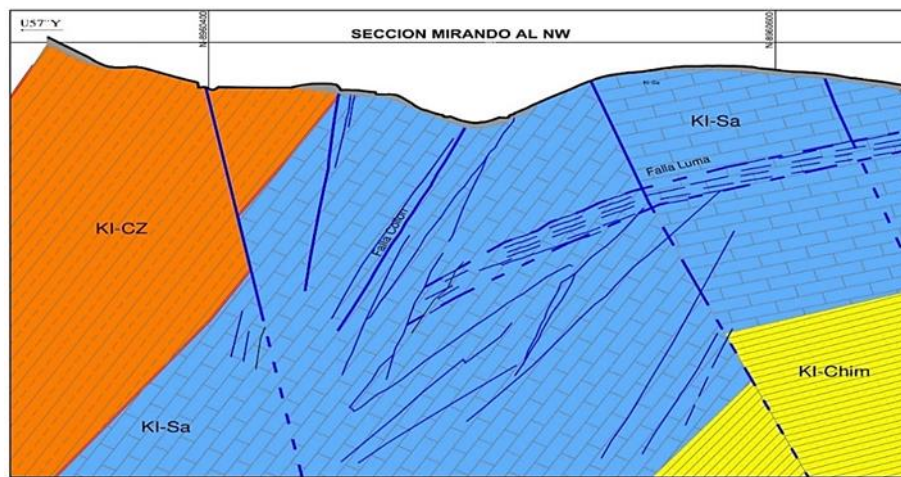


#### b). La estratigrafía después del fallamiento

Primeramente, se presenta una secuencia clara de las rocas sedimentarias y piroclásticas antes de que se haya generado la intrusión de la roca plutónica. Posterior al evento tectónico se ve un fuerte movimiento de los paquetes de rocas sedimentarias y presencia de fallas de diversos tipos, distintas direcciones y ángulos de buzamiento diferentes.

### **Figura 45**

*Estratigrafía después del movimiento tectónico*



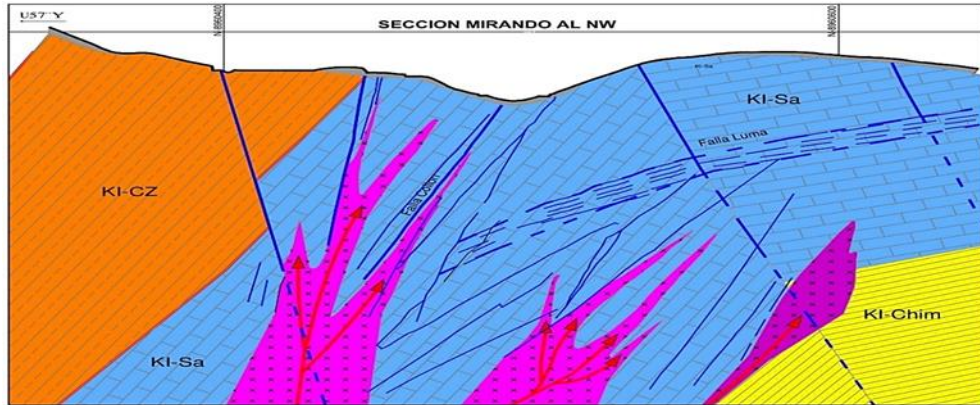
### **c). Intrusión de magma Tonalítico**

Los intrusivos magmáticos tonalítico intruyeron a las rocas sedimentarias. Posiblemente el magma tonalítico se emplazó aprovechando las fallas de mayor dimensión y resultando la formación del yacimiento tipo Skarn.

La intrusión se dio de manera preferente dependiendo del tipo de litología; la intrusión se dio de la siguiente manera: En las cuarcitas de la Formación Chimú, en lutitas de Formación Carhuaz (mínima), caliza y lutita de Formación Santa, (mayor)

### **Figura 46**

Probablemente el dique tonalítico ascendió a lo largo de Falla Racrac y Luma,



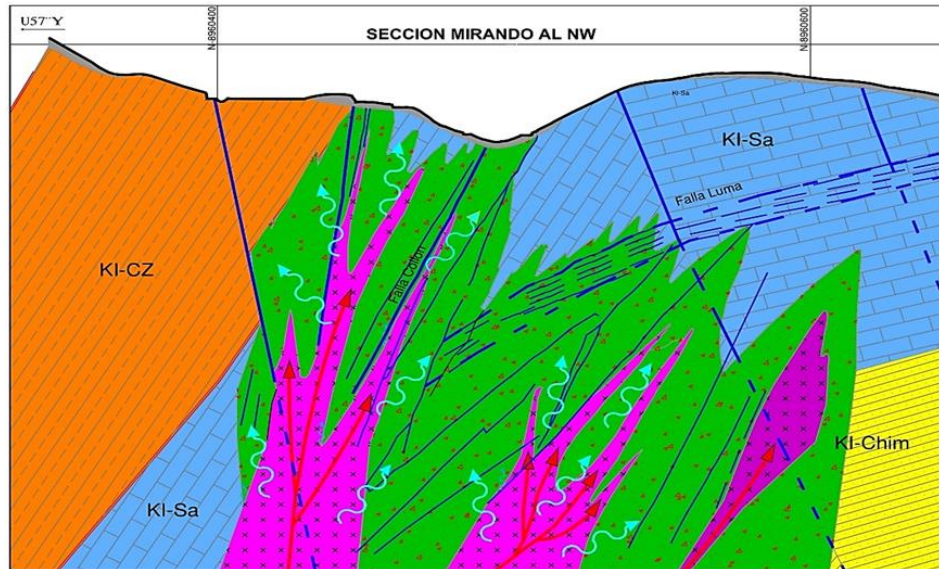
#### d). Concentración del fluido magmático

El Fluido magmático, después de formar el skarn, se concentró en las rocas sedimentarias circundantes de forma diferente, dependiendo de las características de permeabilidad de cada tipo de roca.

La mineralización dentro de la Formación Santa es diferente a la Formaciones Carhuaz y Chimú y esta diferencia se ve influenciada debido a que dentro de la Formación Carhuaz las rocas del tipo lutitas y hornfels impidieron el paso de los fluidos por su baja permeabilidad. El fluido magmático que se emplazó hasta la zona de Luma se produjo a lo largo de fallas.

#### **Figura 47**

*Separación de fluido magmático y formación de skarn*



*Nota.* (etapa de skarn prógrado) Por conducción calorífica desde magma e infiltración de fluido magmático, skarn de granate, clinopiroxeno y wollastonita se formaron.

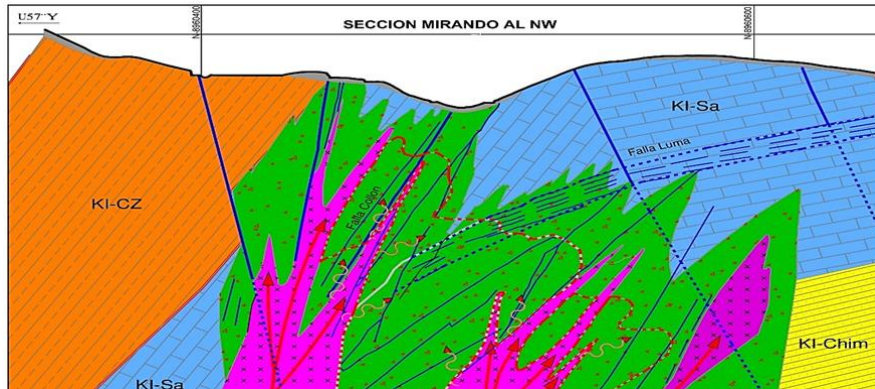
**e). Alteración retrógrada de skarn (etapa de retrógrado) y formación de dominio**

**Ore skarn y sulfuro masivo.**

En esta etapa las condiciones fisicoquímicas fueron diferentes debido al enfriamiento del magma tonalítico y la mezcla con aguas meteóricas se produjo la descomposición de los minerales formados en la etapa del prógrado como lo son: el granate, el clinopiroxeno y wollastonita formándose clorita, epidota, sericita y calcita. Al mismo tiempo se produjo la deposición importante de sulfuros como esfalerita, galena, calcopirita, pirrotita, pirita, arsenopirita.

**Figura 48**

*Concentración de fluidos magmáticos*

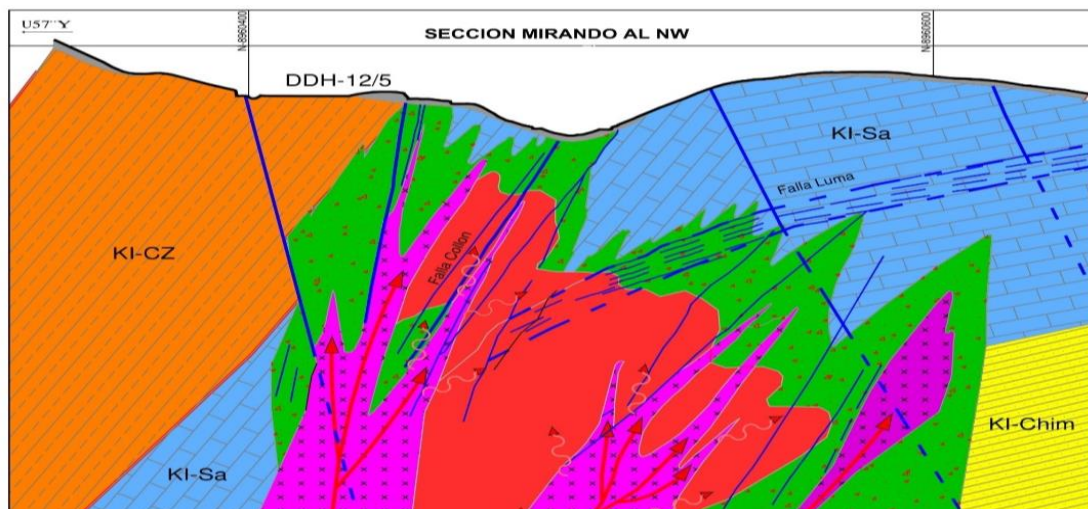


**f). Formación de ore skarn y sulfuro masivo tipo Py.**

Debido al aumento de las aguas meteóricas, mezclándose con los fluidos magnéticos dio lugar a un mayor enfriamiento por ende cambio de pH en el sistema, produciendo la descomposición de pirrotita pasando a pirita, produciéndose la precipitación de sulfuro masivo tipo Py.

**Figura 49**

*Mineralización polimetálica, Cuerpos mineralizados*



*Nota. Se formaron por concentración de fluido. En el Cuerpo mineralizado Racrac, combinación de mineral es simple la combinación de mineral es compleja etapa temprana tardía.*

**5.1.3.4 Resultados de la Evolución del cuerpo Racrac**

**Primero:** Previo a la intrusión, fallamiento y mineralización desde piso hasta techo, tenemos arenisca cuarzosa de la Formación Chimú, calizas de la Formación



Santa, lutitas y areniscas de la Formación Carhuaz y por encima de todo ellos tenemos piroclásticos de la Formación Yungay.

**Segundo:** Posterior al evento tectónico se ve un fuerte movimiento de los paquetes de rocas sedimentarias y presencia de fallas de diversos tipos, distintas direcciones y ángulos de buzamiento diferentes.

**Tercero:** Hubo una Intrusión de magma tonalítico, ascendió a lo largo de falla Collón y resultado dio la formación del depósito tipo skarn,

La intrusión se dio de manera preferente dependiendo del tipo de litología; la intrusión se dio de la siguiente manera: En las cuarcitas de la Formación Chimú, en lutitas de Formación Carhuaz (mínima), caliza y lutita de Formación Santa, (mayor).

**Cuarto:** Separación de fluido magmático y formación de skarn (etapa de skarn progrado) Por conducción calorífica desde magma e infiltración de fluido magmático, skarn de granate, clinopiroxeno y wollastonita se formaron.

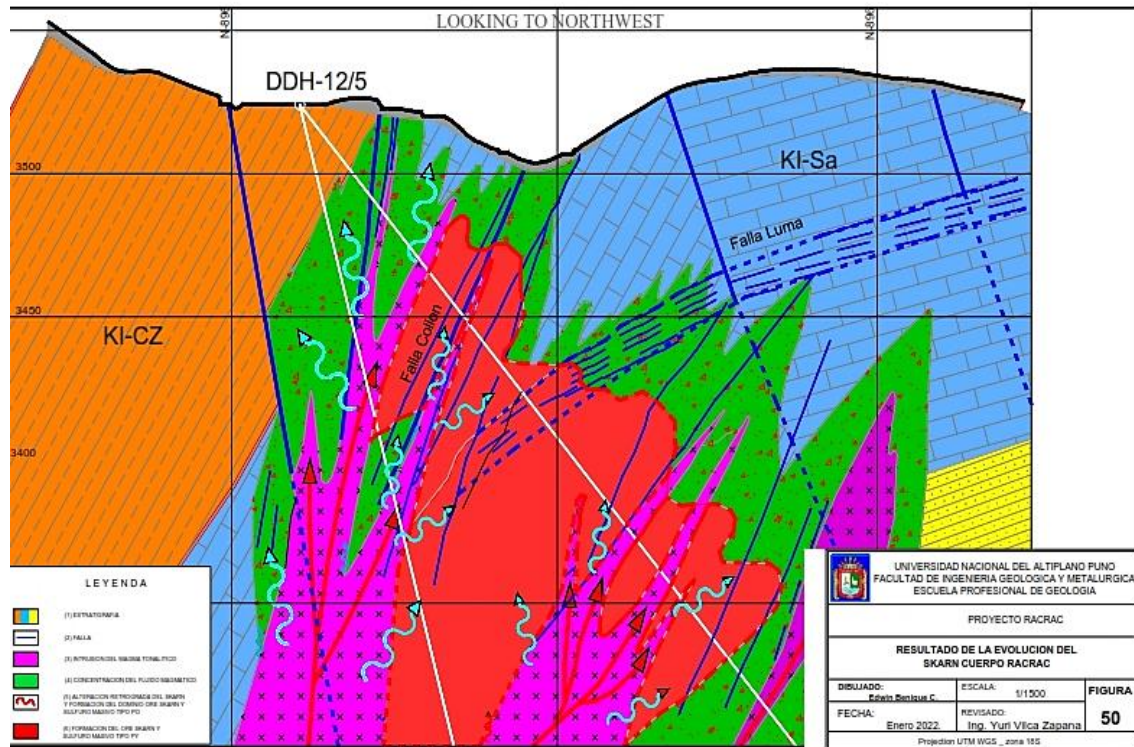
La mineralización dentro de la Formación Santa es diferente a las Formaciones Carhuaz y Chimú y esta diferencia se ve influenciada debido a que dentro de la Formación Carhuaz las rocas del tipo lutitas y hornfels impidieron el paso de los fluidos por su baja permeabilidad. El fluido magmático que se emplazó hasta la zona de Luma se produjo a lo largo de fallas.

**Quinto:** Concentración del fluido Magmático.

**Sexto:** Mineralización polimetálico. Cuerpos mineralizados se formaron por concentración de fluido. En los Cuerpos mineralizados Racrac, la combinación de mineral es simple la combinación de mineral es compleja etapa temprana tardía.

**Figura 50**

*Evolución del cuerpo Racrac*



#### 5.1.4 Isovalores de Oro y Plata

Las soluciones mineralizantes han emanado de una región de origen y han fluido hacia una nueva región. En su trayecto ha experimentado gradientes de temperatura, presión y composición química por interacción con las rocas en contacto.

El mineral ha comenzado a depositarse en el frente de deposición inicial y precipitando cada vez más abundante. A partir de cierto punto a lo largo de su recorrido posterior empieza a agotarse el contenido metálico de la solución, terminando la deposición del mineral en el frente de deposición final.

Los planos de isovalores, nos han permitido identificar áreas con potencial en Plata y Oro. Es importante mencionar, que para el desarrollo de los planos de isovalores, se ha tomado las leyes del muestreo de los sondajes diamantinos realizados por la empresa TVX MINERA DEL PERU S.A. Solo se ha usado tres taladros diamantinos (DDH – 01,



09 y 12) con la finalidad de tener una mejor idea sobre el comportamiento de la mineralización de Au, Ag.

#### **5.1.4.1 Isovalores de Oro.**

Se puede observar que la mayor concentración de Au está cerca de superficie dentro de las rocas calcáreas de la Formación Santa (Zona de Skarn) en contacto con la roca intrusiva y pegado a la Falla Collón. También se ve otras pequeñas concentraciones a diferentes niveles a lo largo de los sondajes diamantinos. Valores más resaltantes que son mayor a 1000 ppb de Au. **Figura 51 Isovalores de oro 01/09/24.**

#### **5.1.4.2 Isovalores de Plata.**

Se observa que la mayor concentración está ubicada principalmente cerca de superficie dentro de las rocas calcáreas de la formación santa y en contacto con el intrusivo y a lo largo de la Falla collón y también se aprecia otras pequeñas concentraciones a lo largo de los sondajes diamantinos en profundidad, valores mayores a 4 ppm. **Figura 52 Isovalores de plata 01/09/24.**



Figura 51  
Isovalores de oro DDH-01/09/24

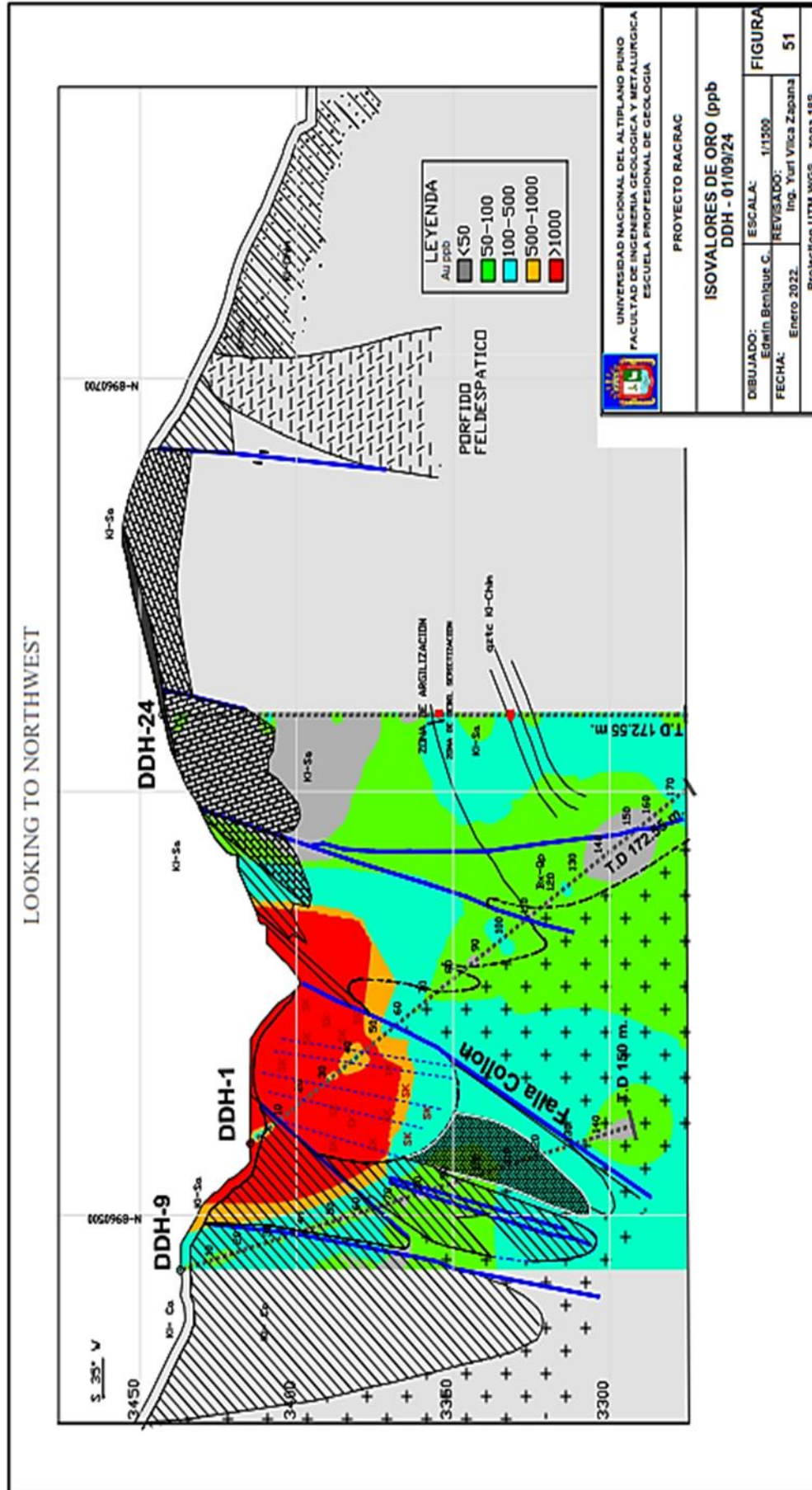
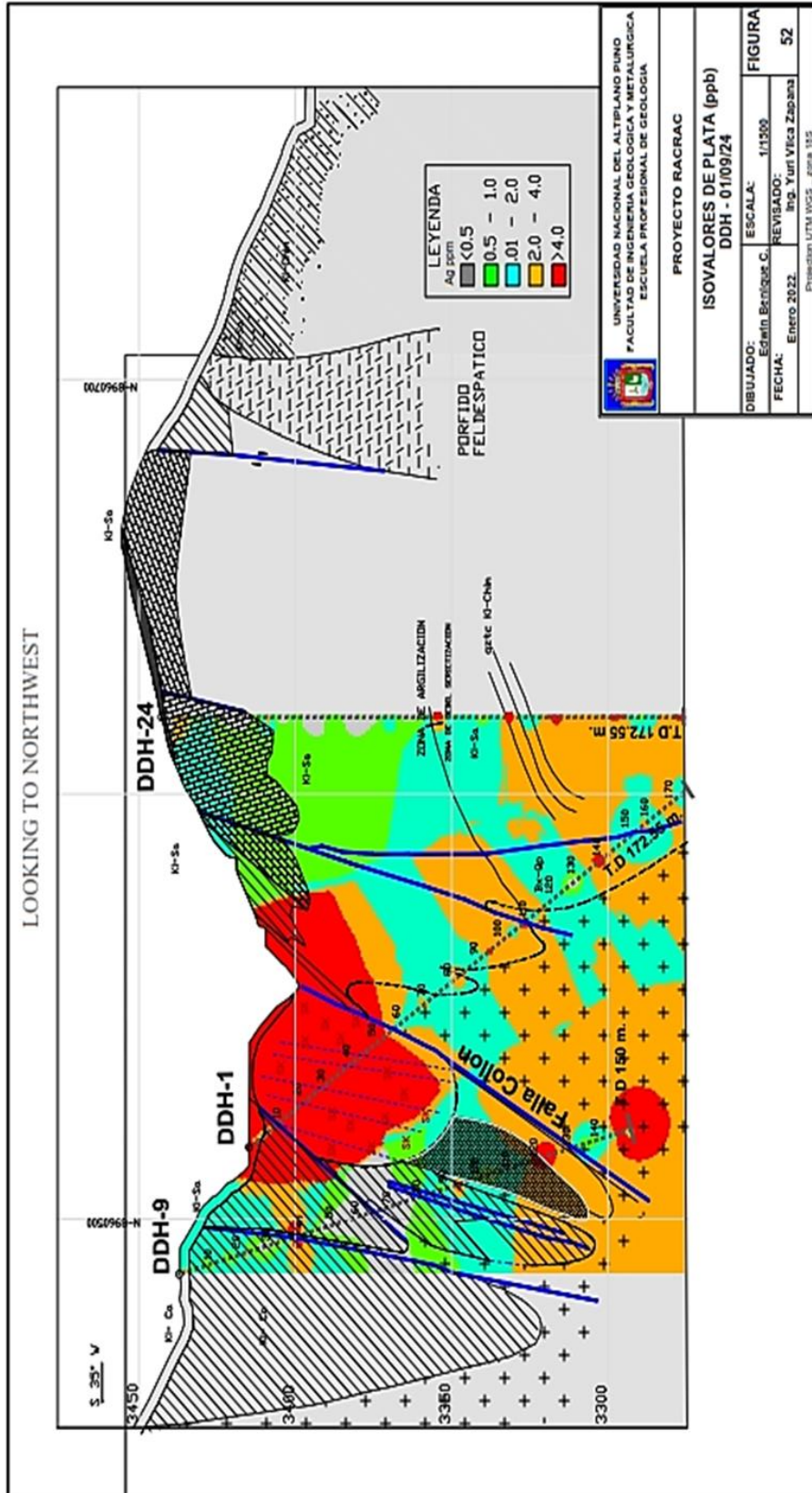


Figura 52

Isovalores de plata DDH- 01/09/24





### 5.1.5 Áreas con potencial exploratorio y programa de exploración.

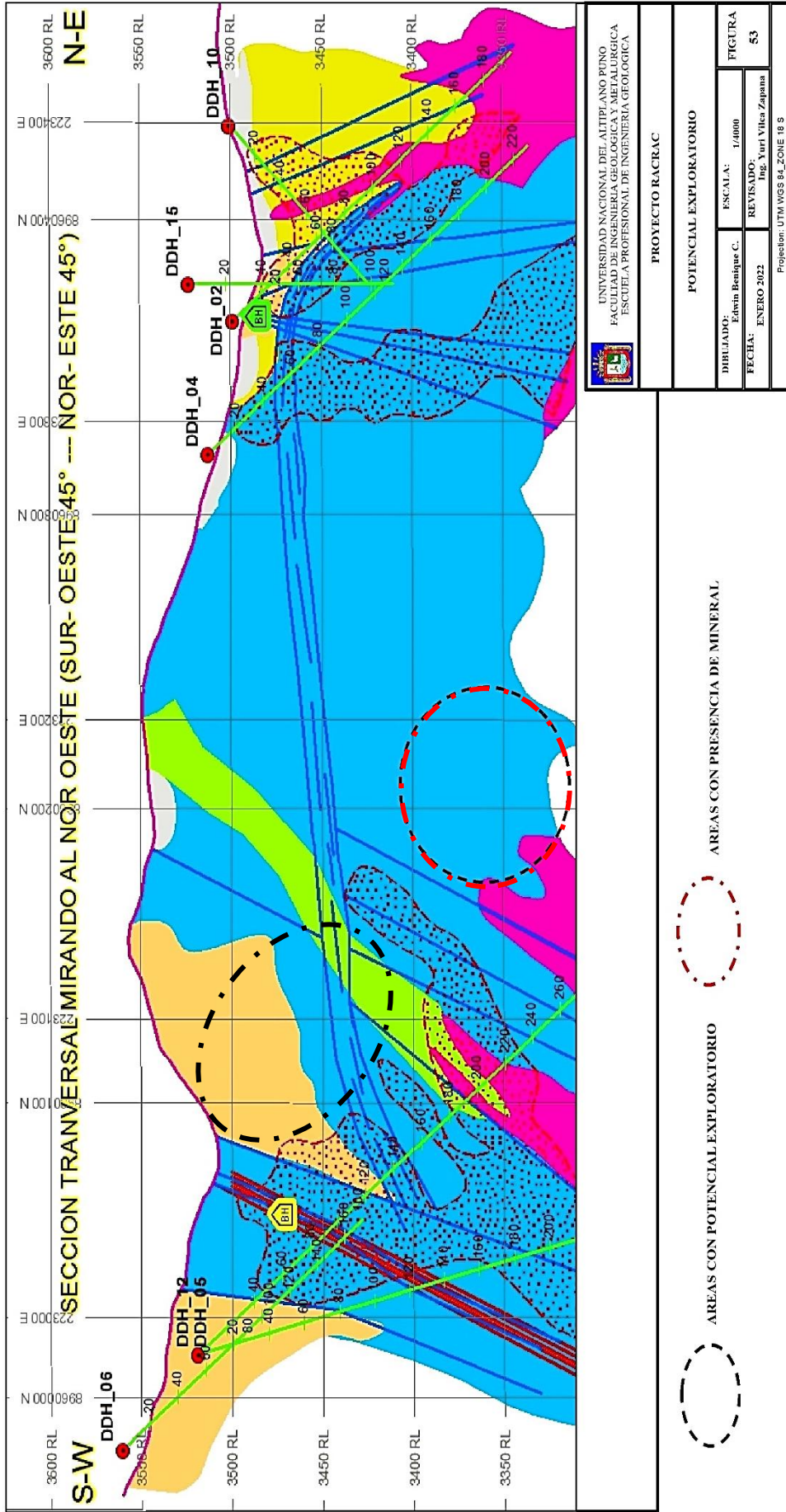
Según los resultados obtenidos de los estudios geológicos e interpretación de los sondajes diamantinos y observaciones Insitu; dentro del proyectos Racrac; las zonas de interés exploratorio esta principalmente a lo largo de la Falla Collón (Cuerpo Racrac) y a lo largo de la Falla Luma (Cuerpo Luma). Las exploraciones deberán realizarse mediante desarrollo de labores subterráneas con la información existente de la perforación diamantina y aprovechando las cotas más bajas del área de concesión y con un sustento técnico económico adecuado.

Para el cuerpo Racrac se presenta un programa de exploración subterránea mediante el desarrollo de labores subterráneas, así como: Crucero (100 mts), galerías (1630.5 mts.), chimeneas (951 mts), estocadas (270 mts), **Figura 5.1.5 Plano programa de exploración subterránea Gal. 942 SE, 104 SE**) y finalmente construir labores de preparación y explotación; para su posterior explotación por el método sugerido en forma combinada de cámara pilares y corte relleno. **Figura 53** Potencial exploratorio

Esto ayudara a determinar el comportamiento geológico a mayor detalle, delimitar el área mineralizada, incrementar recurso y posteriormente calcular reservas minerales de acuerdo con la cubicación de recursos presenta

Figura 53

Potencial exploratorio





## 5.2 PERFORACIÓN DIAMANTINA (DDH), CUERPO RACRAC

La perforación diamantina, realizada años atrás por la empresa **TVX MINERA DEL PERU S.A.** solo fue con el propósito de evaluar valores netamente enfocados en Au, Ag y no fueron considerados los valores de Pb-Zn.

La perforación diamantina, fue realizada con el diámetro (HQ). Para la delimitación de la mineralización fue vital para determinar el tamaño y la geometría del potencial recurso. Se programó la campaña, de 06 sondajes de perforación diamantina sobre el cuerpo Racrac, con un total de 1210.95 Mts. (tabla 8), La perforación se realizó con el propósito de dimensionar la zona de skarn sobre el cuerpo Racrac y que no habían sido perforada anteriormente.

La perforación proporciona la mayor parte de la información para la evaluación final de un prospecto y en última instancia, determinará si el prospecto es explotable económicamente. Los análisis químicos de las muestras de testigos sondajes son la base para determinar la ley media del depósito mineral. El cuidadoso registro de las muestras de testigos de sondajes ayuda a delinear la geometría y el cálculo del volumen de mineral y proporciona importantes datos estructurales. Y con toda la información geológica recopilada mediante logueo geológico detallado se ha realizado la interpretación geológica plasmado sobre secciones geológicas. Y con el muestreo de los testigos, también se han realizados interpretaciones con las leyes reportadas. El cuadro indica detalles de los sondajes diamantinos.

**Tabla 8***Ubicación de DDH del cuerpo Racrac.*

N° TALADROS	ESTE	NORTE	COTA	PROFUNDIDAD (Mts)	AZIMUT	INCLINACION (°)
DDH-01	222,867.13	8,960,134.76	3435	172.55	37NE	-55
DDH-03	223,125.71	8,959,929.99	3595	176.3	15NE	-51
DDH-05	222,944.52	8,960,041.08	3524	300.2	35NE	-51
DDH-06	222,966.54	8,959,958.12	3571	172.55	36NE	-51
DDH-09	222,868.43	8,960,088.18	3436	150	37NE	-74
DDH-12	222,944.52	8,960,041.08	3524	239.35	35NE	-76
TOTAL				1,210.95		

### 5.2.1 Muestreo(diamantina)

Se han tomado en cuenta las leyes de las muestras de los testigos diamantinos perforados por la empresa **TVX MINERA DEL PERU S.A.** que específicamente fueron por Oro y plata. Detallamos los valores más resaltantes interceptados durante la perforación, en el sondaje DDH-01 el mayor valor obtenido es de 74400 ppb, Au, 194 ppm Ag y DDH – 05 el mejor valor interceptado es de 2035 ppb Au, 89 ppm Ag. **Figura 5.2 Leyes de oro DDH- 01/09/24, Figura 5.2.1 Leyes de plata DDH- 01/09/24, Figura 5.2.2 Leyes de oro DDH- 05/12, Figura 5.2.3 Leyes de plata DDH- 05/12, Figura 5.2.4** Sección transversal.

Con la ayuda de la información geológica y leyes de Au y Ag obtenidos de los testigos diamantinos hemos podido plasmar en secciones y obtener promedios de leyes de Au y Ag por tramos, según criterio geológico y con toda esa información valiosa se ha tomado para la ubicación de recursos minerales e iniciado otra nueva etapa de exploración mediante labores subterráneas de los niveles más accesibles (3410 y 3515 m.s.n.m). Para determinar el contenido de Pb-Zn y Volumen. **Figura 5.2.5 Sección geológica DDH-01, Figura 5.2.6 Sección geológica DDH-09, Figura 5.2.7 Sección**

geológica DDH-05/12, **Figura 5.2.8** Sección geológica DDH-06, **Figura 5.2.9** Sección geológica DDH-03.

### 5.2.2 cálculo de recursos (cubicación)

Para la estimación de los recursos de mena, primero se revisó la información geológica existente y muestreo de la estructura mineralizada.

En la cubicación se ha tomado como referencia la guía de estándares del código “JORC” Australiano **Figura 13**. Para el cálculo de recurso en esta tesis se consideró un nivel de recurso a potencia 50% del ancho interceptado por la perforación diamantina, conforme se van avanzando perpendicularmente las labores sobre el cuerpo Racrac, se irán ajustando los recursos minerales. **Figura 5.3 Cubicación cuerpo Racrac galería 942 SE, 104 SE**

Las consideraciones en los bloques para la clasificación de recursos de mena se muestran en la **Figura 54** Sin embargo, se adiciono un bloque de mineral potencial proyectado bajo los bloques de mineral inferido como dato de futuro interés.

**Figura 54**

*Consideraciones geométricas para clasificar los bloques como reserva de mena o recurso mineral*



Fuente. (Vega A. 2013 p. 76). Calculo de reservas de la veta “Paraiso



### 5.2.2.1 Métodos de los bloques geométricos

Un bloque geométrico puede consistir en todo un depósito mineral o bien de porciones de él y el cual ha sido delineado en un mapa mediante la interpretación de los datos de exploración. Los linderos de los bloques pueden ser los límites del depósito o pueden coincidir con características geológicas y estructurales o bien con variaciones de espesor y tenor. La delimitación de estos puede ser hecha con base a criterios fisiográficos, a adaptabilidad a métodos de exploración, requerimientos metalúrgicos, requerimientos legales y otros. La ley de corte se determina de consideraciones geológicas, mineras y con base al proceso. Los otros factores se determinan en la misma forma que se ha visto en los métodos analógicos.

La clasificación de los recursos minerales que se calculan por este método puede encajar dentro de cualquiera de las categorías descritas en otra parte. La precisión del software, depende ante todo de la precisión de los factores aceptados para cada bloque. Los softwares por este método pueden ser altamente especulativos o académicos cuando los factores se basan en insuficiente número y en baja densidad de observaciones.

El método tiene amplio uso en las etapas iniciales de exploración de depósitos estratificados. En depósitos irregulares, es con frecuencia el único método que pueda usarse.

### 5.2.2.2 Recursos minerales – cuerpo Racrac

Para determinar la cantidad de recursos minerales del cuerpo Racrac se ha usado el método convencional – geométrico. Primeramente, se ha verificado las leyes de muestreo, planos de muestreo, planos de perforación diamantina, isovalores, planos geológicos y posteriormente se ha realizado el cálculo de recursos minerales en los



diferentes bloques, tomando en cuenta criterios geológicos para castigar un 5% al tonelaje o factor de seguridad y 5% a la ley.

En la cubicación se ha tenido como referencia, la guía estándar del código “JORC”. Australiano, **Figura 13**. En esta tesis se consideró un nivel de recursos a potencia veta 50% del espesor interpretado según perforación diamantina.

Las consideraciones en los bloques para la clasificación de recursos de mena o recursos minerales se muestran en la **Figura 54**

**Tabla 9**

Tarjeta de cubicación Gal. 942 SE

CUERPO: RACRAC			BLOQUE: SEGÚN VALOR: SEGÚN CERTEZA: CALCULADO POR: FECHA:		RACRAC MENA PROVADO E.BENIQUE C. Enero 2021				
NIVEL: 3410									
LABOR: Gal. 942SE									
N° DE MUESTRA	LABOR	LADO	UBICACIÓN	POTENCIA	Ag Oz/Tc	Pb%	Zn%	Gr/Tm Au	
1	Gal.942SE	Techo	Pto. Top. F1-6.5	1.4	0.8	1.2	3.8	0.53	
2	Gal.942SE	Techo	Pto. Top. F1-6.5	1.4	0.3	1.6	4.3	0.53	
3	Gal.942SE	Techo	Pto. Top. F3+21	1.4	0.41	0.19	5.1	0.53	
4	Gal.942SE	Techo	Pto. Top. F3+11	2.5	0.05	0.11	4.2	0.53	
Promedio diluido				1.68	0.33	0.67	4.33	0.53	
Longitud	50	Área	1,125	% dilución	% ley castigado			0.95	
Altura	22.5	Volumen	33,750.00	Fact. Dilución	% de ley corregido				
ancho	30	TMS(bruto)	94,500.00		% castigo tonelaje			0.95	
		TMS(neto)	89,775.00						
N° block		T.M.S	Ancho minado	Ag Oz/Tc	Pb%	Zn%	Gr/Tm Au		
AM-01		89,775.00		0.32	0.63	4.11	0.5		

**Tabla 10**

*Tarjeta de cubicación galería 104 SE*

CUERPO: RACRAC		BLOQUE: SEGÚN: SEGÚN CERTEZA: CALCULADO POR: FECHA:		RACRAC VALOR: MENA PROVADO E.BENIQUE C. Enero 2021		Gr/Tm Au		
NIVEL:	3410							
LABOR:	Gal. 104SE							
N° DE MUESTRA	LABOR	LADO	UBICACIÓN	POTENCIA	Ag Oz/Tc	Pb%	Zn%	Gr/Tm Au
5	Gal.104SE	Izquierdo	Pto. Top. M4+5	1.4	0.5	1.2	5.2	0.53
6	Gal.104SE	Izquierdo	Pto. Top. S3+0	1.2	0.2	2.5	7	0.53
7	Gal.104SE	Izquierdo	Pto. Top. T3+8	2.1	1.3	2.7	5.1	0.53
8	Gal.104SE	Izquierdo	Pto. Top. T1+2	1.5	0.4	1.9	7.3	0.53
9	Gal.104SE	Izquierdo	Pto. Top. T5+11.5	1.5	0.41	1.1	6.79	0.53
10	Gal.104SE	Izquierdo	Pto. Top. T5+11.5	3	1.59	1.21	5.95	0.53
11	Gal.104SE	Izquierdo	Pto. Top. T5+11.5	2.5	0.7	1.8	4.25	0.53
12	Gal.104SE	Izquierdo	Pto. Top. T5+11.5	1.4	0.38	2.2	5.27	0.53
13	Gal.104SE	Izquierdo	Pto. Top. T5+11.5	1.4	2.3	2.36	8.3	0.53
			Promedio	1.78	0.95	4.38	5.95	0.53
Longitud	50	Área	1,125	% dilución		% ley castigado		0.95
Altura	22.5	Volumen	33,750.00	Fact. Dilución		% de ley corregido		
ancho	30	TMS(bruto)	94,500.00			% castigo tonelaje		0.95
		TMS(neto)	89,750.00					
	N° block	T.M.S	Ancho minado	Ag Oz/Tc	Pb%	Zn%	Gr/Tm Au	
	AM-01	89,775.00		0.9	4.16	5.65	0.5	

**Tabla 11**

*Resumen total de recursos minerales medidos del cuerpo Racrac*

ITEM	VETA	BLOCK	NIVEL	SEGÚN SU		TMS	POTENCIA	Ag Oz/Tc	Pb%	Zn%	Gr/Tm Au
				CERTEZA	VALOR						
1	RACRAC	Rc-01	3516	Accesible	Mena	897,775.00	30.00	0.32	0.63	4.11	0.50
2	RACRAC	Rc-02	3516	Accesible	Mena	897,775.00	30.00	0.32	0.63	4.11	0.50
3	RACRAC	Rc-03	3516	Accesible	Mena	897,775.00	30.00	0.90	4.16	5.65	0.50
4	RACRAC	Rc-04	3516	Accesible	Mena	897,775.00	30,00	0.90	4.16	5.65	0.50
<b>Promedio</b>						<b>3,591,100.00</b>	<b>30.00</b>	<b>0.61</b>	<b>2.40</b>	<b>4.88</b>	<b>0.50</b>

**Tabla 12**

*Resumen total mineral indicado*

ITEM	VETA	BLOCK	NIVEL	SEGÚN SU CERTEZA	SEGÚN SU VALOR	TMS	POTENCIA	Ag Oz/Tc	Pb%	Zn%	Gr/Tm. Au
1	RACRAC	Rc-05	3516	Eventualmente accesible	Mena	897,775.00	30	0.9	4.16	5.65	0.5
2	RACRAC	Rc-06	3516	Eventualmente accesible	Mena	897,775.00	30	0.9	4.16	5.65	0.5
3	RACRAC	Rc-07	3516	Eventualmente accesible	Mena	897,775.00	30	0.9	4.16	5.65	0.5
4	RACRAC	Rc-08	3516	Eventualmente accesible	Mena	897,775.00	30	0.9	4.16	5.65	0.5
5	RACRAC	Rc-09	3516	Eventualmente accesible	Mena	897,775.00	30	0.9	4.16	5.65	0.5
6	RACRAC	Rc-10	3516	Eventualmente accesible	Mena	897,775.00	30	0.32	0.63	4.11	0.5
7	RACRAC	Rc-11	3516	Eventualmente accesible	Mena	897,775.00	30	0.32	0.63	4.11	0.5
8	RACRAC	Rc-12	3516	Eventualmente accesible	Mena	897,775.00	30	0.32	0.63	4.11	0.5
8	RACRAC	Rc-13	3516	Eventualmente accesible	Mena	897,775.00	30	0.32	0.63	4.11	0.5
10	RACRAC	Rc-14	3516	Eventualmente accesible	Mena	897,775.00	30	0.32	0.63	4.11	0.5
11	RACRAC	Rc-15	3516	Eventualmente accesible	Mena	897,775.00	30	0.32	0.63	4.11	0.5
<b>PROMEDIO</b>						<b>9,875,525.00</b>	<b>30</b>	<b>0.58</b>	<b>2.24</b>	<b>4.81</b>	<b>0.5</b>

**Tabla 13**

*Resumen total de recursos minerales inferidos del cuerpo Racrac*

ITEM	VETA	BLOCK	NIVEL	SEGÚN SU CERTEZA	SEGÚN VALOR	TMS	POTENCIA	Ag Oz/Tc	Pb%	Zn%	Gr/Tm Au
1	RACRAC	Rc-16	3516	Even. accesible	Mena	897,775.00	30	0.9	4.16	5.65	0.5
2	RACRAC	Rc-17	3516	Even. accesible	Mena	897,775.00	30	0.9	4.16	5.65	0.5
3	RACRAC	Rc-18	3516	Even. accesible	Mena	897,775.00	30	0.9	4.16	5.65	0.5
4	RACRAC	Rc-19	3516	Even. accesible	Mena	897,775.00	30	0.9	4.16	5.65	0.5
5	RACRAC	Rc-20	3516	Even. accesible	Mena	897,775.00	30	0.9	4.16	5.65	0.5
6	RACRAC	Rc-21	3516	Even. accesible	Mena	897,775.00	30	0.9	4.16	4.11	0.5
7	RACRAC	Rc-22	3516	Even. accesible	Mena	897,775.00	30	0.32	0.63	4.11	0.5
8	RACRAC	Rc-23	3516	Even. accesible	Mena	897,775.00	30	0.32	0.63	4.11	0.5
9	RACRAC	Rc-24	3516	Even. accesible	Mena	897,775.00	30	0.32	0.63	4.11	0.5
10	RACRAC	Rc-25	3516	Even. accesible	Mena	897,775.00	30	0.32	0.63	4.11	0.5
11	RACRAC	Rc-26	3516	Even. accesible	Mena	897,775.00	30	0.9	4.16	5.65	0.5
12	RACRAC	Rc-27	3516	Even. accesible	Mena	897,775.00	30	0.32	0.63	4.11	0.5
13	RACRAC	Rc-28	3516	Even. accesible	Mena	897,775.00	30	0.32	0.63	4.11	0.5
14	RACRAC	Rc-29	3516	Even. accesible	Mena	897,775.00	30	0.32	0.63	4.11	0.5
15	RACRAC	Rc-30	3516	Even. accesible	Mena	897,775.00	30	0.32	0.63	4.11	0.5
16	RACRAC	Rc-31	3516	Even. accesible	Mena	897,775.00	30	0.32	0.63	4.11	0.5
<b>Promedio</b>						<b>14,364,400.00</b>	<b>30</b>	<b>0.57</b>	<b>2.18</b>	<b>4.78</b>	<b>0.5</b>

**Tabla 14**

*resumen total de recursos minerales prospectivo del cuerpo Racrac*

ITEM	VEA	BLOCK	NIVEL	SEGÚN SU CERTEZA	SEGÚN VALOR	TMS	POTENCIA	Ag Oz/Tc	Pb%	Zn%	Gr/Tm Au
1	RACRAC	Potencial	3516	Prospectivo	Mena	7,619,240.72	30.00	0.61	2.40	4.88	0.50
<b>Promedio</b>						<b>7,619,240.72</b>	<b>30.00</b>	<b>0.61</b>	<b>2.40</b>	<b>4.88</b>	<b>0.50</b>

**Tabla 15**

*Total reservas minerales del cuerpo Racrac*

RECURSOS	TMS	POTENCIA	Ag Oz/TC	Pb%	Zn%	Gr/Tm Au
Mineral Medido	3,591,100.00	30	0.61	2.40	4.88	0.50
Mineral Indicado	9,875,525.00	30	0.58	2.24	4.81	0.50
Total de Recursos Medidos e Indicados	13,466,625.00	30	0.60	2.32	4.84	0.50
Mineral Inferido	14,364,400.00	30	0.57	2.18	4.78	0.50
<b>TOTAL DE RECURSOS</b>	<b>27,831,025.00</b>	<b>30</b>	<b>0.58</b>	<b>2.25</b>	<b>4.81</b>	<b>0.50</b>

## VI CONCLUSIONES

- Por sus características litológicas, mineralógicas, petrográficas, geoquímicas, estructurales y controles de mineralización. Se llegó a concluir que el cuerpo Racrac es un yacimiento de tipo Skarn de Pb, Zn, Ag y Au. Este depósito está relacionado a una intrusión tonalítico, el mismo que a intruido a las litologías del Cretácico Inferior, Grupo Goyllarisquizga como son: las Formación Chimú, Formación Santa-Carhuaz, generando un depósito tipo Skarn, mediante un proceso de metasomatismo de contacto y las zonas mejor representadas con mineralización dentro del cuerpo Racrac, está en las rocas calcáreas de la Formación Santa y las etapas de mineralizaciones, están definidas por skarn progrado, skarn retrogrado y/o Alteración hidrotermal. La falla principal que controla al cuerpo mineralizado Racrac; es la falla Collón que tiene un azimut promedio de 116° NE, buzamiento 70° SW y longitud promedio reconocido de 600 mts. Los minerales de mena reconocida macroscópicamente son: galena (PbS), marmatita (Fe ZnS), calcopirita (CuFeS<sub>2</sub>), galena argentífera y Au. Como mineral de ganga se tiene pirrotita (S<sub>1-x</sub>Fe), pirita (S<sub>2</sub>Fe), magnetita (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), calcita (CO<sub>3</sub>Ca), fluorita (CaF<sub>2</sub>), estibina (SbH<sub>3</sub>), granate, clorita, sericita y FeOx. Según los isovalores con datos de perforación diamantina, se puede observar que la mayor concentración de Au y Ag está cerca de superficie dentro de las rocas calcáreas de la Formación Santa (Zona de Skarn) en contacto con la roca intrusiva y pegado a la falla Collón. Valores más resaltantes que son mayor a 1000 ppb de Au. y 4 ppm Ag.
- El inventario final de reservas minerales de la Cuerpo Racrac, se llegó a obtener recurso mineral medido e indicado de mena igual a 13'466,625 Tms. con potencia



promedio de 30 mts. y leyes de Pb 2.32 %, Zn 4.84 %, Ag 0.60 Oz/TC y Au 0.50  
Gr/Tm. mineral inferido igual a 14'364,400 Tms. con potencia promedio de 30 Mts.





## VII RECOMENDACIONES

- Realizar segunda campaña de perforación Diamantina de mayor profundidad superiores a 300m ts. a lo largo de la sección longitudinal para identificar zonas con potencial mineralización polimetálica y aumentar las reservas.
- Se ha reconocido el intrusivo de composición tonalítica; pero también se recomienda realizar mayor cantidad de estudios petro-mineralógicos, con el objetivo de determinar la presencia de otros posibles intrusivos de diferente composición dentro del yacimiento Racrac.
- Se recomienda continuar avanzando la Gal-942 SE y ejecutar estocadas, a lo largo de la sección longitudinal del cuerpo mineralizado Racrac, con el objetivo de interceptar zonas económicamente rentables, porque se ha visto también que la mineralización esta hospedado en zonas de debilidad (Estratificación).
- Efectuar campañas de exploración subterránea, mediante el desarrollo de labores subterráneas; así como: Crucero (100 mts.), galerías (1630.5 mts.), chimeneas (951 mts.), estocadas (270 mts.) y finalmente construir labores de preparación y exploración para su posterior explotación.



## VIII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ACOSTA, J. & SEMPERE, T. (2017).** *"Evolución Tectónica Y Metalogénesis Del Perú."*  
*Horizonte Minero*, 119, 48-51.

<https://hdl.handle.net/20.500.12544/3333>

**ALFARO, M. (2007).** *"Estimación de recursos mineros"*. Universidad Católica de Valparaíso-Chile, p. 125

*Microsoft Word - Evaluacion\_de\_recursos\_mineros.V.3.doc (ensmp.fr)*

**BISSIG, T. & TOSDAL R. (2009).** *"Petrogenetic and Metallogenetic Relationships in the Eastern Cordillera Occidental of Central Peru."* *The Journal of Geology* 117 (5): 499-518. (PDF) *Petrogenetic and Metallogenetic Relationships in the Eastern Cordillera Occidental of Central Peru* ([researchgate.net](https://www.researchgate.net))

**CAMUS, F. et al. (1998).** *"Andean Copper Deposits: New Discoveries, Mineralization, Styles and Metallogeny"*, *Society of Economic Geologists Special Publication Number 5* p. 198.

**CANDIA, J.** *"Estimación de Reservas de la Veta Vulcano con Perforación Diamantina, En Castrovirreyrna-Huancavelica"*. Tesis pregrado Universidad Nacional del Altiplano.

<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/2995>

**CARLOTTO, V. et al. (2009).** *"Dominios Geotectónicos y Metalogénesis del Perú."*  
*Boletín de la Sociedad Geológica del Perú* 103 (1): 1-89.

<https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/SGP-103-1.pdf>

**COMMITTEE, JOINT ORE RESERVES (2012).** *"Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves (the Jorc Code),*



*Edition." Australian Institute of Geoscientists and Mineral Council of Australia (JORC).*

**CUEVA, E. et al . (2017).** "Geología Y Alcances Generales Del Yacimiento Minero De Antamina, Perú." Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.  
<https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/UNC-5-2017.pdf>

**FISK, M, & MCLOUGHLIN N. (2013).** "Atlas of Alteration Textures in Volcanic Glass from the Ocean Basins." *Geosphere* 9 (2): 317-341.  
<https://pubs.geoscienceworld.org/gsa/geosphere/article/9/2/317/132614/Atlas-of-alteration-textures-in-volcanic-glass>

**FORSTER, D. et. al. (2004).** "Controls on Skarn Mineralization and Alteration at the Cadia Deposits, New South Wales, Australia." *Economic Geology* 99 (4): 761-788.

**IMAI, H. & KAWASAKI M. et al. 1985.** "Mineralization and Paragenesis of the Huanzala Mine, Central Peru." *Economic Geology* 80 (2): 461-478.  
<https://pubs.geoscienceworld.org/segweb/economicgeology/article-abstract/80/2/461/20055/Mineralization-and-paragenesis-of-the-Huanzala>

**JAILLARD, E. (1992).** "La Fase Peruana (Cretáceo Superior) En La Margen Peruana." *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú* 83: 81-87.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/39861443.pdf>

**MARIN, E. (2021).** "Determinación Del Balance Hídrico Superficial De La Cuenca Del Río Santa Para Satisfacción De La Demanda Existente, 2020" Tesis pregrado. Universidad Privada del Norte.



**MAQUE, A. (2007).** *"Evaluación Y Clasificación De Recursos Minerales En La Veta Milagros De La Mina Parcoy, Provincia De Pataz Departamento De La Libertad"*. Tesis pregrado, Universidad Nacional Mayor San Marcos  
[https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/3347/Maque\\_va.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/3347/Maque_va.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/27202/Marin%20Melo%20Edward%20Andy.pdf?sequence=14&isAllowed=y>

**MEINERT, L. (1992).** *"Skarns and Skarn Deposits."* *Geoscience Canada*. geociencia Canadá.

[https://www.researchgate.net/journal/Geoscience-Canada-1911-4850?\\_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19](https://www.researchgate.net/journal/Geoscience-Canada-1911-4850?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19)

**MEINERT, L. (2004).** *"The Magmatic–Hydrothermal Transition—Evidence from Quartz Phenocryst Textures and Endoskarn Abundance in Cu–Zn Skarns at the Empire Mine, Idaho, USA."* *Chemical Geology* 210 (1-4): 149-171.

[https://www.researchgate.net/publication/222223660\\_The\\_magmatic-hydrothermal\\_transition\\_-\\_Evidence\\_from\\_quartz\\_phenocryst\\_textures\\_and\\_endoskarn\\_abundance\\_in\\_Cu-Zn\\_skarns\\_at\\_the\\_Empire\\_Mine\\_Idaho\\_USA](https://www.researchgate.net/publication/222223660_The_magmatic-hydrothermal_transition_-_Evidence_from_quartz_phenocryst_textures_and_endoskarn_abundance_in_Cu-Zn_skarns_at_the_Empire_Mine_Idaho_USA)



- NAVARRO, P. et al. (2010).** *"Geología Del Grupo Calipuy (Volcanismo Cenozoico)- Segmento Santiago De Chuco, Norte Del Perú."*
- O'HARA, T. (1979).** *"Quick Guides to Evaluation of Orebodies. Hudson Bay Mining and Smelting Company".*  
<https://es.scribd.com/document/419846113/O-HARA-Quick-guides-to-the-evaluation-of-orebodies-pdf>
- OYARZUN, J. & OYARZUN. (2014).** *"Léxico De Geología Económica: Términos De Uso Común En España E Iberoamérica." Editorial. Gemm-Aula2 puntonet.*  
[https://www.researchgate.net/publication/347507745\\_Lexico\\_de\\_Geologia\\_Economica\\_Terminos\\_de\\_Uso\\_Comun\\_en\\_Espana\\_e\\_Iberoamerica](https://www.researchgate.net/publication/347507745_Lexico_de_Geologia_Economica_Terminos_de_Uso_Comun_en_Espana_e_Iberoamerica)
- PALACIOS, O. et. al. (1995).** *"Geología Del Perú–Boletín a 55" Ingemmet. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, n° 55*  
<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/176>
- PONZONI, E. (1980).** *"Metalogenia Del Perú-[Boletín B 4]." Ingemmet. Boletín, Serie B: Geología Económica; n° 4* <https://hdl.handle.net/20.500.12544/225>
- QUISPE C, et. al. (2008).** *"Mapa Metalogenético Del Perú 2008: Herramienta Esencial Para Las Exploraciones Mineras."*  
<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/browse?type=author&value=Quispe+Cangana%2C+Jorge+Luis>
- ROMERO, D. (2008).** *"The Cordillera Blanca Fault System as Structural Control of the Jurassic-Cretaceous Basin in Central-Northern Peru." Paper presented at the 7th International Symposium on Andean Geodynamics, Nice, Extended Abstracts, 2008.*



- ROUSSE, S. ET. AL. (2002).** *"Paleomagnetic Evidence for Rapid Vertical-Axis Rotation in the Peruvian Cordillera Ca. 8 Ma."* *Geology* 30 (1): 75-78.
- SOLER, P. ET.AL. (1986).** *"Mineralization and Paragenesis of the Huanzala Mine, Central Peru; Discussion."* *Economic Geology* 81 (1): 195-196.  
<https://catalogobiblioteca.ingemmet.gob.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=23753>
- STEINMÜLLER, K. (1999).** *"Depositos Metálicos En El Perú: Su Metalogenia, Sus Modelos, Su Exploración Y El Medio Ambiente."*
- TUMIALÁN DE LA CRUZ, (2003).** *"Compendio De Yacimientos Minerales Del Perú."*  
*Boletin B 10. p 638*  
[https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/202/2/B-010-Boletin-Compendio\\_yacimientos\\_minerales\\_del\\_Peru.pdf](https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/202/2/B-010-Boletin-Compendio_yacimientos_minerales_del_Peru.pdf)
- URIBE, E, & ZAPANA, E. (2012).** *"Avances En La Reinterpretación Geológica Y Sus Implicancias En La Determinación De "Targets" De Exploración, Distrito Minero Raura."* Paper presented at the XVI Congreso Peruano de Geología, Lima, Perú, Resúmenes Extendidos, 2012.
- VALENCIA, M. & CHIRIF L. (2011).** *"Formación Y Distribución De Los Depósitos Minerales En El Perú [Presentación]."* Ingemmet,  
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/3342>
- VEGA, A. (2013).** *"Cálculo De Reservas De La Veta "Paraíso" Mina Paraíso–Distrito Ponce Enríquez."* Escuela Superior Politécnica del Litoral. Ecuador.
- VILLARREAL, E. (2009).** *"Características Metalogenéticas De La Cordillera Occidental En La Región Ancash."* Instituto Geológico Minero y Metalúrgico–Ingemmet. Cusco p. 684-688



*VILLARREAL, J. et. al. (2010). "Características Metalogenéticas De La Cordillera Occidental En La Región Ancash." XV Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos. Sociedad Geológica del Perú, Pub. Esp. N° 9 (2010),*

*<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/2920/5/Villarreal->*

*[Caracteristicas\\_Metalogeneticas\\_Cordillera\\_Occidental\\_Ancash.pdf](#)*

*WISE, J. (2005). "Undulatory Silver-Rich Polymetallic Veins of the Castrovirreyna District, Central Peru: Fault Growth and Mineralization in a Perturbed Local Stress Field." Economic Geology 100 (4): 689-705.*

#### **PAGINAS WEB CONSULTADAS**

*<http://aabetmen.blogspot.cl>*

*<http://geologiawed.blogspot.com/2017/05/yacimientos-tipo-skarn.html>*

*<http://www.ingemmet.com.pe>*

*<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1027996/FULLTEXT02.pdf>*

## ANEXOS

- Figura 2.1 Plano geológico regional*
- Figura 3.1 Mapeo geológico Nv. 3410, Gal. 942 SE*
- Figura 3.2 Mapeo geológico Nv. 3516, Gal. 942 SE*
- Figura 4.1 Plano de Ubicación del proyecto Racrac*
- Figura 4.2 Plano geológico local.*
- Figura 4.4 Ocurrencias de mineralógicas*
- Figura 5.1 Plano de alteraciones hidrotermales local.*
- Figura 5.1.1 Plano estructural local*
- Figura 5.1.5 Plano programa de exploración subterránea Gal. 942 SE, 104 SE*
- Figura 5.2 Leyes de oro DDH- 01/09/24*
- Figura 5.2.1 Leyes de plata DDH- 01/09/24*
- Figura 5.2.2 Leyes de oro DDH- 05/12*
- Figura 5.2.3 Leyes de plata DDH- 05/12*
- Figura 5.2.4 Sección transversal.*
- Figura 5.2.5 Sección geológica DDH-01*
- Figura 5.2.6 Sección geológica DDH-09*
- Figura 5.2.7 Sección geológica DDH-05/12*





*Figura 5.2.8 Sección geológica DDH-06*

*Figura 5.2.9 Sección geológica DDH-03*

*Figura 5.3 Cubicación CUERPO RACRAC Galería. 942 SE, 104 SE*