

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**TESIS**

**ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA DE CUSCO, REGIÓN CUSCO-2022**

**PRESENTADO POR:**

Br. Carlos Lopez De La Torre

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Geólogo

**ASESOR:**

Mgt. Fredy Víctor Bustamante Prado

**CUSCO-PERÚ**

**2023**



## INDICE

<b>RESUMEN .....</b>	<b>23</b>
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>24</b>
<b>GENERALIDADES .....</b>	<b>24</b>
1.1. UBICACIÓN.....	24
1.1.1. UBICACIÓN POLÍTICA .....	24
1.1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	24
1.2. ACCESIBILIDAD.....	24
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	26
1.3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	26
1.3.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA GENERAL.....	26
1.3.3. FORMULACIÓN DE PROBLEMAS ESPECÍFICOS .....	26
1.4. OBJETIVOS.....	27
1.4.1. OBJETIVOS GENERALES .....	27
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	27
1.5. HIPÓTESIS.....	28
1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL .....	28
1.5.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS.....	28
1.6. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN.....	29
1.7. VARIABLES Y INDICADORES DE INVESTIGACIÓN .....	30
1.7.1. VARIABLES INDEPENDIENTES.....	30
1.7.2. VARIABLES DEPENDIENTES.....	30
1.7.3. INDICADORES.....	30
1.8. METODOLOGIA DE TRABAJO.....	30
1.9. FASES DE ELABORACIÓN DEL ESTUDIO.....	31
1.9.1. FASE DE RECOPIACIÓN DE INFORMACION EXISTENTE .....	31
1.9.2. FASE DE INVESTIGACIONES DE CAMPO .....	31
A. FASE PRECAMPO .....	32
B. FASE CAMPO.....	32
C. FASE DE GABINETE.....	32
1.10. ANTECEDENTES.....	33
1.11. MATERIALES Y EQUIPOS.....	33
A. MATERIAL CARTOGRAFICO.....	33
B. MATERIALES DE CAMPO.....	33
C. INSTRUMENTOS Y EQUIPOS .....	33
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>34</b>
<b>MARCO TEORICO .....</b>	<b>34</b>





2.1.	DEFINICIÓN DE CUENCA HIDROGRÁFICA.....	34
2.1.1.	CLASIFICACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS .....	34
2.1.2.	SISTEMA DE CODIFICACIÓN PFAFSTETTER .....	36
2.1.3.	PARÁMETROS FISIAGRÁFICOS O GEOMORFOLÓGICOS DE LA CUENCA .....	36
2.2.	CLIMA.....	37
2.2.1.	PRECIPITACIÓN.....	37
2.2.2.	TEMPERATURA.....	37
2.2.3.	HUMEDAD RELATIVA .....	38
2.2.4.	RADIACIÓN SOLAR .....	38
2.2.5.	EVAPORACIÓN .....	38
2.2.6.	EVAPOTRANSPIRACIÓN.....	38
2.3.	GEOMORFOLOGÍA.....	38
2.3.1.	MAPA GEOMORFOLÓGICO .....	38
2.3.2.	PENDIENTES.....	39
2.4.	GEOLOGÍA .....	39
2.4.1.	FORMACIÓN GEOLÓGICA .....	39
2.4.2.	CLASIFICACIÓN DE LAS FALLAS.....	39
2.4.3.	INDICADORES CINEMÁTICOS.....	40
2.5.	HIDROLOGÍA .....	41
2.5.1.	EL CICLO HIDROLÓGICO.....	41
2.5.2.	OFERTA HÍDRICA GENERADA .....	42
2.5.3.	DEMANDA HÍDRICA.....	42
2.5.4.	BALANCE HÍDRICO.....	42
2.6.	HIDROGEOLOGÍA .....	43
	<b>CAPITULO III.....</b>	<b>44</b>
	<b>GEOMORFOLOGIA .....</b>	<b>44</b>
3.1.	GEOMORFOLOGIA REGIONAL .....	44
3.1.1.	ALTIPLANO .....	45
3.2.	GEOMORFOLOGÍA LOCAL.....	46
3.2.1.	CLASIFICACIÓN FISIAGRÁFICA.....	46
3.2.1.1.	PROVINCIA FISIAGRÁFICA .....	47
3.2.1.2.	PROVINCIA CLIMÁTICA.....	47
3.2.1.3.	UNIDADES DE SUB PAISAJE .....	47
3.2.1.4.	PENDIENTES.....	50
A.	ALLANADA.....	51
B.	LIGERAMENTE INCLINADO.....	51
C.	MODERADAMENTE INCLINADA.....	52



D. FUERTEMENTE INCLINADA .....	52
E. MODERADAMENTE EMPINADA .....	52
F. EMPINADA.....	52
G. FUERTEMENTE EMPINADA .....	52
H. EXTREMADAMENTE EMPINADA .....	52
3.2.1.5. AMBIENTE MORFOGENETICO .....	54
3.2.1.6. AMBIENTE MORFODINAMICO .....	54
3.2.1.7. FISIOGRAFIA DE LA MICROCUENCA .....	54
A. CAUCE DE DRENAJE .....	58
B. CIMA DE MONTAÑAS ALTAS DENUDACIONALES.....	58
C. CONO DE DEYECCION DE MONTAÑAS Y ALTOPLANICIE .....	59
D. PIE DE MONTE DE MONTAÑAS Y ALTOPLANICIES .....	59
E. TERRAZAS DE ALTOPLANICIES.....	60
F. VERTIENTE DE LADERA DE MONTAÑAS ALTAS.....	61
3.2.1.8. GEOMORFOLOGIA DE LA MICROCUENCA DE CCORAO MANDORANI .....	61
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>67</b>
<b>GEOLOGIA Y ESTRATIGRAFIA .....</b>	<b>67</b>
4.1. GEOLOGIA REGIONAL.....	67
4.2. GEOLOGIA LOCAL .....	69
4.2.1. PALEOGENO .....	70
4.2.1.1. FORMACIÓN QUILQUE (Paleoceno Inferior) .....	70
4.2.1.2. FORMACIÓN CHILCA (Paleoceno Superior) .....	73
4.2.2. EOCENO .....	75
4.2.2.1. FORMACIÓN KAYRA (Eoceno Inferior) .....	75
4.2.2.2. FORMACIÓN SONCCO (Eoceno Superior) .....	78
4.2.3. CUATERNARIO.....	81
4.2.3.1. DEPÓSITOS FLUVIALES .....	81
4.2.3.2. DEPÓSITOS ALUVIALES .....	81
4.2.3.3. DEPÓSITOS COLUVIALES.....	82
<b>CAPITULO V .....</b>	<b>86</b>
<b>GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....</b>	<b>86</b>
5.1. GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL .....	86
5.1.1. FALLA TAMBOMACHAY .....	86
5.1.2. FALLA QORICOCHA .....	86
5.1.3. FALLA PACHATUSAN .....	87
5.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL.....	87
5.2.1. ESTACIÓN ESTRUCTURAL EN LA FORMACIÓN QUILQUE.....	88



5.2.1.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE DISCONTINUIDADES FORMACIÓN QUILQUE .....	89
5.2.1.2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE FALLAS FORMACIÓN QUILQUE .....	92
5.2.2. ESTACIÓN ESTRUCTURAL EN LA FORMACIÓN CHILCA.....	94
5.2.2.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE DISCONTINUIDADES FORMACIÓN CHILCA .....	95
5.2.2.2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE FALLAS FORMACIÓN CHILCA.....	97
5.2.3. ESTACIÓN ESTRUCTURAL EN LA FORMACION KAYRA.....	99
5.2.3.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE DISCONTINUIDADES DE LA FORMACIÓN KAYRA..	100
5.2.3.2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE FALLAS FORMACIÓN KAYRA.....	102
5.2.4. ESTACIÓN ESTRUCTURAL EN LA FORMACIÓN SONCCO .....	104
5.2.4.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE DISCONTINUIDADES FORMACIÓN SONCCO.....	105
5.2.4.2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE FALLAS FORMACIÓN SONCCO .....	107
5.2.5. PLIEGUES.....	108
5.2.6. CONTROL ESTRUCTURAL .....	111
<b>CAPITULO VI .....</b>	<b>116</b>
<b>HIDROLOGÍA .....</b>	<b>116</b>
6.1. GENERALIDADES .....	116
6.2. PARÁMETROS GEOMORFOMÉTRICOS .....	116
6.2.1. ELEMENTOS DE SUPERFICIE.....	117
6.2.2. ELEMENTOS DE DISTANCIA .....	117
6.2.3. ELEMENTOS DE FORMA .....	117
6.2.4. ELEMENTOS DE RELIEVE .....	119
6.2.5. CURVA HIPSOMÉTRICA.....	120
6.2.6. HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS ALTIMÉTRICAS .....	120
6.2.7. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.....	121
6.3. INFORMACIÓN HIDROMETEREOLOGICA .....	123
6.4. ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN .....	124
6.4.1. ANÁLISIS DE CONSISTENCIA .....	124
6.4.1.1. ANÁLISIS VISUAL GRÁFICO .....	124
6.4.1.2. ANÁLISIS DE DOBLE MASA .....	126
6.4.1.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	126
a) ANÁLISIS DE SALTOS.....	127
1) CONSISTENCIA DE LA MEDIA .....	127
2) CONSISTENCIA DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR.....	128
3) CORRECCIÓN Y/O ELIMINACIÓN DE LOS DATOS .....	129
b) ANÁLISIS DE TENDENCIAS.....	129
1) TENDENCIA EN LA MEDIA .....	129
2) TENDENCIA EN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR.....	131



3) CORRECCIÓN DE LOS DATOS .....	133
6.5. REGIONALIZACIÓN Y EXTRAPOLACIÓN .....	133
6.5.1. REGIONALIZACIÓN PRECIPITACIÓN .....	133
6.5.1.1 KRIGING.....	133
6.5.2. REGIONALIZACIÓN TEMPERATURA .....	140
6.6. EVAPOTRANSPIRACIÓN .....	144
6.6.1. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL .....	144
6.6.1.1. Método de Thornthwaite .....	144
6.6.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL .....	147
6.6.2.1. Método de Turc.....	147
6.7. ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE .....	149
6.8. ESCORRENTÍA SUPERFICIAL .....	153
6.9. INFILTRACIÓN .....	153
6.10. BALANCE HÍDRICO DE LA CUENCA .....	154
<b>CAPITULO VII .....</b>	<b>155</b>
<b>GEOFÍSICA.....</b>	<b>155</b>
7.1. EXPLORACIONES ELÉCTRICAS 2D .....	158
7.1.1. TOMOGRAFIA ELECTRICA (ERT).....	158
7.1.2. PROFUNDIDAD DE INVESTIGACIÓN .....	160
7.1.3. SENSIBILIDAD .....	160
7.1.4. DISPOSITIVOS MÁS UTILIZADOS EN TOMOGRAFÍAS ELÉCTRICAS.....	162
7.1.4.1. CONFIGURACIÓN DE DISPOSITIVO WENNER .....	162
7.1.4.2. CONFIGURACIÓN DE DISPOSITIVO SCHLUMBERGER .....	163
7.1.4.3. CONFIGURACIÓN DE DISPOSITIVO WENNER – SCHLUMBERGER .....	165
7.1.5. POTENCIAL ESPONTÁNEO .....	166
7.2. ADQUISICIÓN DE DATOS DE CAMPO POR MEDIO DEL LEVANTAMIENTO DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA .....	168
7.2.1. EQUIPO UTILIZADO .....	168
7.2.1.1. TRANSMISOR.....	169
7.2.1.2. RECEPTOR.....	169
7.2.1.3. OTROS .....	169
7.2.2. LÍNEAS PROPUESTAS DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA Y SP .....	171
7.3. PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE PERFILES .....	171
7.3.1. LINEA GEOFÍSICA N°01.....	172
7.3.2. LINEA GEOFÍSICA N°02.....	180
7.3.3. LINEA GEOFÍSICA N°03.....	188
7.3.4. LINEA GEOFÍSICA N°04.....	196



7.3.5.	LINEA GEOFÍSICA N°05.....	204
7.3.6.	LINEA GEOFÍSICA N°06.....	212
7.3.7.	LINEA GEOFÍSICA N°07.....	220
7.3.8.	LINEA GEOFÍSICA N°08.....	228
<b>CAPITULO VIII</b>	<b>.....</b>	<b>236</b>
<b>HIDROGEOLOGÍA</b>	<b>.....</b>	<b>236</b>
8.1.	REGISTRO DE FUENTES HÍDRICAS.....	236
8.2.	EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS.....	243
8.2.1.	POROSIDAD .....	243
8.2.2.	PERMEABILIDAD.....	245
8.2.3.	ENSAYOS DE INFILTRACIÓN .....	247
8.2.3.1.	ENSAYO LEFRANC CON NIVEL VARIABLE .....	247
8.3.	DIRECCIÓN DE FLUJO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS .....	253
8.4.	UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS DE LA MICROCUENCA CCORAO-MANDORANI.....	257
8.4.1.	ACUÍFEROS.....	257
8.4.1.1.	ACUÍFEROS FISURADOS SEDIMENTARIOS.....	257
8.4.1.2.	ACUÍFEROS POROSOS NO CONSOLIDADOS .....	257
8.4.2.	ACUITARDOS .....	257
8.4.2.1.	ACUITARDOS SEDIMENTARIOS .....	258
8.4.2.2.	ACUITARDOS NO CONSOLIDADOS.....	258
8.5.	IDENTIFICACIÓN ZONAS DE RECARGA Y DESCARGA.....	262
8.5.1.	USO DE SUELOS .....	262
8.5.2.	ZONAS DE RECARGA .....	265
8.5.3.	ZONAS DE DESCARGA.....	265
8.6.	HIDROQUÍMICA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS .....	268
8.6.1.	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	268
8.6.1.1.	pH .....	268
8.6.1.2.	Conductividad Eléctrica .....	270
8.6.2.	CLASIFICACIÓN HIDROQUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA .....	274
8.6.2.1.	Clasificación por iones dominantes .....	274
a.	Diagramas de Stiff modificado .....	274
b.	Diagramas de Piper .....	276
c.	Diagramas de Scatter .....	278
d.	Diagramas de Scholler-Berkaloff .....	279
8.6.2.2.	Clasificación del agua subterránea .....	280
8.6.3.	EVOLUCIÓN HIDROQUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA .....	280
8.6.4.	ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA.....	283



8.6.4.1. Análisis de calidad de agua para consumo humano .....	283
8.6.4.2. Análisis de calidad de agua para uso agrícola .....	285
8.7. VULNERABILIDAD DE ACUÍFEROS .....	287
<b>CAPITULO IX .....</b>	<b>291</b>
<b>PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN .....</b>	<b>291</b>
9.1. PROPUESTAS DE CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS .....	291
9.2. PROPUESTAS PARA RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS .....	298
9.2.1. RECARGA ARTIFICIAL MEDIANTE ZANJAS DE INFILTRACIÓN .....	298
9.2.2. RECARGA ARTIFICIAL MEDIANTE REFORESTACIÓN .....	302
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>304</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>308</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>309</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>312</b>

## INDICE FIGURAS

<b>FIGURA N°01 .....</b>	<b>26</b>
ACCESO A LA MICROCUENCA Ccorao-MANDORANI .....	26
<b>FIGURA N°02 .....</b>	<b>37</b>
COMPONENTES EN UNA CUENCA .....	37
<b>FIGURA N°03 .....</b>	<b>40</b>
RELACIONES ENTRE LA ORIENTACIÓN DE LAS TENSIONES PRINCIPALES (REGÍMENES DE TENSIÓN) Y LOS REGÍMENES TECTÓNICOS SEGÚN ANDERSON (1951) .....	40
<b>FIGURA N°04 .....</b>	<b>41</b>
CRITERIOS CINEMÁTICOS A LO LARGO DE UNA FALLA DEXTRAL CON FRACTURAS SUBORDINADAS O IRREGULARIDADES .....	41
<b>FIGURA N°05 .....</b>	<b>45</b>
UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS REGIONALES .....	45
<b>FIGURA N°06 .....</b>	<b>46</b>
ORDEN JERÁRQUICO DE LOS GRUPOS DE LA CLASIFICACIÓN FISOGRÁFICA. ....	46
<b>FIGURA N°07 .....</b>	<b>48</b>
DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS DE UNIDADES DE SUB PAISAJE DE LA MICROCUENCA Ccorao-MANDORANI. 48	
<b>FIGURA N°08 .....</b>	<b>51</b>
DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DE PENDIENTES DE LA MICROCUENCA Ccorao-MANDORANI .....	51
<b>FIGURA N°09 .....</b>	<b>56</b>
DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DE UNIDADES FISOGRÁFICAS DE LA MICROCUENCA DE ESTUDIO .....	56



<b>FIGURA N°10</b> .....	<b>72</b>
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN QUILQUE EN LA ZONA DE ESTUDIO .....	72
<b>FIGURA N°11</b> .....	<b>74</b>
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN CHILCA EN LA ZONA DE ESTUDIO .....	74
<b>FIGURA N°12</b> .....	<b>77</b>
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN KAYRA EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	77
<b>FIGURA N°13</b> .....	<b>80</b>
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN SONCCO EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	80
<b>FIGURA N°14</b> .....	<b>89</b>
INTERPRETACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES Y FALLAS DE LA ESTACIÓN ESTRUCTURAL DE LA FM. QUILQUE .....	89
<b>FIGURA N°15</b> .....	<b>90</b>
ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE DISCONTINUIDADES FM. QUILQUE .....	90
<b>FIGURA N°16</b> .....	<b>91</b>
DIAGRAMA DE ROSETAS DE DISCONTINUIDADES FM. QUILQUE.....	91
<b>FIGURA N°17</b> .....	<b>93</b>
DIAGRAMA DE DIEDROS RECTOS DE LAS FALLAS DE LA ESTACIÓN ESTRUCTURAL EN LA FM. QUILQUE.....	93
<b>FIGURA N°18</b> .....	<b>94</b>
INTERPRETACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES Y FALLAS DE LA ESTACIÓN ESTRUCTURAL DE LA FM. CHILCA.....	94
<b>FIGURA N°19</b> .....	<b>95</b>
ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE DISCONTINUIDADES FM. CHILCA.....	95
<b>FIGURA N°20</b> .....	<b>96</b>
DIAGRAMA DE ROSETAS DE DISCONTINUIDADES FM. CHILCA .....	96
<b>FIGURA N°21</b> .....	<b>98</b>
DIAGRAMA DE DIEDROS RECTOS DE LAS FALLAS DE LA ESTACIÓN ESTRUCTURAL EN LA FM. CHILCA .....	98
<b>FIGURA N°22</b> .....	<b>99</b>
INTERPRETACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES Y FALLAS DE LA ESTACIÓN ESTRUCTURAL EN LA FORMACIÓN KAYRA	
99	
<b>FIGURA N°23</b> .....	<b>100</b>
ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE DISCONTINUIDADES FM. KAYRA.....	100
<b>FIGURA N°24</b> .....	<b>101</b>
DIAGRAMA DE ROSETAS DE DISCONTINUIDADES FM. KAYRA .....	101
<b>FIGURA N°25</b> .....	<b>103</b>
DIAGRAMA DE DIEDROS RECTOS DE LAS FALLAS DE LA ESTACIÓN ESTRUCTURAL EN LA FM. KAYRA .....	103
<b>FIGURA N°26</b> .....	<b>104</b>
INTERPRETACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES Y FALLAS DE LA ESTACIÓN ESTRUCTURAL DE LA FORMACIÓN	
SONCCO .....	104
<b>FIGURA N°27</b> .....	<b>105</b>



ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE DISCONTINUIDADES FM. SONCCO.....	105
<b>FIGURA N°28</b> .....	<b>106</b>
DIAGRAMA DE ROSETAS DE DISCONTINUIDADES FM. SONCCO .....	106
<b>FIGURA N°29</b> .....	<b>108</b>
DIAGRAMA DE DIEDROS RECTOS DE LAS FALLAS DE LA ESTACIÓN ESTRUCTURAL EN LA FM. SONCCO .....	108
<b>FIGURA N°30</b> .....	<b>109</b>
PLIEGUES DE ACUERDO AL ÁNGULO INTERLIMBO ADAPTADO AL DE FOSSEN 2010.....	109
<b>FIGURA N°31</b> .....	<b>110</b>
ANÁLISIS ESTEREOGRÁFICO ALGUNAS DE LAS ESTRATIFICACIONES DE LA MICROCUENCA Ccorao MANDORANI	110
<b>FIGURA N°32</b> .....	<b>111</b>
INTERPRETACIÓN DE FALLAS CONJUGADAS CON PREDOMINIO DE ESFUERZOS PRINCIPALES MAYORES HORIZONTALES.....	111
<b>FIGURA N°33</b> .....	<b>111</b>
INTERPRETACIÓN DE FALLAS CONJUGADAS CON PREDOMINIO DE ESFUERZOS PRINCIPALES MAYORES VERTICALES 111	
<b>FIGURA N°34</b> .....	<b>112</b>
DIEDROS RECTOS Y ROSETAS DE FALLAS ANALIZADOS POR ZONAS CORRESPONDIENTES AL MAPA N°11 .....	112
<b>FIGURA N°35</b> .....	<b>118</b>
RANGOS APROXIMADOS DEL FACTOR DE FORMA .....	118
<b>FIGURA N°36</b> .....	<b>119</b>
RANGOS APROXIMADOS DEL FACTOR DE FORMA .....	119
<b>FIGURA N°37</b> .....	<b>120</b>
CURVA HIPSOMÉTRICA .....	120
<b>FIGURA N°38</b> .....	<b>121</b>
POLÍGONO DE FRECUENCIAS .....	121
<b>FIGURA N°39</b> .....	<b>125</b>
SERIE HISTÓRICA DE PRECIPITACIÓN .....	125
<b>FIGURA N°40</b> .....	<b>126</b>
ANÁLISIS DE DOBLE MASA PARA DETERMINAR LA ESTACIÓN BASE .....	126
<b>FIGURA N°41</b> .....	<b>127</b>
ANÁLISIS DE CONSISTENCIA EN LA MEDIA DE LA ESTACIÓN KAYRA.....	127
<b>FIGURA N°42</b> .....	<b>128</b>
ANÁLISIS DE CONSISTENCIA EN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA ESTACIÓN KAYRA .....	128
<b>FIGURA N°43</b> .....	<b>129</b>
ANÁLISIS DE TENDENCIA EN LA MEDIA DE LA ESTACIÓN KAYRA.....	129
<b>FIGURA N°44</b> .....	<b>130</b>
GRÁFICO DE ANÁLISIS DE TENDENCIA EN LA MEDIA DE LA ESTACIÓN KAYRA .....	130





<b>FIGURA N°45</b> .....	<b>131</b>
ANÁLISIS DE TENDENCIA EN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA ESTACIÓN KAYRA .....	131
<b>FIGURA N°46</b> .....	<b>132</b>
GRÁFICO ANÁLISIS DE TENDENCIA EN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA ESTACIÓN KAYRA .....	132
<b>FIGURA N°47</b> .....	<b>134</b>
GRÁFICO DE CÁLCULO DE KRIGING ORDINARIO .....	134
<b>FIGURA N°48</b> .....	<b>135</b>
CÁLCULO DE PRECIPITACIÓN MEDIA MEDIANTE EL SOFTWARE HYDROACCESS DE LA MICROCUENCA DE ESTUDIO, POR EL MÉTODO DE KRIGING .....	135
<b>FIGURA N°49</b> .....	<b>137</b>
GRÁFICO DEL ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN .....	137
<b>FIGURA N°50</b> .....	<b>138</b>
GRÁFICO DE ECUACIÓN DE REGIONALIZACIÓN DE PRECIPITACIÓN .....	138
<b>FIGURA N°51</b> .....	<b>140</b>
GRÁFICO DE ECUACIÓN DE REGIONALIZACIÓN DE TEMPERATURA .....	140
<b>FIGURA N°52</b> .....	<b>142</b>
GRÁFICO DEL ANÁLISIS DE TEMPERATURA .....	142
<b>FIGURA N°53</b> .....	<b>145</b>
GRÁFICO DE ETP POR EL MÉTODO DE THORNTHWAITTE VS. PRECIPITACIÓN .....	145
<b>FIGURA N°54</b> .....	<b>149</b>
GRÁFICO DE ETR POR EL MÉTODO DE TURC VS. PRECIPITACIÓN .....	149
<b>FIGURA N°55</b> .....	<b>150</b>
DIAGRAMA BIOCLIMÁTICO PARA LA CLASIFICACIÓN DE ZONAS DE VIDA EN EL MUNDO POR HOLDRIDGE .....	150
<b>FIGURA N°56</b> .....	<b>156</b>
GRÁFICO DE MÁRGENES DE VARIACIÓN DE RESISTIVIDAD MÁS COMUNES EN ALGUNAS ROCAS Y MINERALES .....	156
<b>FIGURA N°57</b> .....	<b>159</b>
GRÁFICO DE ETAPAS SEGUIDAS EN EL PROCESO DE INVERSIÓN .....	159
<b>FIGURA N°58</b> .....	<b>161</b>
SENSIBILIDAD DE VARIOS CONJUNTOS DE ELECTRODOS, EJEMPLOS DE SENSIBILIDAD 2-D DISTRIBUCIÓN EN UN SEMIESPACIO HOMOGÉNEO. ....	161
<b>FIGURA N°59</b> .....	<b>161</b>
SENSIBILIDAD PARA EL ARREGLO WENNER-SCHLUMBERGER .....	161
<b>FIGURA N°60</b> .....	<b>162</b>
DISPOSICIÓN DE LOS ELECTRODOS MEDIANTE EL DISPOSITIVO WENNER .....	162
<b>FIGURA N°61</b> .....	<b>163</b>
CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA DE 40 ELECTRODOS DE MEDIDA POR MEDIO DEL DISPOSITIVO WENNER .....	163
<b>FIGURA N°62</b> .....	<b>164</b>



DISPOSICIÓN DE LOS ELECTRODOS MEDIANTE EL DISPOSITIVO SCHLUMBERGER .....	164
<b>FIGURA N°63</b> .....	<b>164</b>
CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA DE 40 ELECTRODOS DE MEDIDA POR MEDIO DEL DISPOSITIVO SCHLUMBERGER. 164	
<b>FIGURA N°64</b> .....	<b>165</b>
DISPOSICIÓN DE LOS ELECTRODOS MEDIANTE EL DISPOSITIVO WENNER-SCHLUMBERGER.....	165
<b>FIGURA N°65</b> .....	<b>166</b>
CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA DE 40 ELECTRODOS DE MEDIDA POR MEDIO DEL DISPOSITIVO WENNER- SCHLUMBERGER .....	166
<b>FIGURA N°66</b> .....	<b>167</b>
PRODUCCIÓN DE POTENCIALES DE ELECTRO FILTRACIÓN PER DESCENSUM.....	167
<b>FIGURA N°67</b> .....	<b>173</b>
INVERSIÓN DE DATOS PROCESADOS LÍNEA 01 .....	173
<b>FIGURA N°68</b> .....	<b>173</b>
PERFIL GEO ELÉCTRICO DE RESISTIVIDADES REALES CON TOPOGRAFÍA LÍNEA 01 .....	174
<b>FIGURA N°69</b> .....	<b>174</b>
PERFIL 2D DE POTENCIAL ESPONTANEO LÍNEA 01 .....	174
<b>FIGURA N°70</b> .....	<b>176</b>
PERFIL 2D DE RESISTIVIDADES REALES CON ARREGLO SCHLUMBERGER INTERPRETADO LÍNEA 01 .....	176
<b>FIGURA N°71</b> .....	<b>176</b>
PERFIL 2D DE RESISTIVIDADES REALES CON ARREGLO WENNER-SCHLUMBERGER INTERPRETADO LÍNEA 01 .....	176
<b>FIGURA N°72</b> .....	<b>177</b>
PERFIL 2D INTERPRETADO GEOLÓGICAMENTE CON PRESENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS LÍNEA 01 .....	177
<b>FIGURA N°73</b> .....	<b>181</b>
INVERSIÓN DE DATOS PROCESADOS LÍNEA 02 .....	181
<b>FIGURA N°74</b> .....	<b>182</b>
PERFIL GEO ELÉCTRICO DE RESISTIVIDADES REALES CON TOPOGRAFÍA LÍNEA 02 .....	182
<b>FIGURA N°75</b> .....	<b>182</b>
PERFIL 2D DE POTENCIAL ESPONTANEO LÍNEA 02 .....	182
<b>FIGURA N°76</b> .....	<b>184</b>
PERFIL 2D DE RESISTIVIDADES REALES CON ARREGLO SCHLUMBERGER INTERPRETADO LÍNEA 02 .....	184
<b>FIGURA N°77</b> .....	<b>184</b>
PERFIL 2D DE RESISTIVIDADES REALES CON ARREGLO WENNER-SCHLUMBERGER INTERPRETADO LÍNEA 02 .....	184
<b>FIGURA N°78</b> .....	<b>184</b>
PERFIL 2D INTERPRETADO GEOLÓGICAMENTE CON PRESENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS LÍNEA 02 .....	185
<b>FIGURA N°79</b> .....	<b>189</b>
INVERSIÓN DE DATOS PROCESADOS LÍNEA 03 .....	189
<b>FIGURA N°80</b> .....	<b>189</b>



PERFIL GEO ELÉCTRICO DE RESISTIVIDADES REALES CON TOPOGRAFÍA LÍNEA 03 .....	190
<b>FIGURA N°81</b> .....	<b>190</b>
PERFIL 2D DE POTENCIAL ESPONTANEO LÍNEA 03 .....	190
<b>FIGURA N°82</b> .....	<b>192</b>
PERFIL 2D DE RESISTIVIDADES REALES CON ARREGLO SCHLUMBERGER INTERPRETADO LÍNEA 03 .....	192
<b>FIGURA N°83</b> .....	<b>192</b>
PERFIL 2D DE RESISTIVIDADES REALES CON ARREGLO WENNER-SCHLUMBERGER INTERPRETADO LÍNEA 03 .....	192
<b>FIGURA N°84</b> .....	<b>192</b>
PERFIL 2D INTERPRETADO GEOLÓGICAMENTE CON POCA PRESENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS LÍNEA 03 .....	193
<b>FIGURA N°85</b> .....	<b>197</b>
INVERSIÓN DE DATOS PROCESADOS LÍNEA 04 .....	197
<b>FIGURA N°86</b> .....	<b>197</b>
PERFIL GEO ELÉCTRICO DE RESISTIVIDADES REALES CON TOPOGRAFÍA LÍNEA 04 .....	198
<b>FIGURA N°87</b> .....	<b>198</b>
PERFIL 2D DE POTENCIAL ESPONTANEO LÍNEA 04 .....	198
<b>FIGURA N°88</b> .....	<b>200</b>
PERFIL 2D DE RESISTIVIDADES REALES CON ARREGLO SCHLUMBERGER INTERPRETADO LÍNEA 04 .....	200
<b>FIGURA N°89</b> .....	<b>200</b>
PERFIL 2D DE RESISTIVIDADES REALES CON ARREGLO WENNER-SCHLUMBERGER INTERPRETADO LÍNEA 04 .....	200
<b>FIGURA N°90</b> .....	<b>201</b>
PERFIL 2D INTERPRETADO GEOLÓGICAMENTE CON PRESENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS LÍNEA 04 .....	201
<b>FIGURA N°91</b> .....	<b>205</b>
INVERSIÓN DE DATOS PROCESADOS LÍNEA 05 .....	205
<b>FIGURA N°92</b> .....	<b>206</b>
PERFIL GEO ELÉCTRICO DE RESISTIVIDADES REALES CON TOPOGRAFÍA LÍNEA 05 .....	206
<b>FIGURA N°93</b> .....	<b>208</b>
PERFIL 2D DE RESISTIVIDADES REALES CON ARREGLO SCHLUMBERGER INTERPRETADO LÍNEA 05 .....	208
<b>FIGURA N°94</b> .....	<b>208</b>
PERFIL 2D DE RESISTIVIDADES REALES CON ARREGLO WENNER-SCHLUMBERGER INTERPRETADO LÍNEA 05 .....	208
<b>FIGURA N°95</b> .....	<b>209</b>
PERFIL 2D INTERPRETADO GEOLÓGICAMENTE CON PRESENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS LÍNEA 05 .....	209
<b>FIGURA N°96</b> .....	<b>213</b>
INVERSIÓN DE DATOS PROCESADOS LÍNEA 06 .....	213
<b>FIGURA N°97</b> .....	<b>214</b>
PERFIL GEO ELÉCTRICO DE RESISTIVIDADES REALES CON TOPOGRAFÍA LÍNEA 06 .....	214
<b>FIGURA N°98</b> .....	<b>214</b>
PERFIL 2D DE POTENCIAL ESPONTANEO LÍNEA 06 .....	214



<b>FIGURA N°99</b> .....	<b>216</b>
PERFIL 2D DE RESISTIVIDADES REALES CON ARREGLO SCHLUMBERGER INTERPRETADO LÍNEA 06 .....	216
<b>FIGURA N°100</b> .....	<b>216</b>
PERFIL 2D DE RESISTIVIDADES REALES CON ARREGLO WENNER-SCHLUMBERGER INTERPRETADO LÍNEA 06 .....	216
<b>FIGURA N°101</b> .....	<b>216</b>
PERFIL 2D INTERPRETADO GEOLÓGICAMENTE CON PRESENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS LÍNEA 06 .....	217
<b>FIGURA N°102</b> .....	<b>221</b>
INVERSIÓN DE DATOS PROCESADOS LÍNEA 07 .....	221
<b>FIGURA N°103</b> .....	<b>222</b>
PERFIL GEO ELÉCTRICO DE RESISTIVIDADES REALES CON TOPOGRAFÍA LÍNEA 07 .....	222
<b>FIGURA N°104</b> .....	<b>222</b>
PERFIL 2D DE POTENCIAL ESPONTANEO LÍNEA 07 .....	222
<b>FIGURA N°105</b> .....	<b>224</b>
PERFIL 2D DE RESISTIVIDADES REALES CON ARREGLO SCHLUMBERGER INTERPRETADO LÍNEA 07 .....	224
<b>FIGURA N°106</b> .....	<b>224</b>
PERFIL 2D DE RESISTIVIDADES REALES CON ARREGLO WENNER-SCHLUMBERGER INTERPRETADO LÍNEA 07 .....	224
<b>FIGURA N°107</b> .....	<b>224</b>
PERFIL 2D INTERPRETADO GEOLÓGICAMENTE CON PRESENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS LÍNEA 07 .....	225
<b>FIGURA N°108</b> .....	<b>229</b>
INVERSIÓN DE DATOS PROCESADOS LÍNEA 08 .....	229
<b>FIGURA N°109</b> .....	<b>229</b>
PERFIL GEO ELÉCTRICO DE RESISTIVIDADES REALES CON TOPOGRAFÍA LÍNEA 08 .....	230
<b>FIGURA N°110</b> .....	<b>230</b>
PERFIL 2D DE POTENCIAL ESPONTANEO LÍNEA 08 .....	230
<b>FIGURA N°111</b> .....	<b>232</b>
PERFIL 2D DE RESISTIVIDADES REALES CON ARREGLO SCHLUMBERGER INTERPRETADO LÍNEA 08 .....	232
<b>FIGURA N°112</b> .....	<b>232</b>
PERFIL 2D DE RESISTIVIDADES REALES CON ARREGLO WENNER-SCHLUMBERGER INTERPRETADO LÍNEA 08 .....	232
<b>FIGURA N°113</b> .....	<b>233</b>
PERFIL 2D INTERPRETADO GEOLÓGICAMENTE CON PRESENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS LÍNEA 08 .....	233
<b>FIGURA N°114</b> .....	<b>248</b>
ENSAYO LEFRANC CON NIVEL VARIABLE.....	248
<b>FIGURA N°115</b> .....	<b>253</b>
SUPERFICIES EQUIPOTENCIALES BAJO UNA LADERA.....	253
<b>FIGURA N°116</b> .....	<b>254</b>
INTERPRETACIÓN 2D DE LAS ISOHIPSAS FREÁTICAS Y LAS DIRECCIONES DE FLUJO DE LA MICROCUENCA DE ESTUDIO.....	254



<b>FIGURA N°117</b> .....	<b>255</b>
INTERPRETACIÓN 3D DE LAS ISOHIPSAS FREÁTICAS Y LAS DIRECCIONES DE FLUJO DE LA MICROCUENCA DE ESTUDIO.....	255
<b>FIGURA N°118</b> .....	<b>259</b>
ESQUEMA DE ÁREAS DE COLORES PARA REPRESENTAR CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLOGICAS Y APARICIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS .....	259
<b>FIGURA N°119</b> .....	<b>266</b>
ESQUEMA DE COLORES DE ÁREA PARA MAPAS DE ACUÍFEROS Y SISTEMAS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS .....	266
<b>FIGURA N°120</b> .....	<b>269</b>
VALORES DE PH EN LA MICROCUENCA Ccorao MANDORANI .....	269
<b>FIGURA N°121</b> .....	<b>271</b>
VALORES DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN LA MICROCUENCA Ccorao MANDORANI .....	271
<b>FIGURA N°122</b> .....	<b>274</b>
DIAGRAMAS DE STIFF DE LAS FUENTES HÍDRICAS SUBTERRÁNEAS .....	274
<b>FIGURA N°123</b> .....	<b>276</b>
DIAGRAMA DE PIPER PARA CLASIFICACIÓN QUÍMICA DE LAS AGUAS.....	276
<b>FIGURA N°124</b> .....	<b>277</b>
DIAGRAMA DE PIPER DE LAS FUENTES HÍDRICAS DE LA MICROCUENCA DE ESTUDIO.....	277
<b>FIGURA N°125</b> .....	<b>278</b>
DIAGRAMA DE MIFFLIN PARA LA EVOLUCIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA MICROCUENCA DE ESTUDIO.....	278
<b>FIGURA N°126</b> .....	<b>279</b>
DIAGRAMA DE SCHOLLER-BERKALOFF DE LA MICROCUENCA DE ESTUDIO .....	279
<b>FIGURA N°127</b> .....	<b>281</b>
SECUENCIA DE CHEVOTAREB .....	281
<b>FIGURA N°128</b> .....	<b>281</b>
SISTEMAS DE FLUJOS Y EVOLUCIÓN HIDROQUÍMICA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS (MODIFICADO DE TOTH, 2000) .	281
<b>FIGURA N°129</b> .....	<b>284</b>
DIAGRAMA LOGARÍTMICO DE POTABILIDAD SCHOLLER PARA LA MICROCUENCA Ccorao MANDORANI.....	284
<b>FIGURA N°130</b> .....	<b>286</b>
NORMAS DE RIVERSIDE PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LAS AGUAS DE RIEGO.....	286
<b>FIGURA N°131</b> .....	<b>286</b>
CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS PARA RIEGO SEGÚN LA NORMA DE RIVERSIDE CON QUALIGRAF .....	286
<b>FIGURA N°132</b> .....	<b>288</b>
PATRÓN DE PARÁMETROS Y VALORES DE PONDERACIÓN SEGÚN ÍNDICE GOD (MODIFICADO DE FOSTER, 1988)	288
<b>FIGURA N°133</b> .....	<b>291</b>
EQUIPOS DE PERFORACIÓN DE DISTINTAS CARACTERÍSTICAS Y MÉTODOS.....	291



<b>FIGURA N°134</b> .....	<b>293</b>
PROPUESTA DE POZOS TUBULARES PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA LÍNEA 01 .....	293
<b>FIGURA N°135</b> .....	<b>294</b>
PROPUESTA DE POZOS TUBULARES PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA LÍNEA 02 .....	294
<b>FIGURA N°136</b> .....	<b>295</b>
PROPUESTA DE POZOS TUBULARES PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA LÍNEA 04 .....	295
<b>FIGURA N°137</b> .....	<b>296</b>
PROPUESTA DE POZOS TUBULARES PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA LÍNEA 06 .....	296
<b>FIGURA N°138</b> .....	<b>297</b>
PROPUESTA DE POZOS TUBULARES PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA LÍNEA 07 .....	297
<b>FIGURA N°139</b> .....	<b>298</b>
DISEÑOS DE POZOS EN FUNCIÓN DEL TERRENO .....	298
<b>FIGURA N°140</b> .....	<b>300</b>
PROPIEDADES HIDRÁULICAS PROMEDIO DE UNA ZANJA DE INFILTRACIÓN CONSTRUIDA MANUALMENTE .....	300
<b>FIGURA N°141</b> .....	<b>300</b>
VISTA EN PLANTA DE UNA PARTE DE LADERA CON ACEQUIAS DE INFILTRACIÓN .....	300
<b>FIGURA N°142</b> .....	<b>301</b>
PERFIL DE UNA LADERA CON ACEQUIAS DE INFILTRACIÓN Y PLANTACIÓN FORESTAL .....	301
<b>FIGURA N°143</b> .....	<b>301</b>
CORTE DE UNA LADERA CON PLANTACIÓN FORESTAL Y CON ACEQUIAS O ZANJAS DE INFILTRACIÓN .....	301

## INDICE FOTOGRAFIAS

<b>FOTOGRAFÍA N°01</b> .....	<b>58</b>
FOTO DE LA UNIDAD FISIAGRÁFICA CAUCE DE DRENAJE AL NORESTE DE LA MICROCUENCA .....	58
<b>FOTOGRAFÍA N°02</b> .....	<b>59</b>
FOTO DE LAS UNIDADES FISIAGRÁFICAS AL NORTE DE LA MICROCUENCA .....	59
<b>FOTOGRAFÍA N°03</b> .....	<b>60</b>
FOTO DE LAS UNIDADES FISIAGRÁFICAS AL NORESTE DE LA MICROCUENCA .....	60
<b>FOTOGRAFÍA N°04</b> .....	<b>60</b>
FOTO DE LA UNIDAD FISIAGRÁFICA DE TERRAZA AL NORESTE DE LA MICROCUENCA .....	60
<b>FOTOGRAFÍA N°05</b> .....	<b>61</b>
FOTO DE LA UNIDAD FISIAGRÁFICA DE VERTIENTE DE LADERA AL NORESTE DE LA MICROCUENCA .....	61
<b>FOTOGRAFÍA N°06</b> .....	<b>67</b>
VISTA SW-NE ZONA DE ESTUDIO DELIMITANDO LAS FORMACIONES GEOLÓGICAS REGIONALES .....	67
<b>FOTOGRAFÍA N°07</b> .....	<b>71</b>
AFLORAMIENTOS DE ARENISCAS Y LUTITAS DE LA FORMACIÓN QUILQUE .....	71



<b>FOTOGRAFÍA N°08 Y 09</b> .....	<b>71</b>
LUTITAS PLEGADAS.....	71
<b>FOTOGRAFÍA N°10</b> .....	<b>73</b>
AFLORAMIENTOS DE ARENISCAS Y LUTITAS DE LA FORMACIÓN CHILCA .....	73
<b>FOTOGRAFÍA N°11</b> .....	<b>75</b>
AFLORAMIENTOS DE INTERCALACIONES DE ARENISCAS Y LUTITAS DE LA FORMACIÓN KAYRA .....	75
<b>FOTOGRAFÍAS N°12 Y 13</b> .....	<b>76</b>
ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS EN LA FORMACIÓN KAYRA .....	76
<b>FOTOGRAFÍA N°14</b> .....	<b>78</b>
INTERCALACIONES DE ROCAS SEDIMENTARIAS CORRESPONDIENTES A LA FORMACIÓN SONCCO.....	78
<b>FOTOGRAFÍAS N°15 Y 16</b> .....	<b>79</b>
ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS EN LA FORMACIÓN SONCCO .....	79
<b>FOTOGRAFÍAS N°17 Y 18</b> .....	<b>81</b>
FOTOS DE DEPÓSITOS FLUVIALES .....	81
<b>FOTOGRAFÍA N°19</b> .....	<b>82</b>
FOTOS DE DEPÓSITOS ALUVIALES .....	82
<b>FOTOGRAFÍA N°20 Y 21</b> .....	<b>83</b>
FOTOS DE DEPÓSITOS COLUVIALES .....	83
<b>FOTOGRAFÍA N°22 Y 23</b> .....	<b>88</b>
INDICADORES CINEMÁTICOS.....	88
<b>FOTOGRAFÍA N°24</b> .....	<b>92</b>
FIBRAS DE RECRISTALIZACIÓN DE CALCITA CON CINEMÁTICA INVERSA SINEXTRAL EN LA FORMACIÓN QUILQUE ...	92
<b>FOTOGRAFÍA N°25</b> .....	<b>97</b>
FIBRAS DE RECRISTALIZACIÓN DE CALCITA CON CINEMÁTICA INVERSA SINEXTRAL EN LA FORMACIÓN CHILCA .....	97
<b>FOTOGRAFÍA N°26</b> .....	<b>102</b>
ESTRÍAS DE FALLA CON CINEMÁTICA INVERSA SINEXTRAL EN LA FORMACIÓN KAYRA .....	102
<b>FOTOGRAFÍA N°27</b> .....	<b>107</b>
ESTRÍAS DE FALLA CON CINEMÁTICA NORMAL SINEXTRAL EN LA FORMACIÓN KAYRA .....	107
<b>FOTOGRAFÍA N°28</b> .....	<b>113</b>
MINERALIZACIÓN DE CU (MALAQUITA Y AZURITA).....	113
<b>FOTOGRAFÍA N°29</b> .....	<b>168</b>
TOMÓGRAFO ELÉCTRICO GEOMATIVE GD-10 SUPREME .....	168
<b>FOTOGRAFÍA N°30</b> .....	<b>172</b>
INSTALACIÓN DEL EQUIPO DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA A LO LARGO DE LA LÍNEA 01.....	172
<b>FOTOGRAFÍA N°31</b> .....	<b>180</b>
TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA DE LA LÍNEA 02 .....	180
<b>FOTOGRAFÍA N°32</b> .....	<b>188</b>



TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA DE LA LÍNEA 03 .....	188
<b>FOTOGRAFÍA N°33 .....</b>	<b>196</b>
TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA DE LA LÍNEA 04 .....	196
<b>FOTOGRAFÍA N°34 .....</b>	<b>204</b>
TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA DE LA LÍNEA 05 .....	204
<b>FOTOGRAFÍA N°35 .....</b>	<b>212</b>
TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA DE LA LÍNEA 06 .....	212
<b>FOTOGRAFÍA N°36 .....</b>	<b>220</b>
TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA DE LA LÍNEA 07 .....	220
<b>FOTOGRAFÍA N°37 .....</b>	<b>228</b>
TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA DE LA LÍNEA 08 .....	228
<b>FOTOGRAFÍA N°38 .....</b>	<b>240</b>
MANANTIAL DE SEXTA CATEGORÍA IRHS 08.01.05-MA-01 (499497166-001) EN EL SECTOR YANAMAYO CON 1.441 LITROS/SEGUNDO QUE PROVIENE DE DEPÓSITOS ALUVIALES DEPOSITADOS EN AL PIE DE UN CERRO FORMADOS POR INTERCALACIONES DE ARENISCAS Y LUTITAS DE LA FORMACIÓN KAYRA.....	240
<b>FOTOGRAFÍA N°39 .....</b>	<b>241</b>
MANANTIAL DE SEXTA CATEGORÍA IRHS 08.01.05-MA-05 (499497166-005) EN EL SECTOR JATUNPUQUIO CON 1.002 LITROS/SEGUNDO QUE PROVIENE DE LA FORMACIÓN SONCCO AL PIE DE UN CERRO FORMADO POR INTERCALACIONES DE ARENISCAS Y LUTITAS, EN ESTE MANANTE SE OBSERVA UNA INFRAESTRUCTURA DE CONCRETO SIN EMBARGO NO ES UTILIZADA EN NINGÚN RUBRO SUMANDO SUS AGUAS AL RIACHUELO QUE BAJA DE LA QUEBRADA JATUNPUQUIO. ....	241
<b>FOTOGRAFÍA N°40 .....</b>	<b>241</b>
MANANTIAL DE QUINTA CATEGORÍA IRHS 08.01.05-MA-06 (499497166-006) EN EL SECTOR JATUNPUQUIO CON 3.113 LITROS/SEGUNDO QUE PROVIENE DE DEPÓSITOS ALUVIALES .....	241
<b>FOTOGRAFÍA N°41 .....</b>	<b>250</b>
ENSAYO DE INFILTRACIÓN REALIZADO EN DEPÓSITOS ALUVIALES.....	250

## INDICE TABLAS

<b>TABLA 1 .....</b>	<b>24</b>
COORDENADAS GEOGRÁFICAS.....	24
<b>TABLA 2 .....</b>	<b>24</b>
ACCESIBILIDAD.....	24
<b>TABLA 3 .....</b>	<b>44</b>
UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS REGIÓN CUSCO .....	44
<b>TABLA 4 .....</b>	<b>48</b>
UNIDADES DE SUB PAISAJE DE LA MICROCUENCA Ccorao-MANDORANI .....	48
<b>TABLA 5 .....</b>	<b>50</b>





CLASIFICACIÓN DE PENDIENTES.....	50
<b>TABLA 6</b> .....	<b>50</b>
TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE PENDIENTES EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI .....	50
<b>TABLA 7</b> .....	<b>55</b>
TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE UNIDADES FISIOGRAFICAS EN LA MICROCUENCA DE ESTUDIO.....	55
<b>TABLA 8</b> .....	<b>63</b>
TABLA DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS.....	63
<b>TABLA 9</b> .....	<b>69</b>
TABLA DE ORDEN CRONOLÓGICO DE LA GEOLOGÍA LOCAL .....	69
<b>TABLA 10</b> .....	<b>116</b>
CLASIFICACIÓN PFAFSTETTER PARA LA MICROCUENCA CCORAO-MANDORANI.....	116
<b>TABLA 11</b> .....	<b>117</b>
ÁREA TOTAL DE LA MICROCUENCA DE ESTUDIO .....	117
<b>TABLA 12</b> .....	<b>117</b>
ELEMENTOS DE DISTANCIA DE LA MICROCUENCA DE ESTUDIO.....	117
<b>TABLA 13</b> .....	<b>118</b>
ELEMENTOS DE FORMA DE LA MICROCUENCA DE ESTUDIO.....	118
<b>TABLA 14</b> .....	<b>119</b>
ELEMENTOS DE RELIEVE DE LA MICROCUENCA DE ESTUDIO .....	119
<b>TABLA 15</b> .....	<b>119</b>
DECLIVIDAD DE LOS TERRENOS DE LA MICROCUENCA DE ESTUDIO.....	119
<b>TABLA 16</b> .....	<b>121</b>
TIEMPO DE CONCENTRACIÓN DE LA MICROCUENCA DE ESTUDIO .....	121
<b>TABLA 17</b> .....	<b>123</b>
ESTACIONES METEOROLÓGICAS .....	123
<b>TABLA 18</b> .....	<b>125</b>
CONJUNTO DE PERIODOS A COMPARAR EN LA ESTACIÓN KAYRA.....	125
<b>TABLA 19</b> .....	<b>136</b>
PRECIPITACIÓN MEDIA CALCULADA POR EL MÉTODO KRIGING EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	136
<b>TABLA 20</b> .....	<b>138</b>
DESCRIPCIÓN DE PUNTOS METEOROLÓGICOS CON DATOS DE PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL.....	138
<b>TABLA 21</b> .....	<b>140</b>
DESCRIPCIÓN DE PUNTOS METEOROLÓGICOS CON DATOS DE TEMPERATURA MEDIA ANUAL .....	140
<b>TABLA 22</b> .....	<b>141</b>
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL VS ELEVACIÓN .....	141
<b>TABLA 23</b> .....	<b>141</b>
TEMPERATURA MÁXIMA MENSUAL VS ELEVACIÓN .....	141



<b>TABLA 24</b> .....	<b>141</b>
TEMPERATURA MÍNIMA MENSUAL Vs ELEVACIÓN .....	141
<b>TABLA 25</b> .....	<b>145</b>
EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL POR EL MÉTODO DE THORNTHWAITE.....	145
<b>TABLA 26</b> .....	<b>147</b>
EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL POR EL MÉTODO DE TURC .....	147
<b>TABLA 27</b> .....	<b>150</b>
EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL POR EL MÉTODO DE HOLDRIDGE.....	150
<b>TABLA 28</b> .....	<b>152</b>
VARIABLES EN LA DETERMINACIÓN DE LA ZONA DE VIDA DE HOLDRIDGE .....	152
<b>TABLA 29</b> .....	<b>156</b>
RESISTIVIDADES DE LOS MATERIALES GEOLÓGICOS MÁS COMUNES .....	156
<b>TABLA 30</b> .....	<b>158</b>
VARIACIÓN DE LA RESISTIVIDAD DE AGUAS NATURALES .....	158
<b>TABLA 31</b> .....	<b>171</b>
UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA .....	171
<b>TABLA 32</b> .....	<b>236</b>
INVENTARIO DE FUENTES HÍDRICAS EN LA MICROCUENCA CCORAO-MANDORANI .....	236
<b>TABLA 33</b> .....	<b>237</b>
INVENTARIO DE FUENTES HÍDRICAS DE ACUERDO AL CAUDAL EN LA MICROCUENCA CCORAO-MANDORANI .....	237
<b>TABLA 34</b> .....	<b>239</b>
CLASIFICACIÓN DE LA DESCARGA DE MANANTIALES EN LA MICROCUENCA CCORAO-MANDORANI .....	239
<b>TABLA 35</b> .....	<b>243</b>
TABLA DE POROSIDADES TOTALES Y EFICACES DE DIVERSOS MATERIALES. DATOS TOMADOS DE JOHNSON (1967), DAVIS (1969), SCHOELLER (1962), MUSKAT (1937), MEINZER (1923), WARD (1967), ETC., Y DEL PROPIO AUTOR. ALGUNOS DATOS, EN ESPECIAL LOS REFERENTES A M., DEBEN TOMARSE CON PRECAUCIONES Y SEGÚN LAS CIRCUNSTANCIAS LOCALES. ....	243
<b>TABLA 36</b> .....	<b>245</b>
CLASIFICACIÓN DE TERRENOS POR PERMEABILIDAD SEGÚN BENÍTEZ (1963).....	245
<b>TABLA 37</b> .....	<b>246</b>
CLASIFICACIÓN DE PERMEABILIDAD SEGÚN SILIN-BEKCHURIN PARA TERRENOS NO CONSOLIDADOS .....	246
<b>TABLA 38</b> .....	<b>246</b>
PERMEABILIDAD Y POROSIDAD PARA CLASIFICACIONES HIDROGEOLÓGICAS SEGÚN PEÑA .....	246
<b>TABLA 39</b> .....	<b>248</b>
VALORES ESTIMADOS DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (METROS/DÍA), SEGÚN VARIOS AUTORES.....	248
<b>TABLA 40</b> .....	<b>251</b>



CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LAS FORMACIONES GEOLÓGICAS EN LA MICROCUENCA Ccorao MANDORANI .....	251
<b>TABLA 41</b> .....	<b>258</b>
CLASIFICACIÓN DE LAS UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS DE LA MICROCUENCA Ccorao-MANDORANI .....	258
<b>TABLA 42</b> .....	<b>262</b>
GRUPOS DE USO ACTUAL DE LA TIERRA SEGÚN LA UGI .....	262
<b>TABLA 43</b> .....	<b>263</b>
UNIDADES DE USO ACTUAL DE SUELOS EN LA MICROCUENCA Ccorao MANDORANI .....	263
<b>TABLA 44</b> .....	<b>268</b>
PH DE FUENTES HÍDRICAS EN LA MICROCUENCA Ccorao-MANDORANI .....	268
<b>TABLA 45</b> .....	<b>270</b>
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE FUENTES HÍDRICAS EN LA MICROCUENCA Ccorao-MANDORANI .....	270
<b>TABLA 46</b> .....	<b>280</b>
CLASIFICACIÓN DE LAS FACIES HIDROQUÍMICAS DE LAS FUENTES HÍDRICAS .....	280
<b>TABLA 47</b> .....	<b>285</b>
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA EN LA MICROCUENCA DE ESTUDIO 285	
<b>TABLA 48</b> .....	<b>287</b>
LEYENDA HIDROGEOLÓGICA ESTABLECIDA PARA ELABORAR EL MAPA DE VULNERABILIDAD DE ACUÍFEROS SEGÚN EL MÉTODO GOD .....	287
<b>TABLA 49</b> .....	<b>289</b>
VALORES Y CATEGORÍAS DE VULNERABILIDAD DE LA MICROCUENCA DE ESTUDIO .....	289
<b>TABLA 50</b> .....	<b>299</b>
VALORES Y CATEGORÍAS DE CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE ZANJAS 1 .....	299
<b>TABLA 51</b> .....	<b>299</b>
VALORES Y CATEGORÍAS DE CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE ZANJAS 2 .....	299
<b>TABLA 52</b> .....	<b>302</b>
ESPECIES FORESTALES NATIVAS .....	302



## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto de investigación a:

Primeramente, a mi madre María Antonieta De La Torre Baca y a mi padre Carlos Armando Lopez Pillco por brindarme y mostrarme el camino hacia la superación.

A mi hermano menor, Andy Lopez De la Torre quien fue parte fundamental en el apoyo de las diferentes etapas del presente estudio de investigación.

A mi primo, Ing. Holguer Escobar Lopez por toda la guía y consejo profesional a lo largo de mis años en la universidad.

A mi familia por el apoyo incondicional y participación.

## **AGRADECIMIENTO**

Mi más grande agradecimiento a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, a toda la escuela profesional de ingeniería geológica, a mis docentes, quienes con su enseñanza me han permitido crecer cada día como un gran profesional. Al Ing. Fredy Victor Bustamante Prado, asesor de tesis, por su apreciada guía y asesoramiento en la realización del presente trabajo de investigación.

A la Ing. Indhira Medina Hoyos y Jose Esteban Soto Tinco, por el constante asesoramiento y enseñanza en estos años de investigación, a mis compañeros Ronald Ortega Sánchez y Justino Huaman Quispe por su apoyo en los trabajos de campo.

A mi amigo Carlos Huaman Puma por su apoyo en el mapeo de campo.

Gracias por todo el apoyo.



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación “ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO MANDORANI, DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA DE CUSCO, REGIÓN CUSCO-2022” que se desarrolló en las comunidades de Ccorao y Mandorani ubicadas en el distrito de San Sebastián, provincia de Cusco y región de Cusco, con el propósito de determinar el potencial hídrico, con el fin de recomendar propuestas de intervención hacia el aprovechamiento del recurso hídrico subterráneo a fin de consumo humano y agricultura del sector de estudio.

En la microcuenca Ccorao-Mandorani hidrogeológicamente se ha identificado acuíferos fisurados sedimentarios (formaciones Kayra y Soncco), acuíferos sedimentarios no consolidados (depósitos aluviales sectorizados en algunas profundidades y depósitos fluviales), y acuitardos sedimentarios a no consolidados (formación Quilque y Chilca, así como depósitos coluviales, así como depósitos aluviales en general), por medio del análisis hidroquímico se identificó facies hidroquímicas de Sulfatadas-Cálcicas y Bicarbonatadas-Cálcicas, la calidad de agua para consumo humano varia de mediocre a buena, por otro lado, para su uso en riego se puede utilizar, pero con precauciones.

Cuyo balance hídrico entre los aportes y pérdidas de agua, en toda la cuenca es de 2598.18 mm por año, que es el valor del agua almacenada en los acuíferos.

Finalmente, la prospección eléctrica por el método de tomografía eléctrica y potencial espontaneo ha determinado e identificado los tipos de acuíferos que varían de fisurados sedimentarios a depósitos sedimentarios no consolidados, y su profundidad de volúmenes importantes de aguas varia a partir de 20 metros en los acuíferos detríticos no consolidados mientras que en los acuíferos fisurados sedimentarios se han identificado a profundidades mayores a 40 metros.



## CAPITULO I GENERALIDADES

### 1.1. UBICACIÓN

#### 1.1.1. UBICACIÓN POLÍTICA

La zona de estudio se ubica en la zona sur del territorio peruano y se encuentra al nor-este de la ciudad del Cusco, situado en la comunidad campesina de Ccorao perteneciente al distrito de San Sebastián, provincia del Cusco, región del Cusco.

#### 1.1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La microcuenca de ccorao está ubicada geográficamente en la zona 19L, con datum WGS 1984, con las coordenadas geográficas y UTM siguientes:

**Tabla 1**

*Coordenadas Geográficas*

Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM	
Latitud Sur	Longitud Oeste	Este	Norte
13°28'25.0968"	71°55'23.3703"	183497.37	8508006.35

*Fuente: Elaboración propia.*

### 1.2. ACCESIBILIDAD

La zona de estudio es accesible desde la ciudad del Cusco, a través de la vía asfaltada Cusco-Pisac, con una distancia aproximada de 18.5 km y un tiempo de 28 minutos. En el siguiente cuadro se detalla la información para acceder a la microcuenca de Ccorao.

**Tabla 2**

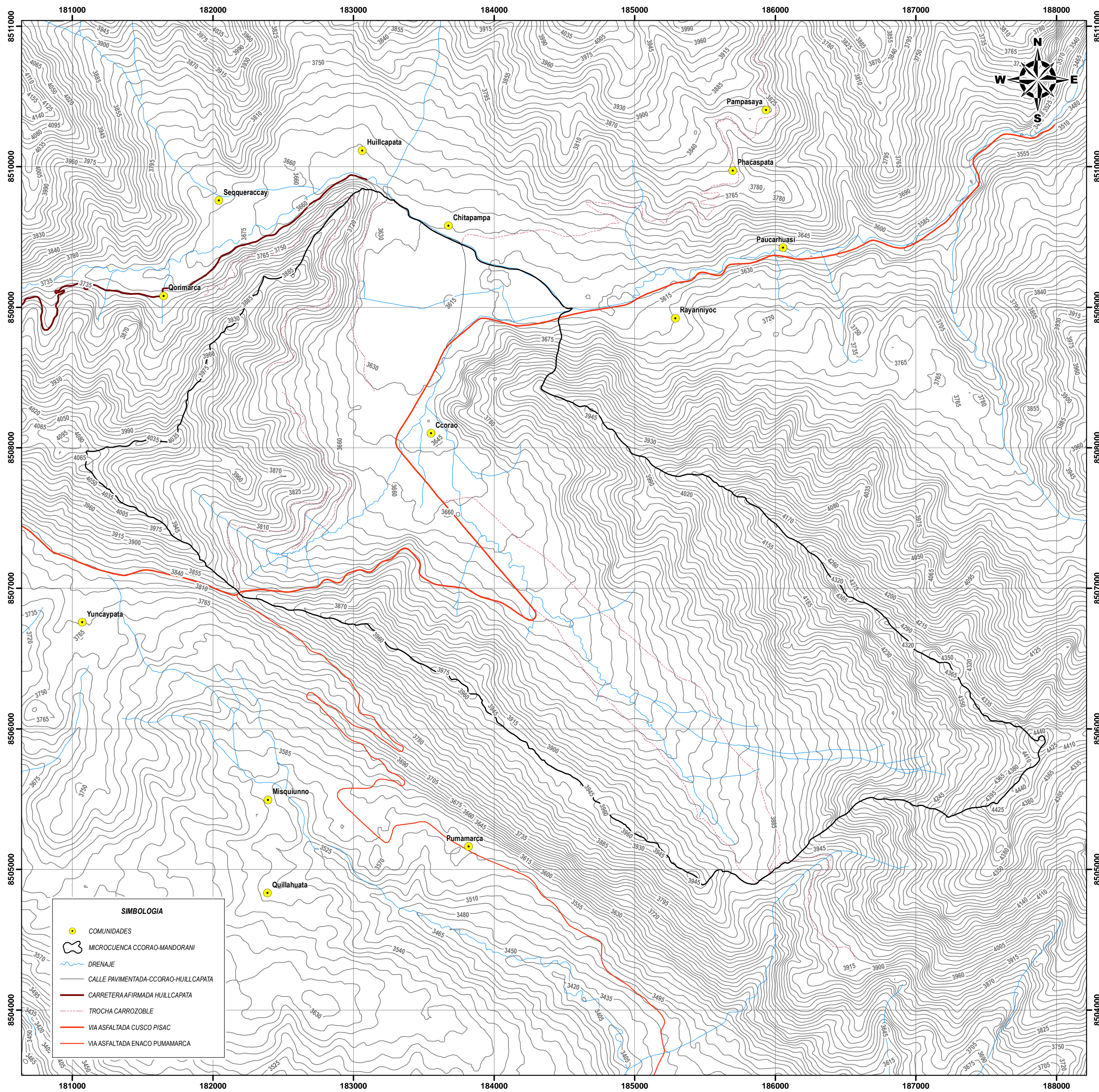
*Accesibilidad*

INICIO	DISTANCIA	TIEMPO	TIPO DE VIA
Cusco (Ovalo Pachacútec)	18.5 Km	33 min.	Asfaltada de 2do Orden

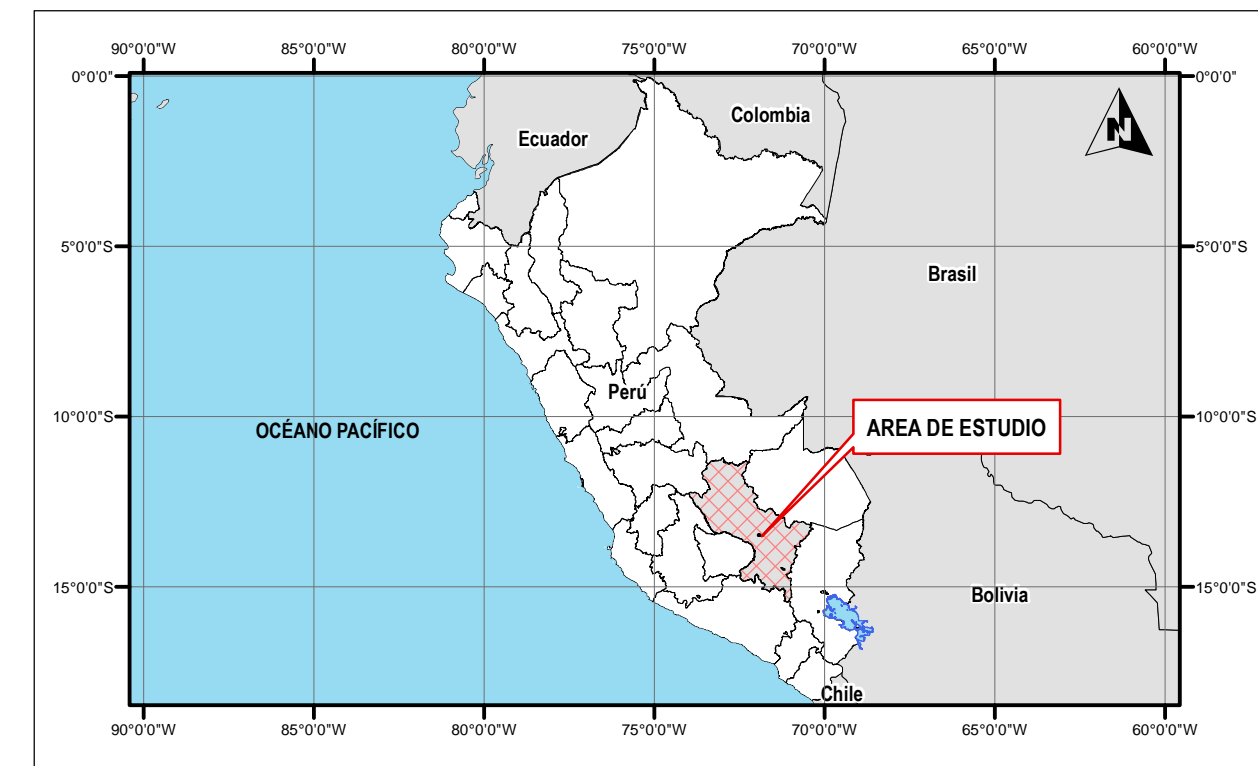
*Fuente: Elaboración propia.*



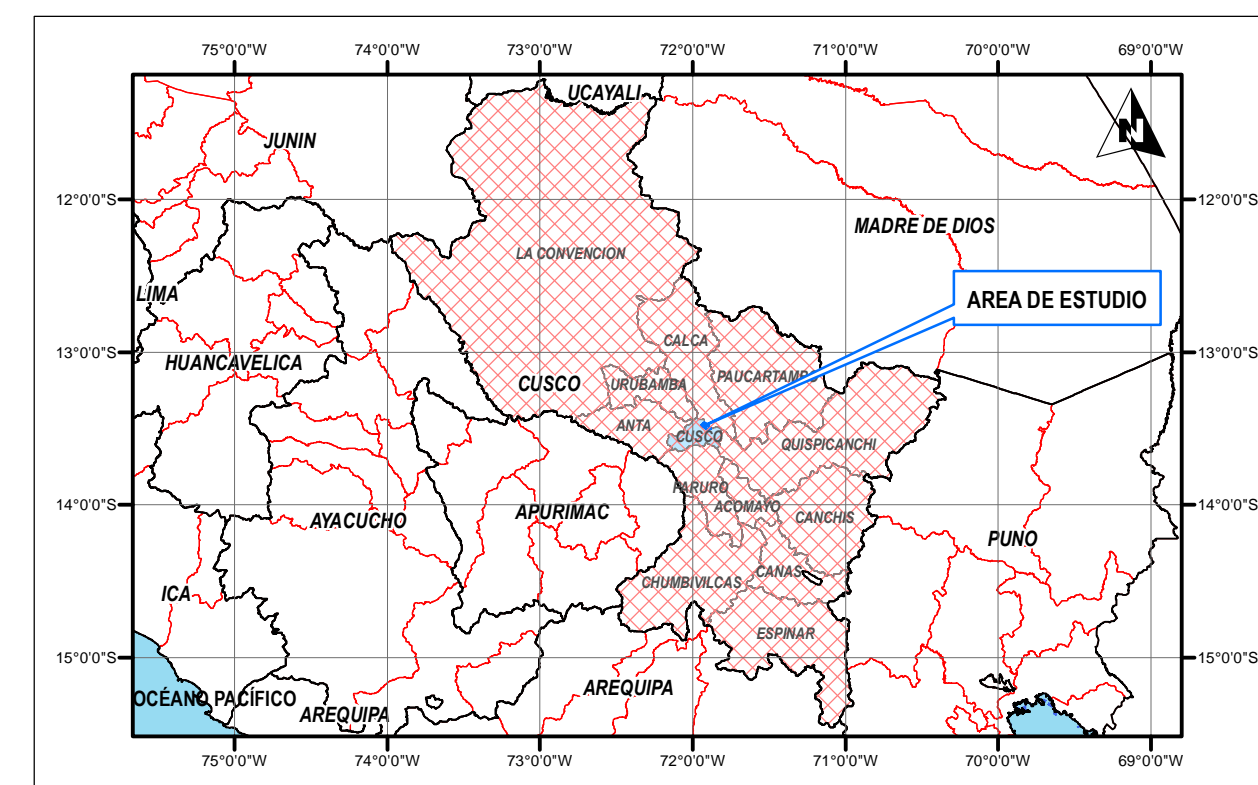
# MAPA DE UBICACION DE LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI



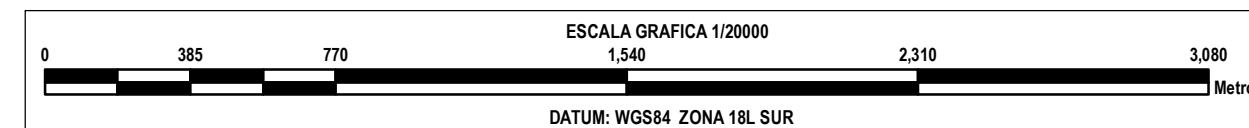
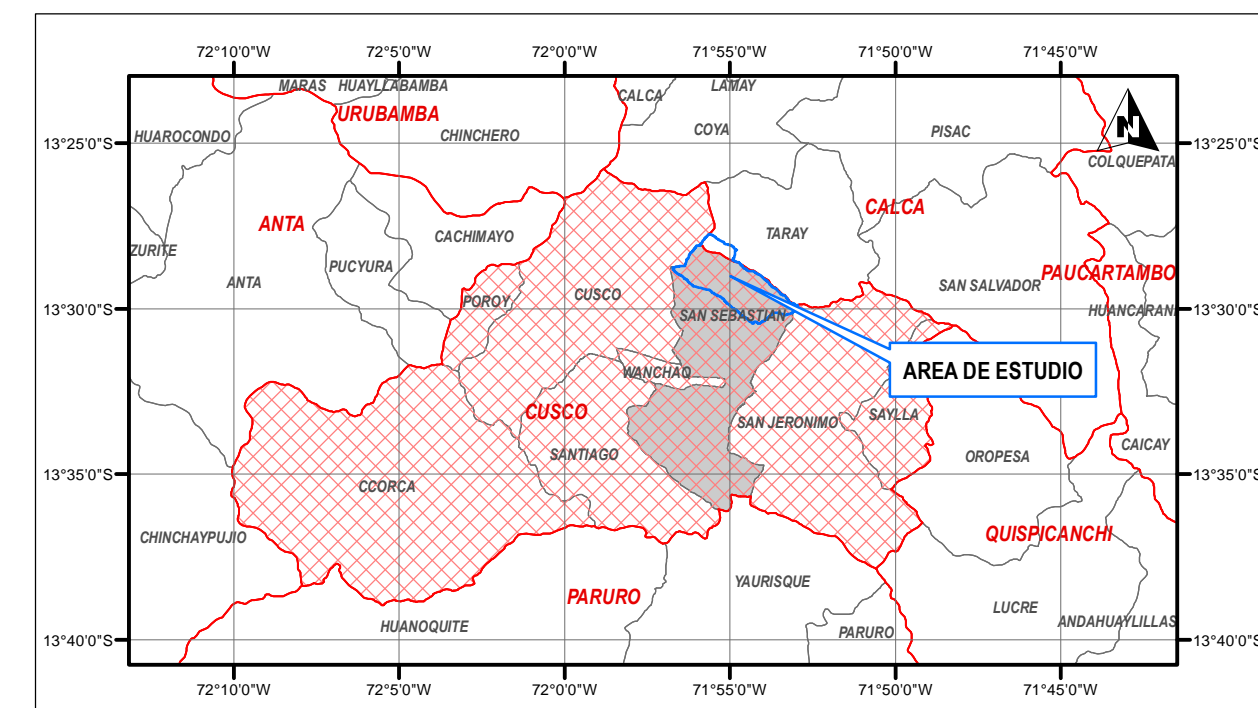
## MAPA POLÍTICO DEL PERÚ



## MAPA REGIONAL



## MAPA PROVINCIAL



	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
	TESIS: ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022		
<b>MAPA DE UBICACION</b>			
ASesor: MGT.ING.FREDDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO ELABORADO POR: BACH.CARLOS LOPEZ DE LA TORRE	UBICACION SECTOR: CCORAO-MANDORANI DISTRITO: SAN SEBASTIAN PROVINCIA: CUSCO REGION: CUSCO		MAPA: <b>MP-01</b>
PROYECCION: DATUM HORIZONTAL: HUSO Y ZONA:	SISTEMA DE COORDENADAS UTM WGS84 19L Sur	ESCALA: 1:20000	LAMINA: <b>1/28</b>
ESCALA DE IMPRESION:	A-2	FECHA: AGOSTO 2022	





## Figura N°01

### Acceso a la Microcuenca Ccorao-Mandorani



*Fuente: Google Maps.*

## 1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad la zona de estudio que comprende las comunidades de Ccorao, y Mandorani inmersas en el trabajo de investigación, vienen siendo afectadas por el déficit hídrico, debido a la creciente demanda, que es causado principalmente por varios factores como: crecimiento urbano donde según el INEI(censo 2017) habitan 1121 personas que van incrementando cada año, así como la variabilidad climática, este impacto se percibe por ejemplo con las lluvias en menor frecuencia y presencia de sequías en época de lluvias. Cabe resaltar que se observa un descenso de caudales y en muchos casos la extinción de ellos, a causa de dicho problema es necesario viabilizar un estudio hidrogeológico con la finalidad de identificar las causas y efectos de la sucesiva escasez de agua, por medio de la identificación del potencial hídrico, así como alternativas de solución para la explotación de aguas subterráneas.

### 1.3.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el potencial hídrico existente en la microcuenca de Ccorao-Mandorani?

### 1.3.3. FORMULACIÓN DE PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuáles son las unidades hidrogeológicas de la microcuenca de estudio?
- ¿Cuáles son las propiedades hidroquímicas de las aguas subterráneas?
- ¿Cuáles son las áreas de vulnerabilidad de acuíferos?





- ¿Cuáles son las áreas de recarga y descarga de acuíferos?
- ¿Qué propuestas de intervención sugiere para la explotación y captación de aguas subterráneas?
- ¿Cuáles son las unidades geomorfológicas de la microcuenca de estudio?
- ¿Cuáles son las formaciones geológicas regionales y geológicas de la microcuenca de estudio?
- ¿Cuál es la geología estructural de la microcuenca de estudio?
- ¿Cuánto son los valores de las propiedades hidrológicas (parámetros geomorfológicos, precipitación, temperatura, etc, etc, zonas de vida, escorrentía superficial, infiltración) de la microcuenca de estudio?
- ¿Cuánto es el balance hídrico de la microcuenca de estudio?
- ¿De acuerdo a las prospecciones geofísicas a que profundidad se encontrara los flujos de aguas subterráneas?

#### **1.4. OBJETIVOS**

##### **1.4.1. OBJETIVOS GENERALES**

Determinar el potencial hídrico existente en la zona de estudio en la microcuenca de Ccorao-Mandorani para proponer pozos tubulares para la explotación de aguas subterráneas, así como medidas para el aumento de recarga de los acuíferos.

##### **1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar y delimitar las unidades hidrogeológicas con potencial de almacenamiento y transporte de aguas subterráneas en la microcuenca Ccorao Mandorani.
- Examinar las características hidroquímicas e isotópicas de las aguas subterráneas de la microcuenca Ccorao-Mandorani.
- Determinar la vulnerabilidad de acuíferos de la microcuenca Ccorao-Mandorani.



- Determinar las áreas de recarga y descarga de los acuíferos.
- Plantear áreas de intervención para la explotación y captación de aguas subterráneas, así como para la recarga artificial de acuíferos.
- Identificar las unidades geomorfológicas de la microcuenca de Ccorao-Mandorani.
- Determinar las unidades geológicas regionales y locales de la microcuenca de Ccorao-Mandorani.
- Caracterizar y determinar la geología estructural de la microcuenca de Ccorao-Mandorani.
- Determinar las propiedades hidrológicas (parámetros geomorfométricos, precipitación, temperatura, etp, etr, zonas de vida, escorrentía superficial, infiltración) de la microcuenca de Ccorao-Mandorani.
- Calcular el balance hídrico de la microcuenca Ccorao-Mandorani.
- Determinar e identificar los flujos subterráneos por medio de la prospección geofísica de la microcuenca Ccorao-Mandorani.

## **1.5. HIPÓTESIS**

### **1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL**

El estudio hidrogeológico nos permitirá determinar el potencial hídrico de las aguas subterráneas por medio de las características geológicas, estructurales e hidrogeológicas existentes en la microcuenca de Ccorao-Mandorani.

### **1.5.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS**

- El potencial de almacenamiento y transporte de aguas subterráneas serán definidos por la caracterización y delimitación de las unidades hidrogeológicas de la microcuenca Ccorao-Mandorani.
- El análisis hidroquímico permitirá determinar los parámetros químicos, así como la evolución de las aguas subterráneas en la microcuenca Ccorao-Mandorani...



- El estudio hidrogeológico determinara las áreas de recarga y descarga de acuerdo a las unidades hidrogeológicas.
- El estudio hidrogeológico determinara la vulnerabilidad de acuíferos de la microcuenca Ccorao-Mandorani.
- El estudio hidrogeológico determinara áreas idóneas para la explotación y captación de aguas subterráneas, así como para la recarga artificial de acuíferos de la microcuenca Ccorao-Mandorani.
- Las unidades geomorfológicas determinaran zonas adecuadas para el almacenamiento de aguas subterráneas en la microcuenca Ccorao-Mandorani
- La determinación de las unidades geológicas regionales y locales permitirán definir los tipos de unidades hidrogeológicas en la microcuenca Ccorao-Mandorani
- La caracterización de la geología estructural permitirá definir posibles los tipos de acuíferos de acuerdo a la porosidad secundaria en la microcuenca Ccorao Mandorani.
- La determinación de las propiedades hidrológicas permitirá cuantificar y clasificar el comportamiento hidrológico de la microcuenca Ccorao Mandorani.
- El cálculo de balance hídrico determinara la cantidad de almacenamiento agua subterránea promedio por año en la microcuenca Ccorao Mandorani.
- Los estudios geofísicos permitirán identificar las litologías y los flujos de aguas subterráneas.

## 1.6. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN

La importancia del presente trabajo de investigación de tesis, permitirá que los pobladores de la microcuenca de Ccorao-Mandorani puedan conocer el potencial hídrico existente así también como el resultado de los estudios hidrogeológicos, que servirá como antecedente para



estudios y trabajos posteriores como: captaciones de agua para consumo humano y/o riego tecnificado, realizar proyectos de forestación, manejo de cuenca, etc. en la zona de estudio.

### 1.7. VARIABLES Y INDICADORES DE INVESTIGACIÓN

Debido a la naturaleza de este estudio de investigación se ha definido las siguientes variables:

#### 1.7.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

- Hidrogeología - geología - geología Estructural - geomorfología – hidrología - geofísica

#### 1.7.2. VARIABLES DEPENDIENTES

- Potencial hídrico de la microcuenca

#### 1.7.3. INDICADORES

VARIABLES	VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADORES
	HIDROGEOLOGIA	PERMEABILIDAD HIDROQUIMICA
	GEOLOGIA	ESTRATIGRAFIA PETROLOGIA
	GEOLOGIA ESTRUCTURAL	FALLAS FRACTURAS
	GEOMORFOLOGIA	TIPOS DE GEOFORMAS(FISIOGRAFIA) PENDIENTES
	HIDROLOGIA	PRECIPITACION TEMPERATURA ZONAS DE VIDA EVAPOTRANSPIRACION BALANCE HIDRICO
	GEOFISICA	TOMOGRAFIA ELECTRICA POTENCIAL ESPONTANEO
	VARIABLE DEPENDIENTE	POTENCIAL HIDRICO
		CALIDAD Y TIPO DE AGUA SUBTERRANEA PROFUNDIDAD DE NIVELES FREATICOS

### 1.8. METODOLOGIA DE TRABAJO



Los métodos empleados en la investigación son los siguientes:

- **Descriptivo:** Se describe el comportamiento de recurso hídrico y su distribución en la zona de estudio.
- **Explicativo:** Responde a las posibles causas y formula un modelo que explica los eventos físicos que habrían ocasionado la alteración del régimen de recurso hídrico en la zona de estudio.
- **Científico:** Realiza las observaciones de comportamiento geológico en campo, para la caracterización hidrogeológica y la interpretación de los resultados obtenidos del análisis químico.
- **Deductivo:** Con los datos obtenidos se dedujo el modelo hidrogeológico.

## 1.9. FASES DE ELABORACIÓN DEL ESTUDIO

### 1.9.1. FASE DE RECOPIACIÓN DE INFORMACION EXISTENTE

Para la etapa de investigación del estudio hidrogeológico se ha procedido con la revisión, recopilación de información existente en los siguientes archivos:

- Revisión de la información geológica regional INGEMMET.
- Revisión de mapas regionales existentes.
- Recopilación de antecedentes históricos de la zona de estudio y de proyectos aledaños a la zona

Para el desarrollo de este estudio es necesario la preparación de mapas base: para poder recolectar “insitu” toda la información de detalle referidas a la geología y poder realizar un cartografiado del área de interés con el objetivo de conocer las características propias del área con la ayuda de equipos instrumentos y softwares geológicos necesarios.

- Elaboración de mapas bases de la zona de estudio.
- Realización del cronograma de actividades durante el estudio.

### 1.9.2. FASE DE INVESTIGACIONES DE CAMPO



En esta fase se subdivide en tres etapas:

#### **A. FASE PRECAMPO**

- Dar a conocer los alcances del trabajo a la directiva de las comunidades en el ámbito de la zona de estudio.
- Determinar un cronograma tentativo de visitas a la zona de estudio

#### **B. FASE CAMPO**

En el transcurso del estudio hidrológico se ha desarrollado las siguientes investigaciones de campo:

- Identificar y delimitar la geología de la microcuenca Ccorao a través de la obtención de muestras de mano representativas de cada formación existente en la zona de estudio para realizar la descripción macroscópica así también como el levantamiento de columnas.
- Reconocimiento y delimitación de la geología estructural (discontinuidades y deformaciones), mediciones de rumbos y buzamientos.
- Recolección de datos hidrogeológicas (inventario de manantes y medición de caudal, medición de caudales, muestra de agua, permeabilidad, registro de las características hidroquímicas del agua).
- Realización de prospección geofísica en distintos puntos de la zona de estudio (tomografía eléctrica).
- Toma de fotos de rasgos geológicos de importancia, para así afianzar el trabajo.

#### **C. FASE DE GABINETE**

En el transcurso del estudio hidrológico se ha desarrollado las siguientes investigaciones de gabinete:

- Procesamiento, interpretación de análisis de datos.



- Elaboración y digitalización de mapas, secciones y/o planos detallados según el requerimiento de los objetivos del presente trabajo.
- Redacción de tesis.

### 1.10. ANTECEDENTES

La presente tesis tomara como estudios anteriores:

- Geología de los cuadrángulo de Urubamba y Calca, hojas 27-r y 27-s. (Carlotto V., Gil W. Cárdenas J., Chávez R.; 1996)
- Estudio de peligros de origen geológico e hidrometeorológico en la microcuenca Quesermayo, distrito Taray y medidas para el reducir el riesgo de desastres. (Predes; 2011)

### 1.11. MATERIALES Y EQUIPOS

#### A. MATERIAL CARTOGRAFICO

- Mapa base (curvas de nivel, hidrográfico, etc.).

#### B. MATERIALES DE CAMPO

- Tablero - fichas de campo.
- Libreta de campo y lápices de color.
- Botellas esterilizadas.

#### C. INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

- Equipos de campo (GPS, brújula geológica tipo Brunton, tablas de colores, ácido clorhídrico, rayador, lupas de 10x y 20x, y cinta métrica)
- Computadora personal y resistivímetro – tomógrafo eléctrico GD-10 Supreme Geomative.
- Software (GIS (ArcGIS – ArcMap), Geosoft (Target for ArcGIS), Faultkin, Stereonet, Dips, Res2DINV, Adobe Ilustrador, Surfer, Sas Planet, AquaChem, Qualigraf y Diagrammes).



## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

#### 2.1. DEFINICIÓN DE CUENCA HIDROGRÁFICA

**Monsalve G. (1999)**, cuenca Hidrográfica es un área definida por una divisoria topográfica de aguas, drenada por un curso de agua o un sistema conectado de cursos de agua tal que todo el caudal efluente es descargado a través de una salida simple.

**Llerena (2003)**, el concepto de cuenca como unidad territorial natural es el más importante ya que a partir de esta apreciación se puede comprender que únicamente en la cuenca hidrográfica es posible realizar balances hídricos. Es decir, cuantificar la oferta de agua que “produce” la cuenca durante el ciclo hidrológico. Es por sus cualidades de unidad hidrológica y de medio colector-almacenador-integrador de los procesos naturales y antrópicos que ocurren en la cuenca, que esta puede ser también una unidad política, administrativa, de gestión ambiental o de manejo de los diversos recursos naturales que alberga.

##### 2.1.1. CLASIFICACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Las cuencas hidrográficas se pueden clasificar de diferentes formas. A continuación, se presenta la clasificación de cuencas hidrográficas considerando los parámetros geomorfológicos más utilizados. Sin embargo, las clasificaciones se pueden modificar dependiendo del propósito de las mismas, una clasificación útil para un proyecto de abastecimiento de agua puede ser improductivo para un proyecto de preservación ambiental.

- a. De acuerdo a su sistema de descarga o destino final de sus aguas: **Monsalve G. (1999)**.
- **Cuencas exorreicas**, cuando las aguas de la cuenca llegan al mar directamente por vía sub superficial o subterránea.
  - **Cuencas endorreicas**, también llamadas lacustre o de evaporación. Es un territorio sin desagüe aparente en que las aguas drenan hacia un lago.





- **Cuencas arreicas**, aquellas cuyas aguas no desembocan ni en el mar ni en un depósito Interior. sino que sus aguas se pierden en el camino por evaporación o infiltración sin que en este último caso se conviertan en corrientes subterráneas.
- **Cuencas criptorreicas**, región continental de drenaje subterráneo, carente de una red fluvial permanente y organizada superficialmente.

b. De acuerdo a su sistema de drenaje.

Se llama sistemas de drenaje al arreglo o distribución de los ríos. Quebradas o arroyos, que se han venido formando a través de los años en la corteza terrestre. La clasificación, si bien es de sistemas de drenaje. También puede ser referida a las cuencas, la clasificación da el orden primero al escurrimiento menor, o sea, aquel que no pasa de ser tributario; el rio de segundo orden se forma de la unión de dos afluentes de primer orden. De la confluencia de dos cursos de segundo orden comienzan un rio de tercer orden y así sucesivamente. En caso de referirse a las cuencas, se hablará de cuenca de primer orden, de segundo orden, etc.

#### **Su relieve (Topografía).**

- Cuencas de montaña y de alta montaña.
- Cuencas de llanos, pampas o praderas.

#### **Según vertiente.**

- Vertientes del Pacífico, del Atlántico y del Caribe.
- Vertientes de un lago u "hoya". como en el caso del Titicaca.
- Vertientes sin desembocadura al mar o cuencas endorreicas.

#### **Según su posición relativa dentro de una cuenca mayor.**

- Cuencas altas (situadas en la parte alta de la cuenca mayor, que no deben confundirse con cuencas de alta montaña).
- Cuencas bajas.

#### **Según su tamaño relativo (aspecto controvertido y casi imposible de precisar).**



- Cuencas muy grandes.
- Cuencas grandes.
- Cuencas medianas.
- Cuencas pequeñas
- Microcuencas.

### 2.1.2. SISTEMA DE CODIFICACIÓN PFAFSTETTER

El **Sistema de Codificación Pfafstetter** fue desarrollado por Otto Pfafstetter en 1989, difundido a partir de 1997 por Verdin y adoptado a partir de entonces por la United State Geological Survey (USGS – Servicio Geológico de los Estados Unidos), como estándar internacional.

Es una metodología para asignar Identificadores **Ids** a unidades de drenaje basado en la topología de la superficie del terreno; dicho de otro modo, asigna Ids a una cuenca para relacionarla con sus cuencas vecinas, locales o internas.

### 2.1.3. PARÁMETROS FISIAGRÁFICOS O GEOMORFOLÓGICOS DE LA CUENCA

Hay muchos parámetros geomorfológicos que se pueden utilizar para describir la cuenca, pero los más importantes son:

**Área de una Cuenca**, es la superficie del terreno en las aguas de las precipitaciones que concurren a un mismo punto de evacuación a través de cauces secundarios o quebradas que se unen a un cauce principal.

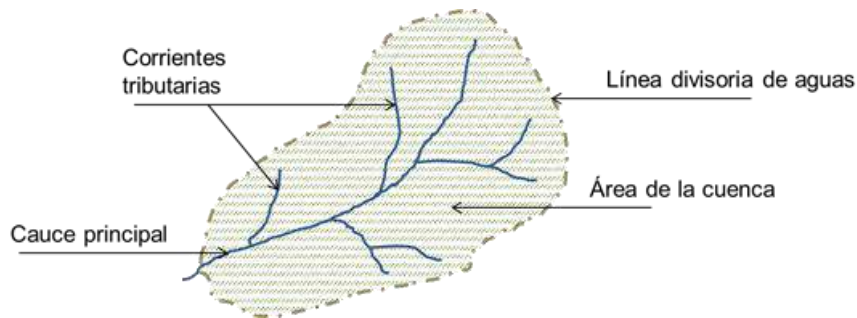
**Longitud del cauce principal**, este parámetro suele coincidir con la longitud del cauce más largo, y es un criterio muy representativo de la longitud de una cuenca. Puede medirse considerando toda la sinuosidad del cauce o la longitud del eje del mismo.

**Perímetro de una cuenca**, es la longitud del contorno del área de la cuenca, definida también como línea de división del agua. Este parámetro es importante, pues en conexión con el área puede dar una idea respecto a la forma de la cuenca.



## Figura N°02

### Componentes en una cuenca



**Fuente:** [https://www.prontubeam.com/articulos/articulos.php?Id\\_articulo=26](https://www.prontubeam.com/articulos/articulos.php?Id_articulo=26)

## 2.2. CLIMA

**Wendor C. (1989)**, es el conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmosfera en una región.

Los parámetros climáticos son los siguientes:

### 2.2.1. PRECIPITACIÓN

**Araque M. (2019)**, fenómeno físico que consiste en la transferencia de volúmenes de agua en sus diferentes formas (lluvias, nieve, granizo, etc.) de la atmósfera a la superficie terrestre. El levantamiento de aire es el mecanismo más importante que resulta en la precipitación. Las masas de aire se elevan y, en condiciones adiabáticas, la temperatura desciende hasta cerca de su punto de rocío. La precipitación no solamente se manifiesta como agua en estado líquido (lluvia), pero puede presentarse en estado sólido (nieve, granizo, etc.). Es importante diferenciar las formas de condensación, como la neblina y el rocío, que no son formas de precipitación.

### 2.2.2. TEMPERATURA

**E. Custodio y M.R. Llamas (1983)**, mediante la temperatura se expresa numéricamente el efecto que en los cuerpos produce el calor originado por el balance entre la radiación recibida y la emitida.



### 2.2.3. HUMEDAD RELATIVA

**E. Custodio y M.R. Llamas (1983)**, Es el cociente expresado en porcentaje entre la tensión de vapor en un momento dado y la tensión saturante correspondiente a la temperatura del aire en ese momento.

### 2.2.4. RADIACIÓN SOLAR

**Mejía J. (2012)**, La radiación solar es la fuente de energía que ocasiona la ocurrencia del ciclo hidrológico, responsable del movimiento atmosférico terrestre, y principal fuente energética del planeta.

### 2.2.5. EVAPORACIÓN

**Araque M. (2019)**, es el proceso por el cual las moléculas del agua en la superficie líquida o en la humedad del suelo, adquieren energía suficiente (a través de la radiación solar y otros factores climáticos) y pasan del estado líquido para el de vapor.

### 2.2.6. EVAPOTRANSPIRACIÓN

**Alfaro, Martinez y Castaño (2005)**, se define evapotranspiración como el volumen de agua que desde el estado sólido o líquido pasa a la atmosfera a estado de vapor, bien por evaporación directa bien por transportación de plantas. Habitualmente se expresa en mm para un tiempo determinado.

## 2.3. GEOMORFOLOGÍA

**Derruau M. (1981)**, la geomorfología es el estudio de las formas del relieve terrestre.

### 2.3.1. MAPA GEOMORFOLÓGICO

La geomorfología proporciona una información organizada y precisa de las formas del terreno y de los procesos geodinámicas o de erosión que con ellas se relacionan. Por ello, su elaboración requiere un análisis preliminar de la geología. Sobre el cual se superponen las formas del terreno en función a los procesos que le dieron origen

La esencia del mapa geomorfológico es proporcionar información morfo genética, dicha información representada en polígonos diferenciados, está asociada a las características



geológicas, por tanto, la elaboración de ambos mapas se complementa y explica de mejor manera los matices geológicos en forma y en el contenido. **(Marocho, 2014)**

### **2.3.2. PENDIENTES**

El mapa de pendientes representa la distribución espacial de los niveles de inclinación del terreno, constituye un ejercicio cartográfico de suma importancia porque su determinación es el paso primordial para elaborar mapas de relieve o fisiografía además la pendiente es el factor de delimitación principal en los que al superponer los mapas litología, geotecnia, cobertura vegetal, suelos; nos permitirá inferir en el grado de estabilidad de los taludes, el comportamiento hidrológico y la distribución de las actividades económicas como el agropecuario, forestal. etc.

**(Marocho, 2014)**

## **2.4. GEOLOGÍA**

**Mantilla H. (2017)**, la geología es la ciencia que estudia la tierra, su composición, su estructura, los fenómenos que han ocurrido y ocurren en la actualidad, su evolución como planeta, su relación con los astros del universo, así como la evolución de la vida mediante los documentos que de ella han quedado en las rocas.

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

### **2.4.1. FORMACIÓN GEOLÓGICA**

Es una unidad estratigráfica rocosa formal que define los cuerpos rocosos con características litológicas comunes (composición y estructura) que los distinguen de los cuerpos rocosos adyacentes. Es la principal unidad de división de los estratos rocosos. Se pueden asociar en unidades más grandes (grupos y supergrupos), subdivisiones (miembros) o unidades importantes y secundarias (capas) que se distinguen entre ellas.

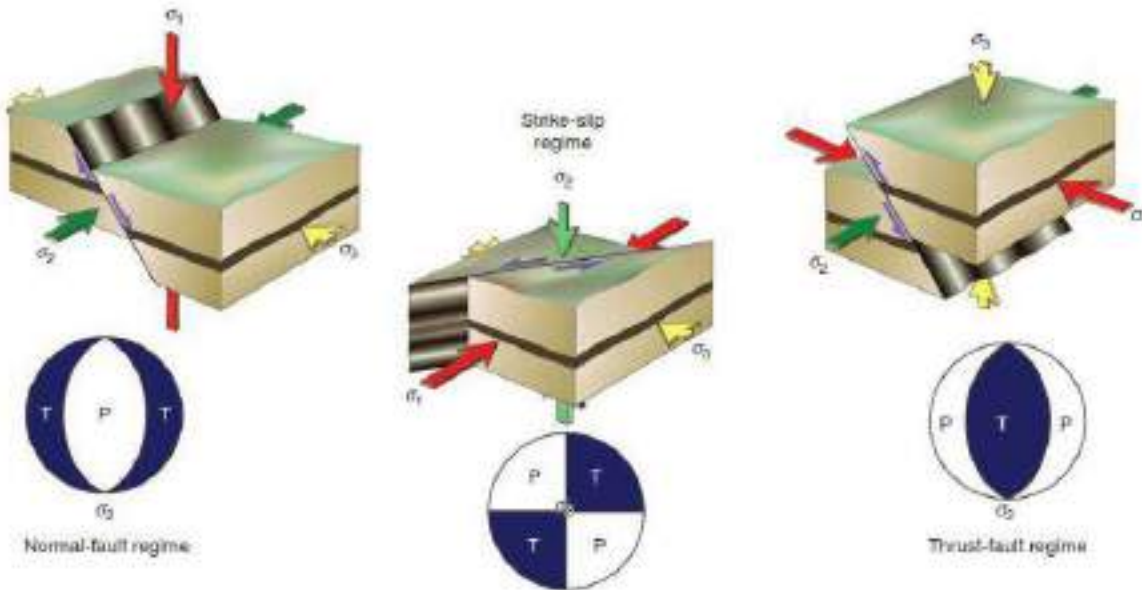
### **2.4.2. CLASIFICACIÓN DE LAS FALLAS**

De acuerdo al modelo teórico propuesto por Anderson en 1951 se clasifico de acuerdo a la siguiente ilustración:



### Figura N°03

Relaciones entre la orientación de las tensiones principales (regímenes de tensión) y los regímenes tectónicos según Anderson (1951)



**Nota:** Los stereonets muestran campos de compresión (P) y tensión (T).

**Fuente:** Fossen H. (2010). *Structural Geology*. Cambridge University Press.

#### 2.4.3. INDICADORES CINEMÁTICOS

Los indicadores cinemáticos son aquellas pruebas físicas que suelen permitir la comprensión del movimiento de las fallas (cinemática) y su relación geométrica con los pliegues, los indicadores cinemáticos de jerarquía dominante son los: riedels, antiriedels, estructuras S-C, fibras recristalizadas y stepovers.

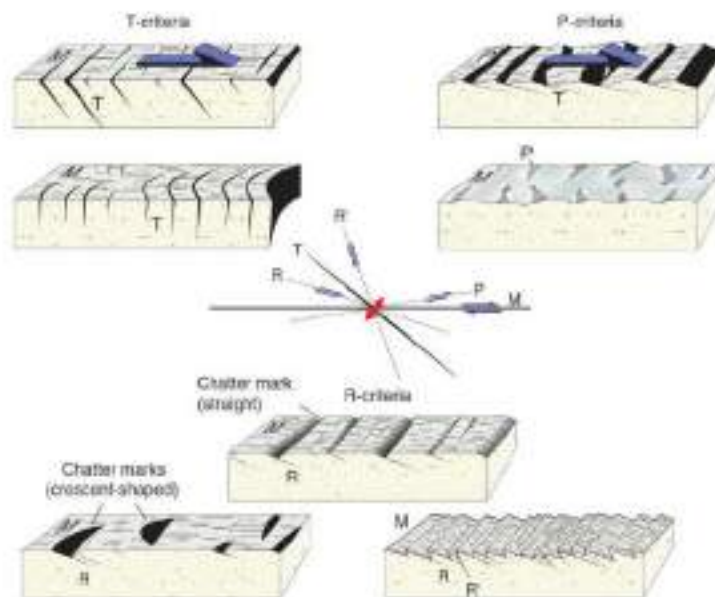
Las otras evidencias de jerarquía inferior que no son muy usadas son: brechas de falla, superficie de cizalla, estructuras de media luna y tool marks.





## Figura N°04

Crterios cinemáticos a lo largo de una falla dextral con fracturas subordinadas o irregularidades.



**Nota:** La nomenclatura general para fracturas en el que se utiliza el sistema de cizallamiento ( $R$ ,  $R'$ , Fracturas de Presión ( $P$ ) y Tensión( $T$ ) en superficie de deslizamiento ( $M$ )).  $R$ , Riedel fracturas;  $P$ , fracturas por cizallamiento;  $T$ , fracturas de extensión;  $M$ , superficie de deslizamiento promedio (falla). Identificación del tipo de fractura subordinada al interpretar el movimiento en la falla. Basado en Petit (1987).

**Fuente:** Fossen H. (2010). *Structural Geology*. Cambridge University Press.

## 2.5. HIDROLOGÍA

Es la disciplina que se **ocupa** específicamente del estudio de la distribución de las aguas subterráneas y continentales y sus propiedades. Saber qué es la hidrología es un tema **amplio y de larga data del análisis del agua, además de** la humedad que **proviene** del suelo, las **lluvias**, las masas glaciares, la evapotranspiración y la escorrentía. La definición de este término está **asociada** a varias ramas **las** cuales son: meteorología, oceanografía, patología, criología, hidrología superficial, entre otras.

### 2.5.1. EL CICLO HIDROLÓGICO

Se define como un fenómeno global de ciclo cerrado del agua entre la superficie terrestre y la atmósfera, impulsado por la energía solar relacionada con la gravedad y la rotación de la



tierra. En otras palabras, el ciclo hidrológico representa el camino que recorre el agua en sus tres estados físicos (sólido, líquido y gaseoso).

### **2.5.2. OFERTA HÍDRICA GENERADA**

Las relaciones lluvia - escurrimiento se utilizan principalmente para el diseño, los pronósticos y la evaluación. Si los datos de escurrimientos no están disponibles o son insuficientes para una interpretación o extrapolación fiables, las relaciones lluvia - escurrimiento pueden ser muy útiles porque permiten extraer la información de escurrimiento a partir de los registros de precipitación.

Como los datos de lluvia son relativamente fáciles y poco costosos de recoger, son generalmente más abundantes que los datos de escurrimiento. Si se puede establecer una relación estrecha entre lluvia y escurrimiento para una cuenca determinada, la relación lluvia-escurrimiento, aplicada a los datos de lluvia. Puede dar estimaciones más fiables de la frecuencia de grandes caudales que los que puede dar una relación regional entre las crecidas o una extrapolación basada en los datos de escurrimientos de la cuenca. **(Marocho, et al; 2014)**

Las relaciones lluvia-escurrimiento usualmente se establecen en dos etapas: la determinación del volumen de escurrimiento que resulta de un volumen de lluvia producido durante un periodo de tiempo dado, y la distribución del volumen de escurrimiento en función del tiempo. La primera etapa es necesaria debido a la división de la lluvia en evapotranspiración, infiltración y escurrimiento. La segunda se requiere para tomar en cuenta el tiempo de recorrido y la atenuación de la onda de escurrimiento que se genera por la lluvia.

### **2.5.3. DEMANDA HÍDRICA**

Es la cantidad de agua que se destinan a determinados usos y a un precio determinado para su distribución a los usuarios en determinados periodos de tiempo.

### **2.5.4. BALANCE HÍDRICO**

**Alfaro, Martínez y Castaño (2005)**, se define como una ecuación de continuidad, basado en el axioma de Lavoiser de que " nada se crea ni se destruye" y se expresa como:



Variación en el almacenamiento= precipitación – evapotranspiración – escorrentía

## 2.6. HIDROGEOLOGÍA

**E. Custodio y M.R. Llamas (1983)**, es aquella parte de la hidrogeología que corresponde al almacenamiento, circulación y distribución de las aguas terrestres en la zona saturada de las formaciones geológicas, teniendo en cuenta sus propiedades físicas y químicas, sus interacciones en el medio físico y biológico y sus interacciones con el medio físico y biológico y sus reacciones a la acción del hombre.

**Alfaro, Martínez y Castaño (2005)**, desde el punto de vista de su comportamiento hidrogeológico, es clásica la clasificación de las rocas en:

- **Acuíferos:** Rocas que almacenan y transmiten agua en cantidades significativas
- **Acuitardos:** Rocas que almacenan agua y la transmiten lentamente.
- **Acuicludos:** Rocas con una capacidad de almacenamiento apreciable, pero con capacidad de transmisión prácticamente nula.
- **Acuífugos:** Rocas que ni almacenan ni transmiten agua.



## CAPITULO III GEOMORFOLOGIA

### 3.1. GEOMORFOLOGIA REGIONAL

Acorde a Benavente et al. (2013), el origen y las características del relieve de la región Cusco se deben a diversos episodios de modelamiento tectónico y climático, que han sido los motores para la exhumación y conservación de la cadena de los andes. Estos procesos han originado diversas formas de paisajes, constituyéndose así la geomorfología actual de su territorio. La región presenta cuatro grandes unidades morfoestructurales que son la cordillera occidental, la cordillera oriental, la faja subandina y el llano amazónico, que en conjunto confieren un matiz complejo al relieve, donde se observan diferentes paisajes (Tabla 3).

**Tabla 3**

*Unidades geomorfológicas Región Cusco*

Paisaje	Descripción
<b>Altiplanicie</b>	Altiplanicie
	Altiplanicie allanada
	Altiplanicie ondulada
	Altiplanicie disectada
	Fondos de valle glaciar y aluvial
	Fondos de valle aluvial altiplánico
	Fondos de valle aluvial montañoso
	Llanura de valle aluvial
<b>Montañoso</b>	Vertientes de montaña allanada
	Vertientes de montaña empinada
	Vertientes de montaña disectada empinada a escarpada
<b>Colinas</b>	Colinas altas fuertemente disectadas
	Colinas altas moderadamente disectadas
	Colinas bajas fuertemente disectadas



	Colinas bajas moderadamente disectadas
	Terrazas altas disectadas
Llanura	Terrazas altas sin disección
Amazónica	Terrazas intermedias disectadas
	Terrazas intermedias sin disección
	Terrazas bajas

**Fuente:** *Neotectónica y peligro sísmico en la Región cusco, (Benavente et al, 2013)*

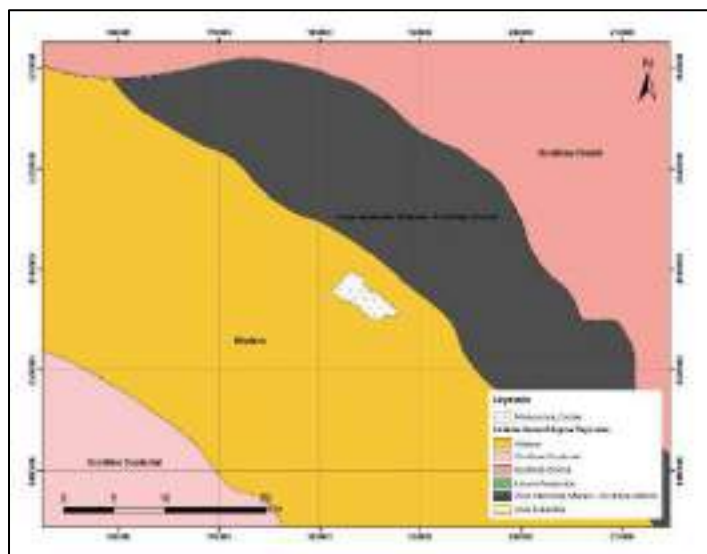
Regionalmente la zona de estudio se encuentra en la zona del altiplano y localmente entre las montañas del Cusco.

### 3.1.1. ALTIPLANO

De acuerdo a Carlotto et al. (1996), gran parte del cuadrángulo de Cusco se localiza en la prolongación noroeste del altiplano y corresponde a la terminación occidental de esta unidad que viene desde Bolivia. Limita al sur con el borde noreste de la cordillera occidental y al norte con la cordillera oriental mediante la zona intermedia altiplano-cordillera oriental, caracterizada por el anticlinal de Vilcanota.

### Figura N°05

*Unidades geomorfológicas regionales*



**Fuente:** *Adaptado de Carlotto et al. (2010).*



En el altiplano de Cusco se distinguen diferentes unidades geomorfológicas locales, como depresión de Cusco-Huacarpay, Meseta de Saqsaywaman, Montañas del Cusco, Montaña de Ancaschaca, Montañas Chinchay-Ichuloma, las Montañas de Seratichin Orcco-Pumahua y finalmente las Serranías de Vilcacongá (Carlotto, et al., 2010).

### 3.2. GEOMORFOLOGÍA LOCAL

Para la elaboración del mapa geomorfológico se realizó en base a la integración y relación del mapa fisiográfico y la geología presente en la zona de estudio.

Las formas del relieve que fueron identificadas en el lugar son el resultado de la interacción de efectos climáticos, litológicos, procesos erosivos y deposicionales, así como fenómenos de origen tectónico. A continuación, se describe las características morfológicas más importantes de la forma del relieve presentes en la microcuenca de Ccorao-Mandorani.

#### 3.2.1. CLASIFICACIÓN FISIOGRAFICA

Esta metodología nos permite dividir en grupos paisajísticos para desarrollar una descripción ordenada del relieve que obedece a criterios metodológicos de asociación y composición temática de la geología y la geomorfología como los principales criterios fisiográficos para el levantamiento de información temática de la fisiografía.

#### Figura N°06

*Orden jerárquico de los grupos de la clasificación fisiográfica.*



**Fuente:** Clasificación del terreno a partir de la inclusión de nuevos elementos conceptuales. (Serrato Alvarez, 2009)





### **3.2.1.1. PROVINCIA FISIAGRÁFICA**

De acuerdo a Carlotto et al. (1996), se localiza en la prolongación noroeste del altiplano y corresponde a la terminación occidental de esta unidad que viene desde Bolivia, es una franja alargada que limita al sur con el borde noreste de la cordillera occidental y al norte con la cordillera oriental mediante la zona intermedia altiplano-cordillera oriental, caracterizada por el anticlinal de Vilcanota.

Por ello nuestra área de estudio abarca áreas de las montañas del Cusco.

### **3.2.1.2. PROVINCIA CLIMÁTICA**

La microcuenca de Ccorao-Mandorani se encuentra dentro de la provincia climática fría, este tipo climático de la región de la sierra, se extiende entre los 3 mil y 4 mil msnm. Se caracteriza por sus precipitaciones anuales promedio de 700 mm. y sus temperaturas medias anuales de 12°C. Presenta veranos lluviosos e inviernos secos con fuertes heladas.

### **3.2.1.3. UNIDADES DE SUB PAISAJE**

Para establecer las unidades de sub paisaje se utilizó criterios morfométricos de la posición dentro del paisaje como: cima, vertiente, cono, terrazas, cauces, pie de montaña calificada con atributos relacionados con procesos morfogenéticos activos como: tipo de pendientes, grado de erosión y condición de drenajes, según los criterios de clasificación de estas unidades mencionadas anteriormente, que se muestran en la siguiente tabla.



**Tabla 4**

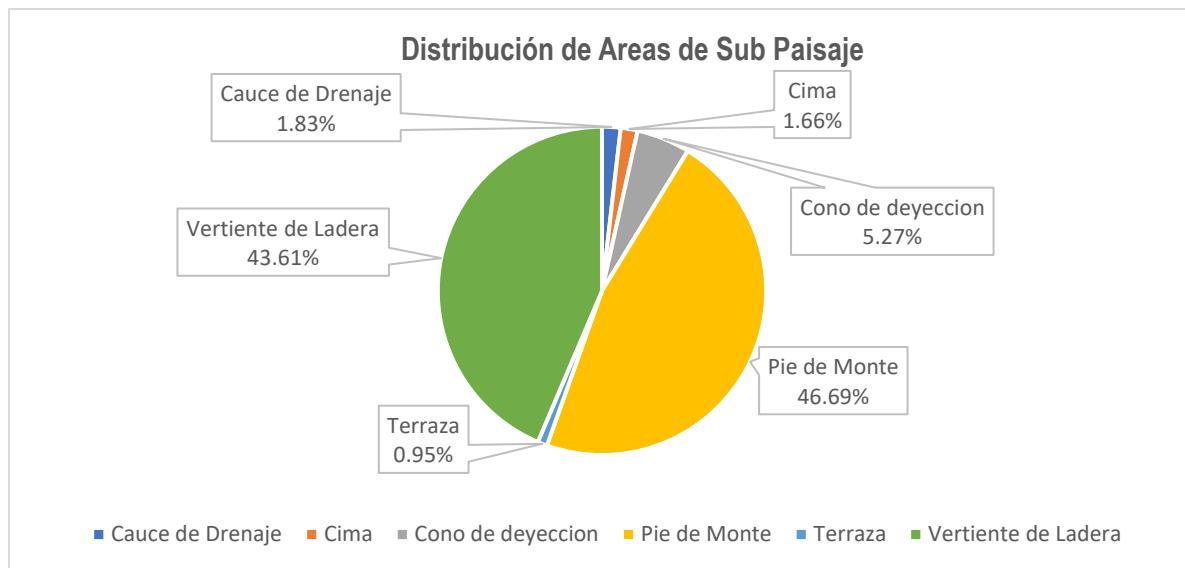
*Unidades de sub paisaje de la microcuenca Ccorao-Mandorani*

UNIDADES DE PAISAJE	Símbolo	Área (Ha)	Área(Km <sup>2</sup> )	Área %
Cauce de Drenaje	Cd	26.4675	0.2647	1.8291
Cima	Ci	24.0274	0.2403	1.6563
Cono de deyección	Co	75.1017	0.7510	5.2726
Pie de Monte	Pm	660.0828	6.6008	46.6913
Terraza	Tr	13.9849	0.1399	0.9453
Vertiente de Ladera	VL	616.4989	6.1649	43.6054
<b>Total</b>		<b>1416.1632</b>	<b>14.1616</b>	<b>100</b>

*Fuente: Elaboración propia*

**Figura N°07**

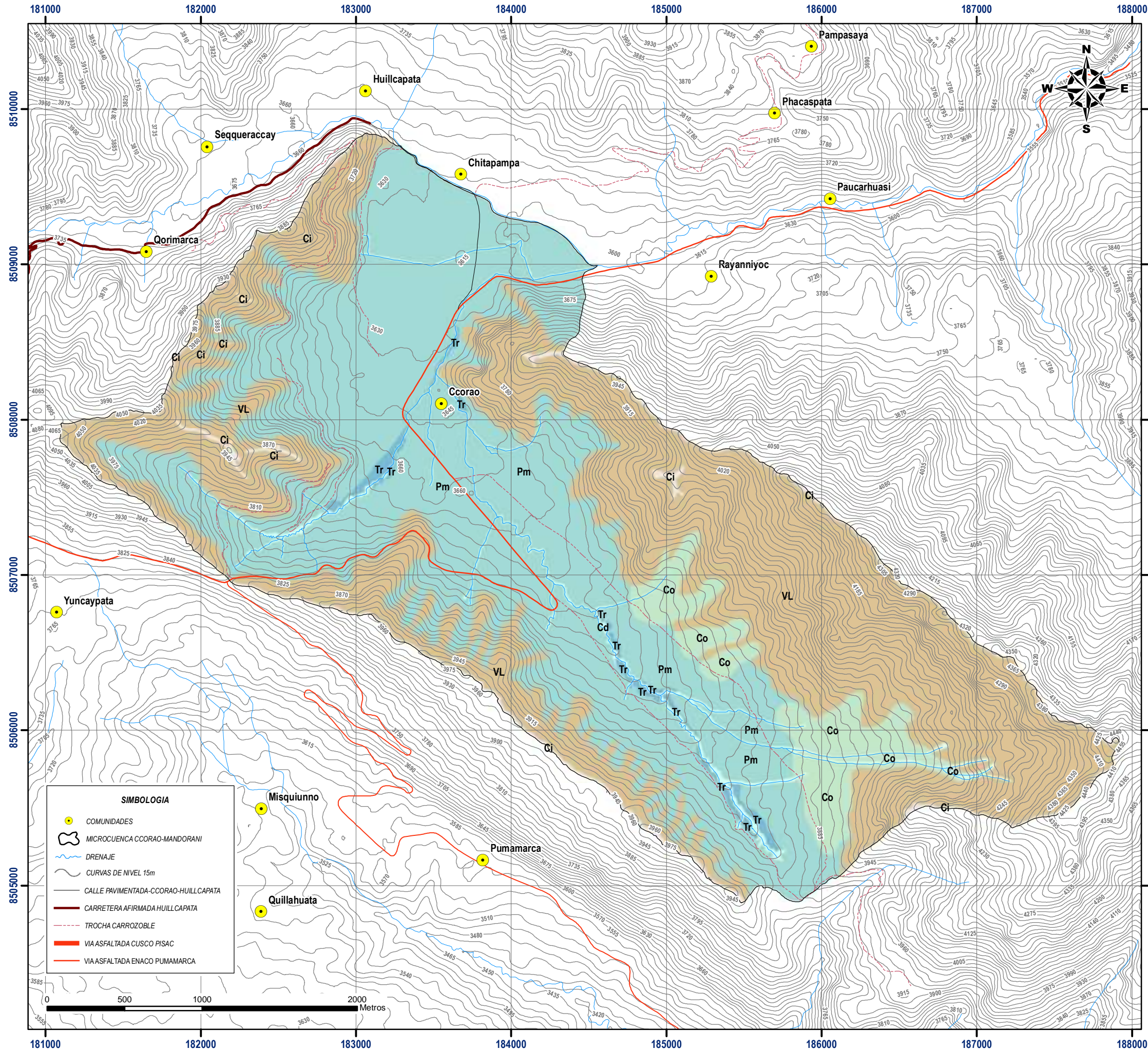
*Diagrama de distribución de áreas de unidades de sub paisaje de la microcuenca Ccorao-Mandorani.*



*Fuente: Elaboración propia.*



# MAPA DE UNIDADES DE SUBPAISAJE DE LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

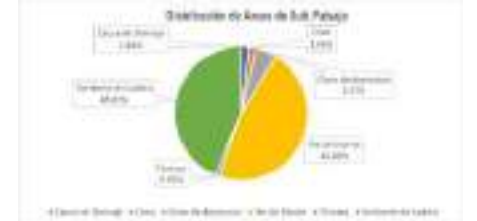


TESIS:  
 ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO  
 EN LA MICROCUENCA DE CCORAO- MANDORANI, DISTRITO DE  
 SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022

### MAPA DE UBICACION REGIONAL



### GRAFICO DE DISTRIBUCION DE U. SUBPAISAJE



UNIDADES DE SUBPAISAJE	SIMBOLO	Ha	Km <sup>2</sup>	%
Cauce de drenaje	Cd	25.83	0.2583	1.83
Cima	Ci	23.39	0.2583	1.66
Conos de deyeccion	Co	74.47	0.7447	5.27
Pie de montaña	Pm	659.45	6.5945	46.69
Terrazas	Tr	13.35	0.1335	0.95
Vertiente de ladera	VL	615.87	6.1587	42.37
<b>Total</b>		<b>1412.36</b>	<b>14.1236</b>	<b>100.00</b>

### MAPA DE UNIDADES DE SUBPAISAJE

ASESOR: MGT.ING.FREDDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO  
 ELABORADO POR: BACH.CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

SISTEMA DE COORDENADAS  
 PROYECCION: UTM  
 DATUM HORIZONTAL: WGS84  
 HUSO Y ZONA: 19L Sur



UBICACION  
 SECTOR: CCORAO-MANDORANI  
 DISTRITO: SAN SEBASTIAN  
 PROVINCIA: CUSCO  
 REGION: CUSCO

MAPA:  
**MP-02**

ESCALA DE IMPRESION: A-3  
 ESCALA: 1:25000  
 FECHA: AGOSTO 2022

LAMINA:  
**2/28**





### 3.2.1.4. PENDIENTES

La pendiente es el grado de inclinación de la superficie respecto a la horizontal, estos agrupados en 8 rangos de pendiente, de acuerdo al reglamento de clasificación de tierras por su capacidad de uso Mayor.

**Tabla 5**

*Clasificación de pendientes*

Clase de pendiente	Rango pendiente (%)	Descripción
A	0 - 2	Plano o casi nivel o allanada
B	2 - 4	Llano a Ligeramente inclinado
C	4 - 8	Moderadamente inclinadas
D	8 - 15	Fuertemente inclinadas
E	15 - 25	Moderadamente empinadas
F	25 - 50	Empinadas
G	50 - 75	Fuertemente empinadas
H	Mas de 75	Extremadamente Empinadas

**Fuente:** ONERN (1975).

En la microcuenca de estudio se identificaron los 8 rangos de pendiente los cuales se muestran en la siguiente tabla, donde se complementa la información con áreas en hectáreas,  $Km^2$ , y porcentajes de áreas.

**Tabla 6**

*Tabla de distribución de pendientes en la Microcuenca de Ccorao-Mandorani*

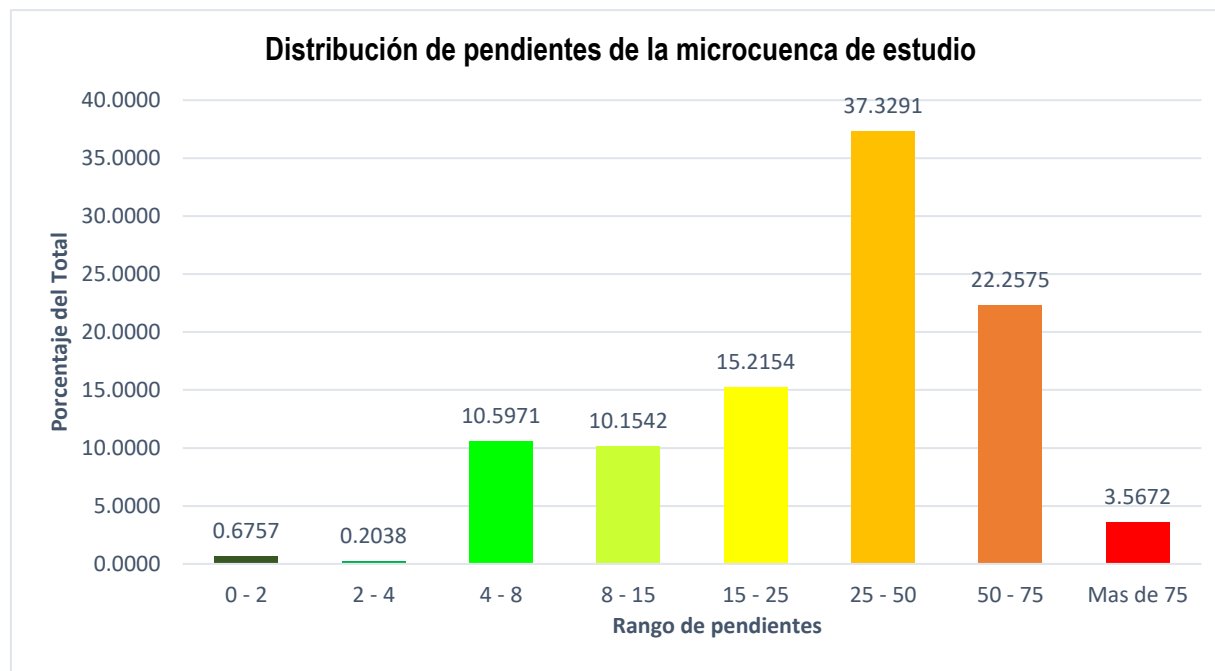
Clase de pendiente	Rango pendiente (%)	Descripción	Área (Ha)	Área (Km2)	Área %
A	0 - 2	Plano o casi nivel o allanada	10.0208	0.100208	0.6757
B	2 - 4	Llano a Ligeramente inclinado	3.3551	0.033551	0.2038
C	4 - 8	Moderadamente inclinadas	150.1888	1.501888	10.5971
D	8 - 15	Fuertemente inclinadas	143.9315	1.439315	10.1542
E	15 - 25	Moderadamente empinadas	215.4352	2.154352	15.2154
F	25 - 50	Empinadas	527.8529	5.278529	37.3291
G	50 - 75	Fuertemente empinadas	314.5067	3.145067	22.2575
H	Mas de 75	Extremadamente Empinadas	50.8722	0.508721	3.5672
<b>Total</b>			1416.1632	14.161632	100

**Fuente:** *Elaboración propia.*



## Figura N°08

Diagrama de distribución de pendientes de la microcuenca Ccorao-Mandorani



**Fuente:** Elaboración propia.

De la figura anterior se observa que la pendiente más predominante es la Empinada (25-75%) seguidamente de la Fuertemente Empinada (50 – 75%), sumando más de la mitad del total, es así que podemos concluir que en la microcuenca los terrenos con pendiente allanada o ligeramente inclinados son demasiados pequeños.

### A. ALLANADA

Corresponde a pendientes que tienen una inclinación de la superficie de los suelos con respecto a la horizontal, que varían en los rangos de 0 – 2%. En la microcuenca de estudio representa el 0.6757% del total de la superficie.

### B. LIGERAMENTE INCLINADO

Corresponde a pendientes que tienen una inclinación de la superficie de los suelos con respecto a la horizontal, que varían en los rangos de 2 – 4%. En la microcuenca de estudio representa el 0.2038% del total de la superficie.



### **C. MODERADAMENTE INCLINADA**

Corresponde a pendientes que tienen una inclinación de la superficie de los suelos con respecto a la horizontal, que varían en los rangos de 4 – 8%. En la microcuenca de estudio representa el 10.5971% del total de la superficie.

### **D. FUERTEMENTE INCLINADA**

Corresponde a pendientes que tienen una inclinación de la superficie de los suelos con respecto a la horizontal, que varían en los rangos de 8 – 15%. En la microcuenca de estudio representa el 10.1542% del total de la superficie.

### **E. MODERADAMENTE EMPINADA**

Corresponde a pendientes que tienen una inclinación de la superficie de los suelos con respecto a la horizontal, que varían en los rangos de 15 – 25%. En la microcuenca de estudio representa el 15.2154% del total de la superficie.

### **F. EMPINADA**

Corresponde a pendientes que tienen una inclinación de la superficie de los suelos con respecto a la horizontal, que varían en los rangos de 25 – 50%. En la microcuenca de estudio representa el 37.3291% del total de la superficie.

### **G. FUERTEMENTE EMPINADA**

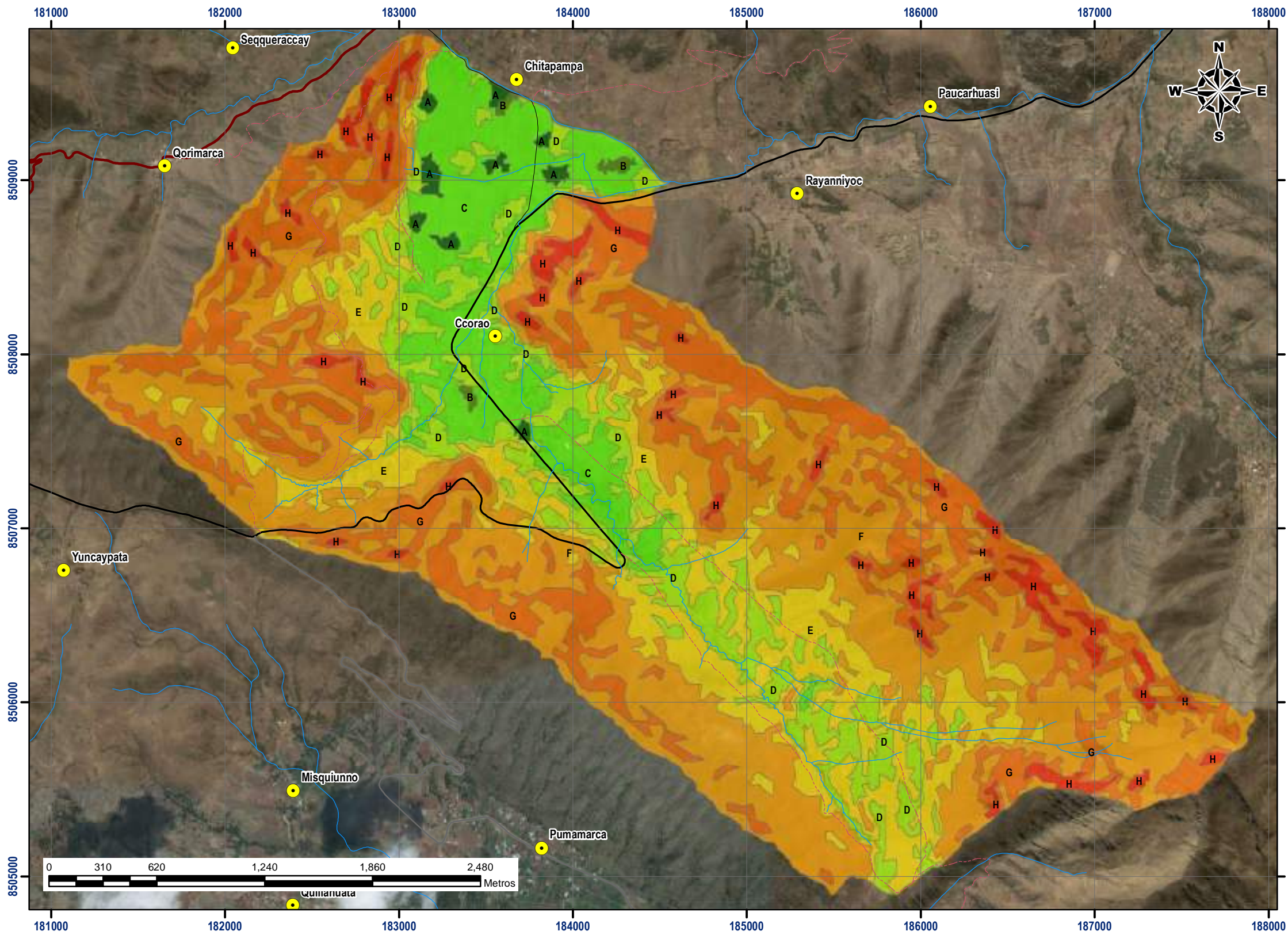
Corresponde a pendientes que tienen una inclinación de la superficie de los suelos con respecto a la horizontal, que varían en los rangos de 50 – 75%. En la microcuenca de estudio representa el 22.2575% del total de la superficie.

### **H. EXTREMADAMENTE EMPINADA**

Corresponde a pendientes que tienen una inclinación de la superficie de los suelos con respecto a la horizontal, que varían en los rangos de más de 75%. En la microcuenca de estudio representa el 3.5672% del total de la superficie.



# MAPA DE PENDIENTES DE LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



TESIS:  
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO- MANDORANI, DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022



### LEYENDA

Descripcion Pendiente	Rango de Pendiente(%)	Clase de pendiente	AREA Ha	AREA Km2	%
Allanado	0-2	A	9.55	0.0955	0.68
Ligeramente inclinado	2-4	B	2.88	0.0288	0.20
Moderadamente inclinado	4-8	C	149.71	1.4971	10.59
Fuertemente inclinado	8-15	D	143.46	1.4346	10.15
Moderadamente empinado	15-25	E	214.96	2.1496	15.22
Empinado	25-50	F	527.38	5.2738	37.33
Fuertemente empinado	50-75	G	314.03	3.1403	22.26
Extremadamente empinado	>75	H	50.39	0.5039	3.57
<b>Total</b>			<b>1412.36</b>	<b>14.1236</b>	<b>100.00</b>

### MAPA DE PENDIENTES

ASESOR: MGT.ING.FREDDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO  
ELABORADO POR: BACH.CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

### SISTEMA DE COORDENADAS

PROYECCION: UTM  
DATUM HORIZONTAL: WGS84  
HUSO Y ZONA: 19L Sur



### UBICACION

SECTOR: CCORAO-MANDORANI  
DISTRITO: SAN SEBASTIAN  
PROVINCIA: CUSCO  
REGION: CUSCO

MAPA:  
**MP-03**

### LAMINA:

**3/28**

ESCALA DE IMPRESION: A-3  
ESCALA: 1:25000  
FECHA: AGOSTO 2022

### SIMBOLOGIA

- COMUNIDADES
- MICROCUENCA CCORAO-MANDORANI
- DRENAJE
- CALLE PAVIMENTADA-CCORAO-HUILLCAPATA
- CARRETERA AFIRMADA HUILLCAPATA
- TROCHA CARROZIBLE
- VIA ASFALTADA CUSCO PISAC
- VIA ASFALTADA ENACO PUMAMARCA







### **3.2.1.5. AMBIENTE MORFOGENETICO**

Debido a diferentes indicadores morfogénicos observados en la microcuenca de Ccorao-Mandorani, se concluyó que es de tipo mixto, porque comprende ambientes estructurales por las fallas generadas por la falla de Tambomachay y Qoricocha que luego fueron aprovechados por agentes erosivos a través del tiempo.

### **3.2.1.6. AMBIENTE MORFODINAMICO**

Dentro de la microcuenca se han determinado 2 tipos:

**Agradacional (A):** Corresponde a ambientes de depositación o acumulación de materiales heterogéneos sobre bases de laderas de montañas a planicies, impulsada por la gravedad y corrientes fluviales.

**Denudacional (D):** Corresponde a ambientes en procesos de reducción de los relieves ocasionados por meteorización y erosión impulsados por corrientes fluviales y la gravedad.

### **3.2.1.7. FISIOGRAFIA DE LA MICROCUENCA**

Posteriormente se realiza de integración de las unidades de subpaisaje y pendientes, así como, el ambiente morfodinámico, es que se obtiene el mapa fisiográfico de la microcuenca de Ccorao-Mandorani. En la tabla a continuación se detalla todas las unidades fisiográficas obtenidas.



**Tabla 7**

*Tabla de distribución de unidades fisiográficas en la microcuenca de estudio*

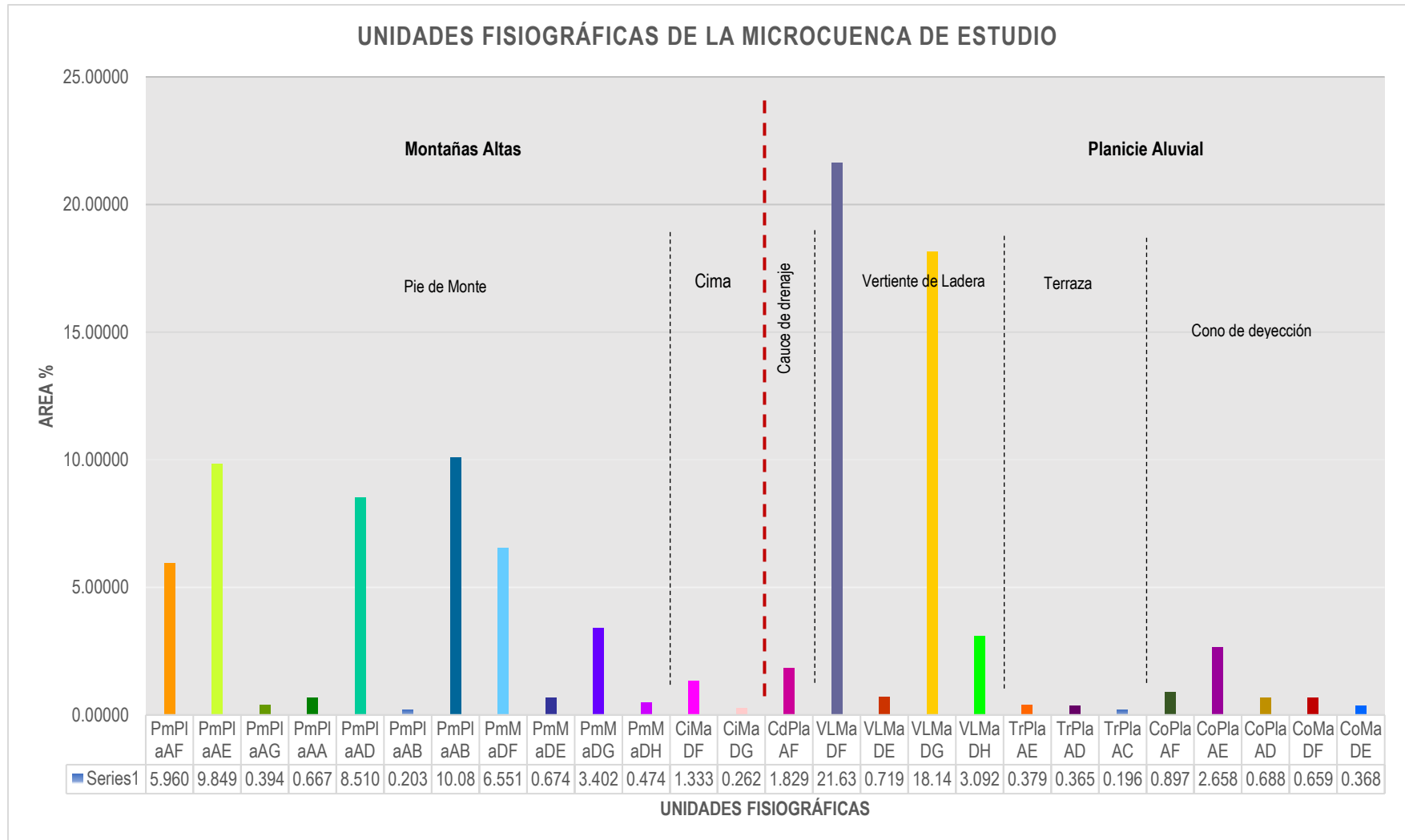
N°	UNIDADES FISIGRÁFICAS	Símbolo	Área Ha	Área Km2	Área %
1	Pie de Monte de Altoplanicie Aluvial Agradacional Empinado	PmPlaAF	84.33	0.84	5.96
2	Pie de Monte de Altoplanicie Aluvial Agradacional Moderadamente Empinado	PmPlaAE	139.25	1.39	9.85
3	Pie de Monte de Altoplanicie Aluvial Agradacional Fuertemente Empinado	PmPlaAG	5.72	0.06	0.39
4	Pie de Monte de Altoplanicie Aluvial Agradacional Allanado	PmPlaAA	9.57	0.10	0.67
5	Pie de Monte de Altoplanicie Aluvial Agradacional Fuertemente Inclinado	PmPlaAD	120.34	1.20	8.51
6	Pie de Monte de Altoplanicie Aluvial Agradacional Ligeramente Inclinado	PmPlaAB	3.03	0.03	0.20
7	Pie de Monte de Altoplanicie Aluvial Agradacional Moderadamente Inclinado	PmPlaAC	142.55	1.43	10.08
8	Pie de Monte de Montañas Altas Denudacional Empinado	PmMaDF	92.67	0.93	6.55
9	Pie de Monte de Montañas Altas Denudacional Moderadamente Empinado	PmMaDE	9.67	0.10	0.67
10	Pie de Monte de Montañas Altas Denudacional Fuertemente Empinado	PmMaDG	48.20	0.48	3.40
11	Pie de Monte de Montañas Altas Denudacional Extremadamente Empinado	PmMaDH	6.85	0.07	0.47
12	Cima de Montañas Altas Denudacional Empinado	CiMaDF	18.98	0.19	1.33
13	Cima de Montañas Altas Denudacional Fuertemente Empinado	CiMaDG	3.85	0.04	0.26
14	Cauce de drenaje de Altoplanicie Aluvial Agradacional Empinado	CdPlaAF	25.98	0.26	1.83
15	Vertiente de Ladera de Montañas Altas Denudacional Empinado	VLMaDF	305.70	3.06	21.63
16	Vertiente de Ladera de Montañas Altas Denudacional Moderadamente Empinado	VLMaDE	10.31	0.10	0.72
17	Vertiente de Ladera de Montañas Altas Denudacional Fuertemente Empinado	VLMaDG	256.42	2.57	18.15
18	Vertiente de Ladera de Montañas Altas Denudacional Extremadamente Empinado	VLMaDH	43.82	0.44	3.09
19	Terraza de Altoplanicie Aluvial Agradacional Moderadamente Empinado	TrPlaAE	5.51	0.06	0.38
20	Terraza de Altoplanicie Aluvial Agradacional Fuertemente Empinado	TrPlaAD	5.31	0.05	0.37
21	Terraza de Altoplanicie Aluvial Agradacional Moderadamente Empinado	TrPlaAC	2.92	0.03	0.20
22	Cono de deyección de Altoplanicie Aluvial Agradacional Empinado	CoPlaAF	12.83	0.13	0.90
23	Cono de deyección de Altoplanicie Aluvial Agradacional Moderadamente Empinado	CoPlaAE	37.69	0.38	2.66
24	Cono de deyección de Altoplanicie Aluvial Agradacional Fuertemente Inclinado	CoPlaAD	9.88	0.10	0.69
25	Cono de deyección de Montañas Altas Denudacional Empinado	CoMaDF	9.45	0.09	0.66
26	Cono de deyección de Montañas Altas Denudacional Moderadamente Empinado	CoMaDE	5.35	0.05	0.37
<b>Total</b>			1416.16	14.16	100.00

**Fuente:** *Elaboración propia.*



**Figura N°09**

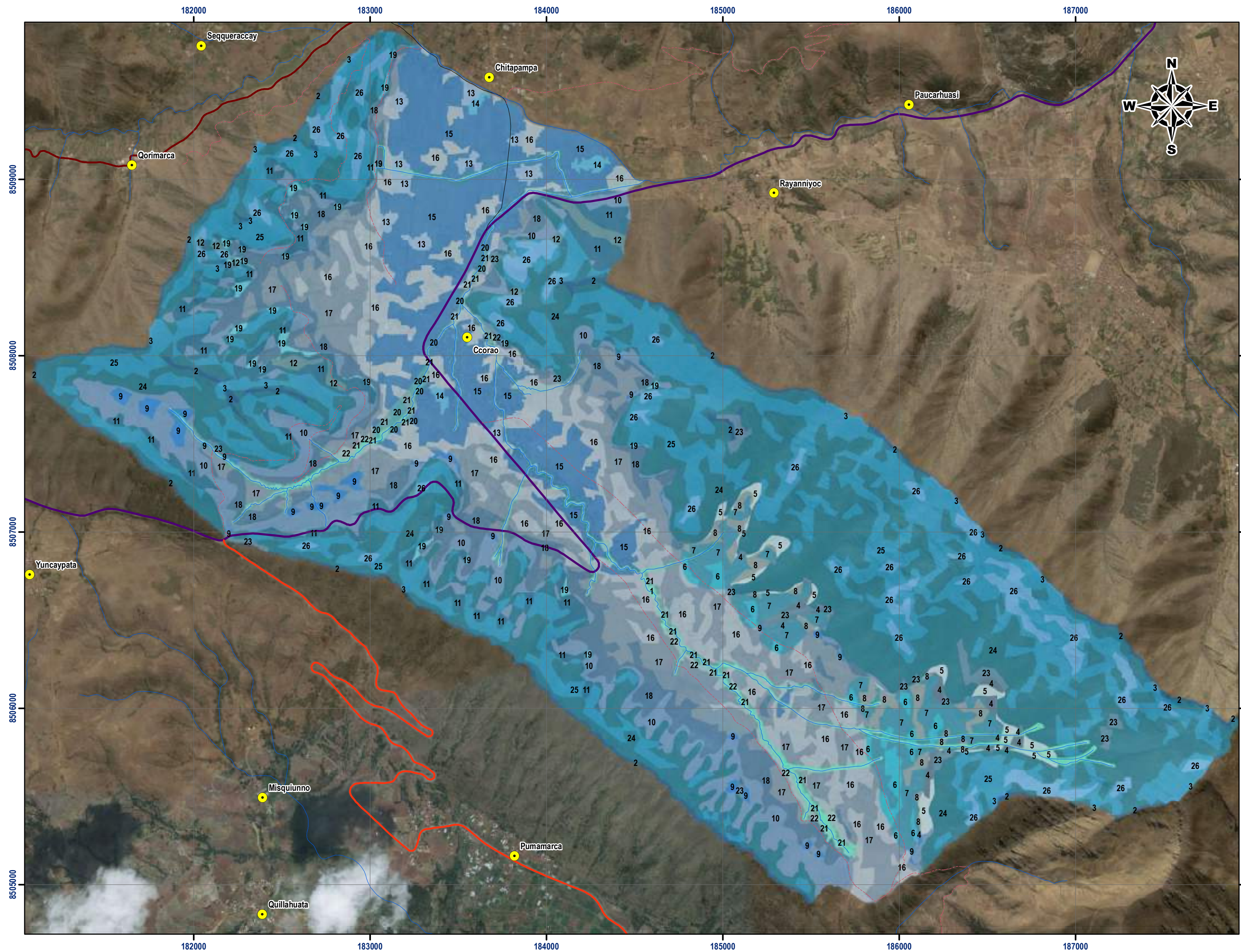
Diagrama de distribución de unidades fisiográficas de la microcuenca de estudio



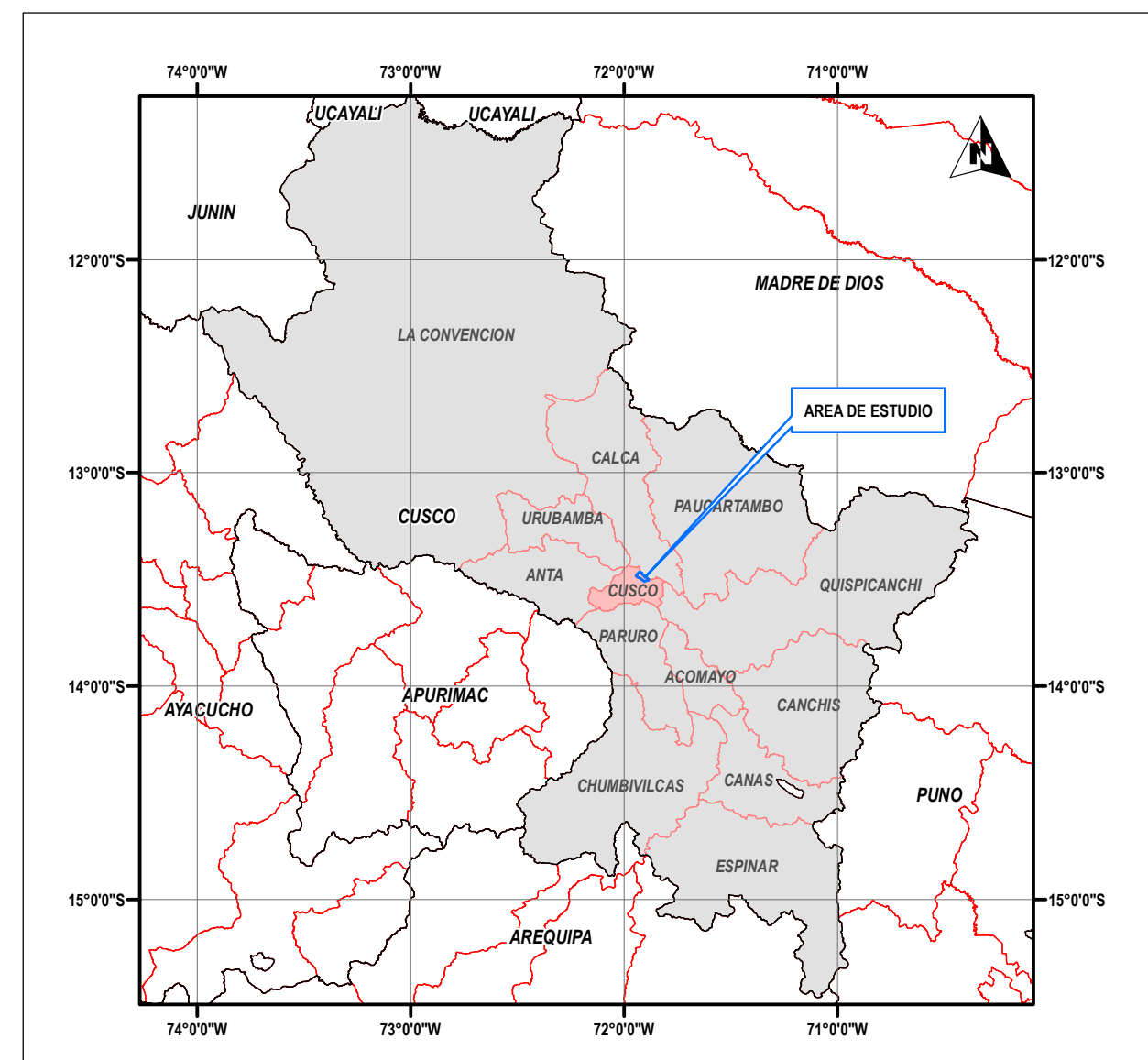
Fuente: Elaboración propia.



# MAPA FISIOGRAFICO DE LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI



## MAPA DE UBICACION REGIONAL

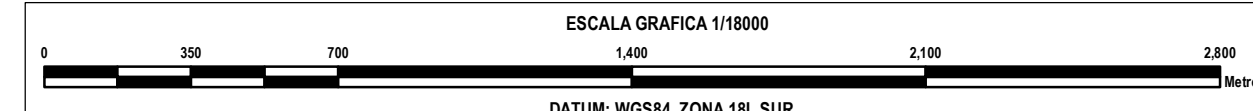
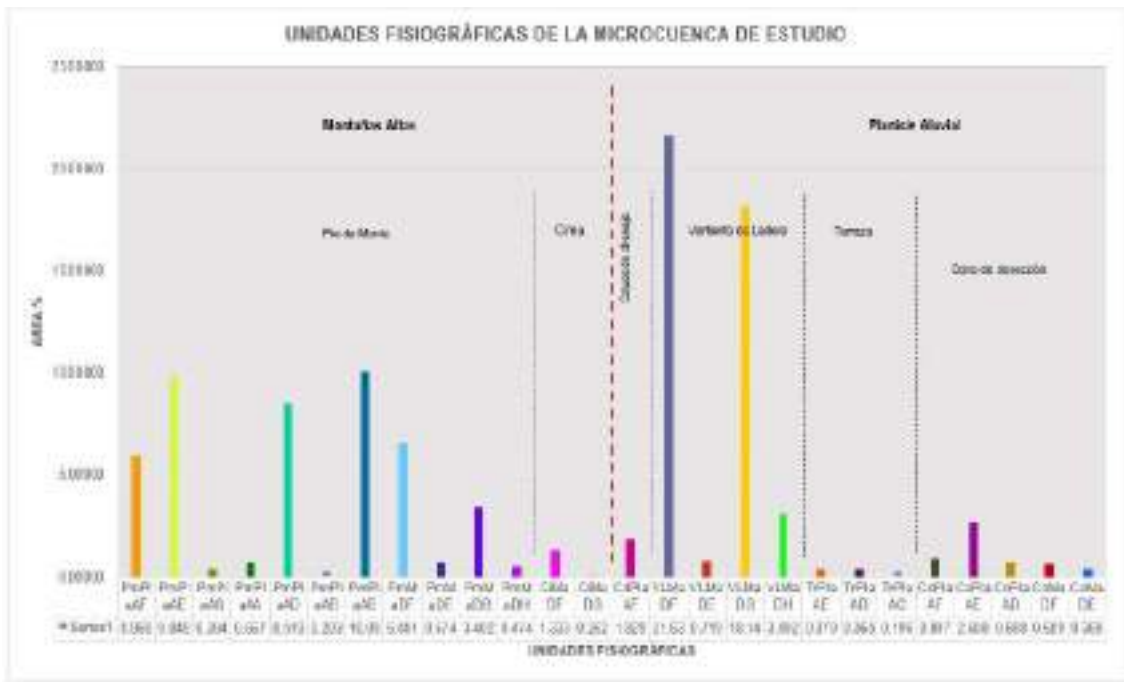


### LEYENDA

Cod	Simbolo	Unidades Fisiograficas	Area		
			Ha	Km <sup>2</sup>	%
1	CdPlaAF	Cauce de drenaje de Altoplanicie Aluvial Agradacional Empinado	25.9000	0.2598	1.83
2	CiMaDF	Cima de Montañas Altas Denudacional Empinado	18.9778	0.1898	1.33
3	CiMaDG	Cima de Montañas Altas Denudacional Fuertemente Empinado	3.8468	0.0385	0.26
4	CoMaDE	Cono de deyeccion de Montañas Altas Denudacional Moderadamente Empinado	5.3499	0.0535	0.37
5	CoMaDF	Cono de deyeccion de Montañas Altas Denudacional Empinado	9.4538	0.0945	0.66
6	CoPlaAD	Cono de deyeccion de Altoplanicie Aluvial Agradacional Fuertemente Inclinado	9.8761	0.0988	0.69
7	CoPlaAE	Cono de deyeccion de Altoplanicie Aluvial Agradacional Moderadamente Empinado	37.6935	0.3769	2.66
8	CoPlaAF	Cono de deyeccion de Altoplanicie Aluvial Agradacional Empinado	12.8258	0.1283	0.89
9	PmMaDE	Pie de Monte de Montañas Altas Denudacional Moderadamente Empinado	9.6662	0.0967	0.67
10	PmMaDF	Pie de Monte de Montañas Altas Denudacional Empinado	92.6710	0.9267	6.55
11	PmMaDG	Pie de Monte de Montañas Altas Denudacional Fuertemente Empinado	48.1965	0.4819	3.40
12	PmMaDH	Pie de Monte de Montañas Altas Denudacional Extremadamente Empinado	6.8499	0.0685	0.47
13	PmPlaAA	Pie de Monte de Altoplanicie Aluvial Agradacional Allanado	9.5747	0.0957	0.67
14	PmPlaAB	Pie de Monte de Altoplanicie Aluvial Agradacional Ligeramente Inclinado	3.0252	0.0303	0.20
15	PmPlaAC	Pie de Monte de Altoplanicie Aluvial Agradacional Moderadamente Inclinado	142.5523	1.4255	10.08
16	PmPlaAD	Pie de Monte de Altoplanicie Aluvial Agradacional Fuertemente Inclinado	120.3407	1.2034	8.51
17	PmPlaAE	Pie de Monte de Altoplanicie Aluvial Agradacional Moderadamente Empinado	139.2532	1.3925	9.85
18	PmPlaAF	Pie de Monte de Altoplanicie Aluvial Agradacional Empinado	84.3292	0.8432	5.96
19	PmPlaAG	Pie de Monte de Altoplanicie Aluvial Agradacional Fuertemente Empinado	5.7185	0.0572	0.39
20	TrPlaAC	Terraza de Altoplanicie Aluvial Agradacional Moderadamente Empinado	2.9150	0.0292	0.19
21	TrPlaAD	Terraza de Altoplanicie Aluvial Agradacional Fuertemente Empinado	5.3084	0.0531	0.37
22	TrPlaAE	Terraza de Altoplanicie Aluvial Agradacional Moderadamente Empinado	5.5055	0.0551	0.37
23	VLMaDE	Vertiente de Ladera de Montañas Altas Denudacional Moderadamente Empinado	10.3099	0.1031	0.72
24	VLMaDF	Vertiente de Ladera de Montañas Altas Denudacional Empinado	305.6975	3.0569	21.63
25	VLMaDG	Vertiente de Ladera de Montañas Altas Denudacional Fuertemente Empinado	256.4224	2.5644	18.15
26	VLMaDH	Vertiente de Ladera de Montañas Altas Denudacional Extremadamente Empinado	43.8235	0.4382	3.09
Total			1416.1632	14.1616	100.00

### SIMBOLOGIA

- COMUNIDADES
- MICROCUENCA CCORAO-MANDORANI
- DRENAJE
- CURVAS DE NIVEL 15m
- CALLE PAVIMENTADA-CCORAO-HUILLCAPATA
- CARRETERA AFIRMADA HUILLCAPATA
- TROCHA CARROZOBLE
- VIA ASFALTADA CUSCO PISAC
- VIA ASFALTADA ENACO PUMAMARCA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
	TESIS: ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022		
MAPA FISIOGRAFICO			MAPA: MP-04
ASESOR: ELABORADO POR:	MGT.ING.FREDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO BACH.CARLOS LOPEZ DE LA TORRE	UBICACION SECTOR: DISTRITO:	CCORAO-MANDORANI SAN SEBASTIAN
PROYECCION: DATUM HORIZONTAL: HUSO Y ZONA:	SISTEMA DE COORDENADAS UTM WGS84 19L SUR	PROVINCIA: REGION:	CUSCO CUSCO
ESCALA DE IMPRESION:	A-2	ESCALA: 1:18000	FECHA: AGOSTO 2022





Descripción de las unidades fisiográficas de la microcuenca de Ccorao-Mandorani

#### **A. CAUCE DE DRENAJE**

Representa una unidad fisiográfica caracterizada por ser un sistema natural de transporte por gravedad de agua, sedimentos o contaminantes formada por ríos, lagos y corrientes de agua subterránea (proporcionada por agua de lluvia o nieve derretida). Posee una extensión de 25.9800 Ha y representa un 1.8291% de la superficie total de la microcuenca, y se ubica en una Altoplanicie aluvial con pendiente empinada generalmente con un ambiente morfogénético agradacional.

#### **Fotografía N°01**

*Foto de la unidad fisiográfica cauce de drenaje al noreste de la microcuenca*



#### **B. CIMA DE MONTAÑAS ALTAS DENUDACIONALES**

Representa una unidad fisiográfica caracterizada por ser el punto más elevado de una montaña. Posee una extensión de 22.5320 Ha y representa un 1.5953% de la superficie total de la microcuenca, y se ubica en las montañas altas con pendiente empinada a fuertemente empinada con un ambiente morfogénético denudacional.





## Fotografía N°02

*Foto de las unidades fisiográficas al norte de la microcuenca*



### **C. CONO DE DEYECCION DE MONTAÑAS Y ALTOPLANICIE**

Representa una unidad fisiográfica que se caracteriza por un perfil cónico o en forma de abanico en la vista en planta y se genera al final de zonas torrenciales, en las zonas de pie de monte, donde la pendiente de las laderas enlaza con una zona llana. Posee una extensión de 74.4679 Ha y representa un 5.2726 % de la superficie total de la microcuenca, y se ubica en altoplanicies aluvial y montañas altas con pendientes empinadas a moderadamente empinadas con un ambiente morfogénético denudacional y agradacional.

### **D. PIE DE MONTE DE MONTAÑAS Y ALTOPLANICIES**

Representa una unidad fisiográfica que se refiere a la parte baja de una montaña. Posee una extensión de 660.5686 Ha y representa un 46.7705 % de la superficie total de la microcuenca, se ubica en altoplanicies aluviales y montañas altas con pendientes allanadas a extremadamente empinadas con un ambiente morfogénético denudacional y agradacional.



### Fotografía N°03

*Foto de las unidades fisiográficas al noreste de la microcuenca*



### E. TERRAZAS DE ALTOPLANICIES

Representa una unidad fisiográfica que se ubica en las riberas de los cauces de drenaje como depósitos de materiales transportados por cursos de agua formados por lluvias. Posee una extensión de 13.2902 Ha y representa un 0.9410 % de la superficie total de la microcuenca, se ubica en altoplanicies aluviales y montañas altas con pendientes moderadas a fuertemente empinadas con un ambiente morfogenético agradacionales.

### Fotografía N°04

*Foto de la unidad fisiográfica de terraza al noreste de la microcuenca*





## F. VERTIENTE DE LADERA DE MONTAÑAS ALTAS

Representa una unidad fisiográfica que se caracteriza por tener un relieve accidentado por efectos de erosión y fuertes pendientes. Posee una extensión de 615.6682 Ha y representa un 43.5914 % de la superficie total de la microcuenca, se ubica en altoplanicies aluviales con pendientes moderadamente empinados a extremadamente empinados con un ambiente morfogenético denudacionales.

### Fotografía N°05

*Foto de la unidad fisiográfica de vertiente de ladera al noreste de la microcuenca.*

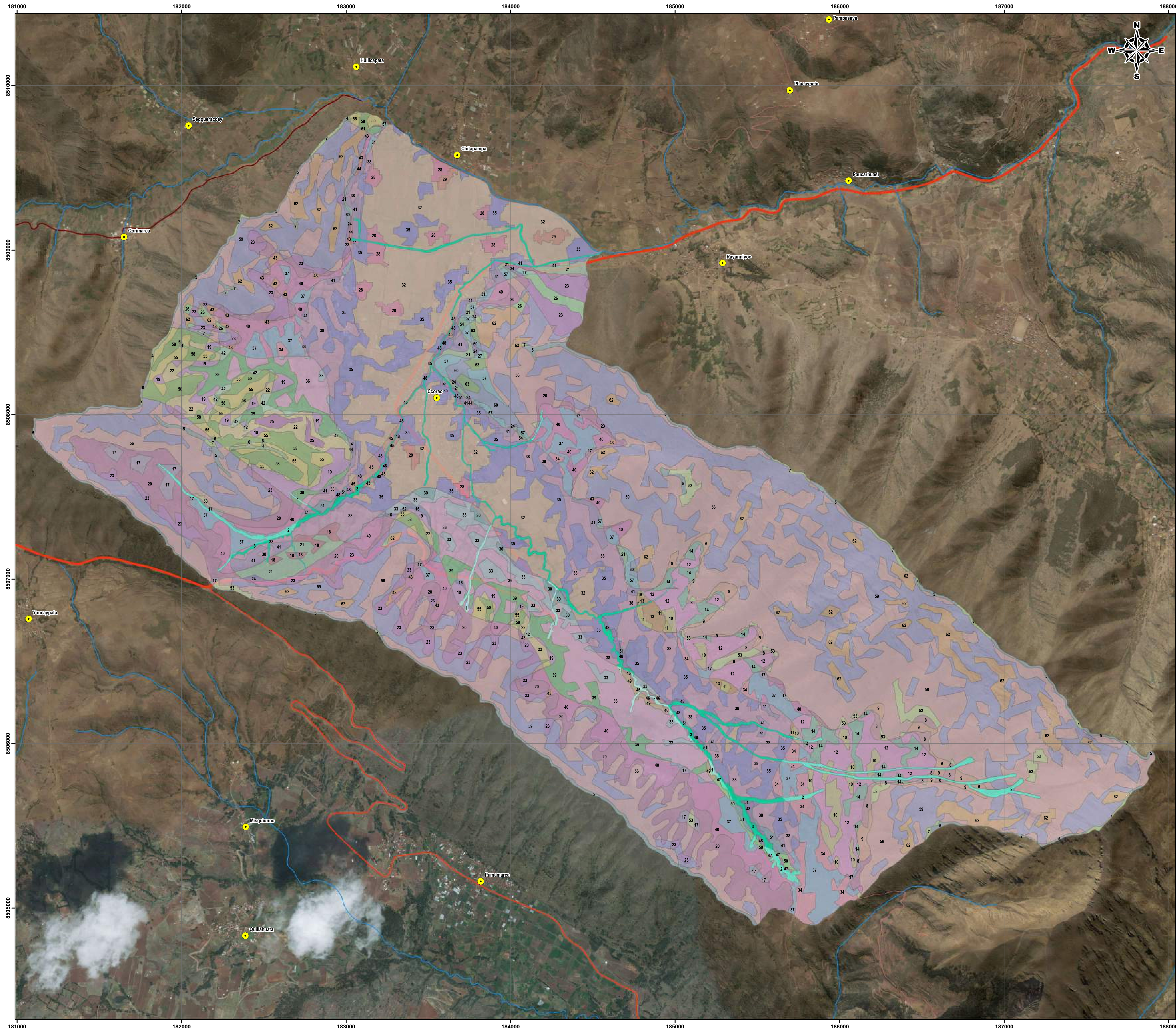


### 3.2.1.8. GEOMORFOLOGIA DE LA MICROCUENCA DE CCORAO MANDORANI

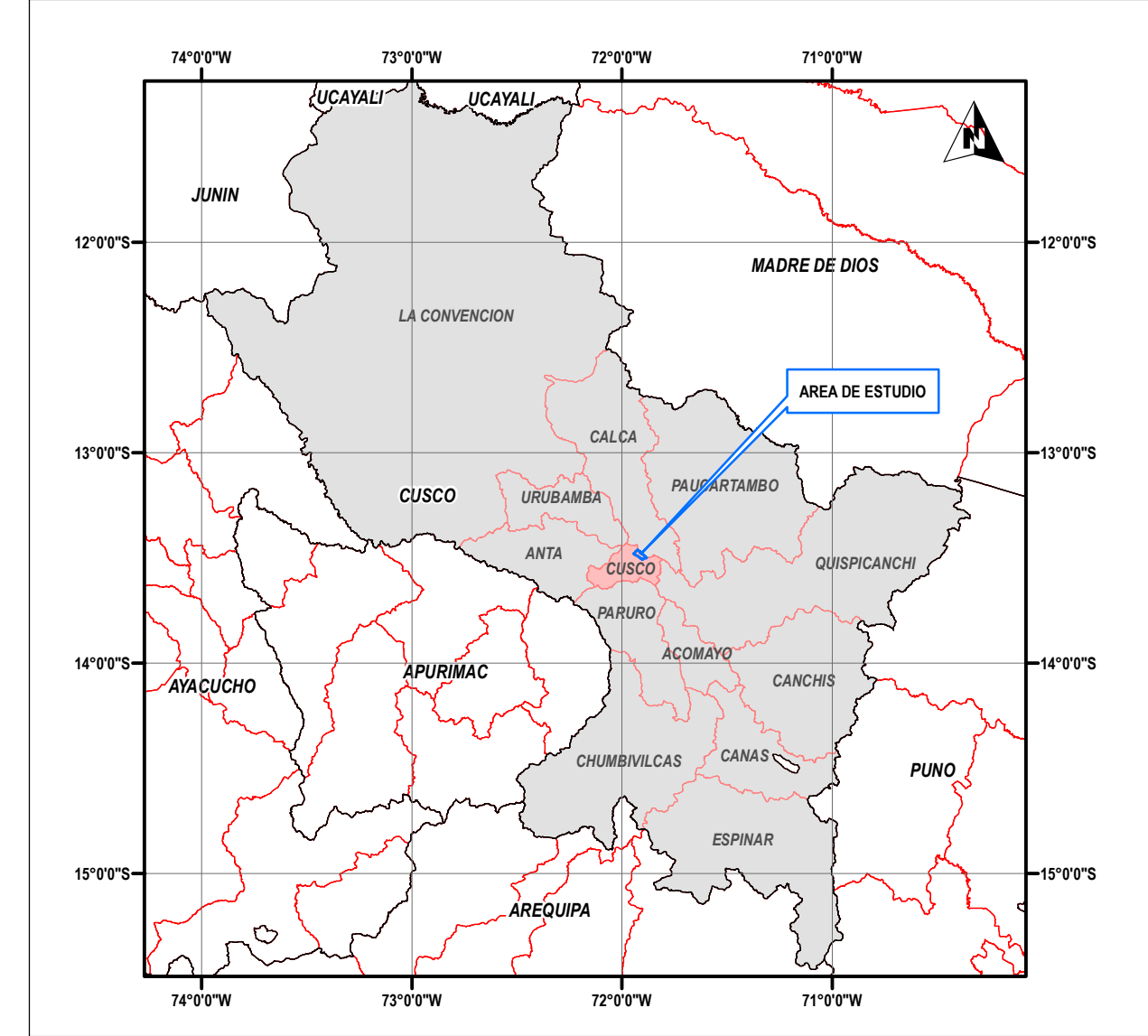
La geomorfología de la microcuenca de Ccorao-Mandorani se generó en base al mapa fisiográfico integrado con la litología de la zona del lugar. A continuación, se muestra el mapa geomorfológico y la tabla de las unidades geomorfológicas con las dimensiones de la unidad expresado en kilómetros cuadrados y hectáreas como su porcentaje con respecto a la microcuenca.



# MAPA GEOMORFOLÓGICO DE LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI



## MAPA DE UBICACION REGIONAL

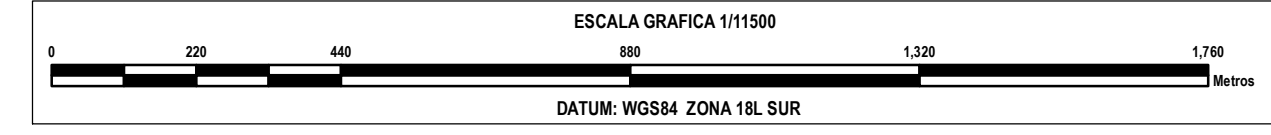


## LEYENDA

Cod	Simbolo	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS
1	CuPAAKPA	Cauce de drenaje de Altiplano Aluvial Agrícola/ Empiempo Andino caudoso con laderas rígidas laminadas en capas delgadas
2	CuPAAFP	Cauce de drenaje de Altiplano Aluvial Agrícola/ Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
3	CuPAAFO	Cauce de drenaje de Altiplano Aluvial Agrícola/ Empiempo Andino acumulación de grava, arena, limo y arcilla con canales subterráneos a angostos de diferente composición
4	CMKAP	Cima de Montañas Altas Derivacional/ Empiempo Andino caudoso con laderas rígidas laminadas en capas delgadas
5	CMKAPF	Cima de Montañas Altas Derivacional/ Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
6	CMKAPM	Cima de Montañas Altas Derivacional/ Fuertemente Empiempo Andino caudoso con laderas rígidas laminadas en capas delgadas
7	CMKAPM	Cima de Montañas Altas Derivacional/ Fuertemente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
8	CMKAPM	Cima de dirección de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
9	CMKAPM	Cima de dirección de Montañas Altas Derivacional/ Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
10	CMKAPM	Cima de dirección de Altiplano Aluvial Agrícola/ Fuertemente Inclinado/ Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
11	CMKAPM	Cima de dirección de Altiplano Aluvial Agrícola/ Moderadamente Inclinado/ Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
12	CMKAPM	Cima de dirección de Altiplano Aluvial Agrícola/ Moderadamente Inclinado/ Empiempo Andino acumulación de grava, arena, limo y arcilla con canales subterráneos a angostos de diferente composición
13	CMKAPM	Cima de dirección de Altiplano Aluvial Agrícola/ Moderadamente Inclinado/ Empiempo Andino acumulación de grava, arena, limo y arcilla con canales subterráneos a angostos de diferente composición
14	CMKAPM	Cima de dirección de Altiplano Aluvial Agrícola/ Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
15	CMKAPM	Cima de dirección de Altiplano Aluvial Agrícola/ Empiempo Andino acumulación de grava, arena, limo y arcilla con canales subterráneos a angostos de diferente composición
16	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
17	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
18	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
19	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
20	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
21	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
22	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
23	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
24	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
25	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
26	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
27	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
28	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
29	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
30	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
31	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
32	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
33	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
34	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
35	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
36	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
37	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
38	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
39	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
40	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
41	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
42	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
43	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
44	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
45	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
46	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
47	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
48	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
49	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
50	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
51	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
52	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
53	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
54	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
55	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
56	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
57	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
58	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
59	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
60	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
61	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas
62	CMKAPM	Pi de Montañas Altas Derivacional/ Moderadamente Empiempo Andino beige frías y arenosas rígidas

## SIMBOLÓGIA

- COMUNIDADES
- MICROCUENCA CCORAO-MANDORANI
- DRENAJE
- CALLE PAVIMENTADA CCORAO-HUILCAPATA
- CARRETERA AFIRMADA HUILCAPATA
- TROCHA CARROZIBLE
- VIA ASFALTADA CUSCO PISAC
- VIA ASFALTADA ENACO PUMAMARCA



	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
	TESIS: ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDROICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022		
MAPA GEOMORFOLÓGICO		ASesor: MGT. ING. FREDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO	UBICACION: CCORAO-MANDORANI
ELABORADO POR: BACH. CARLOS LOPEZ DE LA TORRE		SISTEMA DE COORDENADAS: UTM WGS84 19L Sur	LAMINA: <b>5/28</b>
PROYECCION: DATUM HORIZONTAL: HUSO Y ZONA:		REGION: CUSCO	ESCALA: 1:11500
ESCALA DE IMPRESION: A-1		FECHA: AGOSTO 2022	





**Tabla 8**

*Tabla de unidades geomorfológicas*

N°	UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	Símbolo	Área (Ha)	Área Km2	Área %
1	Pie de Monte de Altoplanicie Aluvial Agradacional Empinado Acumulación de grava, arena, limo y arcilla con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición.	PmPlaAFQh-al	13.1134	0.1311	0.92420
2	Pie de Monte de Altoplanicie Aluvial Agradacional Empinado Arenisca cuarzosa con lodolitas rojizas laminadas en capas delgadas	PmPlaAFKsP-a	23.9794	0.2398	1.69355
3	Pie de Monte de Altoplanicie Aluvial Agradacional Empinado Arenisca beige friable y limoarcillitas rojizas	PmPlaAFP-m	47.2713	0.4727	3.34270
4	Pie de Monte de Altoplanicie Aluvial Agradacional Moderadamente Empinado Acumulación de grava, arena, limo y arcilla con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición.	PmPlaAEQh-al	57.4079	0.5741	4.06040
5	Pie de Monte de Altoplanicie Aluvial Agradacional Moderadamente Empinado Arenisca cuarzosa con lodolitas rojizas laminadas en capas delgadas	PmPlaAEKsP-a	43.9601	0.4396	3.10825
6	Pie de Monte de Altoplanicie Aluvial Agradacional Moderadamente Empinado Arenisca beige friable y limoarcillitas rojizas	PmPlaAEP-m	37.9200	0.3792	2.68059
7	Pie de Monte de Altoplanicie Aluvial Agradacional Fuertemente Empinado Acumulación de grava, arena, limo y arcilla con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición.	PmPlaAGQh-al	0.4688	0.0047	0.02892
8	Pie de Monte de Altoplanicie Aluvial Agradacional Fuertemente Empinado Arenisca cuarzosa con lodolitas rojizas laminadas en capas delgadas	PmPlaAGKsP-a	2.6148	0.0261	0.18086
9	Pie de Monte de Altoplanicie Aluvial Agradacional Fuertemente Empinado Arenisca beige friable y limoarcillitas rojizas	PmPlaAGP-m	2.6696	0.0267	0.18474
10	Pie de Monte de Altoplanicie Aluvial Agradacional Allanado Acumulación de grava, arena, limo y arcilla con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición.	PmPlaAQh-al	9.4888	0.0949	0.66757
11	Pie de Monte de Altoplanicie Aluvial Agradacional Fuertemente Inclinado Acumulación de grava, arena, limo y arcilla con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición.	PmPlaADQh-al	92.9136	0.9291	6.57433
12	Pie de Monte de Altoplanicie Aluvial Agradacional Fuertemente Inclinado Arenisca cuarzosa con lodolitas rojizas laminadas en capas delgadas	PmPlaADKsP-a	14.4157	0.1442	1.01641
13	Pie de Monte de Altoplanicie Aluvial Agradacional Fuertemente Inclinado Arenisca beige friable y limoarcillitas rojizas	PmPlaADP-m	13.0462	0.1305	0.91944
14	Pie de Monte de Altoplanicie Aluvial Agradacional Ligeramente Inclinado Acumulación de grava, arena, limo y arcilla con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición.	PmPlaABQh-al	2.9393	0.0294	0.20384



15	Pie de Monte de Altoplanicie Aluvial Agradacional Moderadamente Inclinado Acumulación de grava, arena, limo y arcilla con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición.	PmPlaACQh-al	139.3069	1.3931	9.85913
16	Pie de Monte de Altoplanicie Aluvial Agradacional Moderadamente Inclinado Arenisca cuarzosa con lodolitas rojizas laminadas en capas delgadas	PmPlaACKsP-a	3.0464	0.0305	0.21142
17	Pie de Monte de Altoplanicie Aluvial Agradacional Moderadamente Inclinado Arenisca beige friable y limoarcillitas rojizas	PmPlaACP-m	0.2339	0.0023	0.01229
18	Pie de Monte de Montañas Altas Denudacional Empinado Acumulación de grava, arena, limo y arcilla con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición.	PmMaDFQh-al	11.0898	0.1109	0.78092
19	Pie de Monte de Montañas Altas Denudacional Empinado Arenisca cuarzosa con lodolitas rojizas laminadas en capas delgadas	PmMaDFKsP-a	14.3298	0.1433	1.01033
20	Pie de Monte de Montañas Altas Denudacional Empinado Arenisca beige friable y limoarcillitas rojizas	PmMaDFP-m	67.2862	0.6729	4.75982
21	Pie de Monte de Montañas Altas Denudacional Moderadamente Empinado Acumulación de grava, arena, limo y arcilla con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición.	PmMaDEQh-al	2.5678	0.0257	0.17753
22	Pie de Monte de Montañas Altas Denudacional Moderadamente Empinado Arenisca beige friable y limoarcillitas rojizas	PmMaDEP-m	6.2409	0.0624	0.43760
23	Pie de Monte de Montañas Altas Denudacional Moderadamente Empinado Arenisca cuarzosa con lodolitas rojizas laminadas en capas delgadas	PmMaDEKsP-a	0.8923	0.0089	0.05891
24	Pie de Monte de Montañas Altas Denudacional Fuertemente Empinado Acumulación de grava, arena, limo y arcilla con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición.	PmMaDGQh-al	1.6342	0.0163	0.11144
25	Pie de Monte de Montañas Altas Denudacional Fuertemente Empinado Arenisca cuarzosa con lodolitas rojizas laminadas en capas delgadas	PmMaDGKsP-a	13.5863	0.1359	0.95768
26	Pie de Monte de Montañas Altas Denudacional Fuertemente Empinado Arenisca beige friable y limoarcillitas rojizas	PmMaDGP-m	33.0108	0.3301	2.33300
27	Pie de Monte de Montañas Altas Denudacional Extremadamente Empinado Acumulación de grava, arena, limo y arcilla con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición.	PmMaDHQh-al	0.5542	0.0055	0.03497
28	Pie de Monte de Montañas Altas Denudacional Extremadamente Empinado Arenisca cuarzosa con lodolitas rojizas laminadas en capas delgadas	PmMaDHKsP-a	2.2292	0.0223	0.15356
29	Pie de Monte de Montañas Altas Denudacional Extremadamente Empinado Arenisca beige friable y limoarcillitas rojizas	PmMaDHP-m	4.1013	0.0410	0.28612
30	Cima de Montañas Altas Denudacional Empinado Arenisca cuarzosa con lodolitas rojizas laminadas en capas delgadas	CiMaDFKsP-a	1.4735	0.0147	0.10005
31	Cima de Montañas Altas Denudacional Empinado Arenisca beige friable y limoarcillitas rojizas	CiMaDFP-m	17.4788	0.1748	1.23328





32	Cima de Montañas Altas Denudacional Fuertemente Empinado Arenisca cuarzosa con lodolitas rojizas laminadas en capas delgadas	<b>CiMaDGKsP-a</b>	0.2695	0.0027	0.01481
33	Cima de Montañas Altas Denudacional Fuertemente Empinado Arenisca beige friable y limoarcillitas rojizas	<b>CiMaDGP-m</b>	3.5517	0.0355	0.24720
34	Cauce de drenaje de Altoplanicie Aluvial Agradacional Empinado Acumulación de grava, arena, limo y arcilla con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición.	<b>CdPlaAFQh-al</b>	14.0690	0.1407	0.99186
35	Cauce de drenaje de Altoplanicie Aluvial Agradacional Empinado Arenisca cuarzosa con lodolitas rojizas laminadas en capas delgadas	<b>CdPlaAFKsP-a</b>	2.5354	0.0254	0.17524
36	Cauce de drenaje de Altoplanicie Aluvial Agradacional Empinado Arenisca beige friable y limoarcillitas rojizas	<b>CdPlaAFP-m</b>	9.4104	0.0941	0.66201
37	Vertiente de Ladera de Montañas Altas Denudacional Empinado Acumulación de grava, arena, limo y arcilla con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición.	<b>VLMaDFQh-al</b>	5.9281	0.0593	0.41546
38	Vertiente de Ladera de Montañas Altas Denudacional Empinado Arenisca cuarzosa con lodolitas rojizas laminadas en capas delgadas	<b>VLMaDFKsP-a</b>	13.5829	0.1358	0.95744
39	Vertiente de Ladera de Montañas Altas Denudacional Empinado Arenisca beige friable y limoarcillitas rojizas	<b>VLMaDFP-m</b>	286.2213	2.8622	20.2612
40	Vertiente de Ladera de Montañas Altas Denudacional Moderadamente Empinado Acumulación de grava, arena, limo y arcilla con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición.	<b>VLMaDEQh-al</b>	0.5558	0.0056	0.03508
41	Vertiente de Ladera de Montañas Altas Denudacional Moderadamente Empinado Arenisca beige friable y limoarcillitas rojizas	<b>VLMaDEP-m</b>	9.7207	0.0972	0.68399
42	Vertiente de Ladera de Montañas Altas Denudacional Moderadamente Empinado Arenisca cuarzosa con lodolitas rojizas laminadas en capas delgadas	<b>VLMaDEKsP-a</b>	0.0682	0.0007	0.00056
43	Vertiente de Ladera de Montañas Altas Denudacional Fuertemente Empinado Acumulación de grava, arena, limo y arcilla con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición.	<b>VLMaDGQh-al</b>	5.1305	0.0513	0.35898
44	Vertiente de Ladera de Montañas Altas Denudacional Fuertemente Empinado Arenisca cuarzosa con lodolitas rojizas laminadas en capas delgadas	<b>VLMaDGKsP-a</b>	20.0240	0.2002	1.41350
45	Vertiente de Ladera de Montañas Altas Denudacional Fuertemente Empinado Arenisca beige friable y limoarcillitas rojizas	<b>VLMaDGP-m</b>	231.3027	2.3130	16.3727
46	Vertiente de Ladera de Montañas Altas Denudacional Extremadamente Empinado Acumulación de grava, arena, limo y arcilla con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición.	<b>VLMaDHQh-al</b>	2.0729	0.0207	0.14250
47	Vertiente de Ladera de Montañas Altas Denudacional Extremadamente Empinado Arenisca cuarzosa con lodolitas rojizas laminadas en capas delgadas	<b>VLMaDHKsP-a</b>	0.0839	0.0008	0.00167
48	Vertiente de Ladera de Montañas Altas Denudacional Extremadamente Empinado Arenisca beige friable y limoarcillitas rojizas	<b>VLMaDHP-m</b>	41.7014	0.4170	2.94833



49	Terraza de Altoplanicie Aluvial Agradacional Moderadamente Empinado Acumulación de grava, arena, limo y arcilla con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición.	TrPlaAEQh-al	2.7959	0.0280	0.19369
50	Terraza de Altoplanicie Aluvial Agradacional Moderadamente Empinado Arenisca beige friable y limoarcillitas rojizas	TrPlaAEP-m	1.4649	0.0147	0.09944
51	Terraza de Altoplanicie Aluvial Agradacional Moderadamente Empinado Arenisca cuarzosa con lodolitas rojizas laminadas en capas delgadas	TrPlaAEKsP-a	1.2795	0.0128	0.08632
52	Terraza de Altoplanicie Aluvial Agradacional Fuertemente Empinado Acumulación de grava, arena, limo y arcilla con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición.	TrPlaADQh-al	4.4437	0.0444	0.31036
53	Terraza de Altoplanicie Aluvial Agradacional Fuertemente Empinado Arenisca beige friable y limoarcillitas rojizas	TrPlaADP-m	0.2405	0.0024	0.01275
54	Terraza de Altoplanicie Aluvial Agradacional Fuertemente Empinado Arenisca cuarzosa con lodolitas rojizas laminadas en capas delgadas	TrPlaADKsP-a	0.6590	0.0066	0.04238
55	Terraza de Altoplanicie Aluvial Agradacional Moderadamente Empinado Acumulación de grava, arena, limo y arcilla con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición.	TrPlaACQh-al	2.8292	0.0283	0.19604
56	Cono de deyección de Altoplanicie Aluvial Agradacional Empinado Acumulación de grava, arena, limo y arcilla con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición.	CoPlaAFQh-al	0.1894	0.0019	0.00914
57	Cono de deyección de Altoplanicie Aluvial Agradacional Empinado Arenisca beige friable y limoarcillitas rojizas	CoPlaAFP-m	12.6109	0.1261	0.88862
58	Cono de deyección de Altoplanicie Aluvial Agradacional Moderadamente Empinado Acumulación de grava, arena, limo y arcilla con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición.	CoPlaAEQh-al	2.5844	0.0258	0.17871
59	Cono de deyección de Altoplanicie Aluvial Agradacional Moderadamente Empinado Arenisca beige friable y limoarcillitas rojizas	CoPlaAEP-m	35.0836	0.3508	2.47977
60	Cono de deyección de Altoplanicie Aluvial Agradacional Fuertemente Inclinado Acumulación de grava, arena, limo y arcilla con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición.	CoPlaADQh-al	1.4419	0.0144	0.09782
61	Cono de deyección de Altoplanicie Aluvial Agradacional Fuertemente Inclinado Arenisca beige friable y limoarcillitas rojizas	CoPlaADP-m	8.4087	0.0841	0.59109
62	Cono de deyección de Montañas Altas Denudacional Empinado Arenisca beige friable y limoarcillitas rojizas	CoMaDFP-m	9.3679	0.0937	0.65901
63	Cono de deyección de Montañas Altas Denudacional Moderadamente Empinado Arenisca beige friable y limoarcillitas rojizas	CoMaDEP-m	5.2640	0.0526	0.36844
TOTAL			1416.1632	14.1616	100

**Fuente:** Elaboración propia



## CAPITULO IV GEOLOGIA Y ESTRATIGRAFIA

### 4.1. GEOLOGIA REGIONAL

Regionalmente la zona de estudio, de acuerdo a Carlotto et al. (1996), así como a Carlotto y Cárdenas (2003), alberga las formaciones Muñani (Kayra), Ausangate (Chilca), también como Depósitos Aluviales y está ubicado en el medio de las fallas Tambomachay, Qoricocha y Pachatusan. La zona de estudio regionalmente está conformada por rocas sedimentarias detríticas de grano fino a medio y rocas sedimentarias químicas que presentan diversos espesores de centímetros a metros en algunos casos, los cuales fueron depositados en las edades del Paleógeno y Cuaternario, a los alrededores de la microcuenca se encuentran rocas volcánicas y también secuencias de rocas sedimentarias detríticas como químicas.

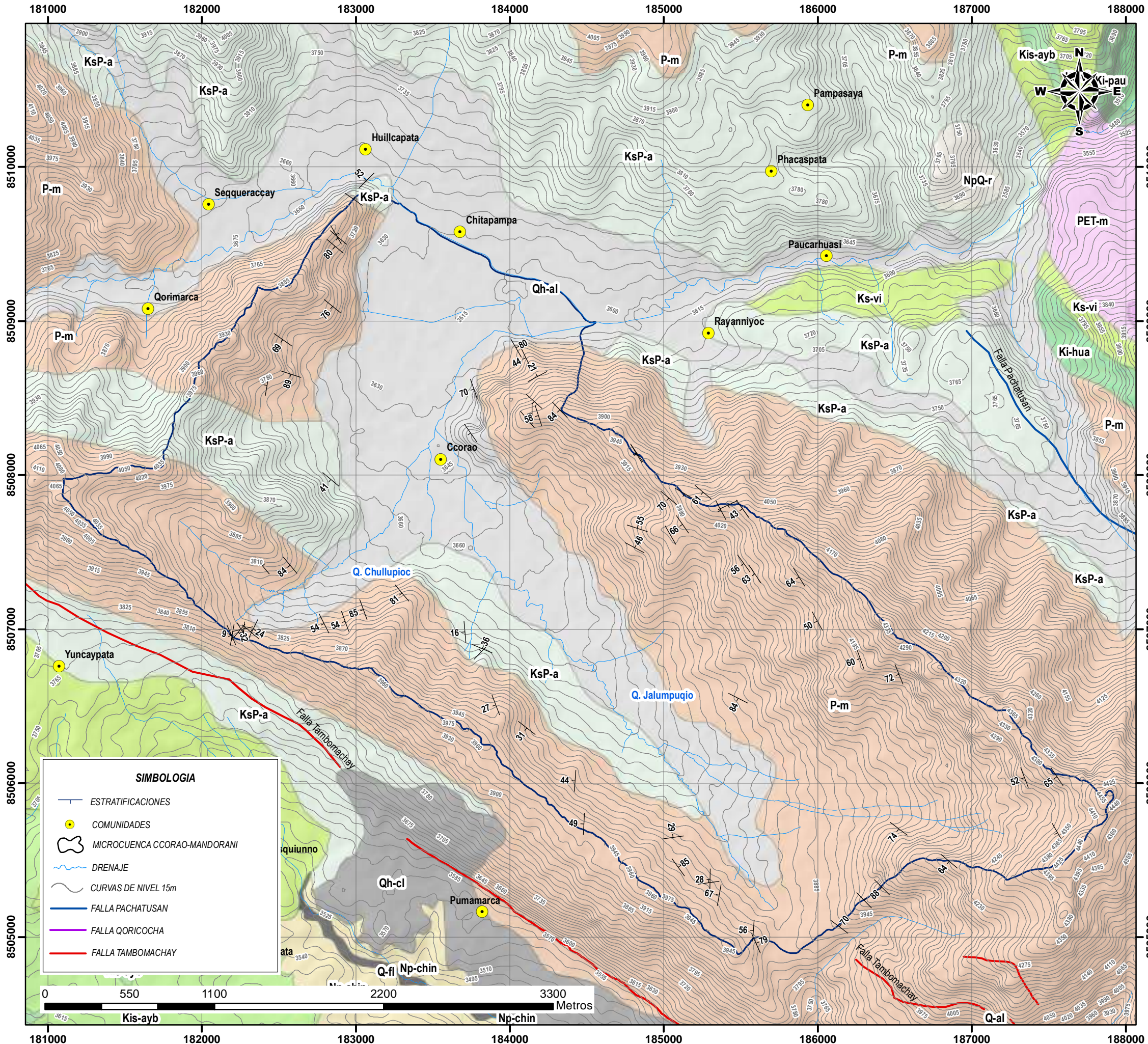
#### Fotografía N°06

*Vista SW-NE zona de estudio delimitando las formaciones geológicas regionales*



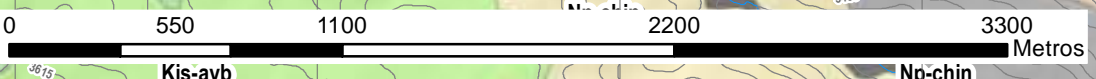


# MAPA GEOLOGICO REGIONAL DE LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI



**SIMBOLOGIA**

- ESTRATIFICACIONES
- COMUNIDADES
- MICROCUENCA CCORAO-MANDORANI
- DRENAJE
- CURVAS DE NIVEL 15m
- FALLA PACHATUSAN
- FALLA QORICOCHA
- FALLA TAMBOMACHAY



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



**TESIS:**  
 ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022



ERATEMA	SISTEMA	SERIE	GEORONOLOGIA	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	LEYENDA
CUATERNARIO	ALUVIAL	ALUVIAL	ALUVIAL	Qh-al	Depósito aluvial
				Q-cl	Depósito coluvial
				Q-fl	Depósito fluvial
CENOZOICO	MODERNO	ALUVIAL	ALUVIAL	NpQ-r	Formación Rumicolca
				Np-chin	Formación Chincheros
MESOZOICO	SUPERIOR	TRIASICO	TRIASICO	P-m	Formación Muñani
				KsP-a	Formación Auzangate
PALEOZOICO	MAYO	MAYO	MAYO	Ks-vi	Formación Vilquechico
				Ks-puq	Formación Puquín
				Kis-ayb	Formación Ayabacas
				Kis-ma	Formación Maras
				Ki-pau	Formación Paucarhamba
				Ki-hua	Formación Huanacán
PALEOZOICO	MAYO	MAYO	MAYO	PET-m	Grupo Mitu
				PEC-c	Grupo Copacabana

**MAPA GEOLOGICO REGIONAL**

ASESOR: MGT.ING.FREDDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO  
 ELABORADO POR: BACH.CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

**SISTEMA DE COORDENADAS**  
 PROYECCION: UTM  
 DATUM HORIZONTAL: WGS84  
 HUSO Y ZONA: 19L Sur



**UBICACION**  
 SECTOR: CCORAO-MANDORANI  
 DISTRITO: SAN SEBASTIAN  
 PROVINCIA: CUSCO  
 REGION: CUSCO

**MAPA:**  
 MP-06  
**LAMINA:**  
 6/28

ESCALA DE IMPRESION: A-3  
 ESCALA: 1:25000  
 FECHA: AGOSTO 2022





## 4.2. GEOLOGIA LOCAL

La geología local hace mención de afloramientos lito estratigráficos que en algunos casos son cortados por obras de riego y cortes de carretera, pero en su mayoría corresponden a afloramientos rocosos. Para un mejor entendimiento de la geología local se realizaron columnas estratigráficas y se describieron petrográficamente muestras de mano de acuerdo a las clasificaciones más comunes, como las establecidas por Pettijohn, Folk, Dott Limariano, etc. Estas clasificaciones, de rocas sedimentarias clásticas, relacionan el tamaño de los granos (clastos) con la composición mineralógica, que se sintetiza en la identificación del porcentaje de minerales de cuarzo, feldespatos y fragmentos de rocas, así como la relación entre los clastos y la matriz.

Finalmente, de acuerdo a Carlotto y Cárdenas (2003), sumado al cartografiado realizado en campo en la Microcuenca de Ccorao-Mandorani, se ha identificado las siguientes unidades lito estratigráficas locales: Formación Quilque, Formación Chilca, Formación Kayra, Formación Soncco, Depósitos Aluviales, Depósitos Coluviales y Fluviales, cuya secuencia en orden cronológico se muestra a continuación en el siguiente cuadro:

**Tabla 9**

*Tabla de orden cronológico de la geología local*

			Depósitos Fluviales
			Depósitos Aluviales
			Depósitos Coluviales
<b>CENOZOICO</b>	<b>CUATERNARIO</b>		Fm. Soncco
			Fm. Kayra
		<b>Eoceno</b>	Fm. Chilca
		<b>Paleoceno</b>	Fm. Quilque
	<b>PALEOGENO</b>		

**Fuente:** Adaptado de Carlotto, V., y Cárdenas, J. (2003). *Revisión y Actualización del Cuadrángulo de Cusco (28-s) Escala 1:50 000. Ingemmet.*





#### **4.2.1. PALEOGENO**

De acuerdo a Carlotto y Cárdenas (2003), en base a las rocas que afloraban en la zona de estudio se determinó que está conformado por dos series dentro del área de estudio correspondientes a la Formaciones Quilque y Chilca.

##### **4.2.1.1. FORMACIÓN QUILQUE (Paleoceno Inferior)**

Esta unidad aflora ampliamente en la parte central inferior (Cerros Qorosmuko, Toneska y Qenqor), en dirección SW de la microcuenca de estudio, caracterizada por esfuerzos compresivos dando lugar a pliegues (anticlinales) de diversos tipos.

Acorde a Carlotto y Cárdenas (2003) sumado al cartografiado de campo, esta unidad se define como una intercalación de rocas sedimentarias caracterizándose por su color pardo rojizo, la cual hace que su afloramiento sea reconocible en campo, esta unidad geológica está constituida por la presencia de conglomerados fuertemente alterados con clastos de composición muy variada y tamaños de gránulos(2-4 mm) a cantos(16-256mm) y una matriz arenosa gris rosáceo, areniscas(arcosas) gris clara de grano medio, maduras y bien clasificadas (con mineralización de cobre) a pardo rojizas(con venillas de calcita ) muy fracturadas, también presenta grauvacas pardo rojizas con venillas de calcita , lutitas pardo rojizas y verdes en ambos casos pueden presentar plegamiento.

Las descripciones de muestras pertenecientes a la Formación Quilque se encuentran en el anexo E.1.



### Fotografía N°07

*Afloramientos de areniscas y lutitas de la Formación Quilque*



En la foto A se observan lutitas verdes claras con intercalaciones de venillas de calcitas plegadas por esfuerzos compresivos ( $\sigma_1$  horizontales) y en la foto B se observan lutitas pardo rojizas con intercalaciones de venillas de calcitas plegadas por esfuerzos compresivos ( $\sigma_1$  horizontales).

### Fotografía N°08 y 09

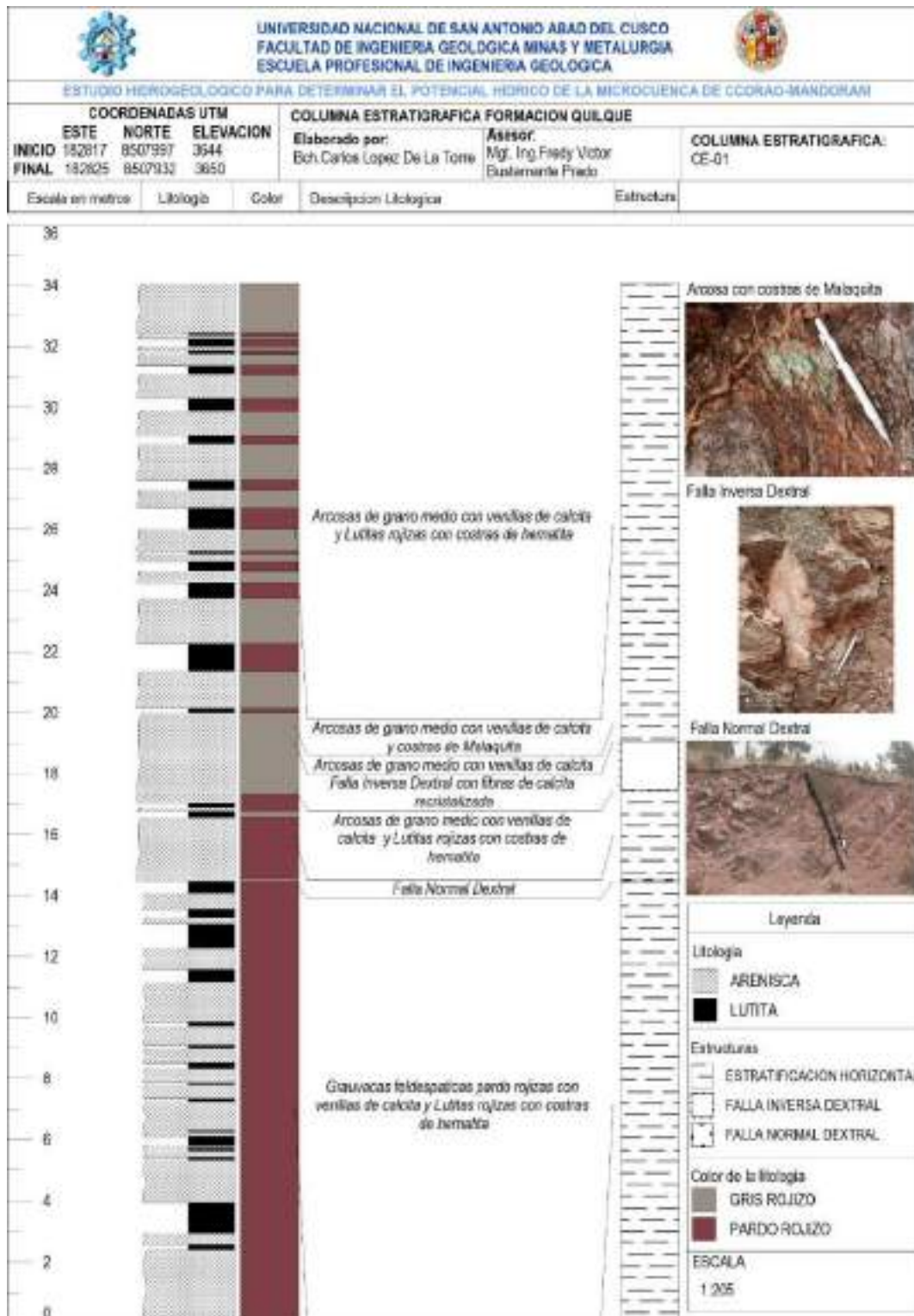
*Lutitas plegadas*





**Figura N°10**

*Columna estratigráfica de la Formación Quilque en la zona de estudio*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

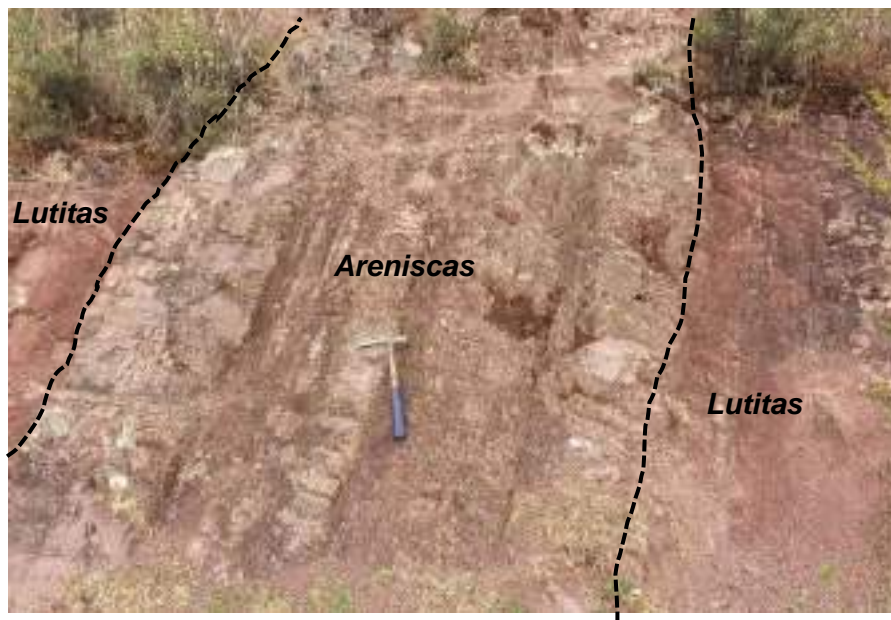


#### 4.2.1.2. FORMACIÓN CHILCA (Paleoceno Superior)

Esta unidad aflora en la parte central inferior en dirección suroeste y en la parte este de la microcuenca de estudio (Cerros Hatunhuayco, Ichuycucho), caracterizada por esfuerzos compresivos y expansivos dando lugar a fallas inversas y normales evidenciadas por estrías de falla y fibras recristalizadas de minerales como calcita y epidota.

#### Fotografía N°10

*Afloramientos de areniscas y lutitas de la Formación Chilca*



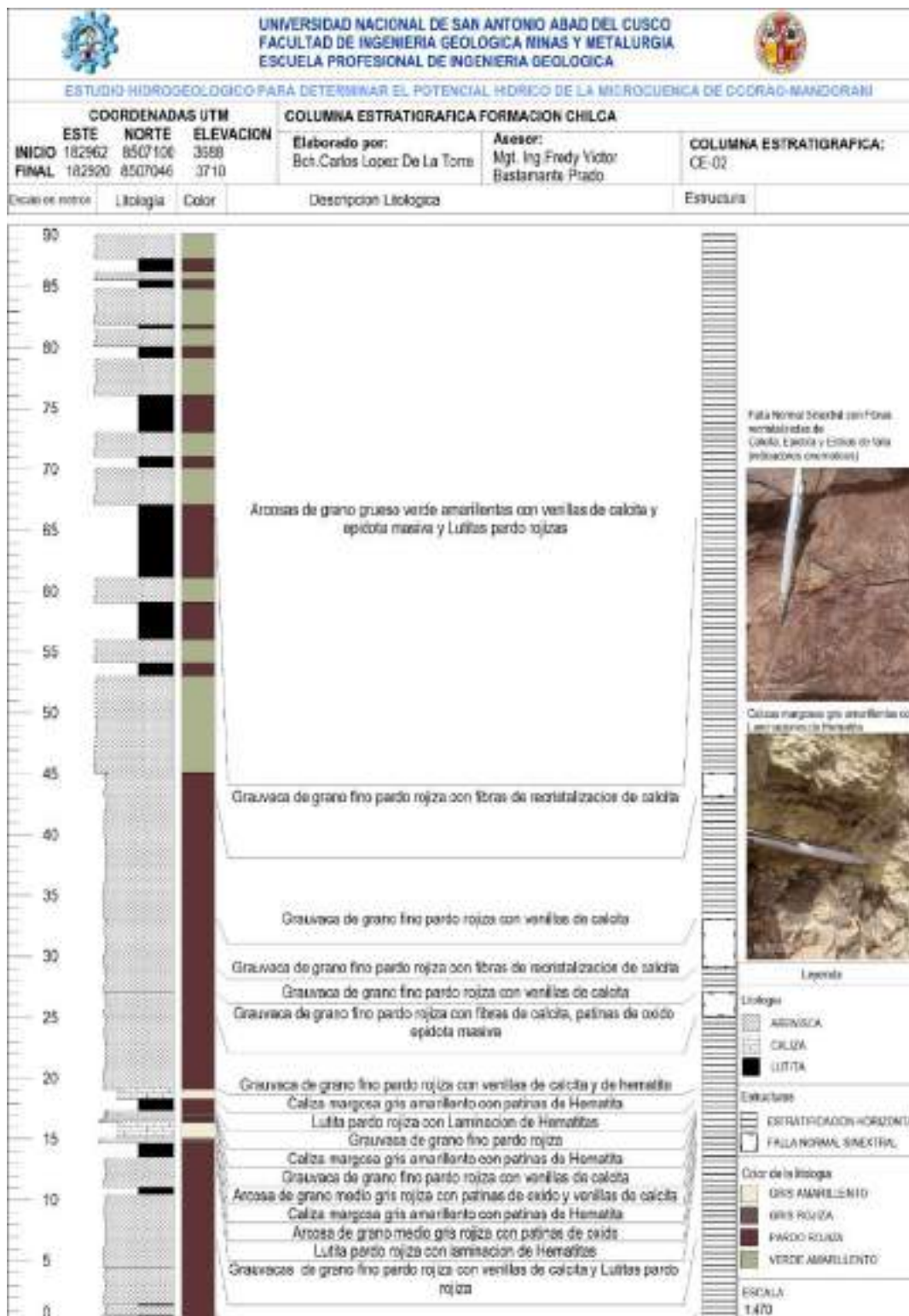
Acorde a Carlotto y Cárdenas (2003) sumado al cartografiado de campo, esta unidad es una intercalación de rocas sedimentarias detríticas y químicas caracterizándose por su color pardo rojizo o rojo violáceo, la cual hace que su afloramiento sea reconocible en campo, esta unidad geológica está constituida por la presencia de areniscas(arcosas) gris clara a verde amarillentas grisáceas de grano medio a grueso, maduras y bien clasificadas a grauvacas pardo rojizas oscuras(con venillas de calcita) muy fracturadas, también presenta calizas con estratos poco frecuentes con venillas de calcita y patinas de hematita, y lutitas pardo rojizas con patinas de hematita. Las descripciones de muestras pertenecientes a la Formación Chilca se encuentran en el Anexo E.2.





**Figura N°11**

*Columna estratigráfica de la Formación Chilca en la zona de estudio*



**Fuente:** Elaboración propia.



#### **4.2.2. EOCENO**

De acuerdo a Carlotto y Cárdenas (2003), en base a las rocas que afloraban en campo está conformado por dos series dentro del área de estudio correspondientes a las formaciones Kayra y Soncco.

##### **4.2.2.1. FORMACIÓN KAYRA (Eoceno Inferior)**

La unidad geológica aflora en diferentes zonas de la microcuenca de estudio (Cerro Hatunpikus, Ccorccor, Varancopata, Lavovira y Qolqaraqay), y aunque su estratificación se parece bastante a la Formación Soncco, el cual no presenta mineralización de cobre, y está sometida a esfuerzos compresivos y expansivos dando lugar a fallas inversas y normales evidenciadas por estrías de falla y fibras recristalizadas de minerales como calcita y epidota.

En la foto se observan intercalaciones de areniscas y lutitas pertenecientes a la Formación Kayra diferenciadas por la resistencia a la erosión causada por el agua en épocas de lluvia.

#### **Fotografía N°11**

*Afloramientos de Intercalaciones de areniscas y lutitas de la Formación Kayra*



Acorde a Carlotto y Cárdenas (2003) sumado al cartografiado de campo, esta unidad es una intercalación de rocas sedimentarias detríticas caracterizándose por su color gris claro y gris pardo rojizo, la cual hace que su afloramiento sea reconocible en campo, esta unidad geológica



está constituida por la presencia de areniscas(arcosas) gris claras a gris rojizas de grano medio, maduras a submaduras y bien clasificadas a grauvacas pardo rojizas oscuras (con venillas de calcita) muy fracturadas, y lutitas pardo rojizas con venillas de calcita, además se pueden encontrar rocas metamórficas cataclásticas (cuarcitas) originadas por metamorfismo dinámico producto de fallas.

También podemos encontrar estructuras sedimentarias como grietas de desecación y marcas de corrientes evidenciadas en las fotografías siguientes. En la de la izquierda se observa grietas de desecación y en la foto de la derecha se observa rizaduras de corriente con marcas de corriente.

### **Fotografías N°12 y 13**

*Estructuras sedimentarias en la formación Kayra*



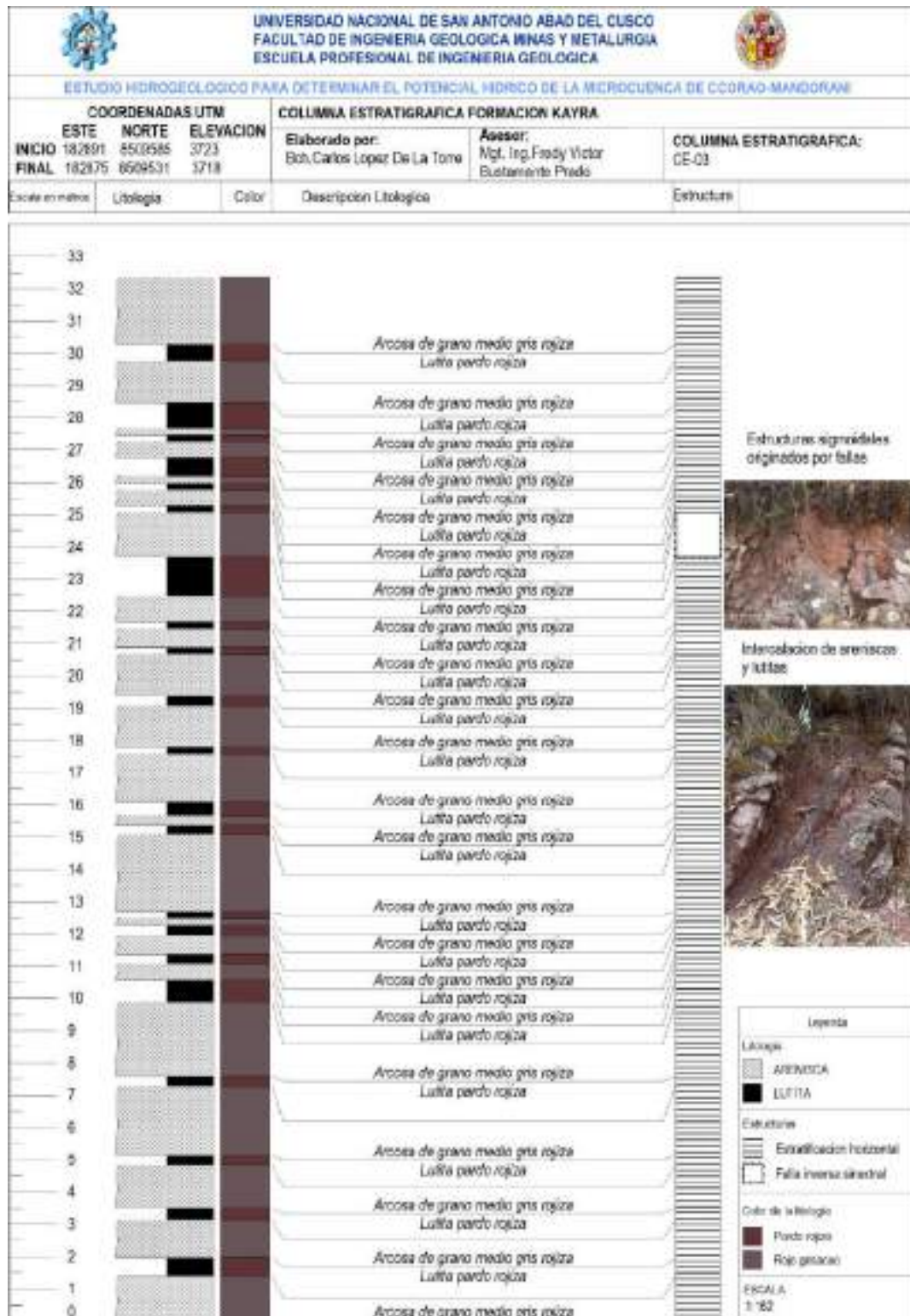
Las descripciones de muestras pertenecientes a la Formación Kayra se encuentran en el anexo E.3.





**Figura N°12**

*Columna estratigráfica de la Formación Kayra en la zona de estudio*



**Fuente:** *Elaboración propia.*





#### 4.2.2.2. FORMACIÓN SONCCO (Eoceno Superior)

Esta unidad aflora en diferentes zonas de la microcuenca de estudio (Cerro Chanquikurus, Qelloaranpata, Llanqayahuayco, Sinkuna y Chaqocha), y se caracteriza por poseer mineralización de cobre en areniscas, pero también se encuentra deformada por esfuerzos compresivos y expansivos dando lugar a fallas inversas y normales evidenciadas por estrías de falla y fibras recristalizadas de minerales como calcita, epidota y hematita.

En la foto se observan intercalaciones de estratos de areniscas, limolitas (estratos amarillo claro) y lutitas pertenecientes a la formación Soncco deformadas por esfuerzos compresivos debido a su cercanía a zona de fallas inversas.

#### Fotografía N°14

*Intercalaciones de rocas sedimentarias correspondientes a la Formación Soncco*



Acorde a Carlotto y Cárdenas (2003) sumado al cartografiado de campo, esta unidad es una intercalación de rocas sedimentarias detríticas caracterizándose por su color gris claro y gris pardo rojizo y rocas químicas gris azuladas claras, la cual hace que su afloramiento sea reconocible en campo, esta unidad geológica está constituida por la presencia de areniscas(arcosas) gris claras a gris rojizas de grano medio, maduras a submaduras y bien clasificadas a grauvacas pardo rojizas oscuras muy fracturadas, conglomerados con matriz arenosa y lutitas pardo rojizas con venillas de calcita, además se pueden encontrar rocas



químicas calizas gris azules claras con costras de malaquita venillas de calcita y rocas metamórficas cataclásticas (cuarcitas) originadas por metamorfismo dinámico producto de fallas.

También podemos encontrar estructuras sedimentarias como estructuras de carga evidenciadas en las fotografías siguientes.

### **Fotografías N°15 y 16**

*Estructuras sedimentarias en la formación Soncco*

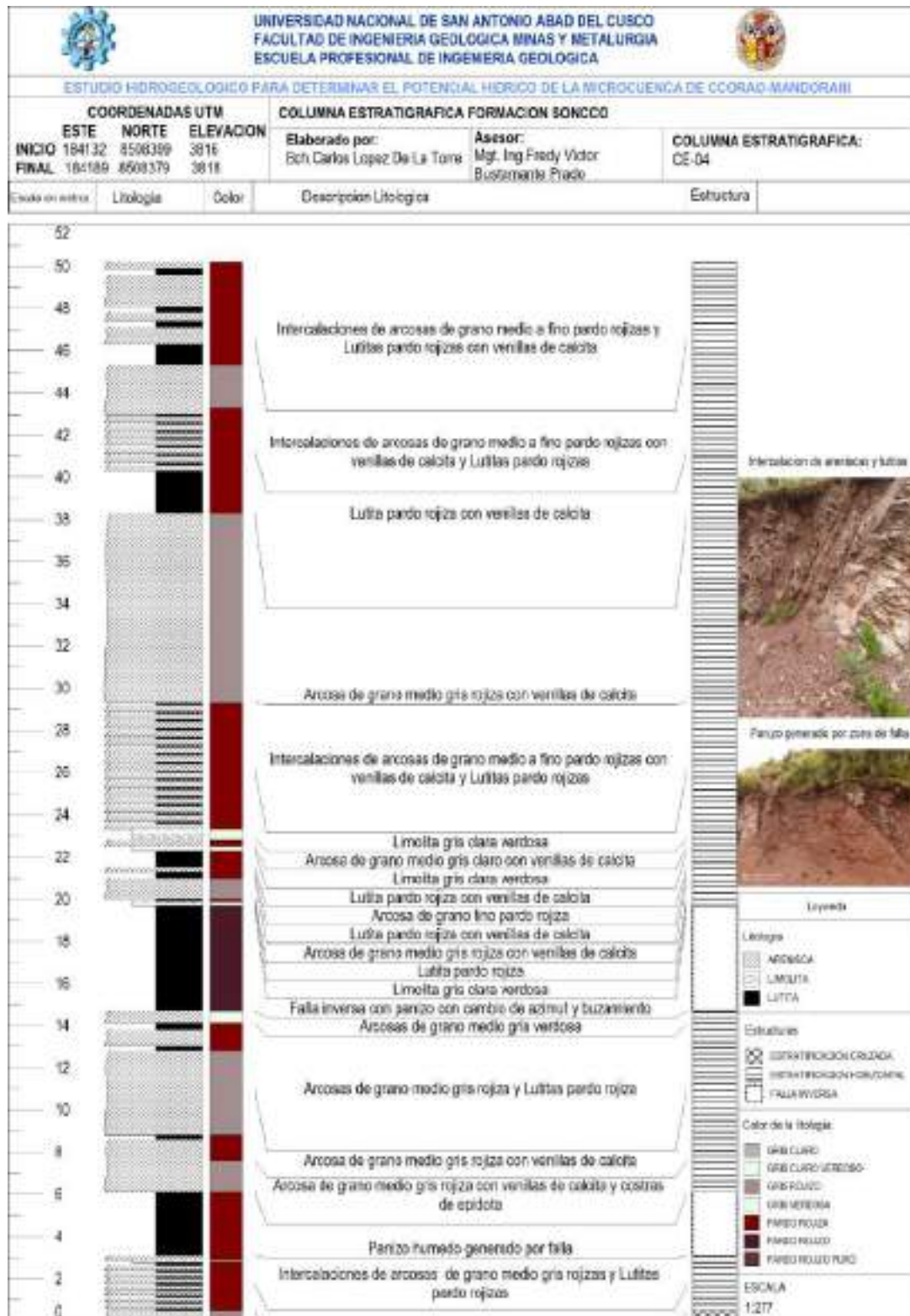


Las descripciones de muestras pertenecientes a la formación Kayra se encuentran en el anexo E.4.



**Figura N°13**

*Columna estratigráfica de la Formación Soncco en la zona de estudio*



*Fuente: Elaboración propia.*





### 4.2.3. CUATERNARIO

#### 4.2.3.1. DEPÓSITOS FLUVIALES

Estos depósitos se encuentran en la parte baja de la microcuenca caracterizada por presentar gravas, arenas y limos limpios con clastos que presentan diferentes grados de redondez causado por el transporte fluvial, además son depósitos que se encuentran en las riberas de los ríos (Rio Yanamayo y Jatunpuquio), dentro de la zona de estudios los depósitos generados por el rio Quesermayo son los más importantes.

En la foto de la izquierda (foto 17) se observa el cauce del rio Quesermayo durante época de estiaje evidenciando clastos redondeados y en la foto de la derecha (18) se observa un perfil estratigráfico con clastos imbricados.

#### Fotografías N°17 y 18

*Fotos de Depósitos Fluviales*



#### 4.2.3.2. DEPÓSITOS ALUVIALES

Se considero toda la planicie de Ccorao (Chinkana, Pamparaqkata, Sayhua y Chullupioc) como depósitos aluviales porque representa una superficie topográfica amplia y son las desembocaduras de todas las pequeñas quebradas ubicadas al contorno de toda la microcuenca, con matriz limo arcillosa con clastos angulosos a redondeados con gran potencia y presencia de cierto grado de estratificación.





## Fotografía N°19

### Fotos de Depósitos Aluviales



#### 4.2.3.3. DEPÓSITOS COLUVIALES

Estos depósitos se ubican en la partes altas y medias de las pequeñas quebradas de la microcuenca de estudio, son originados por alteración y desprendimientos in situ de afloramientos rocosos a lo largo de las laderas, poseen una apariencia de conos o pequeños abanicos por acumulación local sin mucho transporte, en este caso corresponde a cabeceras de depósitos aluviales, además presenta matriz limo arcillosa y clastos angulosos con espesor menor en comparación a los depósitos aluviales.

En la foto de la izquierda (20) se observa un corte estratigráfico de un depósito coluvial de la microcuenca de estudio y en la foto de la derecha (21) se observa un depósito coluvial en una vertiente de ladera.



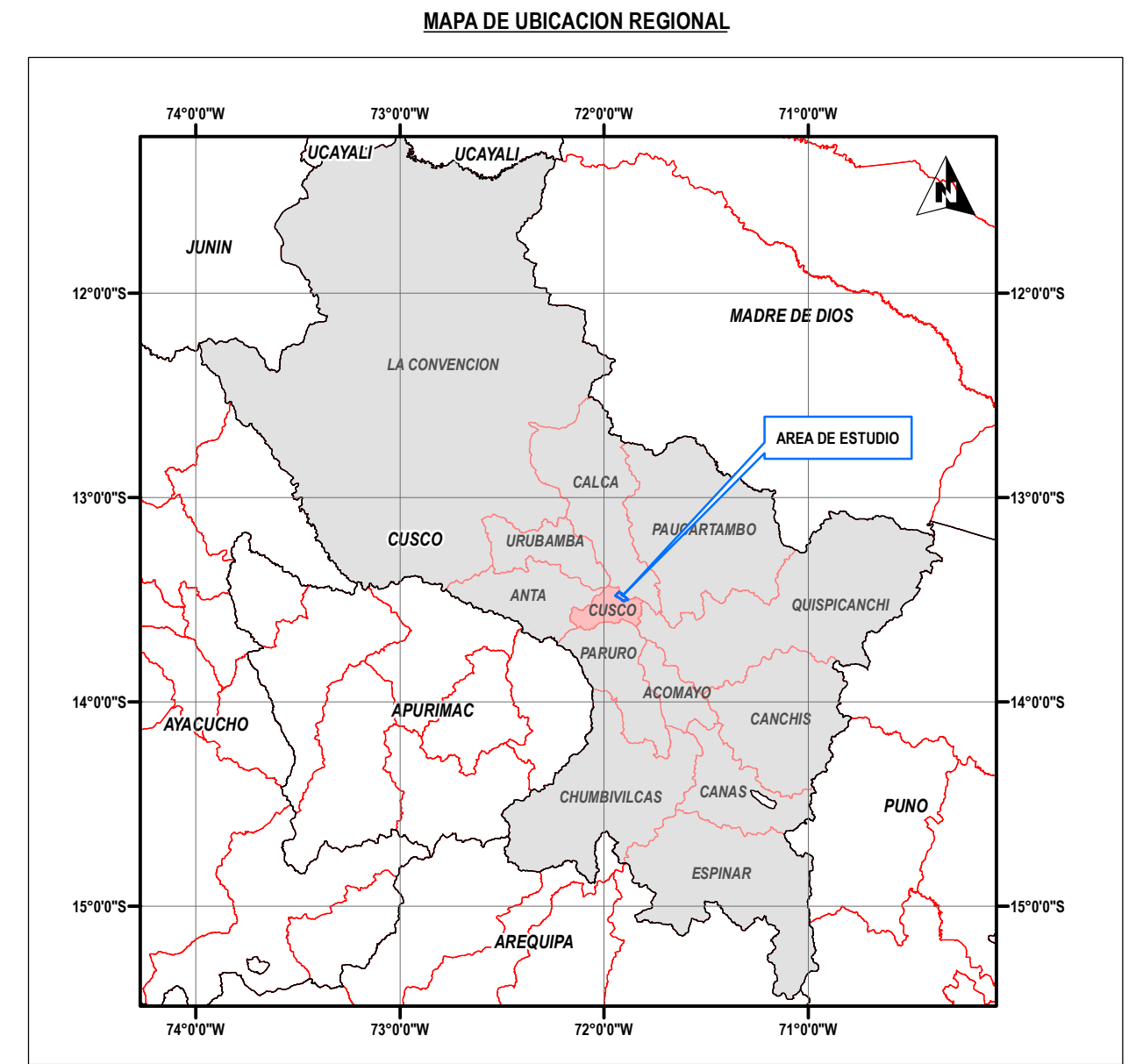
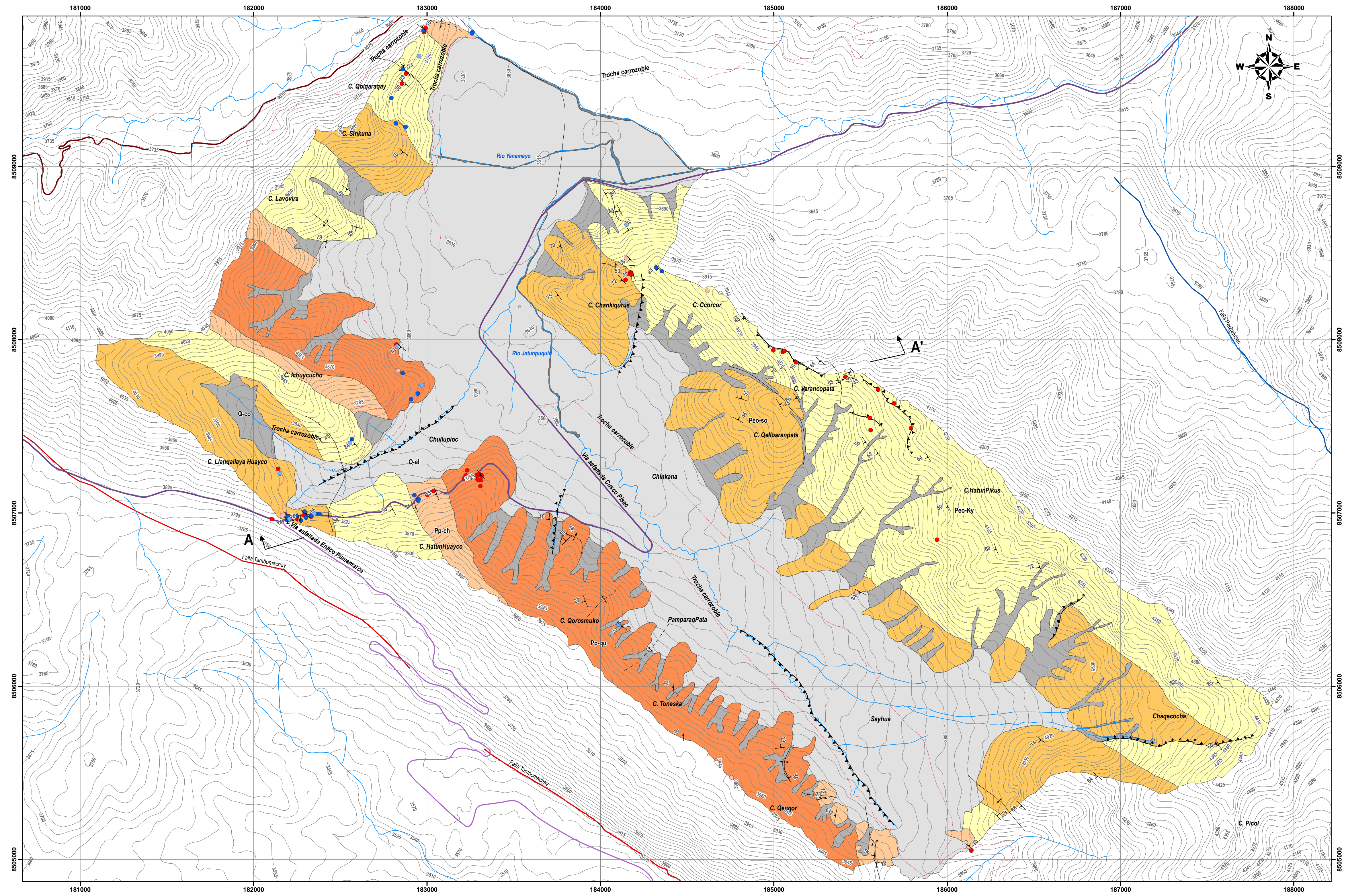
## Fotografía N°20 y 21

### Fotos de Depósitos Coluviales





MAPA GEOLOGICO LOCAL DE LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI

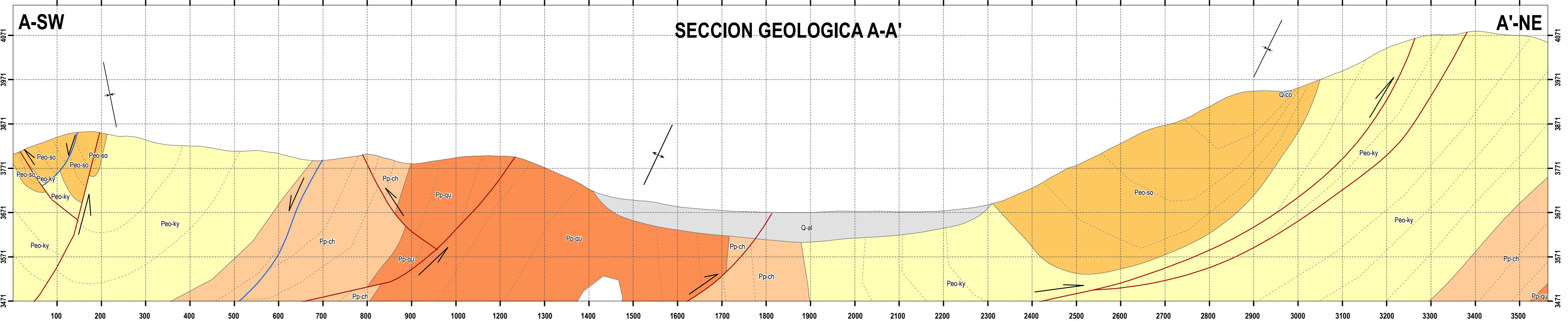


**SIMBOLOGIA**

- Estratificacion
- Drenaje
- Curvas de Nivel 15m
- Fallas:
  - Falla Sinetral
  - Falla Dextral
  - Falla Normal
  - Falla Inversa
  - Falla Pachatusan
  - Falla Tambomachay
- Estructuras:
  - Anticlinal
  - Anticlinal Inferido
  - Falla Inversa
  - Falla Inversa Inferida
  - Sinclinal
  - Sinclinal Inferido
- Vias de comunicacion:
  - Calle pavimentada-Ccorao-Huillcapata
  - Carretera afirmada Huillcapata
  - Trocha carrozoble
  - Via asfaltada Cusco Pisac
  - Via asfaltada Enaco Pumamarca

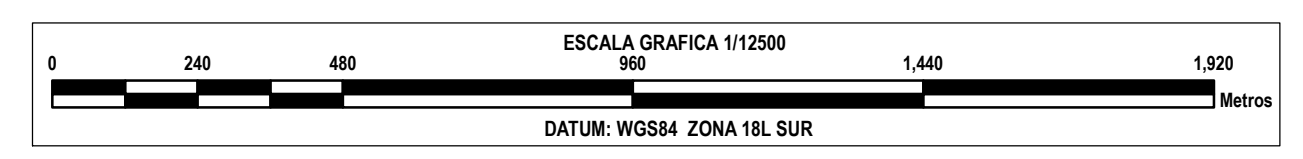


Intercalaciones de areniscas y lutitas pertenecientes a la formación kayra diferenciadas por la resistencia a la erosión causada por el agua en épocas de lluvia.



**LEYENDA**

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	
CENOZICO	CUATERNARIO	Q-fl	Depositos Fluviales	
		Q-al	Depositos aluviales	
		Q-co	Depositos coluviales	
	PALEOGENO	Eoceno	Peo-so	Formación Soncco
			Peo-ky	Formación Kayra
			Pp-ch	Formación Chilca
	Paleoceno	Pp-qu	Formación Quilque	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TESIS: ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022

MAPA GEOLOGICO LOCAL

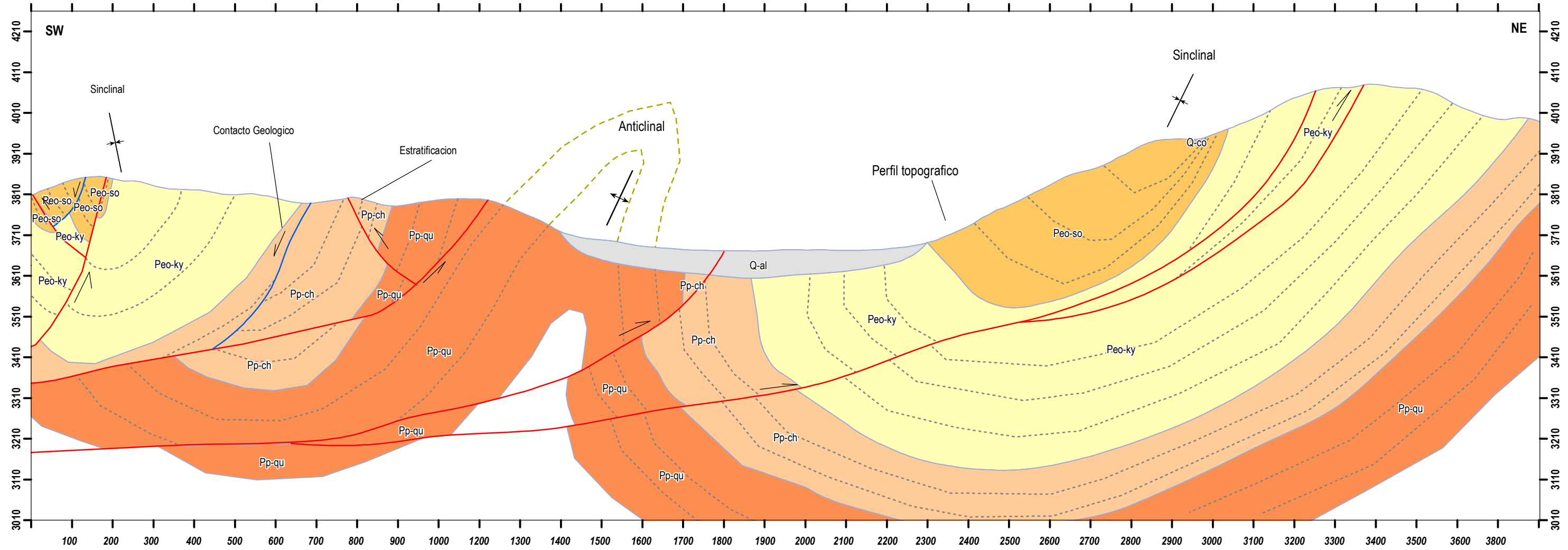
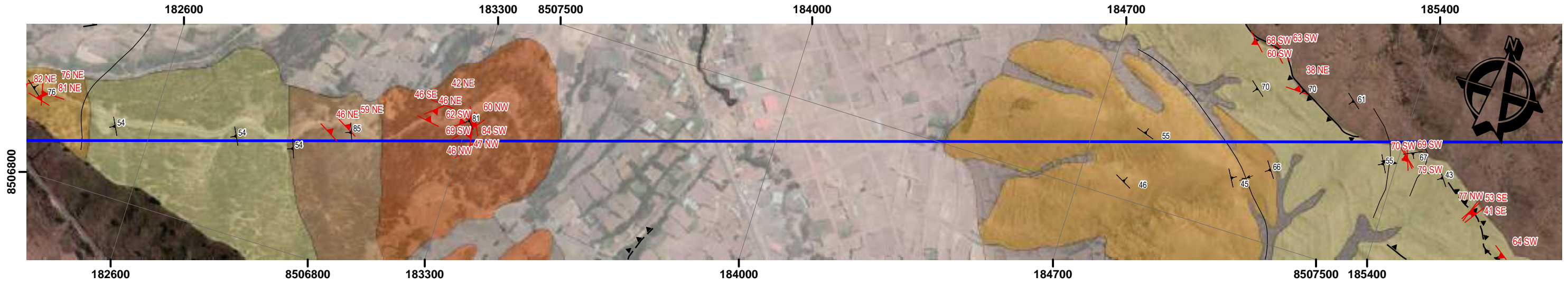
ASESOR: MGT ING FREDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO  
ELABORADO POR: BACH CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

UBICACION: CCORAO-MANDORANI  
DISTRITO: SAN SEBASTIAN  
PROVINCIA: CUSCO  
REGION: CUSCO

MAPA: MP-07  
LAMINA: 7/28  
ESCALA: 1:12500  
FECHA: AGOSTO 2022



# SECCION GEOLOGICA A-A'



LEYENDA			
ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS
CENOZOICO	CUATERNARIO	Holoceno	Q-fl Depositos Fluviales
			Q-al Depositos aluviales
			Q-co Depositos coluviales
	PALEOGENO	Eoceno	Peo-so Formacion Soncco
			Peo-Ky Formacion Kayra
		Paleoceno	Pp-ch Formacion Chilca
		Pp-qu Formacion Quilque	

SIMBOLOGIA		
	Falla Inversa	
	Falla Normal	
	Anticlinal	
	Proyeccion anticlinal	
	Perfil Topografico	
	Cinematica de la Falla	
	Estratificacion	
	Contacto geologico	
	Sinclinal	

ESCALA HORIZONTAL 1:9800  
 ESCALA VERTICAL 1:5556

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TESIS:  
 ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO- MANDORANI, DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022

SECCION GEOLOGICA A-A'

ASESOR: MGT.ING.FREDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO  
 ELABORADO POR: BACH.CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

UBICACION  
 SECTOR: CCORAO-MANDORANI  
 DISTRITO: SAN SEBASTIAN  
 PROVINCIA: CUSCO  
 REGION: CUSCO

SISTEMA DE COORDENADAS  
 PROYECCION: UTM  
 DATUM HORIZONTAL: WGS84  
 HUSO Y ZONA: 19L Sur

ESCALA DE IMPRESION: A-3

SECCION N°  
**SEC - 01**

CODIGO:  
**SEC-AA'**

ESCALA: 1:9800  
 FECHA: AGOSTO 2022





## **CAPITULO V**

### **GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**

#### **5.1. GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL**

##### **5.1.1. FALLA TAMBOMACHAY**

De acuerdo Benavente et al., (2013), la falla Tambomachay forma parte de una zona extensa de 200 km en longitud de deformación ubicada entre Cordillera Oriental y el Altiplano, en esta zona las estructuras se caracterizan por ser principalmente de cinemática normal durante el Cuaternario.

De acuerdo a Carlotto et al. (2011), a falla Tambomachay tiene una longitud de 20km y una orientación NW-SE. Esta falla pone en contacto rocas del cretácico (hanging-wall) con rocas del Eoceno-Oligoceno (foot-wall), es resultado de una tectónica polifásica con evidencias de movimientos antiguos inversos y de rumbo, a lo que debe su traza lineal (Cabrera, 1988).

Su actividad reciente, ha formado un escarpe acumulado de 400m que exhibe facetas triangulares indicando su cinemática normal, su más reciente actividad ha generado escarpes con alturas promedio de 2m, y un máximo desplazamiento vertical de 4m expuesto en su extremo oeste, a una altitud de 4100m. Estos escarpes separan el basamento (Eoceno-Oligoceno) de los conos aluviales cuaternarios (Cabrera, 1988).

##### **5.1.2. FALLA QORICOCHA**

De acuerdo Benavente et al., (2013), la falla Qoricocha se ubica a 6 kilómetros en dirección norte de la falla Tambomachay y es la prolongación sur de la falla Chincheros. Tiene una longitud de 8 kilómetros y se emplaza sobre una planicie ubicada entre 4000 y 4300 m. s. n. m. esta estructura afecta depósitos aluviales, fluvio-glaciares y morrenas, estas controlan y cortan depósitos volcánicos shoshoníticos cuaternarios (Kaneoka & Guevara, 1984; Carlier et al., 2005). Las morrenas que son afectadas por la falla con movimiento de tipo normal son también correlacionables con las datadas en Vilcanota-Ausangate por Mercer & Palacios (1977) y Mercer (1979), obteniendo edades de 28 000 y 14 000 años.



Acorde a Huamán (1987), se trata de un sistema de falla normales de orientación N120°E, fuertemente buzantes al Sur y que se distribuyen sobre unos 4 km de longitud.

### **5.1.3. FALLA PACHATUSAN**

De acuerdo Benavente et al., (2013), la falla Pachatusan está representada por segmentos discontinuos y paralelos que se emplazan en un área de 21 kilómetros de largo por 3.5 kilómetros de ancho con dirección promedio N 130° E, y en altitudes que varían entre 4100 y 4300 m. s. n. m. Se ubica al sureste de la ciudad del Cusco, aproximadamente a 5 kilómetros de distancia. Es parte de las fallas cuaternarias y activas ubicadas entre la cordillera Oriental-Altiplano y, aparentemente, es una prolongación de las fallas Chincheros y Qoricocha.

Cabrera (1988), describe los valles glaciares cortados por la falla Pachatusan con un movimiento de tipo normal, donde el plano de falla buza con un ángulo de 50° y 70° al suroeste.

## **5.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL**

La geología estructural de la microcuenca de estudio se caracteriza por presentar evidencias de actividad tectónica, particularmente de pliegues y fallas que son evidenciados por el cambio de rumbo y buzamiento de las estratificaciones, como también de indicadores cinemáticos (estrías de falla y fibras de recristalización) acorde a Fossen 2010.

En la foto de la izquierda (22) se observa estrías de falla sobre una superficie de hematita en un afloramiento rocoso de areniscas gris clara y en la foto de la derecha (23) se observa fibras de recristalización de calcita sobre un estrato de arenisca pardo rojiza.



## Fotografía N°22 y 23

### *Indicadores Cinemáticos*



Para el análisis e interpretación de fracturas y fallas se han realizado ventanas estructurales en diferentes zonas de la microcuenca, y se han recopilado datos de campo como, azimut, buzamiento, rake, dirección de buzamiento y condiciones de las discontinuidades a fin de luego ser analizados en los programas Dips 6.0, Stereonet y Faultkin de Rick Allmendinger.

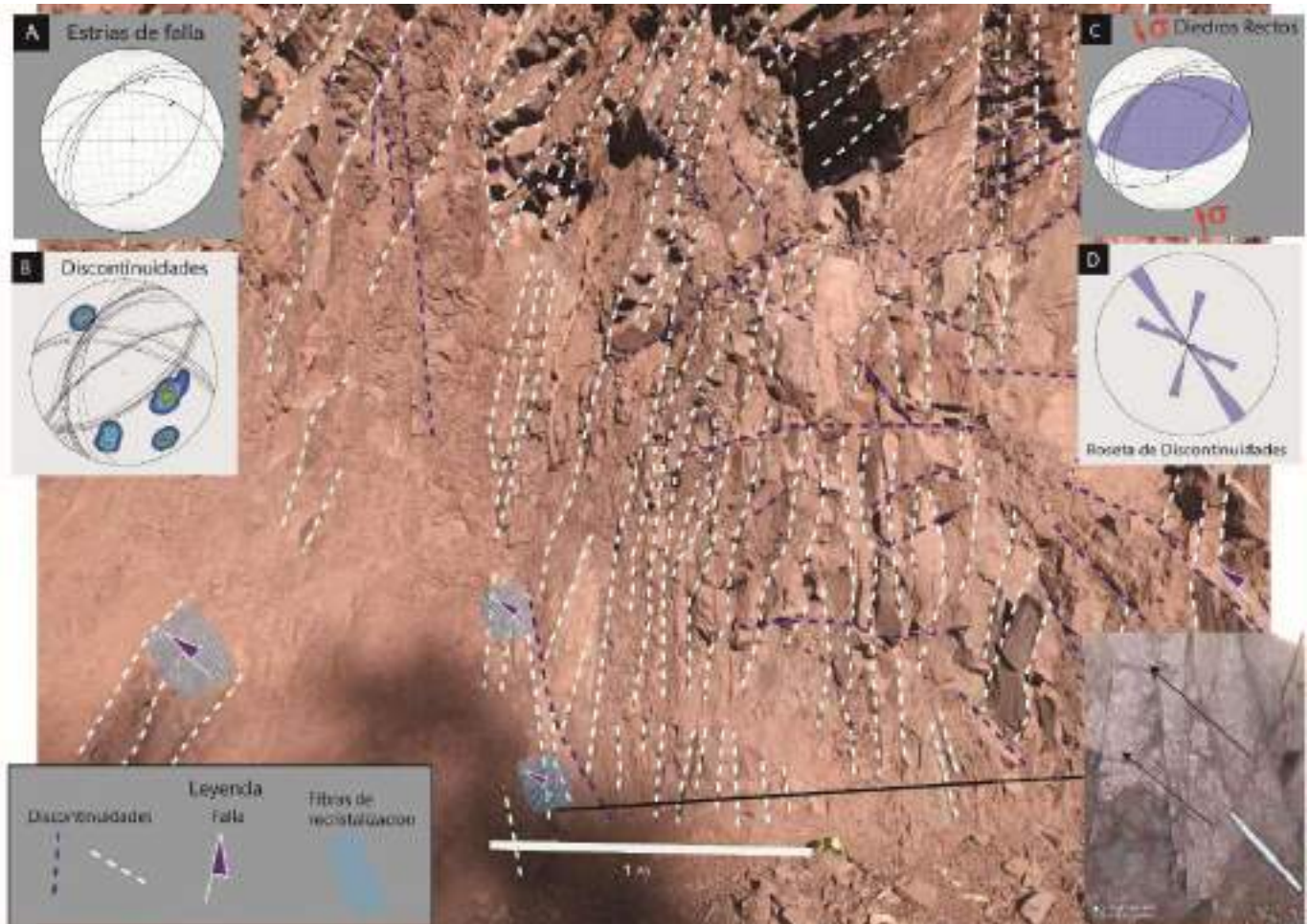
### **5.2.1. ESTACIÓN ESTRUCTURAL EN LA FORMACIÓN QUILQUE**

En la estación estructural ubicada dentro de la formación Quilque se analizaron las micro estructuras (fallas y las discontinuidades), ubicadas en un afloramiento de areniscas pardo rojizas para conocer el control estructural en el sector, a partir de la información obtenida en campo para luego ser tratada en diferentes programas dedicados a la estereografía computacional, donde se utilizó la red de Schmidt.

La información de la ventana estructural de la Formación Quilque se encuentra detallada en el anexo F.1

### Figura N°14

*Interpretación de las discontinuidades y fallas de la estación estructural de la Fm. Quilque*



*Fuente: Elaboración propia.*

#### 5.2.1.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE DISCONTINUIDADES FORMACIÓN QUILQUE

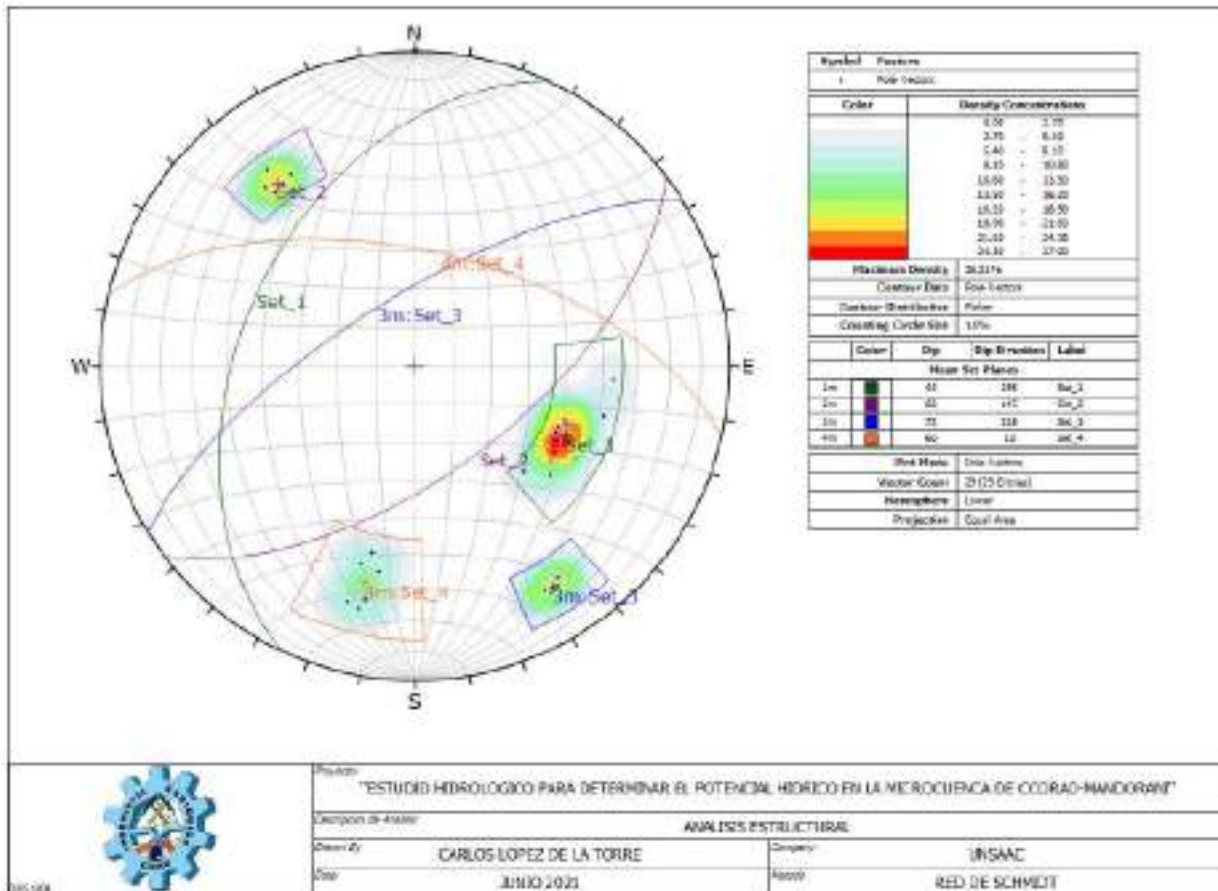
El análisis mediante los polos de las discontinuidades nos permite establecer 4 sets (familias) de discontinuidades.





**Figura N°15**

*Análisis estructural de discontinuidades Fm. Quilque*



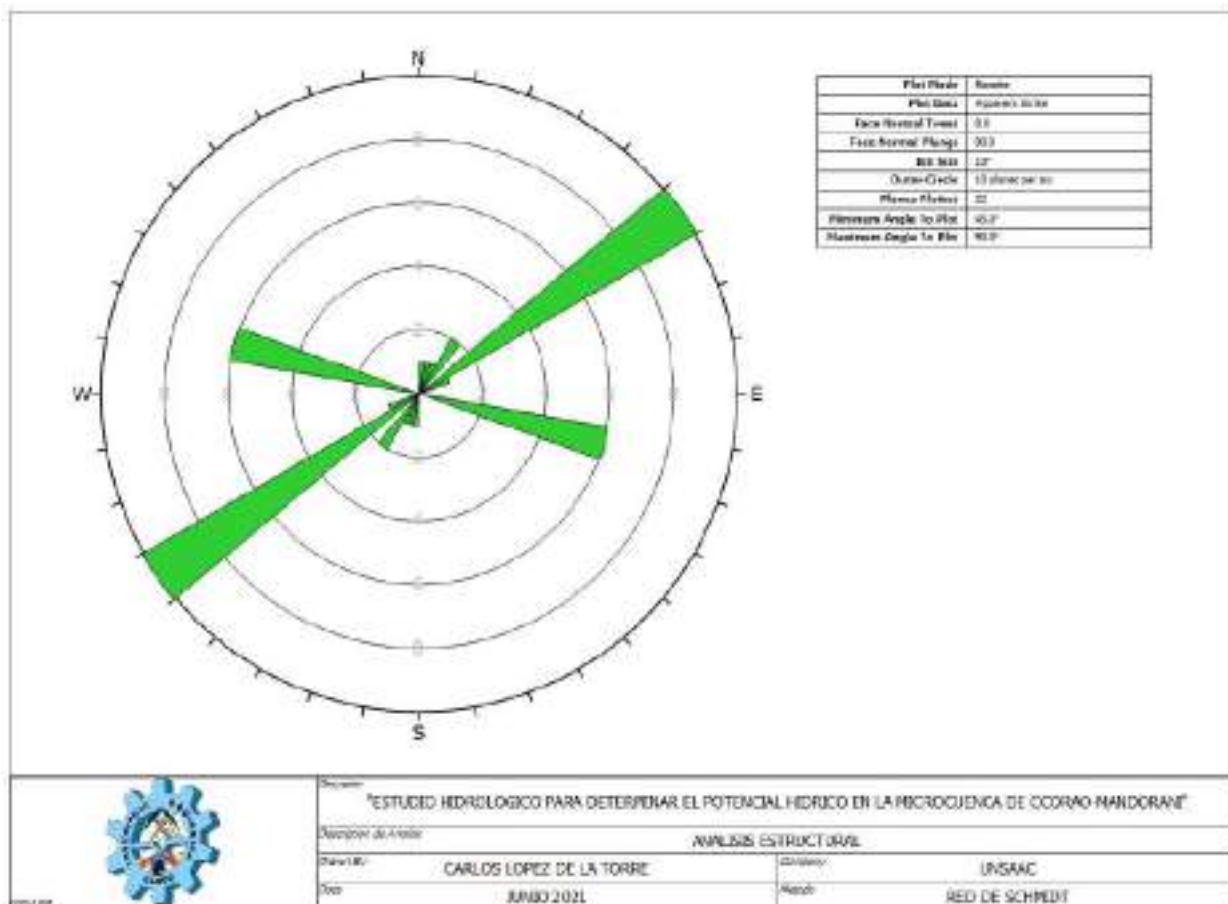
**Fuente:** Elaboración propia.

Diagrama de rosetas que indican que la mayor cantidad de discontinuidades tienen un rumbo predominante NE-SW.



**Figura N°16**

*Diagrama de rosetas de discontinuidades Fm. Quilque*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la estación estructural en la Formación Quilque se evidencia que las aperturas son preferentemente de 1 mm, la persistencia es mayor a 1 m, el espaciamiento es preferentemente mayor a 15 cm, el relleno es principalmente de calcita y la rugosidad corresponde a rugosa y plana.

Las figuras del análisis de la descripción de discontinuidades, se encuentran en el anexo F.1.



### 5.2.1.2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE FALLAS FORMACIÓN QUILQUE

Las fibras recristalizadas de calcita con estrías de falla, analizadas en la estación estructural de la Formación Quilque conforman una cinemática preferentemente Inversa Sinextral, que a su vez se generó por esfuerzos principales mayores en dirección NW-SE sobre areniscas pardo rojizas, donde debido a las fuerzas de cizalla se desarrolló indicadores cinemáticos como fibras de recristalización, las cuales han sido expuestas debido al corte de la vía Cusco-Pisac.

Fotografía utilizada en la figura N°14 para evidenciar la presencia de fallas por medio de indicadores cinemáticos.

#### **Fotografía N°24**

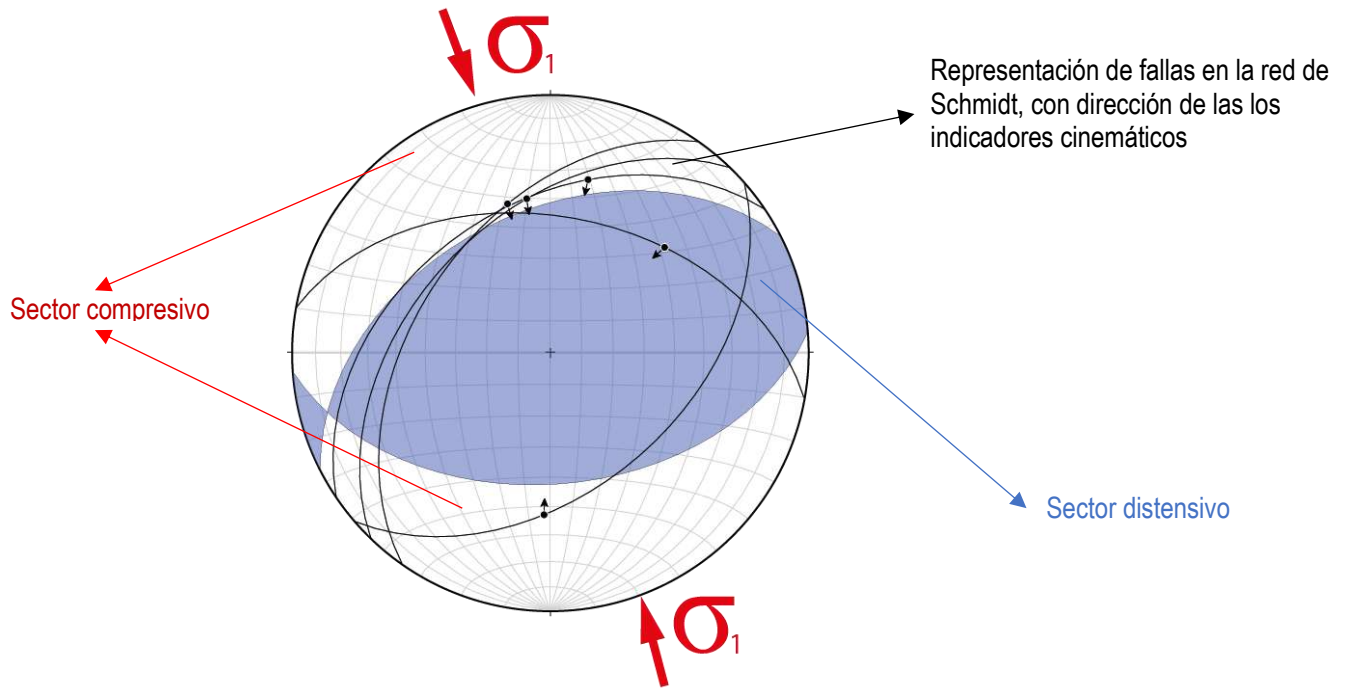
*Fibras de recristalización de calcita con cinemática inversa sinextral en la Formación Quilque*





**Figura N°17**

*Diagrama de diedros rectos de las fallas de la estación estructural en la Fm. Quilque*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

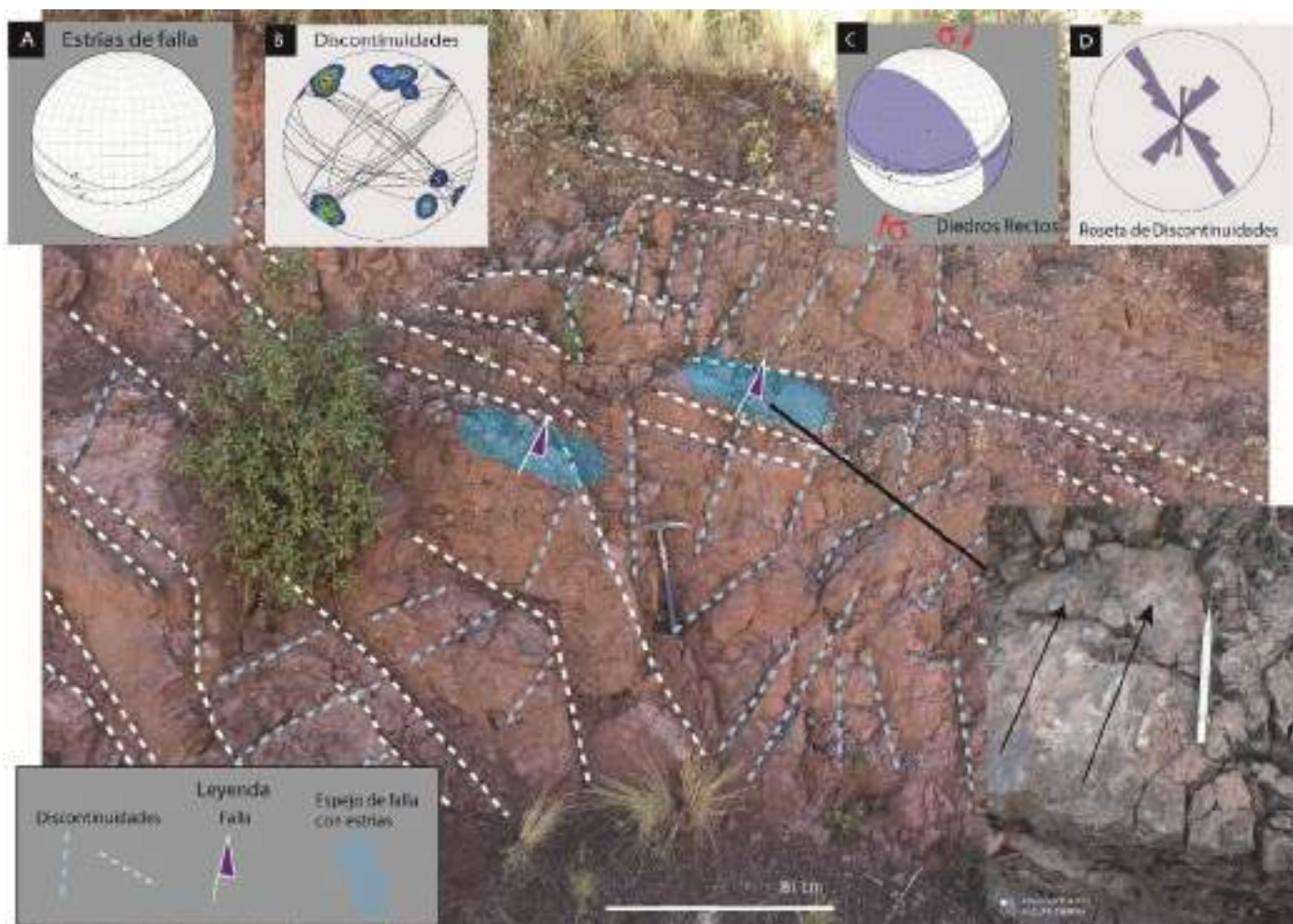


### 5.2.2. ESTACIÓN ESTRUCTURAL EN LA FORMACIÓN CHILCA

En la ventana estructural ubicada dentro de la Formación Chilca se analizaron las micro estructuras (fallas y las discontinuidades), ubicadas en un afloramiento de areniscas para conocer el control estructural en el sector, a continuación, se detalla en los siguientes cuadros la información obtenida en campo para luego ser tratada en diferentes programas dedicados a la estereografía computacional, donde se utilizó la red de Schmidt.

**Figura N°18**

*Interpretación de las discontinuidades y fallas de la estación estructural de la Fm. Chilca*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

La información de la ventana estructural de la Formación Chilca se encuentra detallada en el anexo F.2



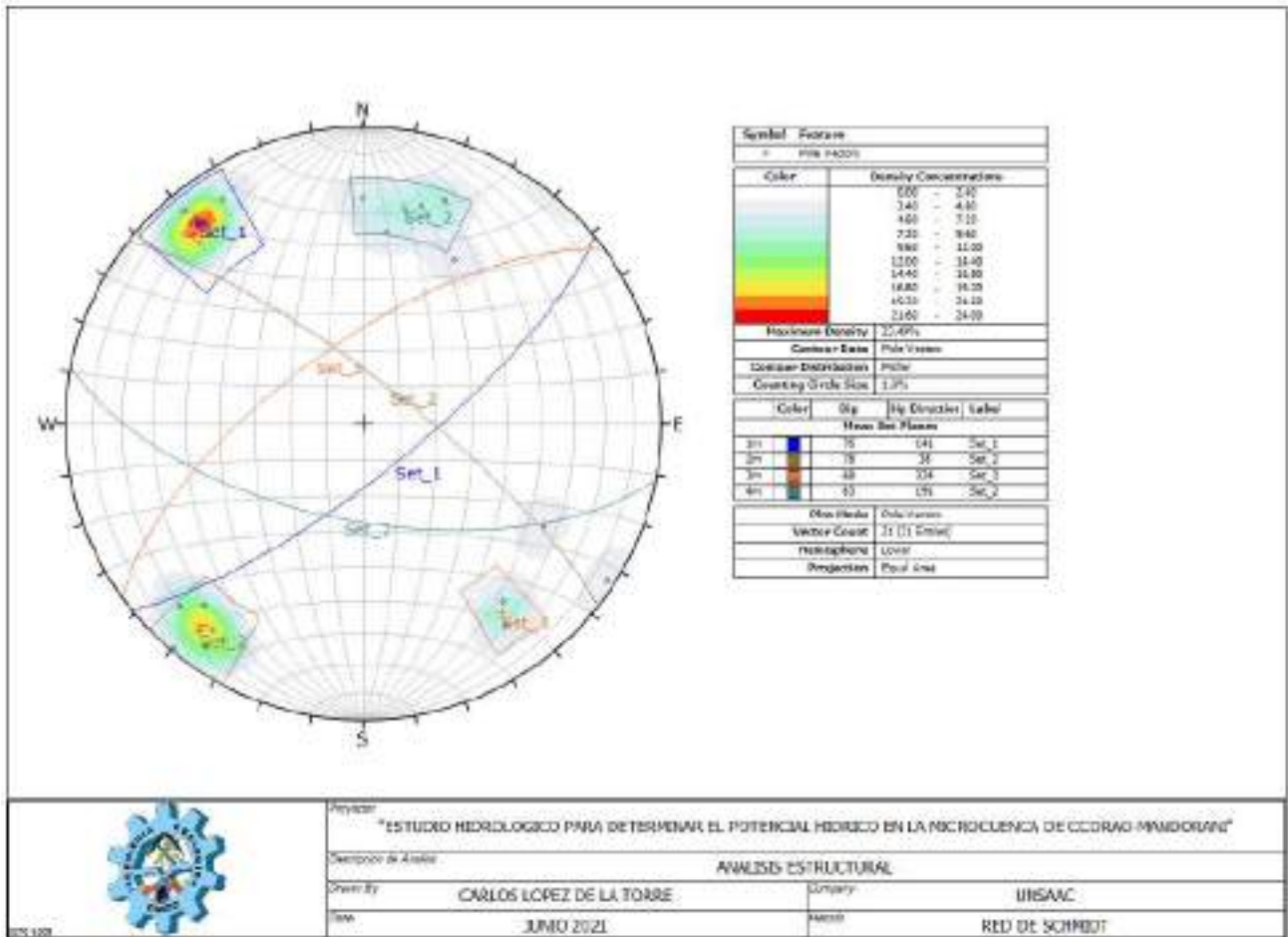
### 5.2.2.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE DISCONTINUIDADES FORMACIÓN

#### CHILCA

El análisis mediante los polos de las discontinuidades nos permite establecer 4 sets (familias) de discontinuidades.

**Figura N°19**

*Análisis estructural de discontinuidades Fm. Chilca*



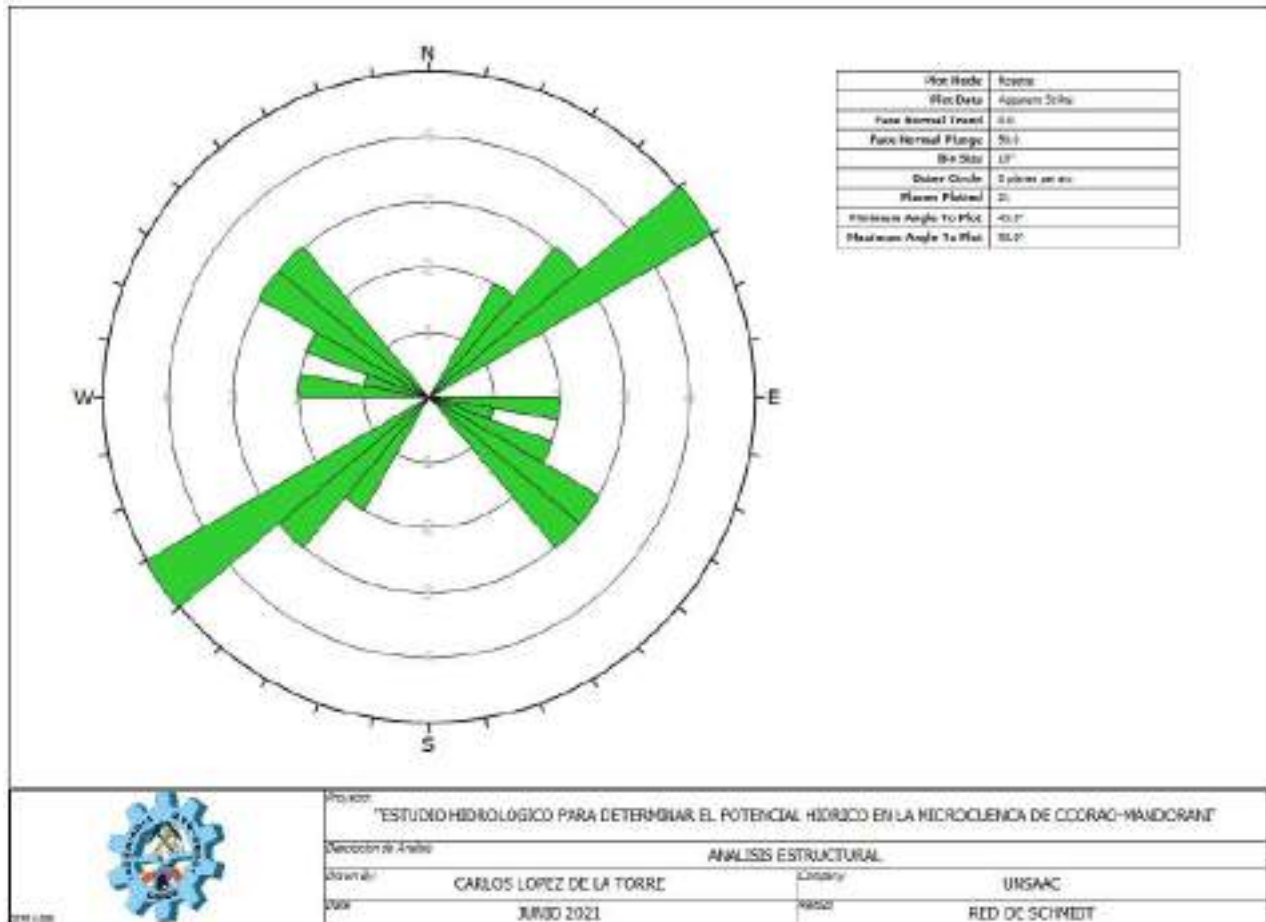
**Fuente:** Elaboración propia.

El análisis mediante los polos de las discontinuidades nos permite establecer 4 sets (familias) de discontinuidades.



**Figura N°20**

*Diagrama de rosetas de discontinuidades Fm. Chilca*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

Diagrama de rosetas que indican que la mayor cantidad de discontinuidades tienen un rumbo predominante NE-SW.

En la estación estructural en la Formación Chilca se evidencia que las aperturas son preferentemente de 0.5 mm, la persistencia es de 1.5 m, el espaciamiento entre las discontinuidades es preferentemente de 2 cm, su relleno es principalmente de calcita y la rugosidad mayormente corresponde a rugosa y plana.

Las figuras del análisis de la descripción de discontinuidades, se encuentran en el anexo F.2.





### 5.2.2.2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE FALLAS FORMACIÓN CHILCA

Las fibras recristalizadas de calcita con estrías de falla, analizadas en la ventana estructural de la Formación Chilca conforman una Cinemática preferentemente inversa sinextral que se generó por esfuerzos principales mayores en dirección NE-SW sobre areniscas pardo rojizas, donde debido a las fuerzas de cizalla se generó indicadores cinemáticos como fibras de recristalización, las cuales han sido expuestas debido al corte de carretera en dirección al cerro picol.

Fotografía de la ventana estructural de la Formación Chilca en la figura N°18 para evidenciar la presencia de fallas por medio de indicadores cinemáticos.

#### **Fotografía N°25**

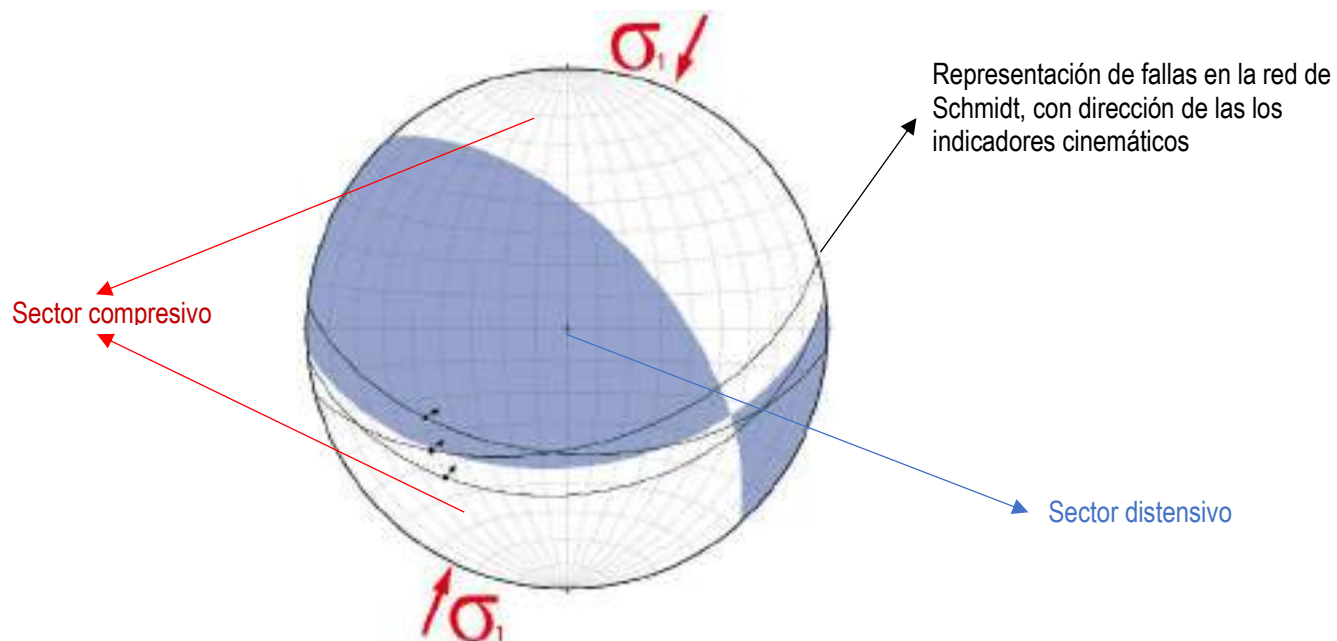
*Fibras de recristalización de calcita con cinemática inversa sinextral en la Formación Chilca*





### Figura N°21

Diagrama de diedros rectos de las fallas de la estación estructural en la Fm. Chilca



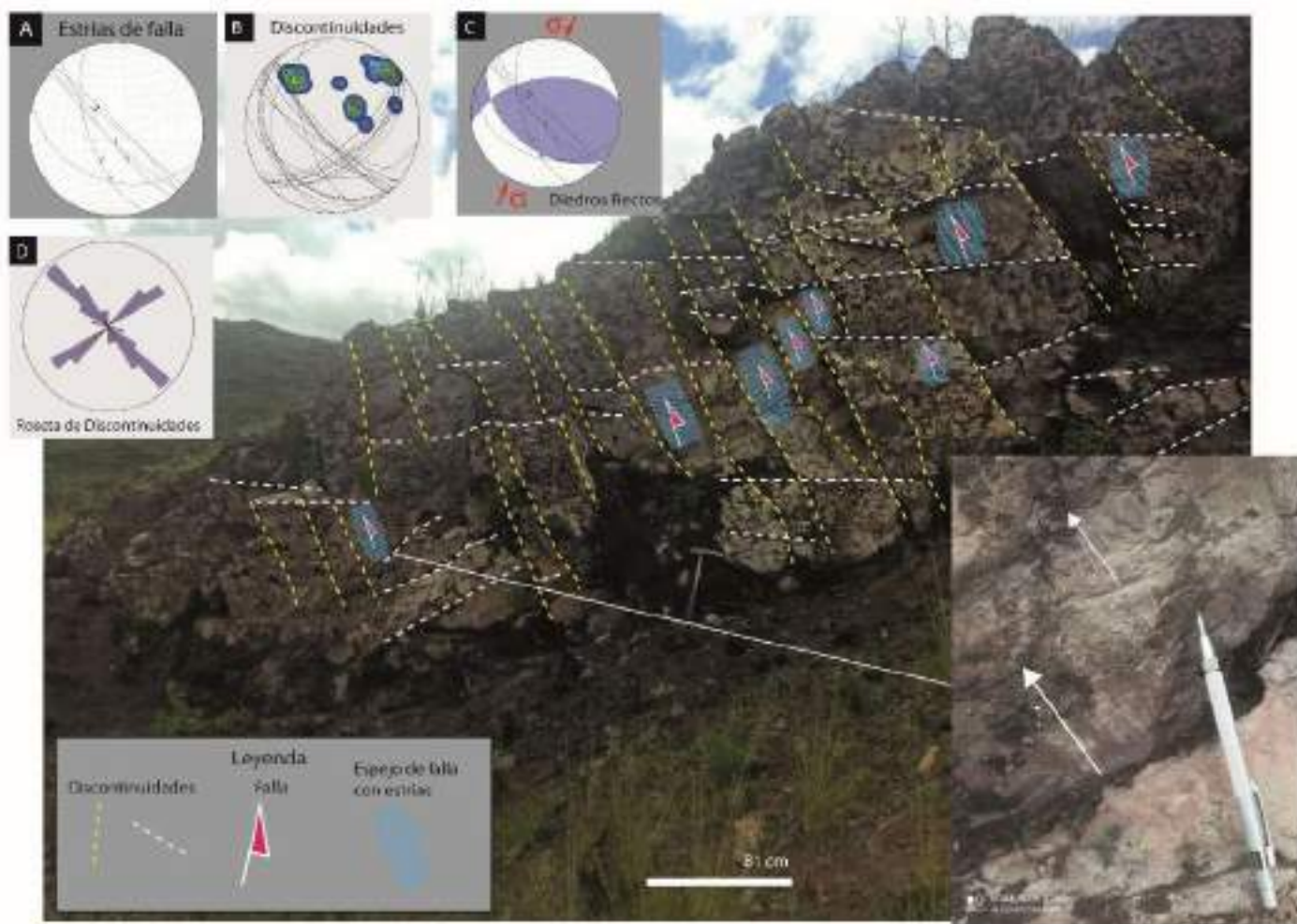
Fuente: Elaboración propia.

### 5.2.3. ESTACIÓN ESTRUCTURAL EN LA FORMACION KAYRA

En la ventana estructural ubicada dentro de la Formación Kayra se analizaron las microestructuras (fallas y las discontinuidades), para conocer el control estructural en el sector, a continuación, se detalla en los siguientes cuadros la información obtenida en campo para luego ser tratada en diferentes programas dedicados a la estereografía computacional, donde se utilizó la red de Schmidt.

**Figura N°22**

*Interpretación de las discontinuidades y fallas de la estación estructural en la Formación Kayra*



**Fuente:** *Elaboración propia*

La información de la ventana estructural de la Formación Kayra se encuentra detallada en el anexo F.3



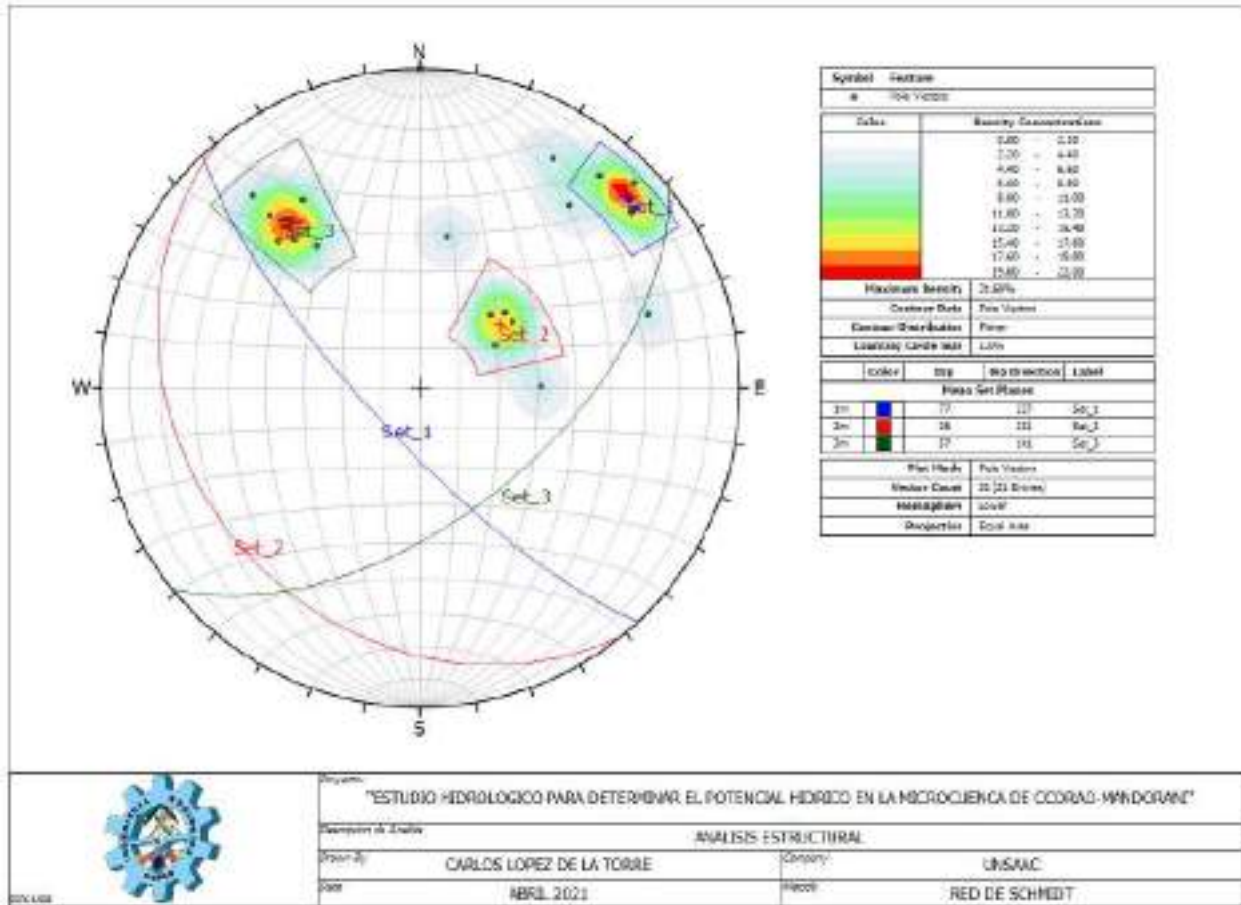


### 5.2.3.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE DISCONTINUIDADES DE LA FORMACIÓN KAYRA

El análisis mediante los polos de las discontinuidades nos permite establecer 3 sets (familias) de discontinuidades.

**Figura N°23**

*Análisis estructural de discontinuidades Fm. Kayra*

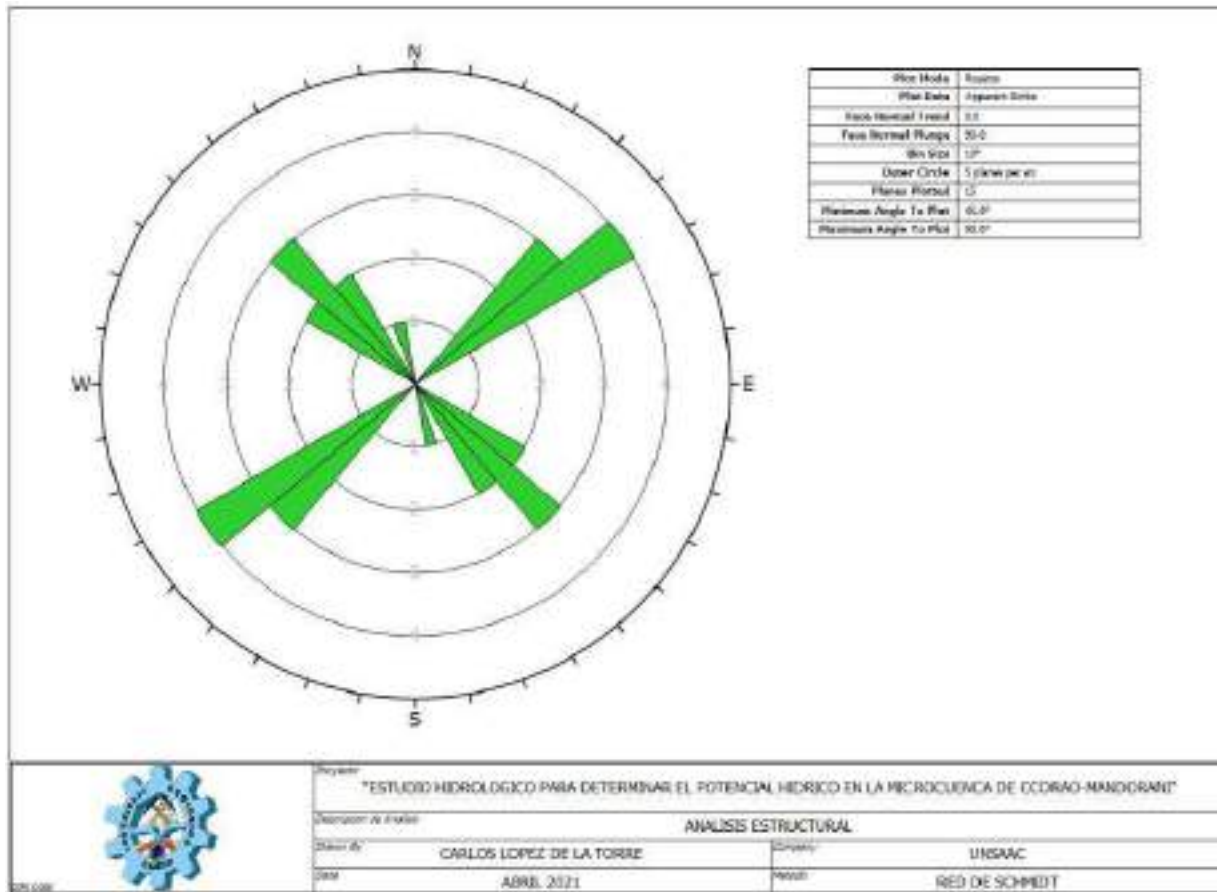


**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura N°24**

*Diagrama de rosetas de discontinuidades Fm. Kayra*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

Diagrama de rosetas que indican que la mayor cantidad de discontinuidades tienen un rumbo predominante NE-SW.

En la estación estructural en la Formación Kayra se evidencia que las aperturas son preferentemente de 3 mm, la persistencia es de 3 m, el espaciamiento entre las discontinuidades es preferentemente de 10 cm, su relleno es principalmente de epidota y sílice y la rugosidad mayormente corresponde a rugosa y plana.

Las figuras del análisis de la descripción de discontinuidades, se encuentran en el anexo F.3.



### 5.2.3.2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE FALLAS FORMACIÓN KAYRA

Los espejos de falla con estrías analizadas en la ventana estructural conforman una cinemática preferentemente inversa dextral que se generó por esfuerzos principales mayores en dirección NE-SW sobre arcosas de grano medio de color gris claro, donde debido a las fuerzas de cizalla se generó cambios de textura de rocas que formaron cuarcitas por metamorfismo dinámico (cata clástica), las cuales han sido expuestas debido a la erosión fluvial en época de lluvias.

Fotografía utilizada en la figura N°22 para evidenciar la presencia de fallas por medio de indicadores cinemáticos.

#### **Fotografía N°26**

*Estrías de falla con cinemática inversa sinextral en la Formación Kayra*

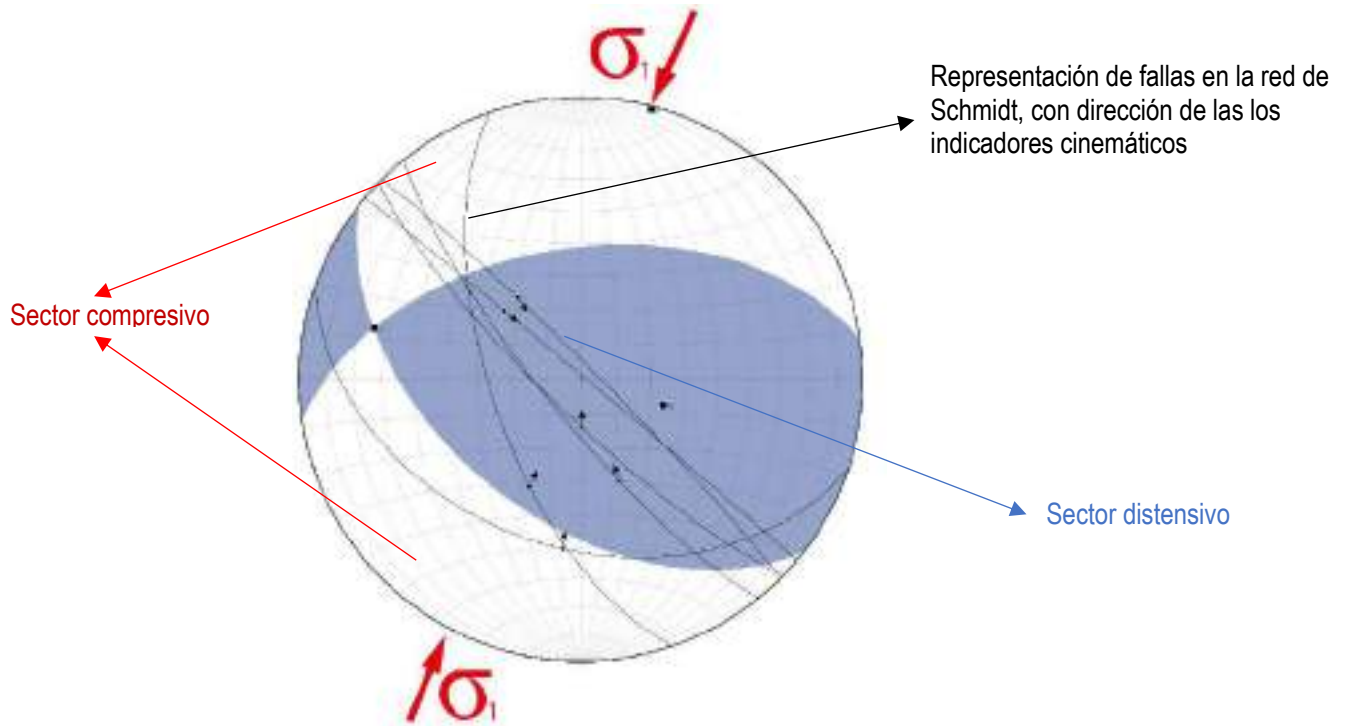






**Figura N°25**

*Diagrama de diedros rectos de las fallas de la estación estructural en la Fm. Kayra*



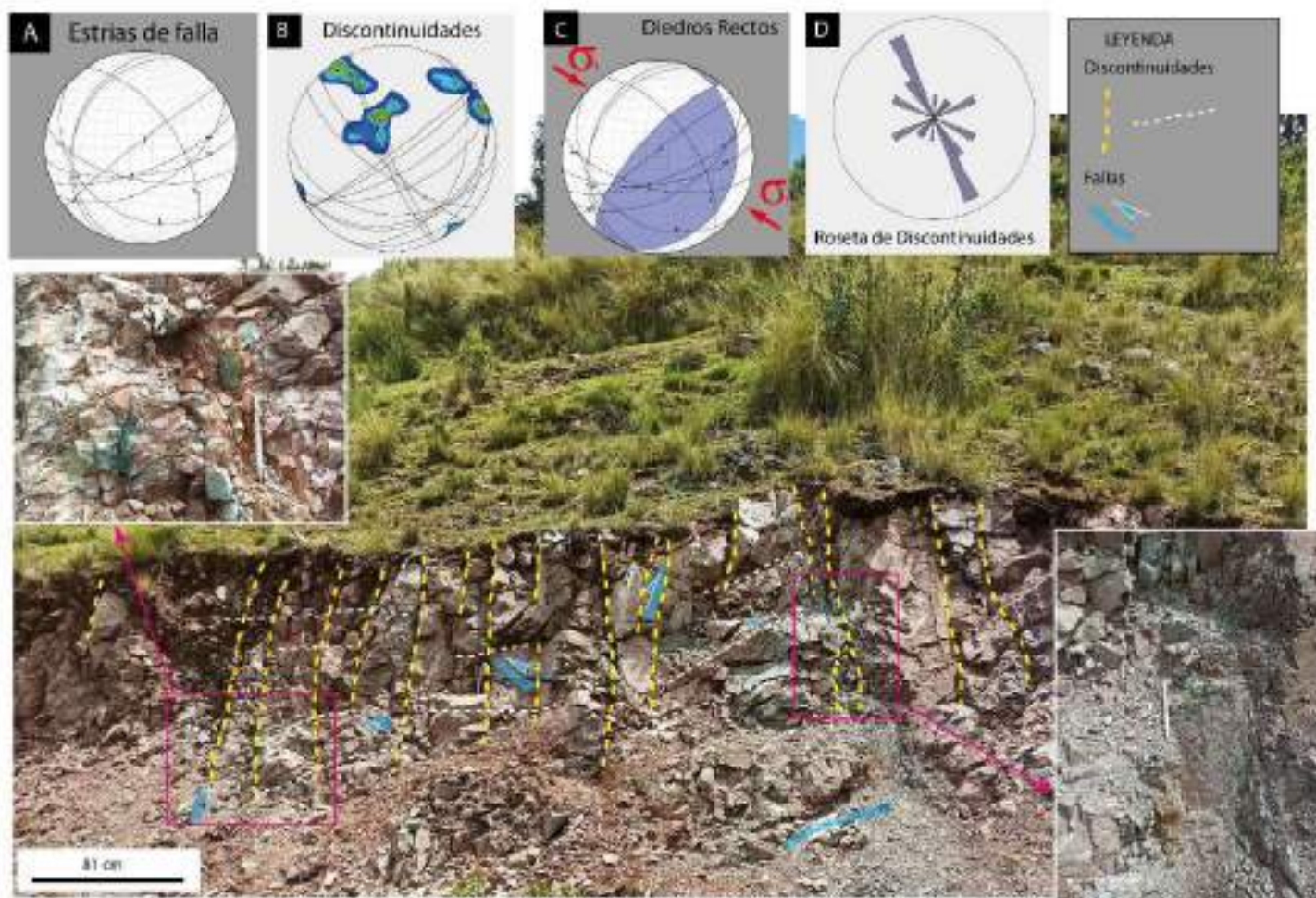
**Fuente:** *Elaboración propia.*

#### 5.2.4. ESTACIÓN ESTRUCTURAL EN LA FORMACIÓN SONCCO

En la ventana estructural ubicada dentro de la Formación Soncco se analizaron las micro estructuras (fallas y las discontinuidades), para conocer el control estructural en el sector, a continuación, se detalla en los siguientes cuadros la información obtenida en campo para luego ser tratada en diferentes programas dedicados a la estereografía computacional, donde se utilizó la red de Schmidt.

**Figura N°26**

*Interpretación de las discontinuidades y fallas de la estación estructural de la formación Soncco*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

La información de la ventana estructural de la Formación Kayra se encuentra detallada en el Anexo F.4

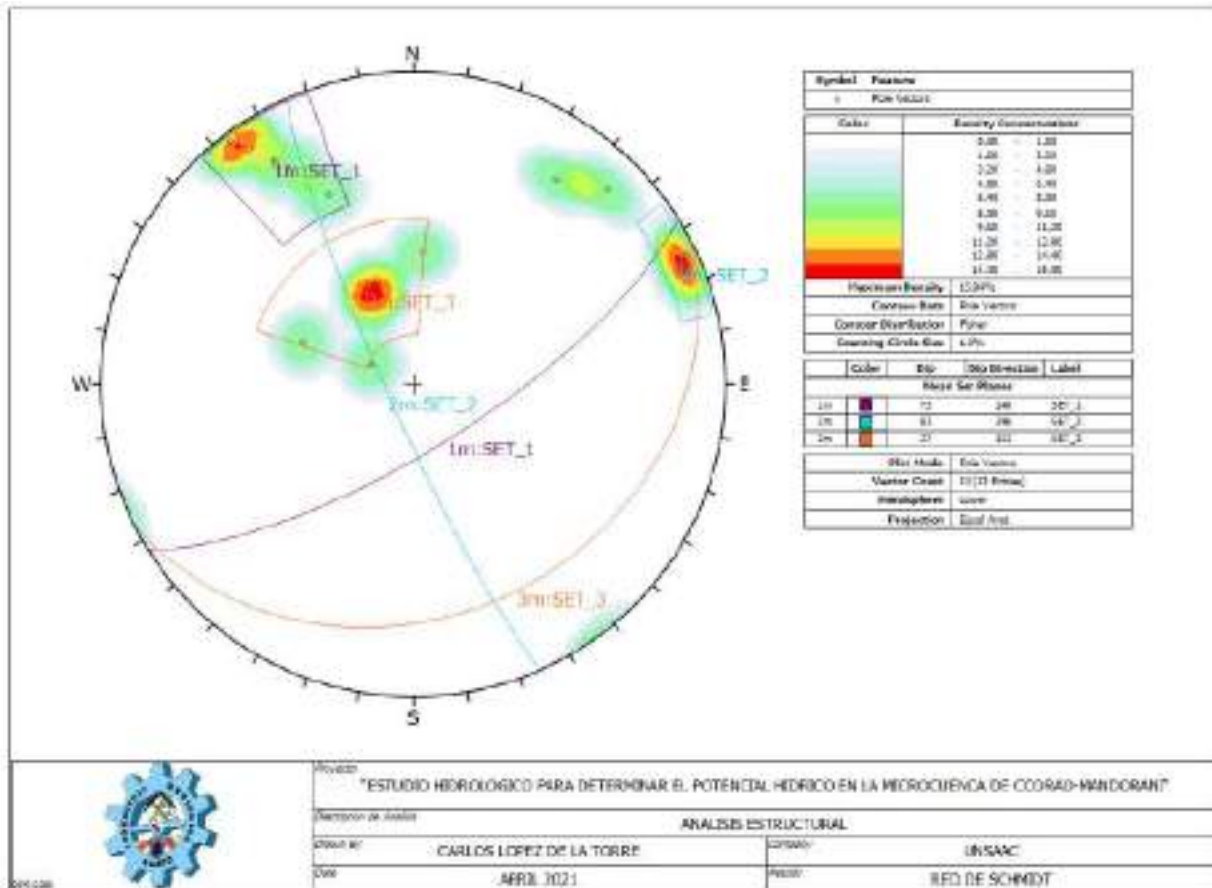


### 5.2.4.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE DISCONTINUIDADES FORMACIÓN SONCCO

El análisis mediante los polos de las discontinuidades nos permite establecer 3 sets (familias) de discontinuidades.

**Figura N°27**

*Análisis estructural de discontinuidades Fm. Soncco*



**Fuente:** Elaboración propia.

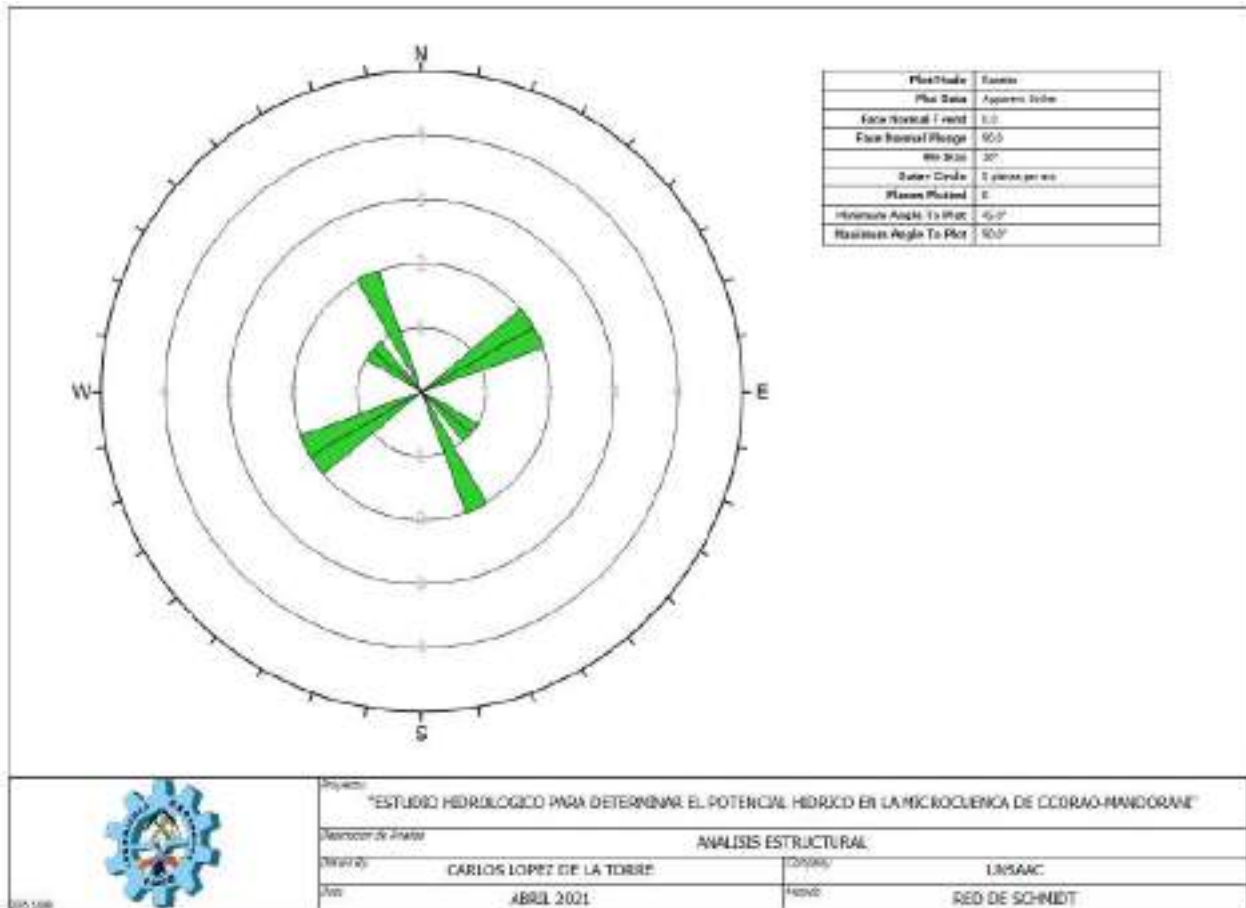
Diagrama de rosetas que indican que la mayor cantidad de discontinuidades tienen un rumbo predominante NE-SW.





**Figura N°28**

*Diagrama de rosetas de discontinuidades Fm. Soncco*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la estación estructural en la Formación Soncco se evidencia que las aperturas son preferentemente de 0.5 mm, la persistencia es de 2 m, el espaciamiento entre las discontinuidades es preferentemente mayor a 10 cm, no presenta relleno y la rugosidad mayormente corresponde a rugosa y ondulada.

Las figuras del análisis de la descripción de discontinuidades, se encuentran en el anexo F.3.



#### 5.2.4.2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE FALLAS FORMACIÓN SONCCO

La estrías de fallas analizadas en la estación estructural conforman una cinemática preferentemente Inversa que se generó por esfuerzos principales mayores en dirección NW-SE sobre arcosas de grano medio de color gris rojizo claro, que trajo consigo fluidos hidrotermales ricos en carbonato de calcio e iones de cobre, dando como resultado precipitación de malaquitas (derivados de la alteración, disolución de sulfuros y óxido de cobre) calcosina y hematita, los cuales al estar en contacto con factores meteorológicos presenta patinas de óxidos.

Fotografía aledaña a la ventana estructural de la Formación Soncco en la figura N°26 para evidenciar la presencia de fallas por medio de indicadores cinemáticos.

#### **Fotografía N°27**

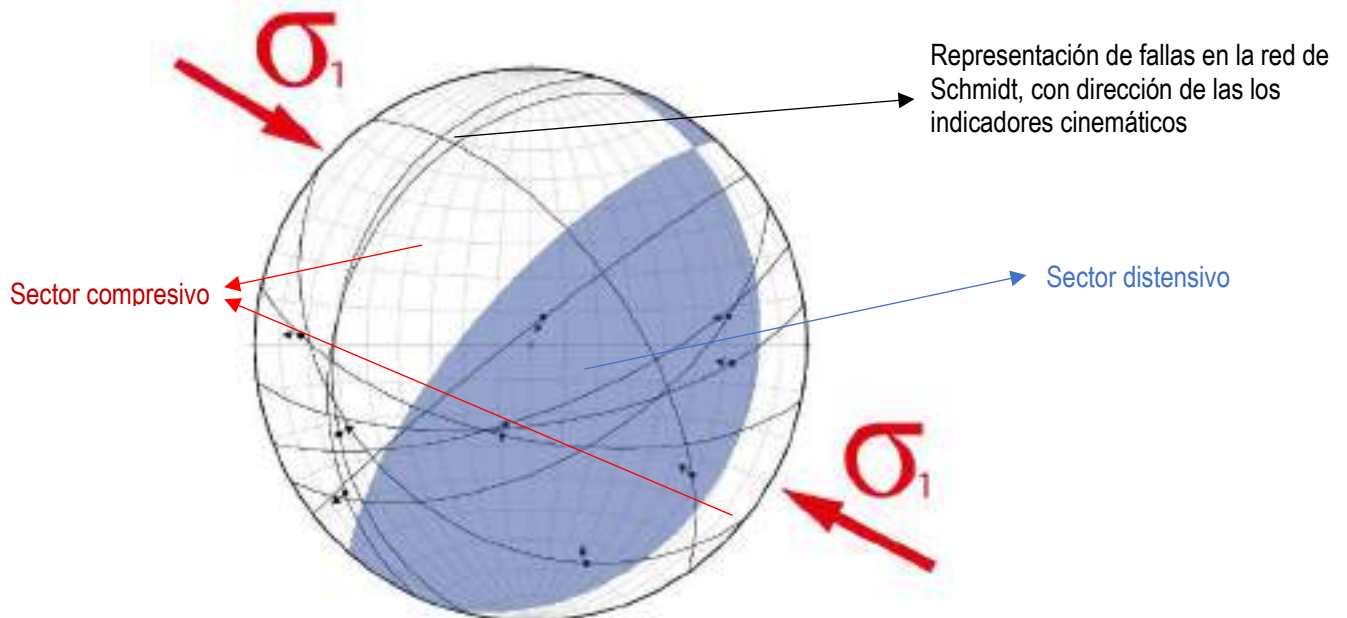
*Estrías de falla con cinemática normal sinextral en la Formación Kayra*





## Figura N°29

Diagrama de diedros rectos de las fallas de la estación estructural en la Fm. Soncco



**Fuente:** Elaboración propia.

La estrías de fallas analizadas en la estación estructural conforman una cinemática preferentemente inversa que se generó por esfuerzos principales mayores en dirección NW-SE sobre arcosas de grano medio de color gris rojizo claro, que trajo consigo fluidos hidrotermales ricos en carbonato de calcio e iones de cobre, dando como resultado precipitación de malaquitas (derivados de la alteración, disolución de sulfuros y óxido de cobre) calcosina y hematita, los cuales al estar en contacto con factores meteorológicos presenta patinas de óxidos.

### 5.2.5. PLIEGUES

En la microcuenca de estudio, mediante el análisis estereográfico de las estratificaciones se ha determinado, que los pliegues varían entre abierto, cerrado y suave, a partir de la medida del ángulo entre los flancos o su ángulo interlimbo.

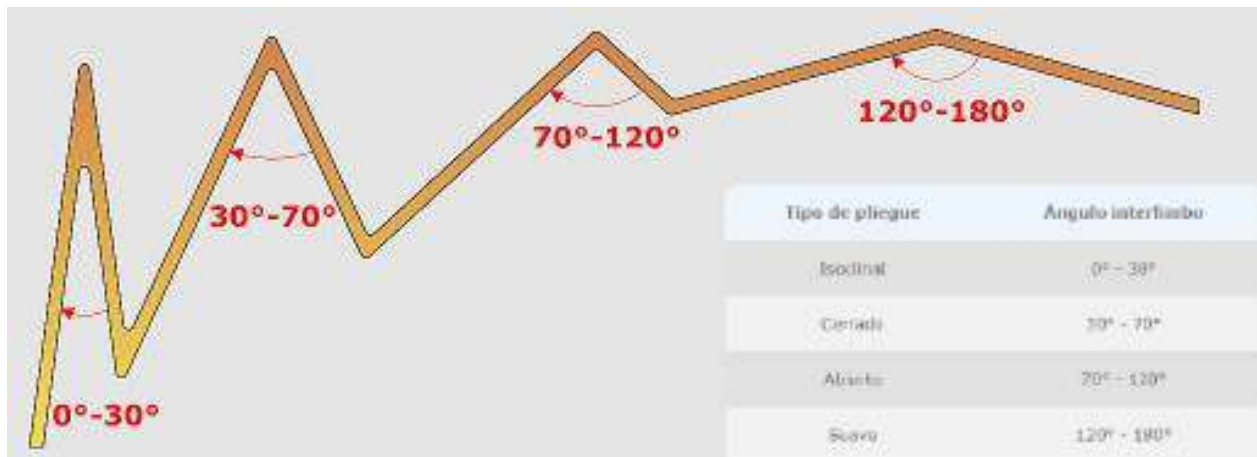
Para poder categorizar los tipos de pliegues se ha utilizado la siguiente figura.





### Figura N°30

*Pliegues de acuerdo al ángulo interlimbo adaptado de Fossen 2010*

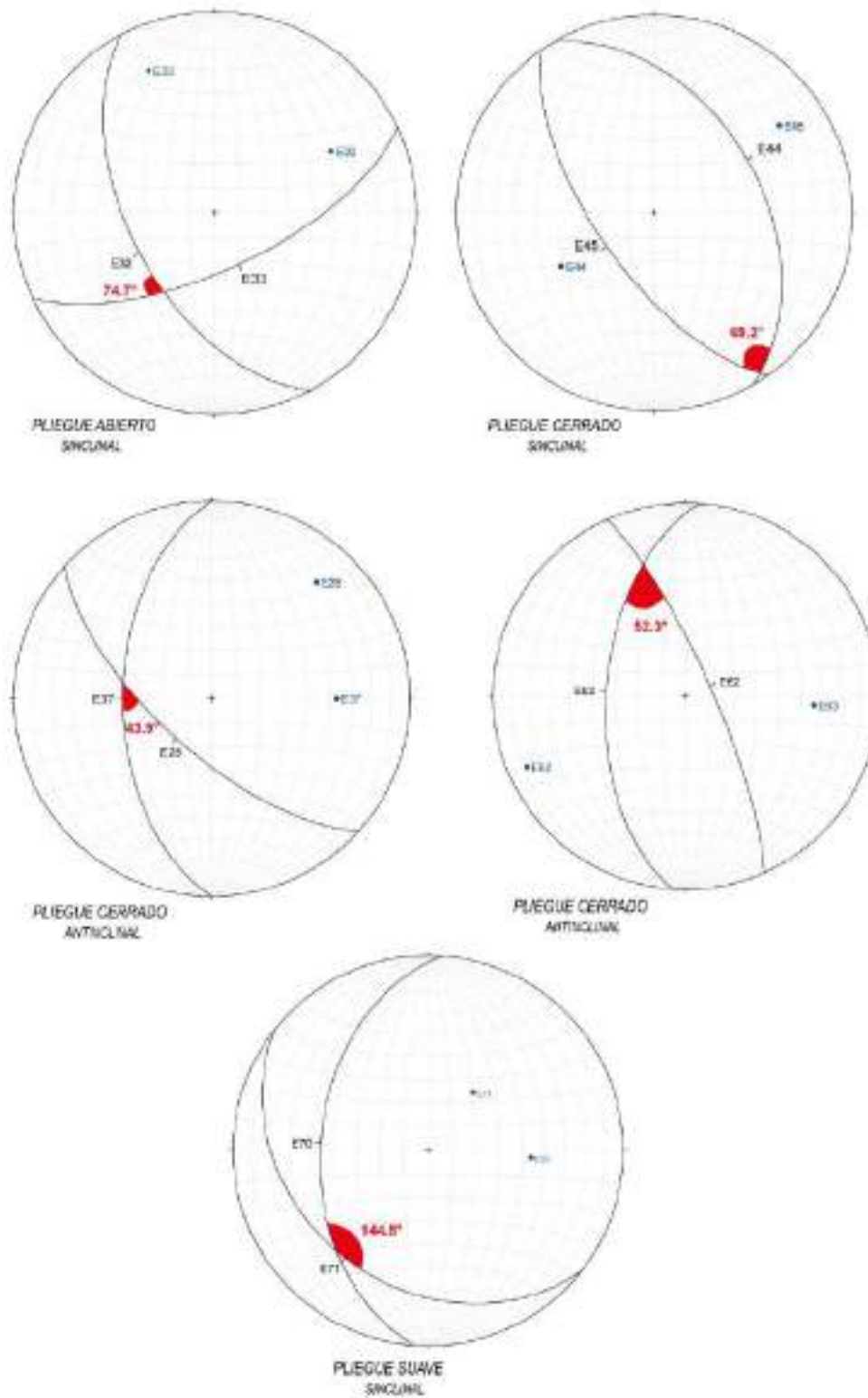


**Fuente:** <https://www.geologiaestructural.com/analisis-estructural-pliegues/>



**Figura N°31**

*Análisis estereográfico algunas de las estratificaciones de la microcuenca Ccorao Mandorani*



**Fuente:** *Elaboración propia.*



### 5.2.6. CONTROL ESTRUCTURAL

El control estructural de la microcuenca está definido por fallas inversas con componente de rumbo generando movimientos sinestrales y dextrales, producto de esfuerzos de cizalla pura que fueron analizados por zonas (Mapa N°09), con las siguientes componentes finales:  $\sigma_1$  con dirección NE-SW al este de la zona de la microcuenca, pero en la zona oeste la dirección de  $\sigma_1$  cambia a NW-SE.

#### Figura N°32

*Interpretación de fallas conjugadas con predominio de esfuerzos principales mayores horizontales*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

#### Figura N°33

*Interpretación de fallas conjugadas con predominio de esfuerzos principales mayores verticales*



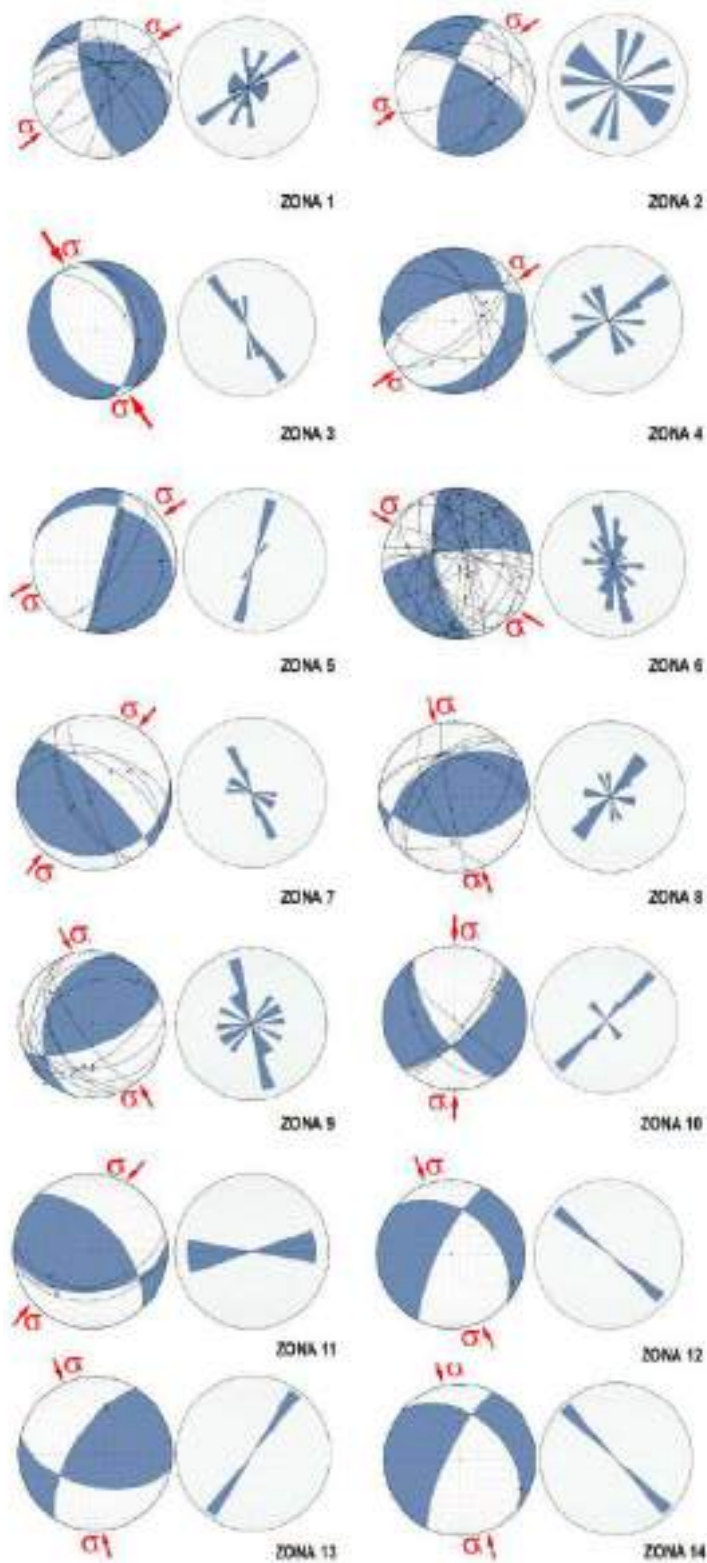
**Fuente:** *Elaboración propia.*





**Figura N°34**

*Diedros rectos y rosetas de fallas analizados por zonas correspondientes al mapa N°09*



**Fuente:** *Elaboración propia.*



Por consiguiente, una manifestación de los esfuerzos principales mayores son las mineralizaciones de cobre que se dan a partir de esfuerzos compresivos y de cizalla medidos en campo generando fallas inversas con componente de rumbo sinextral y dextral, permitiendo el emplazamiento de fluidos mineralizantes observadas a lo largo de estas zonas de debilidad. Por otra parte, las mineralizaciones de óxidos de cobre son generados por enriquecimientos secundarios de litologías sedimentarias a través de zonas de fallas que permiten la filtración de aguas meteóricas.

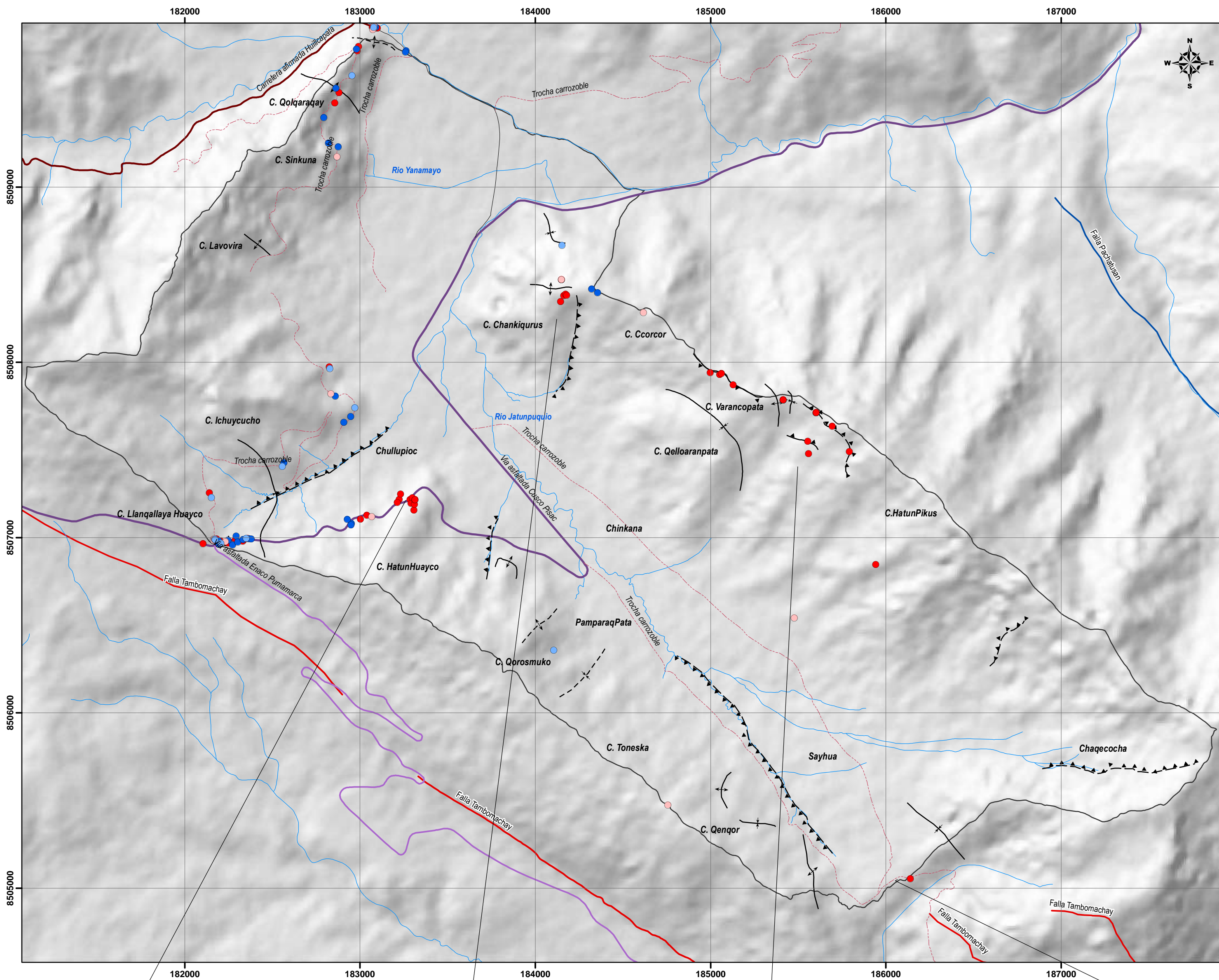
### **Fotografía N°28**

*Mineralización de cu (malaquita y azurita)*

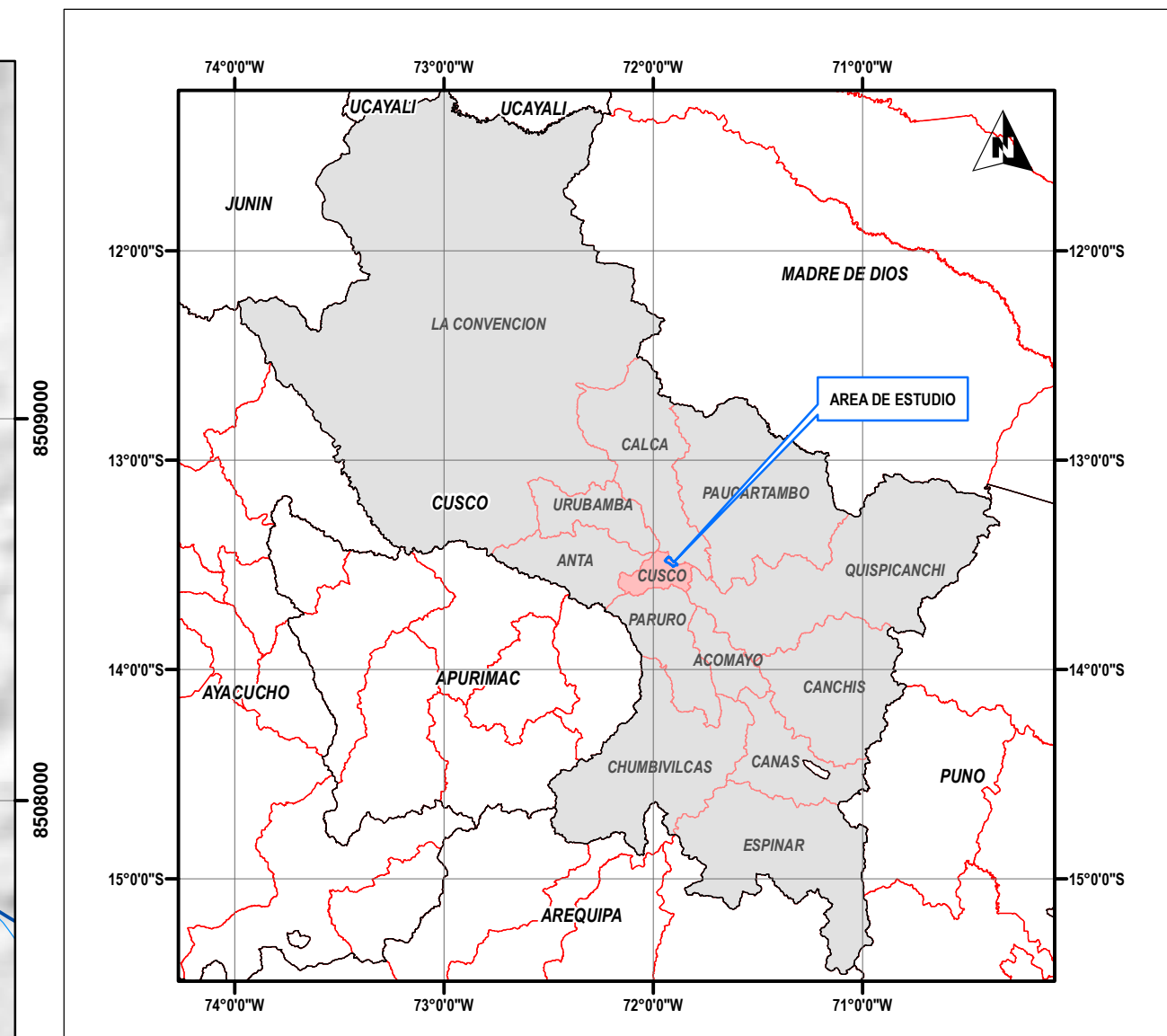




MAPA ESTRUCTURAL DE LA MICROCUENCA CCORAO - MANDORANI



MAPA DE UBICACION REGIONAL



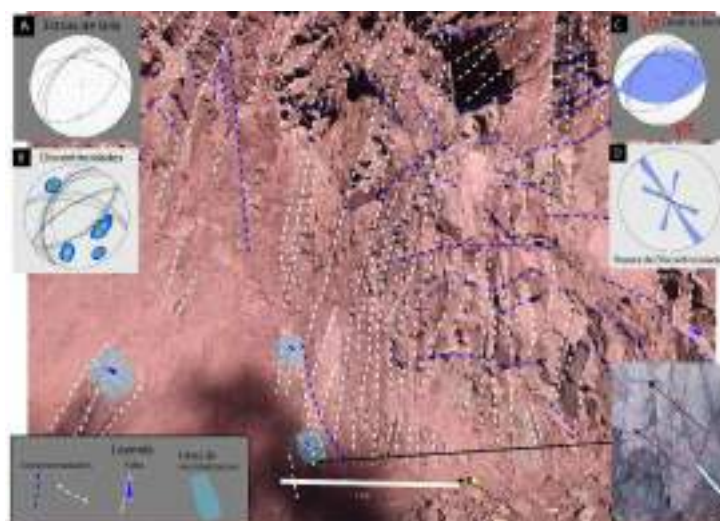
SIMBOLOGIA

- Drenaje
- Fallas**
  - Falla Sinextral
  - Falla Dextral
  - Falla Normal
  - Falla Inversa
  - Falla Pachatusan
  - Falla Tambomachay
- Estructuras**
  - Anticlinal
  - Anticlinal Inferido
  - Falla Inversa
  - Falla Inversa Inferida
  - Sinclinal
  - Sinclinal Inferido
- Vias de comunicacion**
  - Calle pavimentada-Ccorao-Huillcapata
  - Carretera afirmada Huillcapata
  - Trocha carrozoble
  - Via asfaltada Cusco Pisac
  - Via asfaltada Enaco Pumamarca

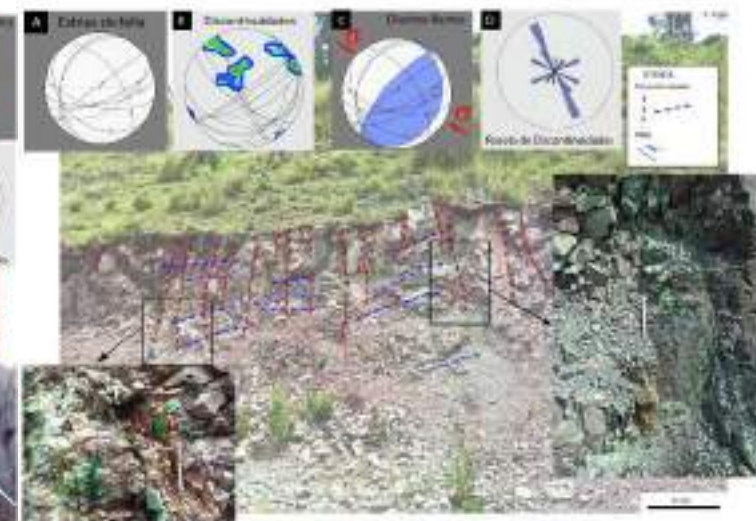


Fibras de recristalización de calcita y cuarzo hidrotermal Anticlinal observado por el cambio de dirección y buzamiento de los estratos

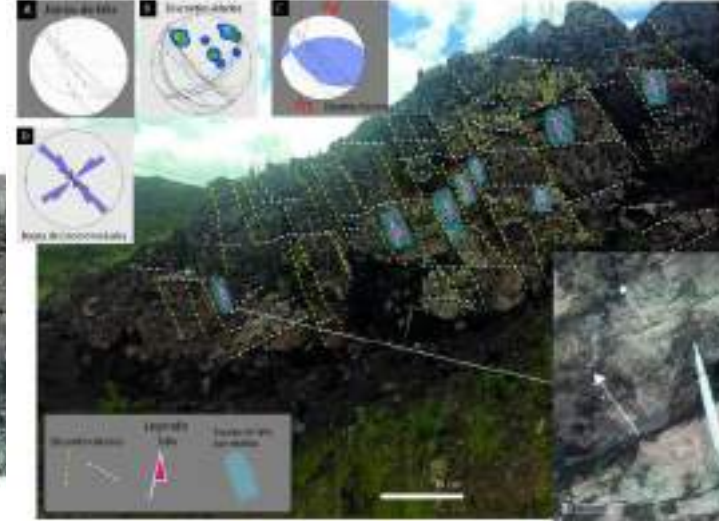
ESTACION ESTRUCTURAL SOBRE LA FORMACION QUILQUE



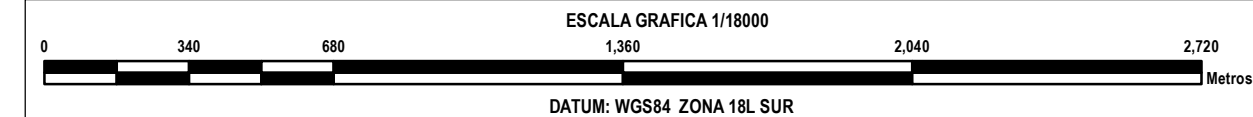
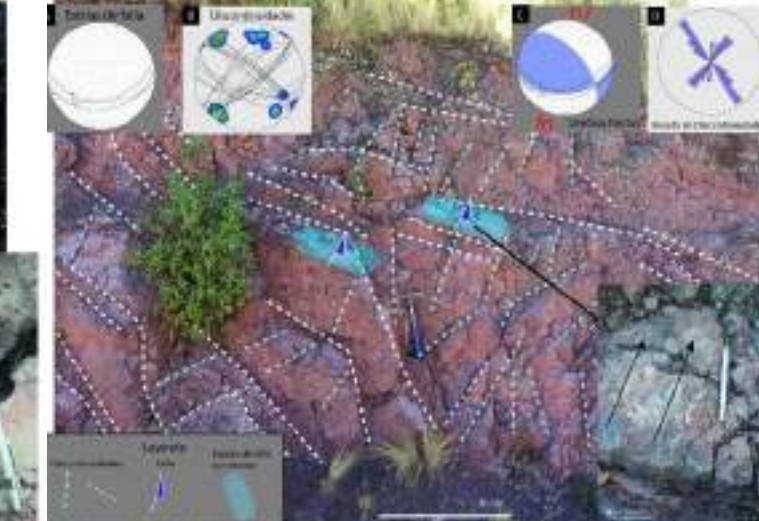
ESTACION ESTRUCTURAL SOBRE LA FORMACION SONCCO



ESTACION ESTRUCTURAL SOBRE LA FORMACION KAYRA



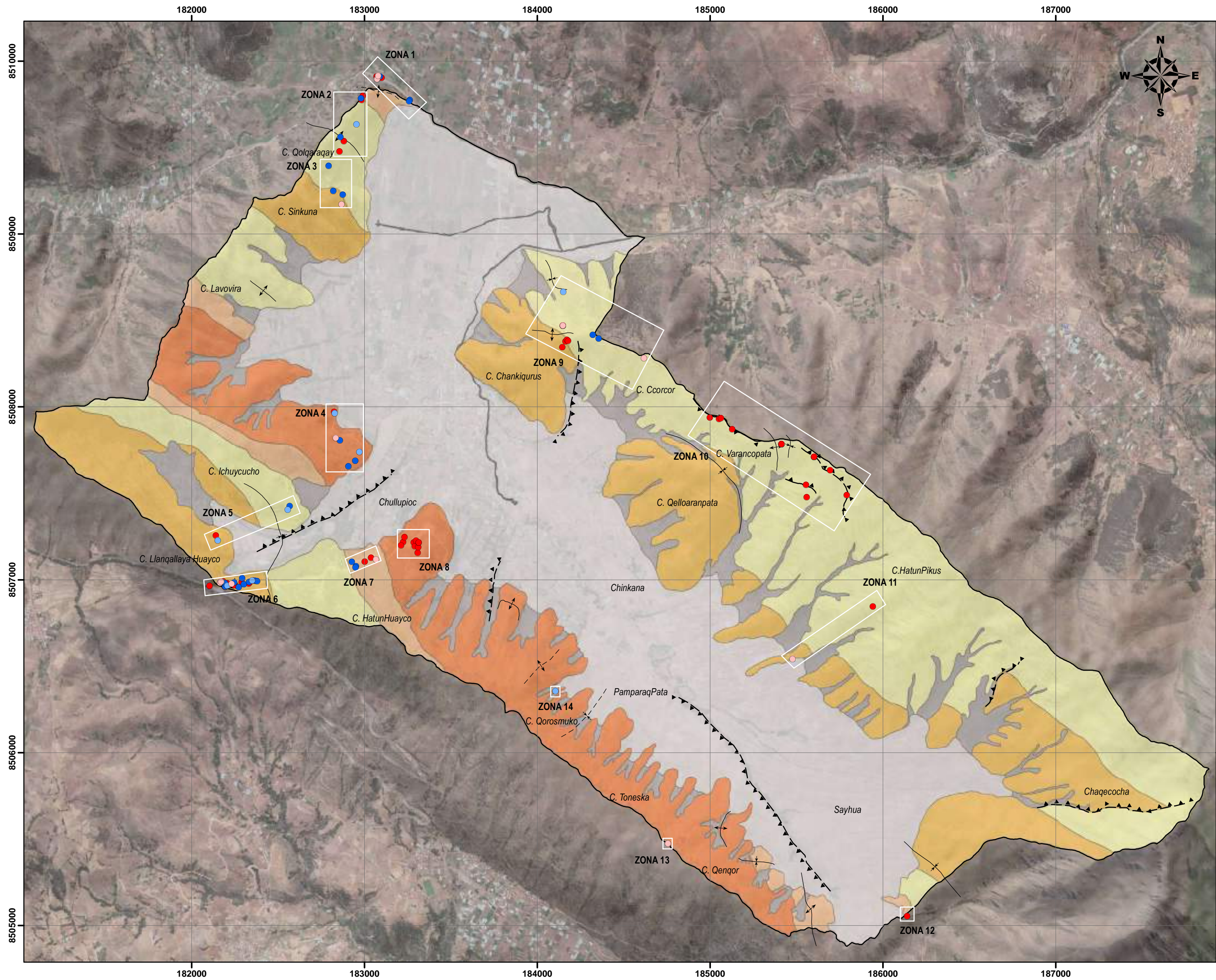
ESTACION ESTRUCTURAL SOBRE LA FORMACION CHILCA



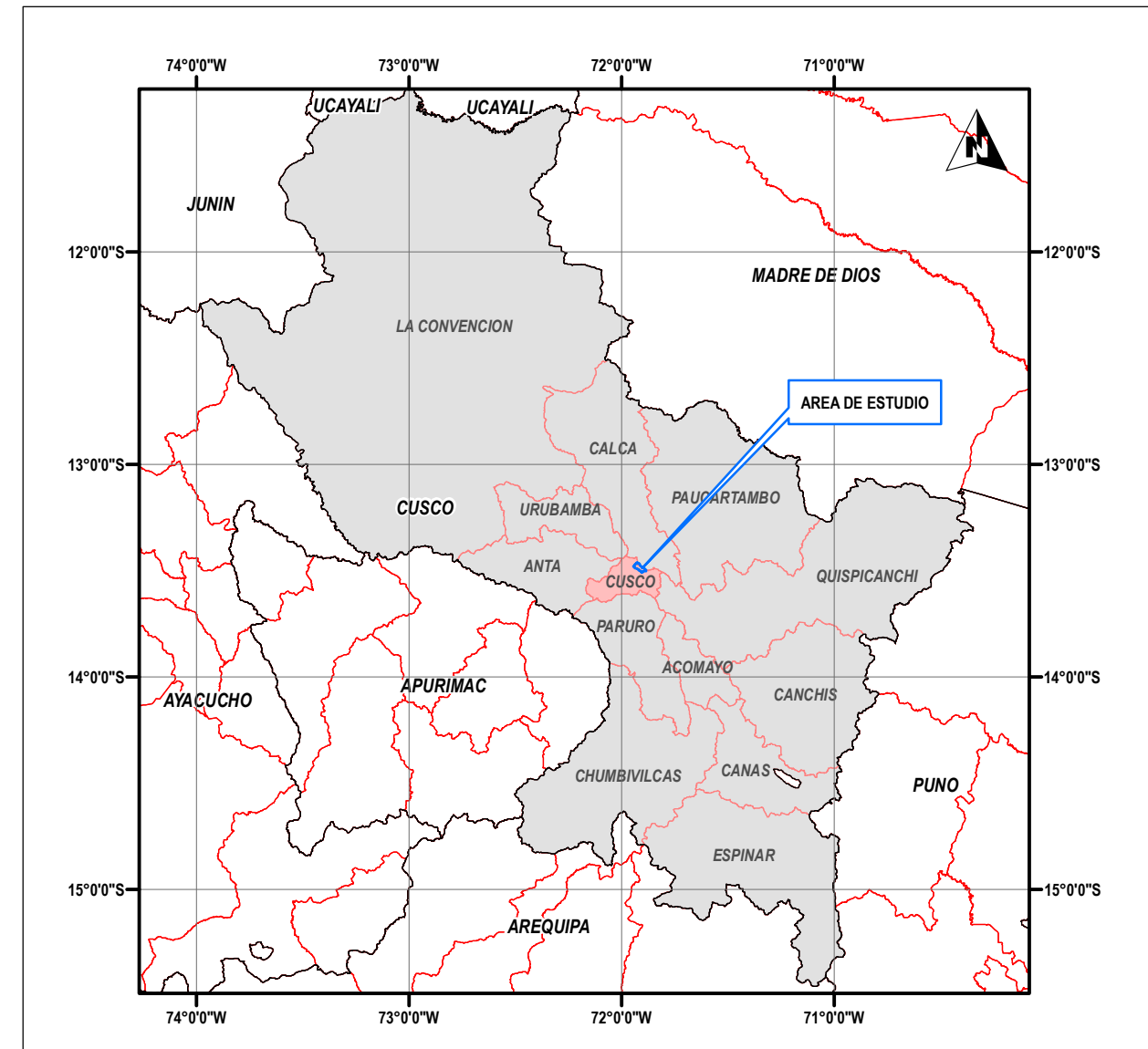
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
	TESIS: ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO- MANDORANI, DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022		
MAPA GEOLOGICO ESTRUCTURAL			MAPA:
ASESOR:	MGT.ING.FREDDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO	UBICACION	MP-08
ELABORADO POR:	BACH.CARLOS LOPEZ DE LA TORRE	SECTOR:	CCORAO-MANDORANI
SISTEMA DE COORDENADAS		DISTRITO:	SAN SEBASTIAN
PROYECCION:	UTM	PROVINCIA:	CUSCO
DATUM HORIZONTAL:	WGS84	REGION:	CUSCO
HUSO Y ZONA:	19L Sur		
ESCALA DE IMPRESION:	A-2		
			ESCALA: 1:18000
			FECHA: AGOSTO 2022



MAPA ESTRUCTURAL DE LA MICROCUENCA CCORAO - MANDORANI



MAPA DE UBICACION REGIONAL



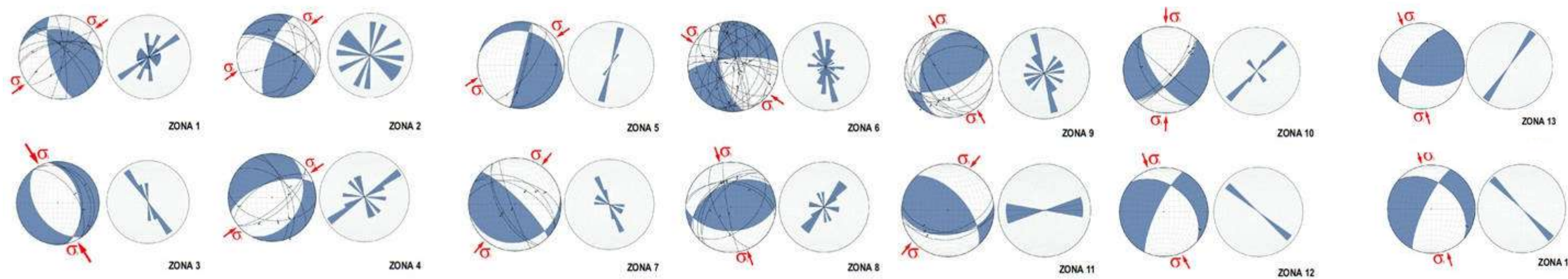
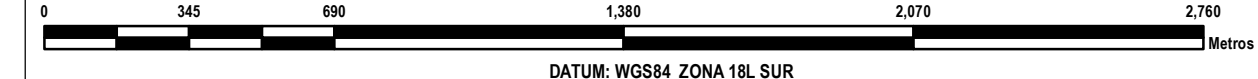
SIMBOLOGIA

- Fallas**
- Falla Sinistral
  - Falla Dextral
  - Falla Normal
  - Falla Inversa
- Estructuras**
- Anticlinal
  - Anticlinal Inferido
  - Falla Inversa
  - Falla Inversa Inferida
  - Sinclinal
  - Sinclinal Inferido

LEYENDA

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS
CENOZOICO	CUATERNARIO		<span style="background-color: #cccccc;"> </span> Q-fl Depositos Fluviales
			<span style="background-color: #d3d3d3;"> </span> Q-al Depositos aluviales
			<span style="background-color: #e0e0e0;"> </span> Q-co Depositos coluviales
PALEOGENO	Eoceno		<span style="background-color: #ffcc99;"> </span> Peo-so Formacion Soncco
			<span style="background-color: #ffcc99;"> </span> Peo-Ky Formacion Kayra
		Paleoceno	
	<span style="background-color: #ff9999;"> </span> Pp-qu Formacion Quillque		

ESCALA GRAFICA 1/18000



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		 MAPA: <b>MP-09</b> LAMINA: <b>09/28</b> ESCALA: 1:18000 FECHA: AGOSTO 2022
	TESIS: ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO- MANDORANI, DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022	ASesor: MGT.ING.FREDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO ELABORADO POR: BACH.CARLOS LOPEZ DE LA TORRE	
SISTEMA DE COORDENADAS: UTM WGS84 19L Sur PROYECCION: DATUM HORIZONTAL: HUSO Y ZONA:		UBICACION: CCORAO-MANDORANI DISTRITO: SAN SEBASTIAN PROVINCIA: CUSCO REGION: CUSCO	
ESCALA DE IMPRESION: A-2			





## CAPITULO VI HIDROLOGÍA

### 6.1. GENERALIDADES

De acuerdo al criterio de Otto Pfafstetter, que permite la clasificación de la red hidrográfica del lugar a través de un código.

Para la microcuenca de estudio de acuerdo al criterio anteriormente descrito, posee el código 499497166 siendo una unidad hidrográfica de nivel 9.

**Tabla 10**

*Clasificación Pfafstetter para la microcuenca Ccorao-Mandorani*

CÓDIGO	CLASIFICACIÓN OTTO PFAFSTETTER	NIVEL
4	Cuenca hidrográfica del río Amazonas	1
9	Cuenca cabecera del río Amazonas	2
9	Cuenca del río Ucayali	3
4	Cuenca bajo Urubamba	4
9	Inter cuenca del río Alto Urubamba-Vilcanota	5
7	Inter cuenca Medio Vilcanota	6
1	Inter cuenca Medio Bajo Vilcanota	7
6	Cuenca Quesermayo	8
6	Cuenca Ccorao Mandorani	9

*Fuente: Elaboración Propia.*

### 6.2. PARÁMETROS GEOMORFOMÉTRICOS

Los parámetros geomorfométricos de las cuencas, subcuencas o microcuencas son de vital importancia en la hidrología, porque definen las características del comportamiento del recurso hídrico como, por ejemplo, el escurrimiento, tiempo de concentración, distribución, etc. Y con base a estos se puede generar conocimiento de una zona carente de información por diversos factores, los cuales se obtienen del procesamiento de la información geográfica o SIG de la zona de estudio.



### 6.2.1. ELEMENTOS DE SUPERFICIE

El área correspondiente a la microcuenca de estudio se observa en la tabla a continuación.

**Tabla 11**

*Área total de la microcuenca de estudio*

PARÁMETRO	SIMBOLO	UNIDAD	VALOR
Área	$A_c$	Km <sup>2</sup>	14.161632

**Fuente:** *Elaboración propia.*

De acuerdo a la dimensión en kilómetros cuadrados la zona en estudio corresponde a una microcuenca (10 Km<sup>2</sup>-100 Km<sup>2</sup>)

### 6.2.2. ELEMENTOS DE DISTANCIA

Los elementos de distancia de la microcuenca están descritos en la siguiente tabla con los valores en kilómetros y metros según sea el caso.

**Tabla 12**

*Elementos de distancia de la microcuenca de estudio*

PARÁMETRO	SIMBOLO	UNIDAD	VALOR
Perímetro	P	Km	18.959804
Longitud axial	$L_{ax}$	Km	6.061185
Ancho promedio	$A_p$	Km	2.336446
Centro de Gravedad	Este	m	184380.398531
	Norte	m	8507221.48696

**Fuente:** *Elaboración propia.*

$$A_p = \frac{A_c}{L_{ax}} \quad A_p = \frac{14.161632 \text{ Km}^2}{6.061185 \text{ Km}} = 2.336446 \text{ Km}$$

### 6.2.3. ELEMENTOS DE FORMA

Concorde a la tabla 13 los elementos de forma anteriormente descritos la microcuenca de estudio presenta las siguientes características:





**Tabla 13**

*Elementos de forma de la microcuenca de estudio*

Elemento de Forma	Formula	Símbolo	Valor
Factor de forma	$F_f = \frac{A_p}{L_{ax}}$	$F_f$	0.385477
Coefficiente de compacidad	$K_c = 0.2821 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$	$K_c$	1.421282
Elongación	$E_i = 2 \times \sqrt{\frac{A_c}{\pi}} \times L_{ax}$	$E_i$	0.700573
Índice de circularidad	$I_c = \sqrt{\frac{4 \times \pi \times A_c}{P^2}}$	$I_c$	0.703604
Lado mayor	$L_M = \frac{K_c \times \sqrt{\pi \times A_c}}{2} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{4}{\pi \times K_c^2}}\right)$	$L_M$	7.622124
Lado menor	$L_m = \frac{K_c \times \sqrt{\pi \times A_c}}{2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4}{\pi \times K_c^2}}\right)$	$L_m$	1.857964

**Fuente:** *Elaboración propia.*

- Por su factor de forma ( $F_f$ ) no es **ni alargada ni ensanchada**.

**Figura N°35**

*Rangos aproximados del Factor de forma*

Factor de forma (valores aproximados)	Forma de la cuenca
<0.22	Muy alargada
0.22 a 0.30	Alargada
0.30 a 0.37	Ligeramente alargada
0.37 a 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45 a 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 a 0.80	Ensanchada
0.80 a 1.20	Muy ensanchada
>1.20	Rodeando el desagüe

**Fuente:** Pérez, 1979

- Por su coeficiente de compacidad ( $K_c$ ) presenta una forma **oval redonda a oval oblonga**.



## Figura N°36

Rangos aproximados del Factor de forma

Rango	Forma
1,00 - 1,25	Redonda a oval redonda (compacta).
1,25 - 1,50	Oval redonda a oval oblonga.
1,50 - 1,75	Oval oblonga a rectangular oblonga.
> 1,75	Casi rectangular (alargada).

Fuente: HydroGis.

### 6.2.4. ELEMENTOS DE RELIEVE

Es de mayor interés debido a que el relieve de una cuenca posee mayor impacto sobre la reacción hidrológica que su forma, en conclusión, a mayor relieve de pendiente la creación de flujo ocurre en un período de tiempo más corto, a continuación, se describe los datos de elementos de pendiente y declividad de terrenos de la microcuenca en estudio:

Tabla 14

Elementos de relieve de la microcuenca de estudio

ELEMENTOS DE RELIEVE			
Altitud Media	$H_m$	m.s.n.m	3854.1
Mediana de la Altitud	$M_a$	m.s.n.m	3821.17
Altitud Máxima	$H_{max}$	m.s.n.m	4463
Altitud Mínima	$H_{min}$	m.s.n.m	3602
Línea de Máxima Pendiente	$LMP$	%	36.85
Declividad Equivalente Constante	$S$	%	6.1
Tiempo Medio de Traslado	$T_m$	horas	0.64

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15

Declividad de los terrenos de la microcuenca de estudio

DECLIVIDAD DE LOS TERRENOS			
Índice de Pendiente	$I_p$	%	9.698087
Pendiente Media de la Microcuenca	$P_{mc}$	%	14.205143
Criterio de Jusstin		%	22.879498
Criterio del rectan. Equivalente		%	11.296063
Coefficiente orográfico	$C_o$	m <sup>2</sup> /km <sup>2</sup>	1.048897
Coefficiente de masividad	$C_m$	m/km <sup>2</sup>	272.150836

Fuente: Elaboración propia.

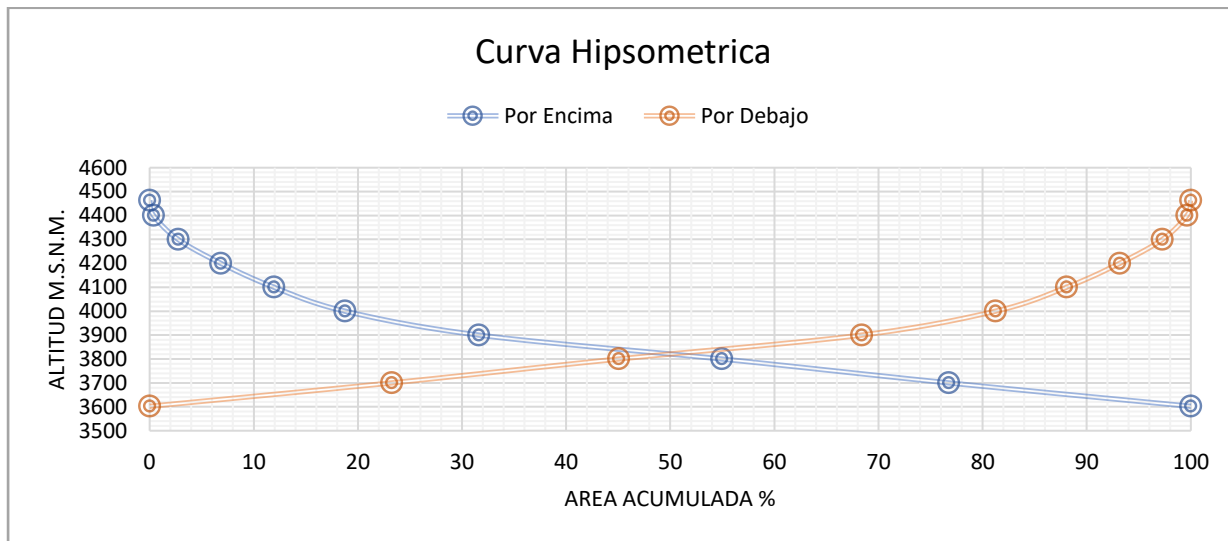


### 6.2.5. CURVA HIPSOMÉTRICA

La microcuenca de estudio posee una curva hipsométrica que representa una cuenca tipo C (cuenca sedimentaria en fase de vejez), donde el potencial erosivo es muy bajo.

**Figura N°37**

*Curva Hipsométrica*



*Fuente: Elaboración propia.*

### 6.2.6. HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS ALTIMÉTRICAS

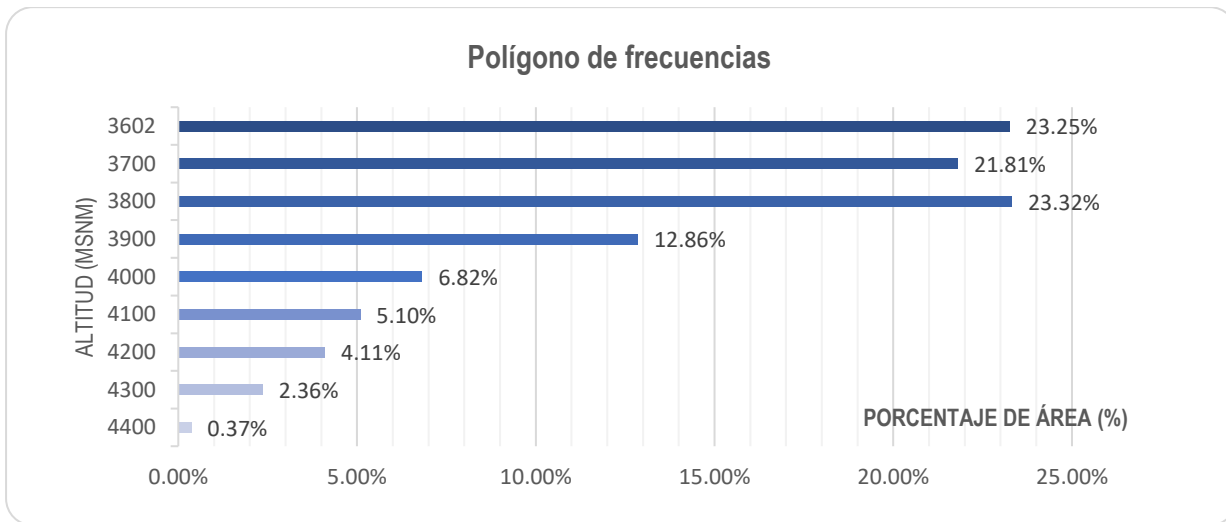
Conforme a la figura (38) se observa que el mayor porcentaje de área se encuentran entre las altitudes más bajas de 3602 a 3800 representando más del 60% de área total de la microcuenca de estudio.





**Figura N°38**

*Polígono de frecuencias*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

### 6.2.7. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Es la duración en que tarda una gota de agua en desplazarse desde la parte superior de la cuenca hasta el punto de aforo. En la tabla 16 muestra los tiempos de concentración de acuerdo a diferentes autores. Finalmente, se toma como tiempo de concentración el promedio.

**Tabla 16**

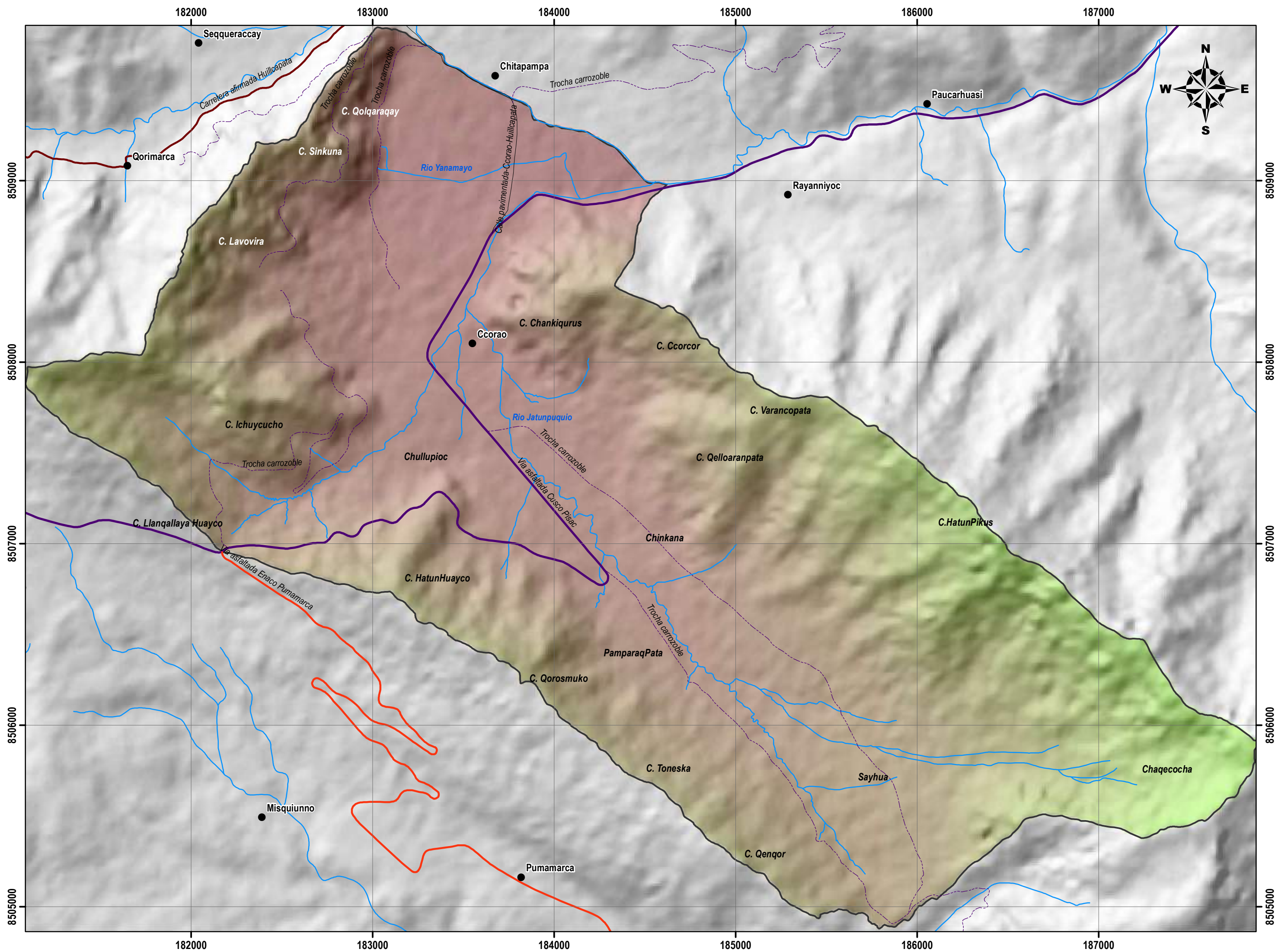
*Tiempo de concentración de la microcuenca de estudio*

TIEMPO DE CONCENTRACION					
METODOLOGIA	Tc		Tiempo		
CLARK	Tc	1.07	H	64.00	min
KERAY	Tc	39.5	Min	39.5	min
CHEREQUE	Tc	0.3	H	18.24	min
GIANDIOTTI	Tc	2.0	H	118.38	min
HATAWAY	Tc	0.8	H	46.76	min
PASSINI	Tc	0.6	H	34.42	min
SIMON	Tc	15.1	Min	15.15	min
SOIL CONSERVATION	Tc	55.8	Min	55.81	min
			<b>Tc, promedio</b>	49.04	min
				0.82	hras

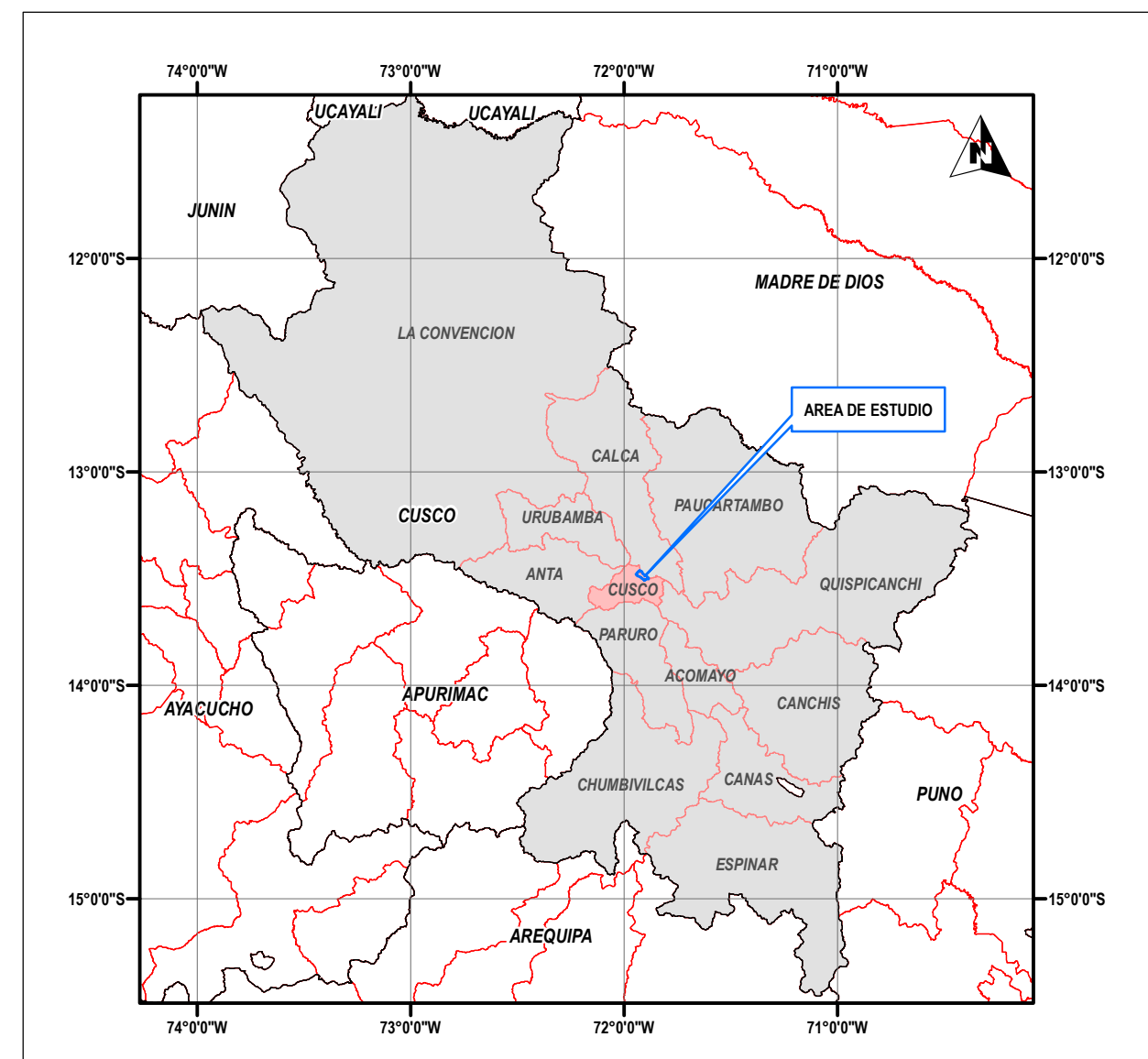
**Fuente:** *Elaboración propia.*



MAPA DE PARAMETROS HIDROMORFOMETRICOS DE LA MICROCUENCA

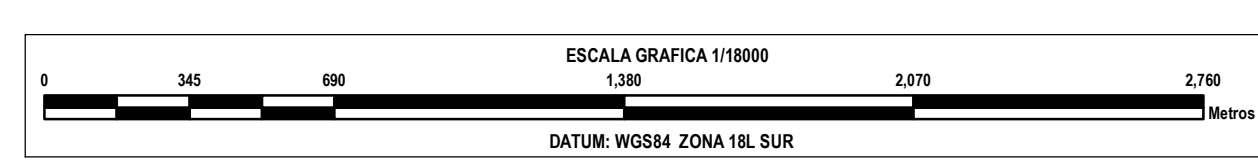


MAPA DE UBICACION REGIONAL



SIMBOLOGIA

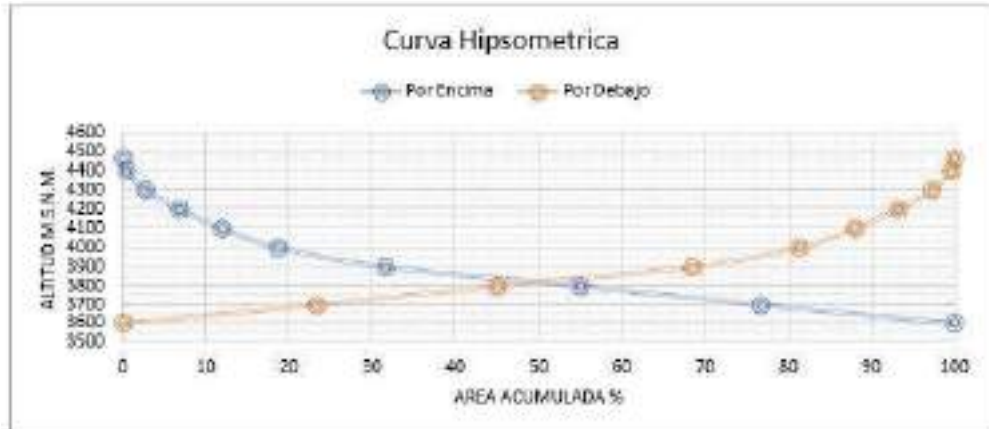
- Comunidades
- Drenaje
- ⬭ Microcuenca de Estudio
- Altitud maxima: 4463
- Altitud minima: 3602
- Vias de comunicacion**
  - Calle pavimentada-Ccorao-Huillcapata
  - Carretera afirmada Huillcapata
  - Trocha carrozoble
  - Via asfaltada Cusco Pisac
  - Via asfaltada Enaco Pumamarca



DECLIVIDAD DE LOS TERRENOS			
Indice de Pendiente	$I_p$	%	9.090667
Pendiente Media de la Microcuenca	$P_{mc}$	%	14.205143
Criterio de Justin		%	22.879486
Criterio del rectan. Equivalente		%	11.296093
Coefficiente orografico	$C_o$	m <sup>2</sup> /km <sup>2</sup>	1.048837
Coefficiente de masividad	$C_m$	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	272.150336

ELEMENTOS DE SUPERFICIE			
PARAMETRO	SIMBOLO	UNIDAD	VALOR
Area	$A_c$	Km <sup>2</sup>	14.111432

ELEMENTOS DE DISTANCIA			
PARAMETRO	SIMBOLO	UNIDAD	VALOR
Perimetro	P	Km	18.959804
Longitud axial	Lax	Km	8.061185
Ancho promedio	Ap	Km	2.336446
Centro de Gravedad	Este	m	184390.398531
	Norte	m	8507221.48096



ELEMENTOS DE RELIEVE			
Altitud Media	$\bar{Z}_{m}$	m s.n.m.	3854.1
Mediana de la Altitud	$Z_{50}$	m s.n.m.	3621.17
Altitud Maxima	$Z_{max}$	m s.n.m.	4463
Altitud Minima	$Z_{min}$	m s.n.m.	3602
Linea de Maximo Pendiente	LMP	%	36.85
Declividad Equivalente Constante	S'	%	6.1
Tiempo Medio de Traslado	$T_m$	horas	0.44

Elemento de Forma	Formula	Simbolo	Valor
Factor de forma	$F_f = \frac{A_c}{L_{ax}^2}$	$F_f$	0.268477
Coefficiente de compacidad	$C_c = 6.2832 \times \frac{P}{\sqrt{A_c}}$	$C_c$	1.421282
Excentricidad	$E_c = 2 \times \frac{L_{ax}}{P} \times \frac{L_{ax}}{L_{ax}}$	$E_c$	0.700073
Indice de circularidad	$C_c = \frac{4 \times \pi \times A_c}{P^2}$	$C_c$	0.703994
Lado mayor	$L_m = \frac{K_c \times \sqrt{A_c}}{2} \times (1 + \sqrt{1 + \frac{4}{(C_c \times K_c^2)}})$	$L_m$	7.822124
Lado menor	$L_n = \frac{K_c \times \sqrt{A_c}}{2} \times (1 - \sqrt{1 + \frac{4}{(C_c \times K_c^2)}})$	$L_n$	1.857964

TIEMPO DE CONCENTRACION			
METODOLOGIA	$T_c$	Unidad	Tiempo
CLARK	$T_c = 1.49 \times \sqrt{L_{ax}}$	h	64.00 min
HEBAY	$T_c = 0.5 \times \sqrt{L_{ax}}$	h	35.00 min
CHEREGUE	$T_c = 0.3 \times \sqrt{L_{ax}}$	h	20.54 min
GIARDIOTTI	$T_c = 2.0 \times \sqrt{L_{ax}}$	h	110.56 min
HATSKY	$T_c = 0.16 \times \sqrt{L_{ax}}$	h	40.36 min
PASINI	$T_c = 0.16 \times \sqrt{L_{ax}}$	h	34.43 min
SIBON	$T_c = 15.1 \times \sqrt{L_{ax}}$	h	35.15 min
SOIL CONSERVATION	$T_c = 16.8 \times \sqrt{L_{ax}}$	h	35.81 min
	$T_c$ promedio		45.04 min
			1.87 hora

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
	TESIS: ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE Ccorao- MANDORANI, DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022		
	MAPA PARAMETROS HIDROMORFOMETRICOS		MAPA:
	ASesor: MGT.ING.FREDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO ELABORADO POR: BACH.CARLOS LOPEZ DE LA TORRE	UBICACION: SECTOR: Ccorao-MANDORANI DISTRITO: SAN SEBASTIAN PROVINCIA: CUSCO REGION: CUSCO	LAMINA: 10/28
PROYECCION: UTM DATUM HORIZONTAL: WGS84 HUSO Y ZONA: 19L Sur		SISTEMA DE COORDENADAS: A-2	ESCALA: 1:18000 FECHA: AGOSTO 2022





### 6.3. INFORMACIÓN HIDROMETEREOLÓGICA

La información hidrometeorológica analizada corresponde a los datos grillados del Producto PISCO (Peruvian Interpolated data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations), los cuales combinan información de estaciones del SENAMHI con datos de sensoramiento remoto de precipitaciones (CHIRP) que tienen como período de datos desde enero de 1981 hasta diciembre del 2016, los cuales son de acceso libre, cabe resaltar que la zona de estudio no cuenta con estaciones meteorológicas propias, para dicho estudio se tomaran en cuenta los registros pisco ubicados en las mismas coordenadas de las estaciones meteorológicas debido a que poseen mayor fiabilidad por tener información meteorológica.

**Tabla 17**

*Estaciones meteorológicas*

Estación	Granja Kayra	Anta Ancachuro	Pisac	Urubamba	Caicay
Latitud	13°33'24.29"	13°28'20.71"	13°24'58"	13°18'18.6"	13°35'59.96"
Longitud	71°52'30.61"	72°13'7.54"	71°50'59"	72°7'28.4"	71°42'1"
Altitud	3214	3324	2990	2850	3117
Distrito	San Jerónimo	Zurite	Pisac	Urubamba	Caicay
Provincia	Cusco	Anta	Calca	Urubamba	Paucartambo
Región	Cusco	Cusco	Cusco	Cusco	Cusco
Zona	19	18	19	18	19
Utm Este	188805.3	801126.8	191261.8	811549.5	207800.7
Utm Norte	8499463	8508916.5	8514688.9	8527316.4	8494892.3
Descripción	Convencional	Convencional	Convencional	Convencional	Convencional
Precipitación	x	x	x	x	x
Temperatura	x	x	x	x	x

*Fuente: SENAMHI*





## 6.4. ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para estimar la precipitación en nuestra área de estudio se utilizó los datos mensuales de pisco Senamhi de las coordenadas de las 5 estaciones meteorológicas anteriormente descritas desde el año 1981 hasta el año 2016, a las cuales se realizaron pruebas de consistencia, ajuste de información acorde a Villón Béjar (2006).

### 6.4.1. ANÁLISIS DE CONSISTENCIA

De acuerdo a Villón Béjar (2006), es un proceso que implica determinar o detectar, describir y eliminar una amplia gama de inconsistencias en los datos del tiempo hidrológico. Para poder utilizar los datos hidrológicos, es fundamental efectuar el análisis de consistencia respectiva, a fin de obtener una serie fiable, es decir, homogénea y consistente.

El análisis de consistencia de la información hidrológica se obtiene por los siguientes procesos

- Análisis visual gráfico
- Análisis doble masa.
- Análisis estadístico

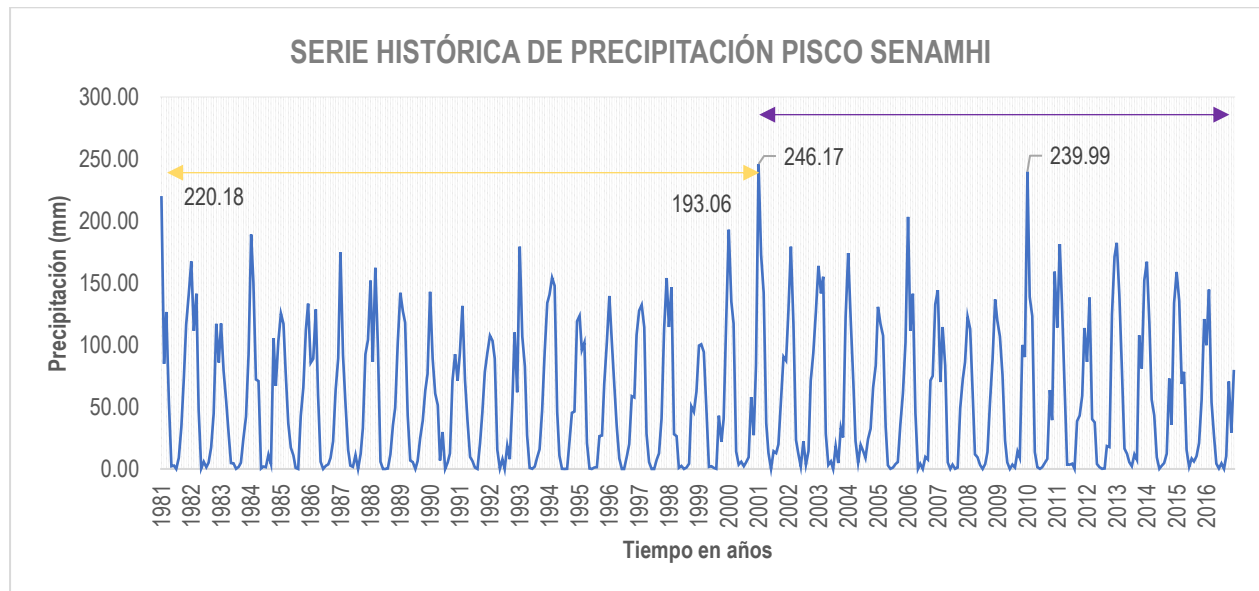
#### 6.4.1.1. ANÁLISIS VISUAL GRÁFICO

De acuerdo a Villón Béjar (2006), mediante este gráfico se analizará la consistencia de la información meteorológica de forma visual, donde la información dudosa se manifestará como picos muy altos o valores muy bajos, saltos y/o tendencias, los cuales reflejaran errores que pueden ser naturales o sistemáticos. La serie de datos analizados corresponde a la estación Kayra que es la estación base, con los datos más confiables de acuerdo al análisis de doble masa (**fig. 40**).



**Figura N°39**

*Serie histórica de precipitación*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la figura 39 al realizar el análisis del histograma, se observa e identifica que la inconsistencia de la información meteorológica es evidenciada por un cambio en los picos de los datos, complementado por la etiqueta de los mismos, lo cual conlleva a dividir los datos en dos periodos (1981-2000,2001-2016) para el posterior análisis estadístico.

**Tabla 18**

*Conjunto de periodos a comparar en la estación Kayra*

	Nro. Datos	Media	Desviación estándar	Varianza
<b>Primer periodo (1981-2000)</b>	20.00	647.67	102.66	10538.34
<b>Segundo periodo (2001-2016)</b>	16.00	692.63	103.63	10738.33

**Fuente:** *Elaboración propia.*

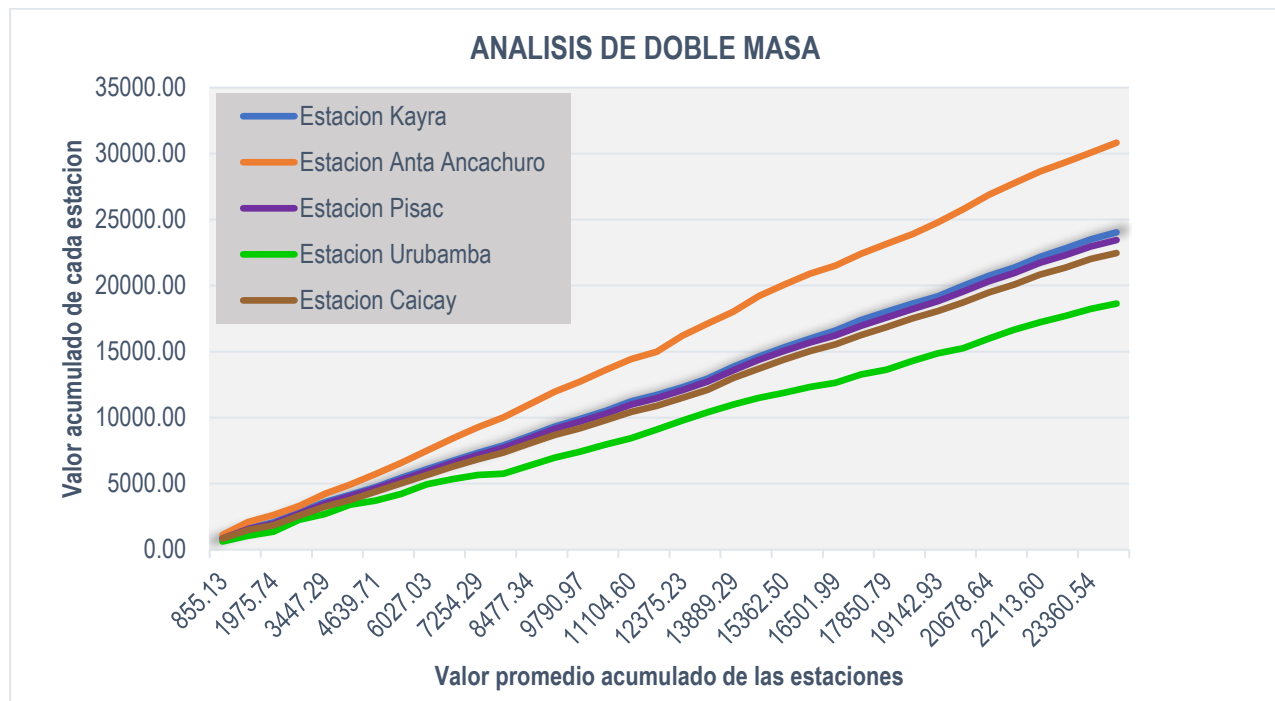


### 6.4.1.2. ANÁLISIS DE DOBLE MASA

De acuerdo a Villón Béjar (2006), mediante este análisis se comprueba la confiabilidad de la información relacionado, así como también, para indagar la consistencia en lo relacionado a errores, que ocurren durante la obtención de los mismos, de este gráfico se selecciona como la estación más confiable a la que presenta el menor número de quiebres.

**Figura N°40**

*Análisis de doble masa para determinar la estación base*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

### 6.4.1.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

De acuerdo a Villón Béjar (2006), posteriormente luego de obtener de los gráficos construidos para el análisis visual y de los de doble masa, los períodos de posible corrección, y los intervalos de datos que se mantendrán con sus valores originales, realizamos un análisis estadístico de saltos, tanto en la media como en la desviación estándar.





## a) ANÁLISIS DE SALTOS

### 1) CONSISTENCIA DE LA MEDIA

Mediante este análisis estadístico se probará, mediante la prueba t (prueba de hipótesis), si los valores medios ( $\bar{X}_1, \bar{X}_2$ ) de las submuestras (datos hidrometeorológicos), son estadísticamente iguales o diferentes con una probabilidad del 95% o 5% de nivel de significación.

**Figura N°41**

*Análisis de consistencia en la media de la estación Kayra*

03.- ANALISIS DE CONSISTENCIA ESTACION KAYRA				
	Nro. Datos	Media	Dev. est.	Varianza
Primer periodo	20.00	647.67	102.66	10538.34
Segundo periodo	16.00	692.63	103.63	10738.33
<b>A. ANALISIS DE CONSISTENCIA EN LA MEDIA</b>				
	n	X	S	V = S <sup>2</sup>
Hipótesis				DESVIACION AL CUADRADO
H <sub>0</sub> : $\mu_1 = \mu_2$ Media poblacional			10538.34	
H <sub>a</sub> : $\mu_1 \neq \mu_2$				
$\alpha = 0.05$				
Cálculo de la desviación estándar de la diferencia de los promedios Y PONDERADA				
Caso de variancias iguales				
$S_d = S_p \sqrt{(1/n_1 + 1/n_2)^{-1}}$			$S_d = 34.575848$	
$S_p = \sqrt{[(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2] / (n_1+n_2-2)}$			$S_p = 103.085262$	
Realización de la prueba T				
$T_c = [(x_1 - x_2) - (\mu_1 - \mu_2)] / S_d$			$T_c = -1.30$	
			$ T_c  = 1.30$	
$G.L. = n_1 + n_2 - 2$			$G.L. = 34.00$	
Tabulando T:				
$\alpha = 0.05$				$T_c > T_t = **$ $T_c < T_t = NS$
	$T_t =$	1.6909		
Criterio de decisión:				
Comparación del $T_c$ con el $t_c$				
Si $ T_c  > t_c (0.9901) \rightarrow T_c = T_t$ (estadísticamente)				
En este caso, siendo los medios $\mu_1 = \mu_2$ , estadísticamente, no se debe realizar proceso de corrección.				
Si $ T_c  < t_c (0.9901) \rightarrow T_c = T_t$ (estadísticamente)				
En este caso, siendo los medios $\mu_1 \neq \mu_2$ , estadísticamente, se debe corregir la información.				
			TABLA T	
			34.00	1.6909

**Fuente:** Programa de análisis de consistencia de información meteorológica, Ingeniero geo-agro. Tedy Marocho ore, patente: regn-2010-indecopi-2002589678.

Para la valoración de la prueba de consistencia en la media se calculó el valor estadístico  $T_c$ , y el valor crítico  $T_t$ , se obtiene de la tabla t de student.



De acuerdo al criterio de decisión estadístico los datos pluviométricos de la estación Kayra no ameritan corrección de su registro, porque las medias son estadísticamente iguales ( $\bar{X}_1 = \bar{X}_2$ ).

## 2) CONSISTENCIA DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Mediante este análisis estadístico se probará, mediante la prueba F, si los valores de las desviaciones estándar de las submuestras (datos hidrometeorológicos), son estadísticamente iguales o diferentes, con un 95% de probabilidad o con un 5% de nivel de significación.

### Figura N°42

Análisis de consistencia en la desviación estándar de la estación Kayra

B. ANÁLISIS DE CONSISTENCIA EN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR			
Hipótesis			
$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$	Varianza poblacional		
$H_a: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$			
$\alpha = 0.05$			
Cálculo del $F_c$	<b>VARIANZAS</b>		
$F_c = [S_1^2(x)/S_2^2(x)]$	Si $S_1^2(x) > S_2^2(x)$	<b><math>F_c = 1.02</math></b>	
$F_c = [S_2^2(x)/S_1^2(x)]$	Si $S_2^2(x) > S_1^2(x)$		
Tabulación de $F_t$			
$\alpha = 0.05$			
$G.L.N. = n_1 - 1$		<b><math>G.L.N. = 19.00</math></b>	
$G.L.D. = n_2 - 1$		<b><math>G.L.D. = 15.00</math></b>	
	<b><math>F_t = 2.3400</math></b>	<b><math>F_c &gt; F_t = "</math></b>	
		<b><math>F_c &lt; F_t = NB</math></b>	
Criterio de decisión:	Comparación del $F_c$ con el $F_t$	TABLA F	
	Si $F_c \leq F_t (95\%) \rightarrow S_1(x) = S_2(x)$ (estadísticamente)	<b>19/15</b>	<b>2.340</b>
	Si $F_c > F_t (95\%) \rightarrow S_1(x) \neq S_2(x)$ (estadísticamente), por lo que se debe corregir		

**Fuente:** Programa de análisis de consistencia de información meteorológica, Ingeniero geo-agro. Tedy Marocho ore, patente: regn-2010-indecopi-2002589678.

Para la valoración de la prueba de consistencia en la desviación estándar se calculó el valor estadístico  $F_c$ , y el F tabular  $F_t$ , se obtiene de la tabla F de Fisher.

De acuerdo al criterio de decisión estadístico los datos pluviométricos de la estación Kayra no ameritan corrección de su registro, porque las desviaciones estándar son estadísticamente iguales ( $S_1(x) = S_2(x)$ ).



### 3) CORRECCIÓN Y/O ELIMINACIÓN DE LOS DATOS

En caso de que la media y la desviación estándar de los parámetros de las submuestras de la serie temporal sean estadísticamente iguales, no se corrige la información original, ya que se ajusta con probabilidad 95%, a pesar de que en el gráfico de doble masa se observe pequeños quiebres.

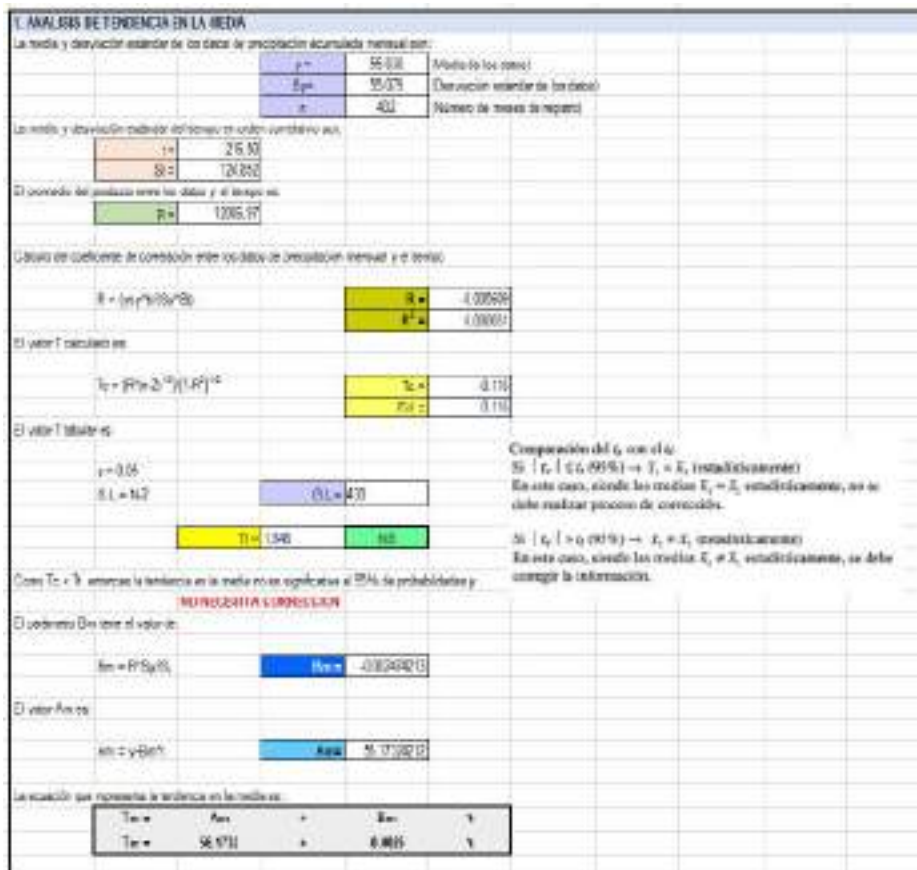
#### b) ANÁLISIS DE TENDENCIAS

La tendencia se define como el cambio continuo y sistemático sobre una muestra, para realizar el análisis estadístico se aplica para la media como también la desviación estándar.

#### 1) TENDENCIA EN LA MEDIA

Figura N°43

Análisis de tendencia en la media de la estación Kayra



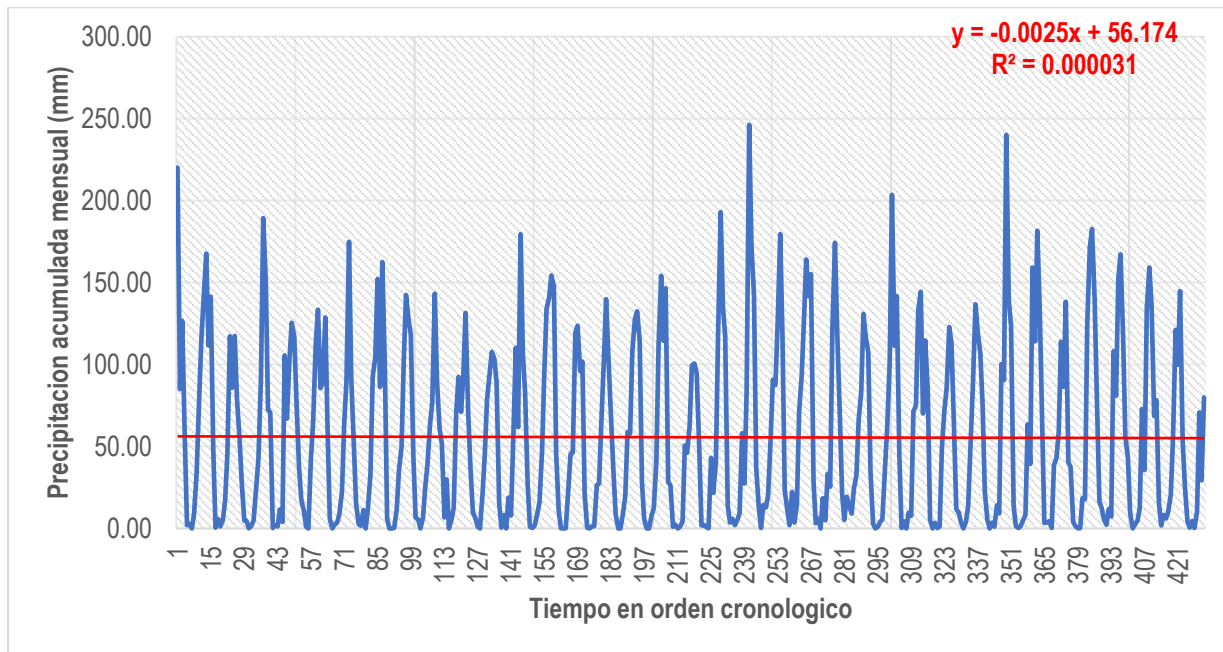
**Fuente:** Programa de análisis de consistencia de información meteorológica, Ingeniero geo-agro. Tedy Marocho ore, patente: regn-2010-indeoopi-2002589678.





### Figura N°44

Gráfico de análisis de tendencia en la media de la estación Kayra



**Fuente:** Programa de análisis de consistencia de información meteorológica, Ingeniero geo-agro. Tedy Marocho ore, patente: regn-2010-indecopi-2002589678.

Para la valoración de la tendencia en la media se calculó el valor estadístico  $T_c$  (fig.43), y el valor crítico  $T_t$ , que se obtiene de la tabla t de student.

De acuerdo al criterio de decisión estadístico los datos pluviométricos de la estación Kayra no ameritan corrección de su registro, porque las tendencias en la media son estadísticamente iguales ( $\bar{X}_1 = \bar{X}_2$ ).



## 2) TENDENCIA EN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Figura N°45

Análisis de tendencia en la desviación estándar de la estación Kayra

2. ANALISIS DE LA TENDENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR			
La media y desviación estándar de las desviaciones estándar anuales son:			
$\bar{y}^2 = Ts =$	55.85	(Media de los datos)	
$Sy = St =$	9.70	(Desviación estándar de los datos)	
$N =$	36	(Número de años de registro)	
La media y desviación estándar del tiempo en orden correlativo son:			
$T^2 =$	18.50		
$S_t =$	10.54		
El promedio del producto entre los datos y el tiempo es:			
$Y^*T =$	1054.96		
Cálculo del coeficiente de correlación entre las desviaciones estándar anuales y el tiempo anuales y el tiempo			
$R = (y^*T - Ts*Tm) / (Sy*St)$		$R =$	0.194500
		$R^2 =$	0.037776
El valor T calculado es:			
$Tc =  R^2(n-2)^{1/2} / (1-R^2)^{1/2} $		$Tc =$	1.15534
		$ Tc  =$	1.15534
El valor T tabular es:			
$\alpha = 0.05$		$Tc > Tt = **$	
$G.L. = N-2$	$G.L. =$	34.00	$Tc < Tt = NS$
	$Tt =$	1.691	NS
Como $Tc < Tt$ entonces la tendencia en la desviación estándar no es significativa al 95% de probabilidades y .			
<b>NO NECESITA CORRECCION</b>			
El parámetro $B_s$ tiene el valor de:			
$B_s = R^2 Sy / S_t$		$B_s =$	0.178900
El valor $A_s$ es:			
$A_s = Ts - B_s^2 / Tm$		$A_s =$	52.641675
La ecuación que representa la tendencia en la desviación estándar es:			
$Ts = A_s + B_s * T$			
$Ts =$	$A_s +$	$B_s$	$T$
$Ts =$	52.641675	0.178900	*T

**Fuente:** Programa de análisis de consistencia de información meteorológica, Ingeniero geo-agro. Tedy Marocho ore, patente: regn-2010-indecopi-2002589678.

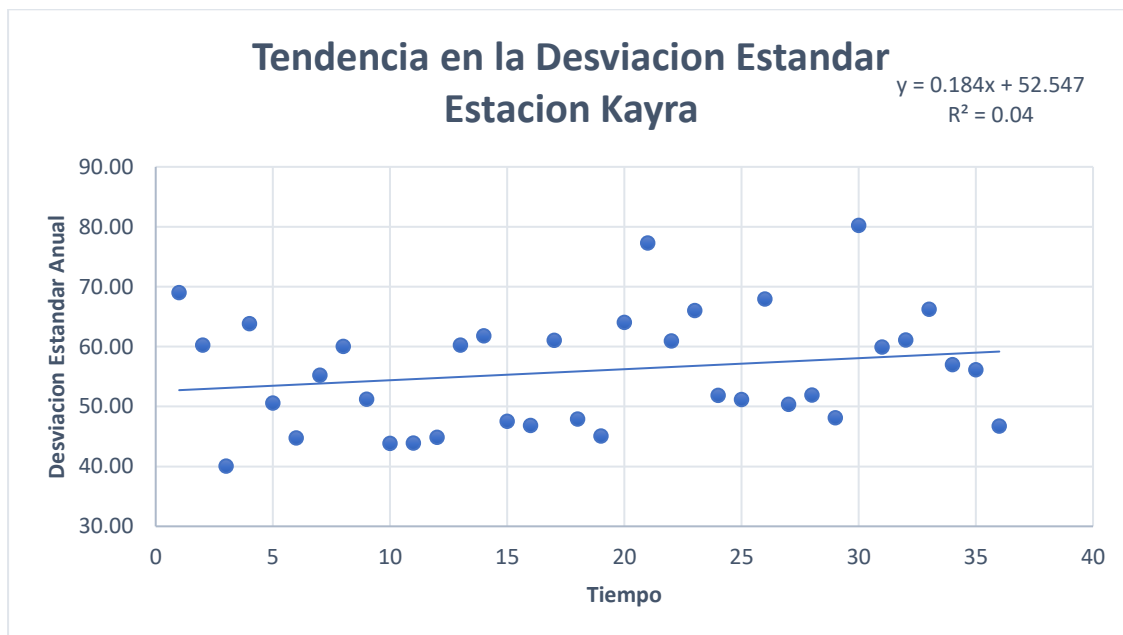


Para la valoración de la prueba de análisis de tendencia en la desviación estándar se calculó el valor estadístico  $F_c$  (**fig.45**), y el F tabular  $F_t$ , se obtiene de la tabla F de Fisher.

De acuerdo al criterio de decisión estadístico los datos pluviométricos de la estación Kayra, no ameritan corrección de su registro, porque las desviaciones estándar si son estadísticamente iguales ( $S_1(x)=S_2(x)$ ).

### Figura N°46

Gráfico análisis de tendencia en la desviación estándar de la estación Kayra



**Fuente:** Programa de análisis de consistencia de información meteorológica, Ingeniero geo-agro. Tedy Marocho ore, patente: regn-2010-indecopi-2002589678.





### 3) CORRECCIÓN DE LOS DATOS

La ecuación de corrección para la tendencia en la desviación estándar es:

$$Mes_{Año} = \frac{X_i \times T_{sp}}{T_{s1}}$$

Si en caso las tendencias estadísticamente no eran iguales se habría realizado la corrección de todo el registro y posteriormente realizar nuevamente los análisis de tendencia anteriormente descritos, para verificar que tanto la tendencia en la media y desviación estándar, cumplen con los criterios estadísticos, reflejándose en la eliminación de la pequeña tendencia que se observaba al principio. Posteriormente al realizar la evaluación por métodos estadísticos, se obtiene una data de precipitación de la estación Kayra, libre de saltos y tendencias, que cumplen con los criterios estadísticos reflejando consistencia y una tendencia confiable.

De la misma forma se han procesado los registros meteorológicos de las demás estaciones (Anta Ancachuro, Pisac, Urubamba y Caicay).

#### 6.5. REGIONALIZACIÓN Y EXTRAPOLACIÓN

Para determinar la precipitación media en la microcuenca de Ccorao-Mandorani se realizó el cálculo mediante los métodos de polígonos Thiessen, Inverso a la distancia y kriging empleando para ello el software Hydraccess.

##### 6.5.1. REGIONALIZACIÓN PRECIPITACIÓN

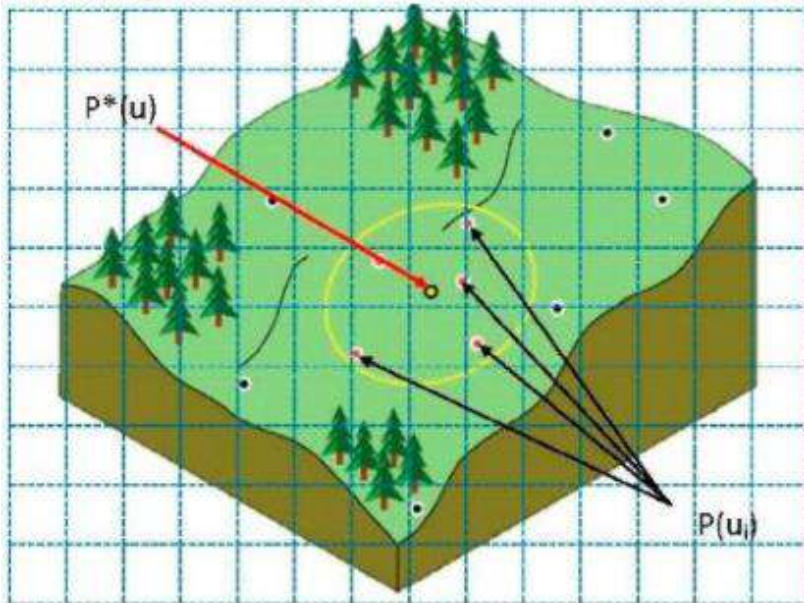
###### 6.5.1.1 KRIGING

Este método consiste en construir un histograma o gráfico semivariante para cada punto de la cuadrícula, evaluando la influencia de las estaciones vecinas en función de su distancia a ese punto y su alineación. Por lo tanto, kriging es el único método que puede interpretar la posible información de gradiente espacial. La aplicación de este método supone que tenemos  $n$  observaciones  $P(u_i)$ ,  $i = 1, 2 \dots n$  puntos de los que tenemos información y estimamos  $P^*(u)$  de  $P(u)$  ( $u_i$ ) a partir del punto  $P$ ; Este número se puede especificar con una expresión:



### Figura N°47

Gráfico de cálculo de kriging ordinario



**Fuente:** Quispe, G. C. (2019). *Cálculo de la precipitación media mediante el software Hydroaccess. uDocz.*

De donde se extrae la siguiente formula:

$$P^*(u) = \sum_{i=1}^n \lambda_i(u)P(u_i)$$

Donde:

$P^*(u)$ : Estimación de  $P(u)$

$P(u_i)$ : Valor medido en la ubicación  $i$

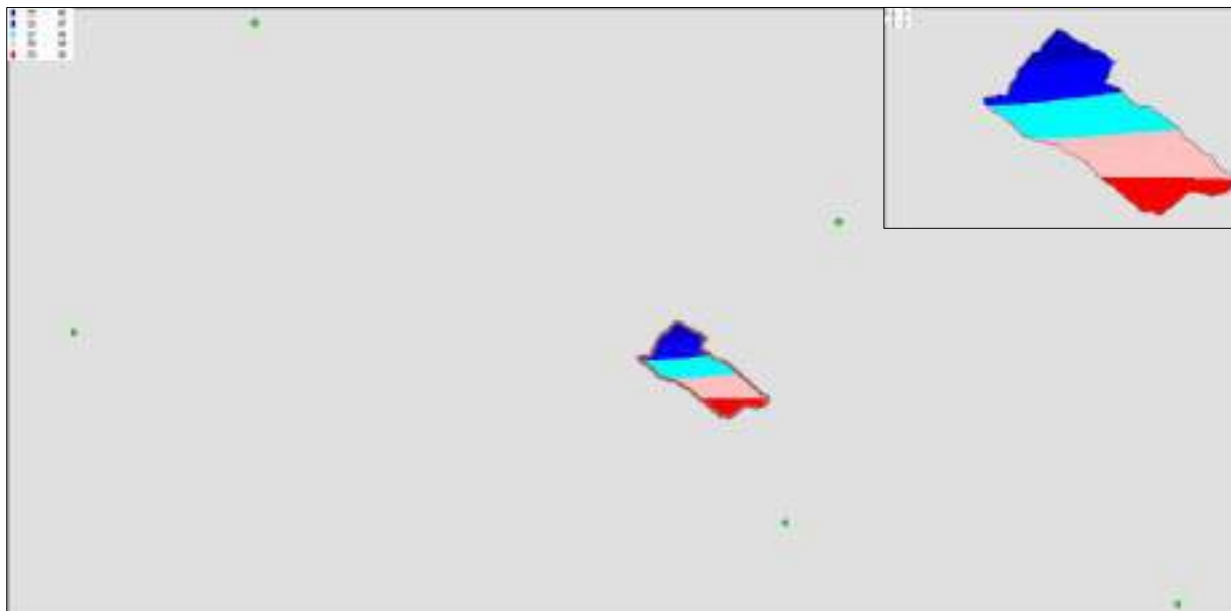
$\lambda_i$ : Una ponderación desconocida para el valor medido en la ubicación  $i$ .

$u$ : La ubicación de la predicción.



### Figura N°48

*Cálculo de precipitación media mediante el software Hydroaccess de la microcuenca de estudio, por el método de kriging*



**Fuente:** *Elaboración propia.*





**Tabla 19**

*Precipitación media calculada por el método kriging en el área de estudio*

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL- MICROCUENCA CCORAO-MANDORANI (mm)														
MICROCUENCA CCORAO-MANDORANI					Este		184380.3985			Departamento		Cusco		
					Norte		8507221.487			Provincia		Cusco		
Método Kriging					Altitud		3854.099985			Distrito		San Sebastián		
N° Registro	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total, General
1	1981	199.90	96.10	132.00	61.10	2.50	3.00	0.10	12.20	30.40	70.70	119.10	129.40	856.50
2	1982	158.20	114.00	136.90	47.70	0.70	6.00	1.90	7.00	17.70	45.10	120.90	77.10	733.20
3	1983	105.10	74.90	57.20	29.90	5.80	4.40	0.20	2.60	5.50	24.10	42.30	88.40	440.40
4	1984	177.10	162.30	79.90	68.40	0.50	2.60	1.60	14.60	4.00	97.90	67.60	94.80	771.30
5	1985	113.20	119.00	83.20	45.50	19.20	12.50	1.50	0.30	38.70	61.00	111.30	127.50	732.90
6	1986	97.50	102.90	140.00	59.50	6.30	0.10	3.50	5.40	9.90	24.50	60.00	82.90	592.50
7	1987	163.20	84.70	53.80	18.20	3.20	2.30	13.80	0.60	13.80	36.90	92.20	96.10	578.80
8	1988	142.90	83.20	162.20	95.90	7.20	0.20	0.00	0.80	11.50	35.90	51.00	96.50	687.30
9	1989	137.60	128.20	134.90	52.10	7.50	6.10	0.10	8.40	23.60	38.60	64.80	70.20	672.10
10	1990	130.10	82.50	63.50	51.50	8.20	33.40	0.00	6.50	12.40	71.10	102.10	82.80	644.10
11	1991	92.10	122.90	79.60	39.60	9.60	8.20	1.30	0.20	20.80	45.00	81.90	86.70	587.90
12	1992	95.70	94.60	79.70	16.30	0.70	8.40	0.20	21.40	7.60	54.40	111.20	58.60	548.80
13	1993	171.70	104.40	89.60	32.70	1.90	1.00	2.60	12.90	14.70	48.10	92.40	139.20	711.20
14	1994	140.30	159.30	145.20	49.70	10.50	0.40	0.10	0.40	18.50	49.60	50.60	115.50	740.10
15	1995	116.00	91.10	114.80	24.50	1.30	0.10	1.60	2.40	23.30	25.40	75.70	98.30	574.50
16	1996	132.80	106.90	76.80	37.80	8.00	0.20	0.20	12.90	19.60	57.00	58.60	102.20	613.00
17	1997	118.50	128.20	112.20	28.60	6.40	0.10	0.00	13.30	12.70	38.50	114.20	140.00	712.70
18	1998	120.30	138.10	40.10	28.00	1.00	2.70	0.00	1.30	4.20	48.50	51.30	63.70	499.20
19	1999	111.30	132.40	106.90	53.90	2.50	2.40	1.20	0.50	41.50	24.80	46.50	119.50	643.40
20	2000	186.60	132.10	123.00	19.30	4.40	7.80	1.90	5.70	10.80	61.70	28.50	85.50	667.30
21	2001	220.70	165.00	144.70	37.90	12.70	0.70	15.80	15.90	17.70	59.40	90.20	81.60	862.30
22	2002	119.70	175.40	126.50	38.90	9.80	3.50	26.70	5.00	13.80	67.40	94.60	121.20	802.50
23	2003	145.60	134.90	157.20	29.60	4.70	6.40	0.30	21.60	4.60	33.10	28.40	118.10	684.50
24	2004	158.10	116.90	73.30	25.20	5.40	20.50	16.80	12.40	23.50	34.30	67.00	80.40	633.80
25	2005	106.70	110.70	99.50	35.50	3.30	0.20	1.60	4.50	7.50	31.10	60.40	95.80	556.80
26	2006	183.20	108.90	137.50	50.60	0.40	4.30	0.00	10.50	8.90	69.20	83.60	119.70	776.80
27	2007	124.30	74.00	117.80	79.20	5.50	0.30	3.60	0.80	1.70	48.80	72.90	87.50	616.40
28	2008	132.00	120.10	70.70	15.30	9.50	4.50	0.30	4.40	11.60	50.60	88.60	124.40	632.00
29	2009	120.50	115.30	85.30	26.50	5.20	0.10	4.30	1.60	13.80	11.10	124.00	87.10	594.80
30	2010	218.50	133.70	127.40	17.90	1.80	0.80	2.10	5.00	8.50	63.80	39.10	143.20	761.80
31	2011	123.90	184.40	133.20	72.30	4.70	5.60	6.80	1.50	37.70	43.00	60.50	111.10	784.70
32	2012	88.00	148.20	55.60	45.00	3.90	2.10	0.50	0.50	20.20	18.50	117.40	159.70	659.60
33	2013	161.10	138.80	89.10	16.50	12.00	8.10	2.30	14.70	7.00	103.20	82.40	141.60	776.80
34	2014	156.00	103.10	66.60	47.10	10.40	0.40	2.10	5.80	10.40	66.80	38.10	119.20	626.00
35	2015	144.60	126.10	72.60	84.90	14.70	2.20	7.70	8.20	9.00	20.60	64.70	110.90	666.20
36	2016	93.50	139.80	54.70	31.00	5.00	0.90	5.10	0.50	9.80	64.50	34.80	77.90	517.50



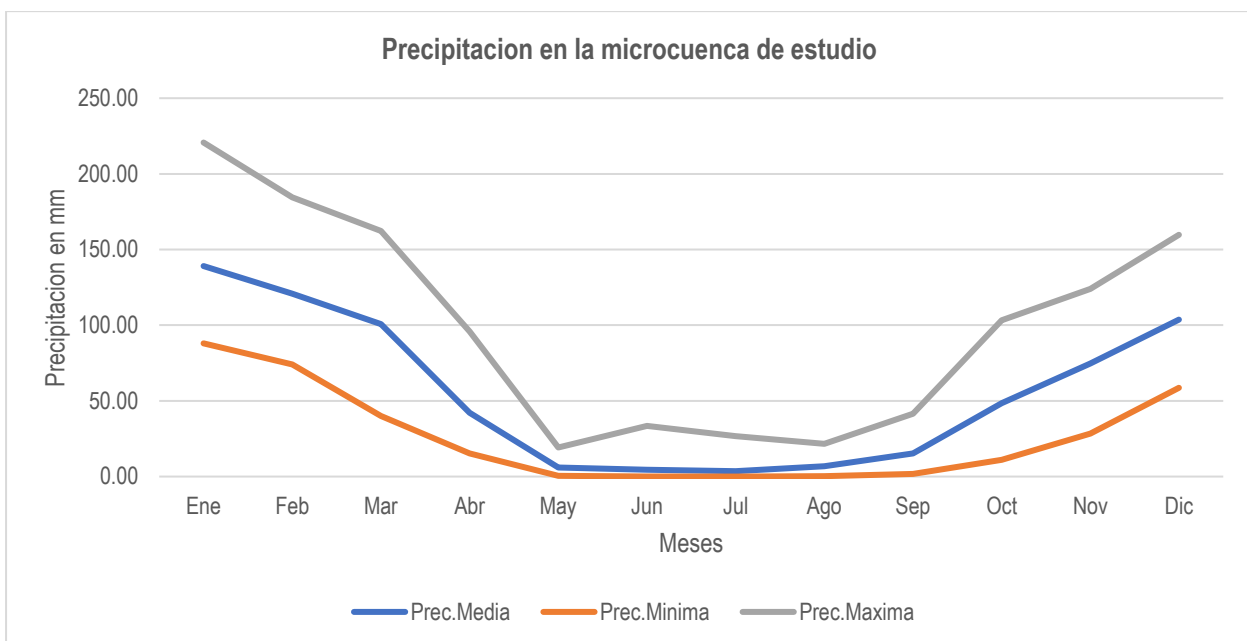
<b>N°Datos</b>	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00
<b>Suma</b>	5006.50	4353.10	3623.20	1513.60	216.40	162.50	127.80	242.30	546.90	1744.20	2688.90	3734.30	23959.70
<b>Desv. Estándar</b>	34.79	27.66	33.99	20.32	4.39	6.51	5.85	6.17	9.82	20.87	28.38	24.83	98.70
<b>Varianza</b>	1210.06	765.22	1155.34	412.93	19.27	42.44	34.24	38.11	96.41	435.42	805.35	616.47	9741.99
<b>Media</b>	139.07	120.92	100.64	42.04	6.01	4.51	3.55	6.73	15.19	48.45	74.69	103.73	665.55
<b>Prec. Min</b>	88.00	74.00	40.10	15.30	0.40	0.10	0.00	0.20	1.70	11.10	28.40	58.60	440.40
<b>Prec. Max.</b>	220.70	184.40	162.20	95.90	19.20	33.40	26.70	21.60	41.50	103.20	124.00	159.70	862.30
<b>Coef.Variacion</b>	25.01	22.88	33.77	48.33	73.03	144.33	164.84	91.73	64.63	43.07	37.99	23.94	14.83

**Fuente:** Elaboración propia.

Un posterior análisis nos permite comprender la variación de precipitación a lo largo de los meses del año, que se podrá observar y comprender de una mejor manera con el siguiente gráfico.

### Figura N°49

*Gráfico del análisis de precipitación*



**Fuente:** Elaboración propia.

Para el cálculo de las isoyetas se generó un modelo de precipitación basado en la relación entre las estaciones hidrometeorológicas con los datos de altitud y precipitación media anual, reflejada en una línea de tendencia y el respectivo ajuste de acuerdo a la ecuación, con mejor correlación. Para los respectivos cálculos se tomó en cuenta los siguientes datos.



**Tabla 20**

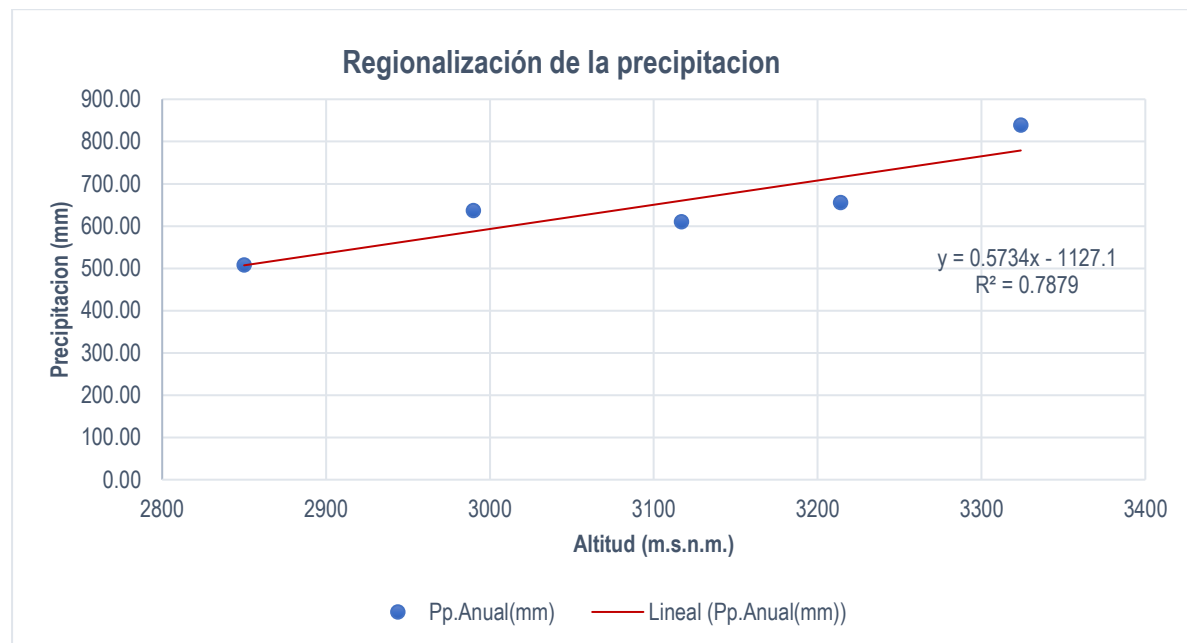
*Descripción de puntos meteorológicos con datos de precipitación media anual*

PUNTO	ESTACION	ZONA	ESTE_X	NORTE_Y	ALITUD_Z	PP_ANUAL_mm
E_01	ANTA	18S	811549.5	8527316.4	3324	838.97
E_02	CAICAY	19S	207800.7	8494892.3	3117	610.07
E_03	KAYRA	19S	188805.3	8499463	3214	655.43
E_04	PISAC	19S	191380.9	8515065.6	2990	636.91
E_05	URUBAMBA	18S	811549.5	8527316.4	2850	508.18

**Fuente:** *Elaboración propia.*

**Figura N°50**

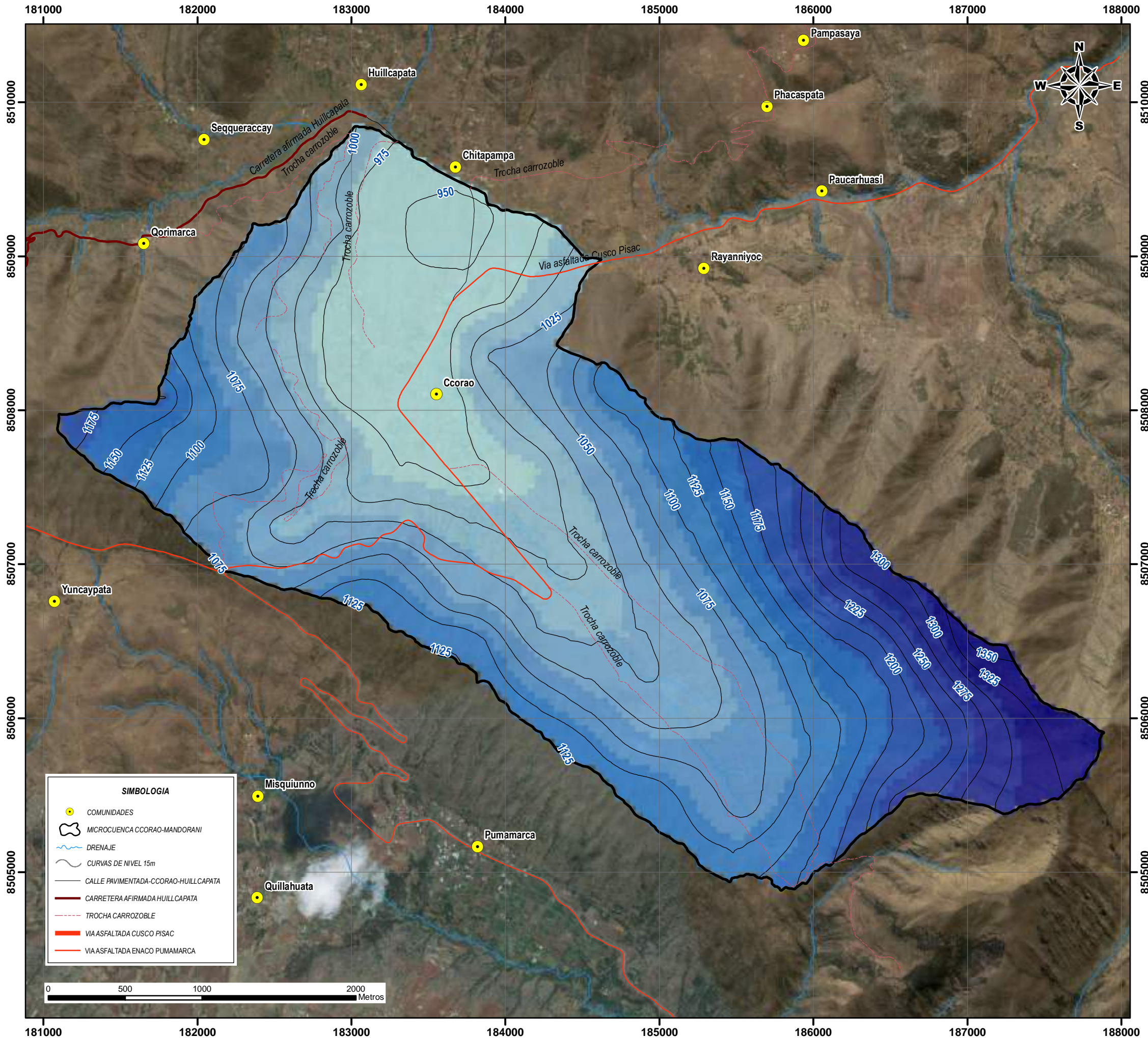
*Gráfico de ecuación de regionalización de precipitación*



**Fuente:** *Elaboración propia.*



# MAPA DE ISOYETAS DE LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



TESIS:  
 ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO  
 EN LA MICROCUENCA DE CCORAO- MANDORANI, DISTRITO DE  
 SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022



**LEYENDA**

**UMBRALES DE PRECIPITACION MEDIA EN mm**

	946.12 - 983.64
	983.64 - 1021.16
	1021.16 - 1057.04
	1057.04 - 1091.29
	1091.29 - 1128.81
	1128.81 - 1169.59
	1169.59 - 1211.99
	1211.99 - 1259.29
	1259.29 - 1306.59
	1306.59 - 1362.06

**MAPA DE ISOYETAS**

ASESOR: MGT.ING.FREDDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO  
 ELABORADO POR: BACH.CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

**SISTEMA DE COORDENADAS**

PROYECCION: UTM  
 DATUM HORIZONTAL: WGS84  
 HUSO Y ZONA: 19L Sur



**UBICACION**

SECTOR: CCORAO-MANDORANI  
 DISTRITO: SAN SEBASTIAN  
 PROVINCIA: CUSCO  
 REGION: CUSCO

**MAPA:**  
**MP-11**

**LAMINA:**  
**11/28**

ESCALA DE IMPRESION: A-3  
 ESCALA: 1:25000  
 FECHA: SETIEMBRE 2022





### 6.5.2. REGIONALIZACIÓN TEMPERATURA

Para las isotermas se generó un modelo de temperatura basado en la relación entre las estaciones hidrometeorológicas con los datos de altitud y temperatura media anual, reflejada en una línea de tendencia y el respectivo ajuste de acuerdo a la ecuación, con mejor correlación.

Cabe resaltar que se utilizaron para este caso solo tres estaciones meteorológicas para obtener una mejor correlación y mayor al 50%.

**Tabla 21**

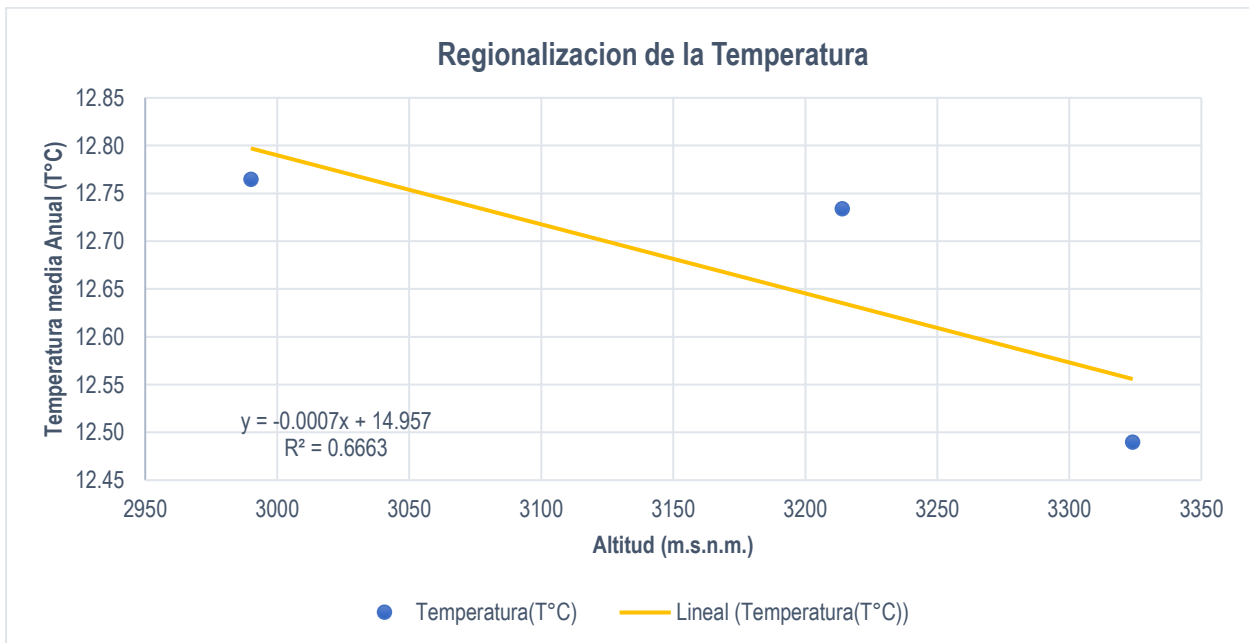
*Descripción de puntos meteorológicos con datos de temperatura media anual*

PUNTO	ESTACION	ZONA	ESTE_X	NORTE_Y	ALITUD_Z	Temperatura(T°C)
E_01	ANTA	18S	811549.5	8527316.4	3324	12.49
E_03	KAYRA	19S	188805.3	8499463	3214	12.73
E_04	PISAC	19S	191380.9	8515065.6	2990	12.76

**Fuente:** *Elaboración propia.*

**Figura N°51**

*Gráfico de ecuación de regionalización de temperatura*



**Fuente:** *Elaboración propia.*



La temperatura media mensual de la microcuenca de estudio es de 12.2 °C, en tanto la temperatura media máxima es de 21.4 °C y por último la temperatura media mínima es de 2.9 °C.

**Tabla 22**

*Temperatura media mensual vs elevación*

ESTACION	ALTITUD msnm.	MES / TEMPERATUA MEDIA												
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
		C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°
Cuenca de Estudio	3,854	14.5	14.1	14.2	13.5	10.7	8.5	8.6	9.4	11.3	12.9	14.3	14.2	12.2

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 23**

*Temperatura máxima mensual vs elevación*

NOMBRE DE LA ESTACION	ALTITUD msnm.	MES / TEMPERATURA MAXIMA MEDIA												
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
		C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°
Cuenca de Estudio	3,854	20.8	20.6	21.2	21.6	21.4	21.0	20.5	21.1	21.7	22.0	22.9	21.8	21.4

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 24**

*Temperatura mínima mensual vs elevación*

NOMBRE DE LA ESTACION	ALTITUD msnm.	MES / TEMPERATURA MINIMA MEDIA												
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
		C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°
Cuenca de Estudio	3,854	8.2	7.5	7.3	5.3	-0.1	-4.0	-3.4	-2.4	0.9	3.8	5.6	6.6	2.9

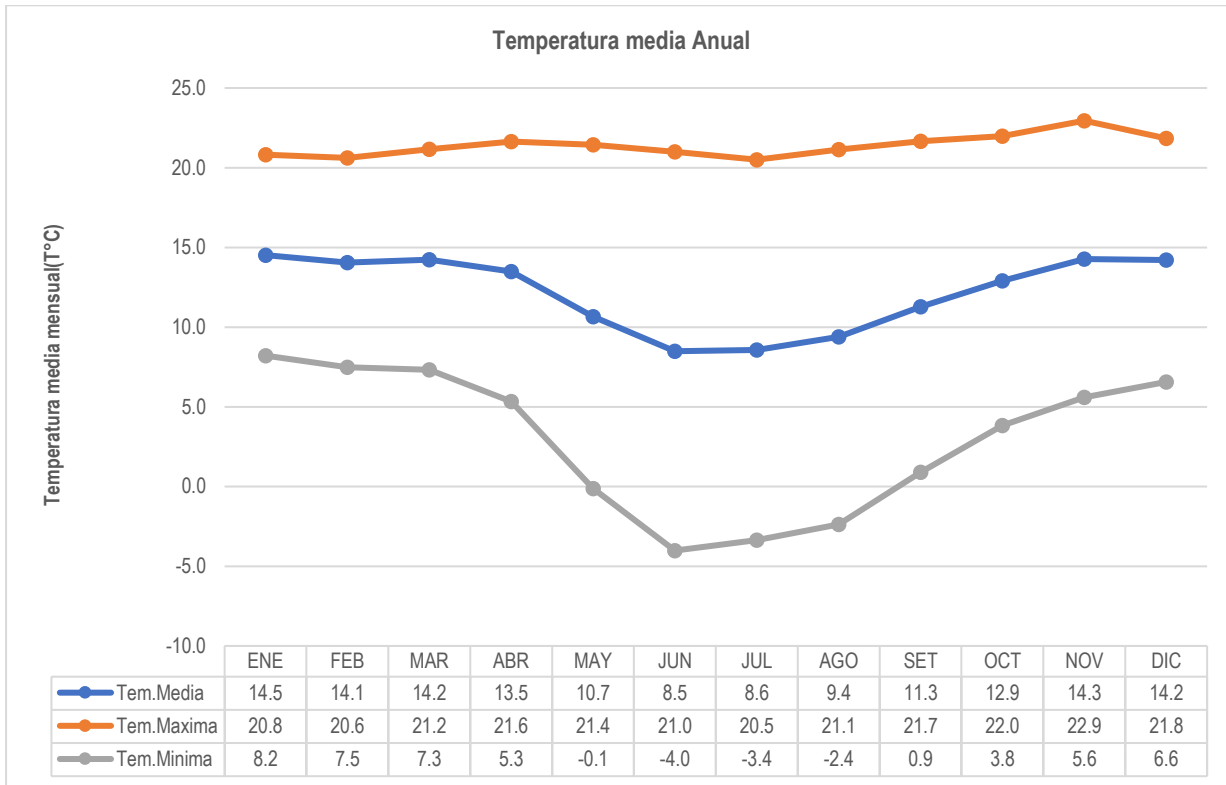
*Fuente: Elaboración propia.*





**Figura N°52**

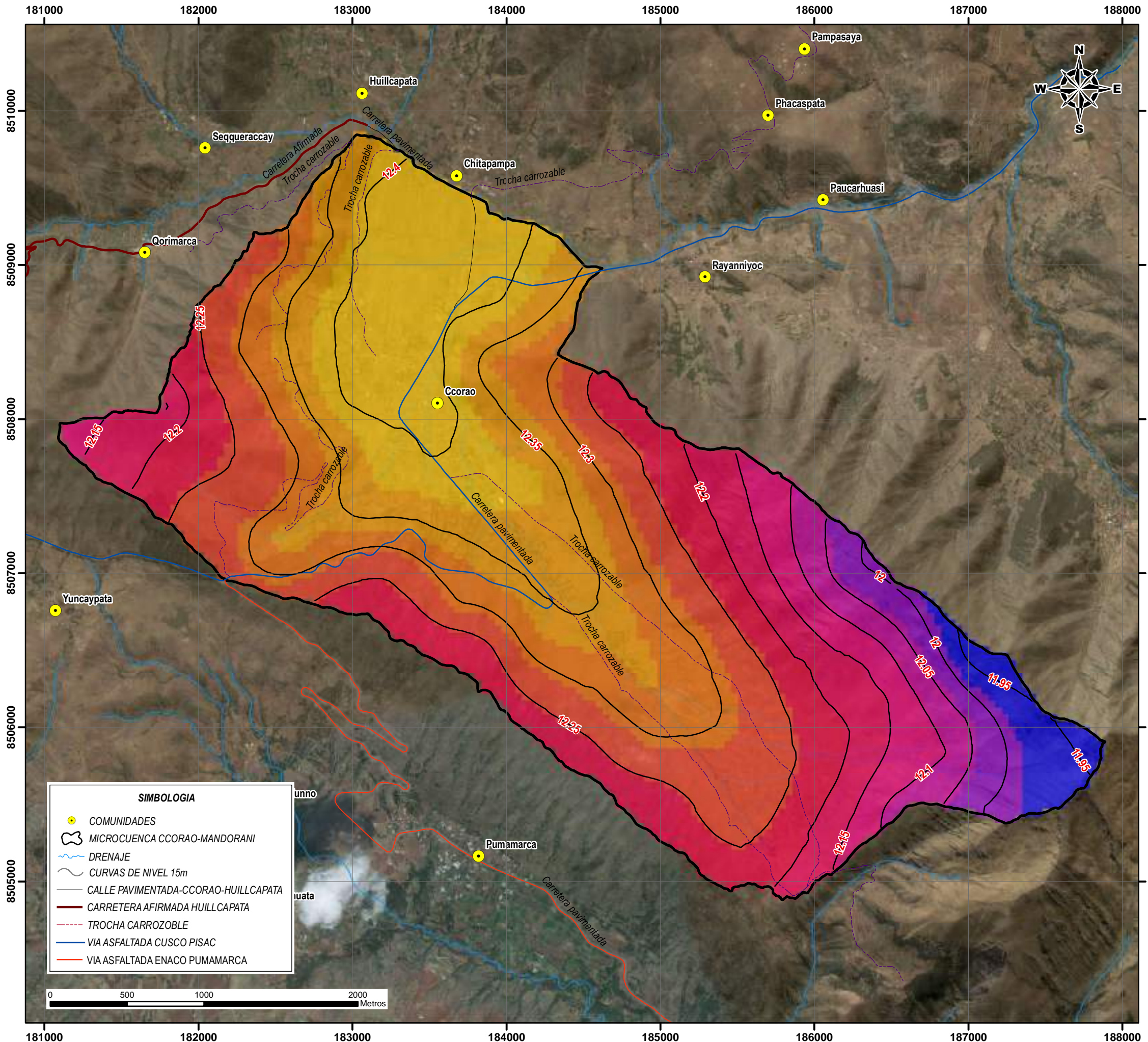
*Gráfico del análisis de temperatura*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

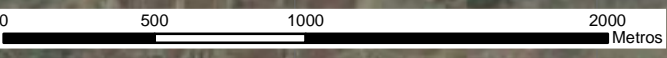


# MAPA DE ISOTERMAS DE LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI



**SIMBOLOGIA**

- COMUNIDADES
- MICROCUENCA CCORAO-MANDORANI
- DRENAJE
- ~ CURVAS DE NIVEL 15m
- CALLE PAVIMENTADA-CCORAO-HUILLCAPATA
- CARRETERA AFIRMADA HUILLCAPATA
- - - TROCHA CARROZOBLE
- VIA ASFALTADA CUSCO PISAC
- VIA ASFALTADA ENACO PUMAMARCA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



**TESIS:**  
 ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022



**LEYENDA**

**UMBRALES DE TEMPERATURA MEDIA EN °C**

	11.92 - 11.98
	11.98 - 12.04
	12.04 - 12.09
	12.09 - 12.15
	12.15 - 12.20
	12.20 - 12.25
	12.25 - 12.29
	12.29 - 12.33
	12.33 - 12.38
	12.38 - 12.43

**MAPA DE ISOTERMAS**

ASESOR: MGT.ING.FREYDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO  
 ELABORADO POR: BACH.CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

SISTEMA DE COORDENADAS	
PROYECCION:	UTM
DATUM HORIZONTAL:	WGS84
HUSO Y ZONA:	19L Sur



UBICACION		<b>MAPA:</b>  <b>MP-12</b>
SECTOR:	CCORAO-MANDORANI	
DISTRITO:	SAN SEBASTIAN	
PROVINCIA:	CUSCO	
REGION:	CUSCO	<b>LAMINA:</b>  <b>12/28</b>
ESCALA DE IMPRESION:	A-3	
ESCALA:	1:25000	
FECHA:	SETIEMBRE 2022	





## 6.6. EVAPOTRANSPIRACIÓN

### 6.6.1. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL

Evapotranspiración (ETP), es la cantidad de agua que ingresa a la atmósfera en forma de vapor a través de la evaporación y transpiración directa de las plantas, siempre que la cantidad de agua requerida esté siempre disponible para tales fines. Por lo tanto, no depende de las precipitaciones ni de la cantidad de agua disponible para las plantas en el suelo. Para el cálculo de la evapotranspiración se recurrió a dos métodos: método de Thornthwaite y método de Holdridge para posteriormente calcular las zonas de vida en caso del último.

#### 6.6.1.1. Método de Thornthwaite

Para su cálculo se requieren datos de temperaturas medias mensuales, así como para la evapotranspiración mensual  $e$ , en mm por mes de 30 días de 12 horas de duración.

$$e = 16\left(10\frac{t}{I}\right)^a$$

$e$  = evapotranspiración mensual en mm por mes de 30 días, y 12 horas de duración.

$t$  = temperatura media mensual en °C.

$I$  = índice térmico anual  $I = \sum_{j=1}^{12} i_j \Rightarrow i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514}$

$a$  = exponente que varía con el índice anual de calor de la localidad.

$$a = 0.6751 \times 10^{-6}I^3 - 0.771 \times 10^{-4}I^2 + 0.01792I + 0.49239$$

Corregir el valor de  $e$ , de acuerdo con el mes considerado y a la latitud de la localidad que determinan las horas de sol, cuyos valores se obtienen de la tabla.

$$ET_0 = f \times e$$

$ET_0$  = evapotranspiración de referencia mensual corregida, en mm.

$f$  = factor de corrección.

$e$  = evapotranspiración mensual sin corregir, en mm.





**Tabla 25**

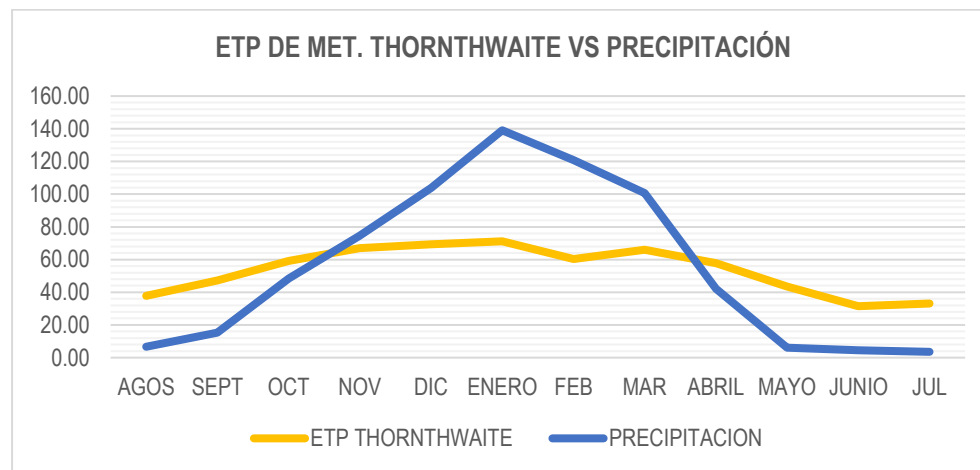
*Evapotranspiración potencial por el método de Thornthwaite*

VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
1 Temperatura media Mensual (t)	14.52	14.05	14.24	13.49	10.65	8.49	8.58	9.39	11.28	12.91	14.27	14.20	
2 Índice de Calor Mensual (i)	5.02	4.78	4.88	4.49	3.14	2.23	2.26	2.60	3.43	4.21	4.90	4.86	
3 Índice de Calor Anual (I)	46.79	46.79	46.79	46.79	46.79	46.79	46.79	46.79	46.79	46.79	46.79	46.79	46.79
4 Coefic. Experimental de Ajuste (a)	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23
5 Evapotranspiración sin ajuste (Ej)	64.32	61.80	62.81	58.78	43.98	33.27	33.68	37.65	47.18	55.70	63.00	62.61	624.80
6 N° Max. De horas de sol según Latitud(n)	12.85	12.55	12.20	11.80	11.50	11.35	11.40	11.65	12.00	12.35	12.75	12.85	
7 N° de días del mes (N)	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	
8 Coeficiente de Corrección(fc)	1.11	0.98	1.05	0.98	0.99	0.95	0.98	1.00	1.00	1.06	1.06	1.11	
9 Evapotranspiración Potencial (E.T)	71.16	60.32	65.99	57.80	43.55	31.48	33.07	37.78	47.18	59.23	66.93	69.26	643.75

**Fuente:** *Elaboración propia.*

**Figura N°53**

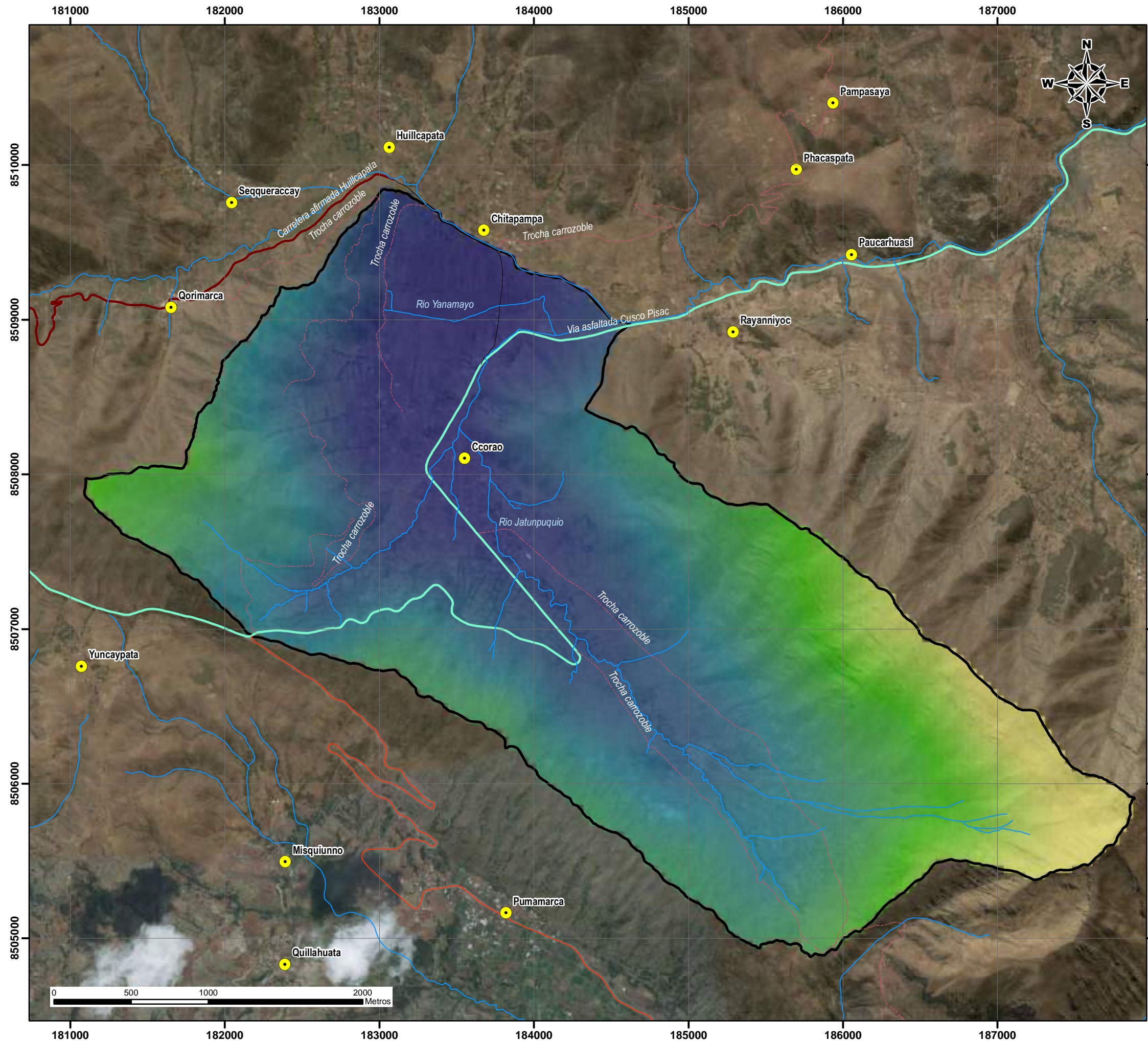
*Gráfico de ETP por el método de Thornthwaite vs. Precipitación*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

De acuerdo a la tabla 25 se determinó que la evapotranspiración potencial promedio anual es de 643.75 mm y la relación con respecto a la precipitación se observa en la figura 53.

# MAPA DE EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL DE LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



**TESIS:**  
 ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO  
 EN LA MICROCUENCA DE CCORAO- MANDORANI, DISTRITO DE  
 SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022



## LEYENDA

**Valores de evapotranspiracion potencial**  
 High : 732.268  
 Low : 702.342

## SIMBOLOGIA

- COMUNIDADES
- ⬭ MICROCUENCA CCORAO-MANDORANI
- ⬭ DRENAJE
- CALLE PAVIMENTADA-CCORAO-HUILLCAPATA
- CARRETERA AFIRMADA HUILLCAPATA
- - - TROCHA CARROZOBLE
- VIA ASFALTADA CUSCO PISAC
- VIA ASFALTADA ENACO PUMAMARCA

## MAPA DE EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL

ASESOR: MGT.ING.FREDDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO  
 ELABORADO POR: BACH.CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

**SISTEMA DE COORDENADAS**  
 PROYECCION: UTM  
 DATUM HORIZONTAL: WGS84  
 HUSO Y ZONA: 19L Sur



**UBICACION**  
 SECTOR: CCORAO-MANDORANI  
 DISTRITO: SAN SEBASTIAN  
 PROVINCIA: CUSCO  
 REGION: CUSCO

**MAPA:**  
 MP-13

ESCALA DE IMPRESION: A-3

ESCALA: 1:25000

FECHA: SETIEMBRE 2022

**LAMINA:**  
 13/28





## 6.6.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL

La evapotranspiración real (EPR) es la cantidad de agua que ingresa a la atmósfera como vapor a través de la evaporación y la transpiración directamente de las plantas en función de la disponibilidad de agua.

### 6.6.2.1. Método de Turc

Turc ha desarrollado diferentes fórmulas en función de la temperatura media y la altitud de precipitación media anual o mensual.

La ecuación a utilizar es la siguiente:

$$Er = \frac{P}{\sqrt{(0.9 + \frac{P^2}{L^2})}}$$

Donde:

*Er*: Evapotranspiración real (mm)

*P*: Precipitación media anual (mm)

*L*:  $300 + 25T + 0.05T^3$

*T*: Temperatura media anual (°C)

Esta es la fórmula en la que la T es la temperatura media anual del aire en °C, que expresa el poder evaporante de la atmosfera y es aplicable a todos los climas: áridos, húmedos, fríos y cálidos.

**Tabla 26**

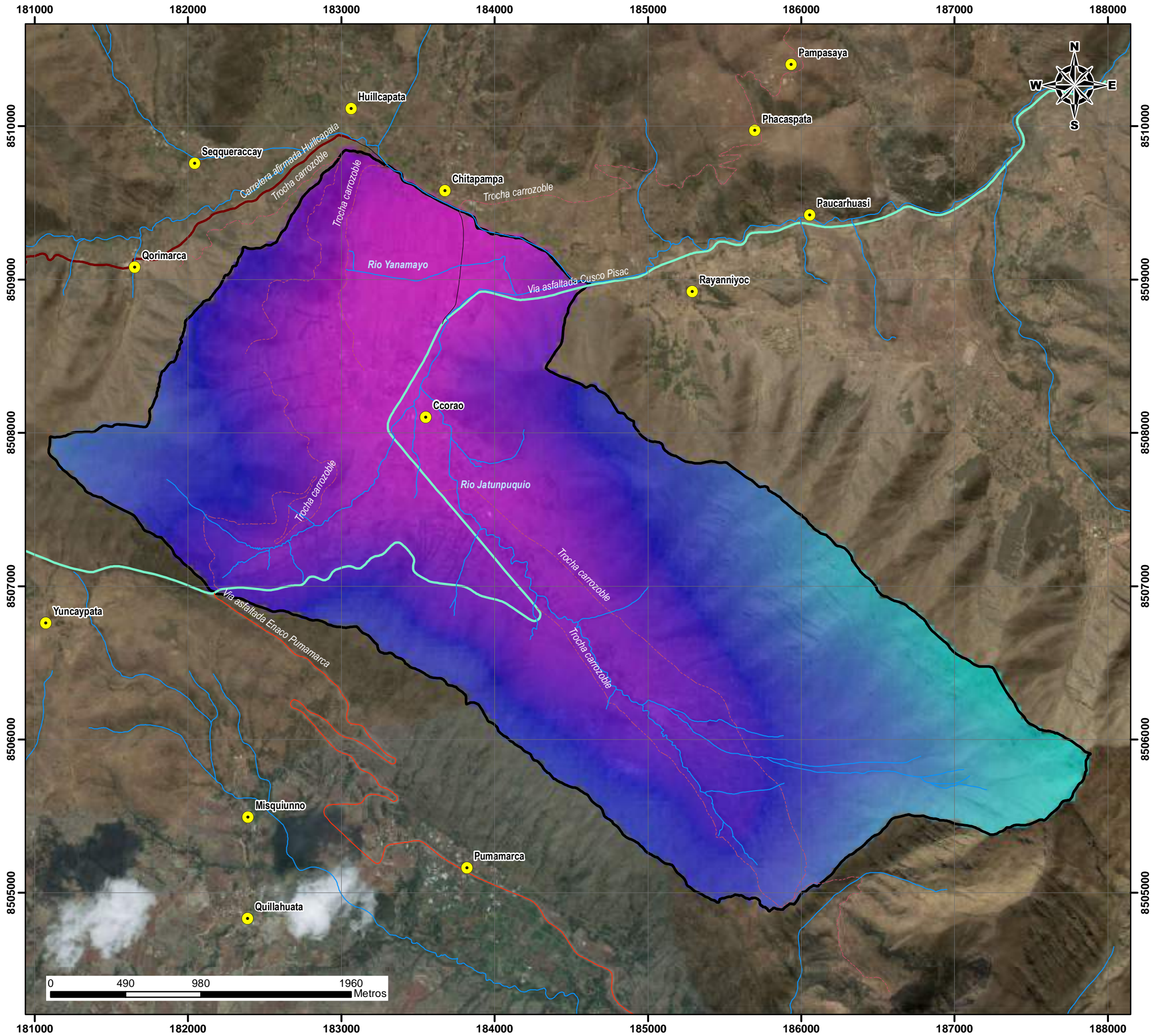
*Evapotranspiración Real por el método de Turc*

VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1 Promedio de Temperatura (T°)	14.5 2	14.0 5	14.2 4	13.4 9	10.6 5	8.49	8.58	9.39	11.2 8	12.9 1	14.2 7	14.2 0	
2 Precipitación Mensual (P)	135. 00	122. 35	95.7 4	42.8 3	6.27	4.13	3.83	6.27	14.4 8	48.6 1	71.0 2	101. 85	
3 Coeficiente Térmico (L)	815. 87	790. 07	800. 32	760. 03	626. 78	542. 84	545. 91	576. 11	653. 76	730. 49	802. 29	798. 20	
4 Evapotranspiración Real (ETR.) (mm/año)	140. 19	127. 29	100. 12	45.0 7	6.60	4.36	4.04	6.60	15.2 6	51.1 2	74.5 4	106. 40	681. 60

**Fuente:** *Elaboración propia.*



# MAPA DE EVAPOTRANSPIRACION REAL DE LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

---

**TESIS:**  
 ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO- MANDORANI, DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022

---

**MAPA DE UBICACION REGIONAL**

---

**LEYENDA**

**Valores de evapotranspiracion real**

High : 616.475  
 Low : 576.547

**SIMBOLOGIA**

- COMUNIDADES
- MICROCUENCA CCORAO-MANDORANI
- ~ DRENAJE
- CALLE PAVIMENTADA-CCORAO-HUILLCAPATA
- CARRETERA AFIRMADA HUILLCAPATA
- - - TROCHA CARROZOBLE
- VIA ASFALTADA CUSCO PISAC
- VIA ASFALTADA ENACO PUMAMARCA

---

**MAPA DE EVAPOTRANSPIRACION REAL**

ASESOR: MGT.ING.FREDDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO	
ELABORADO POR: BACH.CARLOS LOPEZ DE LA TORRE	
<b>SISTEMA DE COORDENADAS</b>	
PROYECCION:	UTM
DATUM HORIZONTAL:	WGS84
HUSO Y ZONA:	19L Sur
<b>UBICACION</b>	
SECTOR:	CCORAO-MANDORANI
DISTRITO:	SAN SEBASTIAN
PROVINCIA:	CUSCO
REGION:	CUSCO
ESCALA DE IMPRESION:	A-3
ESCALA:	1:25000
FECHA:	SETIEMBRE 2022

**MAPA:**  
**MP-14**

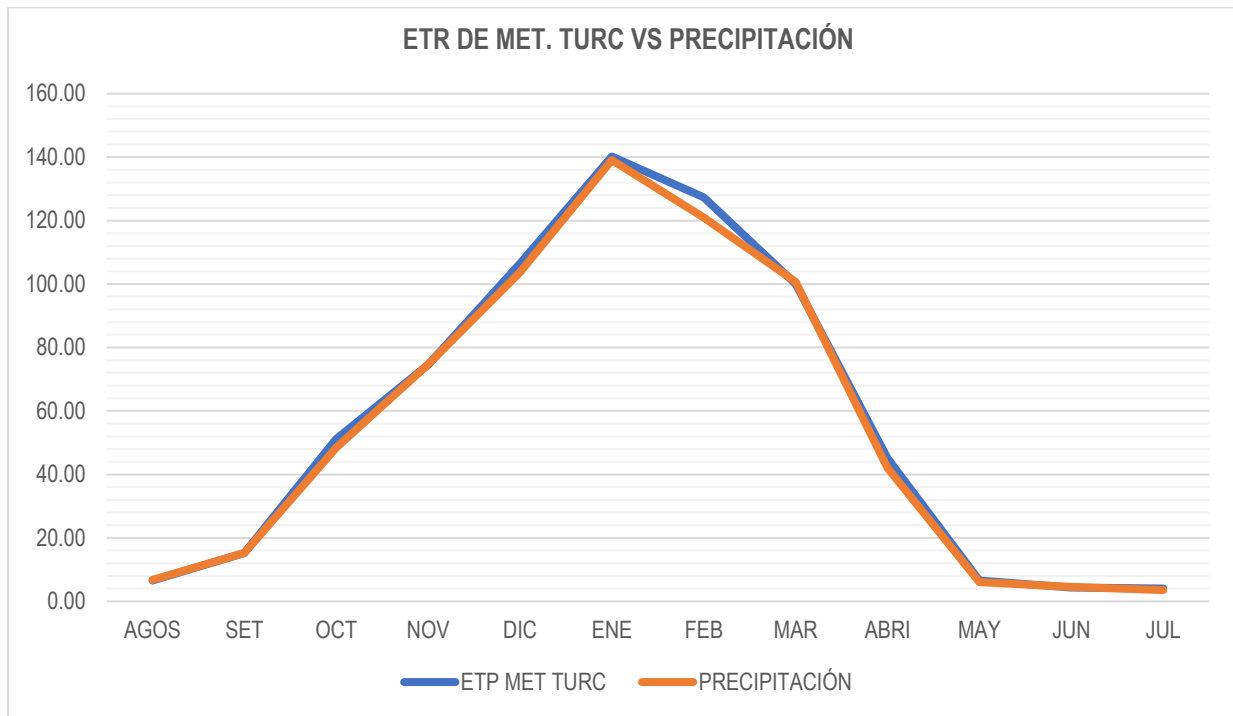
**LAMINA:**  
**14/28**





## Figura N°54

Gráfico de ETR por el método de Turc vs. Precipitación



**Fuente:** Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla 26 se determinó que la evapotranspiración real promedio anual es de 681.60 mm y la relación con respecto a la precipitación se observa en la figura 54.

### 6.7. ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE

Para determinar las zonas de vida se calcularon las biotemperaturas, evapotranspiración potencial y el promedio de las precipitaciones anuales en la zona de estudio.

La temperatura media mensual está entre 6°C y 24°C, por lo que la Biotemperatura Media Mensual (BMM) es igual a la Temperatura Media Mensual, posteriormente se calculó la evapotranspiración potencial, producto de las temperaturas medias mensuales multiplicadas por el factor de corrección constante de 58.93.



**Tabla 27**

*Evapotranspiración potencial por el método de Holdridge*

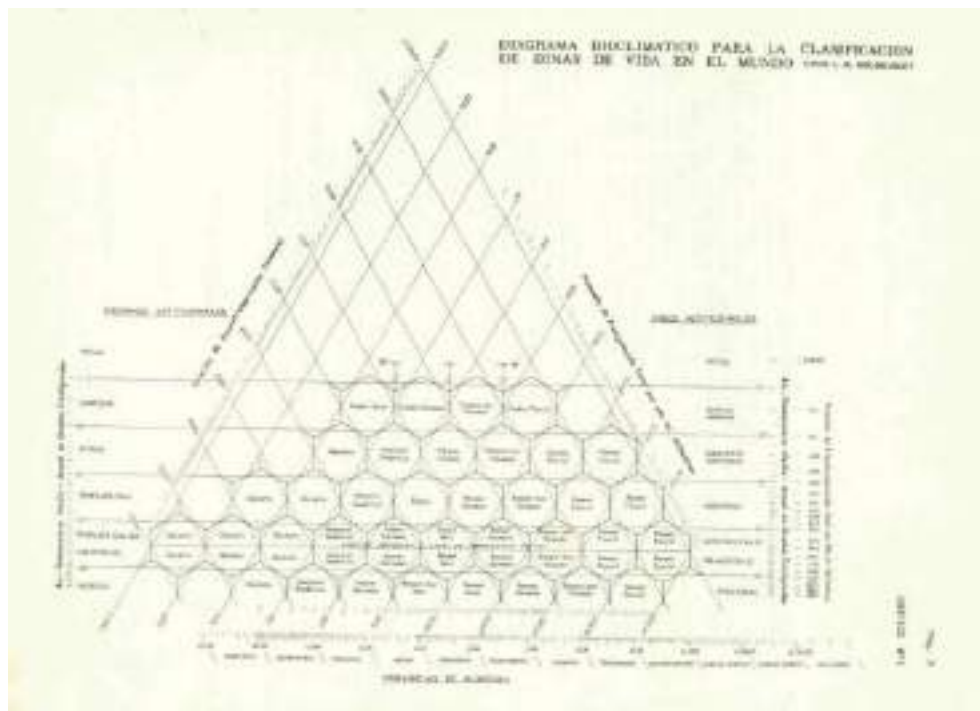
VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
PROMEDIO DE TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (T°)	14.5 2	14.0 5	14.2 4	13.4 9	10.6 5	8.49	8.58	9.39	11.2 8	12.9 1	14.2 7	14.2 0	
FACTOR BIOTEMPERATURA HOLDRIDGE	58.9 3	58.9 3	58.9 3	58.9 3	58.9 3	58.9 3	58.9 3	58.9 3	58.9 3	58.9 3	58.9 3	58.9 3	
EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (ETP)	855. 46	828. 12	839. 10	795. 01	627. 79	500. 30	505. 34	553. 29	664. 72	760. 97	841. 19	836. 84	717. 34

**Fuente:** *Elaboración propia.*

Para poder realizar el mapeo de zonas de vida se realizó el cálculo de acuerdo a las altitudes, que luego generan el cálculo de isoyetas e isotermas por los métodos de regionalización anteriormente tratados, posteriormente la ETP, para luego ser interpretados de acuerdo al diagrama bioclimático para la clasificación de zonas de vida en el mundo por holdridge.

**Figura N°55**

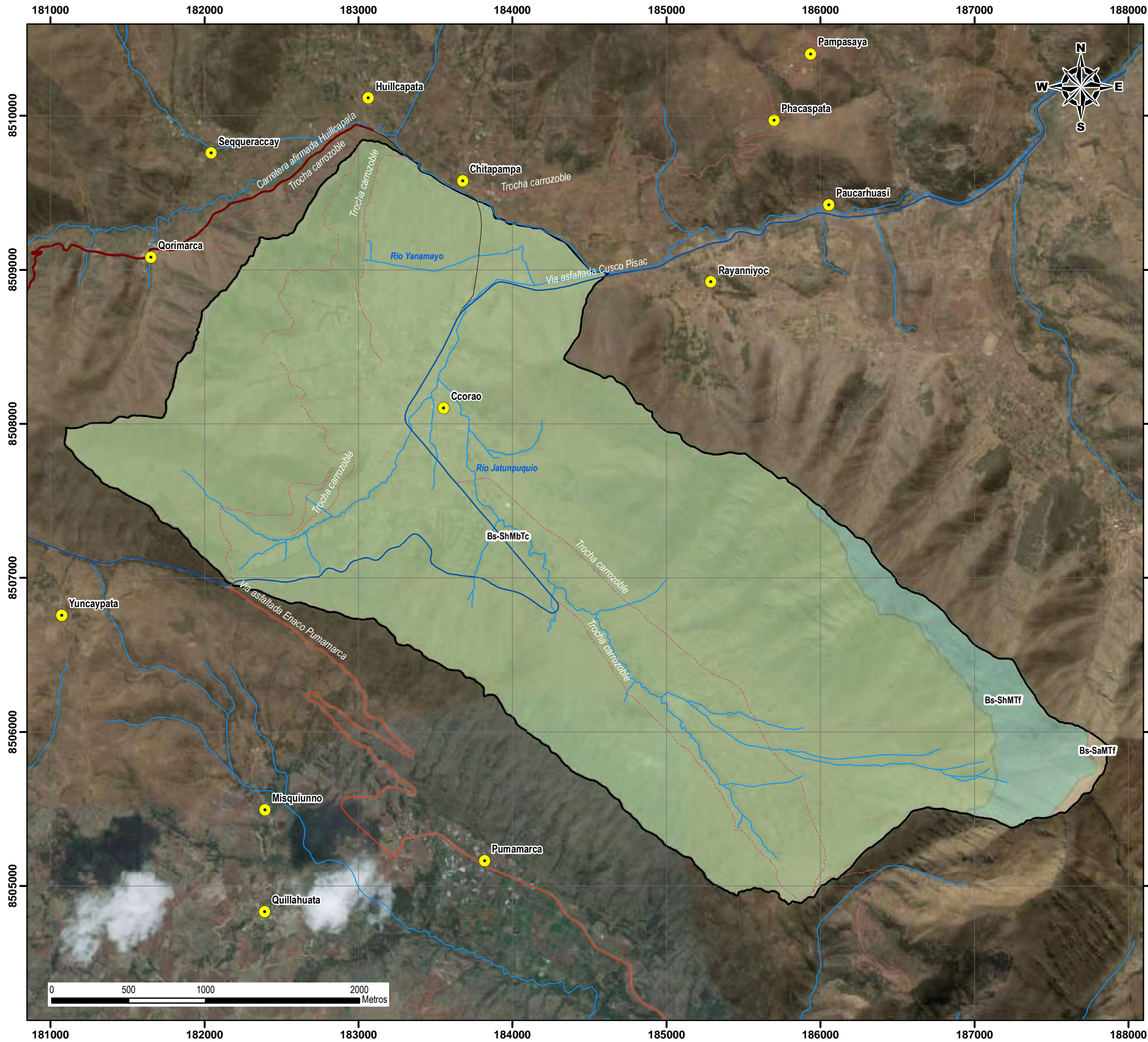
*Diagrama bioclimático para la clasificación de zonas de vida en el mundo por holdridge.*



**Fuente:** <http://www.ingefrafos.com.pe/2011/11/calcular-una-zona-de-vida-con-el.html>



# MAPA DE ZONAS DE VIDA DE LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



**TESIS:**  
 ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO  
 EN LA MICROCUENCA DE CCORAO- MANDORANI, DISTRITO DE  
 SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022



### LEYENDA

#### ZONAS DE VIDA HOLDRIDGE

- Bs-SaMTf Bosque seco semiarido montano templada fria
- Bs-ShMTf Bosque seco subhumedo montano templada fria
- Bs-ShMbTc Bosque seco subhumedo montano bajo templada calida

#### SIMBOLOGIA

- COMUNIDADES
- MICROCUENCA CCORAO-MANDORANI
- DRENAJE
- CALLE PAVIMENTADA-CCORAO-HUILLCAPATA
- CARRETERA AFIRMADA HUILLCAPATA
- TROCHA CARROZOBLE
- VIA ASFALTADA CUSCO PISAC
- VIA ASFALTADA ENACO PUMAMARCA

#### MAPA DE ZONAS DE VIDA

ASESOR: MGT.ING.FREDDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO  
 ELABORADO POR: BACH.CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

**SISTEMA DE COORDENADAS**  
 PROYECCION: UTM  
 DATUM HORIZONTAL: WGS84  
 HUSO Y ZONA: 19L Sur



**UBICACION**  
 SECTOR: CCORAO-MANDORANI  
 DISTRITO: SAN SEBASTIAN  
 PROVINCIA: CUSCO  
 REGION: CUSCO

**MAPA:**  
**MP-15**

**ESCALA DE IMPRESION:** A-3  
**ESCALA:** 1:25000  
**FECHA:** SETIEMBRE 2022

**LAMINA:**  
**15/28**





**Tabla 28**

*Variables en la determinación de la zona de vida de Holdridge*

Altitud	Coefficiente de correlación	Isotermas	ETP	Isoyetas	Relación PP/ETP	Región Latitudinal	Piso Altitudinal	Provincia Húmeda	Hexágono	Zona de vida	Símbolo
3611	58.93	12.43	732.46	943.45	1.29	Templada cálida	Montano Bajo	Subhúmedo	Bosque seco	Bosque seco subhúmedo montano bajo templada cálida	Bs-ShMbTc
3700	58.93	12.37	728.79	994.48	1.36	Templada cálida	Montano Bajo	Subhúmedo	Bosque seco	Bosque seco subhúmedo montano bajo templada cálida	Bs-ShMbTc
3800	58.93	12.30	724.66	1051.82	1.45	Templada cálida	Montano Bajo	Subhúmedo	Bosque seco	Bosque seco subhúmedo montano bajo templada cálida	Bs-ShMbTc
3900	58.93	12.23	720.54	1109.16	1.54	Templada cálida	Montano Bajo	Subhúmedo	Bosque seco	Bosque seco subhúmedo montano bajo templada cálida	Bs-ShMbTc
4000	58.93	12.16	716.41	1166.50	1.63	Templada cálida	Montano Bajo	Subhúmedo	Bosque seco	Bosque seco subhúmedo montano bajo templada cálida	Bs-ShMbTc
4100	58.93	12.09	712.29	1223.84	1.72	Templada cálida	Montano Bajo	Subhúmedo	Bosque seco	Bosque seco subhúmedo montano bajo templada cálida	Bs-ShMbTc
4200	58.93	12.02	708.16	1281.18	1.81	Templada cálida	Montano Bajo	Subhúmedo	Bosque seco	Bosque seco subhúmedo montano bajo templada cálida	Bs-ShMbTc
4300	58.93	11.95	704.04	1338.52	1.90	Templada fría	Montano	Subhúmedo	Bosque seco	Bosque seco subhúmedo montano templada fría	Bs-ShMTf
4400	58.93	11.88	699.91	1395.86	1.99	Templada fría	Montano	Subhúmedo	Bosque seco	Bosque seco subhúmedo montano templada fría	Bs-ShMTf
4451	58.93	11.84	697.81	1425.10	2.04	Templada fría	Montano	Semiárido	Bosque muy seco	Bosque seco semiárido montano templada fría	Bs-SaMTf

**Fuente:** *Elaboración propia.*



## 6.8. ESCORRENTÍA SUPERFICIAL

La cantidad de agua que durante la precipitación escapa a la infiltración y a la evaporación es expresada en porcentajes; en la cuenca analizamos con el método de Justin donde los valores de la escorrentía superficial están dados por la siguiente fórmula:

$$Ce = \frac{0.183 \times S^{0.157} \times P^2}{160 + 9T}$$

Donde:

*Ce*: Escorrentía de la cuenca en mm. (Precipitación efectiva)

*P*: Precipitación promedio anual en (mm)

*T*: Temperatura media anual (°C)

*S*: Pendiente media de la cuenca (%)

Aplicando la fórmula para la cuenca de estudio de la trocha carrozable se obtiene la siguiente expresión:

$$Ce = \frac{0.183 \times 14.20^{0.157} \times 665.55^2}{160 + 9 * 12.2}$$

$$Ce = 455.70$$

Ce = 455.70 mm (Altura media de agua precipitada que se escurre)

## 6.9. INFILTRACIÓN

Para calcular la infiltración, existen varios métodos que pueden ser directos e indirectos, en este caso se utilizó la formula basada en la medida de aforo de las aguas subterráneas que descargan en forma de manantiales (m<sup>3</sup>/s) de Goicochea; de esta manera se tiene la siguiente expresión:

$$I = \left( \frac{Qm \times t}{A} \right) \times 100$$

Donde:

*I*: altura de agua infiltrada anual (mm).





*Qm: Caudal medio (m<sup>3</sup>/s).*

*T: Tiempo (31536000 seg.).*

*A: Superficie de la cuenca (m<sup>2</sup>)*

Aplicando la formula con los datos de la cuenca de estudio se tiene:

$$I = \left( \frac{9.549 \times 31536000}{14161632} \right) \times 100$$

$$I = 2126.43 \text{ mm/año}$$

## 6.10. BALANCE HÍDRICO DE LA CUENCA

El balance hídrico de la cuenca tiene por objeto contabilizar los aportes y las pérdidas de agua en la cuenca hidrogeológica.

El cálculo se basa en los datos relativos a los elementos hidrológicos. Todo fenómeno cíclico implica una igualdad de pérdidas y ganancias, por lo que el balance del agua los representamos con la siguiente igualdad:

$$P = Er + Ce + I$$

*Donde:*

*P: Totalidad de la capa de agua caída sobre la cuenca.*

*Er: La evapotranspiración real.*

*Ce: Escorrentía superficial*

*I: Infiltración*

Aplicando la formula con los datos de la cuenca de estudio se tiene:

$$P = 681.60 + 455.70 + 2126.43$$

$$P = 3263.73$$

La totalidad de la capa de agua caída sobre la cuenca es de 3611.34 mm. La precipitación media anual es de 665.55 mm. Por lo que el balance hídrico entre los aportes y pérdidas de agua, en toda la cuenca es de 2598.18 mm, que es el valor del agua almacenada en los acuíferos.



## **CAPITULO VII**

### **GEOFÍSICA**

La prospección geoelectrica es un tipo especial de estudio geofísico que estudia algunas de las propiedades eléctricas de las rocas, suelos y los fluidos que llenan los espacios interporosos. Una propiedad física medida por el método de la resistividad es la capacidad del terreno natural para conducir la corriente eléctrica. Si se introduce una corriente eléctrica en cualquier roca y/o suelo, se propagará de modo que se le asigne a la litología una resistencia, capacitancia e inductancia específicas. Cuando la corriente aplicada es continua, la resistencia es el único parámetro importante. Cabe decir que sólo los materiales metálicos y algunas de sus sales son conductores. Por tanto, algunos rocas y suelos suelen comportarse como aislantes o de muy alta resistencia.

En general, la mayoría de las rocas y/o suelos tienen poros y/o grietas que pueden o no estar saturados con agua u otros líquidos. El agua actúa como conductor debido a la presencia de sales disueltas en una proporción que depende de la temperatura. Por tanto, la resistencia de las rocas y suelos depende del volumen de sus poros, de su distribución y de la resistencia del fluido que los llena. Esto es comprensible porque no es posible clasificar fácilmente los suelos según su resistencia, ya que esta propiedad eléctrica depende de la porosidad, el contenido de agua u otro líquido y la resistencia.

A continuación, se presenta los valores de los materiales geológicos más comunes en ohmios – metro:



**Figura N°56**

Gráfico de márgenes de variación de resistividad más comunes en algunas rocas y minerales



**Fuente:** Orellana E. 1972. *Prospección geoelectrica de corriente continua (2<sup>nd</sup> Edition)*. Editorial Paraninfo. Madrid. Pag 75.

**Tabla 29**

Resistividades de los materiales geológicos más comunes

Material	Resistividad nominal ( $\Omega m$ )
<b>Sulfuros</b>	
Calcopirita	$1.2 \times 10^{-5} - 3 \times 10^{-1}$
Pirita	$2.9 \times 10^{-5} - 1.5$
Pirrotina	$7.5 \times 10^{-6} - 1^{-2}$
Galena	$3 \times 10^{-5} - 3 \times 10^2$
Esfalerita	$1.5 \times 10^7$
<b>Óxidos</b>	
Hematita	$3 \times 10^{-3} - 10^7$
Limonita	$10^3 - 10^7$
Magnetita	$5 \times 10^{-5} - 5.7 \times 10^3$
Ilmenita	$10^{-3} - 50$
<b>Cuarzo</b>	$300 - 10^6$
<b>Sal roca</b>	$30 - 10^{13}$
<b>Antracita</b>	$10^{-3} - 2 \times 10^5$
<b>Lignito</b>	$9 - 200$
<b>Granito</b>	$300 - 1.3 \times 10^6$
<b>Granito erosionado</b>	$30 - 500$





Sienita	$10^2 - 10^6$
Diorita	$10^4 - 10^5$
Gabro	$10^3 - 10^6$
Basalto	$10 - 1.3 \times 10^7$
Esquisto (calcáreo y mica)	$20 - 10^4$
Esquisto (Grafito)	$10 - 100$
Pizarras	$600 - 4 \times 10^7$
Mármol	$100 - 2.5 \times 10^8$
Esquistos consolidados	$20 - 2000$
Conglomerados	$2 \times 10^3 - 10^4$
Areniscas	$1 - 7.4 \times 10^8$
Calizas	$50 - 10^7$
Dolomita	$350 - 5 \times 10^3$
Margas	$3 - 70$
Arcillas	$1 - 100$
Aluvión y arena	$10 - 800$
Rocas de morrena	$10 - 5 \times 10^3$
Reservorio de Hidrocarburos	$25 - 27.5$
Suelo 40% arcilla	8
Suelo 20% arcilla	33
Capa superficial del suelo	$250 - 1700$
Arcilla (muy seca)	$50 - 150$
grava (seca)	1400
Grava (saturada)	100
Arenas cuaternarias/recientes	$50 - 100$
Ceniza	4
suelo arenoso seco	$80 - 1050$
Arena arcilla/arena arcillosa	$30 - 215$
Arena y grava	$30 - 225$

**Fuente:** Adaptado de Reynolds, J. (2011). *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. (2<sup>nd</sup> Edition). John Wiley & Sons, Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO198SQ, UK. Pag 291.



**Tabla 30**

*Variación de la resistividad de aguas naturales*

RESISTIVIDAD DE AGUAS NATURALES	$\Omega m$
Agua de lagos y arroyos de alta montaña	$10^3 a 3 \times 10^3$
Aguas dulces superficiales	$10 a 10^3$
Aguas salobres superficiales	$2 a 10$
Aguas subterráneas	$1 a 20$
Agua de lagos salados	$0.1 a 1$
Aguas marinas	$\sim 0.2$
Aguas de impregnación de rocas	$0.3 a 10$

**Fuente:** Orellana E. 1972. *Prospección geoeléctrica de corriente continua (2<sup>nd</sup> Edition)*. Editorial Paraninfo. Madrid. Pag 55.

## 7.1. EXPLORACIONES ELÉCTRICAS 2D

El mayor acercamiento al modelo del subsuelo real, es a través de un estudio bidimensional(2D), en donde la resistividad puede presentar cambios verticales como horizontales a lo largo de la orientación de investigación. Dando como resultado una interpretación por medio de un perfil geo eléctrico. La adquisición de un perfil 2D se denomina tomografía eléctrica (ERT), el cual posteriormente a través de un tratamiento de información e inversión de los datos proporcionara la imagen del modelo del subsuelo en resistividades.

### 7.1.1. TOMOGRAFIA ELECTRICA (ERT)

El estudio de Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE), comúnmente encontrado en la bibliografía como ERT, abreviación de Electrical Resistivity Tomography o "Electricallmaging" (Dahlin, 2001), que es un método que permite investigar la variación de la resistividad del subsuelo a profundidad y lateralmente.

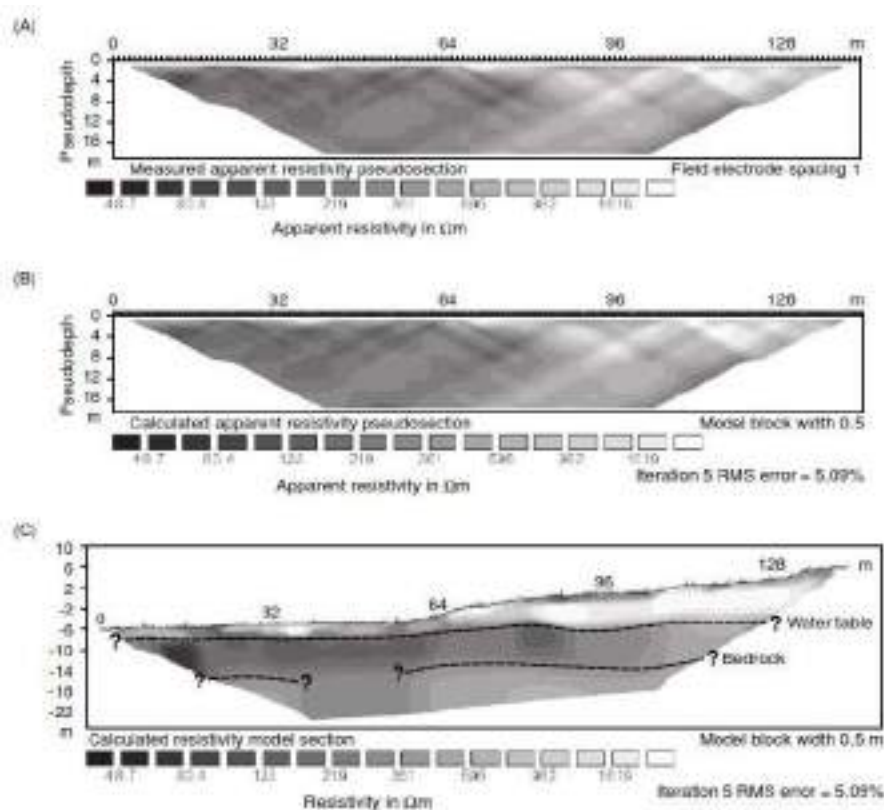
La obtención de datos es de manera vertical y horizontal, que se acoplan entre si en un solo proceso (imágenes 2D de resistividad), lo que incide en datos indirectos para investigar y comprender estructuras geológicas complejas con cambios sustanciales en resistividad lateral y vertical.



El proceso de generación de la tomografía eléctrica por medio de la inversión, inicia a partir de los datos de resistividad aparente, que fueron medidos en campo, los cuales son representados en un pseudoperfil. Siendo así que los valores de resistividad aparente son tratados para evitar errores en el cálculo posterior, de ahí que son introducidos en un programa de inversión, dicho proceso da como resultado una imagen de resistividades y profundidades reales, con las que se realizara la interpretación y correlación de las estructuras geológicas a fin de delimitar las anomalías y de lograr una interpretación coherente.

### Figura N°57

Gráfico de etapas seguidas en el proceso de inversión



**Nota:** Ejemplo de pseudosecciones que muestran (A) datos de resistividad aparente sin procesar y (B) valores de resistividad aparente calculados, para (C) la sección del modelo derivado de resistividad-profundidad verdadera.

**Fuente:** Reynolds, J. (2011). *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics. (2<sup>nd</sup> Edition)*. John Wiley & Sons, Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO198SQ, UK. Pag 321.





### **7.1.2. PROFUNDIDAD DE INVESTIGACIÓN**

De acuerdo a la experiencia de campo se puede estimar en promedio que en las tomografías eléctricas para arreglos schlumberger y wenner-schlumberger, aproximadamente es la quinta parte de la longitud de superficie de la línea.

### **7.1.3. SENSIBILIDAD**

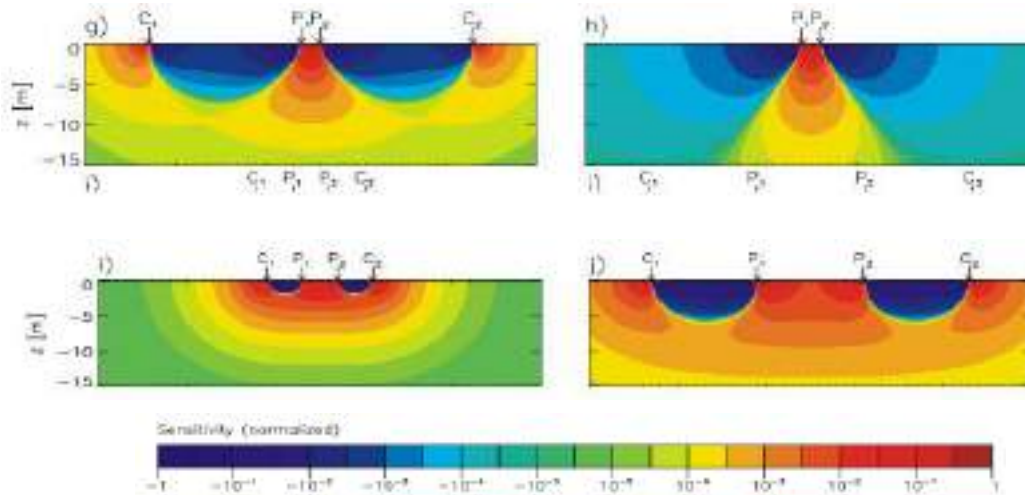
La sensibilidad es una función que básicamente nos muestra el grado en que un cambio en la resistividad de una sección del subsuelo influirá en la medida del potencial. A valores más altos de la función de sensibilidad, mayor es la influencia de la región del subsuelo sobre la medida (McGillivray and Oldenburg, 1990).

Los valores negativos indican la disminución de la resistividad aparente medida cuando la estructura en esa área tiene una mayor resistividad que el área circundante. Siempre se producen sensibilidades negativas en el espacio entre un electrodo de corriente (C1 y C2) y uno de potencial (P1 y P2), mientras que la sensibilidad es siempre positiva entre dos electrodos de corriente y entre dos electrodos de potencial.

En la figura 63 se observa los ejemplos de sensibilidad en un semiespacio homogéneo que se generan para arreglos Schlumberger (g, h) y Wenner (i, j). Por otro lado, en la figura 64 se observa la sensibilidad para el arreglo wenner-schlumberger.

**Figura N°58**

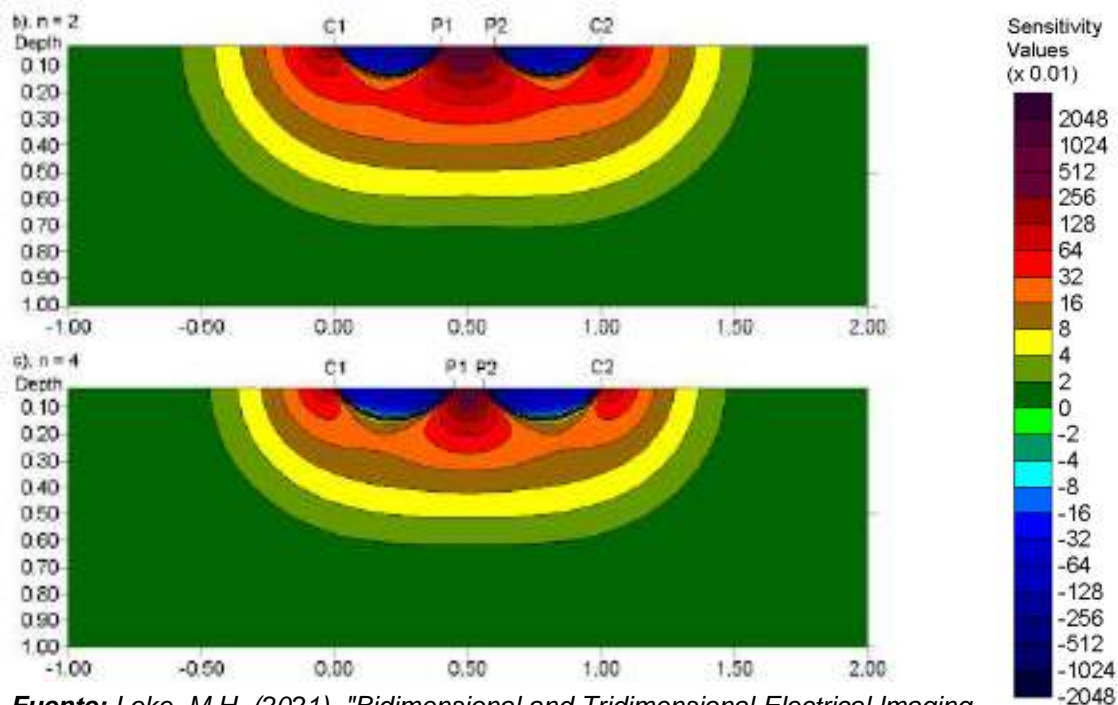
Sensibilidad de varios conjuntos de electrodos, ejemplos de sensibilidad 2-D distribución en un semiespacio homogéneo.



**Fuente:** Knödel K., G. Lange, H.-J. Voight. *Environmental Geology Handbook of Field Methods and Case Studies.* (2007). Springer (UNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE). Germany. Pag 211.

**Figura N°59**

Sensibilidad para el arreglo Wenner-Schlumberger



**Fuente:** Loke, M.H. (2021), "Bidimensional and Tridimensional Electrical Imaging Surveys" Editado por el propio autor. Pag 36.



#### 7.1.4. DISPOSITIVOS MÁS UTILIZADOS EN TOMOGRAFÍAS ELÉCTRICAS

Los dispositivos más utilizados en tomografía eléctrica 2D para el estudio hidrogeológico son los siguientes:

- Configuración wenner
- Configuración schlumberger
- Configuración wenner – schlumberger

En los dispositivos anteriormente descritos los electrodos de inyección de corriente - intensidad ( $C_1$  y  $C_2$ ) y los de medición de potencial - voltaje ( $P_1$  y  $P_2$ ) se disponen alineados.

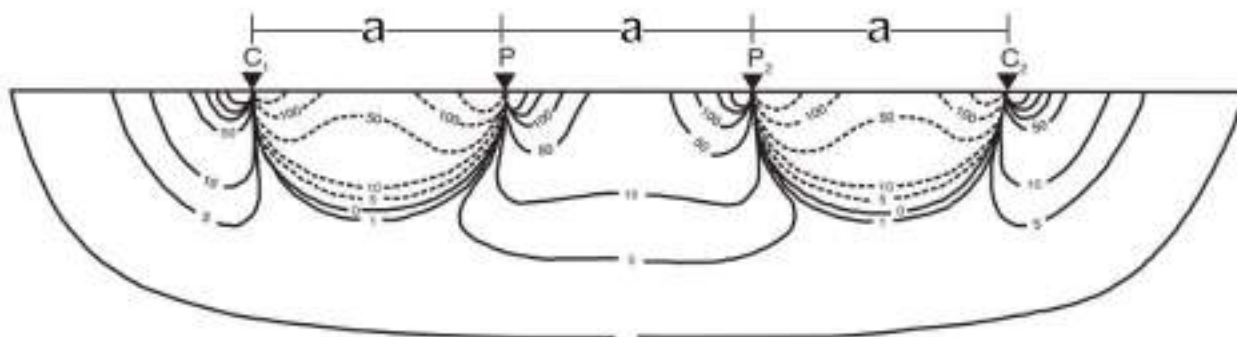
##### 7.1.4.1. CONFIGURACIÓN DE DISPOSITIVO WENNER

En esta configuración los cuatro electrodos se colocan en línea recta y a una misma profundidad de penetración, donde la resistividad aparente se calcula por la siguiente fórmula:

$$\rho_a = 2\pi a \frac{V}{I}$$

**Figura N°60**

*Disposición de los electrodos mediante el dispositivo wenner*



**Fuente:** *Elaboración propia adaptada de Reynolds 2011 y Milson 2003.*





**Figura N°61**

*Configuración geométrica de 40 electrodos de medida por medio del dispositivo wenner*



**Fuente:** Geomatic Studio

El dispositivo de wenner es idóneo para el estudio de materiales horizontales estratificados, sin embargo, es relativamente deficiente en detectar estructuras verticales estrechas.

#### **7.1.4.2. CONFIGURACIÓN DE DISPOSITIVO SCHLUMBERGER**

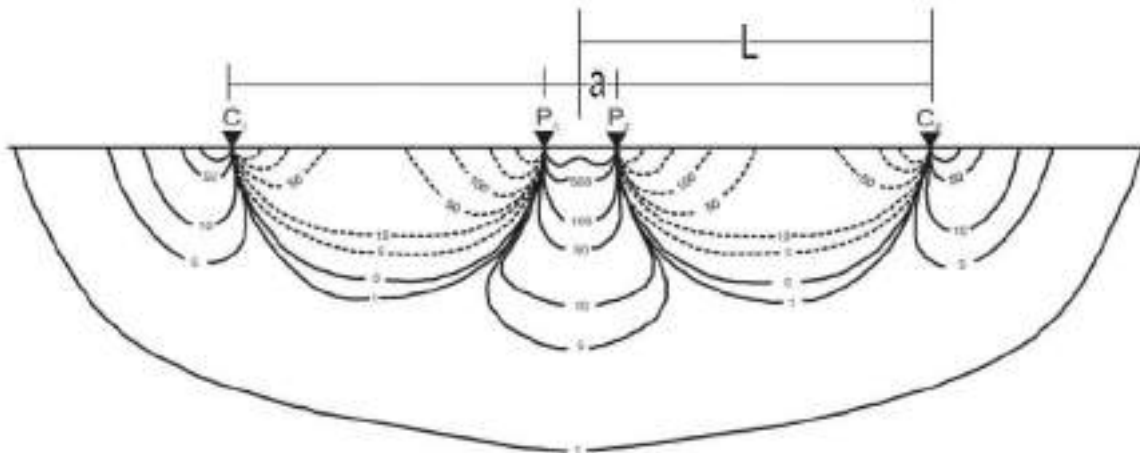
En esta configuración la separación entre los electrodos centrales o de potencial se mantiene constante, y las mediciones se realizan variando la distancia de los electrodos exteriores a partir de los electrodos interiores, de ahí que a distancia múltiplos ( $na$ ) de la separación base de los electrodos internos ( $a$ ), la condición que deben cumplir es que la distancia que separa a los electrodos de corriente, tienen que ser aproximadamente 5 veces la distancia entre los electrodos de potencial, donde la resistividad aparente se calcula por la siguiente formula:

$$\rho_a = \pi \frac{L^2 - a^2}{2a} \frac{V}{I}$$



**Figura N°62**

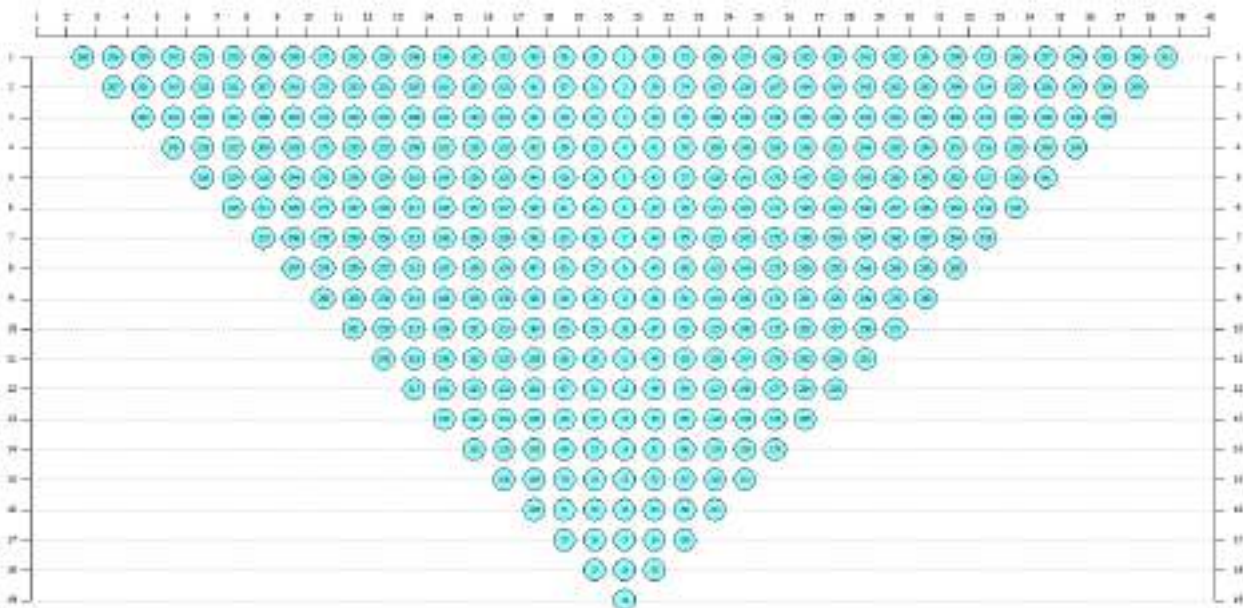
*Disposición de los electrodos mediante el dispositivo Schlumberger*



**Fuente:** *Elaboración propia adaptada de Reynolds 2011 y Milson 2003.*

**Figura N°63**

*Configuración geométrica de 40 electrodos de medida por medio del dispositivo Schlumberger*



**Fuente:** *Geomative Studio*

El dispositivo de schlumberger es idóneo para el estudio de materiales verticalmente estratificado.



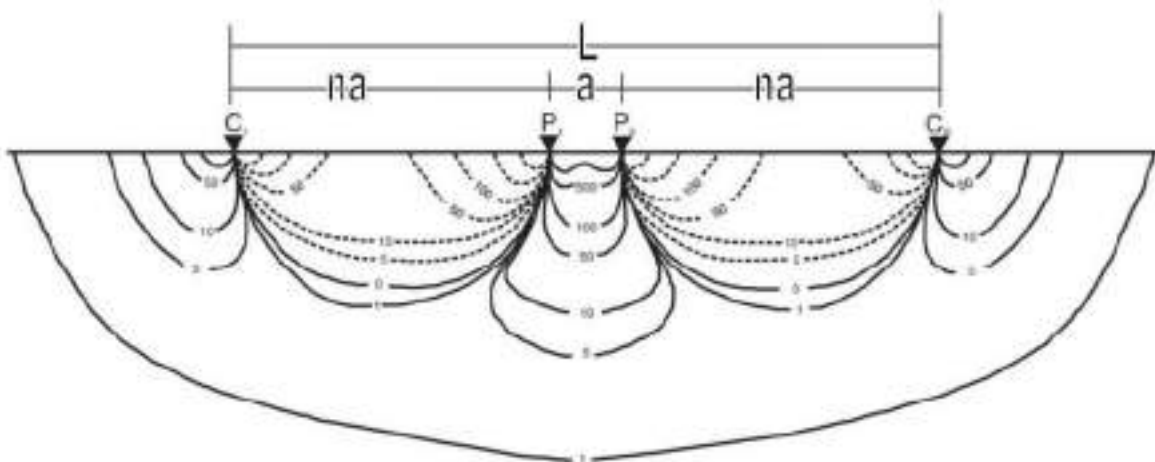
### 7.1.4.3. CONFIGURACIÓN DE DISPOSITIVO WENNER – SCHLUMBERGER

Este arreglo es una combinación de los arreglos wenner y schlumberger (Pazdirek y Blaha, 1996) o sea un híbrido, es llamado así por el movimiento lateral que se aplica al arreglo Schlumberger, los electrodos se ponen simétricamente en línea, donde la distancia de los electrodos de potencial es mucho menor que las de los electrodos de corriente. Por lo tanto, este arreglo es sensible tanto a estructuras verticales (cambios en la resistividad horizontal) como a horizontales (cambios en la resistividad vertical). Su profundidad de investigación media es 10% mayor que la del arreglo Wenner. La fuerza de su señal es mayor que la del arreglo Dipolo-Dipolo, pero menor a la del arreglo Wenner (Loke, 2010), donde la resistividad aparente se calcula por la siguiente formula:

$$\rho_a = \pi n(n + 1)a \frac{V}{I}$$

**Figura N°64**

*Disposición de los electrodos mediante el dispositivo Wenner-Schlumberger*



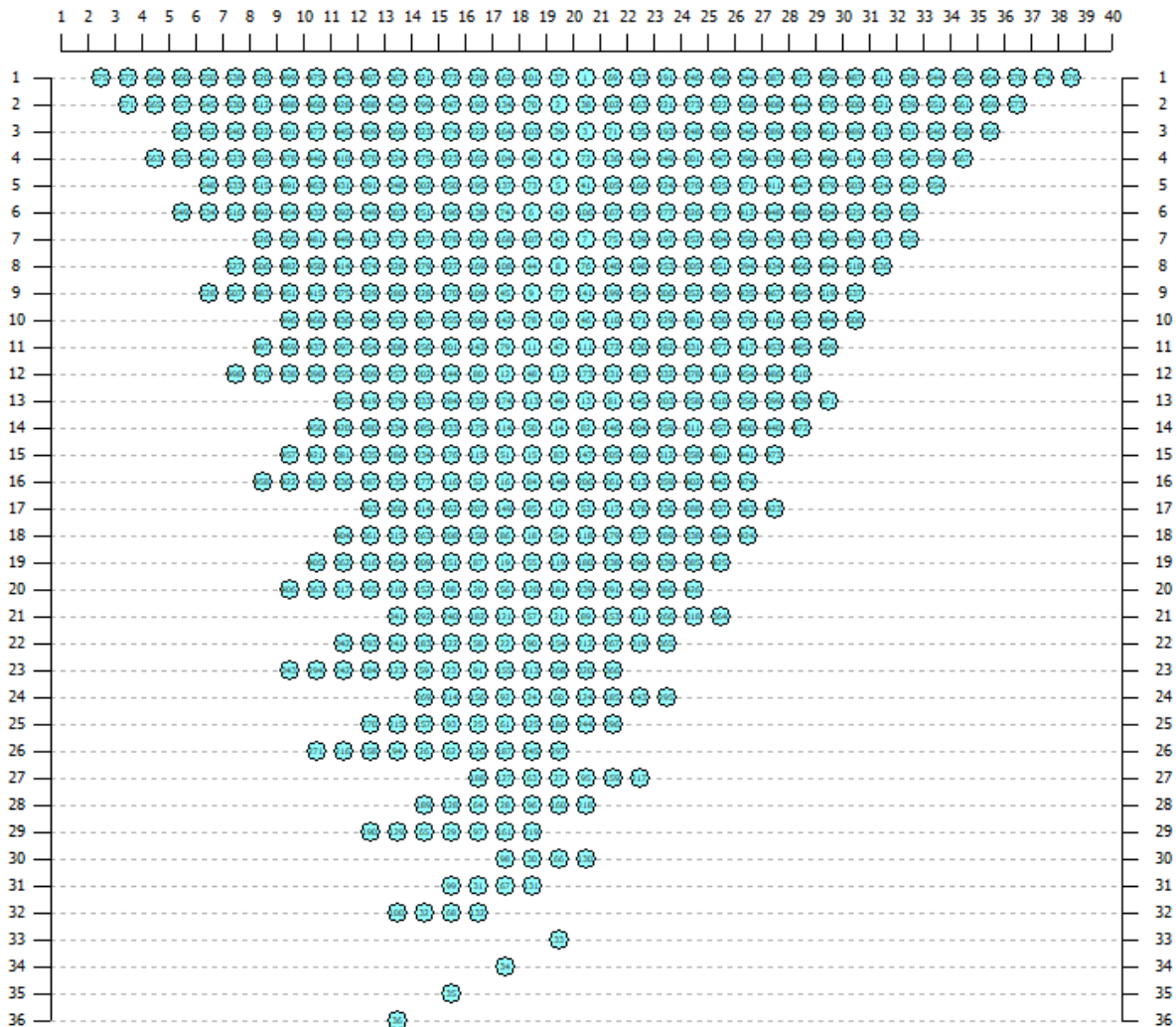
**Fuente:** Adaptado de Reynolds 2011.





**Figura N°65**

*Configuración geométrica de 40 electrodos de medida por medio del dispositivo Wenner-Schlumberger*



**Fuente:** Geomatic Studio

### 7.1.5. POTENCIAL ESPONTÁNEO

El fenómeno que origina estos potenciales, denominado electrofiltración, fue estudiado ya por Schlumberger, y consiste fundamentalmente en la producción de un campo eléctrico por el movimiento de electrólitos (aguas subterráneas) en el subsuelo. Cuando un electrolito pasa a través de una membrana porosa se produce entre los dos lados de ésta una diferencia de potencial. Las rocas pueden considerarse como una de tales membranas cuando poseen, por su



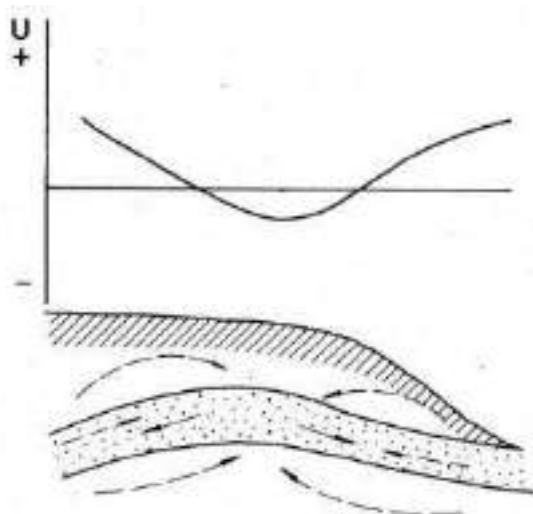
porosidad, una red de capilares a través de las cuales pueden filtrarse las aguas subterráneas. (Orellana 1972)

El método de potencial espontáneo se ha empleado en diversos estudios como se mencionó anteriormente, sin embargo, una de las aplicaciones que se han desarrollado desde años atrás han sido los estudios en aguas. En 1976 Corwin describió las anomalías subacuáticas de PE relacionadas a los depósitos de minerales conductivos situados en aguas someras. Por otro lado, Jasen en 1995 describió la correlación entre anomalías negativas registradas de PE bajo el agua y los posibles caminos de filtración (Rozycki, 2006).

Vale la pena señalar que en un ambiente suelto, si aumentamos el gradiente de presión del fluido, la amplitud potencial también aumenta su valor, pero siempre en valores negativos, en cambio, cuando la salinidad aumenta, conlleva una disminución de la magnitud del potencial, mientras que en un ambiente consolidado (fracturado) con una proporción creciente de arcilla en el lecho, el valor del potencial electrocinético decrece, aunque el orden de magnitud de estos valores (siempre negativos) es mucho mayor con grietas sin ningún relleno.

### Figura N°66

*Producción de potenciales de electro filtración per descensum*



**Fuente:** Orellana E. 1972. *Prospección geoelectrica de corriente continua (2<sup>nd</sup> Edition)*. Editorial Paraninfo. Madrid. Pag 19.

**Nota:** Flechas llenas: marcha del agua; flechas a trazos: líneas de la corriente eléctrica.



## 7.2. ADQUISICIÓN DE DATOS DE CAMPO POR MEDIO DEL LEVANTAMIENTO DE TOMOGRFÍA ELÉCTRICA

Los ensayos en campo se realizaron durante el mes de diciembre del 2021, en un periodo lluvioso de la época, donde el terreno poseía un gran contenido de agua favoreciendo la toma de datos de resistividad, es así que se plantearon realizar líneas de tomografías eléctricas 6 de 407.5 metros y 2 de 198.5 metros con los dispositivos schlumberger y wenner-schlumberger, complementados de medidas de potencial espontaneo, con un tomógrafo eléctrico Geomative GD-10 Supreme.

### 7.2.1. EQUIPO UTILIZADO

El equipo utilizado es el GEOMATIVE modelo GD10 SUPREME, este equipo tiene una potencia máxima de 7500w de salida, que permite la máxima eficiencia en lecturas, tiene una profundidad de alcance de hasta 500 metros, dependiendo de la anisotropía y efecto de la capa superficial, lo cual lo hace un instrumento amigable en cuanto su uso, su manejo es funcional para la lectura de los parámetros en forma precisa, porque cuenta con dos instrumentos digitales de última generación; por tanto, el perfil del terreno en estudio, refleja los resultados esperados, que a su vez presenta las siguientes características generales:

#### Fotografía N°29

*Tomógrafo eléctrico Geomative GD-10 Supreme*







#### 7.2.1.1. TRANSMISOR

- **Potencia máxima de Tx:** 7200W
- **Voltaje máximo de Tx:** 1200V
- **Corriente máxima de Tx:** 6A
- **Precisión actual:** mejor que 0,3%
- **Protección:** IP65, sobrecorriente, sobretensión, cortocircuito
- **Tipo de pulso:** onda cuadrada
- **Ancho de pulso:** 1 s 、 2 s 、 4 s 、 8 s 、 16 s 、 32 s 、 64 s
- **Impedancia de entrada:**  $\geq 200\text{M}\Omega$
- **Voltaje de carga:** 120 ~ 250VAC (50HZ / 60HZ)
- **Pantalla de visualización:** pantalla LCD a todo color de 5,7 pulgadas, 640 \* 480
- **Energía externa:** DC24 ~ 60V
- **Batería:** batería incorporada de litio de 16,8 V / Compatible con batería externa de 24 V
- **Puerto de E / S:** USB, RS485 Modo Recepción de voltaje digital, retorno en los terminales M – N.

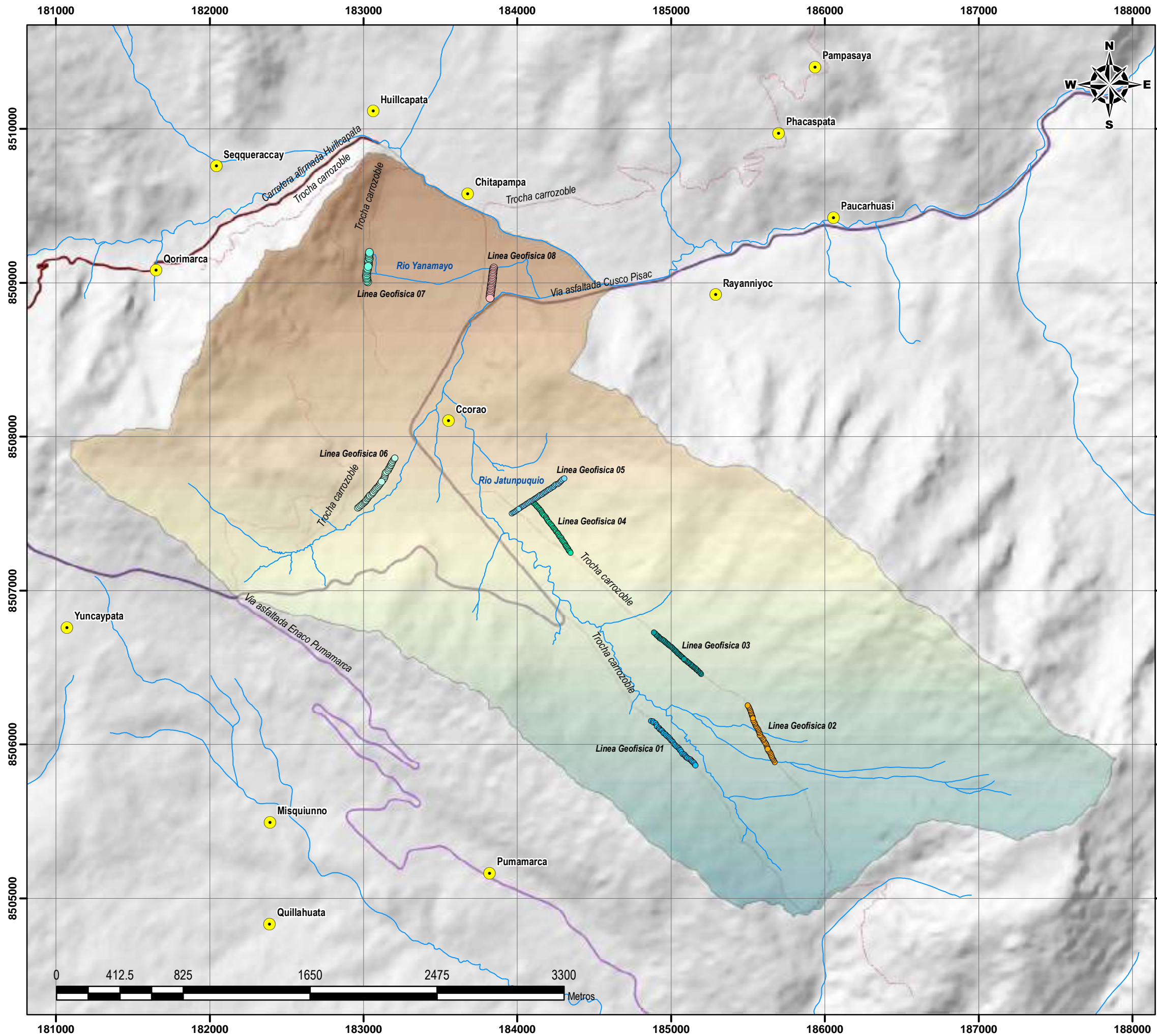
#### 7.2.1.2. RECEPTOR

- **Iteración manual:** 1 ~ 255 veces
- **Iteración automática:** 1-10 veces
- **Rango de voltaje:**  $\pm 24\text{ V}$
- **Compensación de SP:**  $\pm 10\text{V}$
- **Rechazo de ruido:**  $\geq 120\text{dB}$
- **Promedio dinámico:** conversión A / D de 24 bits
- **Precisión:**  $0,3\% \pm 1\mu\text{V}$
- **Precisión:** 0,1%

#### 7.2.1.3. OTROS

- **Peso:** 8KG
- **Tamaño:** 39 cm \* 20 cm \* 29 cm
- **Temperatura de almacenamiento:**  $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim + 60\text{ }^{\circ}\text{C}$
- **Temperatura de trabajo:**  $-10\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$
- **Humedad de funcionamiento:**  $\leq 95\%$
- **Capacidad de memoria:** 15 GB

# MAPA DE LINEAS GEOFISICAS EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

**TESIS:**  
 ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022

**MAPA DE UBICACION REGIONAL**

**SIMBOLOGIA**

- Drenaje
- Curvas de Nivel 15m
- Comunidades

**Vias de comunicacion**

- Calle pavimentada-Ccorao-Huillcapata
- Carretera afirmada Huillcapata
- Trocha carrozoble
- Via asfaltada Cusco Pisac
- Via asfaltada Enaco Pumamarca

**LEYENDA**

Microcuenca Ccorao-Mandorani

**ELETRODOS DE LAS LINEAS GEOFISICAS**

- Electrodos Linea Geofisica 06
- Electrodos Linea Geofisica 05
- Electrodos Linea Geofisica 04
- Electrodos Linea Geofisica 03
- Electrodos Linea Geofisica 02
- Electrodos Linea Geofisica 01
- Electrodos Linea Geofisica 08
- Electrodos Linea Geofisica 07

**MAPA DE LINEAS GEOFISICA**

ASESOR: MGT.ING.FREDDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO  
 ELABORADO POR: BACH.CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

<b>SISTEMA DE COORDENADAS</b>		
PROYECCION:	UTM	
DATUM HORIZONTAL:	WGS84	
HUSO Y ZONA:	19L Sur	
<b>UBICACION</b>		<b>MAPA:</b> <b>MP-16</b>
SECTOR:	CCORAO-MANDORANI	
DISTRITO:	SAN SEBASTIAN	
PROVINCIA:	CUSCO	
REGION:	CUSCO	<b>LAMINA:</b> <b>16/28</b>
ESCALA DE IMPRESION:	A-3	
ESCALA:	1:25000	
FECHA:	OCTUBRE 2022	



### 7.2.2. LÍNEAS PROPUESTAS DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA Y SP

El estudio de tomografía eléctrica se realizó, con personal capacitado que consto de 5 asistentes de campo., y las líneas propuestas fueron planteadas de acuerdo a los espacios libres dentro de la microcuenca de estudio, que su vez en su gran mayoría se ubican de manera perpendicular a la dirección de flujo de las quebradas, o rastros de flujos de agua observados en campo.

Los detalles de las líneas propuestas se encuentran a continuación:

**Tabla 31**

*Ubicación de los ensayos de tomografía eléctrica*

Línea Geofísica	Profundidad de investigación aproximada	Coordenadas UTM						Longitud
		Inicio			Final			
		Este	Norte	Altitud	Este	Norte	Altitud	
Línea N°01	80m	184870.648	8506150.709	3759	185158.1806	8505863.443	3792	400m
Línea N°02	80m	185673.723	8505885.054	3841	185498.2628	8506253.048	3813	400m
Línea N°03	80m	185195.1553	8506455.644	3784	184889.0734	8506725.86	3750	400m
Línea N°04	80m	184103.3724	8507568.966	3670	184346.9311	8507245.081	3687	400m
Línea N°05	80m	184017.9565	8507533.708	3665	184009.1869	8507528.025	3700	400m
Línea N°06	80m	182964.2754	8507534.587	3691	183204.5549	8507860.024	3657	400m
Línea N°07	38m	183028.7829	8509005.373	3635	183038.959	8509197.399	3640	200m
Línea N°08	38m	183847.0423	8509095.565	3616	183821.6618	8508898.395	3621	200m

*Fuente: Elaboración propia.*

### 7.3. PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE PERFILES

Para el procesamiento del perfil geoelectrica se realizó el tratamiento de los datos obtenidos en campo añadiéndole la topografía de cada electrodo, para finalmente invertirlos y así obtener la resistividad real del subsuelo, por medio del software Res2dInv.





### 7.3.1. LINEA GEOFÍSICA N°01

A lo largo del perfil 01, se desarrolló dos ensayos de tomografía eléctrica, uno con dispositivo schlumberger y otro con wenner-schulumberger, que se prospecto a lo largo de una extensión de 407.5 metros. Dando como resultado posterior al procesamiento un perfil de potencial espontaneo y dos perfiles geo eléctricos de resistividades reales.

En el perfil de potencial espontaneo de la línea 01 se ha identificado anomalías negativas que varían de -100 a -400 milivoltios que varían entre 30 a 80 metros de profundidad, dichas anomalías debido al potencial de electro filtración son zonas susceptibles a presentar filtraciones de agua, debido a la porosidad secundaria(fracturas) en caso de areniscas de la Formación Quilque y mayor permeabilidad como porosidad debido al contenido superior de gravas con arenas en caso de depósitos aluviales(figura N°69).

#### Fotografía N°30

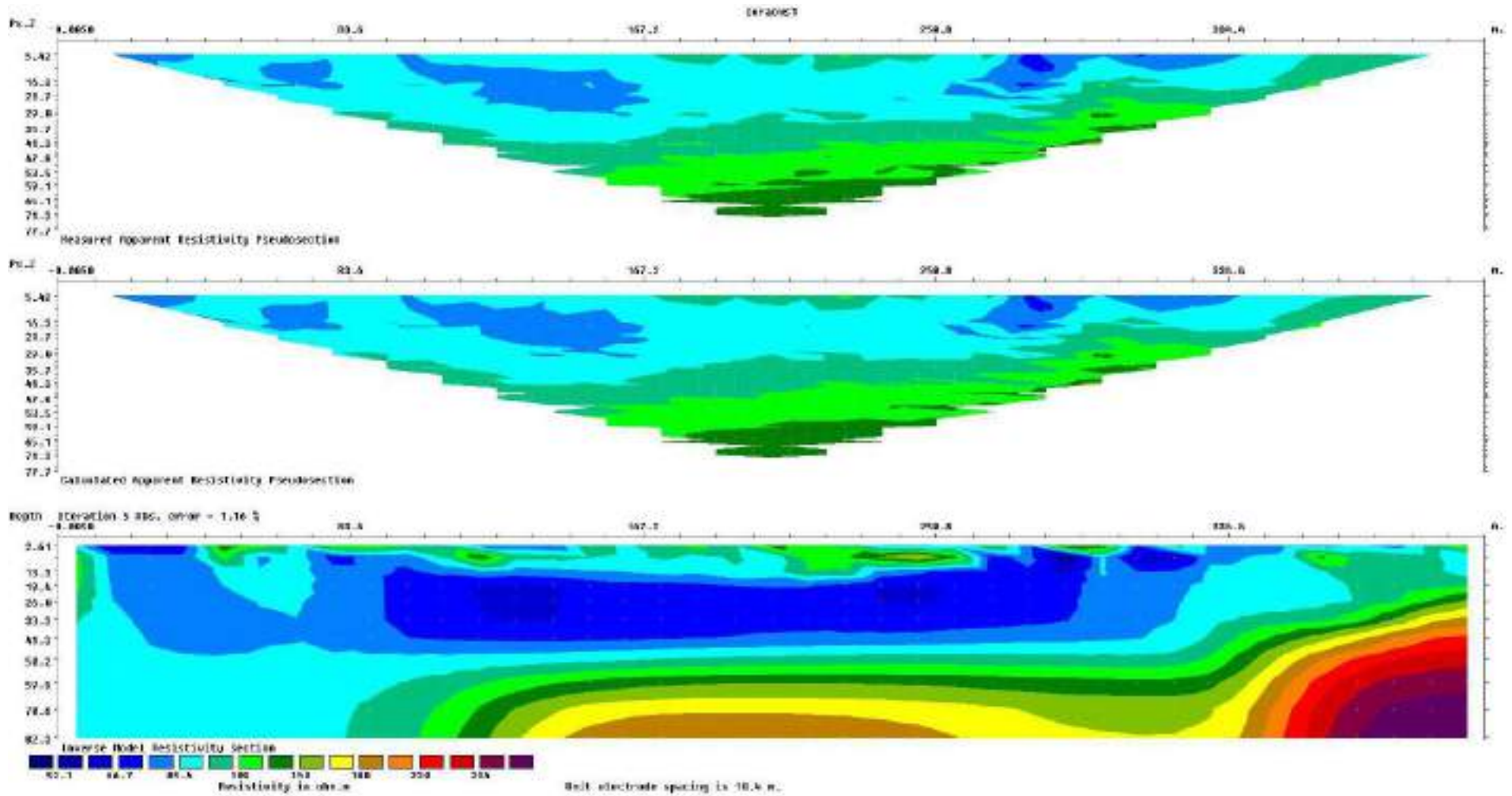
*Instalación del equipo de tomografía eléctrica a lo largo de la línea 01*





Figura N°67

Inversión de datos procesados línea 01

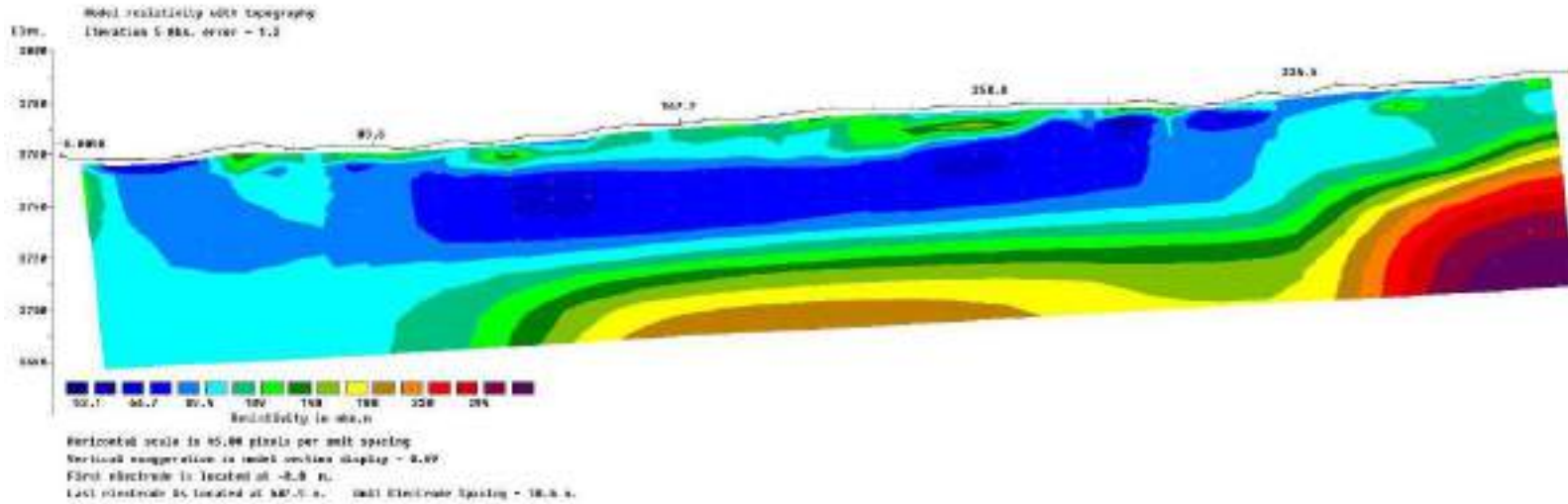


Fuente: Elaboración propia.



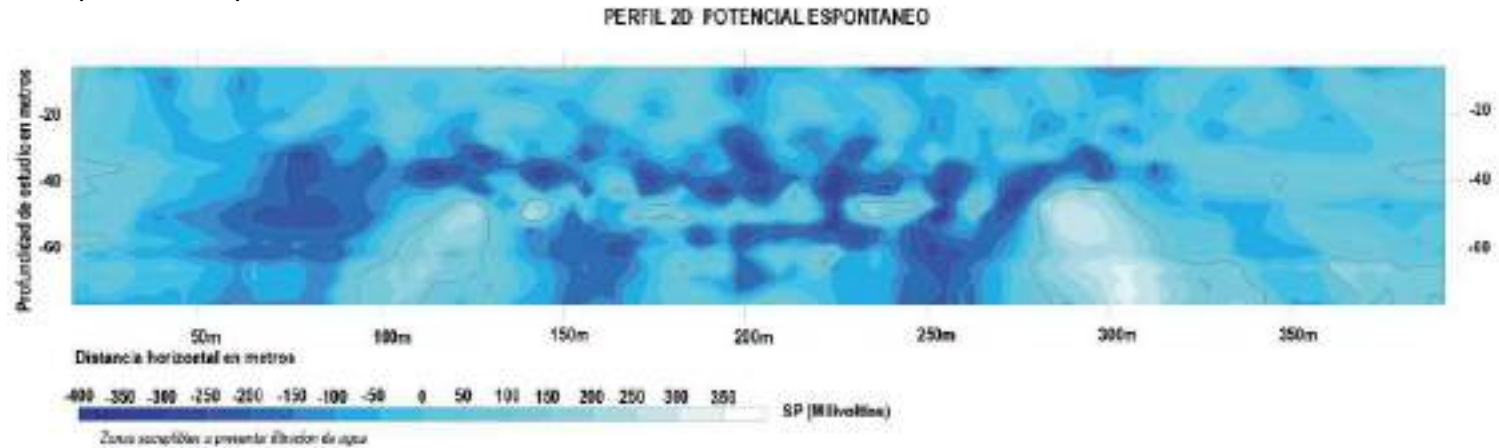
**Figura N°68**

*Perfil geo eléctrico de resistividades reales con topografía línea 01*



**Figura N°69**

*Perfil 2d de potencial espontaneo línea 01*



**Fuente:** *Elaboración propia.*





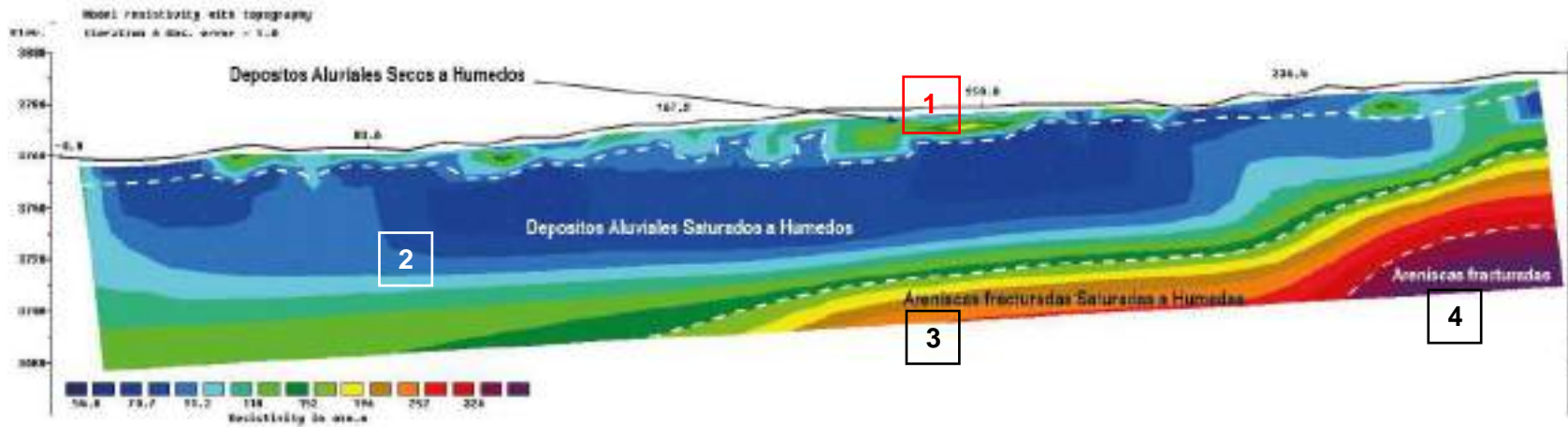
En las secciones geoelectricas de resistividades reales se ha inferido 4 litologías debido a las resistividades que poseen. La litología 1 de depósitos aluviales secos a húmedos, que poseen resistividades que varían de 54.8 a 196 ohmios metro en el dispositivo schlumberger mientras que en el dispositivo wenner-schlumberger varían de 52.1 a 140 ohmios metro con profundidades variables de 0 a 10 metros, la litología 2 de depósitos aluviales saturados a húmedos, que poseen resistividades que varían de 54.8 a 152 ohmios metro en el dispositivo schlumberger mientras que en el dispositivo wenner-schlumberger varían de 52.1 a 140 ohmios metro con profundidades variables de 10 a mayores de 80 metros, la litología 3 de areniscas fracturadas saturadas a húmedas, que poseen resistividades que varían de 152 a 326 ohmios metro en el dispositivo schlumberger mientras que en el dispositivo wenner-schlumberger varían de 140 a 294 ohmios metro con profundidades variables de 30 a mayores de 80 metros, por último la litología 4 está constituida de areniscas fracturadas húmedas a secas con resistividades superiores a 326 ohmios metro con el dispositivo schlumberger y 294 ohmios metro con el dispositivo wenner-schlumberger con profundidades variables desde 60 metros a más, ver figura 70 y 71.

Por lo expuesto, la presencia de agua subterránea se encuentra en acuíferos libres (depósitos aluviales) y fisurados (areniscas de la formación quilque) , que se infieren de las litologías 3 y 4, determinadas por el perfil de resistividades reales y potencial espontaneo, cabe resaltar que el agua subterránea no se encuentra de manera uniforme en los acuíferos anteriormente descritos, sino en zonas puntuales por presentar mayor permeabilidad y porosidad (fracturas o mayor presencia de gravas y arenas), ver figura 72.



**Figura N°70**

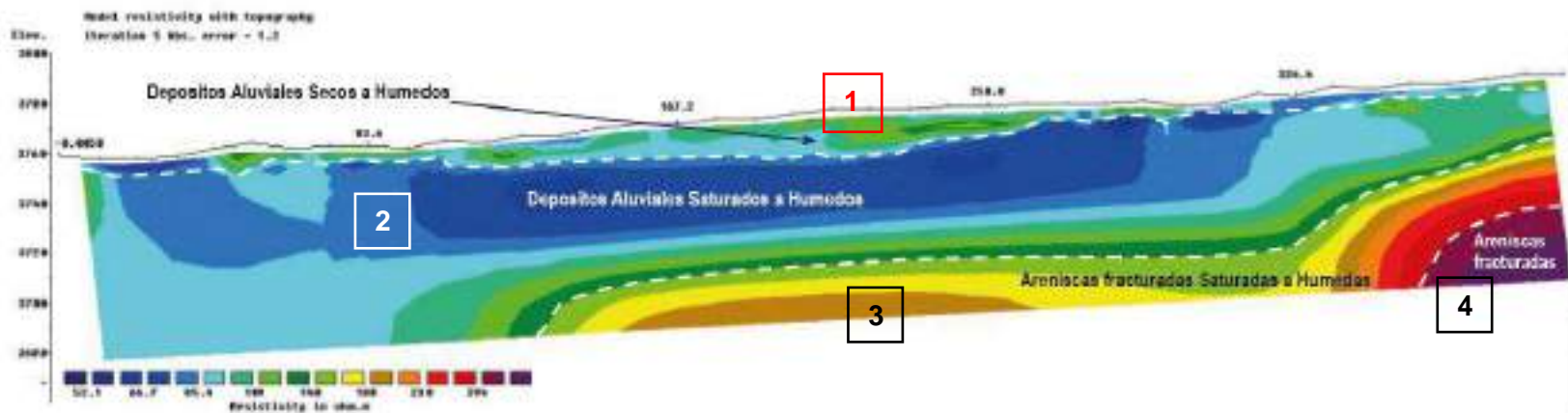
*Perfil 2d de resistividades reales con arreglo schlumberger interpretado línea 01*



*Fuente: Elaboración propia.*

**Figura N°71**

*Perfil 2d de resistividades reales con arreglo wenner-schlumberger interpretado línea 01*

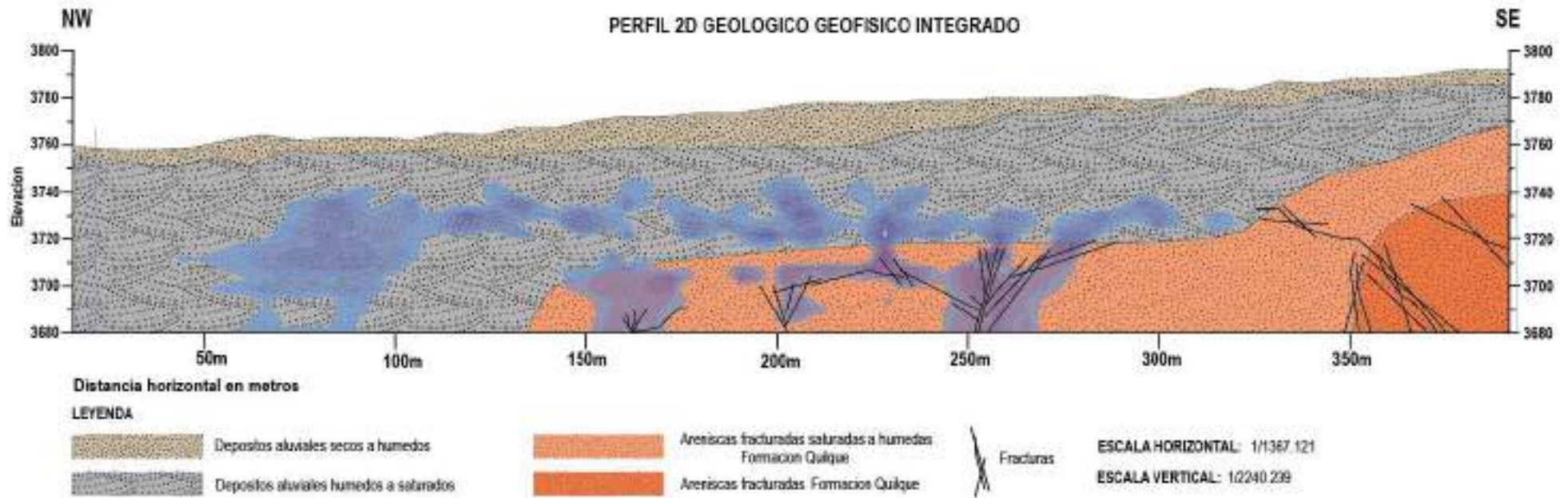


*Fuente: Elaboración propia.*



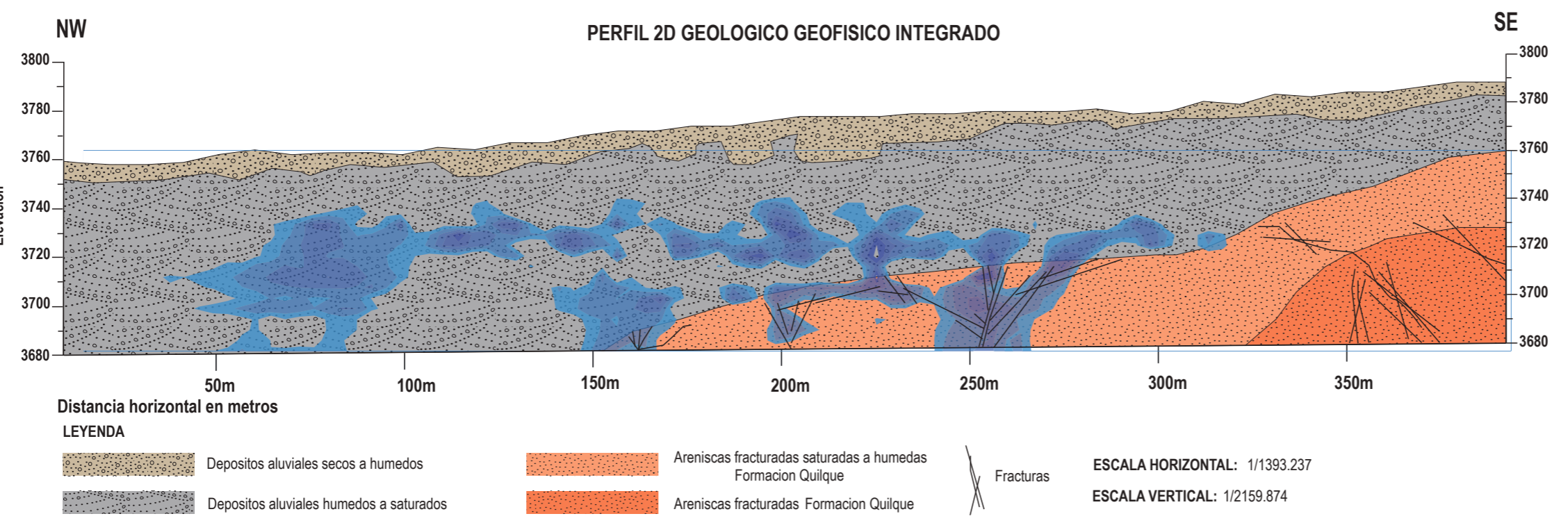
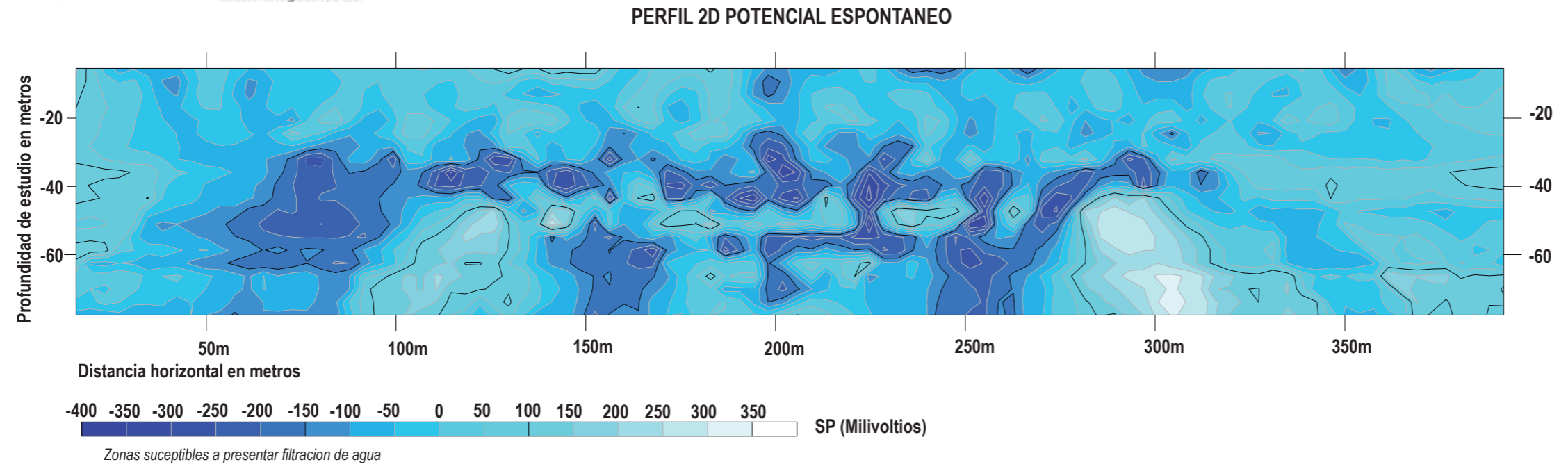
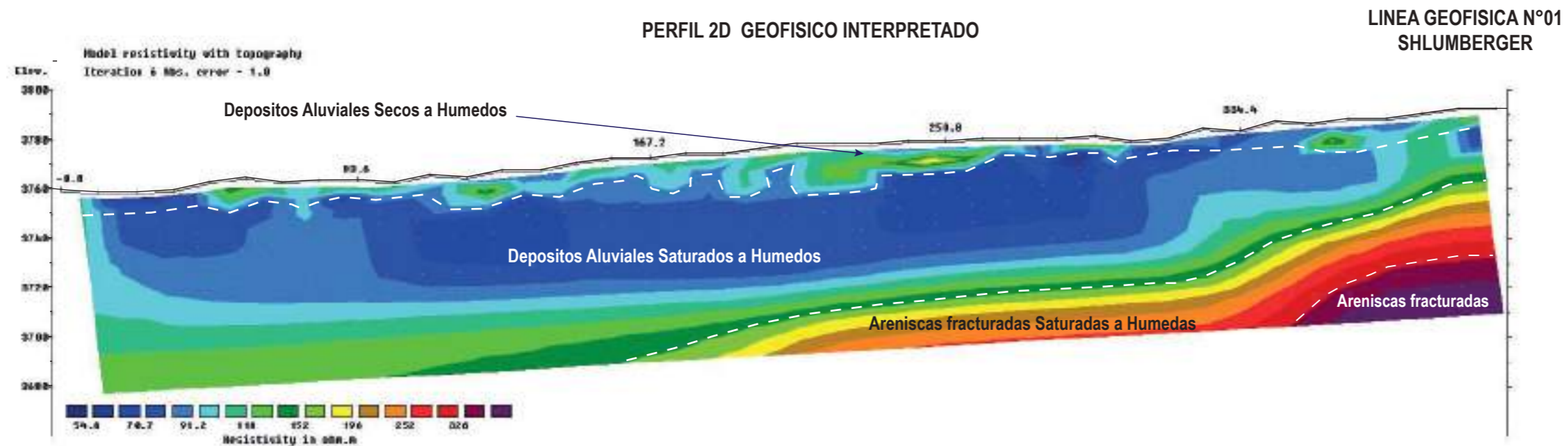
**Figura N°72**

*Perfil 2D interpretado geológicamente con presencia de aguas subterráneas línea 01*



*Fuente: Elaboración propia.*





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

**TESIS:**  
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO - MANDORANI, DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022

*MAPA DE UBICACION EN LA MICROCUENCA*

**FOTOGRAFIAS DE CAMPO**

FOTOGRAFIA N°01  
Vista al Este donde se aprecia el ensayo de tomografia electrica ERT

FOTOGRAFIA N°02  
Vista al Sur Este donde se aprecia el ensayo de tomografia electrica ERT

**LINEA GEOFISICA N° 01 SCHLUMBERGER**

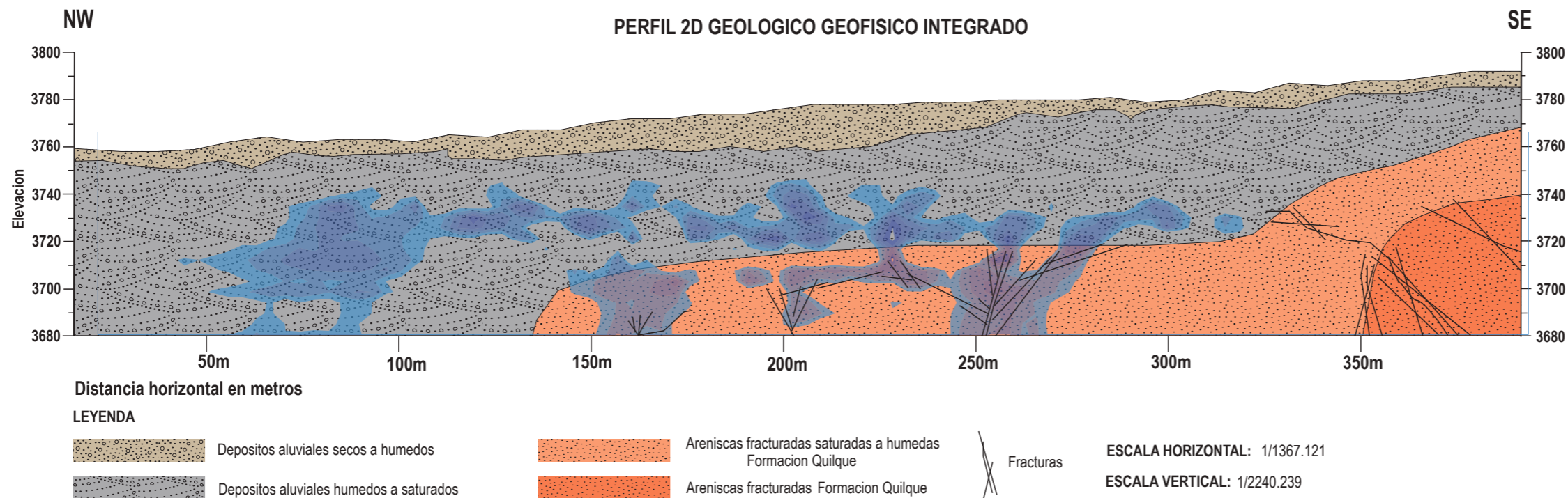
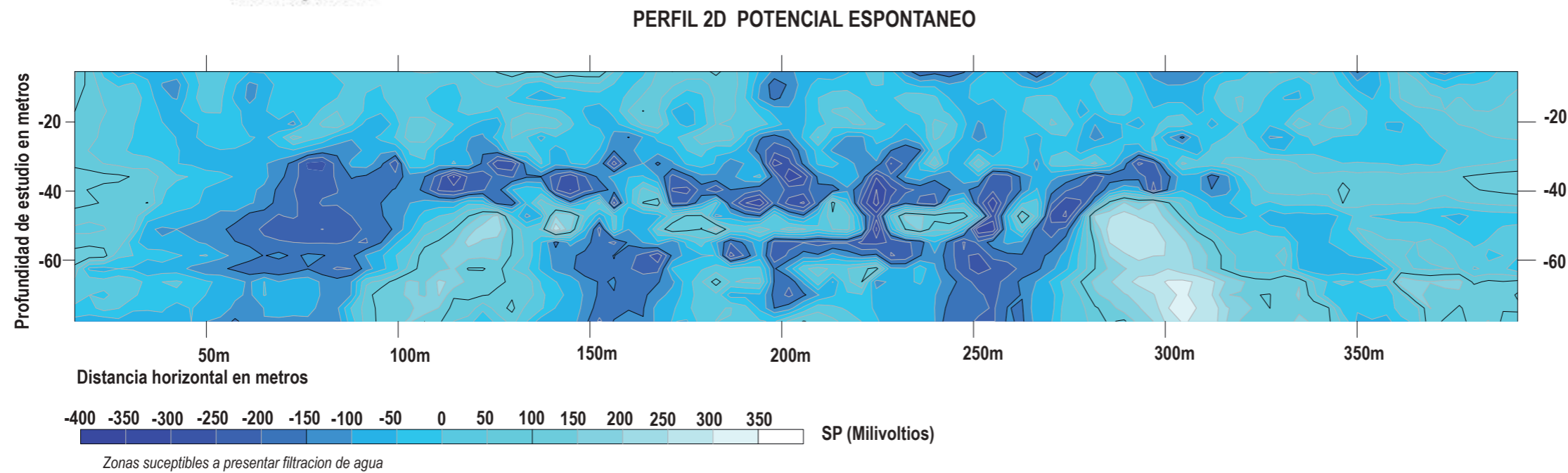
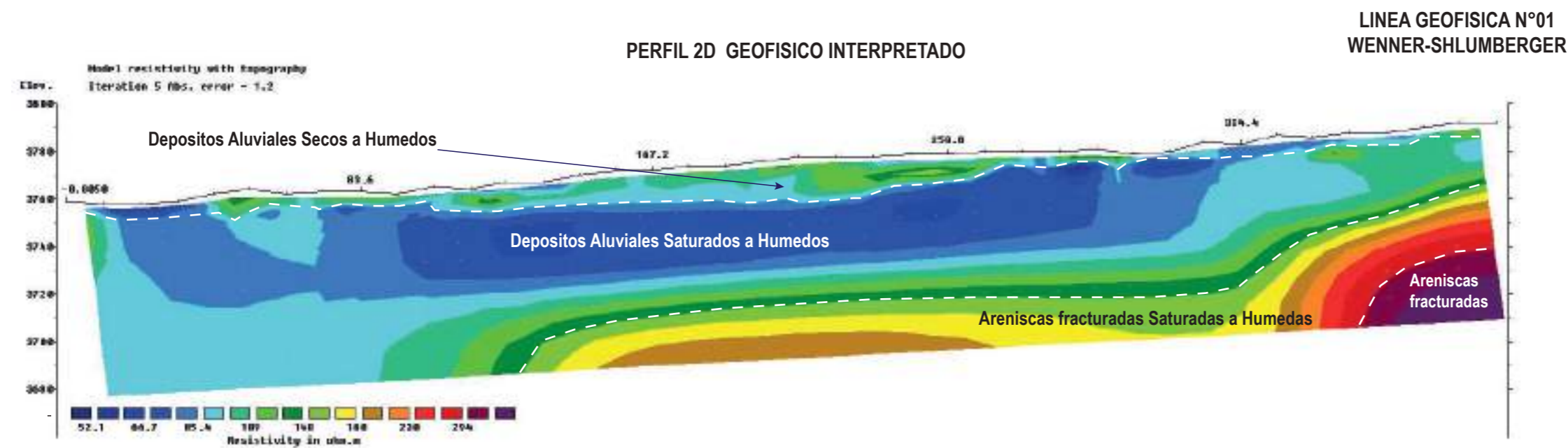
ASESOR:	MGT.ING. FREDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO
ELABORADO POR:	BACH. CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

<b>SISTEMA DE COORDENADAS</b>		
PROYECCION:	UTM	
DATUM HORIZONTAL:	WGS84	
HUSO Y ZONA:	19L Sur	

<b>UBICACION</b>		<b>SECCION:</b>  <b>SEC-02</b>
SECTOR:	CCORAO-MANDORANI	
DISTRITO:	SAN SEBASTIAN	
PROVINCIA:	CUSCO	
REGION:	CUSCO	

ESCALA DE IMPRESION:	A-3	<b>LAMINA:</b>  <b>02/18</b>
ESCALA:	INDICADA	
FECHA:	OCTUBRE 2022	





**TESIS:**  
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO- MANDORANI, DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022

MAPA DE UBICACION EN LA MICROCUENCA



FOTOGRAFIAS DE CAMPO



FOTOGRAFIA N°01

Vista al Este donde se aprecia el ensayo de tomografia electrica ERT



FOTOGRAFIA N°02

Vista al Sur Este donde se aprecia el ensayo de tomografia electrica ERT

LINEA GEOFISICA N° 01 WENNER-SCHLUMBERGER

ASESOR: MGT.ING. FREDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO  
ELABORADO POR: BACH. CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

SISTEMA DE COORDENADAS  
PROYECCION: UTM  
DATUM HORIZONTAL: WGS84  
HUSO Y ZONA: 19L Sur



UBICACION  
SECTOR: CCORAO-MANDORANI  
DISTRITO: SAN SEBASTIAN  
PROVINCIA: CUSCO  
REGION: CUSCO

**SECCION:  
SEC-03**

LAMINA:  
**03/18**

ESCALA DE IMPRESION: A-3  
ESCALA: INDICADA  
FECHA: OCTUBRE 2022



### 7.3.2. LINEA GEOFÍSICA N°02

A lo largo del perfil 02, se desarrolló dos ensayos de tomografía eléctrica, uno con dispositivo schlumberger y otro con wenner-schulumberger, que se prospectó a lo largo de una extensión de 407.5 metros. Dando como resultado posterior al procesamiento un perfil de potencial espontaneo y dos perfiles geo eléctricos de resistividades reales.

En el perfil de potencial espontaneo de la línea 02 se ha identificado anomalías negativas que varían de -100 a -350 milivoltios que varían entre 20 a 80 metros de profundidad, dichas anomalías debido al potencial de electro filtración son zonas susceptibles a presentar filtraciones de agua, debido a mayor permeabilidad y porosidad debido al contenido superior de gravas con arenas en caso de depósitos aluviales (figura N°75).

#### Fotografía N°31

*Tomografía eléctrica de la línea 02*

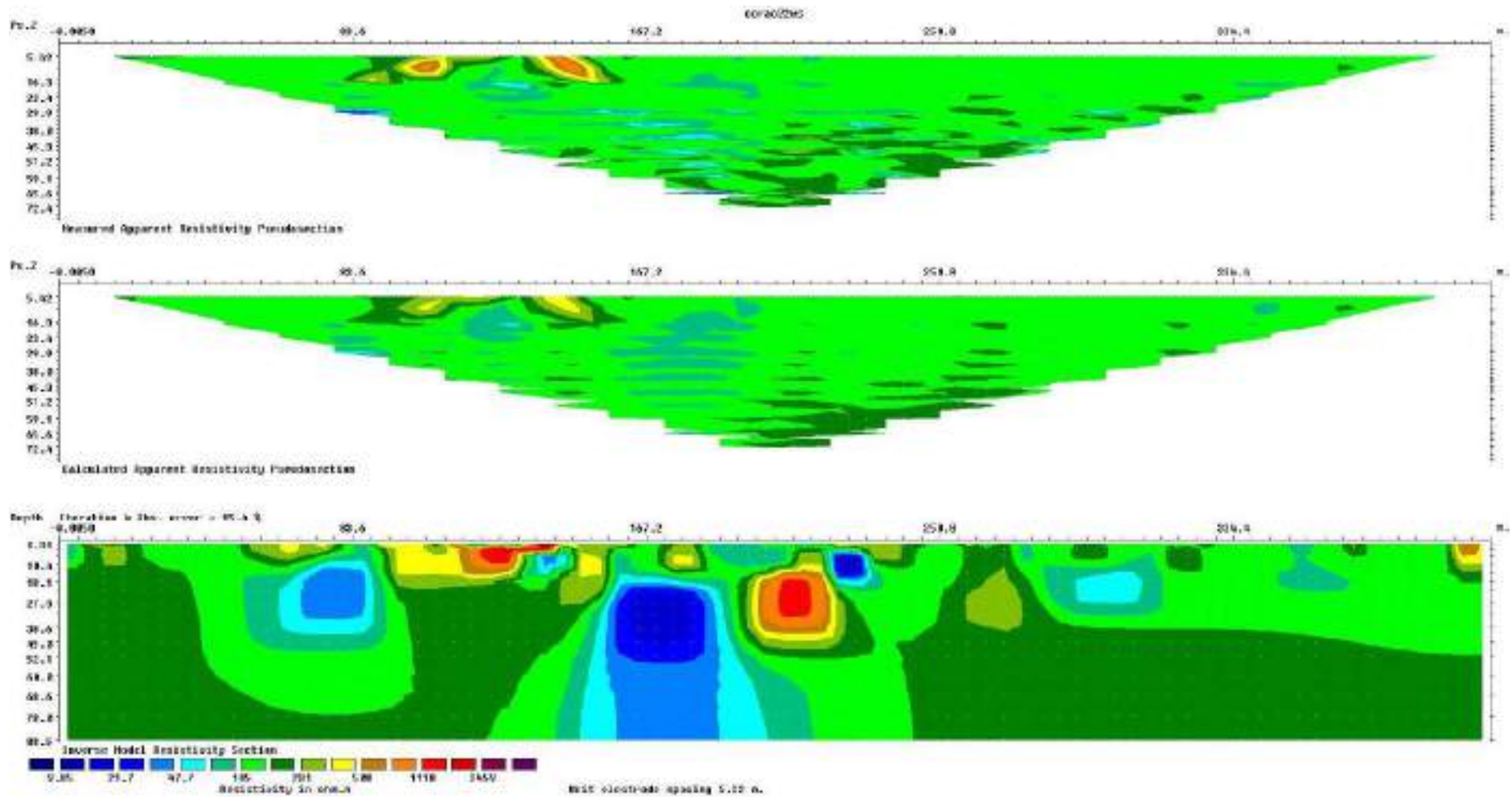






**Figura N°73**

*Inversión de datos procesados línea 02*

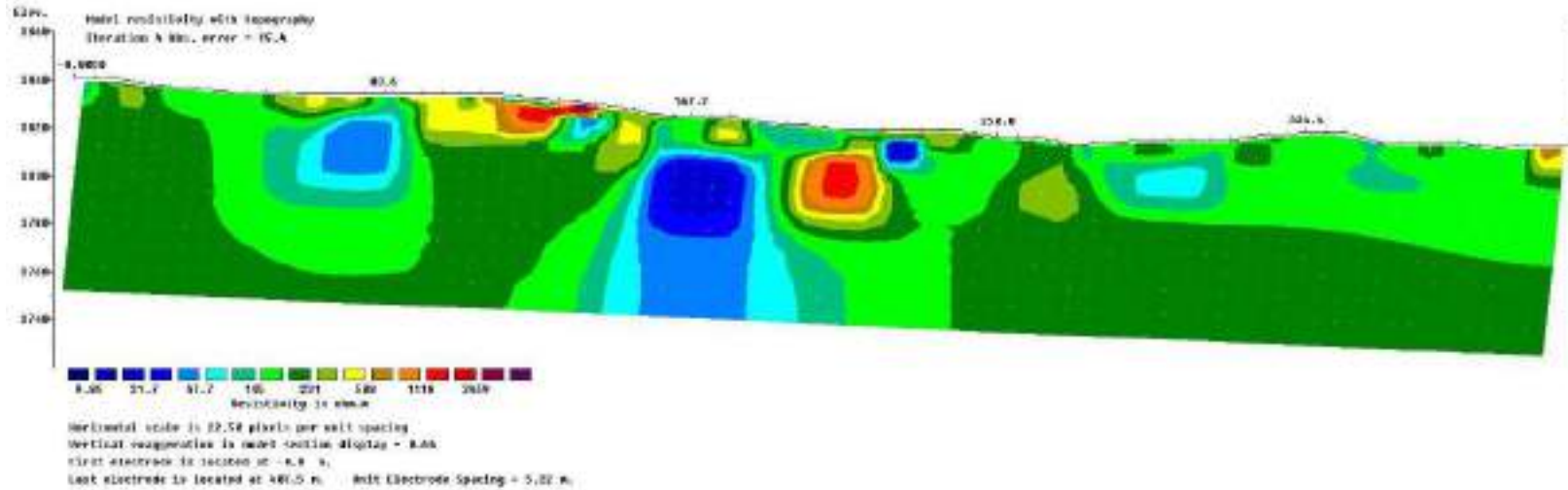


*Fuente: Elaboración propia.*



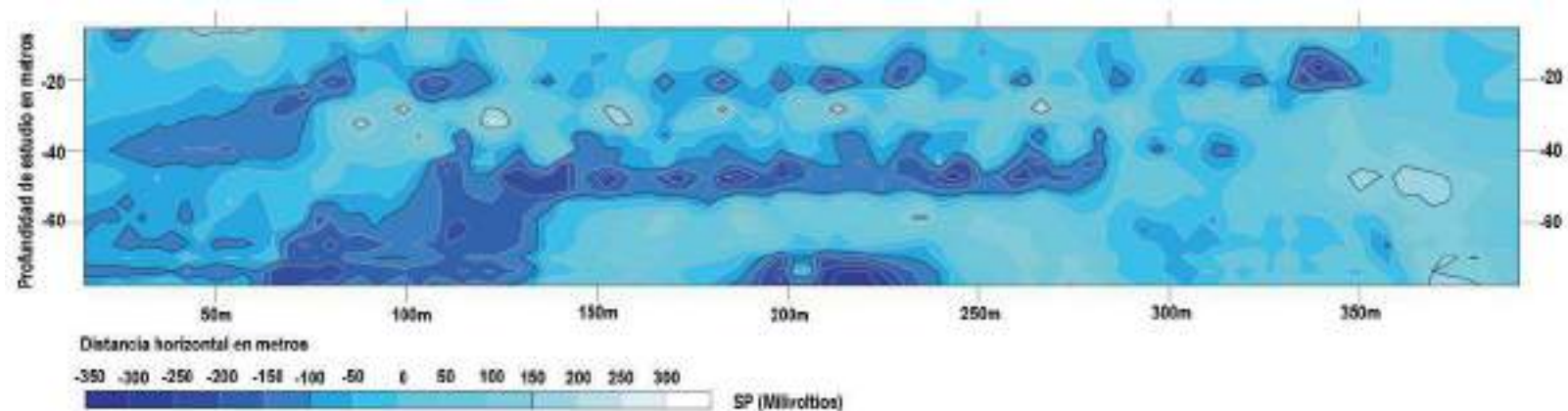
**Figura N°74**

*Perfil geo eléctrico de resistividades reales con topografía línea 02*



**Figura N°75**

*Perfil 2D de potencial espontaneo línea 02*



**Fuente:** *Elaboración propia.*



En las secciones geoelectricas de resistividades reales se ha inferido 3 litologías debido a las resistividades que poseen. La litología 1 de depósitos aluviales secos a húmedos con mayor contenido de gravas y bloques de areniscas, que poseen resistividades que varían de 42.7 a 1971 ohmios metro en el dispositivo schlumberger mientras que en el dispositivo wenner-schlumberger varían de 47.7 a 2459 ohmios metro con profundidades variables de 0 a 50 metros, la litología 2 de depósitos aluviales húmedos a secos con mayor contenido de arcillas y finos, que poseen resistividades que varían de 91.8 a 198 ohmios metro en el dispositivo schlumberger mientras que en el dispositivo wenner-schlumberger varían de 105 a 231 ohmios metro con profundidades variables de 5 a mayores de 80 metros, por último la litología 3 de depósitos aluviales saturados a húmedos con mayor contenido de gravas y arenas, que poseen resistividades que varían de 9.22 a 198 ohmios metro en el dispositivo schlumberger mientras que en el dispositivo wenner-schlumberger varían de 9.85 a 231 ohmios metro con profundidades variables de 8 metros a mayores de 80 metros, ver figura 76 y 77.

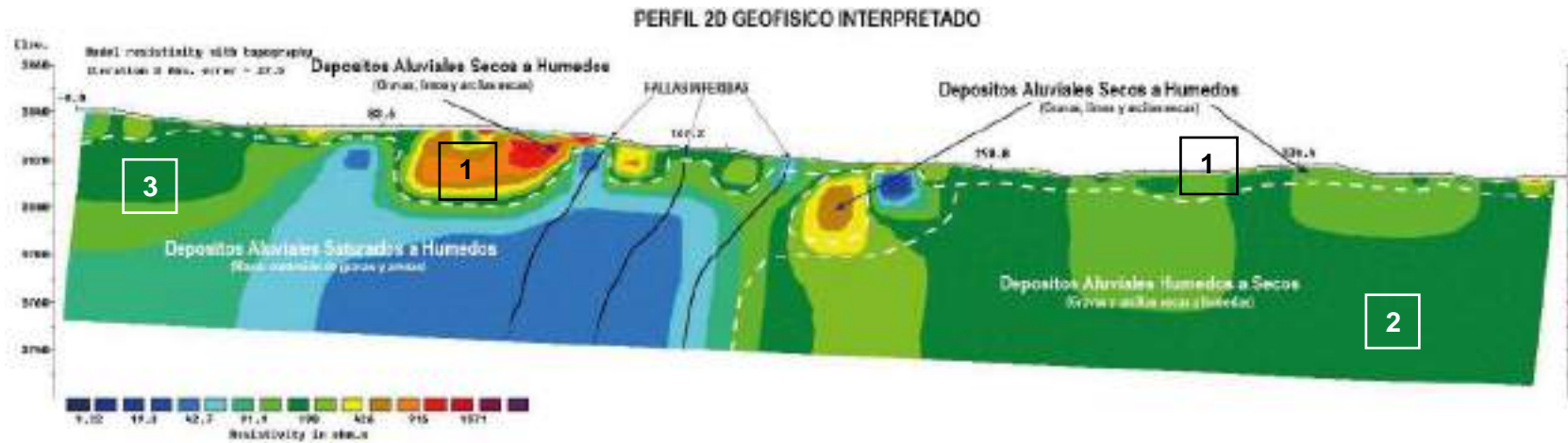
Por otro lado, también se infirieron fallas geológicas debido a la interrupción en 3 sectores de las resistividades, lo que indica un desfase e interrupción de litología.

Por lo expuesto, la presencia de agua subterránea se encuentra en acuíferos libres (depósitos aluviales), que se infieren de las litologías 2 y 3, determinadas por el perfil de resistividades reales y potencial espontaneo, cabe resaltar que el agua subterránea no se encuentra de manera uniforme en el acuífero anteriormente descrito, sino en zonas puntuales por presentar mayor permeabilidad y porosidad (mayor presencia de gravas y arenas), ver figura 78.



**Figura N°76**

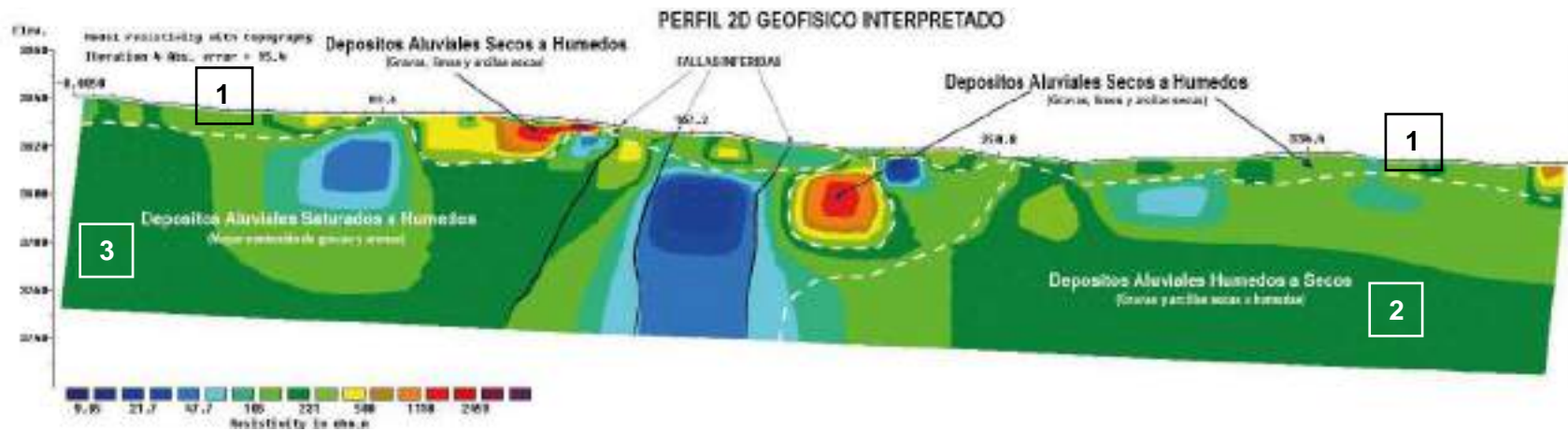
*Perfil 2D de resistividades reales con arreglo schlumberger interpretado línea 02*



*Fuente: Elaboración propia.*

**Figura N°77**

*Perfil 2D de resistividades reales con arreglo wenner-schlumberger interpretado línea 02*

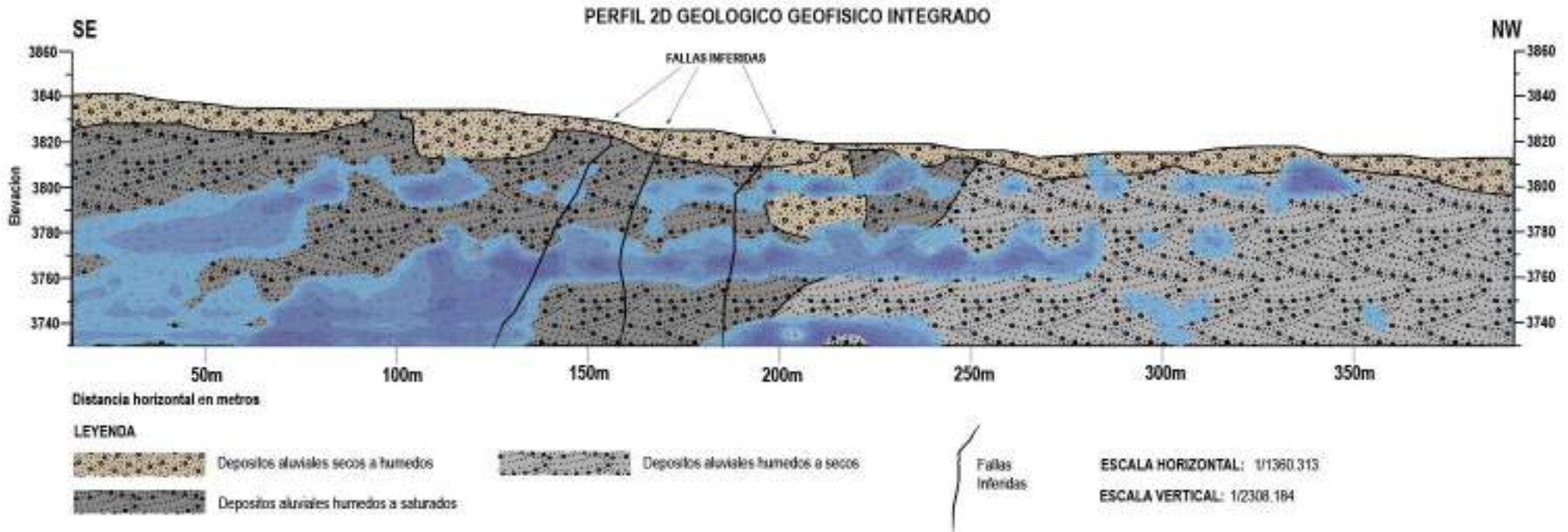


*Fuente: Elaboración propia.*



**Figura N°78**

*Perfil 2D interpretado geológicamente con presencia de aguas subterráneas línea 02*

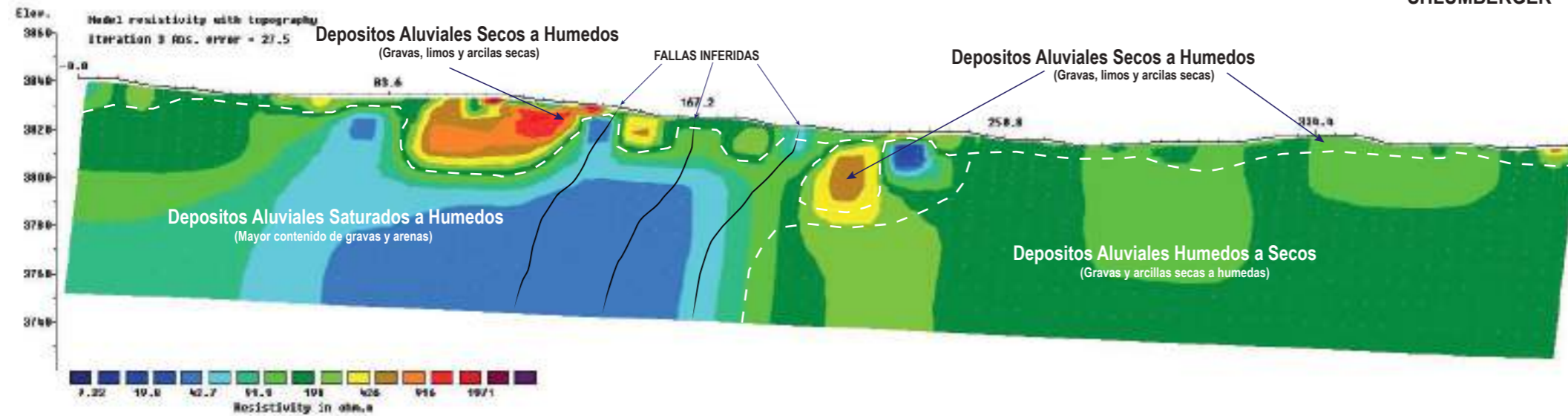


*Fuente: Elaboración propia.*

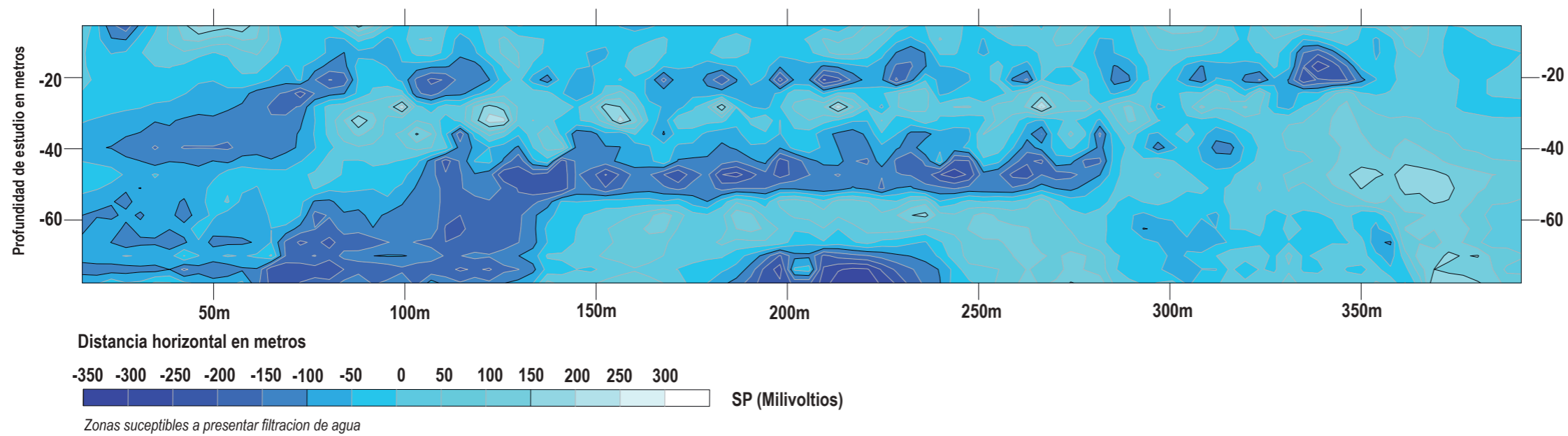


**LINEA GEOFISICA N°02  
SHLUMBERGER**

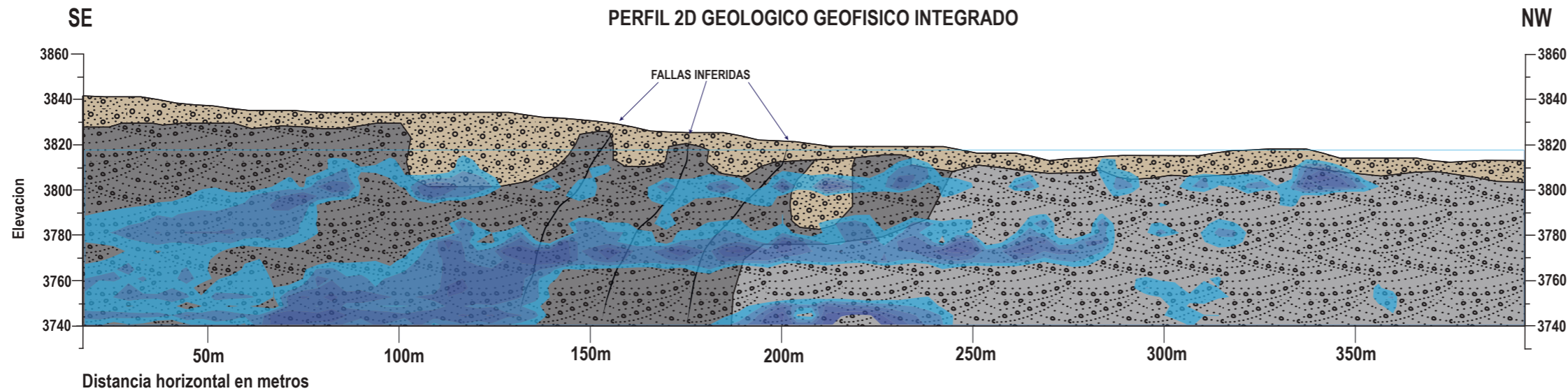
**PERFIL 2D GEOFISICO INTERPRETADO**



**PERFIL 2D POTENCIAL ESPONTANEO**



**PERFIL 2D GEOLOGICO GEOFISICO INTEGRADO**



**LEYENDA**

- Depositos aluviales secos a humedos
- Depositos aluviales humedos a saturados
- Fallas Inferidas

ESCALA HORIZONTAL: 1/1381.975  
ESCALA VERTICAL: 1/2333.058V

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



TESIS:  
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO- MANDORANI, DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022

**MAPA DE UBICACION EN LA MICROCUENCA**



**FOTOGRAFIAS DE CAMPO**



FOTOGRAFIA N°03  
Vista al Noroeste donde se aprecia el ensayo de tomografia electrica ERT

FOTOGRAFIA N°04  
Vista al Noroeste donde se aprecia el ensayo de tomografia electrica ERT

**LINEA GEOFISICA N° 02 SCHLUMBERGER**

ASESOR: MGT.ING. FREDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO  
ELABORADO POR: BACH. CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

SISTEMA DE COORDENADAS  
PROYECCION: UTM  
DATUM HORIZONTAL: WGS84  
HUSO Y ZONA: 19L Sur



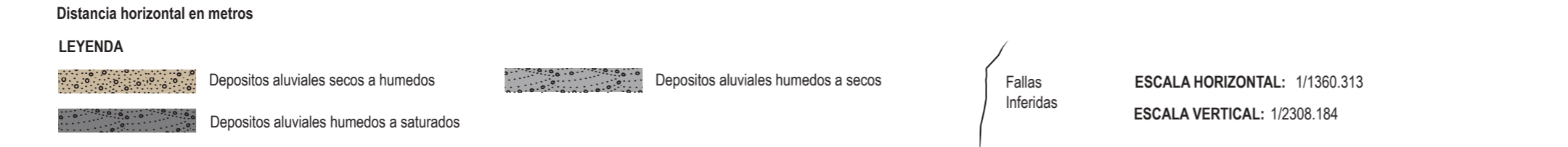
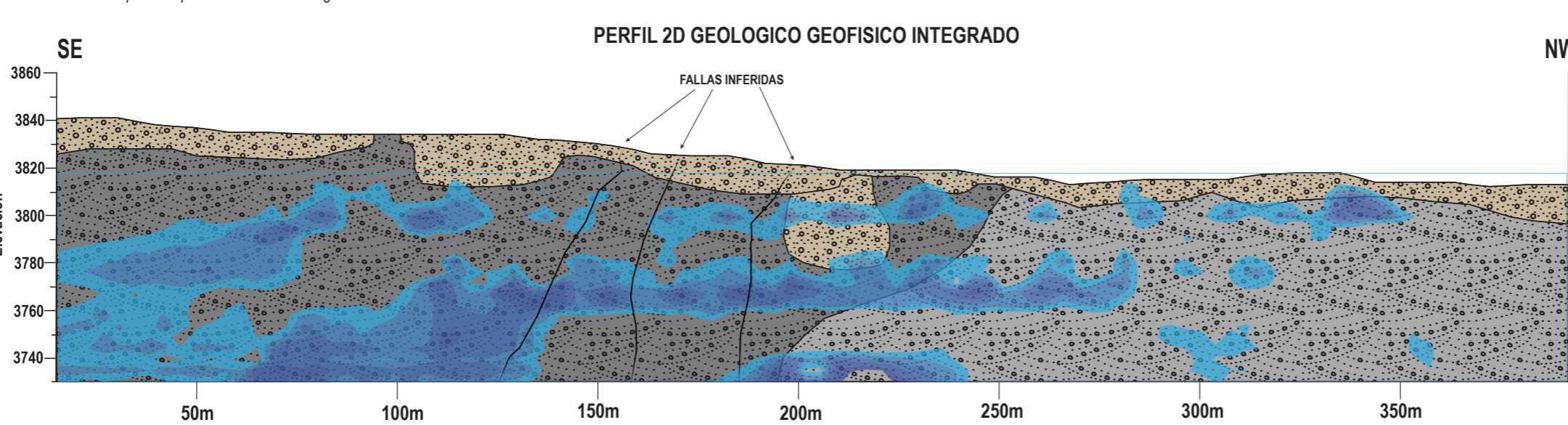
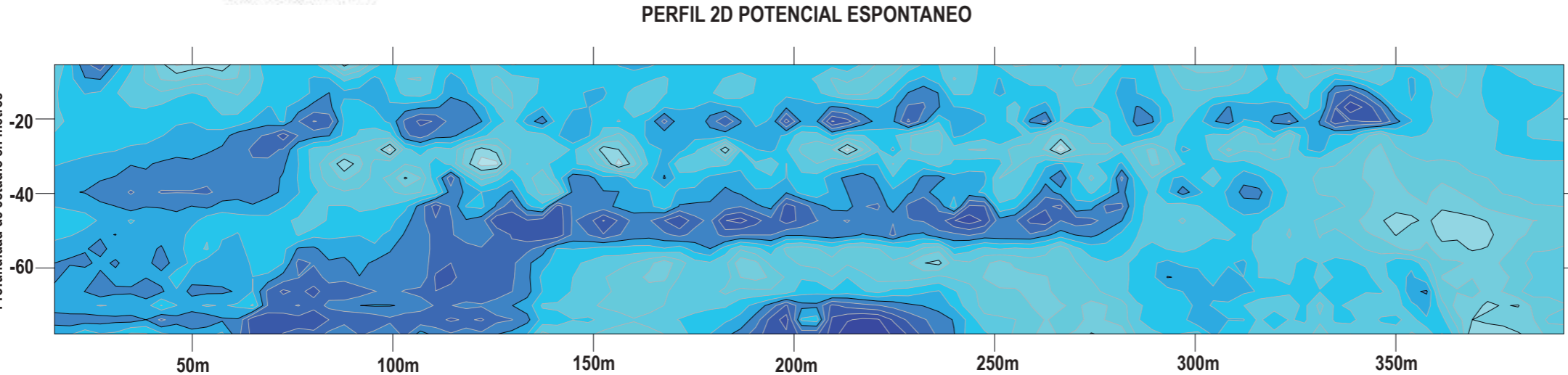
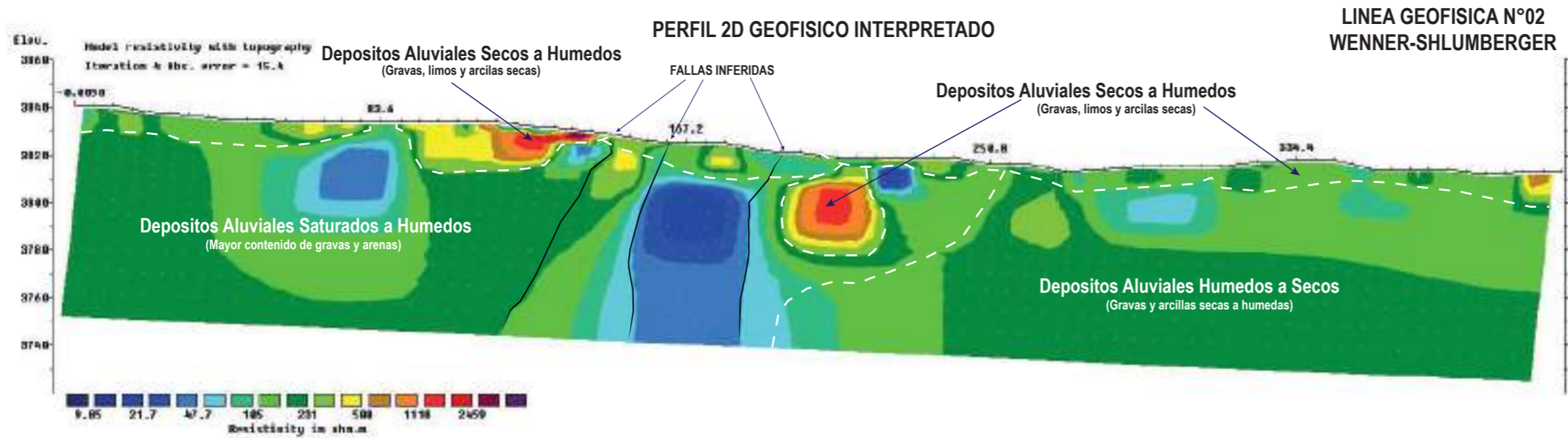
UBICACION  
SECTOR: CCORAO-MANDORANI  
DISTRITO: SAN SEBASTIAN  
PROVINCIA: CUSCO  
REGION: CUSCO

SECCION:  
**SEC-04**

ESCALA DE IMPRESION: A-3  
ESCALA: INDICADA  
FECHA: OCTUBRE 2022

LAMINA:  
**04/18**





**LINEA GEOFISICA N°02 WENNER-SHLUMBERGER**



TESIS:  
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022



LINEA GEOFISICA N° 02 WENNER-SCHLUMBERGER  
ASESOR: MGT.ING. FREDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO  
ELABORADO POR: BACH. CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

SISTEMA DE COORDENADAS	
PROYECCION:	UTM
DATUM HORIZONTAL:	WGS84
HUSO Y ZONA:	19L Sur

UBICACION		SECCION:
SECTOR:	CCORAO-MANDORANI	<b>SEC-05</b>
DISTRITO:	SAN SEBASTIAN	
PROVINCIA:	CUSCO	
REGION:	CUSCO	

ESCALA DE IMPRESION:	A-3	<b>05/18</b>
ESCALA:	INDICADA	
FECHA:	OCTUBRE 2022	



### 7.3.3. LINEA GEOFÍSICA N°03

A lo largo del perfil 03, se desarrolló dos ensayos de tomografía eléctrica, uno con dispositivo schlumberger y otro con wenner-schulumberger, que se prospectó a lo largo de una extensión de 407.5 metros. Dando como resultado posterior al procesamiento un perfil de potencial espontaneo y dos perfiles geo eléctricos de resistividades reales.

En el perfil de potencial espontaneo de la línea 03 se ha identificado anomalías negativas que varían de -60 a -220 milivoltios que varían entre 8 a 80 metros de profundidad, dichas anomalías debido al potencial de electro filtración son zonas susceptibles a presentar filtraciones de agua, debido a mayor permeabilidad y porosidad(secundaria) debido al mayor porcentaje de fracturas de las areniscas de la Formación Soncco, ver figura N°81.

#### Fotografía N°32

*Tomografía eléctrica de la línea 03*

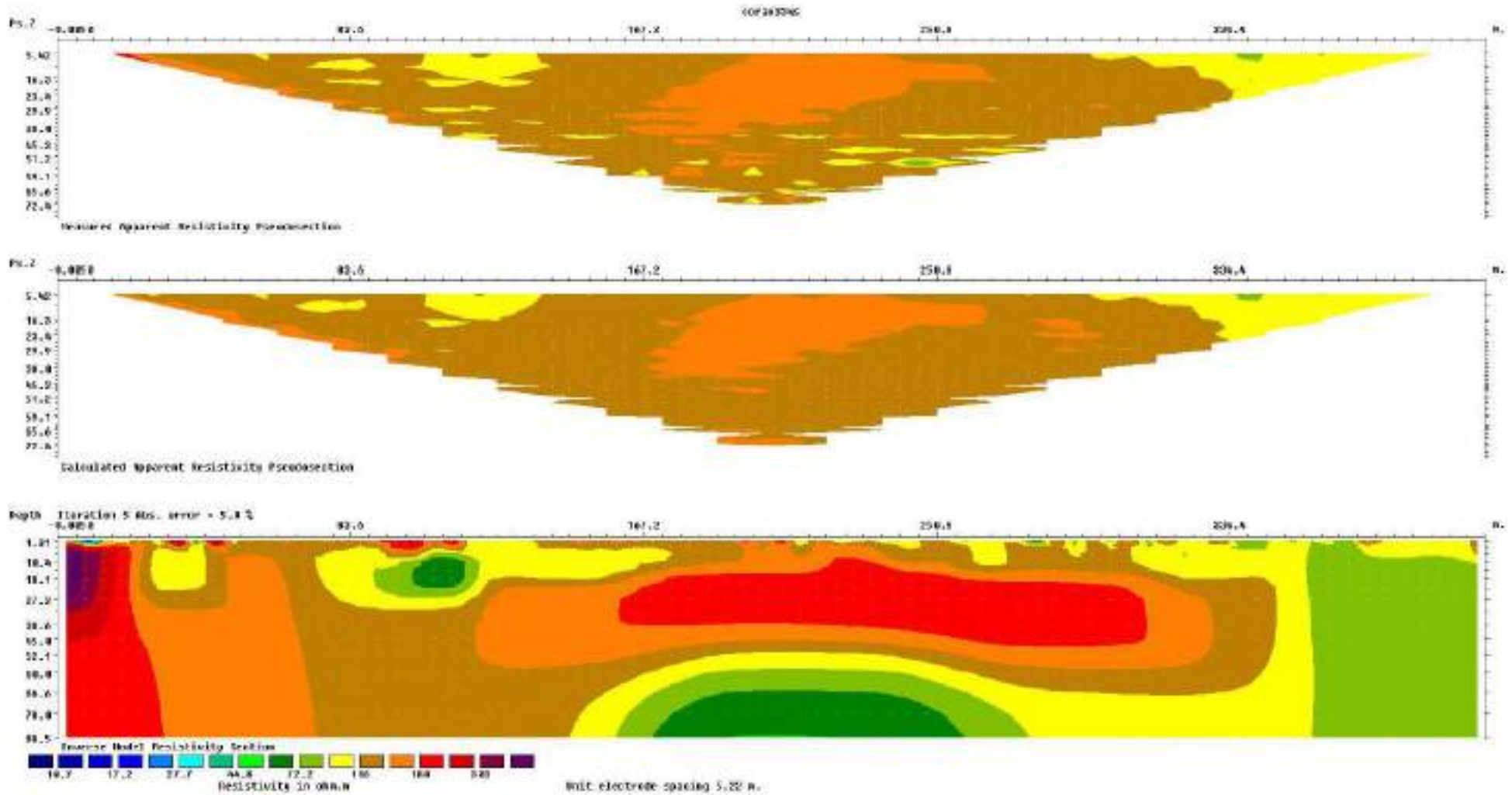






Figura N°79

Inversión de datos procesados línea 03



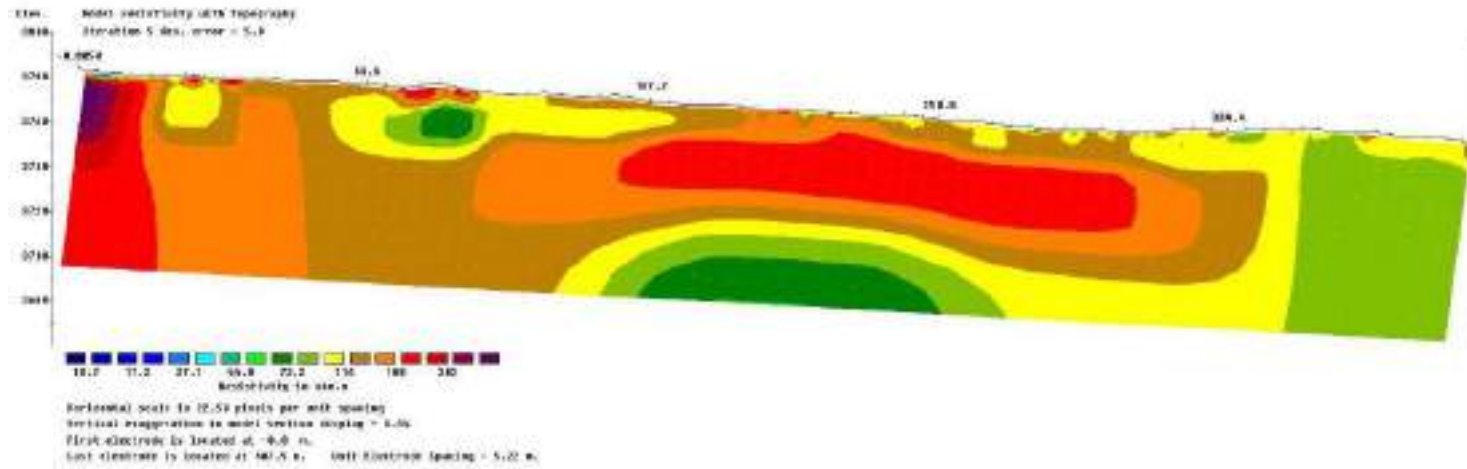
Fuente: Elaboración propia.





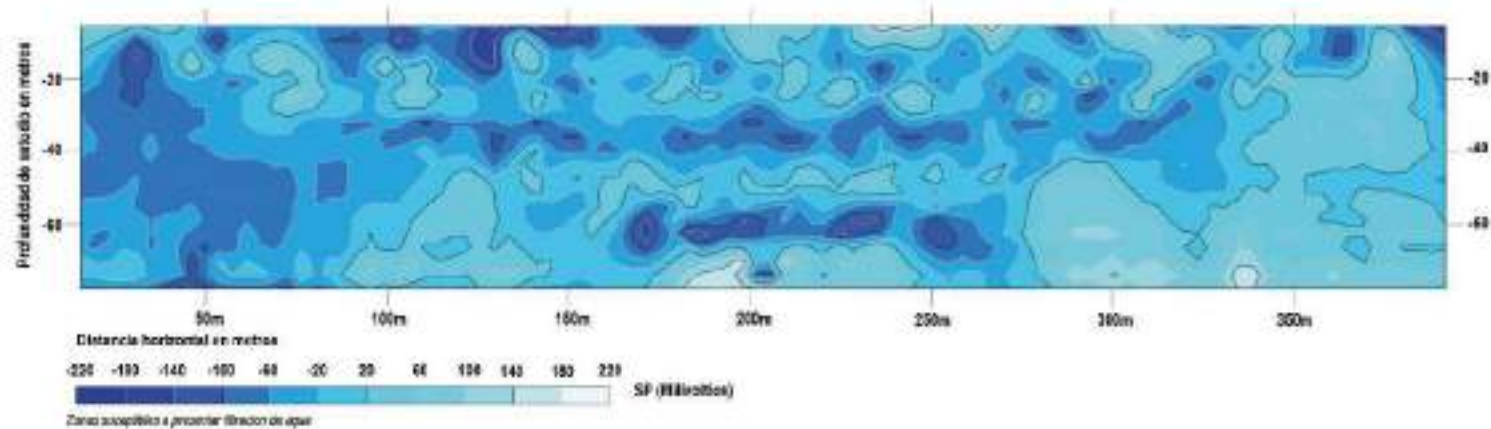
**Figura N°80**

*Perfil geo eléctrico de resistividades reales con topografía línea 03*



**Figura N°81**

*Perfil 2D de potencial espontaneo línea 03*



**Fuente:** Elaboración propia.



En las secciones geoelectricas de resistividades reales se ha inferido 3 litologías debido a las resistividades que poseen. La litología 1 de depósitos aluviales secos a húmedos, que poseen resistividades que varían de 42.7 a 418 ohmios metro en el dispositivo schlumberger mientras que en el dispositivo wenner-schlumberger varían de 72.2 a 303 ohmios metro con profundidades variables de 0 a 18 metros, la litología 2 de areniscas(arcosas) fracturadas de la Formación Soncco, que poseen resistividades que varían de 114 a 418 ohmios metro en el dispositivo schlumberger mientras que en el dispositivo wenner-schlumberger varían de 72.2 a 303 ohmios metro con profundidades variables de 0 a mayores de 80 metros, por último la litología 3 de Areniscas(arcosas) muy fracturadas saturados a húmedos con mayor contenido de permeabilidad, que poseen resistividades que varían de 47.8 a 114 ohmios metro en el dispositivo schlumberger mientras que en el dispositivo wenner-schlumberger varían de 72.2 a 116 ohmios metro con profundidades variables de 10 a mayores 80 metros, ver figura N°82 y 83.

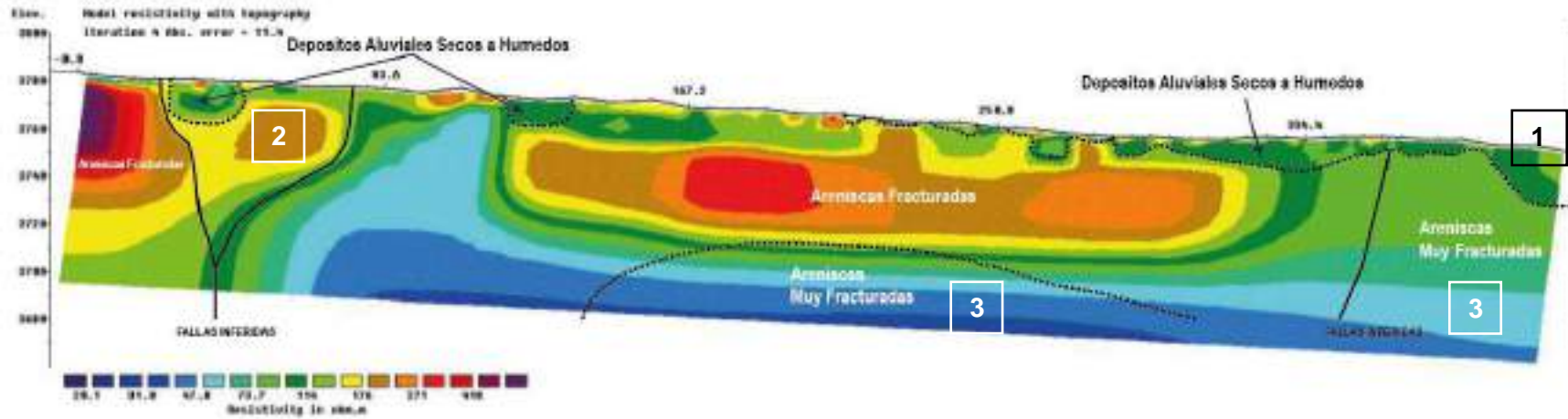
Por otro lado, también se infirieron fallas geológicas debido a la interrupción en 3 sectores de las resistividades, lo que indica un desfase e interrupción de litología.

Por lo expuesto, la presencia de agua subterránea se encuentra en acuíferos fisurados (areniscas de la Formación Soncco), que se infieren de las litologías 2 y 3, determinadas por el perfil de resistividades reales y potencial espontaneo, cabe resaltar que el agua subterránea no se encuentra de manera uniforme en el acuífero anteriormente descrito, sino en zonas puntuales por presentar mayor permeabilidad y porosidad secundaria (mayor porcentaje de fracturas) ver Figura N°84.



**Figura N°82**

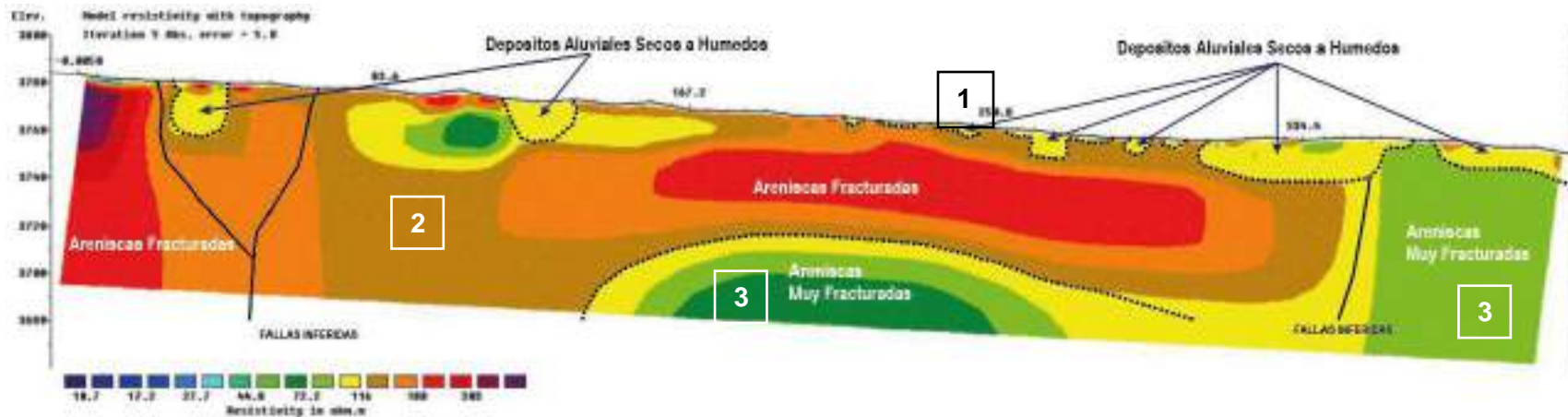
Perfil 2D de resistividades reales con arreglo schlumberger interpretado línea 03



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N°83**

Perfil 2D de resistividades reales con arreglo wenner-schlumberger interpretado línea 03



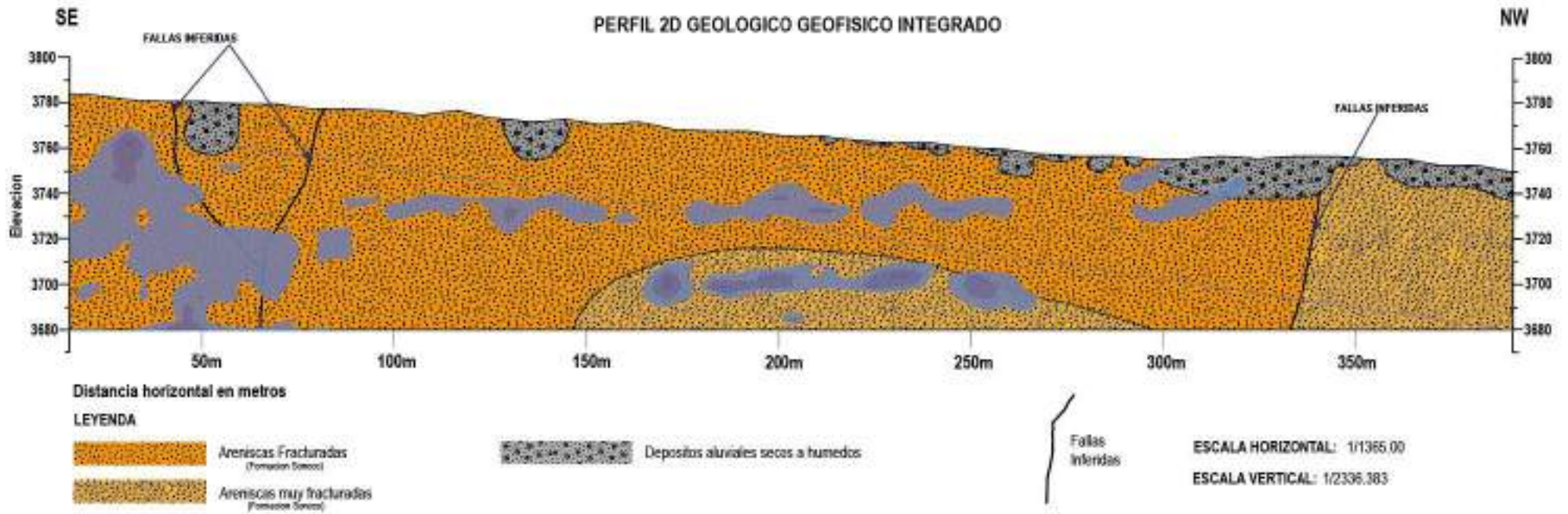
Fuente: Elaboración propia.



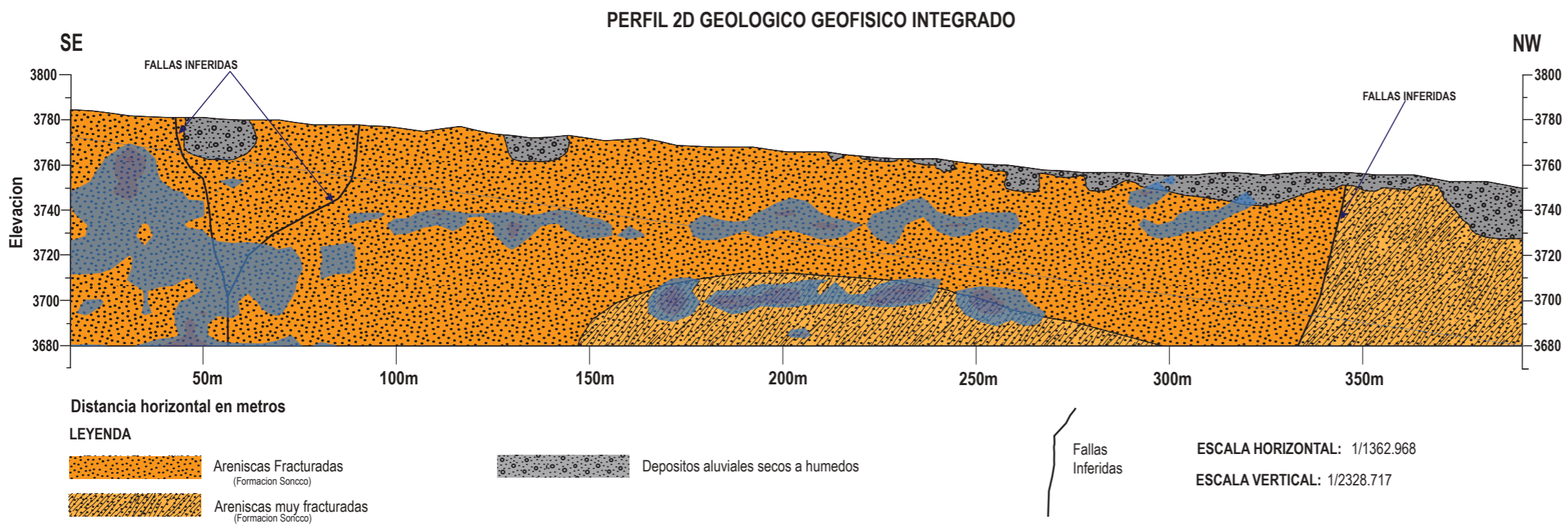
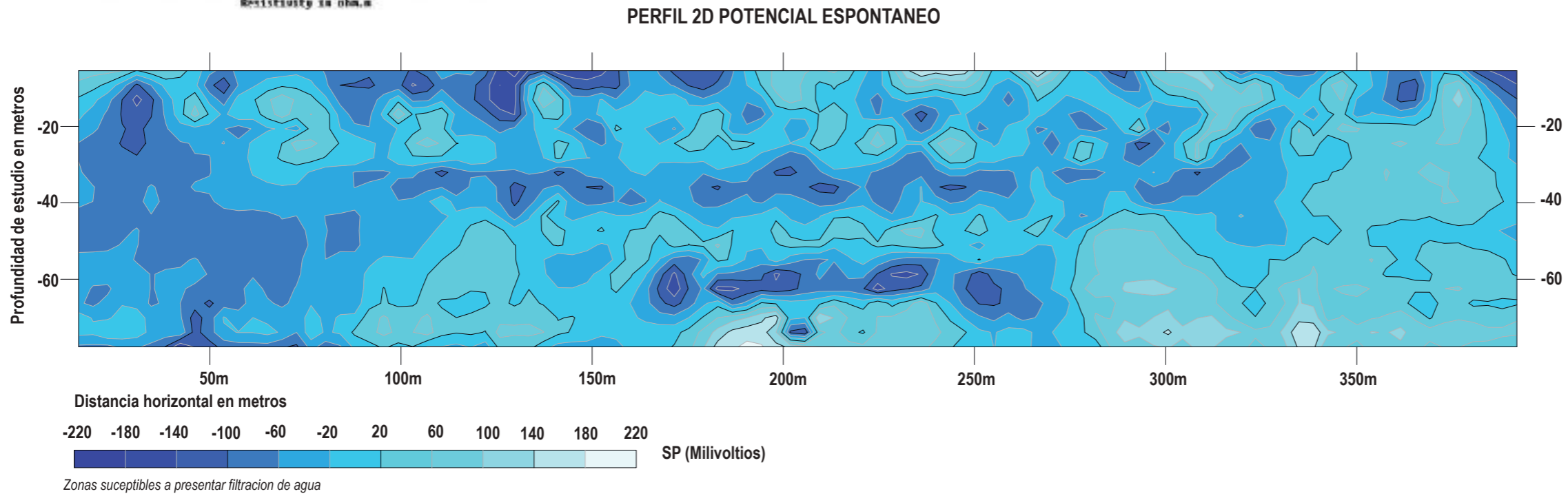
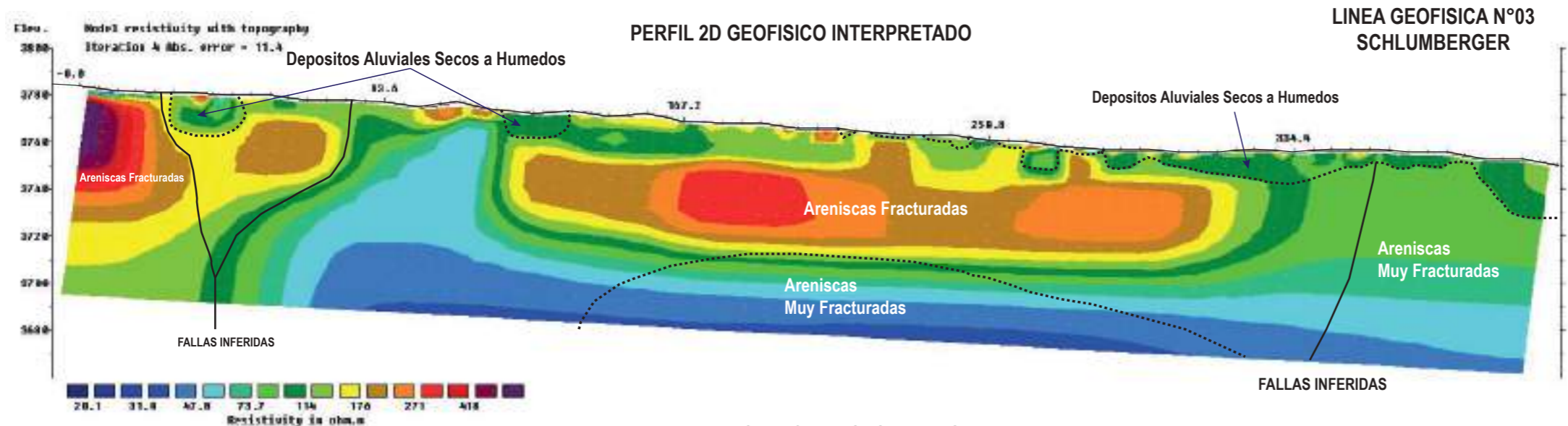


**Figura N°84**

*Perfil 2D interpretado geológicamente con poca presencia de aguas subterráneas línea 03*



*Fuente: Elaboración propia.*



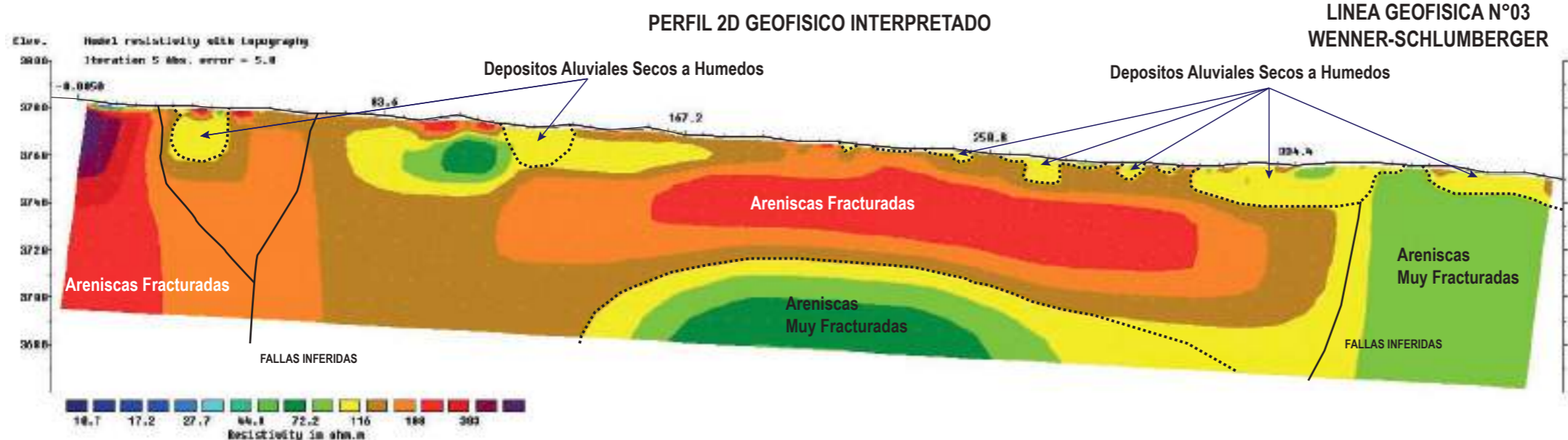
TESIS:  
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO- MANDORANI, DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022



LINEA GEOFISICA N° 03 SCHLUMBERGER

ASESOR:	MGT.ING. FREDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO
ELABORADO POR:	BACH. CARLOS LOPEZ DE LA TORRE
SISTEMA DE COORDENADAS	
PROYECCION:	UTM
DATUM HORIZONTAL:	WGS84
HUSO Y ZONA:	19L Sur
UBICACION	
SECTOR:	CCORAO-MANDORANI
DISTRITO:	SAN SEBASTIAN
PROVINCIA:	CUSCO
REGION:	CUSCO
SECCION:	SEC-06
LAMINA:	
06/18	
ESCALA DE IMPRESION:	A-3
ESCALA:	INDICADA
FECHA:	OCTUBRE 2022



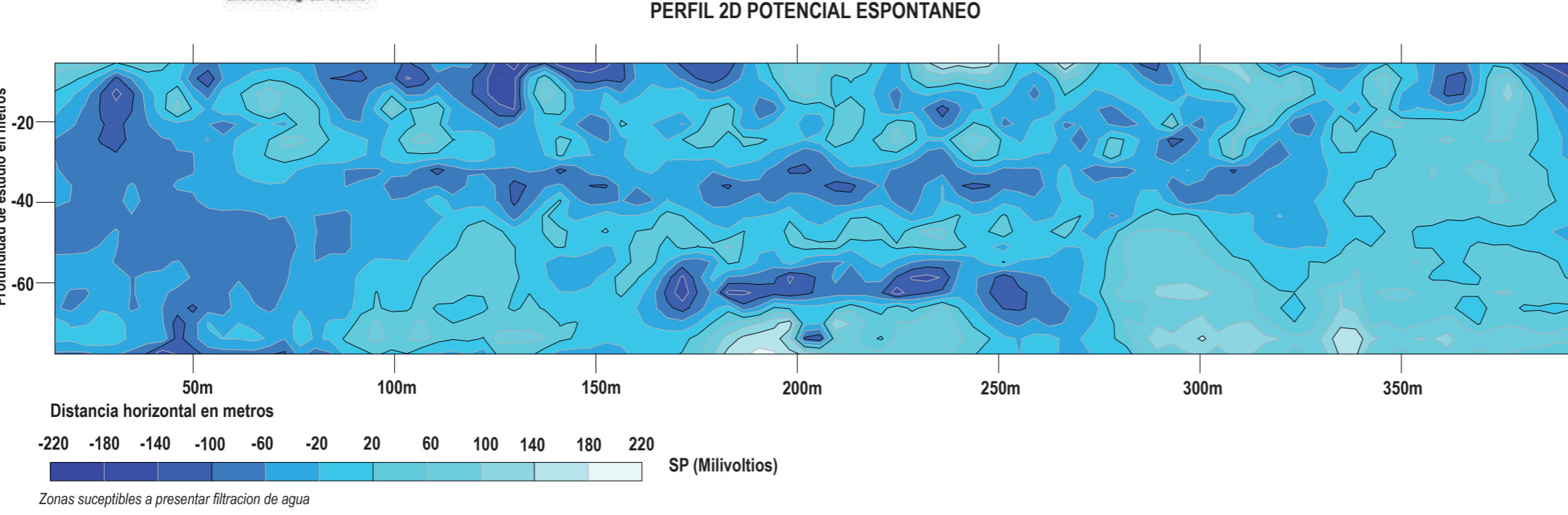


**TESIS:**  
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO- MANDORANI, DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022

MAPA DE UBICACION EN LA MICROCUENCA



FOTOGRAFIAS DE CAMPO



**LINEA GEOFISICA N° 03 WENNER-SCHLUMBERGER**

**ASESOR:** MGT.ING. FREDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO  
**ELABORADO POR:** BACH. CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

<b>SISTEMA DE COORDENADAS</b>		
<b>PROYECCION:</b>	UTM	
<b>DATUM HORIZONTAL:</b>	WGS84	
<b>HUSO Y ZONA:</b>	19L Sur	
<b>UBICACION</b>		<b>SECCION:</b> <b>SEC-07</b>
<b>SECTOR:</b>	CCORAO-MANDORANI	
<b>DISTRITO:</b>	SAN SEBASTIAN	
<b>PROVINCIA:</b>	CUSCO	
<b>REGION:</b>	CUSCO	
<b>ESCALA DE IMPRESION:</b> A-3		<b>LAMINA:</b> <b>07/18</b>
<b>ESCALA:</b> INDICADA		
<b>FECHA:</b> OCTUBRE 2022		





#### 7.3.4. LINEA GEOFÍSICA N°04

A lo largo del perfil 04, se desarrolló dos ensayos de tomografía eléctrica, uno con dispositivo schlumberger y otro con wenner-schulumberger, que se prospectó a lo largo de una extensión de 407.5 metros. Dando como resultado posterior al procesamiento un perfil de potencial espontaneo y dos perfiles geo eléctricos de resistividades reales.

En el perfil de potencial espontaneo de la línea 04 se ha identificado anomalías negativas que varían de -100 a -400 milivoltios que varían entre 5 a 80 metros de profundidad, dichas anomalías debido al potencial de electro filtración son zonas susceptibles a presentar filtraciones de agua, debido a mayor permeabilidad y porosidad(primaria) debido al mayor porcentaje de arenas y gravas en los depósitos aluviales, ver Figura N°87.

#### Fotografía N°33

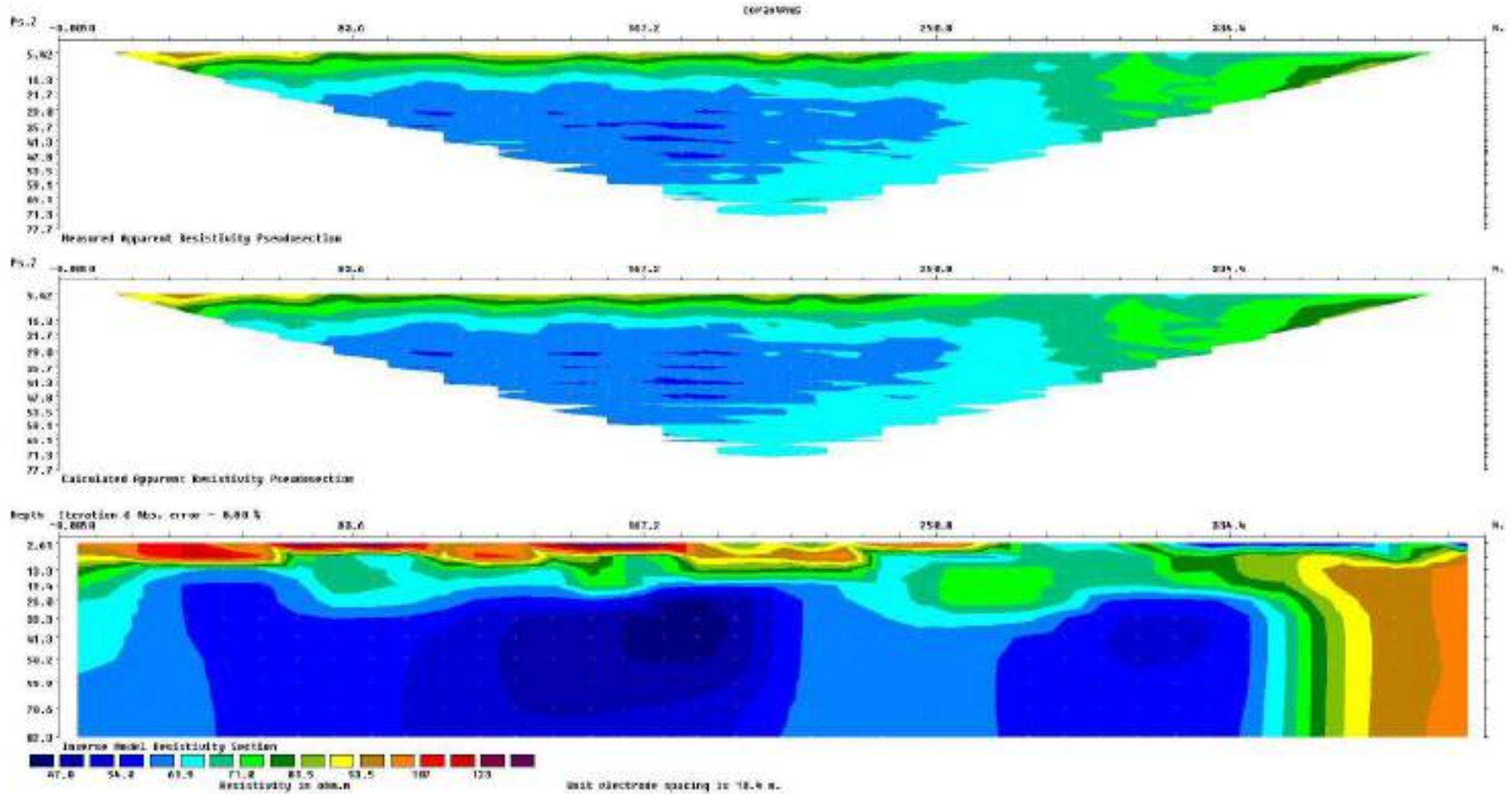
*Tomografía eléctrica de la línea 04*





Figura N°85

Inversión de datos procesados línea 04

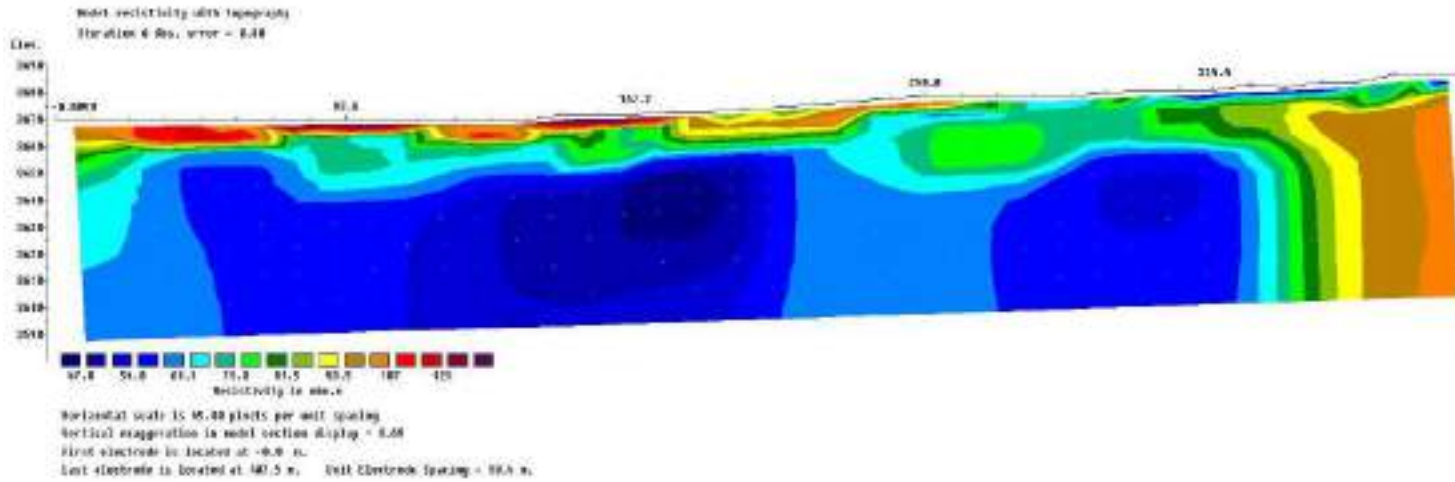


Fuente: Elaboración propia.



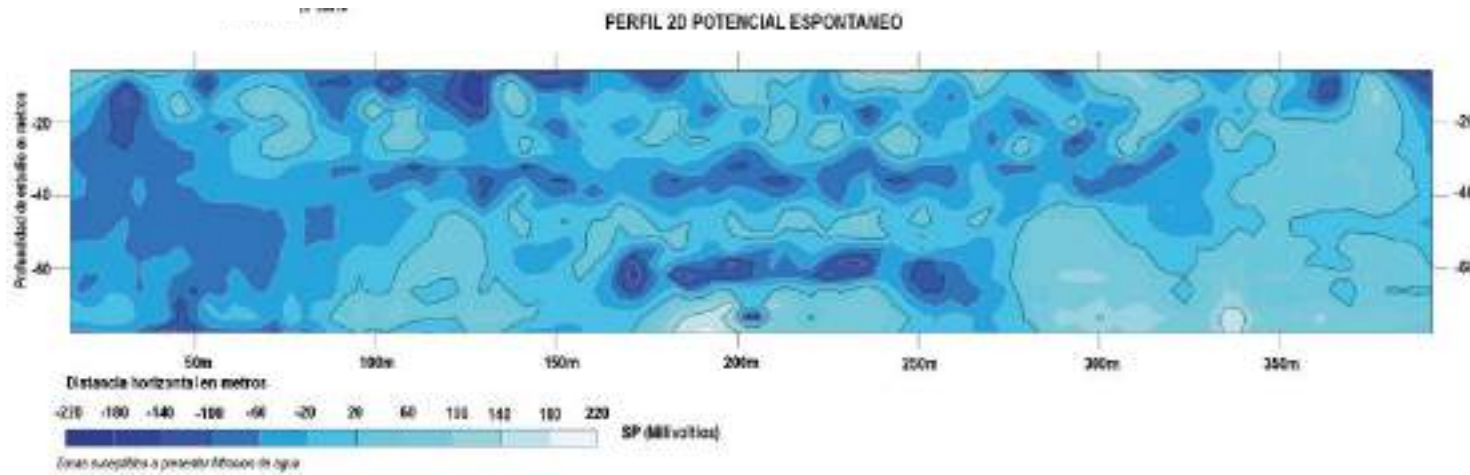
**Figura N°86**

*Perfil geo eléctrico de resistividades reales con topografía línea 04*



**Figura N°87**

*Perfil 2d de potencial espontaneo línea 04*



*Fuente: Elaboración propia.*





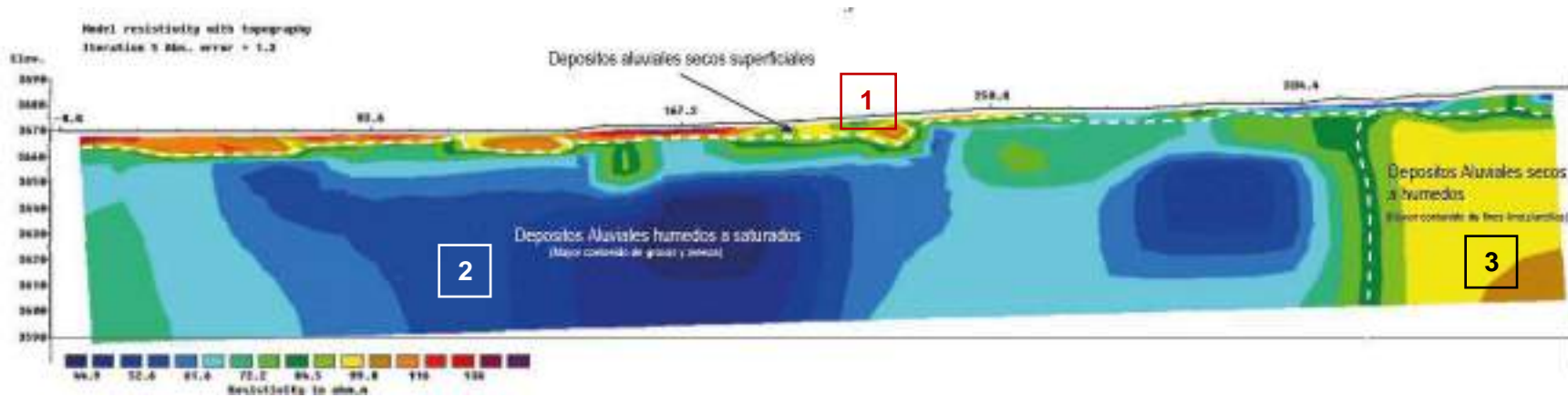
En las secciones geoelectricas de resistividades reales se ha inferido 3 litologías debido a las resistividades que poseen. La litología 1 de depósitos aluviales secos a húmedos, que poseen resistividades que varían de 52.6 a 136 ohmios metro en el dispositivo schlumberger mientras que en el dispositivo wenner-schlumberger varían de 54 a 123 ohmios metro con profundidades variables de 0 a 10 metros, la litología 2 de depósitos aluviales con mayor contenido de gravas y arenas, que poseen resistividades que varían de 44.9 a 84.5 ohmios metro en el dispositivo schlumberger mientras que en el dispositivo wenner-schlumberger varían de 47 a 81.5 ohmios metro con profundidades variables mayores de 5 metros, por último la litología 3 de depósitos aluviales secos a húmedos con mayor contenido de arcillas y limos con gravas, que poseen resistividades que varían de 84.5 a 99 ohmios metro en el dispositivo schlumberger mientras que en el dispositivo wenner-schlumberger varían de 81.5 a 107 ohmios metro con profundidades variables mayores de 5 metros. Ver figura N°88 y 89.

Por lo expuesto, la presencia de agua subterránea se encuentra en acuíferos libres (depósitos aluviales), que se infieren de las litologías 2 y 3, determinadas por el perfil de resistividades reales y potencial espontaneo, cabe resaltar que el agua subterránea no se encuentra de manera uniforme en el acuífero anteriormente descrito, sino en zonas puntuales por presentar mayor permeabilidad y porosidad (mayor porcentaje de gravas y arenas). Ver figura N°90.



**Figura N°88**

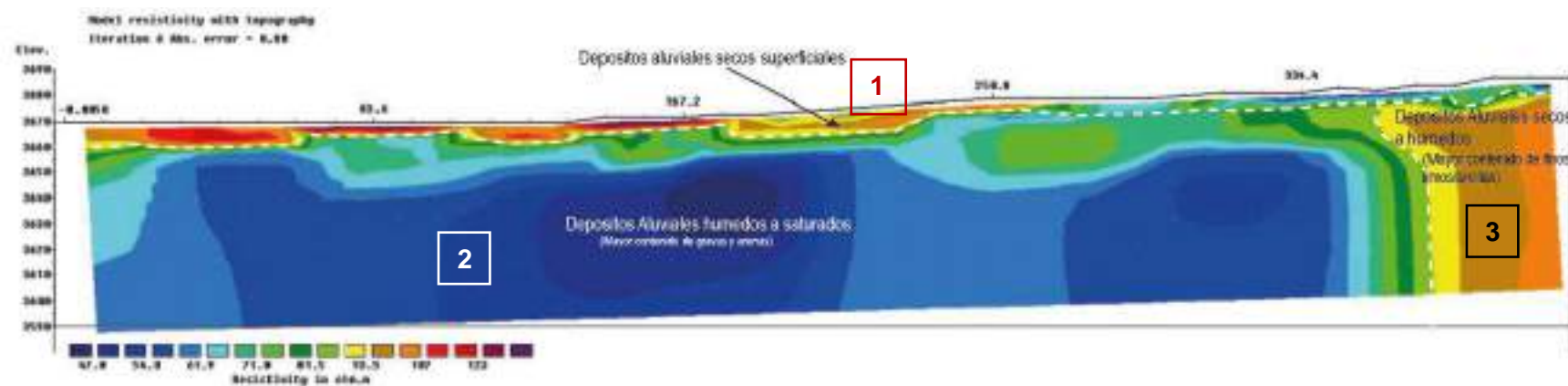
Perfil 2D de resistividades reales con arreglo schlumberger interpretado línea 04



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N°89**

Perfil 2D de resistividades reales con arreglo wenner-schlumberger interpretado línea 04

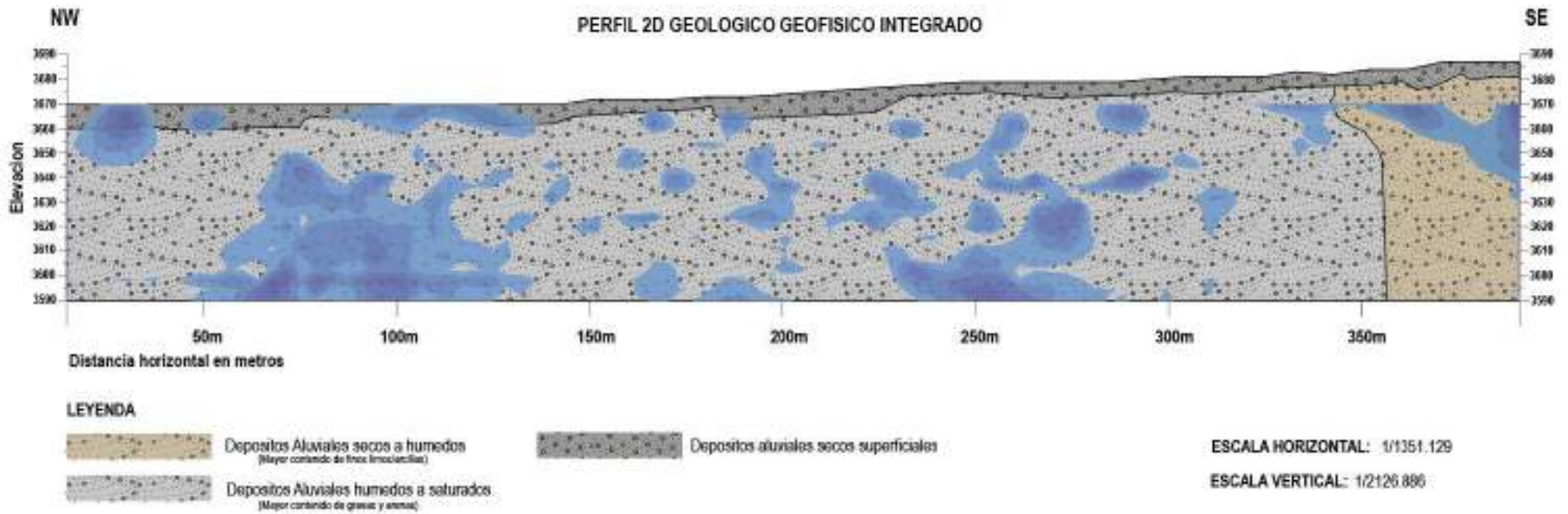


Fuente: Elaboración propia.



### Figura N°90

Perfil 2D interpretado geológicamente con presencia de aguas subterráneas línea 04

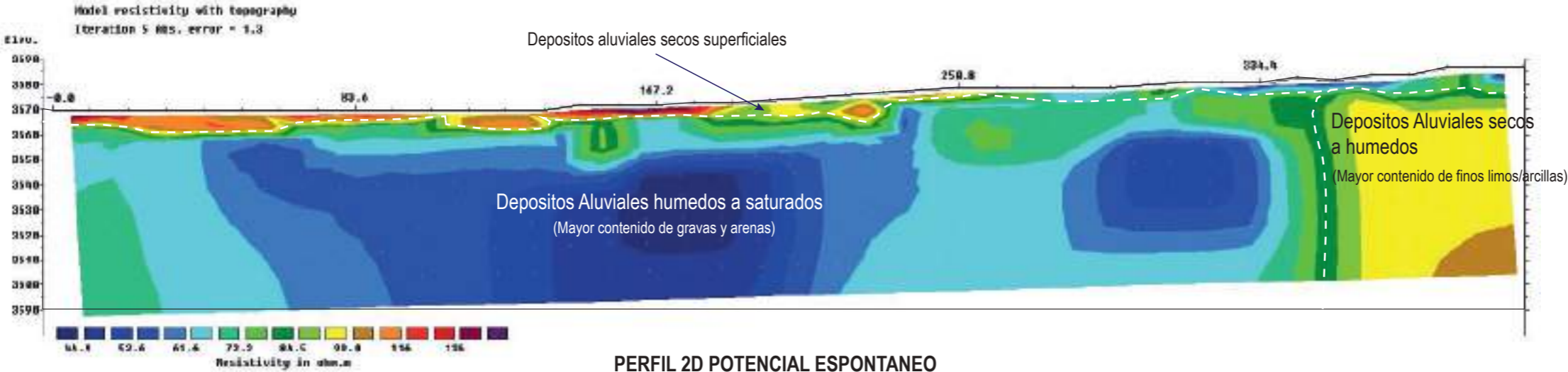


Fuente: Elaboración propia.

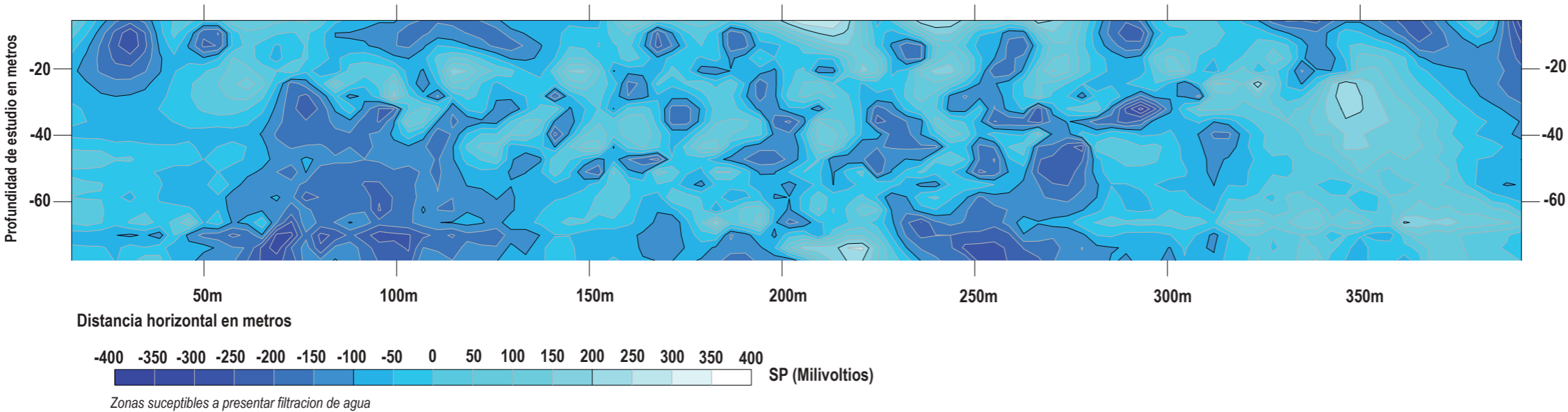


**LINEA GEOFISICA N°04  
SCHLUMBERGER**

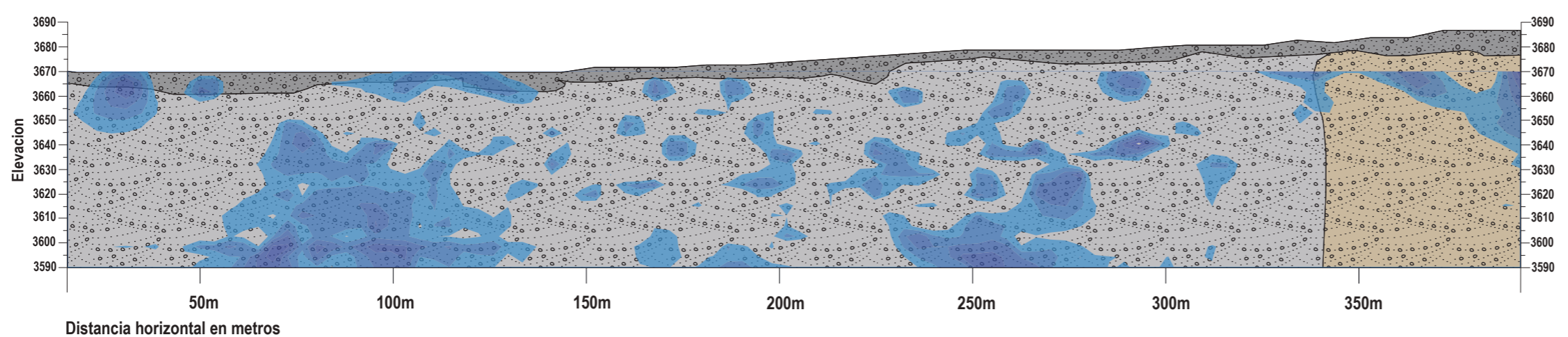
**PERFIL 2D GEOFISICO INTERPRETADO**



**PERFIL 2D POTENCIAL ESPONTANEO**



**PERFIL 2D GEOLOGICO GEOFISICO INTEGRADO**



**LEYENDA**

- Depositos Aluviales humedos a saturados (Mayor contenido de gravas y arenas)
- Depositos Aluviales secos a humedos (Mayor contenido de finos limos/arcillas)
- Depositos aluviales secos superficiales

ESCALA HORIZONTAL: 1/1361.339  
ESCALA VERTICAL: 1/2137.903

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



TESIS:  
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022

MAPA DE UBICACION EN LA MICROCUENCA



FOTOGRAFIAS DE CAMPO



**LINEA GEOFISICA N° 04 SCHLUMBERGER**

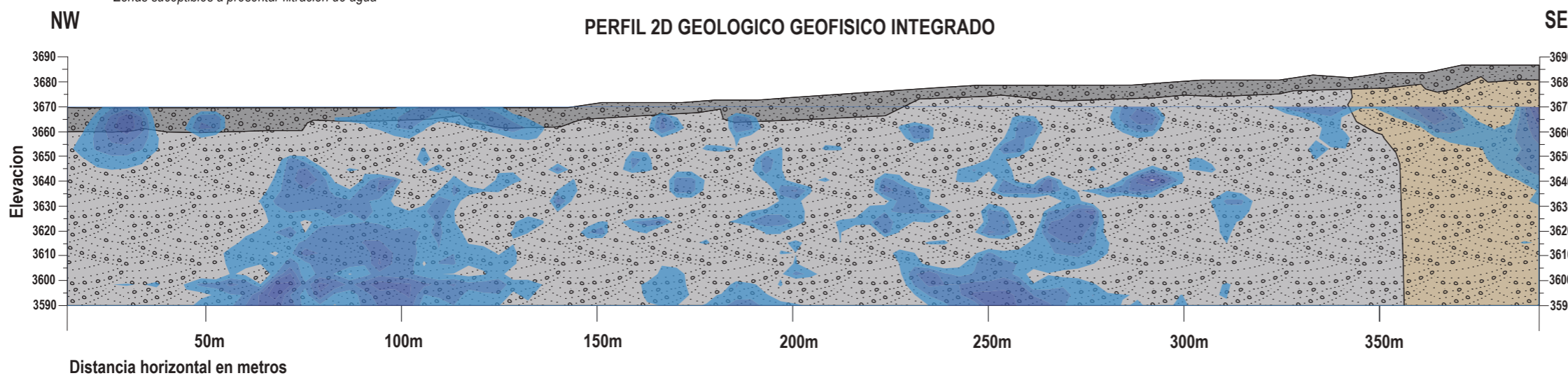
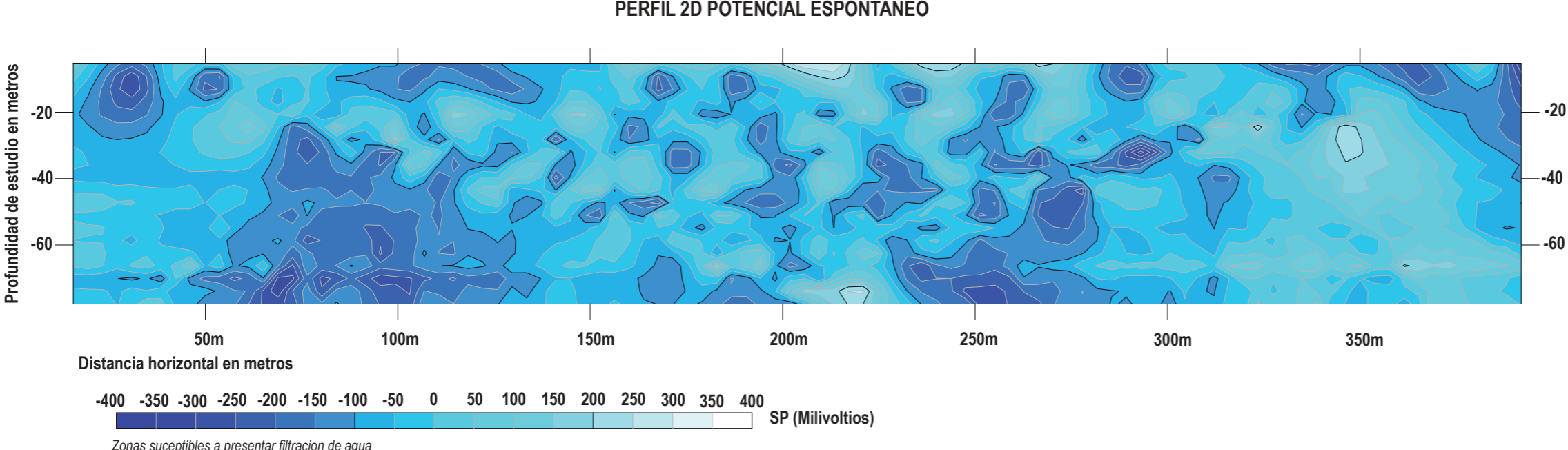
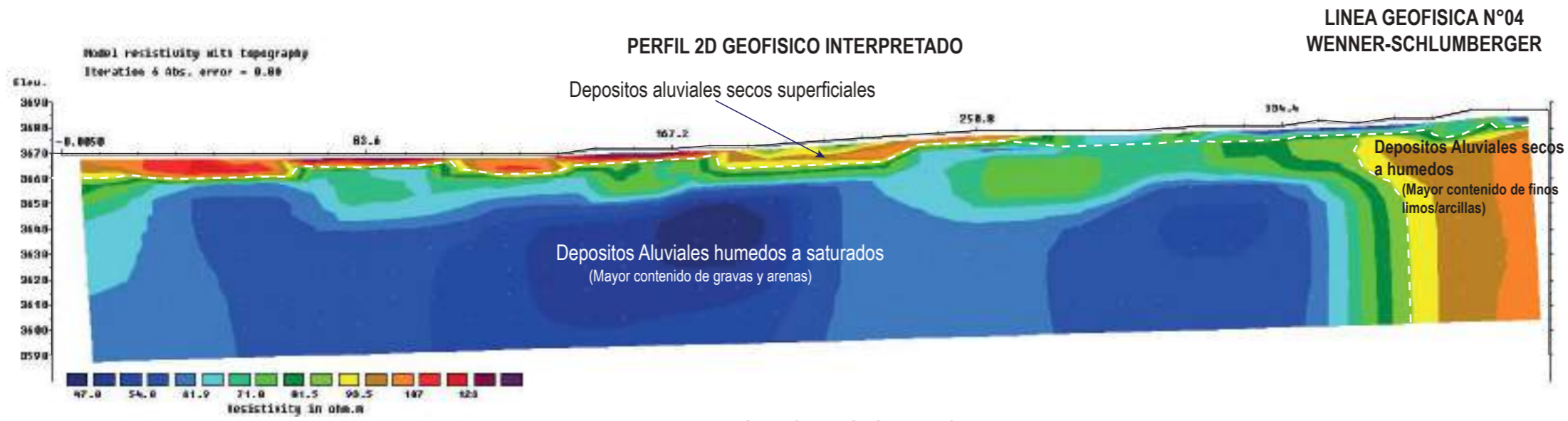
ASESOR: MGT.ING. FREDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO  
ELABORADO POR: BACH. CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

SISTEMA DE COORDENADAS		
PROYECCION:	UTM	
DATUM HORIZONTAL:	WGS84	
HUSO Y ZONA:	19L Sur	

UBICACION		SECCION:
SECTOR:	CCORAO-MANDORANI	<b>SEC-08</b>
DISTRITO:	SAN SEBASTIAN	
PROVINCIA:	CUSCO	
REGION:	CUSCO	

ESCALA DE IMPRESION:	A-3	<b>08/18</b>
ESCALA:	INDICADA	
FECHA:	OCTUBRE 2022	





- LEYENDA**
- Depositos Aluviales secos a humedos  
(Mayor contenido de finos limos/arcillas)
  - Depositos aluviales secos superficiales
  - Depositos Aluviales humedos a saturados  
(Mayor contenido de gravas y arenas)

ESCALA HORIZONTAL: 1/1351.129  
ESCALA VERTICAL: 1/2126.886



TESIS:  
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO- MANDORANI, DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022



LINEA GEOFISICA N° 04 WENNER-SCHLUMBERGER

ASESOR: MGT.ING. FREDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO  
ELABORADO POR: BACH. CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

SISTEMA DE COORDENADAS		
PROYECCION:	UTM	
DATUM HORIZONTAL:	WGS84	
HUSO Y ZONA:	19L Sur	

UBICACION		SECCION: <b>SEC-09</b>
SECTOR:	CCORAO-MANDORANI	
DISTRITO:	SAN SEBASTIAN	
PROVINCIA:	CUSCO	
REGION:	CUSCO	

ESCALA DE IMPRESION:	A-3	LAMINA: <b>09/18</b>
ESCALA:	INDICADA	
FECHA:	OCTUBRE 2022	



### 7.3.5. LINEA GEOFÍSICA N°05

A lo largo del perfil 05, se desarrolló dos ensayos de tomografía eléctrica, uno con dispositivo schlumberger y otro con wenner-schulumberger, que se prospectó a lo largo de una extensión de 407.5 metros. Dando como resultado posterior al procesamiento dos perfiles geo eléctricos de resistividades reales.

#### Fotografía N°34

*Tomografía eléctrica de la línea 05*

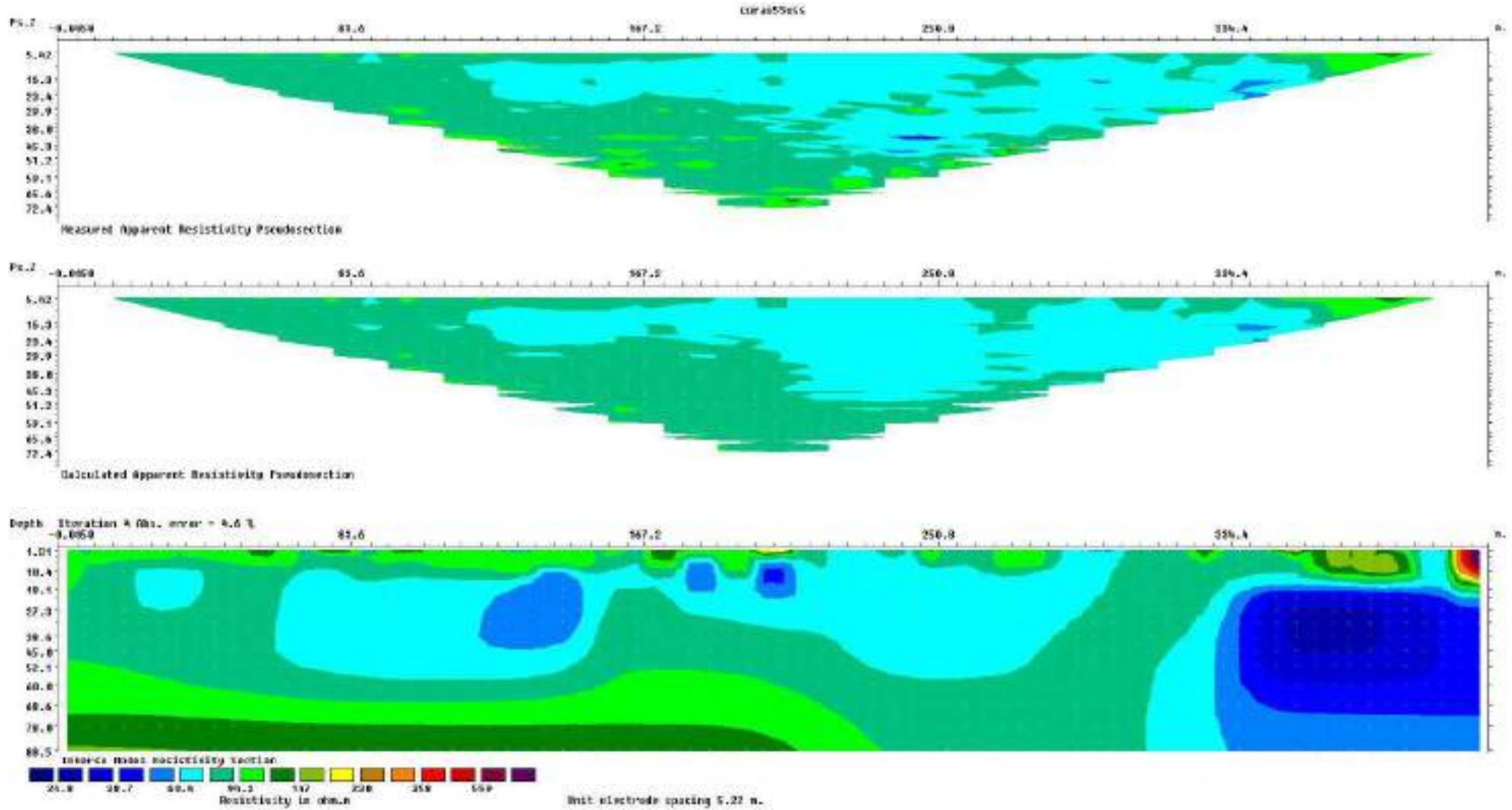






### Figura N°91

*Inversión de datos procesados línea 05*

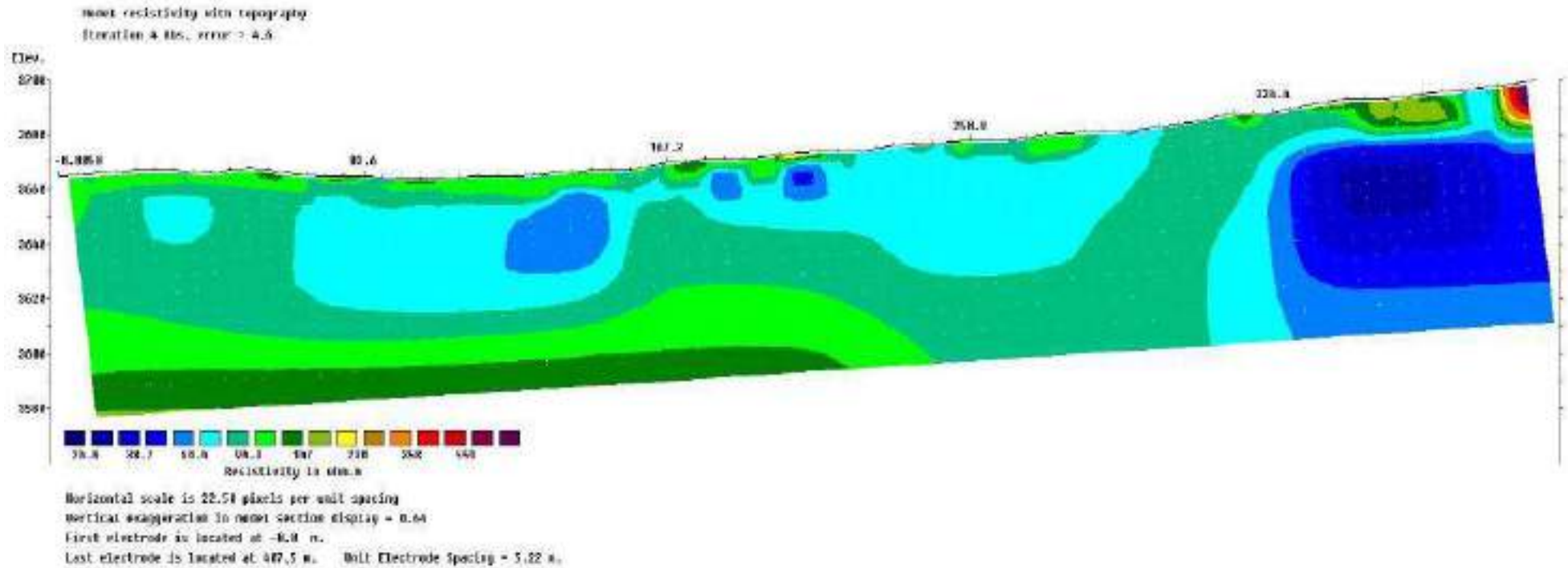


*Fuente: Elaboración propia.*



### Figura N°92

Perfil geo eléctrico de resistividades reales con topografía línea 05



Fuente: Elaboración propia.



En las secciones geoelectricas de resistividades reales se ha inferido 3 litologías debido a las resistividades que poseen. La litología 1 de depósitos aluviales secos superficiales, que poseen resistividades que varían de 69.1 a 236 ohmios metro en el dispositivo schlumberger mientras que en el dispositivo wenner-schlumberger varían de 60.4 a 559 ohmios metro con profundidades variables de 0 a 20 metros, la litología 2 de depósitos aluviales húmedos a saturados con mayor contenido de gravas y arenas, que poseen resistividades que varían de 37.4 a 128 ohmios metro en el dispositivo schlumberger mientras que en el dispositivo wenner-schlumberger varían de 38.7 a 147 ohmios metro con profundidades variables mayores de 5 metros, por último la litología 3 de depósitos aluviales secos a húmedos con mayor contenido de limos y arcillas con gravas, que poseen resistividades que varían de 128 a 174 ohmios metro en el dispositivo schlumberger mientras que en el dispositivo wenner-schlumberger varían de 147 a 230 ohmios metro con profundidades variables mayores de 75 metros. Ver figura N°93 y 94.

Por otro lado, también se infirieron fallas geológicas debido a la interrupción en 3 sectores de las resistividades, lo que indica un desfase e interrupción de litología.

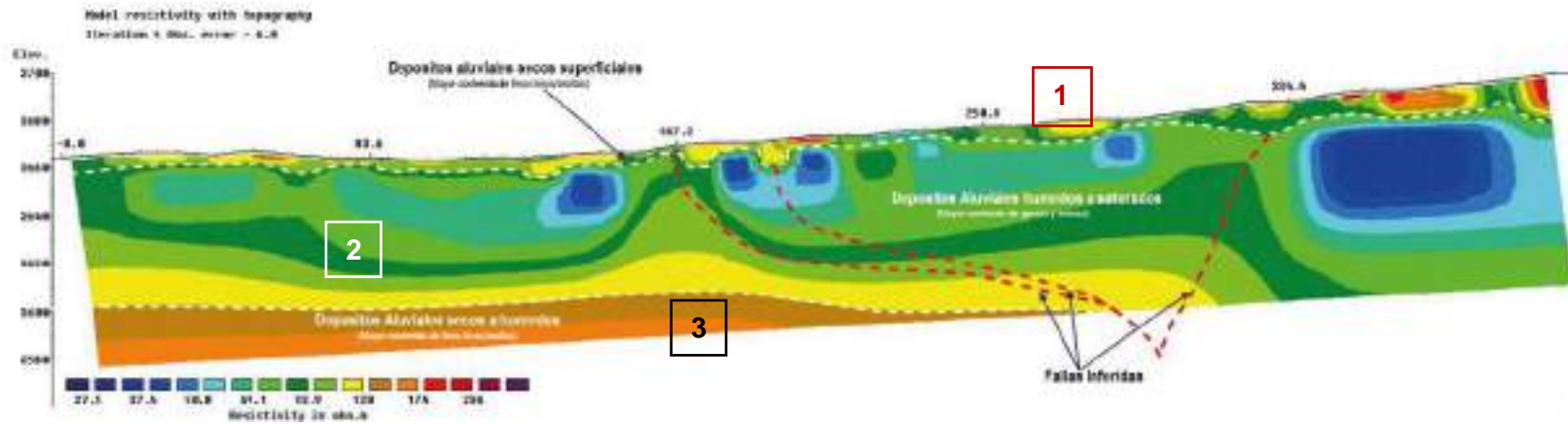
Por lo expuesto, la presencia de agua subterránea se encuentra en acuíferos libres (depósitos aluviales), que se infiere de la litología 2, determinadas por el perfil de resistividades reales y a su vez correlacionada con los perfiles geo eléctricos de la línea 04, cabe resaltar que el agua subterránea no se encuentra de manera uniforme en el acuífero anteriormente descrito, sino en zonas puntuales por presentar mayor permeabilidad y porosidad (mayor porcentaje de gravas y arenas). Ver figura N°95.





**Figura N°93**

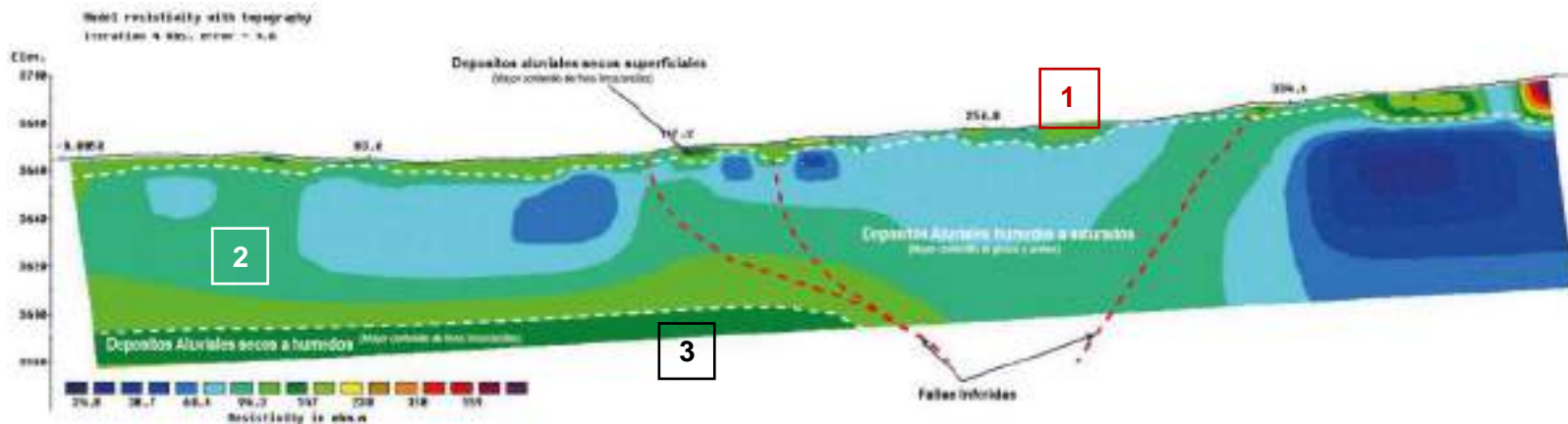
*Perfil 2D de resistividades reales con arreglo schlumberger interpretado línea 05*



*Fuente: Elaboración propia.*

**Figura N°94**

*Perfil 2D de resistividades reales con arreglo wenner-schlumberger interpretado línea 05*

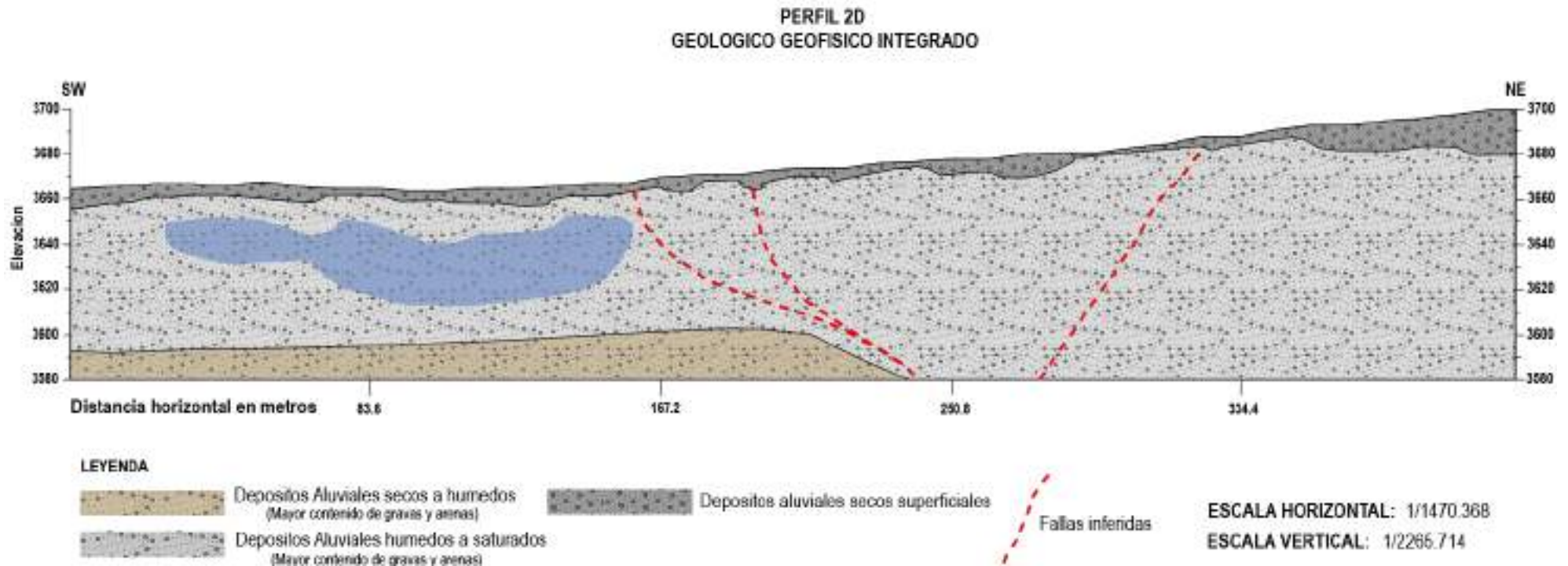


*Fuente: Elaboración propia.*



**Figura N°95**

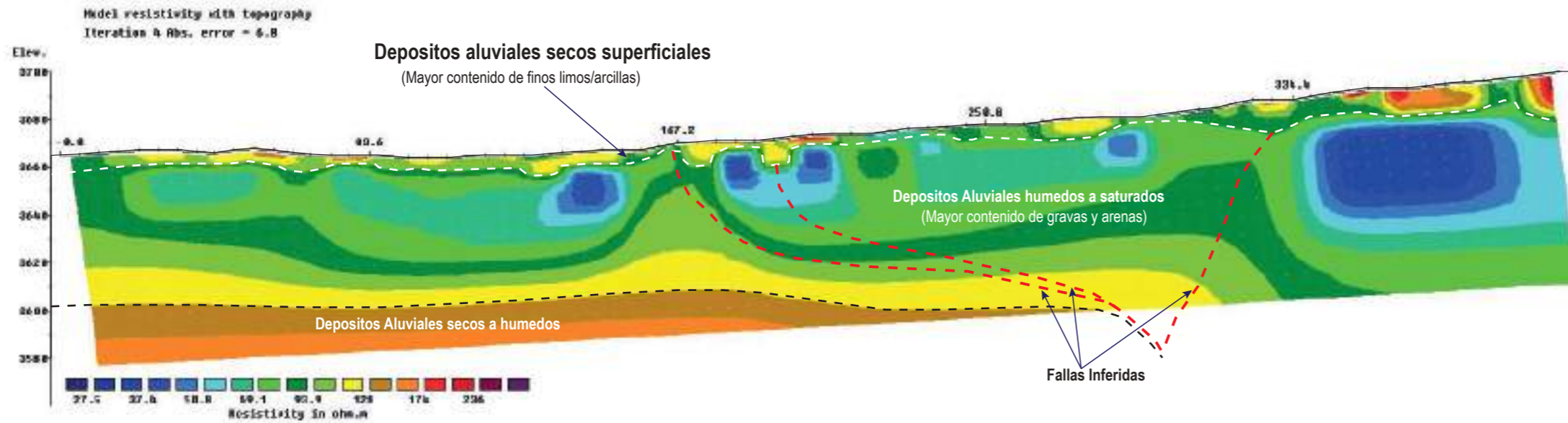
*Perfil 2D interpretado geológicamente con presencia de aguas subterráneas línea 05*



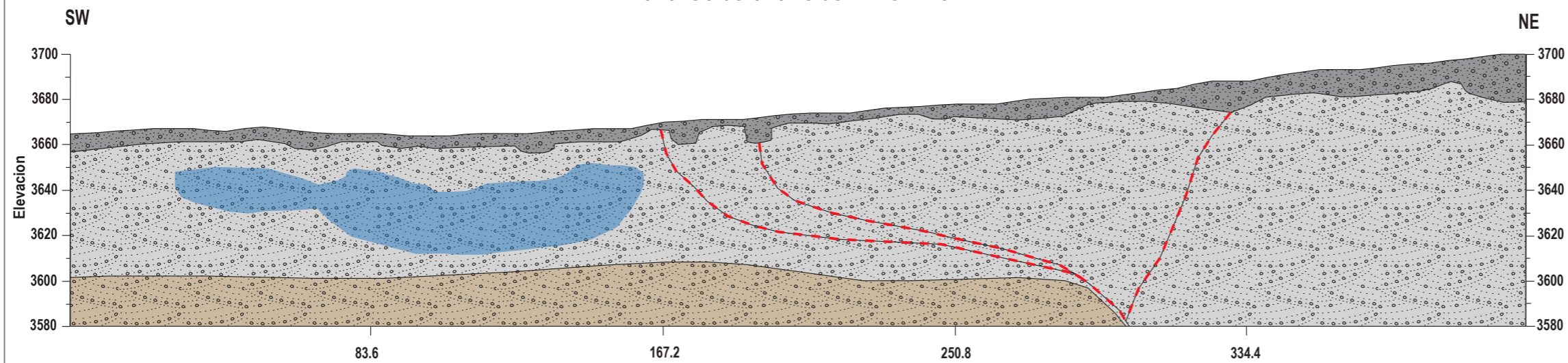
*Fuente: Elaboración propia.*

**LINEA GEOFISICA N°05  
SCHLUMBERGER**

**PERFIL 2D  
GEOFISICO INTERPRETADO  
Schlumberger**



**PERFIL 2D  
GEOLOGICO GEOFISICO INTEGRADO**



Distancia horizontal en metros

**LEYENDA**

- Depositos Aluviales secos a humedos (Mayor contenido de gravas y arenas)
- Depositos Aluviales humedos a saturados (Mayor contenido de gravas y arenas)
- Depositos aluviales secos superficiales
- Fallas Ineridas

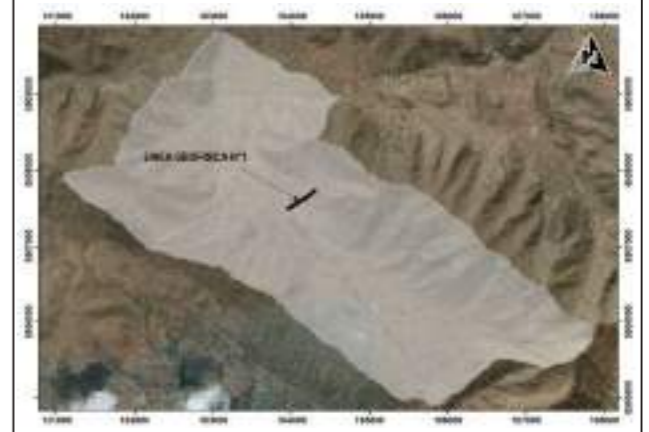
ESCALA HORIZONTAL: 1/1481.038

ESCALA VERTICAL: 1/2281.657



TESIS:  
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO  
EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DISTRITO DE  
SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022

MAPA DE UBICACION EN LA MICROCUENCA



FOTOGRAFIAS DE CAMPO



FOTOGRAFIA N°09

Vista al Noroeste donde se aprecia el ensayo de tomografía eléctrica ERT

FOTOGRAFIA N°10

Vista al Sureste donde se aprecia el ensayo de tomografía eléctrica ERT

**LINEA GEOFISICA N° 05 SCHLUMBERGER**

ASESOR: MGT.ING. FREDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO

ELABORADO POR: BACH. CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

SISTEMA DE COORDENADAS

PROYECCION: UTM  
DATUM HORIZONTAL: WGS84  
HUSO Y ZONA: 19L Sur



UBICACION

SECTOR: CCORAO-MANDORANI  
DISTRITO: SAN SEBASTIAN  
PROVINCIA: CUSCO  
REGION: CUSCO

SECCION:

**SEC-10**

LAMINA:

**10/18**

ESCALA DE IMPRESION: A-3

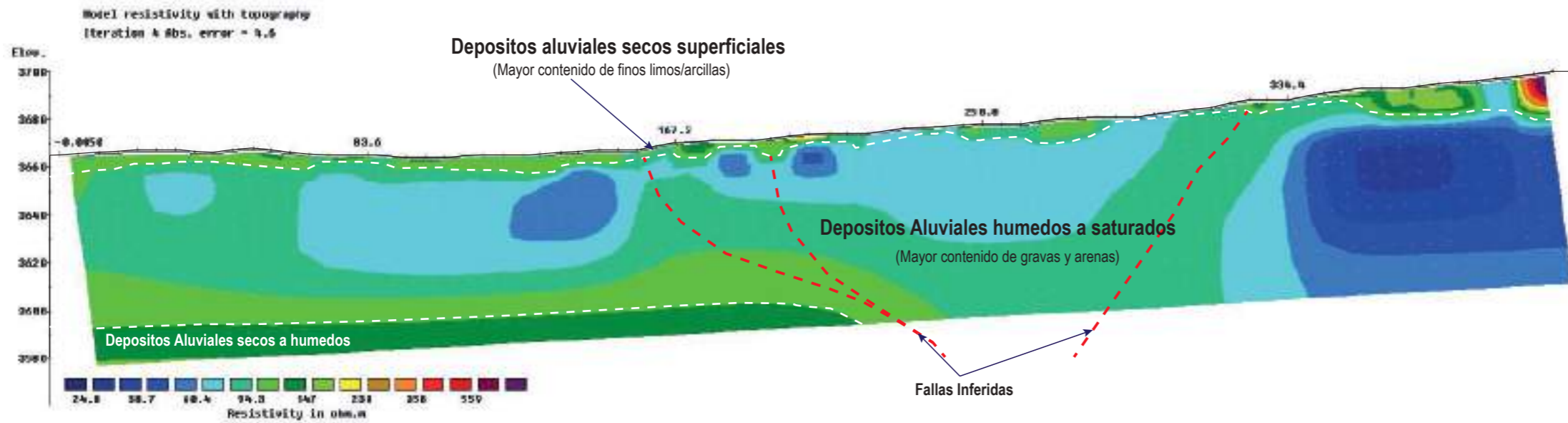
ESCALA: INDICADA

FECHA: OCTUBRE 2022

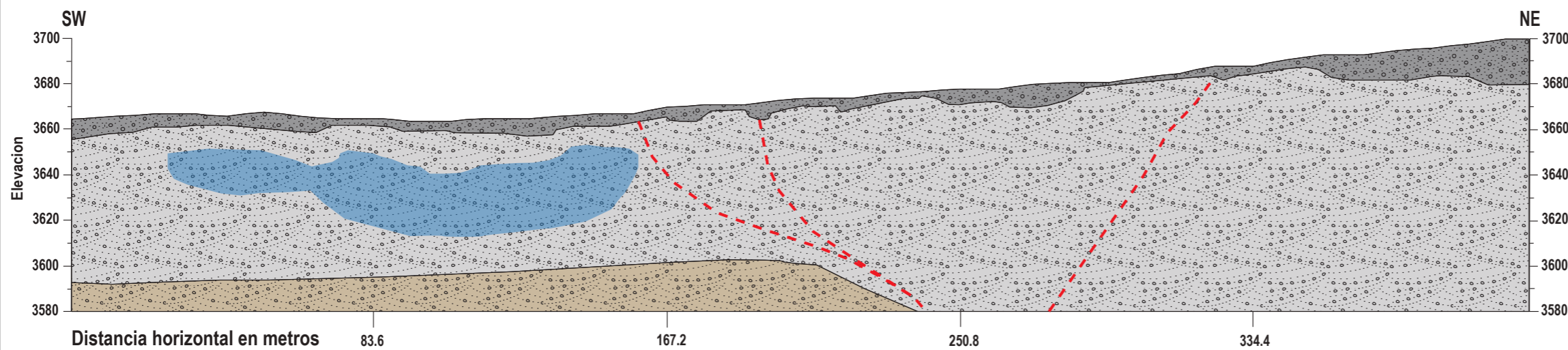


**LINEA GEOFISICA N°05  
WENNER-SCHLUMBERGER**

**PERFIL 2D  
GEOFISICO INTERPRETADO  
Wenner-Schlumberger**



**PERFIL 2D  
GEOLOGICO GEOFISICO INTEGRADO**



**LEYENDA**

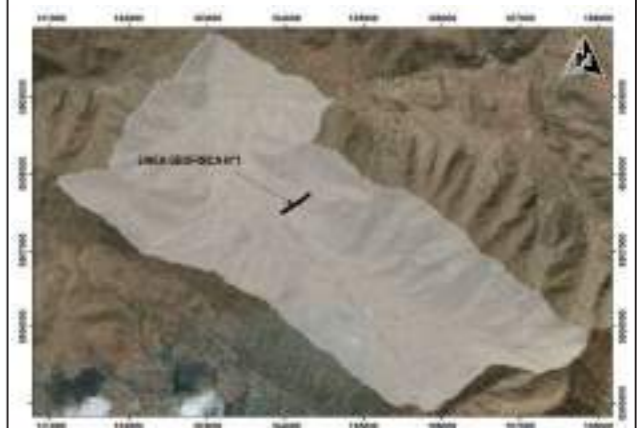
- Depositos Aluviales secos a humedos (Mayor contenido de gravas y arenas)
- Depositos aluviales secos superficiales
- Depositos Aluviales humedos a saturados (Mayor contenido de gravas y arenas)
- Fallas inferidas

**ESCALA HORIZONTAL: 1/1470.368**  
**ESCALA VERTICAL: 1/2265.714**



**TESIS:**  
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022

**MAPA DE UBICACION EN LA MICROCUENCA**



**FOTOGRAFIAS DE CAMPO**



**LINEA GEOFISICA N° 05 WENNER-SCHLUMBERGER**

**ASESOR:** MGT.ING. FREDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO  
**ELABORADO POR:** BACH. CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

**SISTEMA DE COORDENADAS**  
**PROYECCION:** UTM  
**DATUM HORIZONTAL:** WGS84  
**HUSO Y ZONA:** 19L Sur



**UBICACION**  
**SECTOR:** CCORAO-MANDORANI  
**DISTRITO:** SAN SEBASTIAN  
**PROVINCIA:** CUSCO  
**REGION:** CUSCO

**SECCION:**  
**SEC-11**

**LAMINA:**  
**ESCALA DE IMPRESION:** A-3  
**ESCALA:** INDICADA  
**FECHA:** OCTUBRE 2022

**11/18**



### 7.3.6. LINEA GEOFÍSICA N°06

A lo largo del perfil 06, se desarrolló dos ensayos de tomografía eléctrica, uno con dispositivo schlumberger y otro con wenner-schulumberger, que se prospecto a lo largo de una extensión de 407.5 metros. Dando como resultado posterior al procesamiento un perfil de potencial espontaneo y dos perfiles geo eléctricos de resistividades reales.

En el perfil de potencial espontaneo de la línea 06 se ha identificado anomalías negativas que varían de -100 a -600 milivoltios que varían entre 10 a 80 metros de profundidad, dichas anomalías debido al potencial de electro filtración son zonas susceptibles a presentar filtraciones de agua, debido a mayor permeabilidad y porosidad(secundaria) debido al mayor porcentaje de fracturas en las intercalaciones de arcosas-lutitas y grauvacas-lutitas de la Formación Quilque. Ver figura N°98.

#### Fotografía N°35

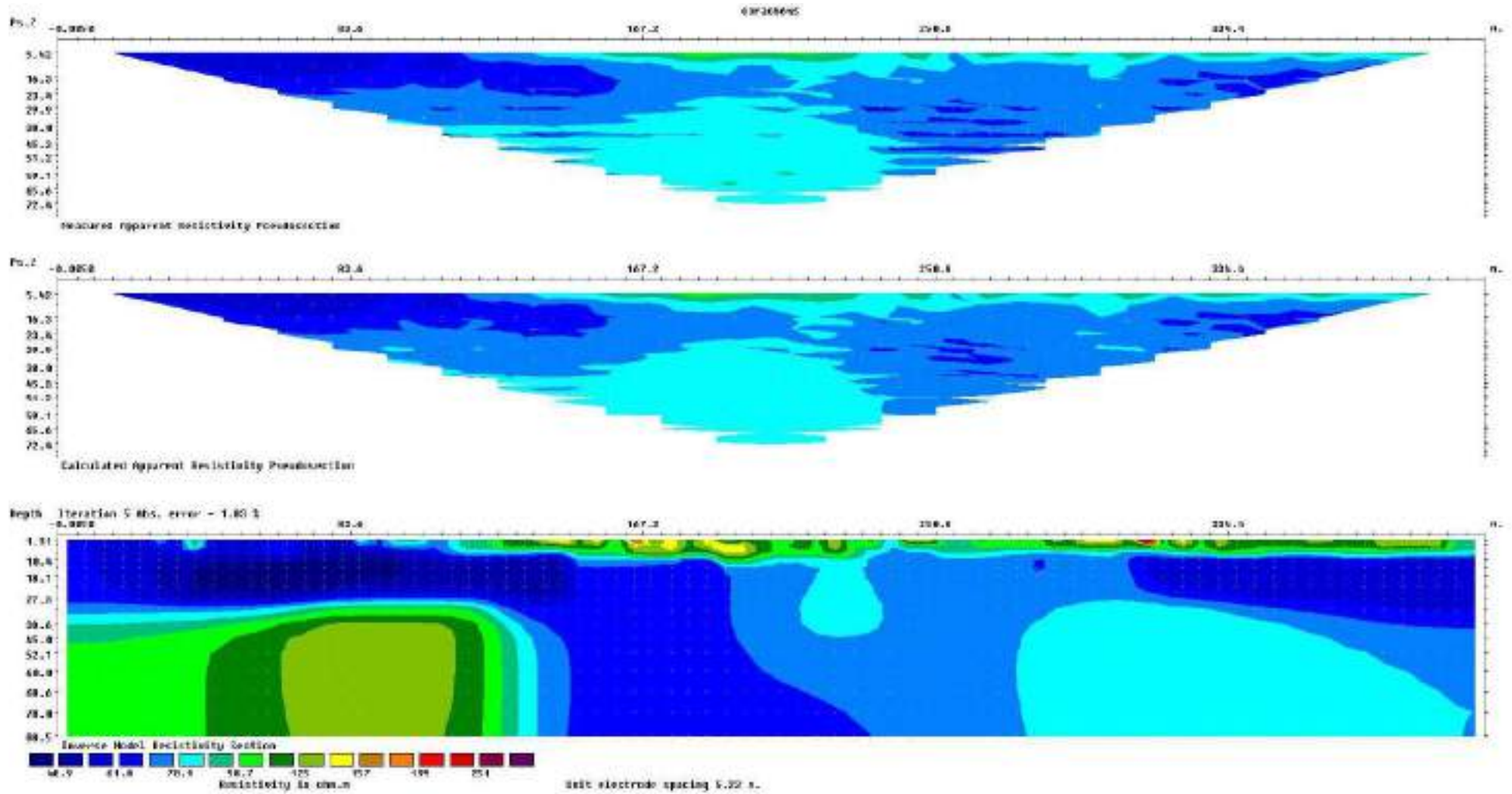
*Tomografía eléctrica de la línea 06*





**Figura N°96**

*Inversión de datos procesados línea 06*



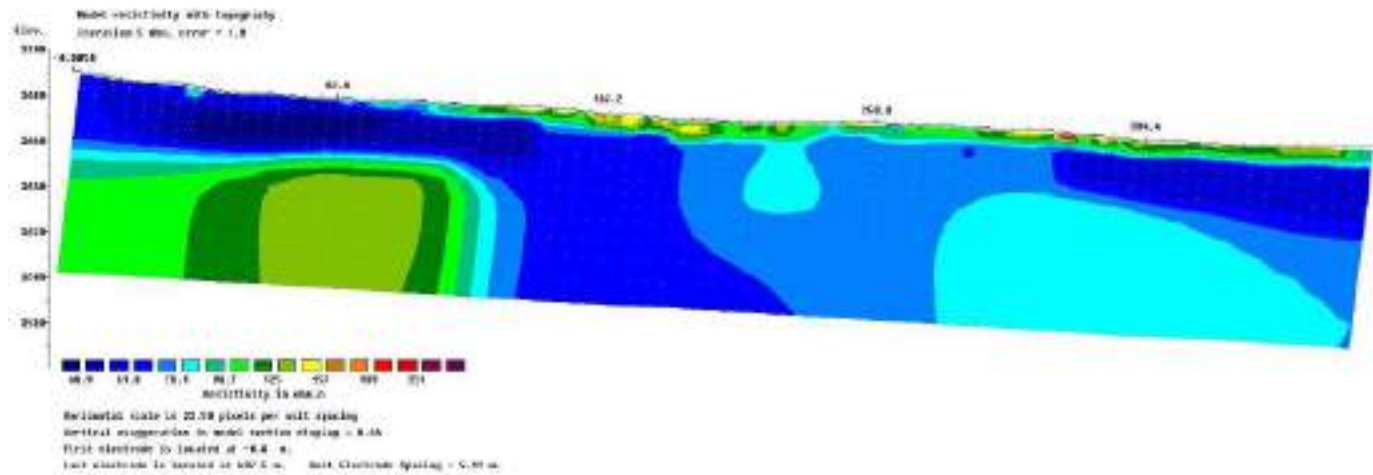
**Fuente:** *Elaboración propia.*





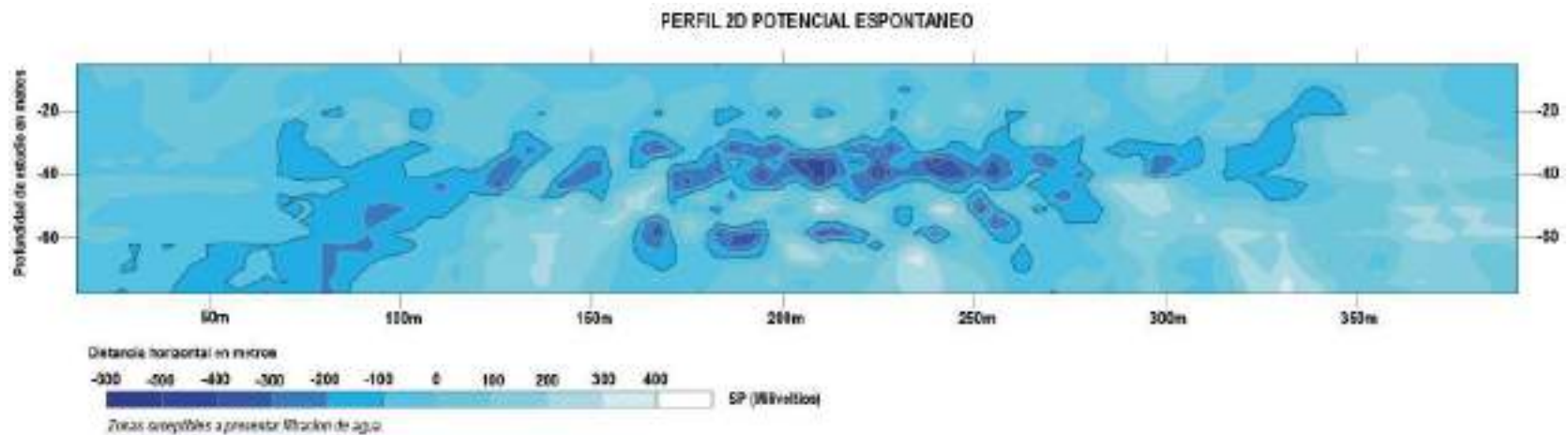
**Figura N°97**

*Perfil geo eléctrico de resistividades reales con topografía línea 06*



**Figura N°98**

*Perfil 2D de potencial espontaneo línea 06*



**Fuente:** *Elaboración propia.*



En las secciones geoelectricas de resistividades reales se ha inferido 3 litologías debido a las resistividades que poseen. La litología 1 de depósitos aluviales secos a húmedos, que poseen resistividades que varían de 38.4 a 150 ohmios metro en el dispositivo schlumberger mientras que en el dispositivo wenner-schlumberger varían de 45.8 a 154 ohmios metro con profundidades variables de 0 a 48 metros, la litología 2 compuesto de intercalaciones de arcosas y lutitas de la Formación Soncco, que poseen resistividades que varían de 75.8 a 150 ohmios metro en el dispositivo schlumberger mientras que en el dispositivo wenner-schlumberger varían de 77 a 154 ohmios metro con profundidades variables mayores de 20 metros, por último la litología 3 compuesto de intercalaciones de grauvacas y lutitas de la Formación Soncco, que poseen resistividades que varían de 75.8 a 48.2 ohmios metro en el dispositivo schlumberger mientras que en el dispositivo wenner-schlumberger varían de 64.8 a 91.6 ohmios metro con profundidades variables mayores de 30 metros. Ver figura N°99 y 100.

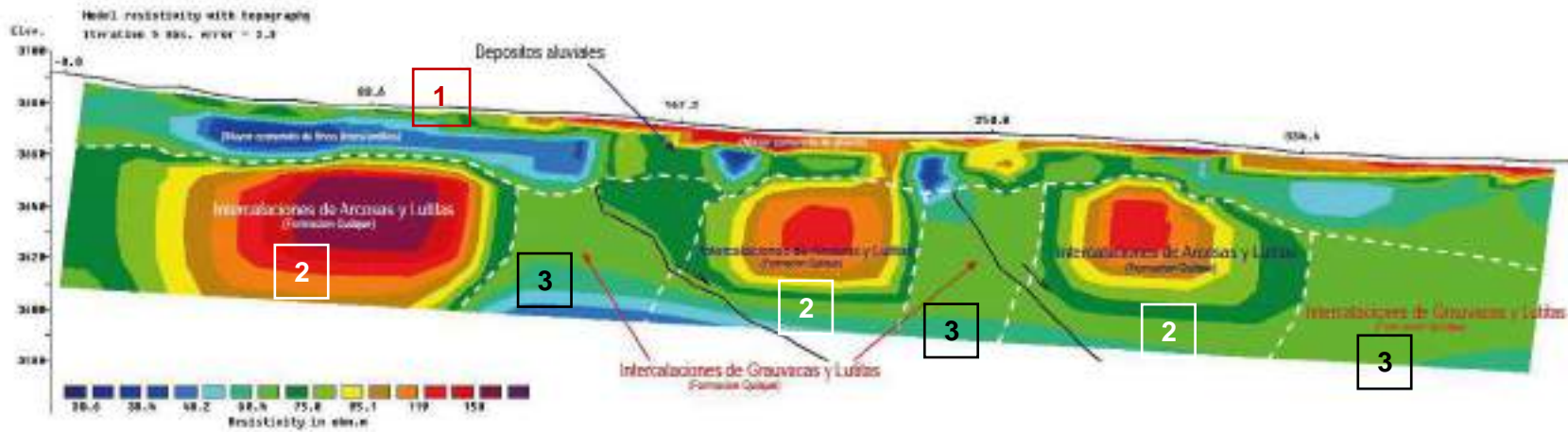
Por otro lado, también se infirieron fallas geológicas debido a la interrupción en 2 sectores de las resistividades, lo que indica un desfase e interrupción de litología.

Por lo expuesto, la presencia de agua subterránea se encuentra en acuíferos libres (depósitos aluviales), que se infieren de las litologías 2 y 3, determinadas por el perfil de resistividades reales y potencial espontaneo, cabe resaltar que el agua subterránea no se encuentra de manera uniforme en el acuífero anteriormente descrito, sino en zonas puntuales por presentar mayor permeabilidad y porosidad secundaria (mayor porcentaje fracturas). Ver figura N°101.



**Figura N°99**

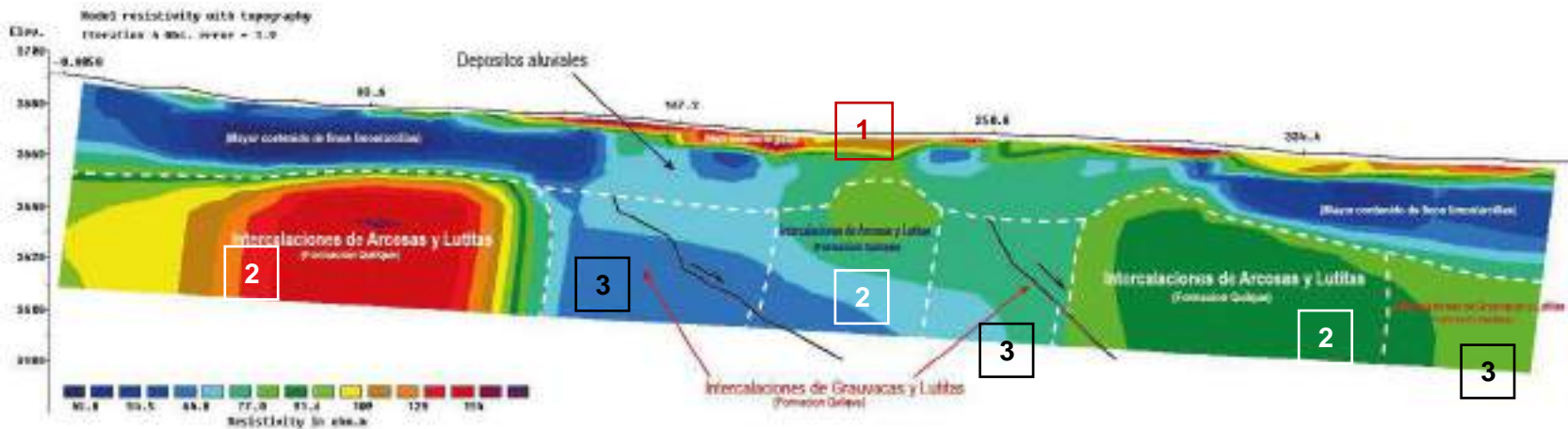
Perfil 2D de resistividades reales con arreglo schlumberger interpretado línea 06



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N°100**

Perfil 2D de resistividades reales con arreglo wenner-schlumberger interpretado línea 06



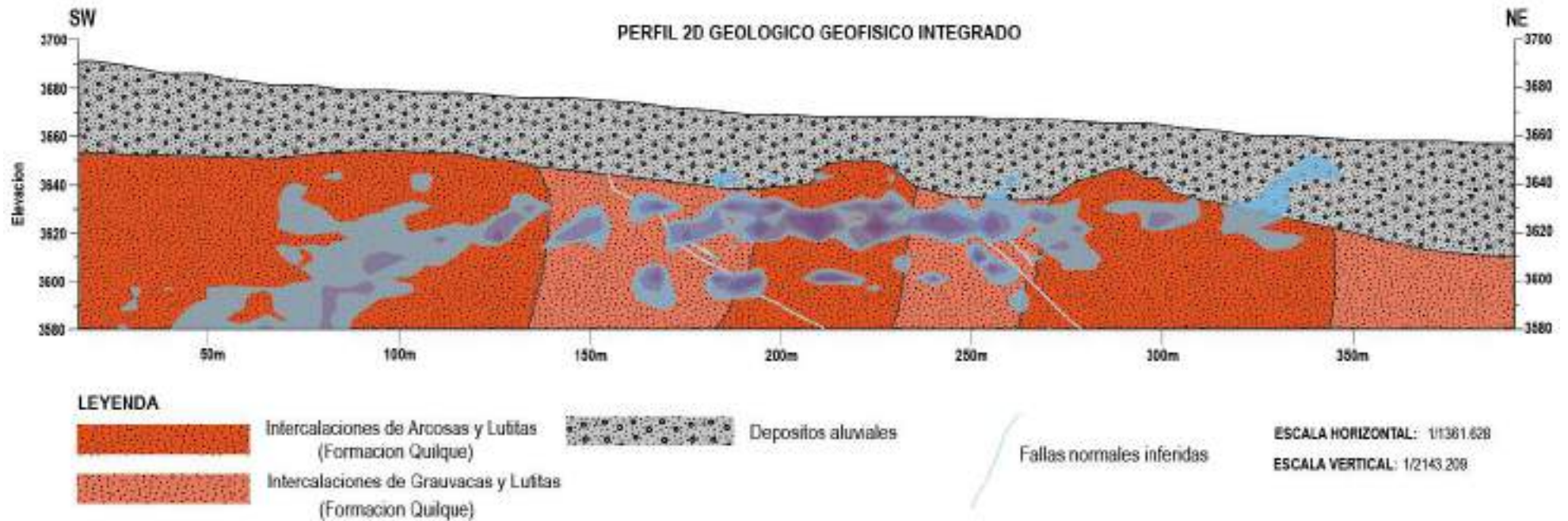
Fuente: Elaboración propia.





### Figura N°101

Perfil 2D interpretado geológicamente con presencia de aguas subterráneas línea 06

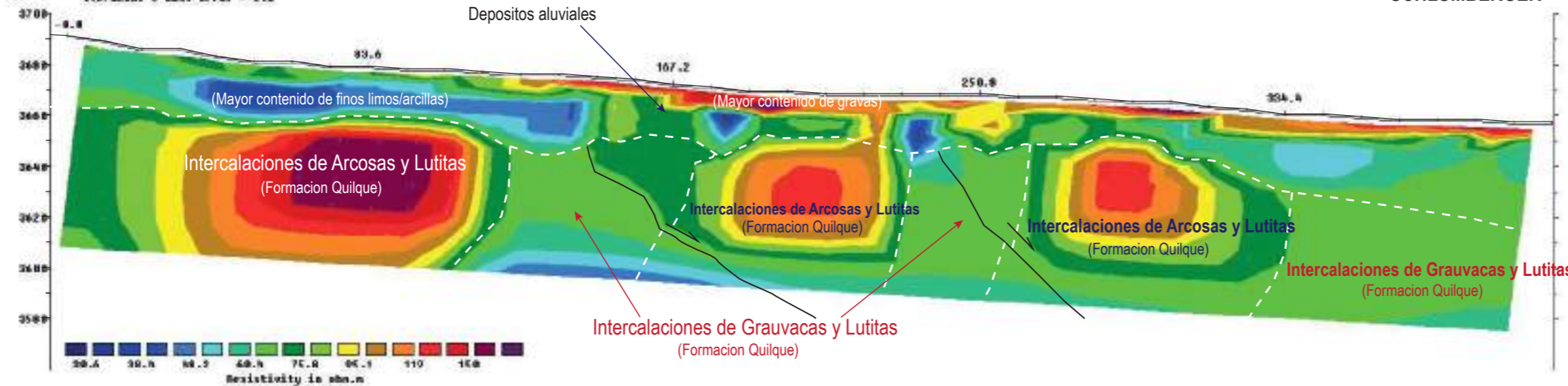


Fuente: Elaboración propia.

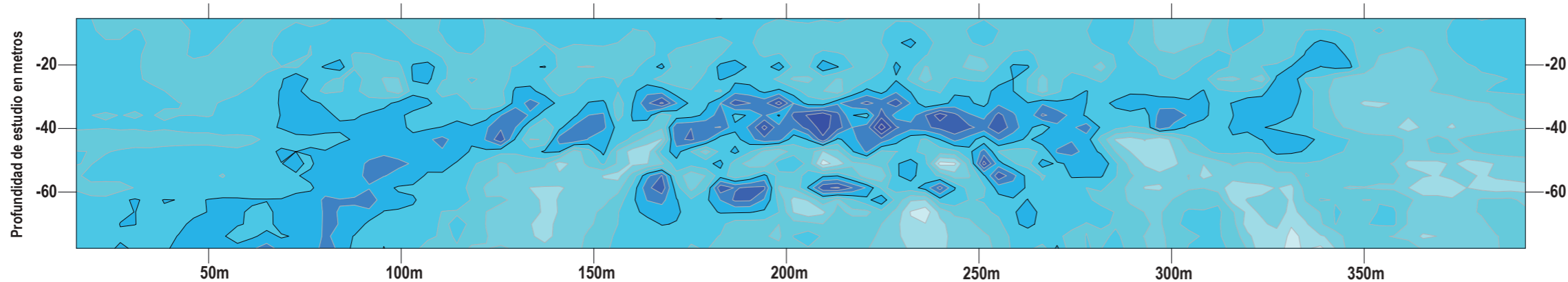
Model resistivity with topography  
Iteration 5 Abs. error = 2.8

PERFIL 2D GEOFISICO INTERPRETADO

LINEA GEOFISICA N°06  
SCHLUMBERGER



PERFIL 2D POTENCIAL ESPONTANEO

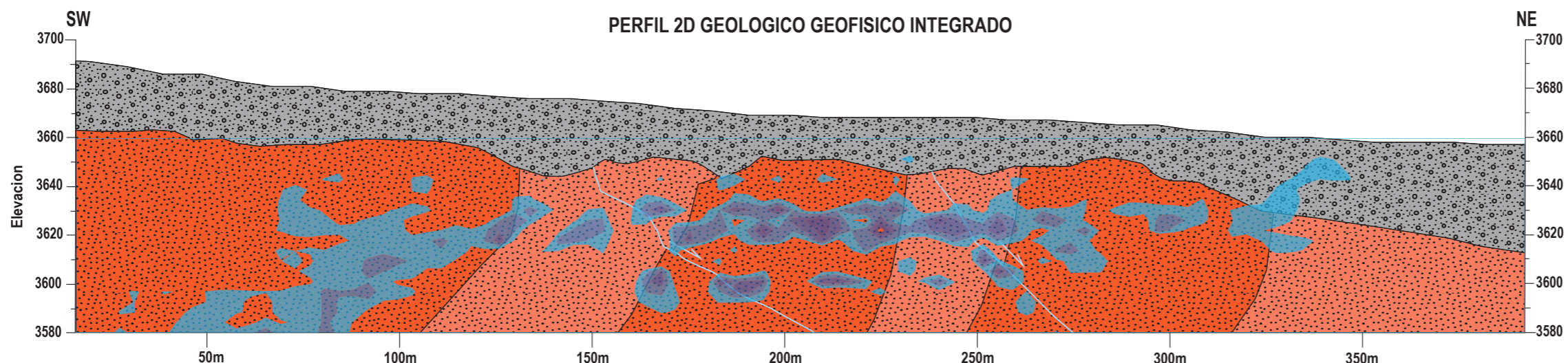


Distancia horizontal en metros



Zonas susceptibles a presentar filtracion de agua

PERFIL 2D GEOLOGICO GEOFISICO INTEGRADO



Distancia horizontal en metros

LEYENDA

- Intercalaciones de Arcosas y Lutitas (Formacion Quilque)
- Intercalaciones de Grauvasas y Lutitas (Formacion Quilque)
- Depositos aluviales
- Fallas normales inferidas

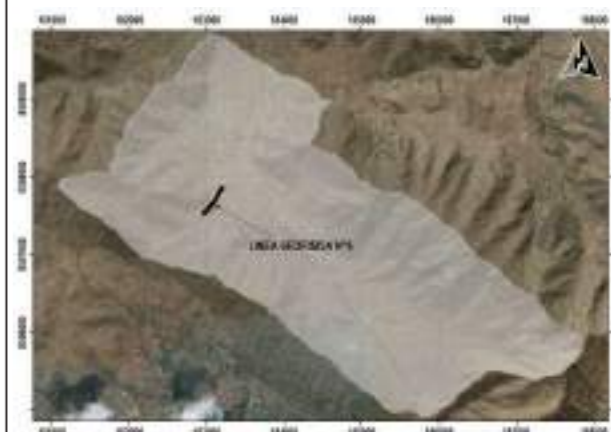
ESCALA HORIZONTAL: 1/1351.344

ESCALA VERTICAL: 1/2127.451



TESIS:  
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO  
EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DISTRITO DE  
SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022

MAPA DE UBICACION EN LA MICROCUENCA



FOTOGRAFIAS DE CAMPO



FOTOGRAFIA N°11  
Vista al Noreste donde se aprecia  
el ensayo de tomografia electrica ERT



FOTOGRAFIA N°12  
Vista al Noreste donde se aprecia  
el ensayo de tomografia electrica ERT

LINEA GEOFISICA N° 06 SCHLUMBERGER

ASESOR: MGT.ING. FREDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO

ELABORADO POR: BACH. CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

SISTEMA DE COORDENADAS

PROYECCION: UTM  
DATUM HORIZONTAL: WGS84  
HUSO Y ZONA: 19L Sur



UBICACION

SECTOR: CCORAO-MANDORANI  
DISTRITO: SAN SEBASTIAN  
PROVINCIA: CUSCO  
REGION: CUSCO

SECCION:

SEC-12

LAMINA:

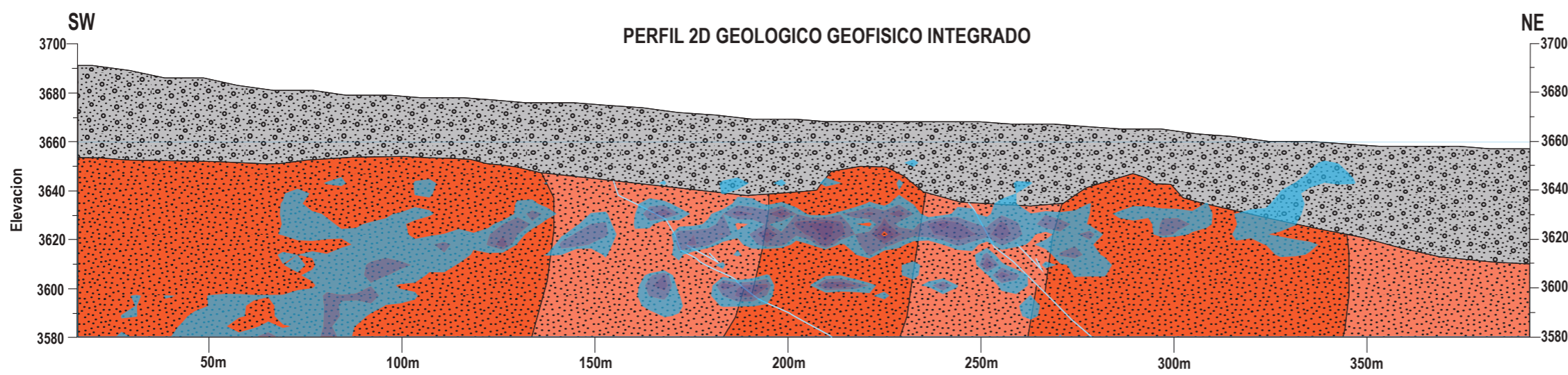
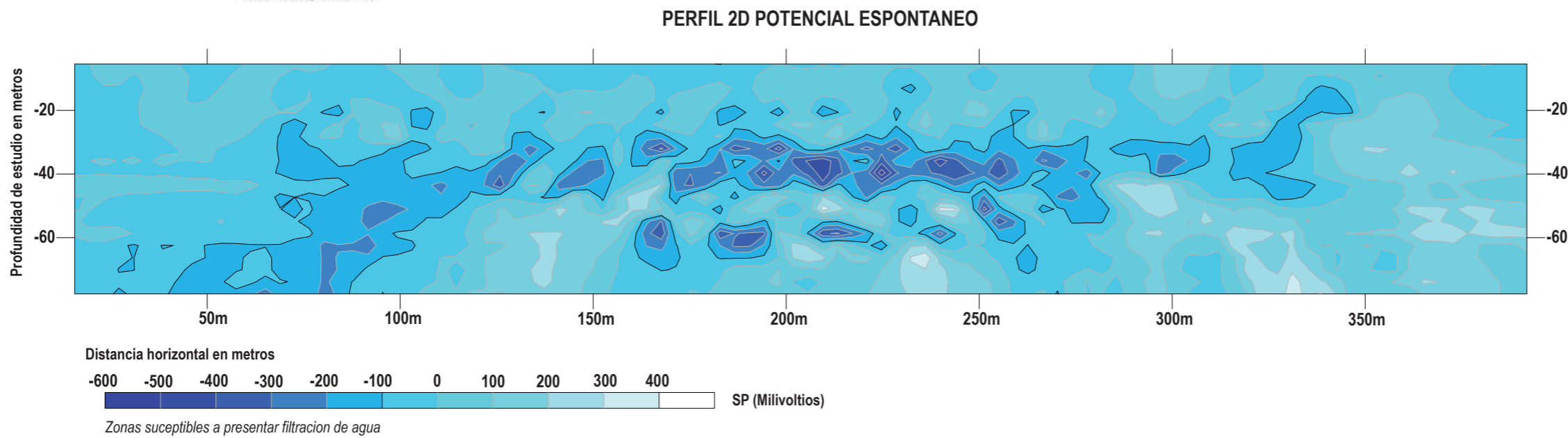
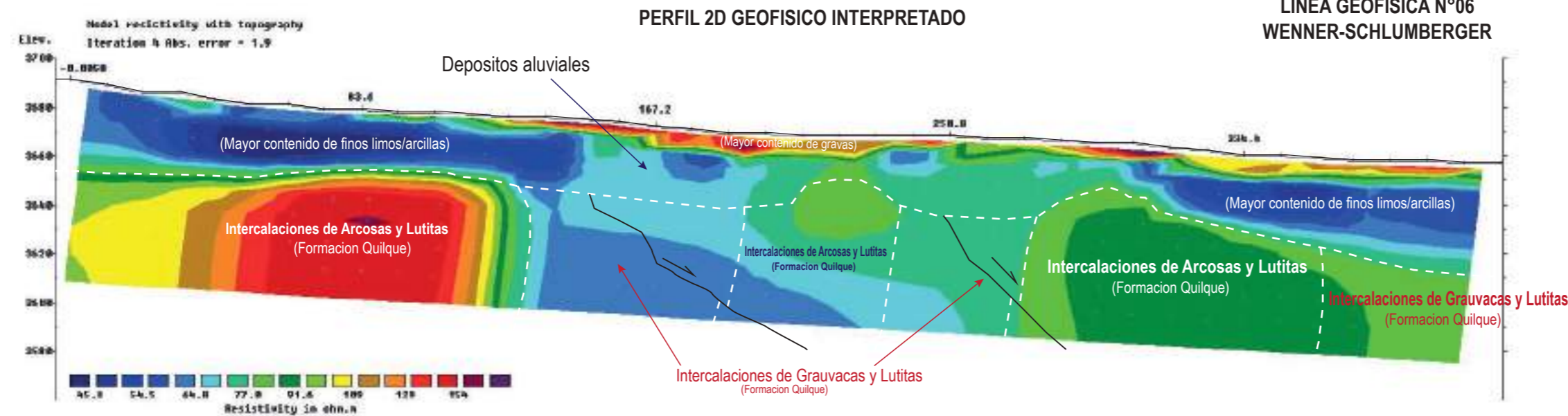
12/18

ESCALA DE IMPRESION: A-3

ESCALA: INDICADA

FECHA: OCTUBRE 2022





- LEYENDA**
- Intercalaciones de Arcosas y Lutitas (Formacion Quilque)
  - Intercalaciones de Grauvacas y Lutitas (Formacion Quilque)
  - Depositos aluviales
  - Fallas normales inferidas

ESCALA HORIZONTAL: 1/1361.628  
ESCALA VERTICAL: 1/2143.209



**TESIS:**  
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO- MANDORANI, DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022



**LINEA GEOFISICA N° 06 WENNER-SCHLUMBERGER**

ASESOR: MGT.ING. FREDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO  
ELABORADO POR: BACH. CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

SISTEMA DE COORDENADAS		
PROYECCION:	UTM	
DATUM HORIZONTAL:	WGS84	
HUSO Y ZONA:	19L Sur	
UBICACION		<b>SECCION:</b> <b>SEC-13</b>
SECTOR:	CCORAO-MANDORANI	
DISTRITO:	SAN SEBASTIAN	
PROVINCIA:	CUSCO	
REGION:	CUSCO	<b>LAMINA:</b> <b>13/18</b>
ESCALA DE IMPRESION:	A-3	
ESCALA:	INDICADA	
FECHA:	OCTUBRE 2022	





### 7.3.7. LINEA GEOFÍSICA N°07

A lo largo del perfil 07, se desarrolló dos ensayos de tomografía eléctrica, uno con dispositivo schlumberger y otro con wenner-schulumberger, que se prospecto a lo largo de una extensión de 198.5 metros. Dando como resultado posterior al procesamiento un perfil de potencial espontaneo y dos perfiles geo eléctricos de resistividades reales.

En el perfil de potencial espontaneo de la línea 07 se ha identificado anomalías negativas que varían de -80 a -240 milivoltios que varían entre 10 a 40 metros de profundidad, dichas anomalías debido al potencial de electro filtración son zonas susceptibles a presentar filtraciones de agua, debido a mayor permeabilidad y porosidad(secundaria) debido al mayor porcentaje de fracturas en las intercalaciones de arcosas-lutitas de la Formación Kayra. Ver figura N°104.

#### Fotografía N°36

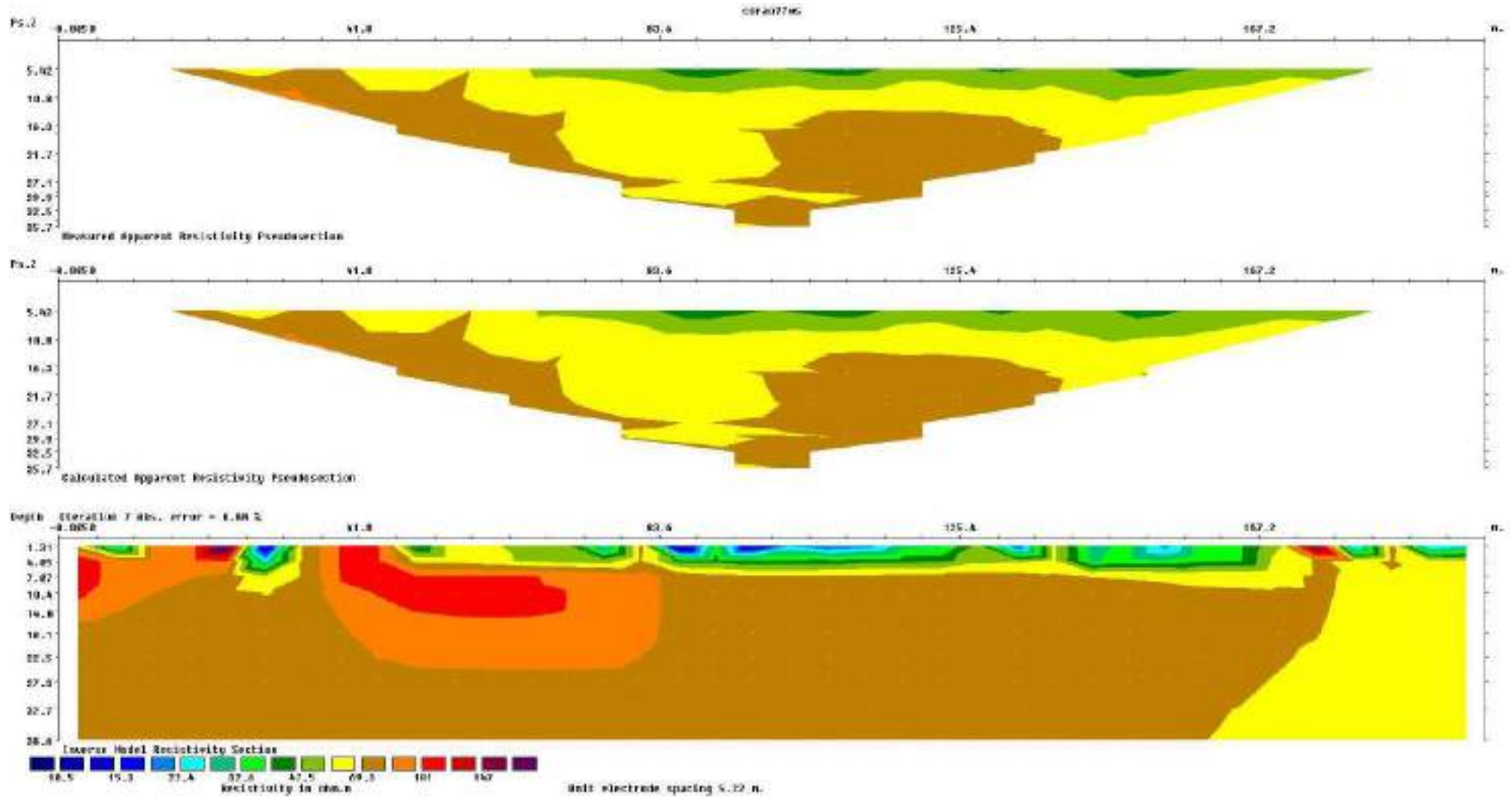
*Tomografía eléctrica de la línea 07*





**Figura N°102**

*Inversión de datos procesados línea 07*

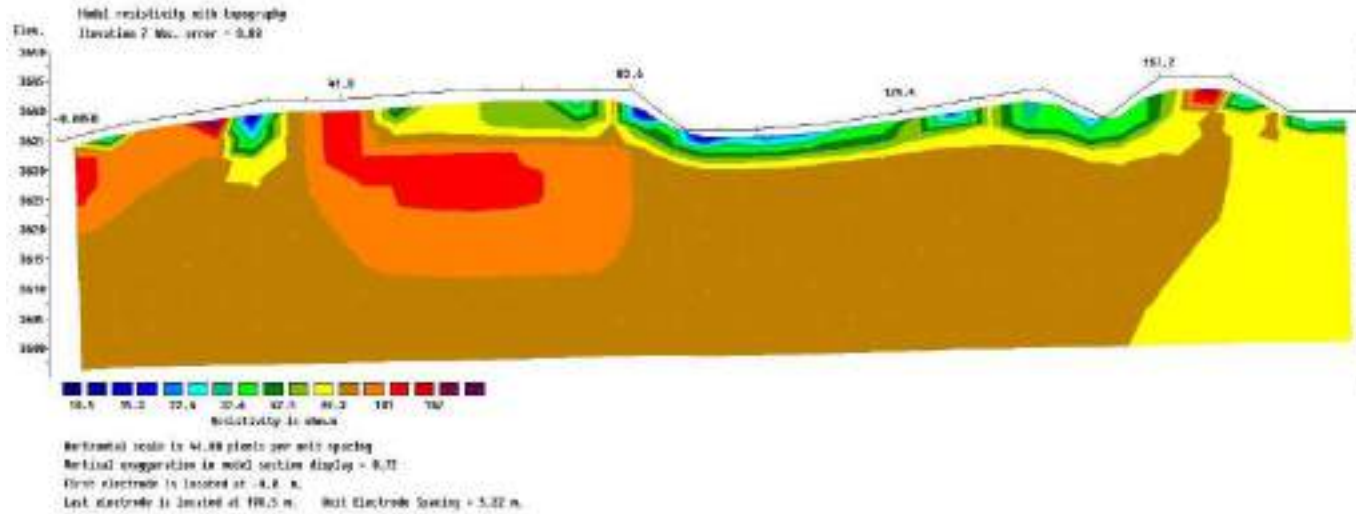


*Fuente: Elaboración propia.*



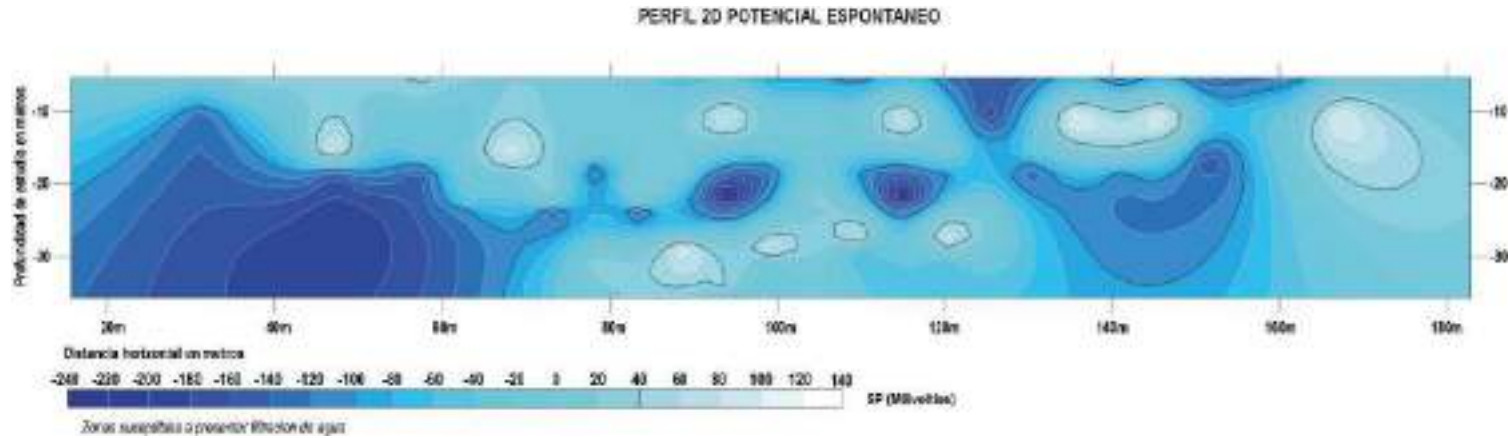
**Figura N°103**

*Perfil geo eléctrico de resistividades reales con topografía línea 07*



**Figura N°104**

*Perfil 2D de potencial espontaneo línea 07*



**Fuente:** Elaboración propia.





En las secciones geoelectricas de resistividades reales se ha inferido 2 litologías debido a las resistividades que poseen. La litología 1 de depósitos aluviales secos a húmedos, que poseen resistividades que varían de 15.4 a 67.2 ohmios metro en el dispositivo schlumberger mientras que en el dispositivo wenner-schlumberger varían de 15.3 a 69.3 ohmios metro con profundidades variables de 0 a 20 metros, la litología 2 compuesto de intercalaciones de arcosas y lutitas de la Formación Kayra, que poseen resistividades que varían de 67.2 a 141 ohmios metro en el dispositivo schlumberger mientras que en el dispositivo wenner-schlumberger varían de 69.3 a 147 ohmios metro con profundidades variables desde afloramientos en superficie a mayores de 40 metros. Ver figura N°105 y 106.

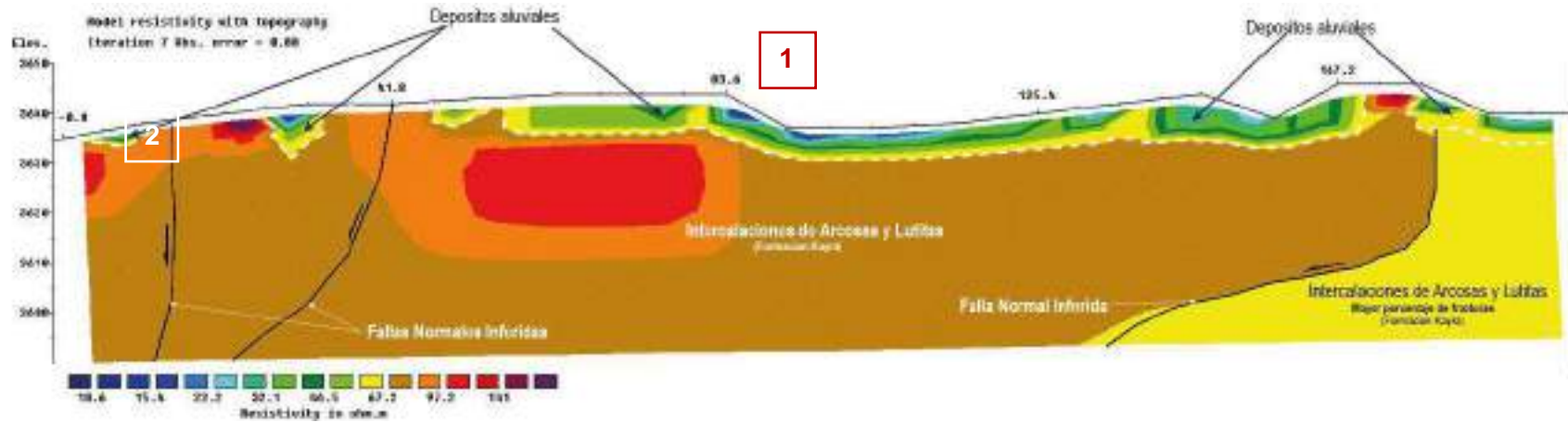
Por otro lado, también se infirieron fallas geológicas debido a la interrupción en 3 sectores de las resistividades, lo que indica un desfase e interrupción de litología.

Por lo expuesto, la presencia de agua subterránea se encuentra en acuíferos fisurado (intercalaciones de arcosas y lutitas de la Formación Soncco), que se infiere de la litología 2, determinada por el perfil de resistividad real y potencial espontaneo, cabe resaltar que el agua subterránea no se encuentra de manera uniforme en el acuífero anteriormente descrito, sino en zonas puntuales por presentar mayor permeabilidad y porosidad secundaria (mayor porcentaje fracturas). Ver figura N°107.



**Figura N°105**

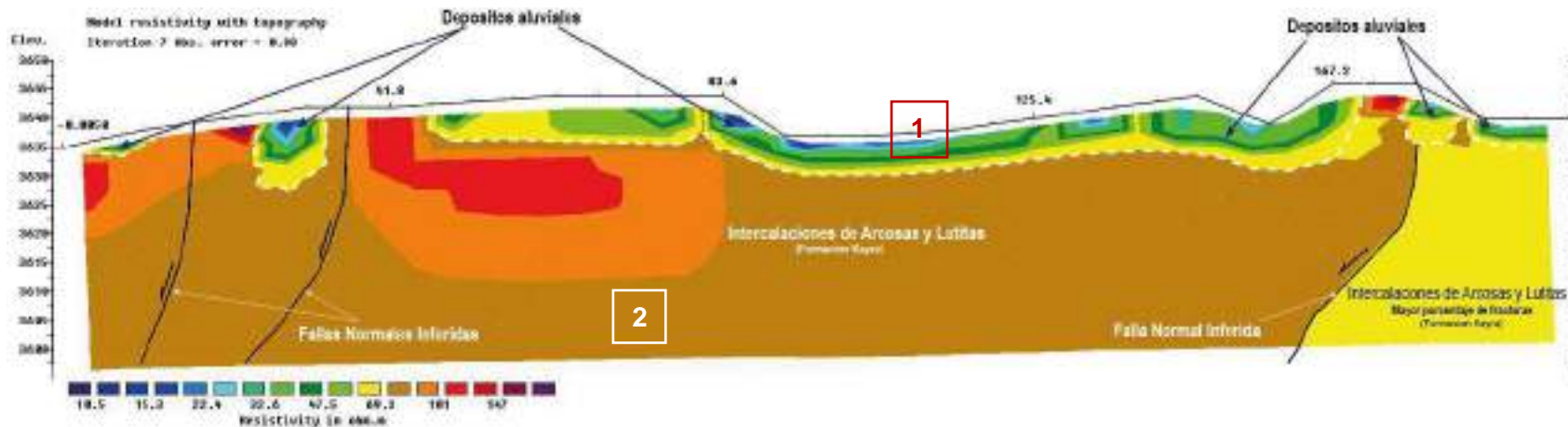
Perfil 2D de resistividades reales con arreglo schlumberger interpretado línea 07



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N°106**

Perfil 2D de resistividades reales con arreglo wenner-schlumberger interpretado línea 07

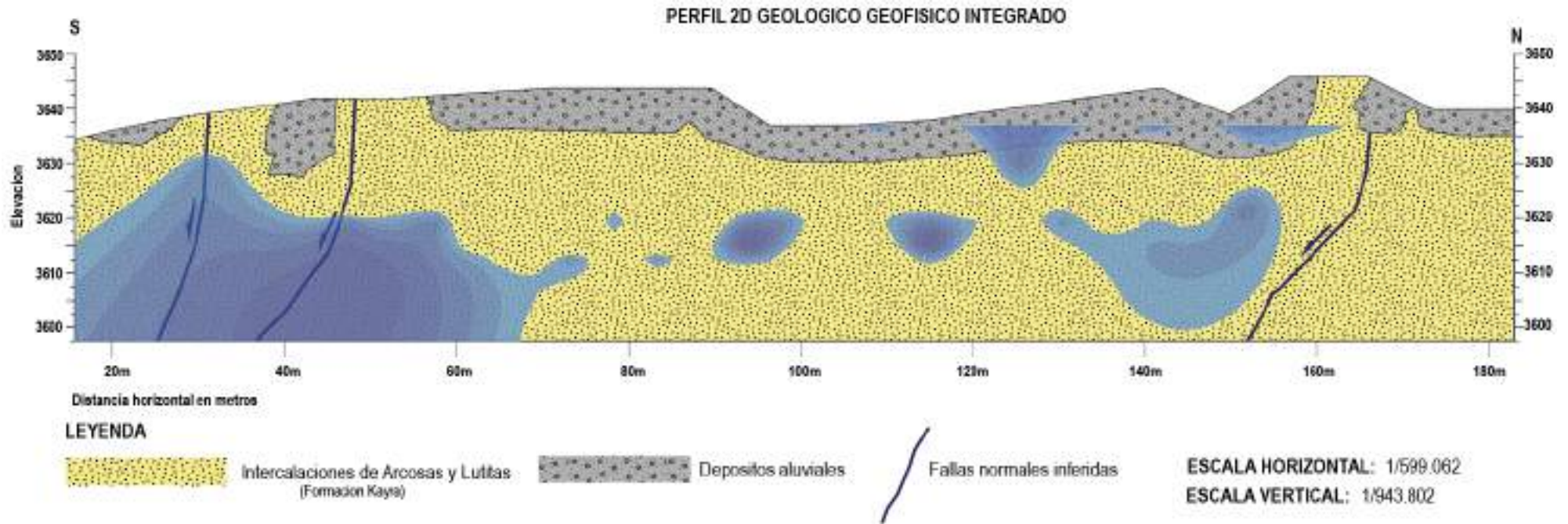


Fuente: Elaboración propia.



### Figura N°107

Perfil 2D interpretado geológicamente con presencia de aguas subterráneas línea 07



Fuente: Elaboración propia.





TESIS:  
 ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO  
 EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DISTRITO DE  
 SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022

MAPA DE UBICACION EN LA MICROCUENCA



FOTOGRAFIAS DE CAMPO



LINEA GEOFISICA N° 07 SCHLUMBERGER

ASESOR: MGT.ING. FREDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO  
 ELABORADO POR: BACH. CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

SISTEMA DE COORDENADAS  
 PROYECCION: UTM  
 DATUM HORIZONTAL: WGS84  
 HUSO Y ZONA: 19L Sur



UBICACION  
 SECTOR: CCORAO-MANDORANI  
 DISTRITO: SAN SEBASTIAN  
 PROVINCIA: CUSCO  
 REGION: CUSCO

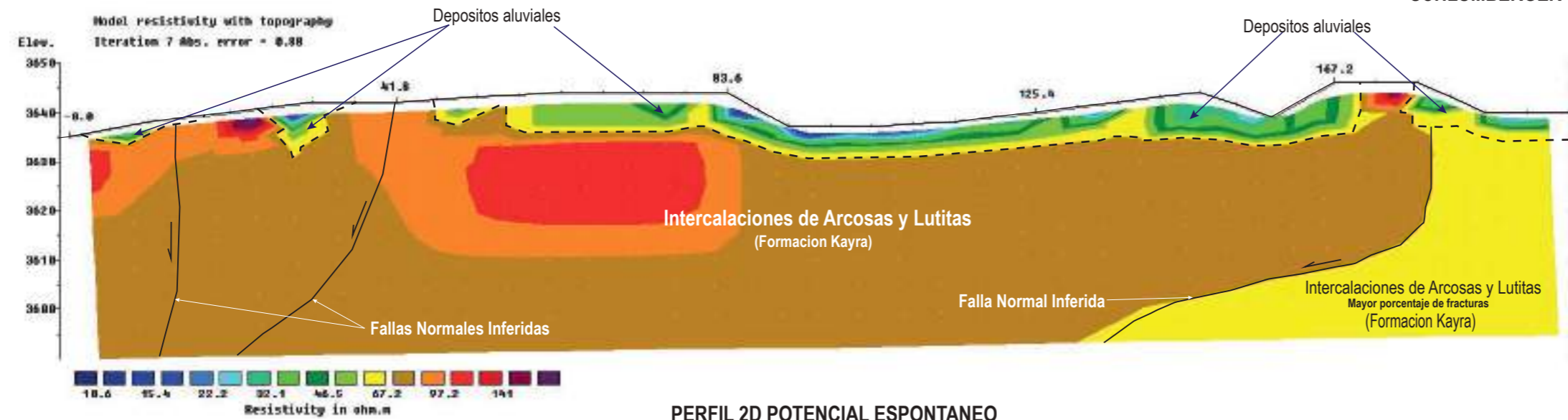
SECCION:  
**SEC-14**

LAMINA:  
 ESCALA DE IMPRESION: A-3  
 ESCALA: INDICADA  
 FECHA: OCTUBRE 2022

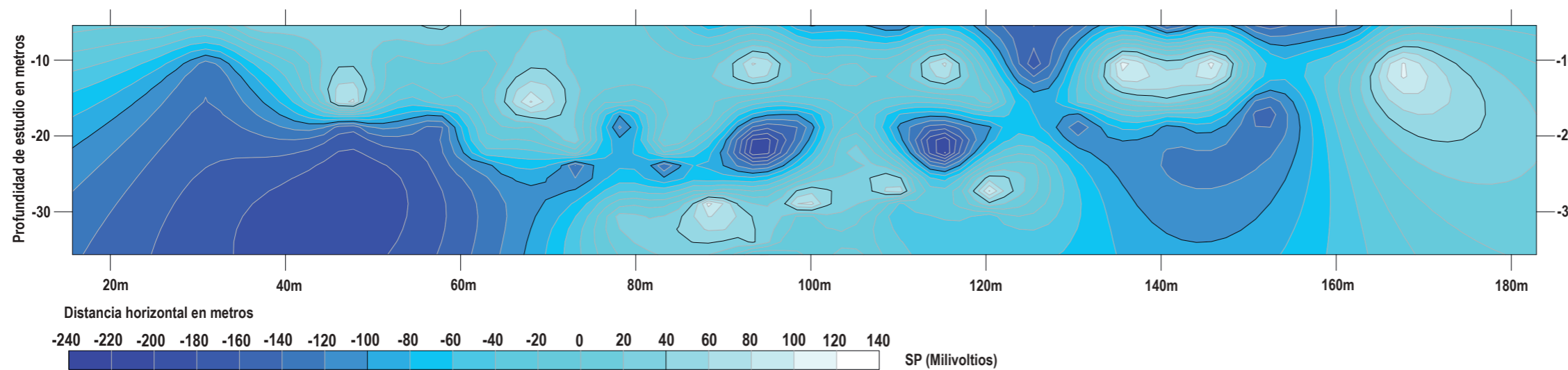
**14/18**

PERFIL 2D GEOFISICO INTERPRETADO

LINEA GEOFISICA N°07  
 SCHLUMBERGER

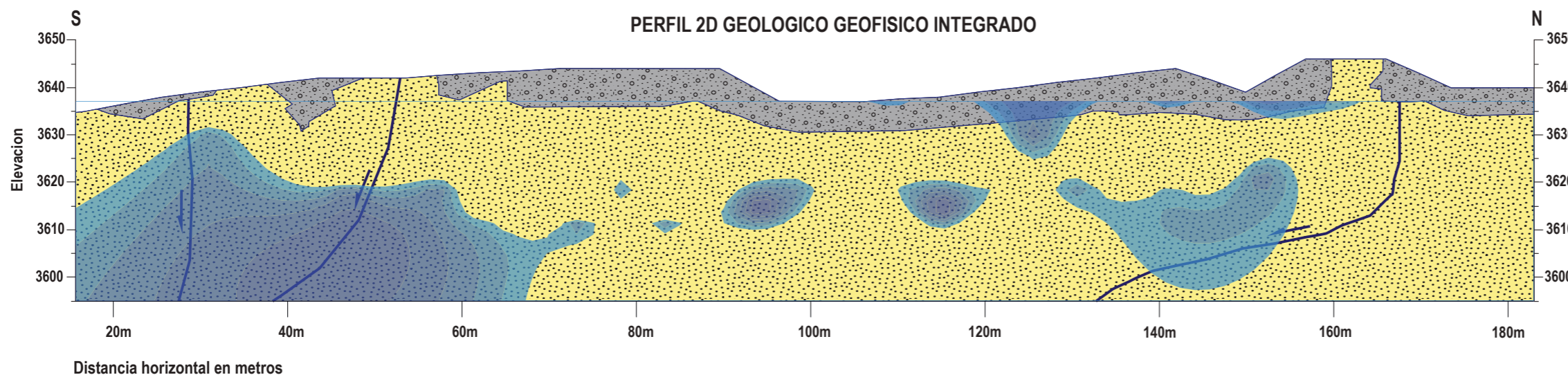


PERFIL 2D POTENCIAL ESPONTANEO



Zonas susceptibles a presentar filtracion de agua

PERFIL 2D GEOLOGICO GEOFISICO INTEGRADO



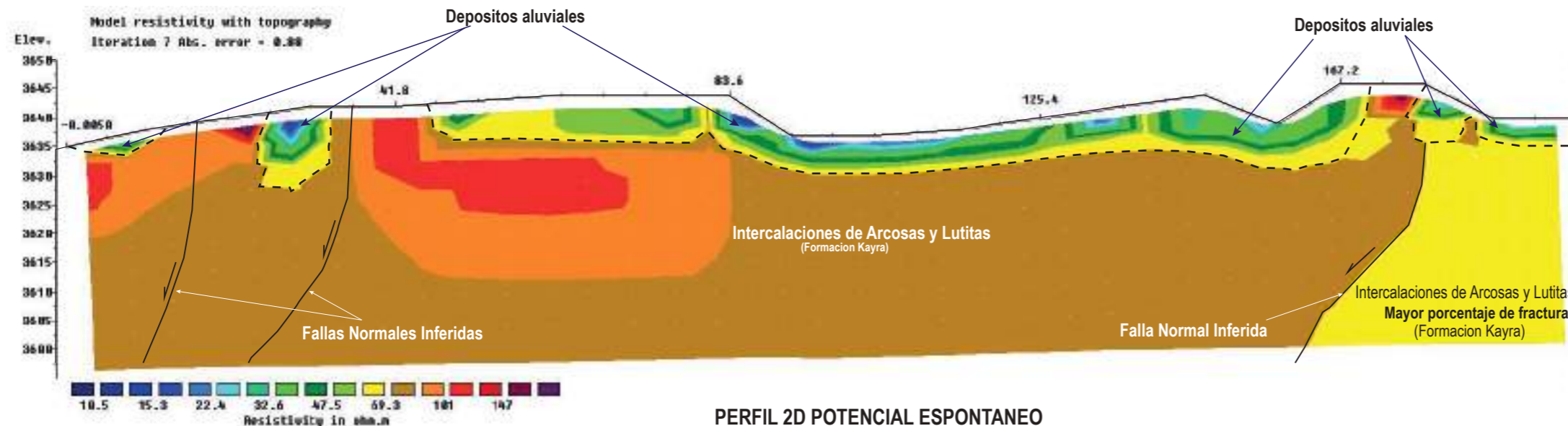
LEYENDA

- Intercalaciones de Arcosas y Lutitas (Formacion Kayra)
- Depositos aluviales
- Fallas normales inferidas

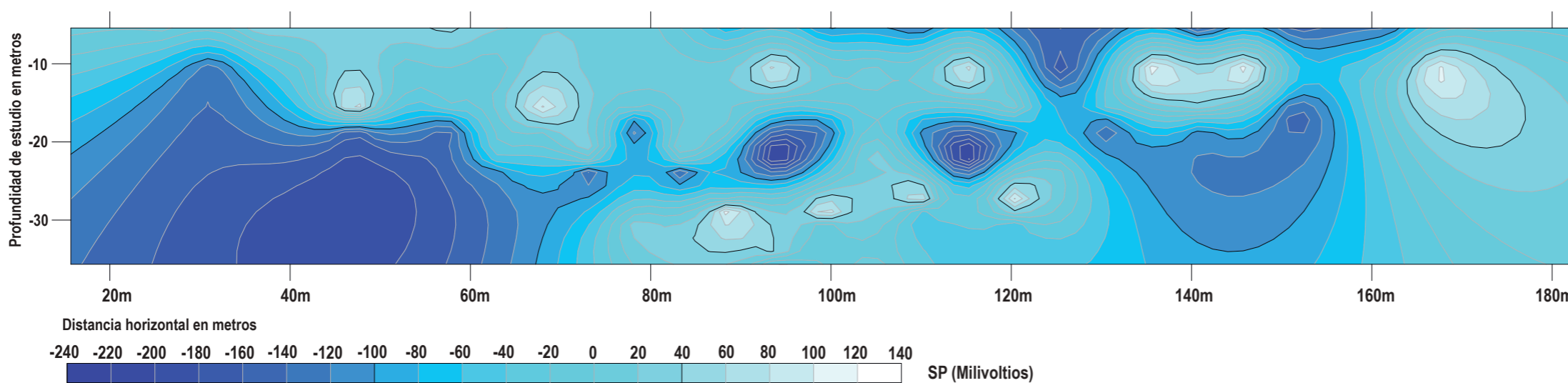
ESCALA HORIZONTAL: 1/599.977  
 ESCALA VERTICAL: 1/1103.219



PERFIL 2D GEOFISICO INTERPRETADO

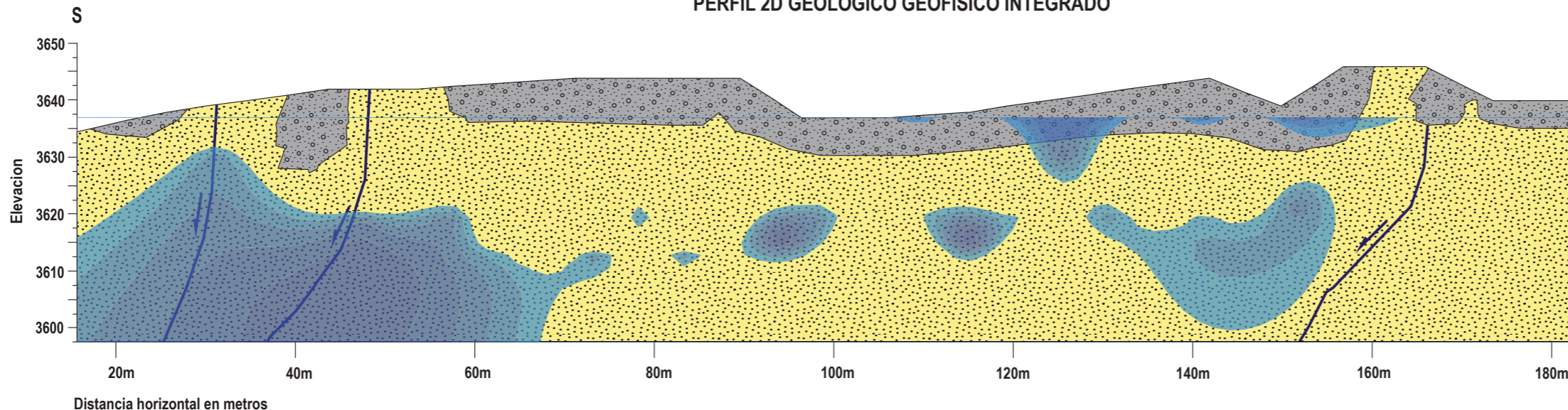


PERFIL 2D POTENCIAL ESPONTANEO



Zonas susceptibles a presentar filtracion de agua

PERFIL 2D GEOLOGICO GEOFISICO INTEGRADO



LEYENDA

- Intercalaciones de Arcosas y Lutitas (Formacion Kayra)
- Depositos aluviales
- Fallas normales inferidas

ESCALA HORIZONTAL: 1/599.062  
ESCALA VERTICAL: 1/943.802

LINEA GEOFISICA N°07  
WENNER-SCHLUMBERGER

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



TESIS:  
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO- MANDORANI, DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022

MAPA DE UBICACION EN LA MICROCUENCA



FOTOGRAFIAS DE CAMPO



LINEA GEOFISICA N° 07 WENNER-SCHLUMBERGER

ASESOR: MGT.ING. FREDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO  
ELABORADO POR: BACH. CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

SISTEMA DE COORDENADAS

PROYECCION: UTM  
DATUM HORIZONTAL: WGS84  
HUSO Y ZONA: 19L Sur



UBICACION  
SECTOR: CCORAO-MANDORANI  
DISTRITO: SAN SEBASTIAN  
PROVINCIA: CUSCO  
REGION: CUSCO

SECCION:  
SEC-15

LAMINA:  
ESCALA DE IMPRESION: A-3  
ESCALA: INDICADA  
FECHA: OCTUBRE 2022

15/18



### 7.3.8. LINEA GEOFÍSICA N°08

A lo largo del perfil 08, se desarrolló dos ensayos de tomografía eléctrica, uno con dispositivo schlumberger y otro con wenner-schulumberger, que se prospecto a lo largo de una extensión de 198.5 metros. Dando como resultado posterior al procesamiento un perfil de potencial espontaneo y dos perfiles geo eléctricos de resistividades reales.

En el perfil de potencial espontaneo de la línea 08 se ha identificado anomalías negativas que varían de -20 a -160 milivoltios que varían entre 0 a 40 metros de profundidad, dichas anomalías debido al potencial de electro filtración son zonas susceptibles a presentar filtraciones de agua, debido a mayor permeabilidad y porosidad(primaria) debido al mayor porcentaje de gravas y arenas en los depósitos aluviales. Ver figura N°110.

#### Fotografía N°37

*Tomografía eléctrica de la línea 08*

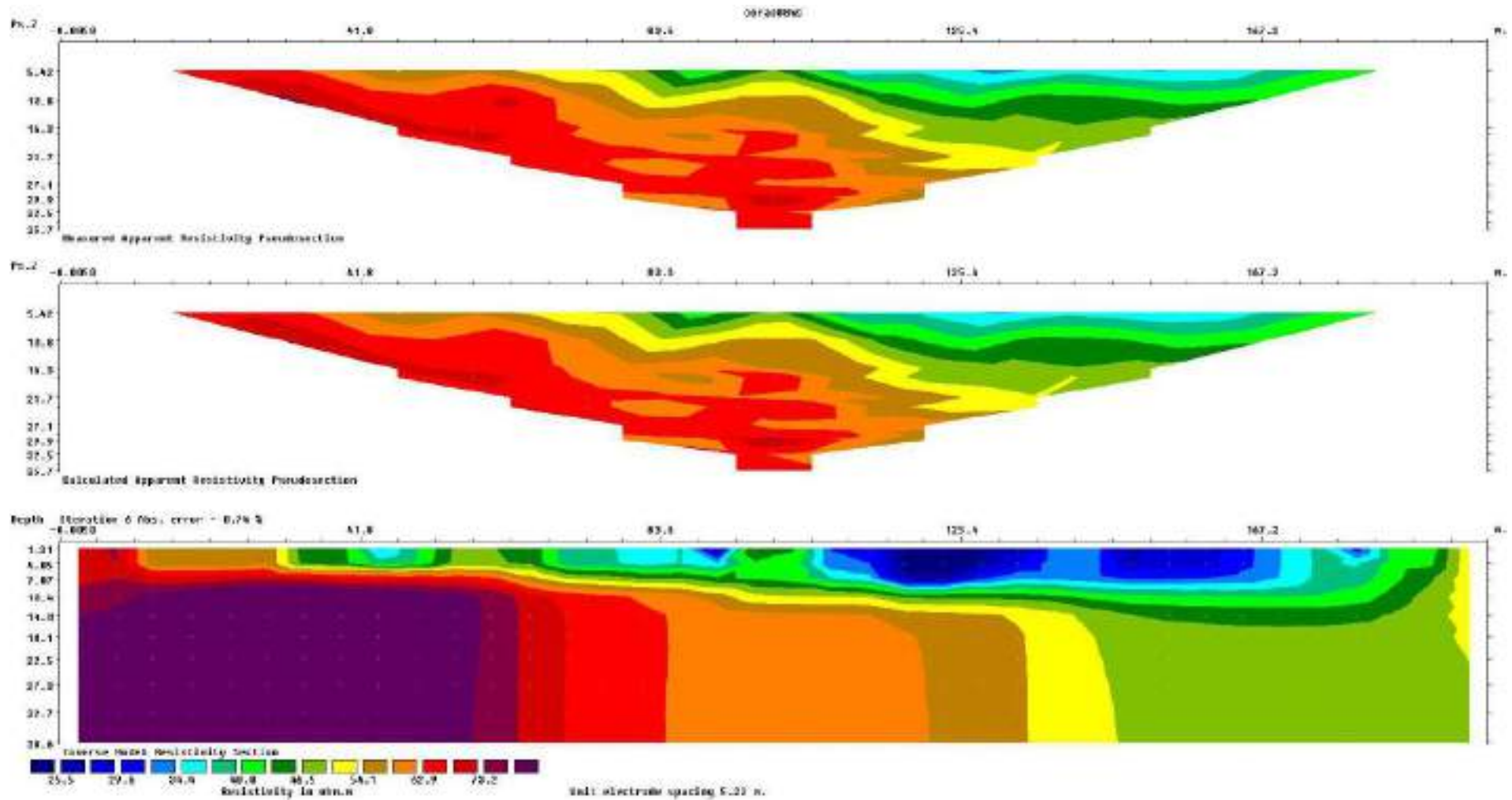






### Figura N°108

*Inversión de datos procesados línea 08*

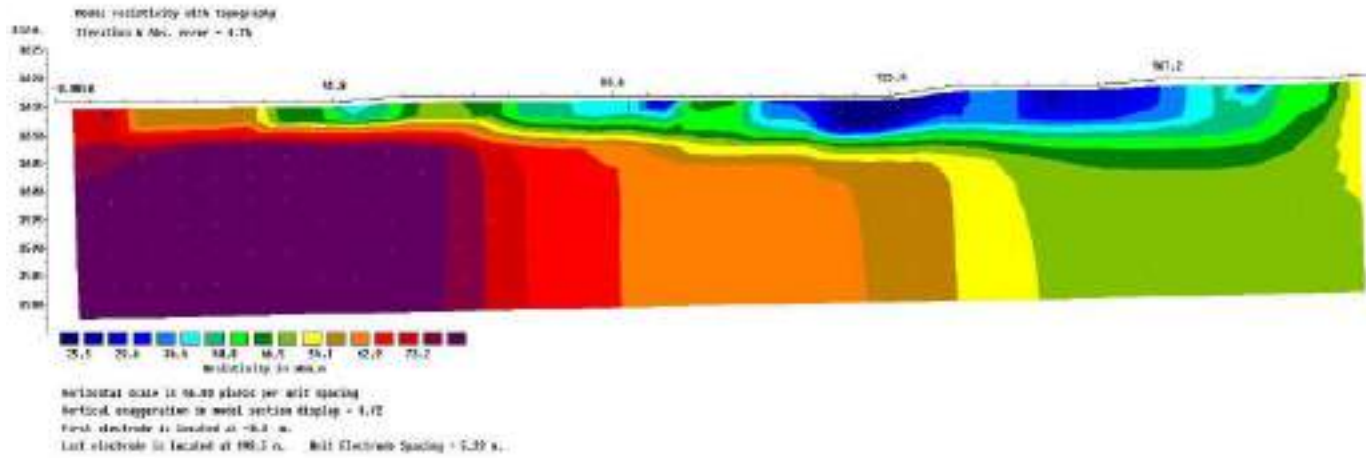


*Fuente: Elaboración propia.*



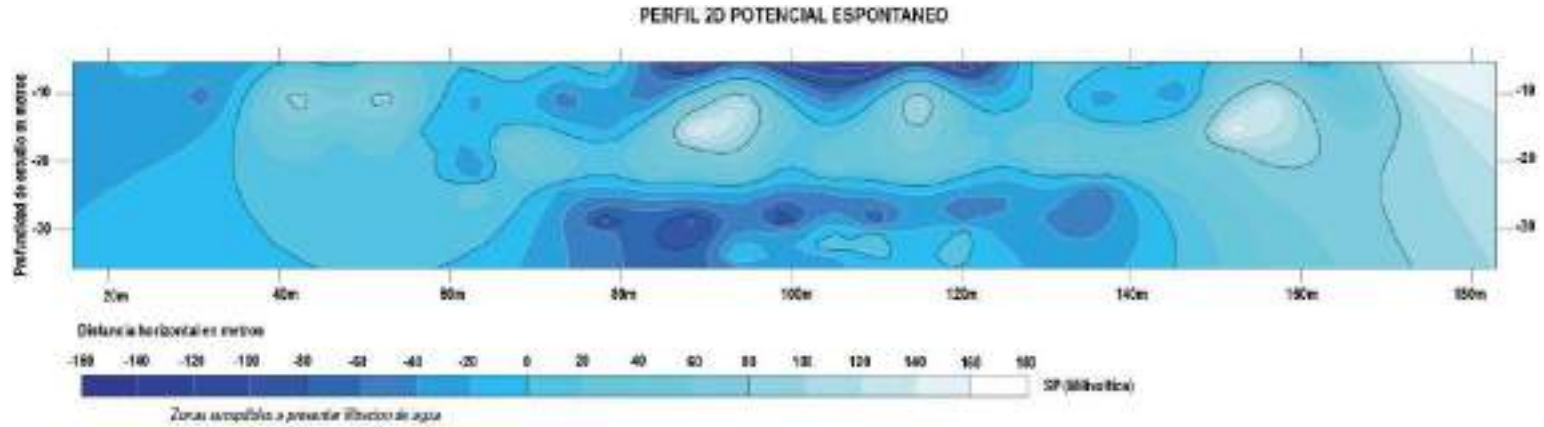
**Figura N°109**

*Perfil geo eléctrico de resistividades reales con topografía línea 08*



**Figura N°110**

*Perfil 2D de potencial espontaneo línea 08*



**Fuente:** *Elaboración propia.*



En las secciones geoelectricas de resistividades reales se ha inferido 2 litologías debido a las resistividades que poseen. La litología 1 de depósitos aluviales secos a húmedos con mayor contenido de arcillas y limos, que poseen resistividades que varían de 24.1 a 54.3 ohmios metro en el dispositivo schlumberger mientras que en el dispositivo wenner-schlumberger varían de 25.5 a 54.1 ohmios metro con profundidades desde superficie a más de 40 metros, la litología 2 de depósitos aluviales húmedos a saturados con mayor contenido de gravas y arenas, que poseen resistividades que varían de 54.3 a 75.1 ohmios metro en el dispositivo schlumberger mientras que en el dispositivo wenner-schlumberger varían de 54.1 a 73.2 ohmios metro con profundidades desde superficie a más de 40 metros. Ver figura N°111 y 112.

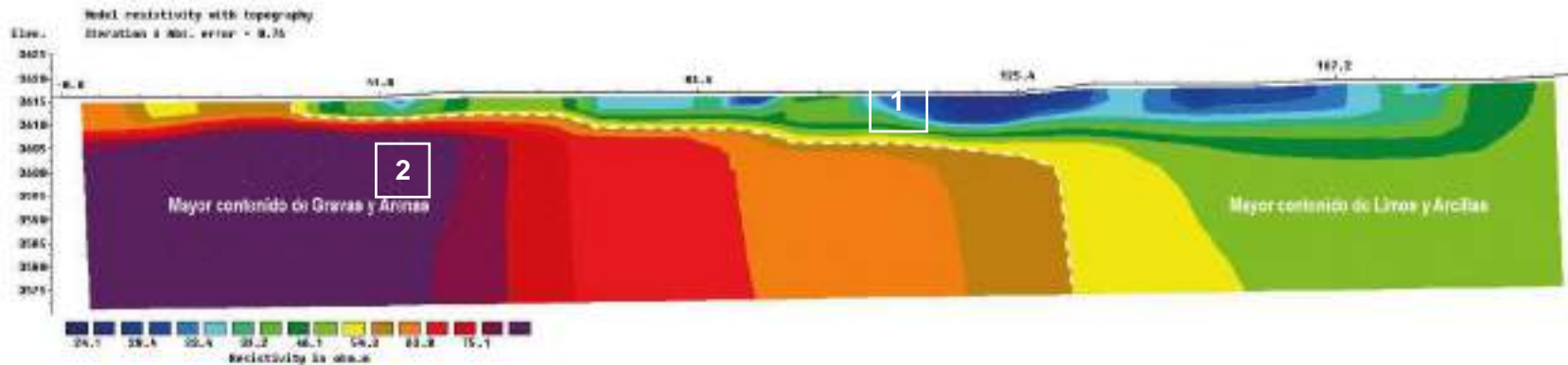
Por lo expuesto, la presencia de agua subterránea se encuentra en acuíferos libres (depósitos aluviales), que se infiere de las litologías 1 y 2, determinada por el perfil de resistividad real y potencial espontaneo, cabe resaltar que el agua subterránea no se encuentra de manera uniforme en el acuífero anteriormente descrito, sino en zonas puntuales por presentar mayor permeabilidad y porosidad primaria (mayor porcentaje de gravas y arenas). Ver figura N°113





**Figura N°111**

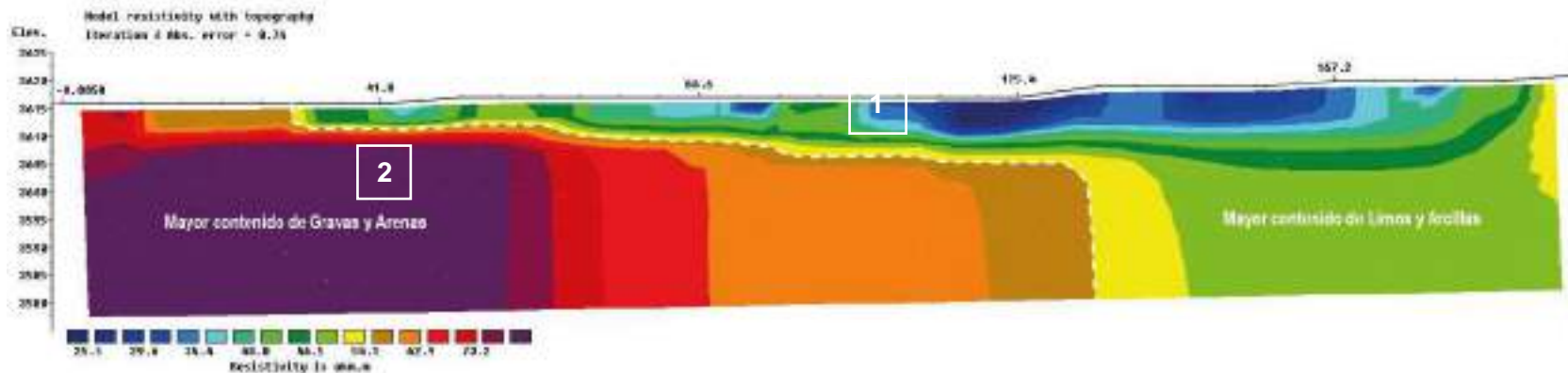
*Perfil 2D de resistividades reales con arreglo schlumberger interpretado línea 08*



*Fuente: Elaboración propia.*

**Figura N°112**

*Perfil 2D de resistividades reales con arreglo wenner-schlumberger interpretado línea 08*

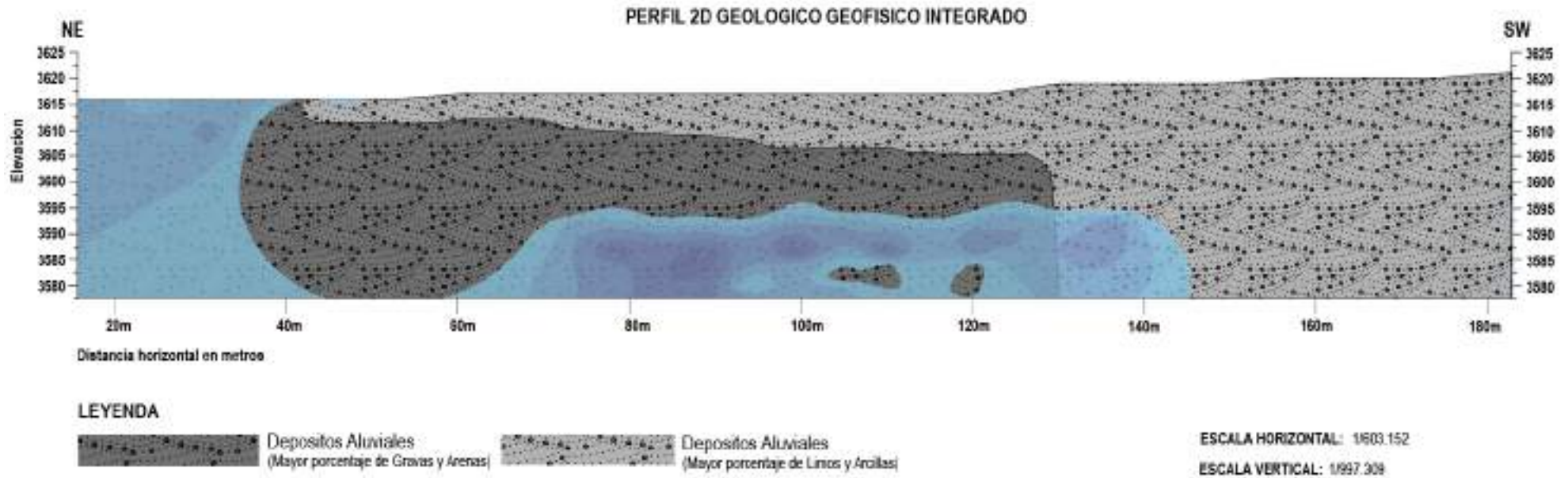


*Fuente: Elaboración propia.*



### Figura N°113

Perfil 2D interpretado geológicamente con presencia de aguas subterráneas línea 08



Fuente: Elaboración propia.

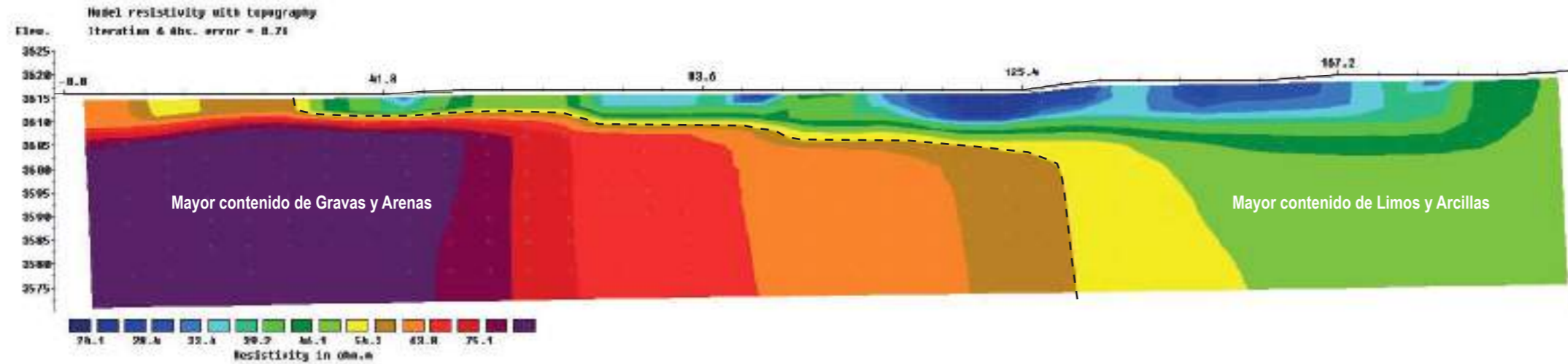
**LINEA GEOFISICA N°08  
SCHLUMBERGER**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

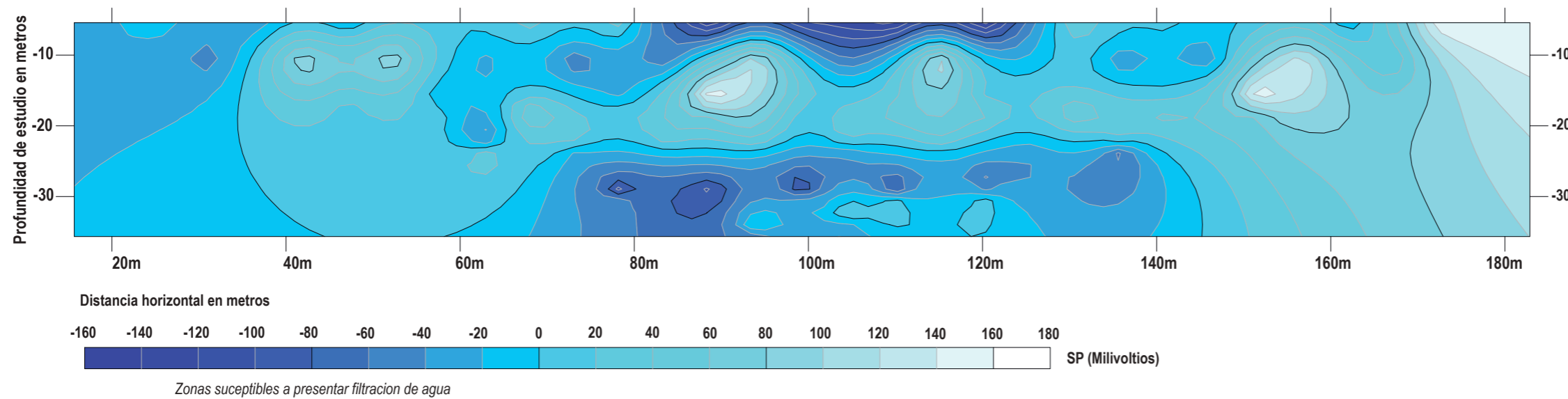


**TESIS:**  
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO  
EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DISTRITO DE  
SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022

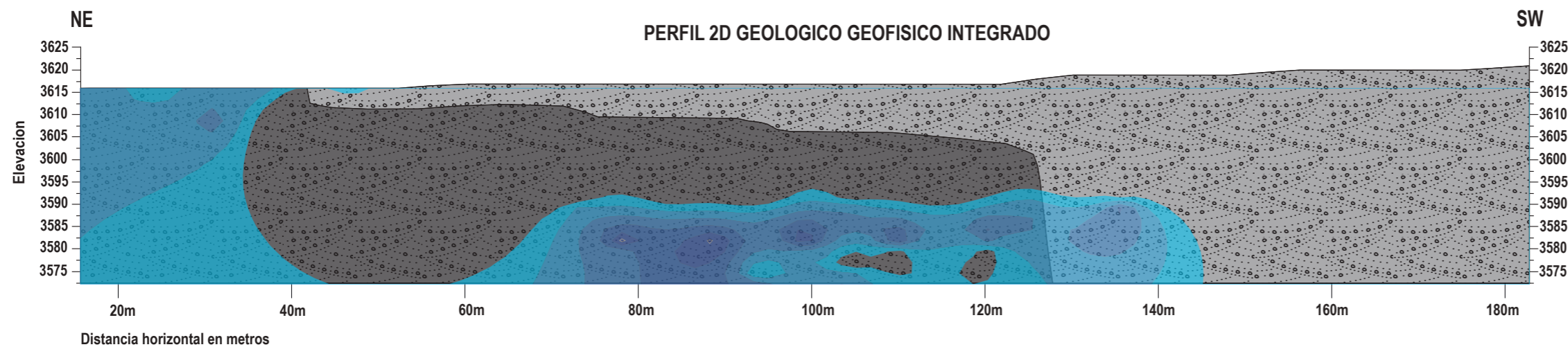
**PERFIL 2D GEOFISICO INTERPRETADO**



**PERFIL 2D POTENCIAL ESPONTANEO**



**PERFIL 2D GEOLOGICO GEOFISICO INTEGRADO**



**LEYENDA**

- Depositos Aluviales (Mayor porcentaje de Gravas y Arenas)
- Depositos Aluviales (Mayor porcentaje de Limos y Arcillas)

ESCALA HORIZONTAL: 1/604.73  
ESCALA VERTICAL: 1/1163.928

**MAPA DE UBICACION EN LA MICROCUENCA**



**FOTOGRAFIAS DE CAMPO**



**FOTOGRAFIA N°15**

Vista al SurOeste donde se aprecia el ensayo de tomografía electrica ERT

**FOTOGRAFIA N°16**

Vista al SurOeste donde se aprecia el ensayo de tomografía electrica ERT

**LINEA GEOFISICA N° 08 SCHLUMBERGER**

ASESOR: MGT.ING. FREDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO  
ELABORADO POR: BACH. CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

SISTEMA DE COORDENADAS		
PROYECCION:	UTM	
DATUM HORIZONTAL:	WGS84	
HUSO Y ZONA:	19L Sur	

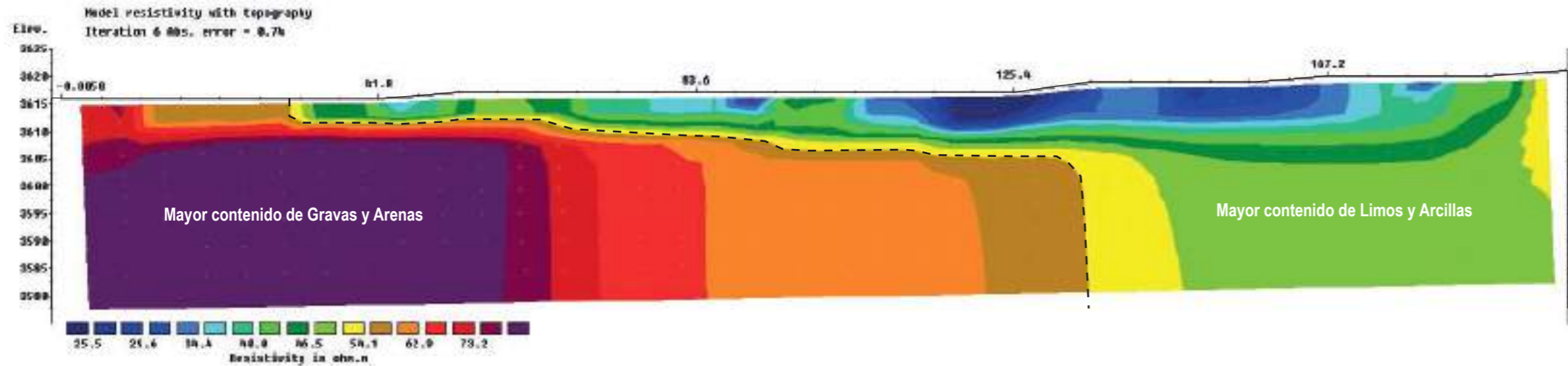
UBICACION		SECCION:
SECTOR:	CCORAO-MANDORANI	<b>SEC-16</b>
DISTRITO:	SAN SEBASTIAN	
PROVINCIA:	CUSCO	
REGION:	CUSCO	

LAMINA:	
ESCALA DE IMPRESION:	A-3
ESCALA:	INDICADA
FECHA:	OCTUBRE 2022

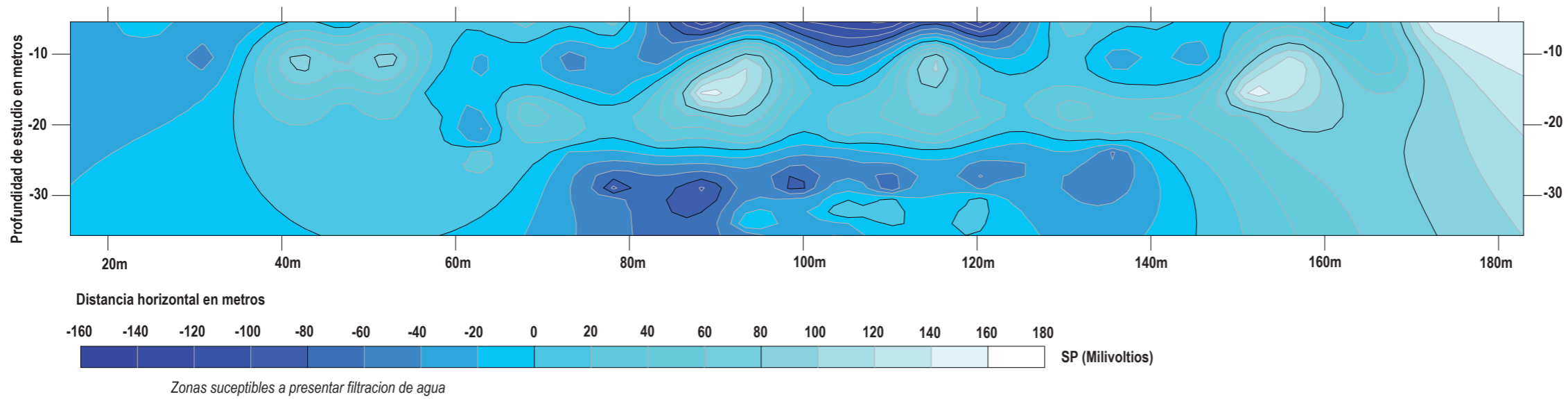


**LINEA GEOFISICA N°08  
WENNER-SCHLUMBERGER**

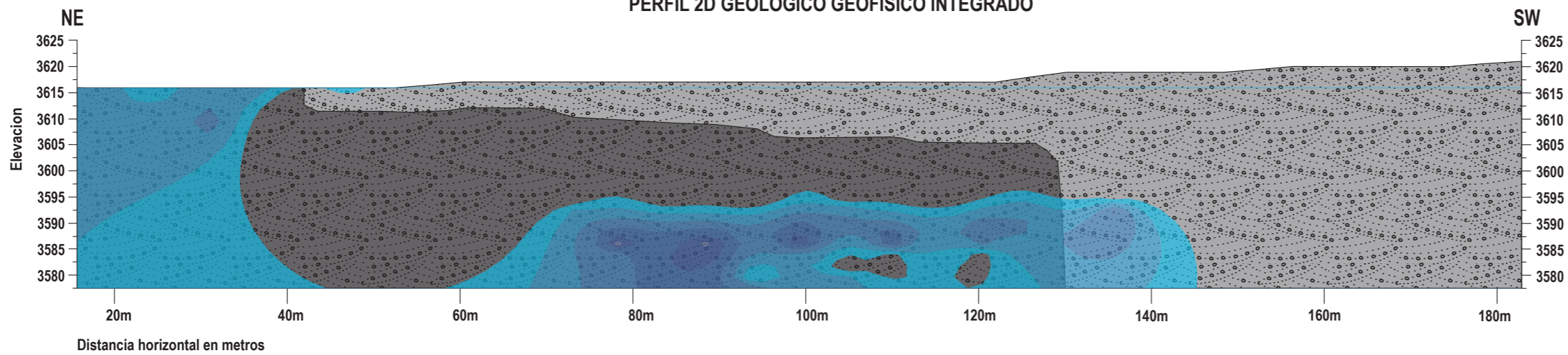
**PERFIL 2D GEOFISICO INTERPRETADO**



**PERFIL 2D POTENCIAL ESPONTANEO**



**PERFIL 2D GEOLOGICO GEOFISICO INTEGRADO**



**LEYENDA**

- Depositos Aluviales (Mayor porcentaje de Gravas y Arenas)
- Depositos Aluviales (Mayor porcentaje de Limos y Arcillas)

ESCALA HORIZONTAL: 1/603.152  
ESCALA VERTICAL: 1/997.309

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



TESIS:  
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO- MANDORANI, DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022

MAPA DE UBICACION EN LA MICROCUENCA



FOTOGRAFIAS DE CAMPO



LINEA GEOFISICA N° 08 WENNER-SCHLUMBERGER

ASESOR: MGT.ING. FREDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO  
ELABORADO POR: BACH. CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

SISTEMA DE COORDENADAS  
PROYECCION: UTM  
DATUM HORIZONTAL: WGS84  
HUSO Y ZONA: 19L Sur



UBICACION  
SECTOR: CCORAO-MANDORANI  
DISTRITO: SAN SEBASTIAN  
PROVINCIA: CUSCO  
REGION: CUSCO

SECCION:  
**SEC-17**

LAMINA:  
ESCALA DE IMPRESION: A-3  
ESCALA: INDICADA  
FECHA: OCTUBRE 2022

**17/18**



## CAPITULO VIII HIDROGEOLOGÍA

La hidrogeología de la microcuenca Ccorao-Mandorani, tiene naturaleza de estudios semidetallados, basado en información de campo y análisis de laboratorio. Los productos de campo se restringen a un estudio hidrogeológico en superficie, reforzada con la prospección geofísica de 8 líneas de tomografía eléctrica, así como el análisis de la hidroquímica de las aguas subterráneas mediante el muestreo de fuentes y análisis de resultados.

### 8.1. REGISTRO DE FUENTES HÍDRICAS

Al completarse el inventario de fuentes hídricas que se encuentran dentro de la zona de estudio, se ha determinado un total de 07 puntos de exploración que incluyen 6 manantes permanentes y un pozo dentro de la microcuenca Ccorao-Mandorani.

Para realizar el inventario hídrico se recurrió a la guía para realizar inventarios de fuentes de agua subterránea del ANA.

**Tabla 32**

*Inventario de fuentes hídricas en la microcuenca Ccorao-Mandorani*

Muestra	IRHS	Codificación	ESTE	NORTE	Elevación	Zona	Geología	Tipo
M-1	IRHS 08.01.05-MA-01	499497166-001	183055.00	8509185.00	3596.00	19L	Deposito Aluvial	Manante
M-2	IRHS 08.01.05-MA-02	499497166-002	183044.00	8509050.00	3591.00	19L	Deposito Aluvial	Manante
M-3	IRHS 08.01.05-MA-03	499497166-003	183045.00	8509061.00	3592.00	19L	Deposito Aluvial	Manante
M-4	IRHS 08.01.05-MA-04	499497166-004	183583.00	8508393.00	3602.00	19L	Deposito Aluvial	Manante
M-5	IRHS 08.01.05-MA-05	499497166-005	183551.00	8508347.00	3600.00	19L	Fm. Soncco	Manante
M-6	IRHS 08.01.05-MA-06	499497166-006	185062.00	8506101.00	3722.00	19L	Deposito Aluvial	Manante
M-7	IRHS 08.01.05-PP-01	499497166-007	183720.00	8508974.00	3577.00	19L	Deposito Aluvial	Pozo

**Fuente:** *Elaboración propia.*

Cabe resaltar que para determinar el caudal de los manantes se procedió a realizar el aforo por el método volumétrico y en cuanto al pozo se observó en cuanto tiempo se recargaba y con que caudal en promedio. Dando como resultado la siguiente tabla:



**Tabla 33**

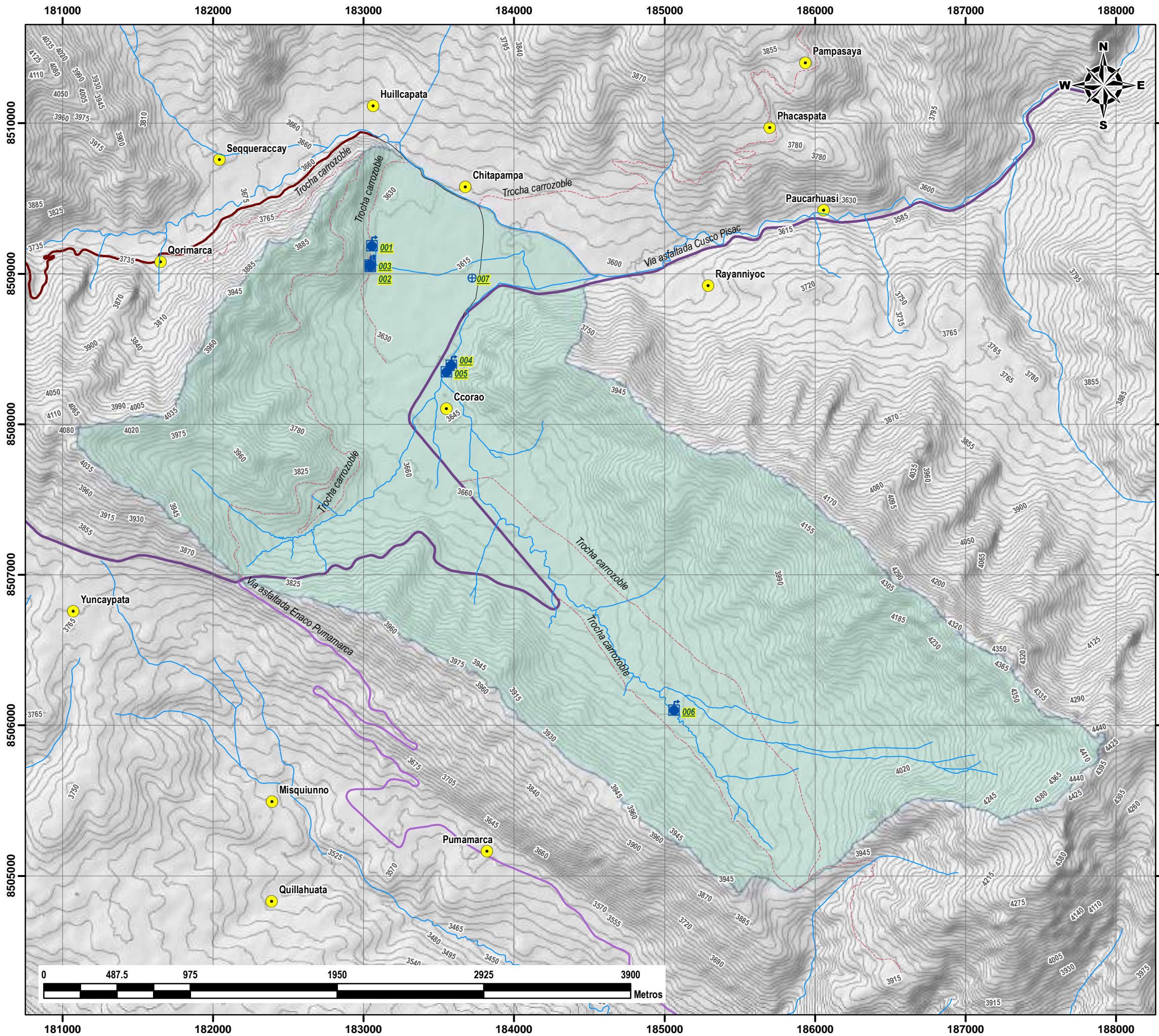
*Inventario de fuentes hídricas de acuerdo al caudal en la microcuenca Ccorao-Mandorani*

Muestra	IRHS	Codificación	Caudal (Ltr/Seg)	Clasificación Meizer	Sector/Quebrada
M-1	IRHS 08.01.05-MA-01	499497166-001	1.441	Sexta	Yanamayo
M-2	IRHS 08.01.05-MA-02	499497166-002	2.799	Sexta	Yanamayo
M-3	IRHS 08.01.05-MA-03	499497166-003	0.995	Séptimo	Yanamayo
M-4	IRHS 08.01.05-MA-04	499497166-004	0.199	Séptimo	Jatunpuquio
M-5	IRHS 08.01.05-MA-05	499497166-005	1.002	Sexta	Jatunpuquio
M-6	IRHS 08.01.05-MA-06	499497166-006	3.113	Quinta	Jatunpuquio
M-7	IRHS 08.01.05-PP-01	499497166-007	0.200	Séptimo	Yanamayo

**Fuente:** *Elaboración propia.*



# MAPA DE INVENTARIO DE FUENTES HIDRICAS DE LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI



TESIS:  
 ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022



**SIMBOLOGIA**

Drenaje	Microcuenca Ccorao-Mandorani
Curvas de Nivel 15m	Comunidades
<b>Vias de comunicacion</b>	<b>TIPO DE FUENTE HIDRICA</b>
Calle pavimentada-Ccorao-Huillcapata	Manantles
Carretera afirmada Huillcapata	Pozo
Trocha carrozoble	
Via asfaltada Cusco Pisac	
Via asfaltada Enaco Pumamarca	

**CODIFICACION**

4994971 6 6 - 001  
 Codigo de la unidad hidrografica de la Inter Cuenca Medio Bajo Vilcanota VII (ANA)  
 4994971  
 Codigo Cuenca Quesermayo  
 6  
 Codigo Microcuenca Ccorao Mandorani  
 6  
 Codigo Fuente Hidrica - 001

**Codigo en el mapa:**

**MAPA DE FUENTES HIDRICAS**

ASESOR: MGT.ING.FREDDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO  
 ELABORADO POR: BACH.CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

<b>SISTEMA DE COORDENADAS</b>		
PROYECCION:	UTM	
DATUM HORIZONTAL: HUSO Y ZONA:	WGS84 19L Sur	
<b>UBICACION</b>	<b>MAPA:</b>	
SECTOR:	CCORAO-MANDORANI	
DISTRITO:	SAN SEBASTIAN	
PROVINCIA:	CUSCO	
REGION:	CUSCO	<b>LAMINA:</b>
ESCALA DE IMPRESION:	A-3	<b>17/28</b>
ESCALA:	1:25000	
FECHA:	OCTUBRE 2022	





En este estudio se consideró el sistema propuesto por Meizer (1923), que clasifica las fuentes según su caudal, como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 34**

*Clasificación de la descarga de manantiales en la Microcuenca Ccorao-Mandorani*

Categoría	Unidad(L/s)	Manantiales
Primera	Superior a 2830	-
Segunda	Entre 283 y 2830	-
Tercera	Entre 28.3 y 283	-
Cuarta	Entre 10.0 y 28.3	-
Quinta	Entre 3.0 y 10.0	1
Sexta	Entre 1.0 y 3.0	3
Séptima	Menores de 1.0	2

**Fuente:** *Elaboración propia.*

De acuerdo a la tabla anteriormente descrita, los manantiales de **primera, segunda, tercera y cuarta** no existen en la zona de estudio.

Los manantiales de la microcuenca de estudio se agrupan de la siguiente manera:

- Un manantial de quinta categoría, en el sector de Jatunpuquio, identificado con el código **IRHS 08.01.05-MA-06**, de acuerdo a la guía para realizar inventarios de fuentes de agua subterránea del ANA, que posee 3.113 litros/segundo.
- Tres manantiales de sexta categoría, dos de los cuales, identificados con los códigos **IRHS 08.01.05-MA-01** y **IRHS 08.01.05-MA-02** en el sector Yanamayo, de acuerdo a la guía para realizar inventarios de fuentes de agua subterránea del ANA, que poseen 1.441 y 2.799 Litros/Segundo respectivamente, y por último el manante **IRHS 08.01.05-MA-05** en el sector Jatunpuquio, que posee 1.002 litros/segundo.



- Dos manantiales de séptima categoría, identificados con los códigos **IRHS 08.01.05-MA-03** del sector Yanamayo y **IRHS 08.01.05-MA-04** en el sector de Jatunpuquio, de acuerdo a la guía para realizar inventarios de fuentes de agua subterránea del ANA, que poseen 0.995 y 0.199 litros/segundo respectivamente.

### **Fotografía N°38**

*Manantial de sexta categoría IRHS 08.01.05-MA-01 (499497166-001) en el sector Yanamayo con 1.441 Litros/Segundo que proviene de depósitos aluviales depositados en al pie de un cerro formados por intercalaciones de areniscas y lutitas de la Formación Kayra.*







### Fotografía N°39

*Manantial de sexta categoría IRHS 08.01.05-MA-05 (499497166-005) en el sector Jatunpuquio con 1.002 litros/segundo que proviene de la Formación Soncco al pie de un cerro formado por intercalaciones de areniscas y lutitas, en este manante se observa una infraestructura de concreto sin embargo no es utilizada en ningún rubro sumando sus aguas al riachuelo que baja de la quebrada Jatunpuquio.*



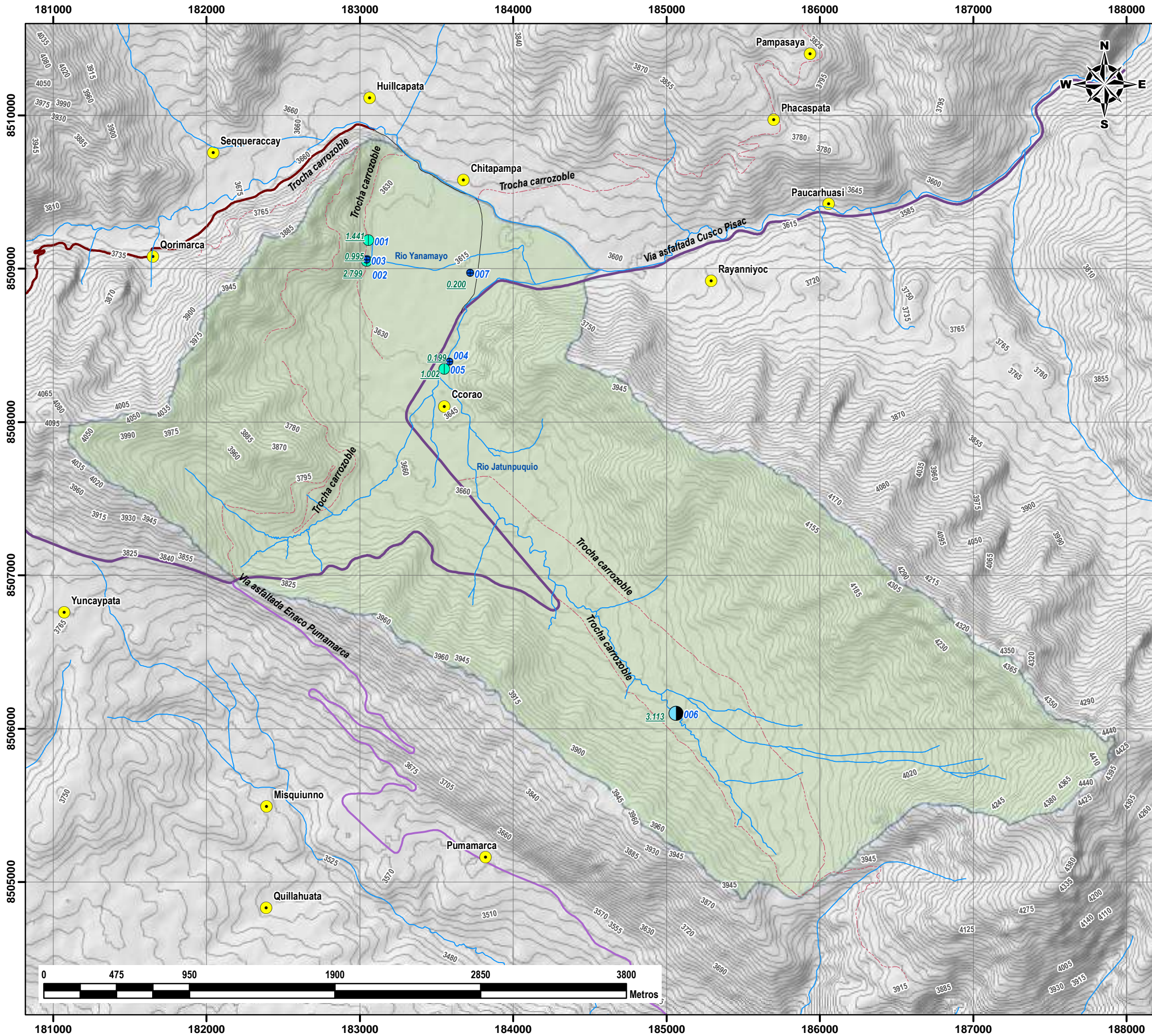
### Fotografía N°40

*Manantial de quinta categoría IRHS 08.01.05-MA-06 (499497166-006) en el sector Jatunpuquio con 3.113 litros/segundo que proviene de depósitos aluviales.*





# MAPA CLASIFICACIÓN DE CAUDALES DE LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



TESIS:  
 ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO  
 EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DISTRITO DE  
 SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022



**SIMBOLOGIA**

- Drenaje
- Curvas de Nivel 15m
- Vias de comunicacion
- Calle pavimentada-Ccorao-Huilcapata
- Carretera afirmada Huilcapata
- Trocha carrozable
- Via asfaltada Cusco Pisac
- Via asfaltada Enaco Pumamarca
- Comunidades
- Microcuenca Ccorao-Mandorani

**LEYENDA**

**CODIGO:** 499497166-001

**En el mapa:**

**Tabla de Clasificacion Meizer**

Caudal (Ltr/Seg)	Categoria	Nº Fuentes
3.0-10.0	Quinta	1
1.0-3.0	Sexta	3
<1	Septima	3

**Caudal Ltrs/Seg**

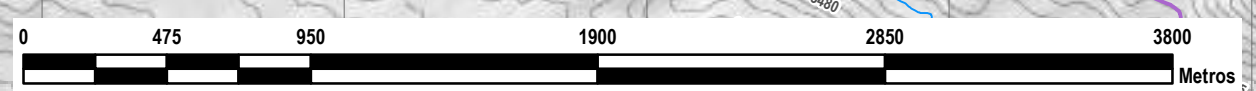
## MAPA CLASIFICACIÓN DE CAUDALES

ASESOR: MGT.ING.FREDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO  
 ELABORADO POR: BACH.CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

<b>SISTEMA DE COORDENADAS</b>		
PROYECCION:	UTM	
DATUM HORIZONTAL:	WGS84	
HUSO Y ZONA:	19L Sur	

<b>SECTOR:</b>	CCORAO-MANDORANI	<b>MAPA:</b> <b>MP-18</b>
<b>DISTRITO:</b>	SAN SEBASTIAN	
<b>PROVINCIA:</b>	CUSCO	
<b>REGION:</b>	CUSCO	

<b>ESCALA DE IMPRESION:</b>	A-3	<b>LAMINA:</b> <b>18/28</b>
<b>ESCALA:</b>	1:25000	
<b>FECHA:</b>	OCTUBRE 2022	







La caracterización hidrogeológica de la microcuenca Ccorao Mandorani, se desarrolló en base al mapeo geológico, manantes y pozos anteriormente descritos, así como las propiedades fisicoquímicas de las aguas subterráneas. Dichos parámetros nos permiten realizar el mapa hidrogeológico zonificando las rocas y suelos en términos de características de circulación y almacenamiento de agua subterránea.

## 8.2. EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS

Los parámetros hidrogeológicos importantes para un acuífero, están ligados a la permeabilidad y porosidad eficaz que presentan las formaciones geológicas, los cuales condicionan el almacenamiento y transporte del agua subterránea.

### 8.2.1. POROSIDAD

La porosidad de las rocas se define como el volumen de vacíos en relación al volumen total de la roca. El volumen de agua que puede obtenerse, de acuerdo con la definición de porosidad eficaz, corresponde al agua almacenada en los poros interconectados del medio, y que puede ser drenada por gravedad (Meizer, 1923).

**Tabla 35**

*Tabla de porosidades totales y eficaces de diversos materiales. Datos tomados de Johnson (1967), Davis (1969), Schoeller (1962), Muskat (1937), Meinzer (1923), Ward (1967), etc., y del propio autor. Algunos datos, en especial los referentes a m., deben tomarse con precauciones y según las circunstancias locales.*

Material		Porosidad total % m					Porosidad eficaz %me			Observaciones
Tipo	Descripción	Media	Normal		Extraordinaria		Media	Max	Min	
			Max	Min	Max	Min				
Rocas masivas	Granito	0.3	4	0.2	9	0.05	<0.02	0.5	0	A
	Caliza masiva	8	15	0.5	20		<0.05	1	0	B
	Dolomía	5	10	2			<0.05	2	0	B
Rocas metamórficas		0.5	5	0.2			<0.05	2	0	A
Rocas volcánicas	Piroclastos y tobas	30	50	10	60	5	<5	20	0	C, E





	Escorias	25	80	10		20	50	1	C, E	
	Pumitas	85	90	50		<5	20	0	D	
	Basaltos densos, fonolitas	2	5	0.1		<1	2	0.1	A	
	Basaltos vacuolares	12	30	5		5	10	1	C, E	
<b>Rocas sedimentarias consolidadas (ver rocas masivas)</b>	Pizarras sedimentarias	5	15	2	30	0.5	<2	5	0	E
	Areniscas	15	25	3	30	0.5	10	20	0	F
	Creta Blanda	20	50	10			1	5	0.2	B
	Caliza detrítica	10	30	1.5			3	20	0.5	
<b>Rocas sedimentarias sueltas</b>	Aluviones	25	40	20	45	15	15	55	5	E
	Dunas	35	40	30			20	30	10	
	Gravas	30	40	25	40	20	25	35	15	
	Loess	45	55	40			<5	10	0.1	E
	Arenas	35	45	20			25	35	10	
	Depósitos glaciares	25	35	15			15	30	5	
	Limos	40	50	35			10	20	2	E
	Arcillas sin compactar	40	50	35	85	30	2	10	0	E
	Suelos superiores	50	60	30			10	20	1	E

**Notas:** A= Aumenta m y me, por meteorización. B = Aumenta m y me, por fenómenos de disolución. C = Disminuye m y me, con la edad. D = Disminuye m y puede aumentar me con la edad. E = me muy variable según circunstancias y tiempo. F = Variable según el grado de cementación y su solubilidad.

**Fuente:** Custodio, E. & Llamas, M. (1983). Hidrología subterránea. (2nd Edición). ed. Barcelona: Omega, 2 t. Pag 468.



### 8.2.2. PERMEABILIDAD

La capacidad para que un fluido cualquiera atraviese una roca o suelo, permite establecer la velocidad de flujo de las aguas, que a su vez ayuda a la definición del tipo de acuífero.

Para las formaciones geológicas de la zona de estudio, la permeabilidad vertical se mide por infiltración puntual, que registra la conductividad hidráulica de rocas y suelos.

En cuanto a la permeabilidad en las rocas se divide en dos tipos:

- La permeabilidad propia (de intersticios) para rocas detríticas
- La permeabilidad adquirida, por fracturamiento, fisuración y alteración, observado generalmente en rocas volcánicas y calcáreas.

**Tabla 36**

*Clasificación de terrenos por permeabilidad según Benítez (1963)*

VALORES(m/día)	PERMEABILIDAD										
	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-1</sup>	1	10	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>
<b>Calificación</b>	Impermeable		Poco permeable		Algo permeable			Permeable		Muy permeable	
<b>Calificación del acuífero</b>	Acuicludo		Acuitardo		Acuífero pobre			Acuífero medio a bueno		Acuífero	
<b>Tipo de Materiales</b>	Arcilla compacta granito		Limo arenoso limo Arcilla limosa		Arena fina arena limosa caliza Fracturado			Arena limpia grava y arena fina		grava limpia	

**Fuente:** Custodio, E. & Llamas, M. (1983). *Hidrología subterránea. (2nd Edición).* ed. Barcelona: Omega, 2 t. Pag 473.



**Tabla 37**

*Clasificación de permeabilidad según Silin-Bekchurin para terrenos no consolidados*

Material	K (cm/s)	K (m/día)
Grava Limpia	>1	>1000
Arena gruesa limpia	1 a $10^{-2}$	1000 a 10
Mezcla de arena	$10^{-2}$ a $5 \cdot 10^{-3}$	10 a 5
Arena fina	$5 \cdot 10^{-3}$ a $10^{-3}$	5 a 1
Arena limosa	$2 \cdot 10^{-4}$ a $10^{-4}$	2 a 0.1
Limo	$5 \cdot 10^{-4}$ a $10^{-5}$	0.5 a 0.001
Arcilla	$< 10^{-6}$	<0.001

**Fuente:** Custodio, E. & Llamas, M. (1983). *Hidrología subterránea. (2nd Edición). ed. Barcelona: Omega, 2 t. Pag 471.*

De acuerdo a los parámetros anteriormente descritos podemos categorizar las unidades hidrogeológicas, en base a la porosidad y permeabilidad resumiéndola en la siguiente tabla de (Peña, 2010).

**Tabla 38**

*Permeabilidad y porosidad para clasificaciones hidrogeológicas según Peña*

Clasificación hidrogeológica	Porosidad	Permeabilidad
	(m)	(k)
Acuífero	Alta o moderada	Alta
Acuitardo	Alta o moderada	Baja
Acuicludo	Alta	Nula
Acuífugo	Nula o muy baja	Nula

**Fuente:** Peña, F.; Sánchez, M. & Pari, W. (2010). *Hidrogeología de la cuenca del río Ica. INGEMMET. Boletín. Serie H: Hidrogeología. Pag 50.*





### 8.2.3. ENSAYOS DE INFILTRACIÓN

Para el estudio de la Microcuenca Ccorao-Mandorani se calculó la permeabilidad superficial mediante el ensayo de permeabilidad puntual (método de Lefranc) como referencia para las diferentes litologías que conforman las formaciones geológicas.

El ensayo de permeabilidad mediante el método de lefranc, se basa en la infiltración puntual de agua sobre el subsuelo, bajo una carga constante. Para este fin, se usa un tubo de diámetro fijo(permeámetro) insertado sobre las fracturas o poros de la litología que se pretenden medir, posteriormente se vierte una cierta cantidad de agua en el permeámetro, que será absorbido y se producirá una caída dependiendo de la carga(caudal) y tiempo.

Este método ensayo de infiltración posee dos métodos:

#### 8.2.3.1. ENSAYO LEFRANC CON NIVEL VARIABLE

Consiste en hacer subir el nivel de agua hasta una la altura  $h_0$ , para luego medir dos nivele,  $h_1$  y  $h_2$ , donde transcurre un tiempo  $t$ . Cabe resaltar que este método solo es indicativo y poco fiable según Jiménez, 1981.

La conductividad hidráulica se determina por la siguiente formula:

$$K = \frac{d_e^2 \ln\left(\frac{2L}{d}\right)}{8 \cdot L \cdot t} \cdot \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right)$$

Donde:

$K$  = Conductividad Hidráulica

$h_1, h_2$  = Altura del agua al principio y al final del ensayo

$t$  = Tiempo transcurrido entre la observación de los niveles  $h_1$  y  $h_2$

$L$  = Longitud de la zona filtrante

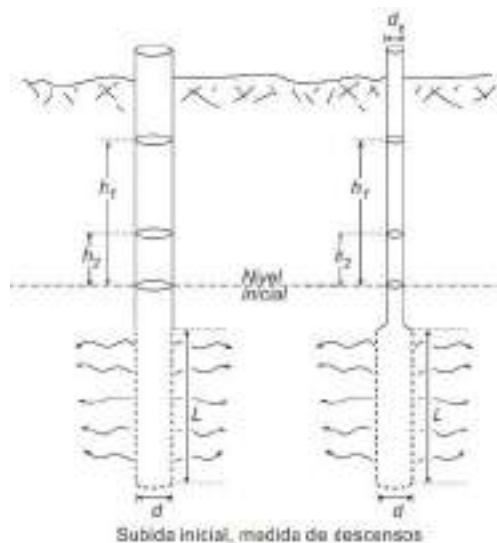
$d$  = Diámetro de la zona filtrante

$d_e$  = Diámetro de la entubación (puede ser igual a  $d$ )



### Figura N°114

#### Ensayo Lefranc con nivel variable



**Fuente:** Sánchez F. (2011). *Medidas puntuales de permeabilidad ("Slug Tests")*. Departamento geología. Universidad de Salamanca. Pag 3.

Para los ensayos de campo del presente estudio se utilizó el método de Lefranc con nivel variable. Por otro lado, se clasifico las formaciones geológicas y caracterizó como unidades hidrogeológicas en base a la siguiente tabla, que se recopila de varios autores:

**Tabla 39**

*Valores estimados de la conductividad hidráulica (metros/día), según varios autores*

	Doménico	Smith & W	Freeze	Fetter	Sanders
Grava	25 a 2500	100 a 10 <sup>5</sup>	100 a 10 <sup>6</sup>	10 a 1000	
Grava con arena					
Arena gruesa	0.1 a 500				1 a 100
Arena media	0.1 a 50	0.01 a 1000	1 a 1000 0.01 a 100	1 a 100	
Arena fina				0.01 a 100	0.01 a 1
Arena arcillosa	0.02 a 20			0.001 a 0.1	
Silt, loess	10 <sup>-4</sup> a 2	10 <sup>-4</sup> a 1	10 <sup>-4</sup> a 1	0.001 a 0.1	10 <sup>-4</sup> a 1
Arcilla	10 <sup>-6</sup> a 4*10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-7</sup> a 10 <sup>-3</sup>		10 <sup>-6</sup> a 10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-6</sup> a 10 <sup>-3</sup>
Arcilla marina inalterada	10 <sup>-7</sup> a 2*10 <sup>-4</sup>		10 <sup>-11</sup> a 10 <sup>-7</sup>		
<b>Rocas Sedimentarias</b>					
Calizas carstificadas	0.1 a 2000	0.05 a 0.5	0.1 a 1000		0.1 a 10 <sup>7</sup>



Calizas, dolomías	10 <sup>-4</sup> a 0.5	0.001 a 0.5	10 <sup>-4</sup> a 1	10 <sup>-4</sup> a 1
Areniscas	3*10 <sup>-5</sup> a 0.5	10 <sup>-5</sup> a 1	10 <sup>-5</sup> a 1	
Argilitas (siltstone)	10 <sup>-6</sup> a 0.001			
Pizarras sedimentarias (Shale) intactas	10 <sup>-8</sup> a 2*10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-8</sup> a 10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-4</sup> a 10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-4</sup> a 10 <sup>-8</sup>
Pizarras sed. (Shale) fracturadas/alteradas		10 <sup>-4</sup> a 1		
Basalto inalterado, sin fracturar		10 <sup>-6</sup> a 10 <sup>-3</sup>		10 <sup>-6</sup> a 10 <sup>-3</sup>
Basalto fracturado/vesicular cuaternario		10 a 1000		0.1 a 10 <sup>6</sup>
Escorias basálticas		0.001 a 1000		
<b>Rocas cristalinas</b>				
Basalto permeable	0.03 a 2000		0.02 a 1000	
Rocas ígneas y metamórficas sin fracturar	10 <sup>-9</sup> a 10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-9</sup> a 10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-9</sup> a 10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-9</sup> a 10 <sup>-5</sup>
Rocas ígneas y metamórficas fracturadas	0.001 a 25	10 <sup>-5</sup> a 1	0.0005 a 20	10 <sup>-5</sup> a 1
Granito alterado	0.3 a 5			
Gabro alterado	0.05 a 0.3			

**Fuente:** Carpio, J. & Peña, F. (2020). Hidrogeología de la cuenca del río Tambo (1318) regiones Arequipa, Moquegua y Puno. INGEMMET, Boletín, Serie H. Pag 101.





### Fotografía N°41

*Ensayo de infiltración realizado en depósitos aluviales.*



Luego de realizado 14 ensayos de infiltración insitu, se ha obtenido los siguientes los valores de acuerdo al tipo de formación observados, y a su vez caracterizaron hidrogeológicamente a las formaciones geológicas de la zona de estudio, que se resume en la siguiente tabla:



**Tabla 40**

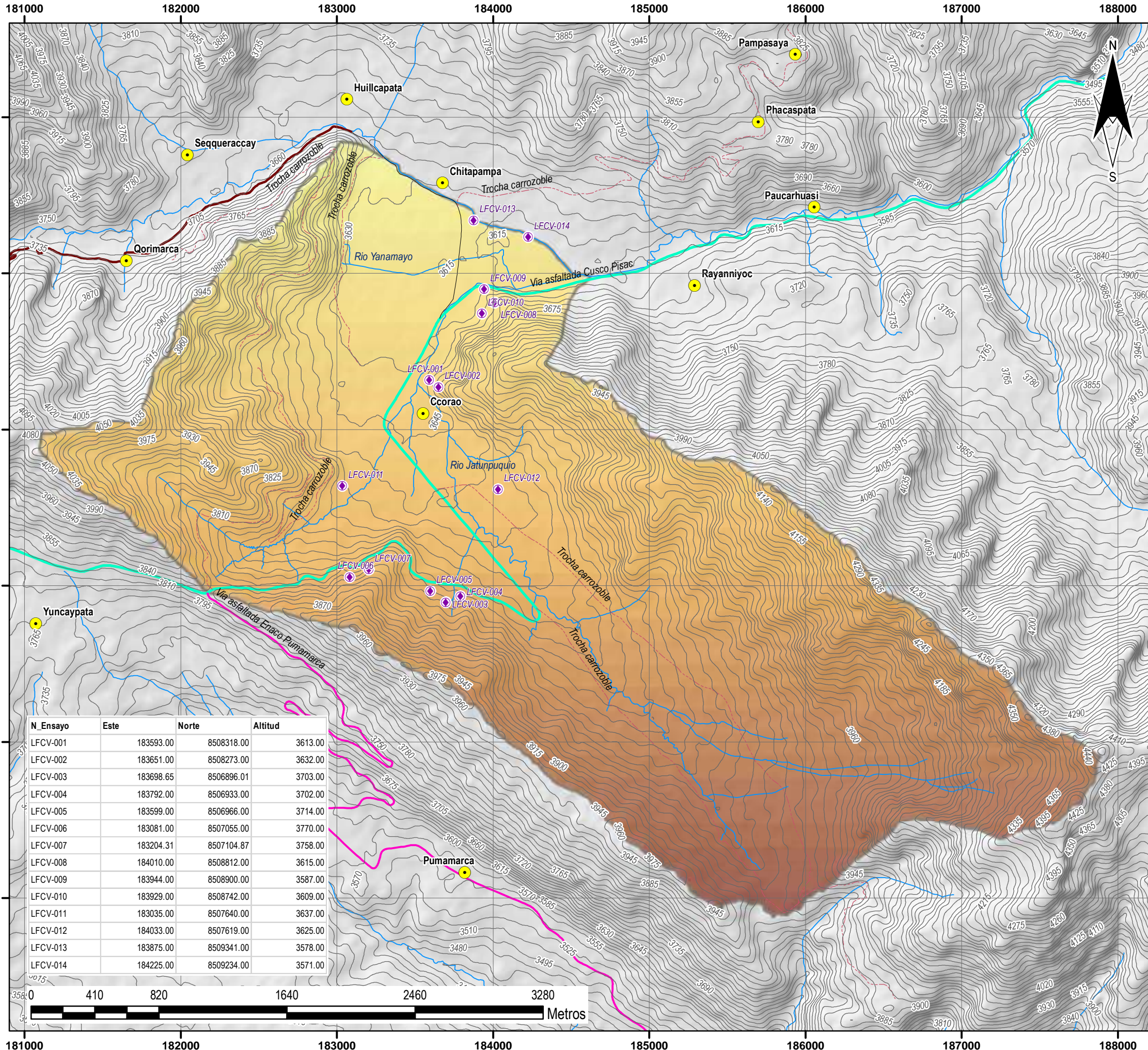
*Caracterización hidrogeológica de las formaciones geológicas en la microcuenca Ccorao Mandorani*

Cód.	Formación Geológica	Cod. Geol.	UTM		Altitud	K (m/día)	Clasificación	Caracterización Hidrogeológica	Símbolo hidrogeológico
			Este	Norte					
LFCV-001	Fm. Soncco Arenisca	Peo-so	183593	8508318	3613	0.10658	Acuífero	Acuífero Fisurado Sedimentario	AFS-so
LFCV-002	Fm. Soncco Lutita	Peo-so	183651	8508273	3632	0.00463	Acuitardo		
LFCV-009	Fm. Kayra Arenisca	Peo-ky	183944	8508900	3587	0.14772	Acuífero	Acuífero Fisurado Sedimentario	AFS-ky
LFCV-008	Fm. Kayra Lutita	Peo-ky	184010	8508812	3615	0.00583	Acuitardo		
LFCV-007	Fm. Chilca Arenisca	Pp-ch	183204	8507104	3758	0.00977	Acuitardo	Acuitardo Sedimentario	ATS-ch
LFCV-006	Fm. Chilca Lutita	Pp-ch	183081	8507055	3770	0.00583	Acuitardo		
LFCV-004	Fm. Quilque Arenisca	Pp-qu	183792	506933	3702	0.00771	Acuitardo	Acuitardo Sedimentario	ATS-qu
LFCV-005	Fm. Quilque Lutita	Pp-qu	183599	8506966	3714	0.00325	Acuitardo		
LFCV-003	Dep. Coluviales	Q-co	183698	8506896	3703	0.00547	Acuitardo	Acuitardo no consolidado	ATNC-co
LFCV-010	Dep. Coluviales	Q-co	183929	8508742	3609	0.00603	Acuitardo		
LFCV-011	Dep. Aluviales	Q-al	183035	8507640	3637	0.00885	Acuitardo	Acuitardo no consolidado	ATNC-al
LFCV-012	Dep. Aluviales	Q-al	184033	8507619	3625	0.00905	Acuitardo		
LFCV-013	Dep. Fluviales	Q-fl	183875	8509341	3578	3.07846	Acuífero	Acuífero poroso no consolidado	APNC-fl
LFCV-014	Dep. Fluviales	Q-fl	184225	8509234	3571	3.02695	Acuífero		

**Fuente:** *Elaboración propia.*



# MAPA DE ENSAYOS DE INFILTRACION EN LA MICROCUENCA CCORAO MANDORANI



N_Ensayo	Este	Norte	Altitud
LFCV-001	183593.00	8508318.00	3613.00
LFCV-002	183651.00	8508273.00	3632.00
LFCV-003	183698.65	8506896.01	3703.00
LFCV-004	183792.00	8506933.00	3702.00
LFCV-005	183599.00	8506966.00	3714.00
LFCV-006	183081.00	8507055.00	3770.00
LFCV-007	183204.31	8507104.87	3758.00
LFCV-008	184010.00	8508812.00	3615.00
LFCV-009	183944.00	8508900.00	3587.00
LFCV-010	183929.00	8508742.00	3609.00
LFCV-011	183035.00	8507640.00	3637.00
LFCV-012	184033.00	8507619.00	3625.00
LFCV-013	183875.00	8509341.00	3578.00
LFCV-014	184225.00	8509234.00	3571.00

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



TESIS:  
 ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO  
 EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DISTRITO DE  
 SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022



**SIMBOLOGIA**

- Drenaje
- Comunidades
- Pruebas de Infiltracion
- Curvas de Nivel 15m

**LEYENDA**

- Microcuenca Ccorao-Mandorani

**Vias de Comunicacion**

- Calle pavimentada-Ccorao-Huillcapata
- Carretera afirmada Huillcapata
- Trocha carrozoble
- Via asfaltada Cusco Pisac
- Via asfaltada Enaco Pumamarca

**MAPA DE ENSAYOS DE INFILTRACION**

ASESOR: MGT.ING.FREDDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO  
 ELABORADO POR: BACH.CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

**SISTEMA DE COORDENADAS**

PROYECCION: UTM  
 DATUM HORIZONTAL: WGS84  
 HUSO Y ZONA: 19L Sur



**UBICACION**

SECTOR: CCORAO-MANDORANI  
 DISTRITO: SAN SEBASTIAN  
 PROVINCIA: CUSCO  
 REGION: CUSCO

**MAPA:**  
**MP-19**

**LAMINA:**  
**19/28**

ESCALA DE IMPRESION: A-3  
 ESCALA: 1:25000  
 FECHA: DICIEMBRE 2022





### 8.3. DIRECCIÓN DE FLUJO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

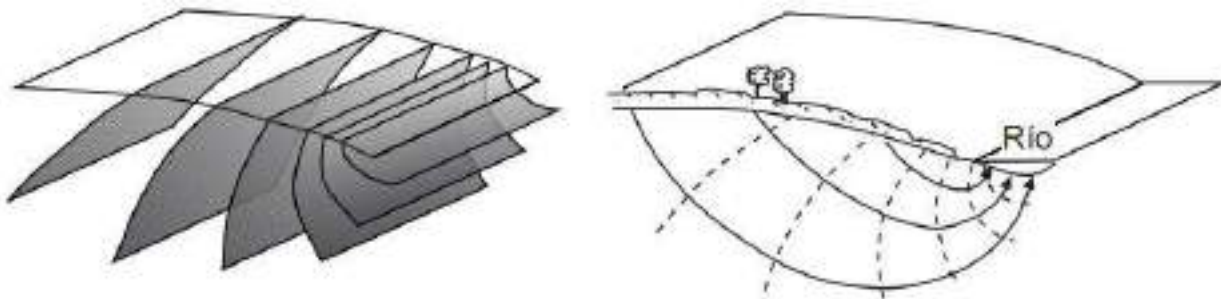
El flujo de agua a través de los suelos y rocas, se percibe como un sistema complejo debido al cambio aleatorio en la permeabilidad, que puede cambiar de un sector a otro, así como sus diversas direcciones, a pesar de ello se puede estudiar de manera esquemática para representar por medio de redes de flujo.

Las redes de flujo están compuestas entre las líneas de flujo y las líneas equipotenciales. Las líneas de flujo se definen como las curvas en las que las moléculas líquidas se mueven y se fijan en el tiempo. Mientras que las líneas equipotenciales (isopiezas) son lugares geométricos del flujo donde la superficie libre de agua es constante.

Cabe resaltar que las líneas de flujo nos permiten identificar las zonas de recarga de acuíferos y también el reconocimiento de contaminación, entre otros.

#### Figura N°115

*Superficies equipotenciales bajo una ladera*



**Fuente:** Sánchez F. (2011). *Hidráulica subterránea: Principios básicos*. Departamento geología. Universidad de Salamanca. Pag 3.

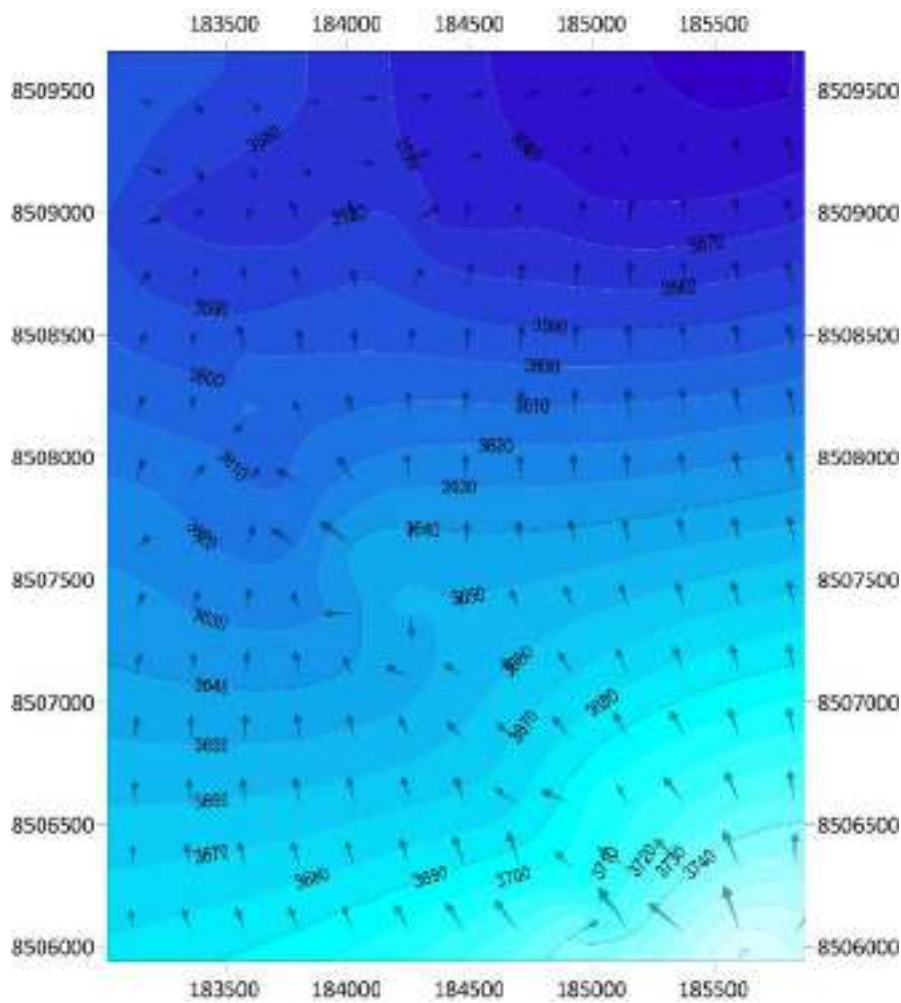
Para poder desarrollar la construcción de la red de flujo al carecer de datos piezométricos se tomó como dato alternativo las altitudes de los manantiales y las profundidades de las posibles filtraciones de acuerdo a las tomografías eléctricas tratadas en capítulos anteriores. Es de resaltar que este resultado solo es referencial y conceptual.

Los cuales se observan con mayor detalle en las figuras siguientes, así como el mapa 20 de red de flujo.



**Figura N°116**

*Interpretación 2D de las isohipsas freáticas y las direcciones de flujo de la microcuenca de estudio*

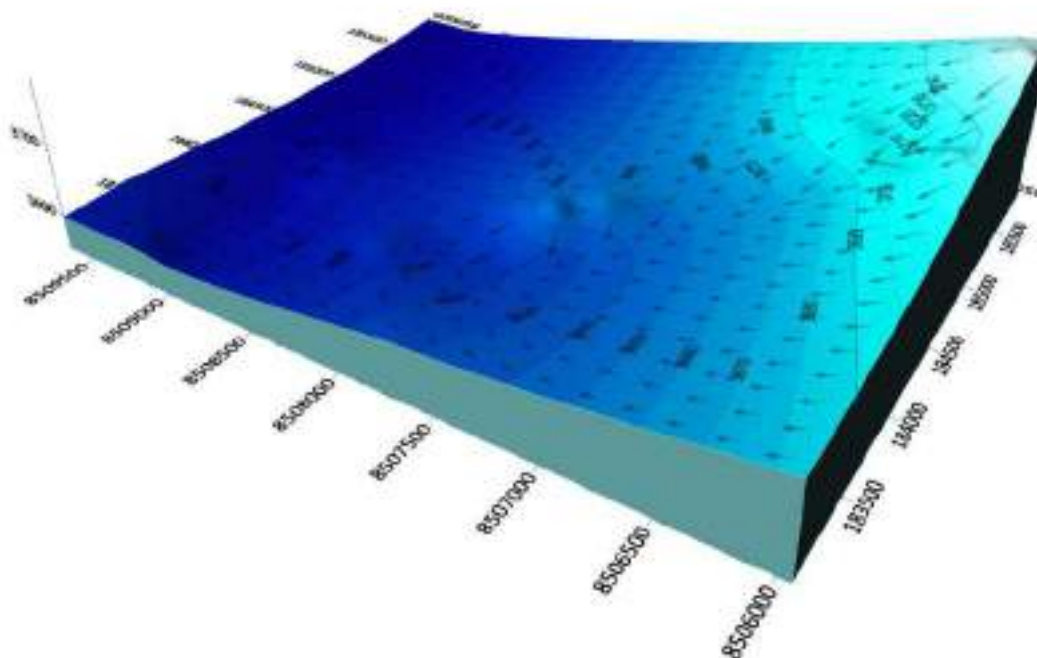


**Fuente:** *Elaboración propia.*



**Figura N°117**

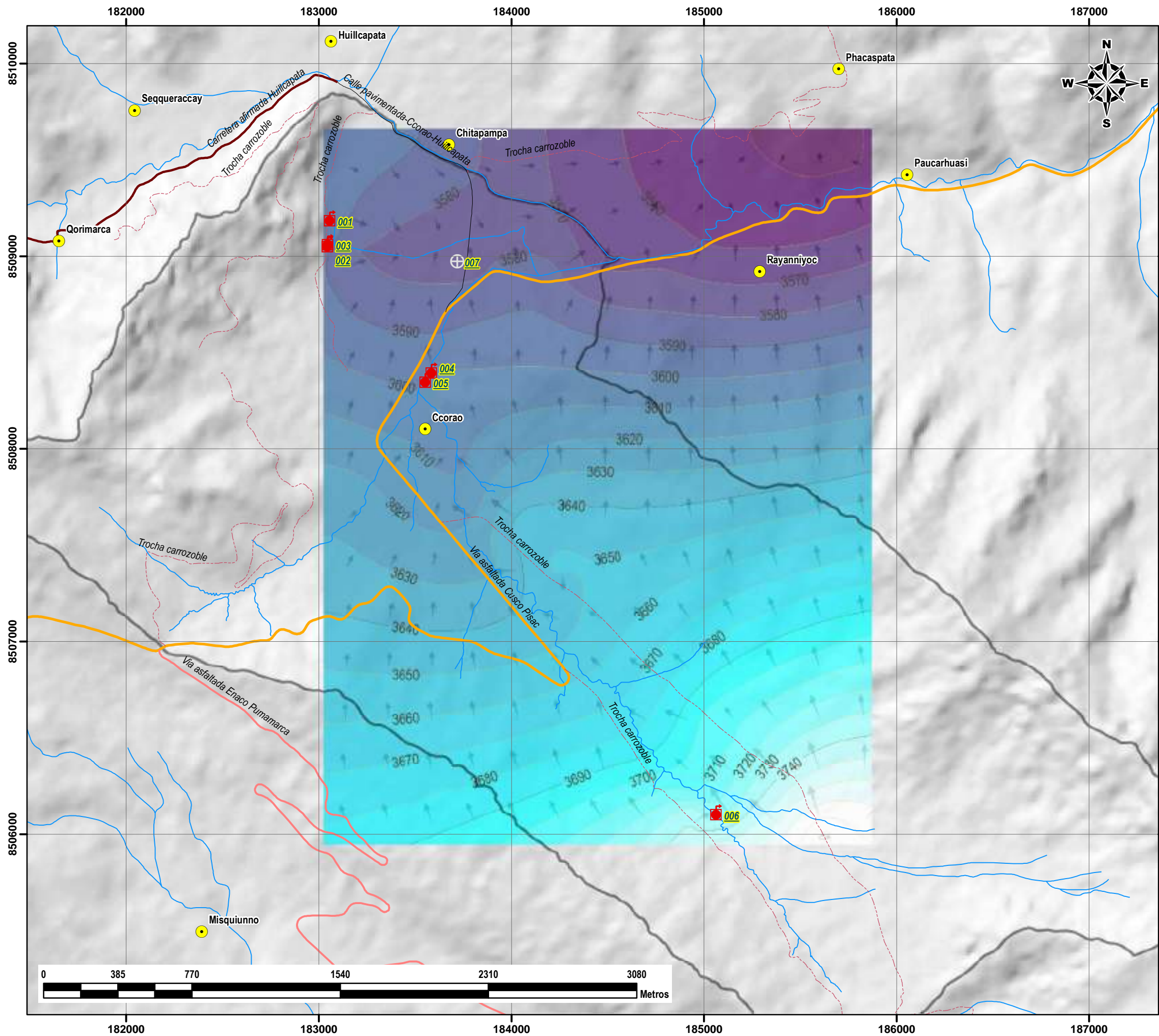
*Interpretación 3D de las isohipsas freáticas y las direcciones de flujo de la microcuenca de estudio*



**Fuente:** *Elaboración propia.*



# MAPA DE ISOHIPSAS FREATICAS Y LINEAS DE FLUJO DE LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI

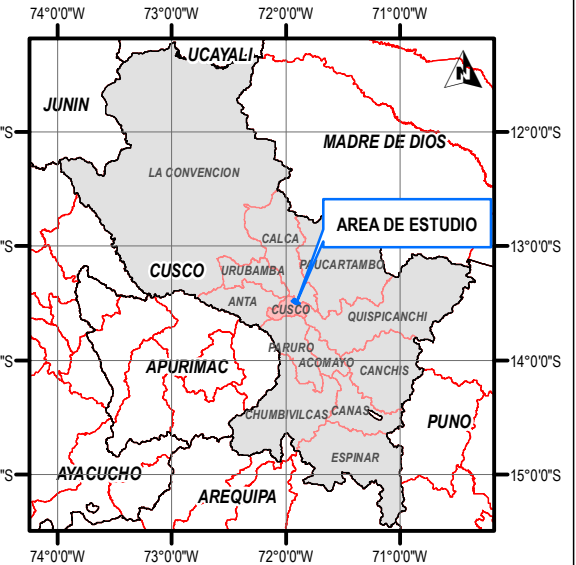


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



**TESIS:**  
 ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO  
 EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DISTRITO DE  
 SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022

## MAPA DE UBICACION REGIONAL



<b>SIMBOLOGIA</b>	<b>LEYENDA</b>
Drenaje	Manantes
Comunidades	Pozo
<b>Vias de comunicacion</b>	<b>TIPO DE FUENTE HIDRICA</b>
Calle pavimentada-Ccorao-Huillcapata	Manantes
Carretera afirmada Huillcapata	Pozo
Trocha carrozoble	
Via asfaltada Cusco Pisac	
Via asfaltada Enaco Pumamarca	

**CODIFICACION**  
 4994971 6 6 - 001  
 Codigo de la unidad hidrografica de la  
 Inter Cuenca Medio Bajo Vilcanota VII (ANA)  
 4994971  
 Codigo Cuenca Quesermayo  
 6  
 Codigo Microcuenca Ccorao Mandorani  
 6  
 Codigo Fuente Hidrica  
 - 001

**Codigo en el mapa:**  
 001

**MAPA DE ISOHIPSAS FREATICAS Y LINEAS DE FLUJO**  
**ASESOR:** MGT.ING.FREDDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO  
**ELABORADO POR:** BACH.CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

<b>SISTEMA DE COORDENADAS</b>		
PROYECCION:	UTM	
DATUM HORIZONTAL:	WGS84	
HUSO Y ZONA:	19L Sur	
<b>UBICACION</b>		<b>MAPA:</b>
SECTOR:	CCORAO-MANDORANI	<b>MP-20</b>
DISTRITO:	SAN SEBASTIAN	
PROVINCIA:	CUSCO	
REGION:	CUSCO	
<b>ESCALA DE IMPRESION:</b>		<b>LAMINA:</b>
A-3		<b>20/28</b>
<b>ESCALA:</b> 1:20000		
<b>FECHA:</b> NOVIEMBRE 2022		



#### **8.4. UNIDADES HIDROGEOLOGICAS DE LA MICROCUENCA CCORAO-MANDORANI**

La clasificación hidrogeológica, se determinó de acuerdo al inventario de fuentes hídricas (manantes), así como la litología de las formaciones geológicas apoyado en los valores de permeabilidades de acuerdo a Benítez (1963), que fueron obtenidos de los ensayos de infiltración.

Dentro de la zona de estudio se identificó acuíferos fisurados, porosos no consolidados y por otro lado acuitardos sedimentarios y no consolidados.

##### **8.4.1. ACUÍFEROS**

Se define como una formación geológica capaz de almacenar y transmitir agua subterránea. Conforme a la litología y la conductividad hidráulica los acuíferos dentro de la zona de estudio se han clasificado en dos grupos.

###### **8.4.1.1. ACUÍFEROS FISURADOS SEDIMENTARIOS**

Esta unidad hidrogeológica es constituida por las formaciones Kayra y Soncco, que están compuestas por intercalaciones de arcosas con lutitas y algunas estratificaciones de micro conglomerados, que se presentan fracturados, y a su vez constituyen los acuíferos sedimentarios fisurados, los afloramientos de estas formaciones se encuentran a lo largo de toda la microcuenca.

###### **8.4.1.2. ACUÍFEROS POROSOS NO CONSOLIDADOS**

Esta unidad hidrogeológica es constituida por depósitos fluviales conformados por gravas con matriz variable, así como sectores focalizados dentro de depósitos aluviales, que constituyen acuíferos porosos no consolidados, y se encuentran ubicados en la parte baja de la microcuenca.

##### **8.4.2. ACUITARDOS**

Se define como una formación geológica capaz de almacenar agua pero que la transmite muy lentamente debido a su baja permeabilidad. Conforme a la litología y la conductividad hidráulica los acuitardos dentro de la zona de estudio se han clasificado en dos grupos.



#### 8.4.2.1. ACUITARDOS SEDIMENTARIOS

Esta unidad hidrogeológica es constituida por las formaciones Quilque y Chilca, que están compuestas por intercalaciones de arcosas, grauvacas con lutitas y algunas estratificaciones de conglomerados, que se presentan fracturados, y a su vez constituyen los acuitardos sedimentarios. los afloramientos de estas formaciones se encuentran a lo largo de toda la microcuenca con una dirección NW a SE.

#### 8.4.2.2. ACUITARDOS NO CONSOLIDADOS

Esta unidad hidrogeológica es constituida por depósitos aluviales en general y coluviales, constituida por gravas con matrices de materiales finos no consolidados, que afloran a lo largo de toda la microcuenca.

**Tabla 41**

*Clasificación de las unidades hidrogeológicas de la microcuenca Ccorao-Mandorani*

Formación Geológica	Simbología Geología	Descripción	Permeabilidad (K) (m/día)	Clasificación	Caracterización Hidrogeológica	Símbolo hidrogeológico
<b>Fm. Soncco</b>	Peo-so	Areniscas fisuradas	0.106578	Acuífero Pobre	Acuífero Fisurado	AFS-so
<b>Fm. Soncco</b>	Peo-so	Lutitas fisuradas	0.004633	Acuitardo	Sedimentario	
<b>Fm. Kayra</b>	Peo-ky	Areniscas fisuradas	0.147717	Acuífero Pobre	Acuífero Fisurado	AFS-ky
<b>Fm. Kayra</b>	Peo-ky	Lutitas fisuradas	0.005829	Acuitardo	Sedimentario	
<b>Fm. Chilca</b>	Pp-ch	Areniscas fisuradas	0.009773	Acuitardo	Acuitardo Sedimentario	ATS-ch
<b>Fm. Chilca</b>	Pp-ch	Lutitas fisuradas	0.005828	Acuitardo		
<b>Fm. Quilque</b>	Pp-qu	Areniscas fisuradas	0.007710	Acuitardo	Acuitardo Sedimentario	ATS-qu
<b>Fm. Quilque</b>	Pp-qu	Lutitas fisuradas	0.003248	Acuitardo		
<b>Dep.Coluviales</b>	Q-co	Gravas en matriz arcillo limosa (No consolidado)	0.005471	Acuitardo	Acuitardo no consolidado	ATNC-co
<b>Dep.Coluviales</b>	Q-co		0.006030	Acuitardo		
<b>Dep.Aluviales</b>	Q-al	Gravas en matriz limosa arcillosa (No consolidado)	0.008853	Acuitardo	Acuitardo no consolidado	ATNC-al
<b>Dep.Aluviales</b>	Q-al		0.009045	Acuitardo		





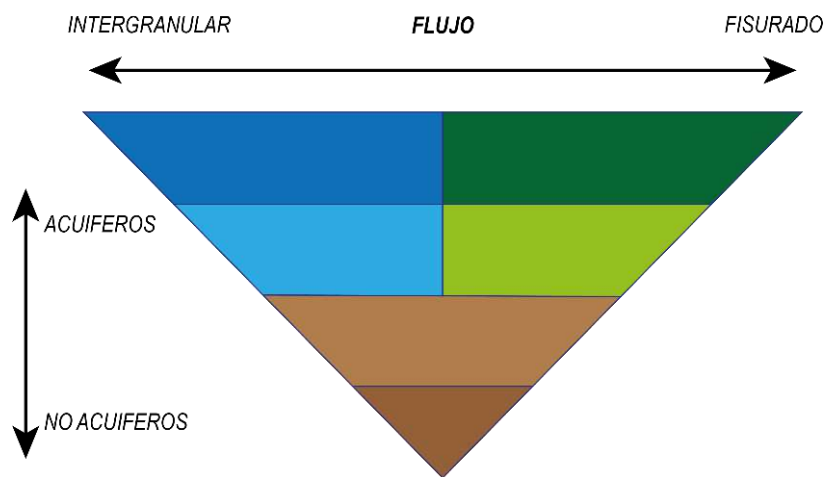
<b>Dep.Fluviales</b>	Q-fl	Gravas en matriz arena limo (Poroso no consolidado)	3.039396	Acuífero Medio	Acuífero poroso no consolidado	APNC-fl
<b>Dep.Fluviales</b>	Q-fl		3.026950	Acuífero Medio		

**Fuente:** *Elaboración propia.*

Para la elaboración del mapa hidrogeológico se tomó como guía para asignar colores y símbolos, las recomendaciones establecidas en el manual para la elaboración de mapas hidrogeológicos de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (AIH), de los autores Struckmeier y Margat (1995).

**Figura N°118**

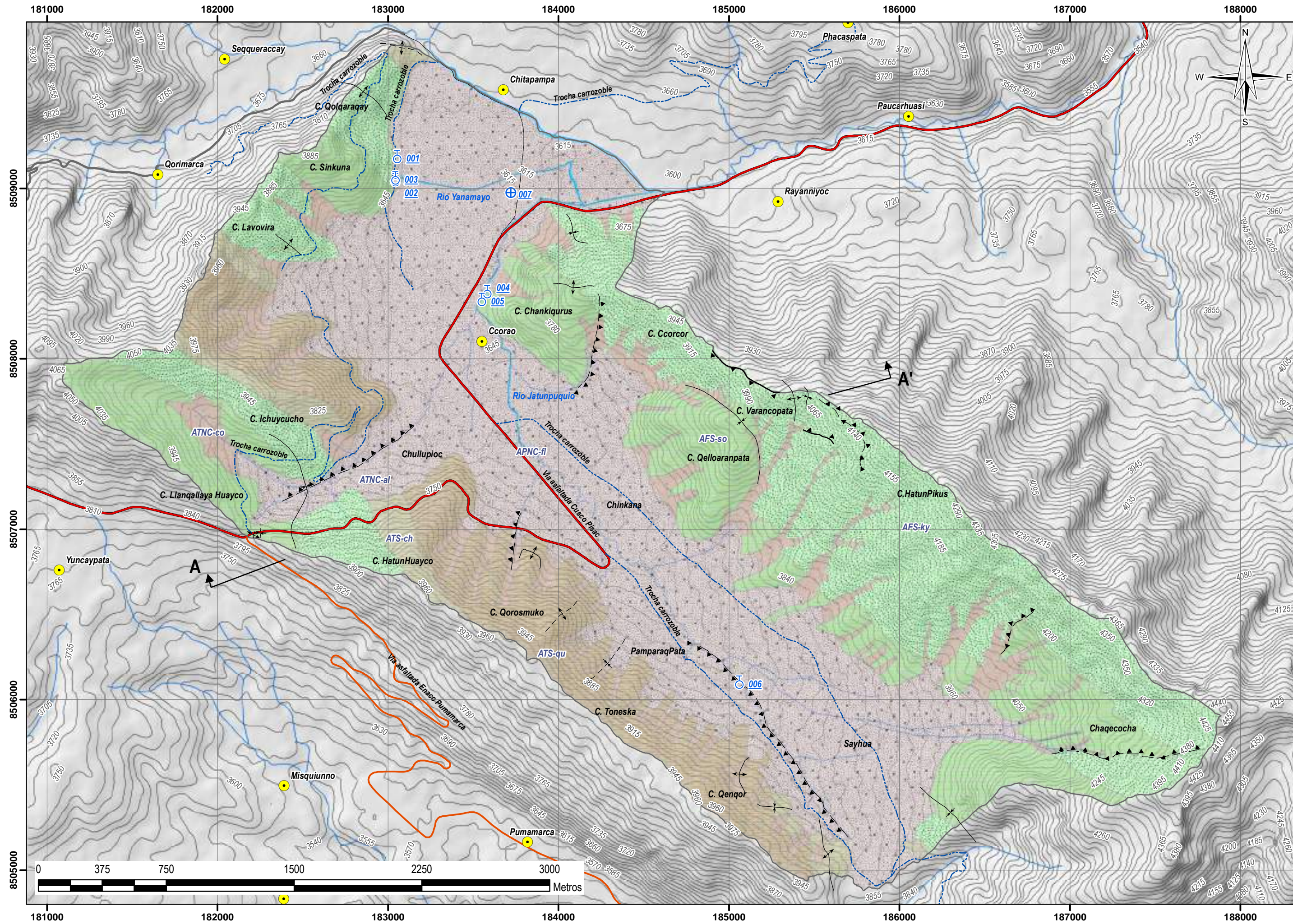
*Esquema de Áreas de colores para representar características hidrogeológicas y aparición de aguas subterráneas*



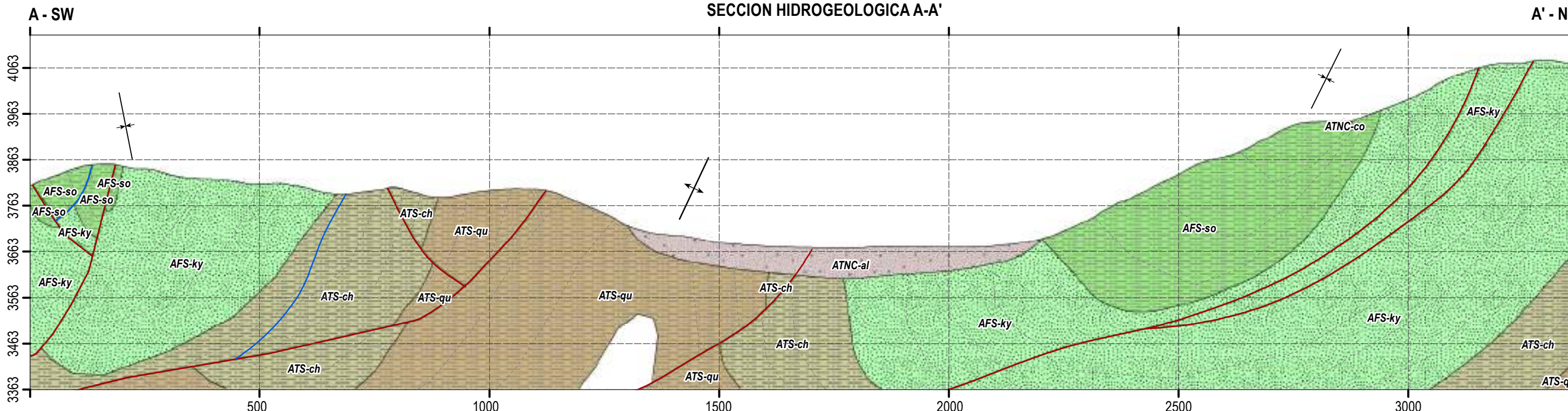
**Fuente:** *Struckmeier W. & Margat J. (1995). Hydrogeological Maps A guide and Standard Legend. International Association of Hydrogeologists. Hannover: Heise, Pag 114.*



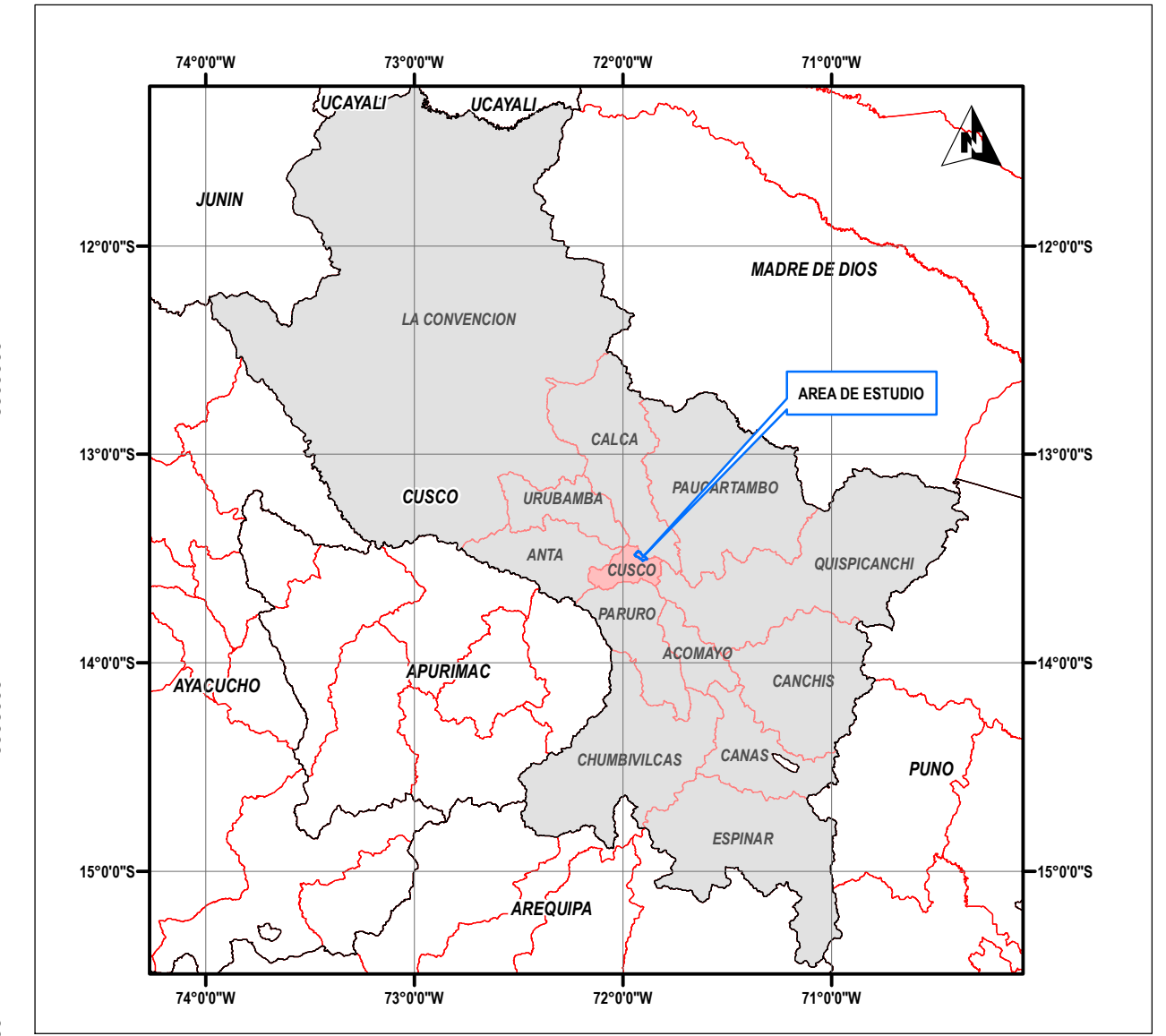
# MAPA HIDROGEOLOGICO DE LA MICROCUENCA CCORAO-MANDORANI



## SECCION HIDROGEOLOGICA A-A'





# MAPA DE UBICACION REGIONAL



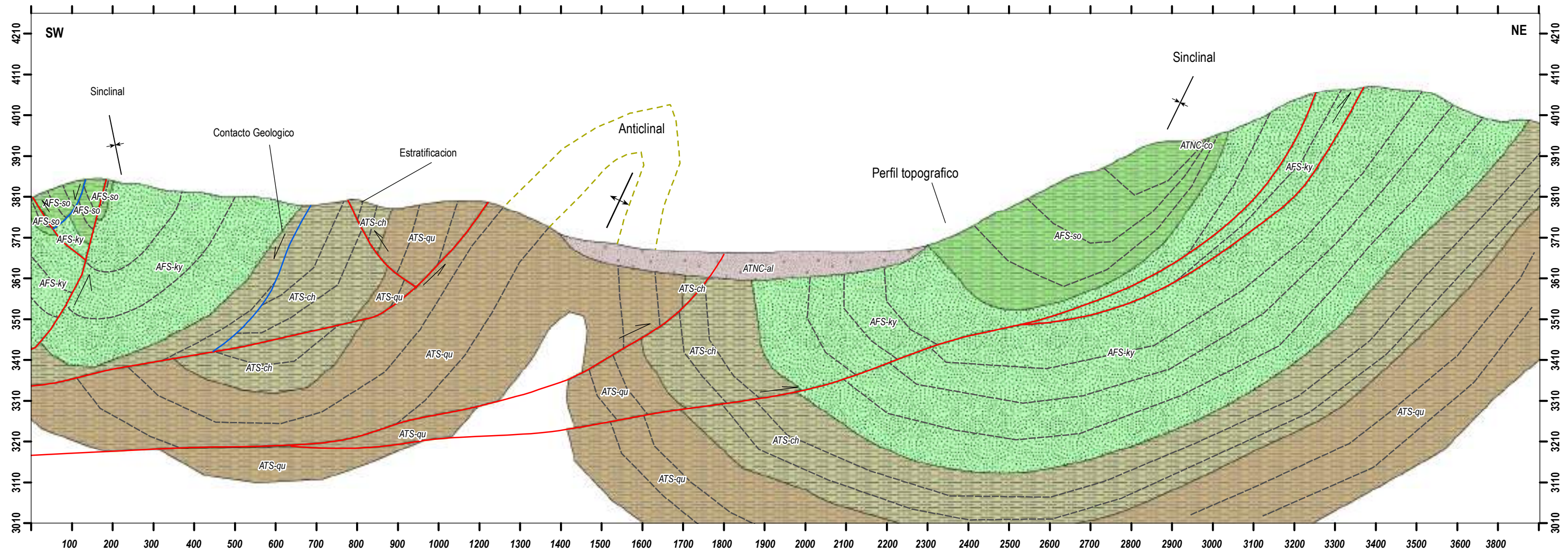
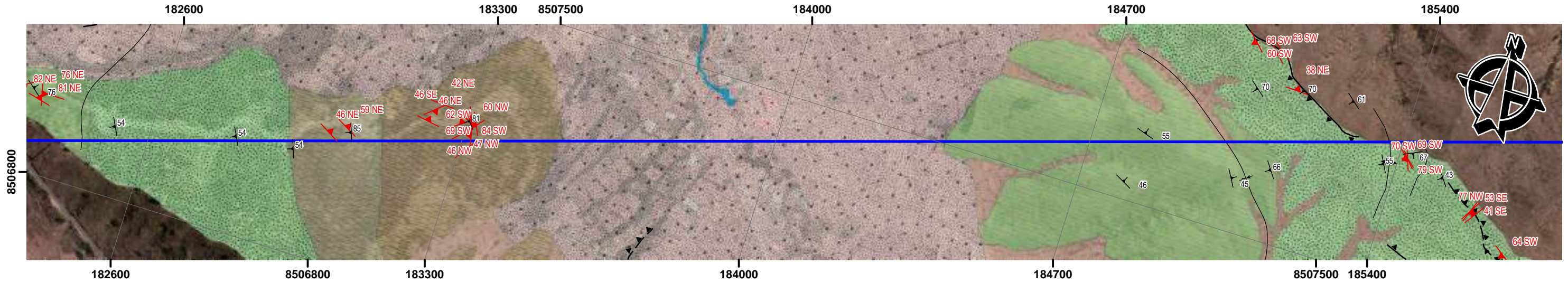
## LEYENDA

- Comunidades
- Drenaje
- Curvas de Nivel 15m
- Microcuenca Ccorao-Mandorani
- Tipo de Fuentes Subterranas**
- ⊕ Manante
- ⊕ Pozo
- Estructuras Geologicas**
- Anticlinal
- - - Anticlinal Inferido
- ▲ Falla Inversa Inferido
- Sinclinal
- - - Sinclinal Inferido
- Vias de Comunicacion**
- Calle pavimentada-Ccorao-Huillcapata
- Carretera afirmada Huillcapata
- Trocha carrozable
- Via asfaltada Cusco Pisac
- Via asfaltada Enaco Pumamarca
- Unidades Hidrogeologicas**
- AFS-ky Acuífero Fisurado Sedimentario Kayra
- AFS-so Acuífero Fisurado Sedimentario Soncco
- APNC-fl Acuífero Poroso No Consolidado Fluvial
- ATNC-al Acuífero No Consolidado Aluvial
- ATNC-co Acuífero No Consolidado Coluvial
- ATS-ch Acuífero Sedimentario Chilca
- ATS-qu Acuífero Sedimentario Quilque

	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
	TESIS: ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO- MANDORANI, DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022		
MAPA HIDROGEOLOGICO			MAPA:  <span style="font-size: 24pt; font-weight: bold;">MP-21</span>
ASESOR: MGT.ING.FREDDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO ELABORADO POR: BACH.CARLOS LOPEZ DE LA TORRE	UBICACION SECTOR: CCORAO-MANDORANI DISTRITO: SAN SEBASTIAN PROVINCIA: CUSCO REGION: CUSCO		LAMINA:  <span style="font-size: 24pt; font-weight: bold;">21/28</span>
PROYECCION: UTM DATUM HORIZONTAL: WGS84 HUSO Y ZONA: 19L Sur		ESCALA DE IMPRESION: A-2	ESCALA: 1:20000 FECHA: DICIEMBRE 2022

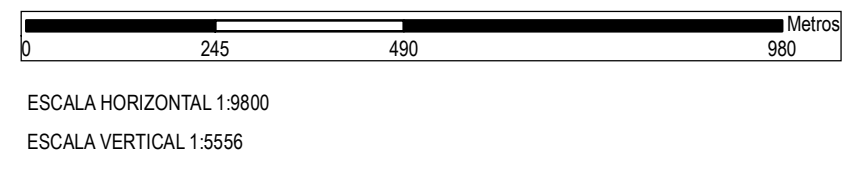


# SECCION HIDROGEOLOGICA A-A'



LEYENDA		
Unidades Hidrogeologicas		
	AFS-ky	Acuifero Fisurado Sedimentario Kayra
	AFS-so	Acuifero Fisurado Sedimentario Soncco
	APNC-fl	Acuifero Poroso No Consolidado Fluvial
	ATNC-al	Acuitardo No Consolidado Aluvial
	ATNC-co	Acuitardo No Consolidado Coluvial
	ATS-ch	Acuitardo Sedimentario Chilca
	ATS-qu	Acuitardo Sedimentario Quilque

SIMBOLOGIA			
	Falla Inversa		Estratificacion
	Falla Normal		Perfil Topografico
	Anticlinal		Contacto geologico
			Sinclinal
			Cinematica de la Falla



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO 	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
	TESIS: ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO- MANDORANI, DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022		
<b>SECCION HIDROGEOLOGICA A-A'</b>			
ASESOR: MGT.ING.FREDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO ELABORADO POR: BACH.CARLOS LOPEZ DE LA TORRE	UBICACION SECTOR: CCORAO-MANDORANI DISTRITO: SAN SEBASTIAN PROVINCIA: CUSCO REGION: CUSCO		SECCION N° <b>SEC - 02</b> CODIGO: <b>SEC-AA'</b> ESCALA: 1:9800 FECHA: DICIEMBRE 2022
SISTEMA DE COORDENADAS PROYECCION: UTM DATUM HORIZONTAL: WGS84 HUSO Y ZONA: 19L Sur		ESCALA DE IMPRESION: A-3	





## 8.5. IDENTIFICACIÓN ZONAS DE RECARGA Y DESCARGA

### 8.5.1. USO DE SUELOS

Para la determinación del uso de tierra se recurrió a las imágenes satelitales, complementadas con visitas de campo. Este proceso se realizó de acuerdo al sistema de nueve categorías de la unión geográfica internacional (UGI), es de resaltar que este sistema es muy flexible y permite incorporar caracterizaciones específicas con respecto a cada área de estudio.

En la siguiente tabla se muestra las categorías del sistema UGI:

**Tabla 42**

*Grupos de uso actual de la tierra según la UGI*

N°	Nueve grandes categorías de la UGI	Descripción de las categorías
1	Centros poblados	Terrenos urbanos y/o instalaciones gubernamentales privadas
2	Horticultura	Terrenos con cultivos de hortalizas
3	Árboles y otros cultivos permanentes	Terrenos con cultivos frutales
4	Tierras de cultivo	Terrenos con vegetación cultivada
5	Pastos mejorados permanentes	Terrenos con pastos introducidos
6	Praderas naturales	Terrenos con praderas naturales
7	Tierras Boscosas	Terrenos con bosques; bosques húmedos y matorrales
8	Pantanos y ciénagas	Terrenos mal drenados
9	Tierras improductivas	Terrenos sin uso y/o improductivos

**Fuente:** *Unión Geográfica Internacional.*

La identificación del uso actual de las tierras, proporcionara delimitaciones de las zonas en base categorías para planificar medidas con el fin de minimizar los impactos ambientales, que son consecuencia de la expansión urbana.

En la microcuenca de estudio, se determinó una distribución diversa en cuanto al uso actual de suelos como centros poblados, tierras de cultivo, tierras boscosas, pantanos, y tierras improductivas, los cuales a su vez también presentan subdivisiones detalladas en la siguiente tabla.



**Tabla 43**

*Unidades de uso actual de suelos en la microcuenca Ccorao Mandorani*

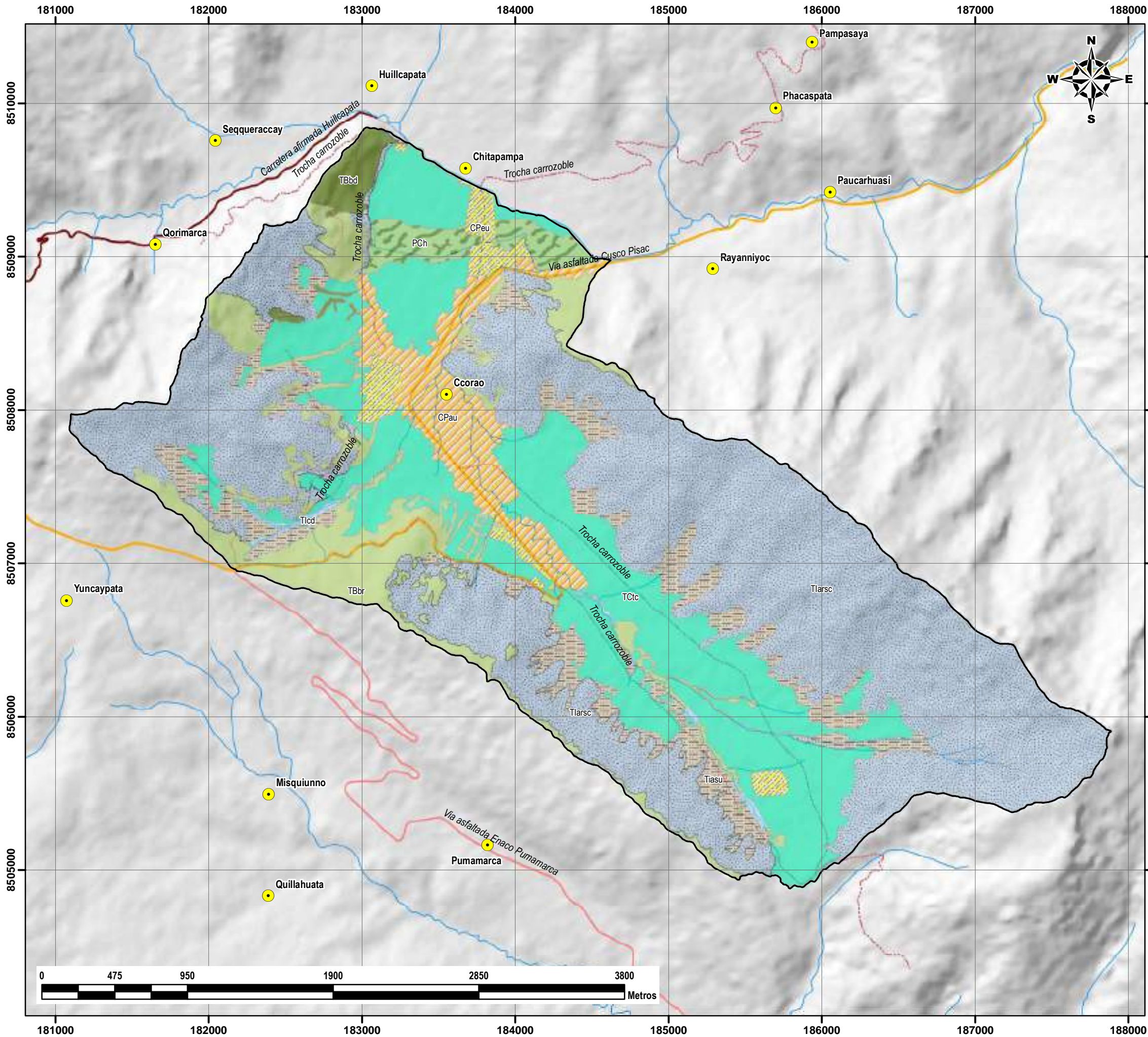
Unidades de Uso Actual de Suelos	Símbolo	Área Km2	Área Ha	% Área
<b>Centros Poblados</b>	<b>CP</b>	<b>1.0912</b>	<b>109.1234</b>	<b>7.7056</b>
Área en expansión urbana	CPeu	0.2877	28.7706	2.0316
Área Urbana	CPau	0.8035	80.3528	5.6740
<b>Tierras de Cultivo</b>	<b>TC</b>	<b>3.4315</b>	<b>343.1525</b>	<b>24.2311</b>
Terreno de cultivo	TCtc	3.4315	343.1525	24.2311
<b>Tierras boscosas</b>	<b>TB</b>	<b>1.6275</b>	<b>162.7482</b>	<b>11.4922</b>
Terrenos con bosques densos	TBbd	0.1881	18.8087	1.3281
Terrenos con bosques ralos	TBbr	1.4394	143.9395	10.1640
<b>Pantanos y ciénagas</b>	<b>PC</b>	<b>0.2839</b>	<b>28.3927</b>	<b>2.0049</b>
Humedales	PCh	0.2839	28.3927	2.0049
<b>Tierras Improductivas</b>	<b>TI</b>	<b>7.7275</b>	<b>772.7464</b>	<b>54.5662</b>
Afloramientos rocosos y suelos coluviales	TIarsc	6.5768	657.6753	46.4406
Terreno agrícola sin uso	Tiasu	1.0862	108.6237	7.6703
Cauce de drenaje	TIcd	0.0645	6.4474	0.4553
<b>Total</b>		<b>14.1616</b>	<b>1416.1632</b>	<b>100.0000</b>

**Fuente:** *Adaptada de la Unión Geográfica Internacional.*

Por tanto, de acuerdo al análisis y la categorización, las unidades con mayor extensión en la microcuenca de estudio son las tierras improductivas compuestas de cauces de drenaje terrenos agrícolas sin uso, afloramientos rocosos y suelos coluviales poseen el 54.5662 % del área total, seguido de tierras de cultivo con 24.2311% del área total, análogamente las unidades con menor extensión son las tierras boscosas compuestas de bosques densos y ralos con 11.4922% del total, seguido de los centros poblados compuestos de áreas de expansión urbanas y áreas urbanas con 7.7056% del área total, y finalmente los pantanos y ciénagas compuesto de humedales con 2.0049%.



# MAPA DE USO DE SUELOS DE LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI

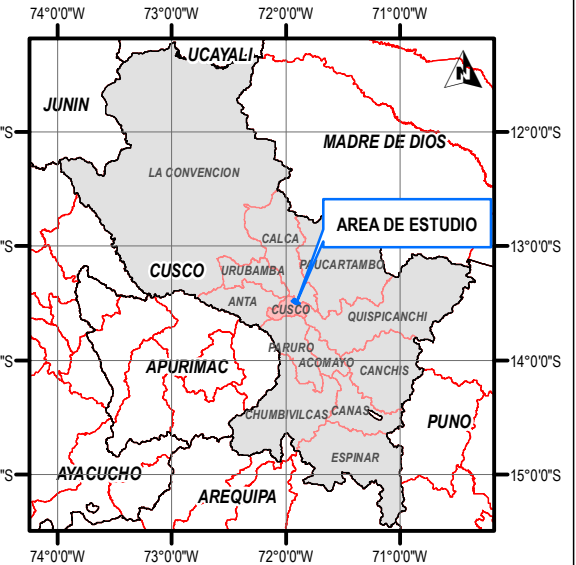


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



TESIS:  
 ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO  
 EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DISTRITO DE  
 SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022

### MAPA DE UBICACION REGIONAL



### SIMBOLOGIA

- Vias de comunicacion**
- Calle pavimentada-Ccorao-Huillcapata
  - Carretera afirmada Huillcapata
  - Trocha carrozoble
  - Via asfaltada Cusco Pisac
  - Via asfaltada Enaco Pumamarca
- Drenaje**
- Drenaje
- Comunidades**
- Comunidades

### LEYENDA

- UNIDADES DE USO DE SUELOS**
- Tiarsc** Afloramientos rocosos y suelos coluviales
  - Tlcd** Cauce de drenaje
  - PCh** Humedales
  - Tiasu** Terreno agricola sin uso
  - TCtc** Terreno de cultivo
  - TBbd** Terrenos con bosques densos
  - TBbr** Terrenos con bosques ralos
  - CPau** Área Urbana
  - CPeu** Área en expansión urbana
- Microcuenca Ccorao-Mandorani

### MAPA DE USO DE SUELOS

ASESOR: MGT.ING.FREDDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO  
 ELABORADO POR: BACH.CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

SISTEMA DE COORDENADAS PROYECCION: UTM DATUM HORIZONTAL: WGS84 HUSO Y ZONA: 19L Sur		
UBICACION SECTOR: CCORAO-MANDORANI DISTRITO: SAN SEBASTIAN PROVINCIA: CUSCO REGION: CUSCO		
ESCALA DE IMPRESION: A-3 ESCALA: 1:25000 FECHA: NOVIEMBRE 2022		MAPA: <b>MP-22</b> LAMINA: <b>22/28</b>





### **8.5.2. ZONAS DE RECARGA**

Las fuentes de recarga del acuífero en la microcuenca de estudio son las precipitaciones pluviales que a su vez se infiltran y transmiten a través de las fracturas, ocasionadas por eventos cinemáticos de fallas, ya que en este caso por la ubicación y cercanía a la falla Tambomachay. Es un sector estructuralmente controlado.

De acuerdo a los análisis estructurales tratados en capítulo anteriores las fracturas poseen un rumbo NE-SW, en todas las formaciones que se encuentran en la zona de estudio, sin embargo los rumbos de las fallas son diferentes, en la Formación Quilque se determinó cinemáticas inversas sinestrales con rumbo NW-SE, asimismo en la Formación Chilca se determinó cinemáticas inversas sinestrales pero con rumbo NE-SW, por otro lado en la Formación Kayra se determinó cinemáticas inversas dextrales con rumbo NE-SW, y por último en la Formación Soncco se determinó cinemáticas Inversas con rumbo NW-SE.

No obstante, la conductividad hidráulica, también es un factor importante, para la clasificación de las formaciones como áreas de recarga aceptable o adecuada.

### **8.5.3. ZONAS DE DESCARGA**

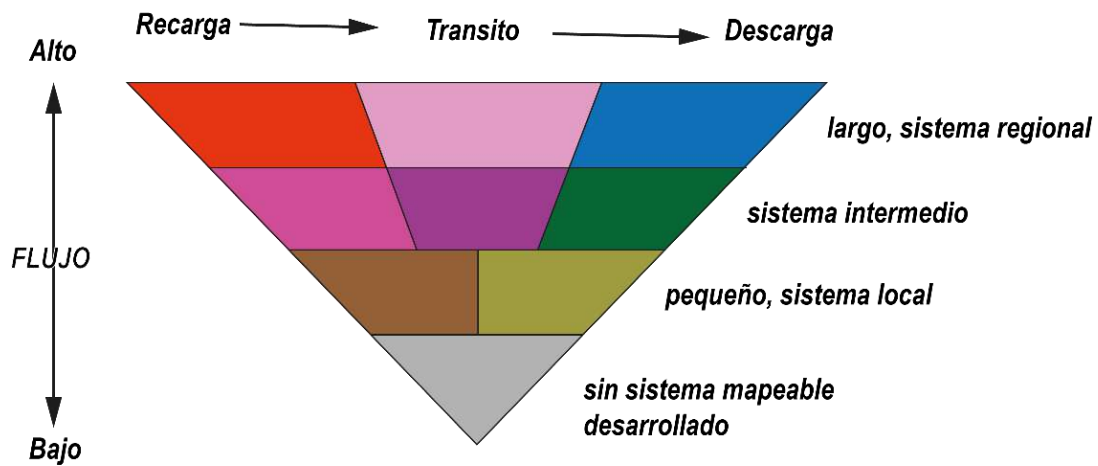
Las áreas de descarga son sobre todo los acuitardos y acuíferos de la microcuenca que se encuentran desde la parte superior a inferior de la microcuenca, los cuales generalmente almacenan y transmiten las aguas superficiales y subterráneas que afloran por medio de manantes.

Para la elaboración del mapa de las unidades de recarga y descarga, se realizó en base a el esquema de colores para mapas de acuíferos y sistemas de aguas subterráneas, que a su vez se encuentra en el manual para la elaboración de mapas hidrogeológicos de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (AIH), de los autores Struckmeier y Margat (1995).



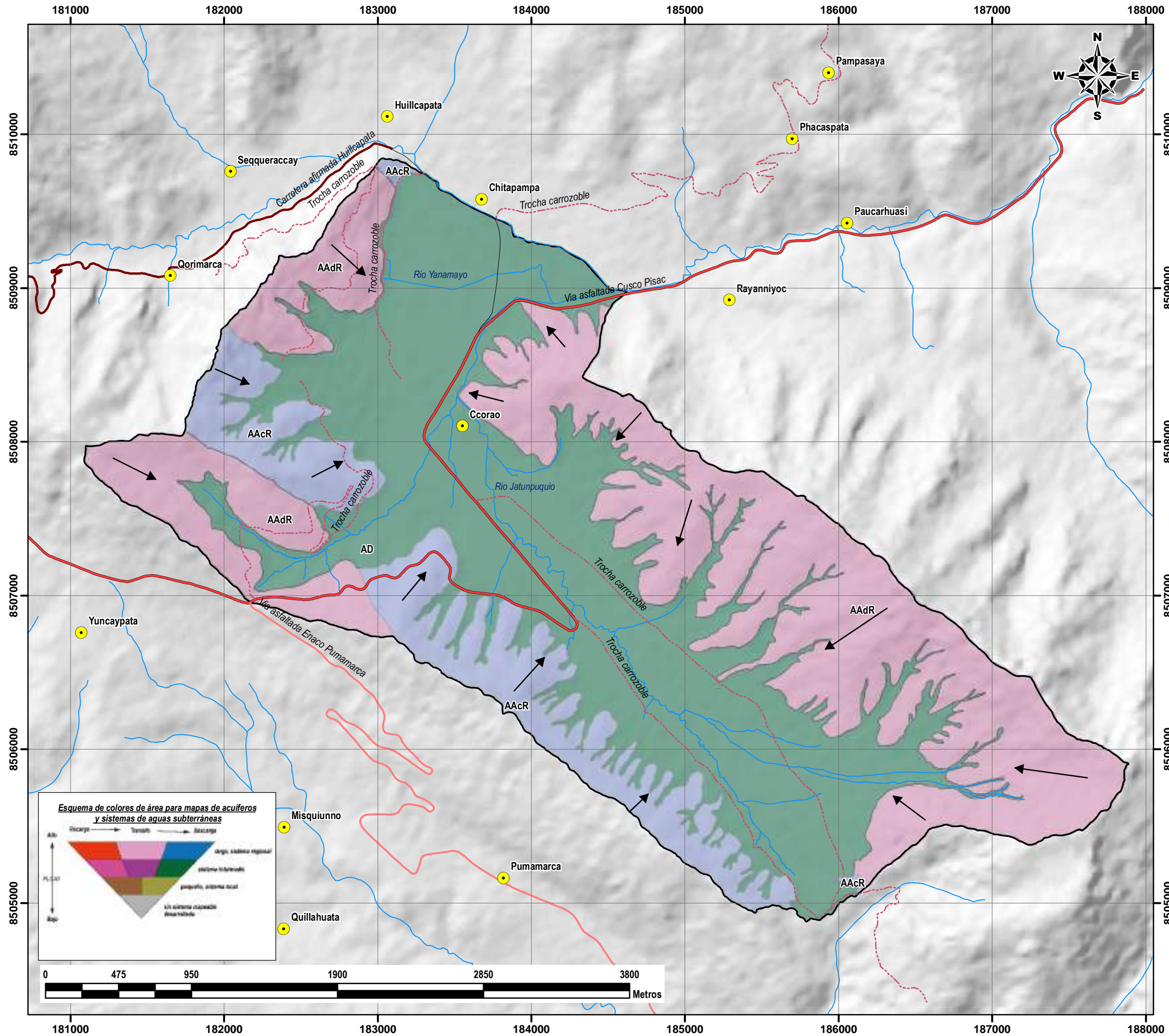
**Figura N°119**

*Esquema de colores de área para mapas de acuíferos y sistemas de aguas subterráneas*



**Fuente:** Struckmeier W. & Margat J. (1995). *Hydrogeological Maps A guide and Standard Legend*. International Association of Hydrogeologists. Hannover: Heise, Pag 115.

# MAPA DE ÁREAS DE RECARGA Y DESCARGA DE LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



TESIS:  
 ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO  
 EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DISTRITO DE  
 SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022



**SIMBOLOGIA**

**Vías de comunicación**

- Calle pavimentada-Ccorao-Huillcapata
- Carretera afirmada Huillcapata
- Trocha carrozoble
- Via asfaltada Cusco Pisac
- Via asfaltada Enaco Pumamarca
- Drenaje
- Comunidades

**LEYENDA**

- Microcuenca Ccorao-Mandorani
- AAcR Areas Aceptables de Recarga
- AAdR Areas Adecuadas de Recarga
- AD Areas de Descarga

## MAPA DE ÁREAS DE RECARGA Y DESCARGA

ASESOR: MGT.ING.FREDDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO  
 ELABORADO POR: BACH.CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

**SISTEMA DE COORDENADAS**

PROYECCION: UTM  
 DATUM HORIZONTAL: WGS84  
 HUSO Y ZONA: 19L Sur



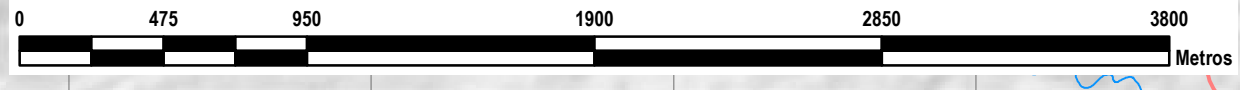
**UBICACION**

SECTOR: CCORAO-MANDORANI  
 DISTRITO: SAN SEBASTIAN  
 PROVINCIA: CUSCO  
 REGION: CUSCO

MAPA:  
**MP-23**

ESCALA DE IMPRESION: A-3  
 ESCALA: 1:25000  
 FECHA: NOVIEMBRE 2022

LAMINA:  
**23/28**







## 8.6. HIDROQUÍMICA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

En la microcuenca de estudio, se analizaron 7 muestras de aguas subterráneas de las cuales 6 corresponden a manantiales mientras que una a un pozo de 4 metros de profundidad, en consecuencia se realizó un análisis fisicoquímico en donde se obtuvieron datos de cationes (calcio, magnesio, potasio y sodio) así como aniones (cloruros, sulfatos y carbonatos y bicarbonatos) sumados a la conductividad eléctrica, pH, sales solubles, sólidos totales en suspensión, hierro, acidez total, dureza total y hierro.

Los datos obtenidos de análisis físico químico de laboratorio se encuentran en los anexos, mediante el estudio de la hidroquímica se determinará la calidad del agua subterránea con respecto a si es apta o no para ciertos usos, así como para comprender la interacción de las aguas subterráneas con las formaciones geológicas del entorno.

### 8.6.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los parámetros fisicoquímicos corresponden a resultados de laboratorio.

#### 8.6.1.1. pH

El parámetro de pH indica la acidez y/o alcalinidad del agua, en donde las aguas neutras poseen valores entre 6.5 a 8.5, mientras que las aguas ácidas poseen valores inferiores a 6.5, por otro lado, las aguas básicas tienen valores encima de 8.5.

**Tabla 44**

*Ph de Fuentes Hídricas en la microcuenca Ccorao-Mandorani*

Muestra	Código ANA	Codificación	pH	Sector/Quebrada
M-1	IRHS 08.01.05-MA-01	499497166-001	7.30	Yanamayo
M-2	IRHS 08.01.05-MA-02	499497166-002	7.40	Yanamayo
M-3	IRHS 08.01.05-MA-03	499497166-003	7.30	Yanamayo
M-4	IRHS 08.01.05-MA-04	499497166-004	7.50	Jatunpuquio
M-5	IRHS 08.01.05-MA-05	499497166-005	7.30	Jatunpuquio
M-6	IRHS 08.01.05-MA-06	499497166-006	7.00	Jatunpuquio
M-7	IRHS 08.01.05-PP-01	499497166-007	6.99	Yanamayo

**Fuente:** *Elaboración propia.*

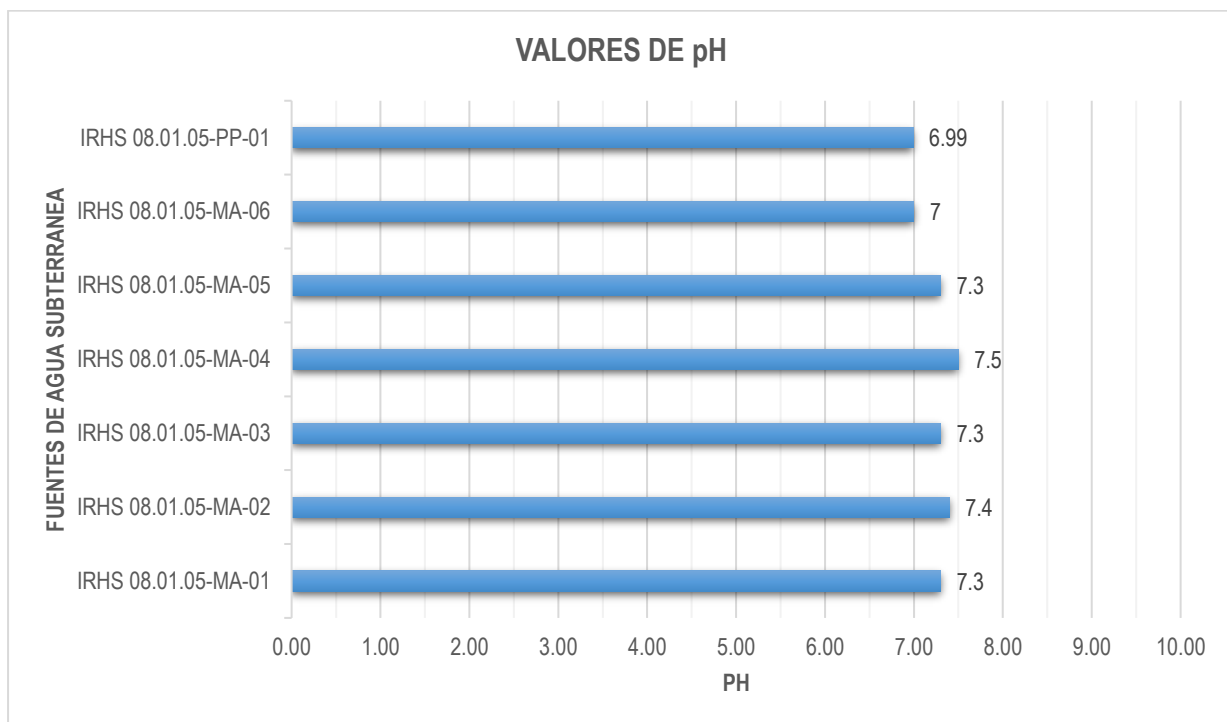


Para la observación bidimensional de los valores de pH, se recurrió a un histograma horizontal donde las fuentes hídricas de la microcuenca manifiestan un pH neutro, por tanto, las aguas corresponden a lluvias de corta infiltración y a circulación de flujos en materiales poco mineralizados.

De acuerdo a los estándares de nacionales de calidad ambiental para agua, los valores del pH de las fuentes hídricas de la microcuenca se encuentran en la categoría A1, que se definen como aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

### Figura N°120

Valores de pH en la microcuenca Ccorao Mandorani



**Fuente:** Elaboración propia.



### 8.6.1.2. Conductividad Eléctrica

El parámetro de conductividad eléctrica es la predisposición para conducir corriente eléctrica, la cual aumenta con la cantidad de iones disueltos, y es importante para indicar aproximadamente la salinidad del agua.

**Tabla 45**

*Conductividad eléctrica de Fuentes Hídricas en la microcuenca Ccorao-Mandorani*

Muestra	Código ANA	Codificación	Conductividad Eléctrica (uS/cm)
M-1	IRHS 08.01.05-MA-01	499497166-001	1240
M-2	IRHS 08.01.05-MA-02	499497166-002	1170
M-3	IRHS 08.01.05-MA-03	499497166-003	1470
M-4	IRHS 08.01.05-MA-04	499497166-004	1295
M-5	IRHS 08.01.05-MA-05	499497166-005	1270
M-6	IRHS 08.01.05-MA-06	499497166-006	1225
M-7	IRHS 08.01.05-PP-01	499497166-007	1310

**Fuente:** *Elaboración propia.*

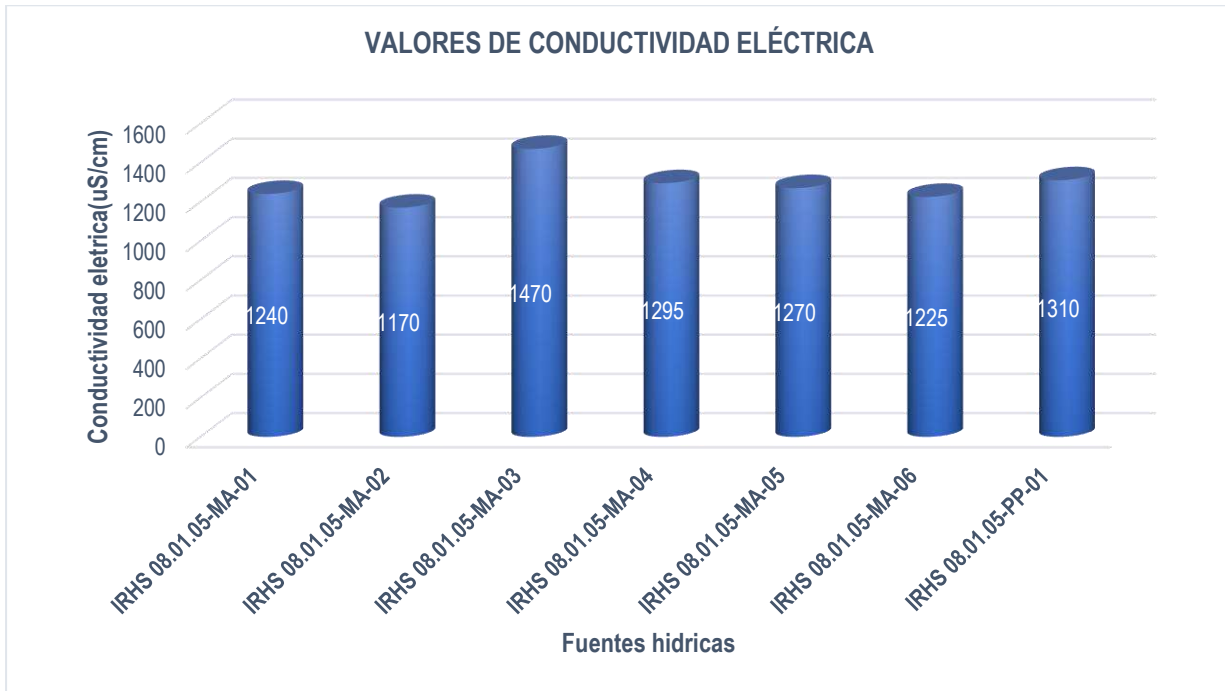
Para la observación bidimensional de la conductividad eléctrica, se recurrió a un histograma vertical donde las fuentes hídricas de la microcuenca manifiestan una conductividad eléctrica mayores a 1100 y menores a 1500 (uS/cm) , por tanto, de acuerdo a los estándares de nacionales de calidad ambiental para agua, en donde los valores de la conductividad máximos permisibles son 1500 uS/cm, las fuentes hídricas de la microcuenca se encuentran en la categoría A1, que se definen como aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.





**Figura N°121**

*Valores de Conductividad Eléctrica en la microcuenca Ccorao Mandorani*

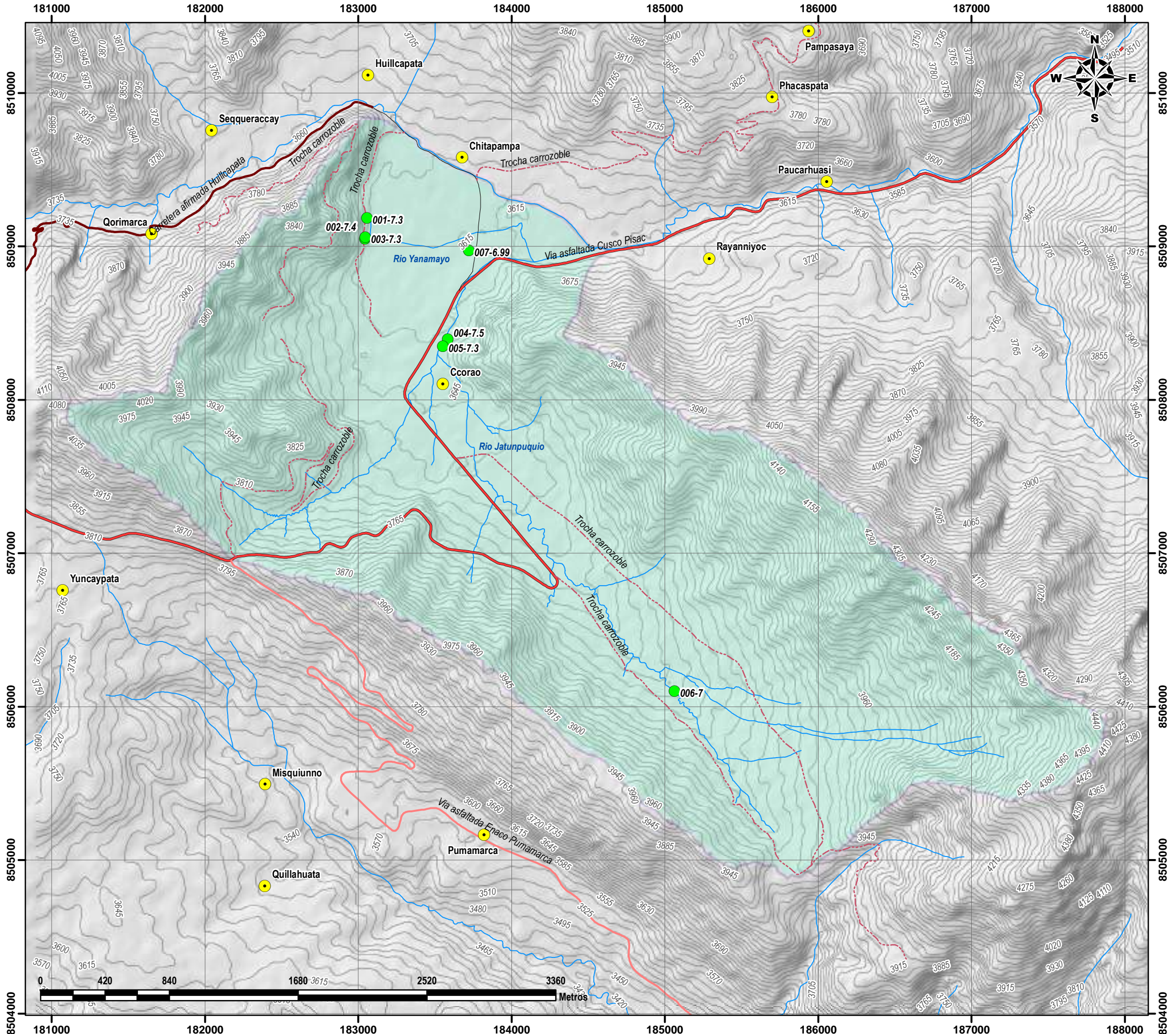


**Fuente:** *Elaboración propia.*

Los valores altos de conductividad eléctrica, indican que las fuentes hídricas, tuvieron un contacto directo con rocas sedimentarias químicas y sedimentarias, como calizas y arcosas que contienen mineralización (malaquita y calcosina de acuerdo al mapeo geológico realizado en capítulos anteriores).



# MAPA DE VARIACIONES DE PH EN AGUAS SUBTERRANEAS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



**TESIS:**  
 ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO- MANDORANI, DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022



**SIMBOLOGIA**

**Vias de comunicacion**

- Calle pavimentada-Ccorao-Huillcapata
- Carretera afirmada Huillcapata
- Trocha carrozoble
- Via asfaltada Cusco Pisac
- Via asfaltada Enaco Pumamarca

**LEYENDA**

- Microcuenca Ccorao-Mandorani

**Valores de pH**

- Entre 6.5 y 8.5
- Mayor a 8.5

**Codigo en el mapa:**

- 006 - 7.0

**Codigo de la fuente**

**Valor del pH**

6.5 a 8.5 = Rango de la categoria 1 - A1  
 ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA  
 Decreto Supremo N°002-2008-MINAM

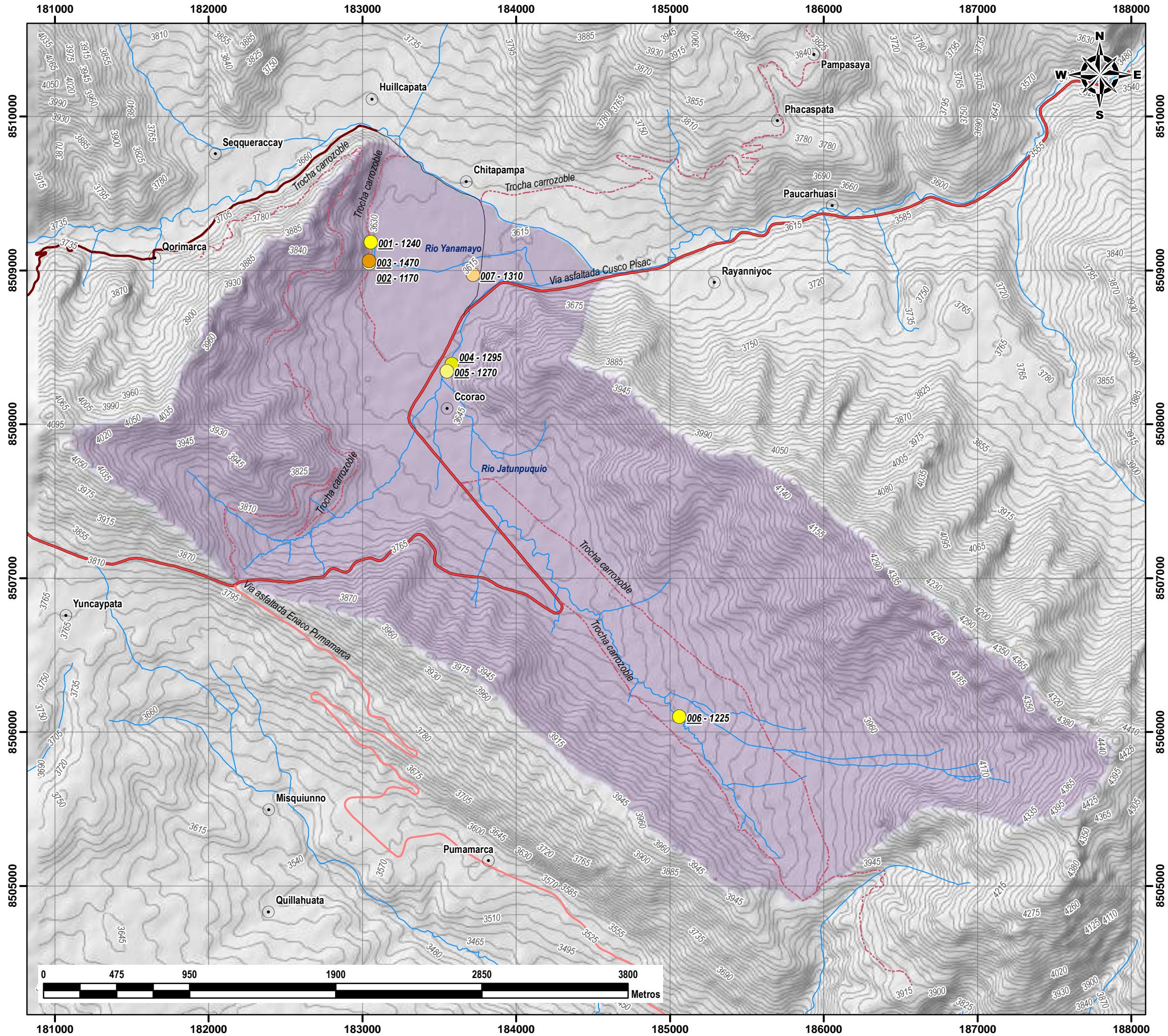
## MAPA DE VARIACIONES DE PH EN AGUAS SUBTERRANEAS

**ASESOR:** MGT.ING.FREDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO  
**ELABORADO POR:** BACH.CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

<b>SISTEMA DE COORDENADAS</b>		
PROYECCION:	UTM	
DATUM HORIZONTAL:	WGS84	
HUSO Y ZONA:	19L Sur	
<b>UBICACION</b>		<b>MAPA:</b>  <b>MP-24</b>
SECTOR:	CCORAO-MANDORANI	
DISTRITO:	SAN SEBASTIAN	
PROVINCIA:	CUSCO	
REGION:	CUSCO	<b>LAMINA:</b>  <b>24/28</b>
ESCALA DE IMPRESION:	A-3	
ESCALA:	1:25000	
FECHA:	NOVIEMBRE 2022	



# MAPA DE VARIACIONES DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN AGUAS SUBTERRANEAS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



**TESIS:**  
 ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO  
 EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DISTRITO DE  
 SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022

## MAPA DE UBICACION REGIONAL



## SIMBOLOGIA

- Vias de comunicacion**
- Calle pavimentada-Ccorao-Huillcapata
  - Carretera afirmada Huillcapata
  - Trocha carrozoble
  - Via asfaltada Cusco Pisac
  - Via asfaltada Enaco Pumamarca
- Drenaje**
- Drenaje
- Comunidades**
- Comunidades

## LEYENDA

- Valores de CE (uS/cm)**
- < 1500 (no supera)
  - > 1500 (supera)
- Codigo en el mapa:**
- Codigo de la fuente
  - 006 - 1225
- Valor de Conductividad
- 1500 uS/cm = Categoría 1 - A1  
 ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA  
 Decreto Supremo N°002-2008-MINAM

## MAPA DE VARIACIONES DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

**ASESOR:** MGT.ING.FREDDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO  
**ELABORADO POR:** BACH.CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

<b>SISTEMA DE COORDENADAS</b>		
PROYECCION:	UTM	
DATUM HORIZONTAL:	WGS84	
HUSO Y ZONA:	19L Sur	
<b>UBICACION</b>		<b>MAPA:</b>
SECTOR:	CCORAO-MANDORANI	<b>MP-25</b>
DISTRITO:	SAN SEBASTIAN	
PROVINCIA:	CUSCO	
REGION:	CUSCO	
ESCALA DE IMPRESION:	A-3	<b>LAMINA:</b>
ESCALA:	1:25000	<b>25/28</b>
FECHA:	NOVIEMBRE 2022	





## 8.6.2. CLASIFICACIÓN HIDROQUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Con el fin de comprender mejor la composición química de las aguas subterráneas, se han desarrollado clasificaciones específicas basadas en los iones dominantes, mediante diagramas de stiff, diagramas de piper, diagramas de scatter y diagramas de scholler - berkalooff.

### 8.6.2.1. Clasificación por iones dominantes

De acuerdo a Custodio y Llamas, 1976, para la clasificación por iones dominantes se utiliza herramientas gráficas, dándole una nomenclatura según los resultados. Se nombra el agua por el anión o catión que sobrepasa el 50 % de sus sumas respectivas. En el caso de que ninguno sobrepase el 50 %, se nombran los dos más abundantes. Si conviene, se puede añadir el nombre de algún ion menor de interés que esté en concentración anormalmente alta.

En ese sentido se han obtenido varios diagramas mediante el software AquaChem 2014.2, Diagrammes y QualiGraf para interpretar los datos de aniones y cationes obtenidos de los análisis de laboratorio.

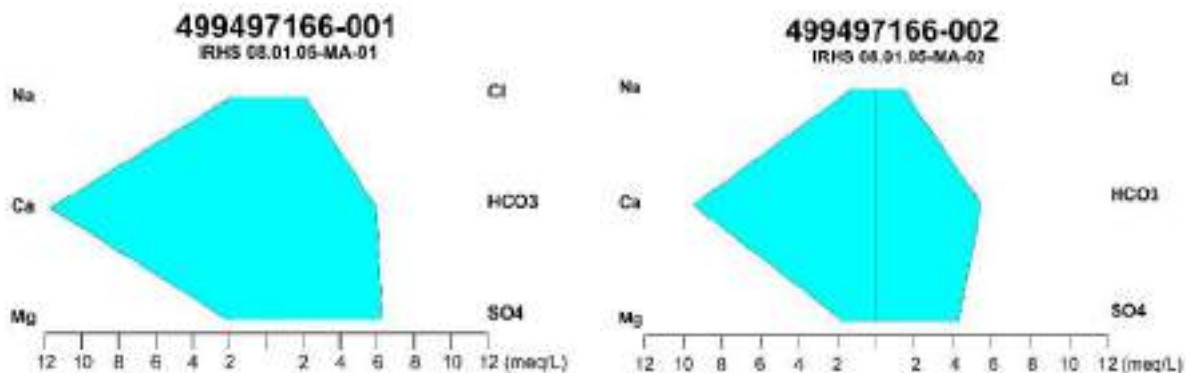
#### a. Diagramas de Stiff modificado

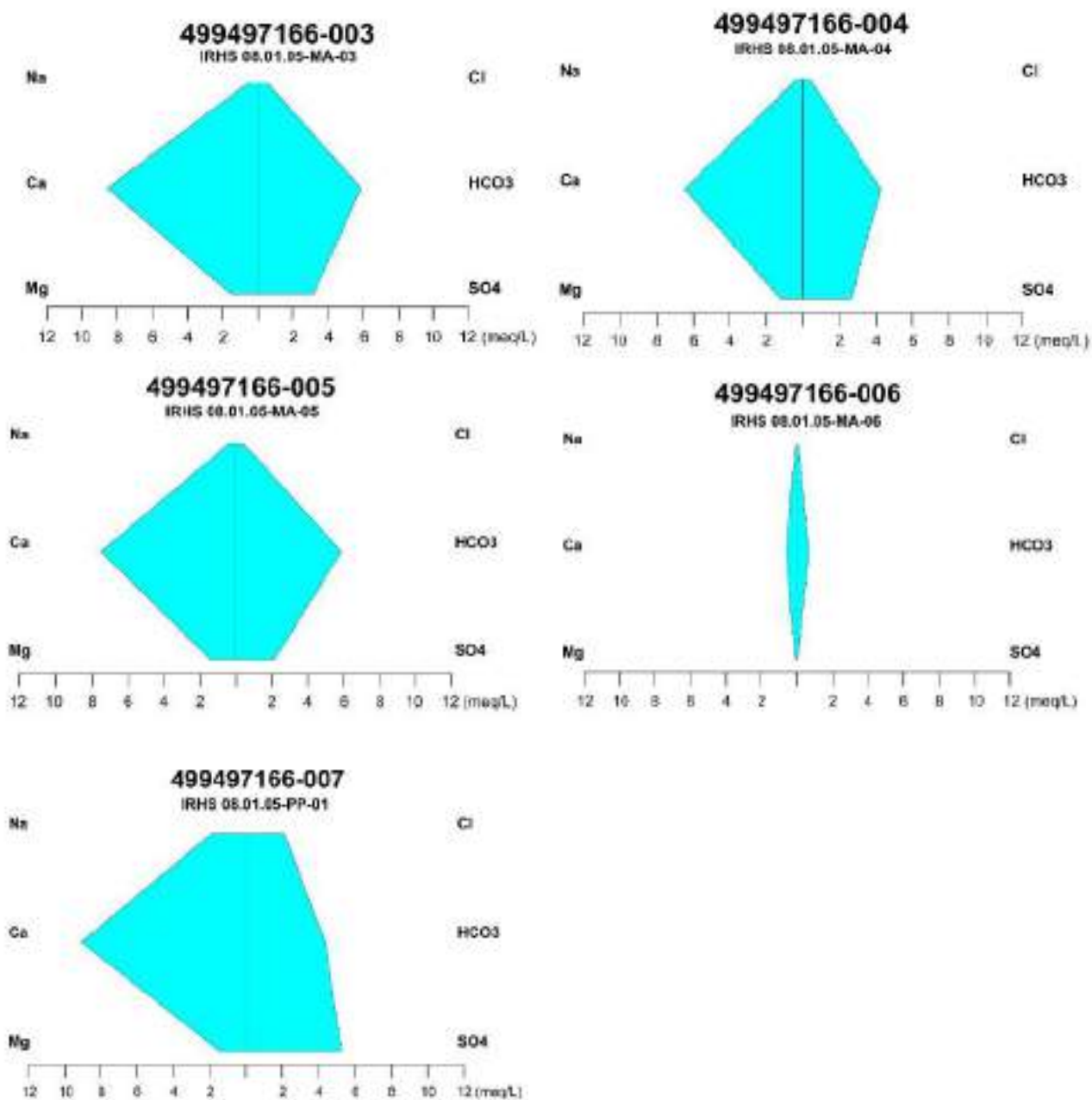
El diagrama de stiff modificado permite una clasificación rápida del agua en función de su composición química, que a su vez compuesto de tres ejes de cationes paralelos hacia la izquierda (Na, Ca y Mg) y tres aniones a la derecha (cloruros, bicarbonatos y sulfatos).

A continuación, se muestran los gráficos obtenidos de cada fuente hídrica muestreada:

**Figura N°122**

*Diagramas de Stiff de las fuentes hídricas subterráneas*





**Fuente:** Elaboración propia.

En consecuencia, el manantial con código **IRHS 08.01.05-MA-01** es de clase Sulfatada cálcica con concentraciones altas de bicarbonatos y magnesio hasta en concentraciones menores de cloro y sodio.



Del mismo modo, los manantiales con códigos **IRHS 08.01.05-MA-02**, **IRHS 08.01.05-MA-03**, **IRHS 08.01.05-MA-04** y **IRHS 08.01.05-MA-05** son de clase bicarbonatada cálcica con concentraciones altas de sulfatos y magnesio hasta concentraciones menores de cloro y sodio.

Análogamente, el manantial con código **IRHS 08.01.05-MA-06** es de clase bicarbonatada cálcica con concentraciones menores de sulfatos, cloruros, y magnesio y sodio.

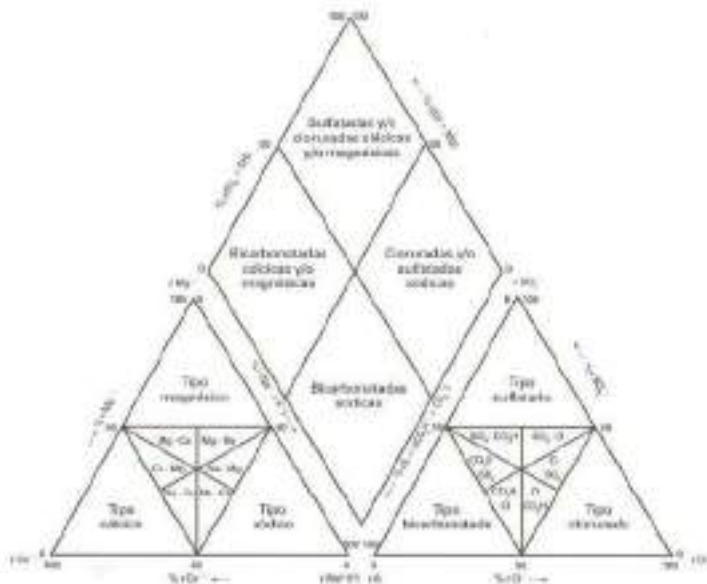
Por último, el pozo con código **IRHS 08.01.05-PP-01** es de clase sulfatada cálcica con concentraciones altas de bicarbonatos y sodio hasta concentraciones menores de cloro y magnesio.

### b. Diagramas de Piper

Mediante este diagrama los puntos de agrupación identifican familias de agua con propiedades químicas similares según la composición de iones. A continuación, se muestra el gráfico del diagrama de piper obtenido por medio del software Diagrammes en donde también se observa las diferentes clasificaciones de acuerdo a la composición mayoritaria.

**Figura N°123**

*Diagrama de Piper para clasificación química de las aguas*



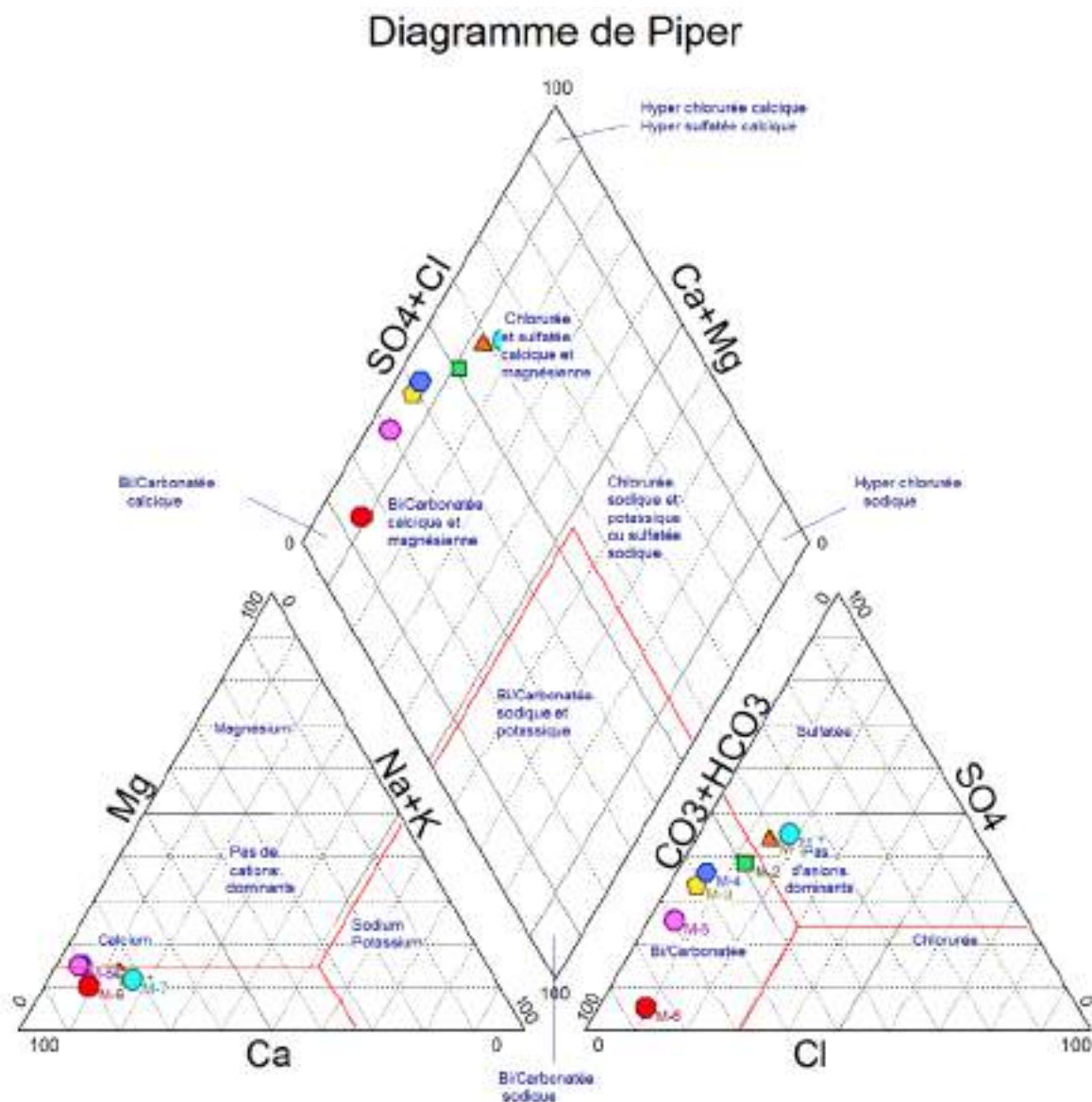
**Fuente:** Martínez Alfaro, P., Martínez Santos P., Castaño Castaño S., (2005). *Fundamentos de Hidrogeología*. Ediciones Multi prensa. España. Pag 179.





Figura N°124

Diagrama de piper de las fuentes hídricas de la microcuenca de estudio



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la figura 124 se determinó que cuatro fuentes hídricas (IRHS 08.01.05-MA-03, IRHS 08.01.05-MA-04, IRHS 08.01.05-MA-05 y IRHS 08.01.05-MA-06) son de facies bicarbonatadas cálcicas mientras que 3 fuentes hídricas (IRHS 08.01.05-MA-01, IRHS 08.01.05-MA-02 y IRHS 08.01.05-PP-01) son sulfatadas cálcicas.



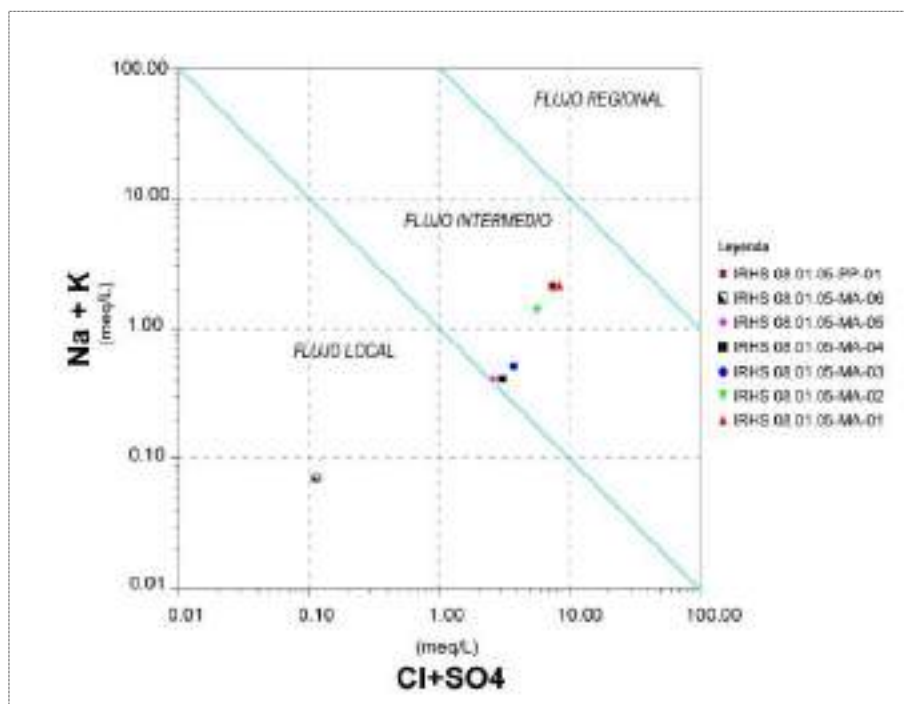
### c. Diagramas de Scatter

El diagrama de scatter, denominado asimismo como diagrama de dispersión, permite identificar la relación y/o correlación entre dos variables de datos. Este grafico es indispensable para descifrar probables orígenes de la composición de agua subterránea, en 1988 Mifflin expone la relación de cationes (sodio y potasio) y aniones (cloruros y sulfatos) en miliequivalentes por litro en escala logarítmica, con el fin de precisar los sistemas de flujos de agua subterránea con base en la composición química.

A continuación, se muestran el gráfico obtenido del análisis mediante el diagrama de Mifflin:

**Figura N°125**

*Diagrama de Mifflin para la evolución del agua subterránea en la microcuenca de estudio*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

Por consiguiente, de acuerdo a la figura 125 se puede observar que solo una fuente hídrica (**IRHS 08.01.05-MA-06**) correspondería a flujos locales, mientras que todas las demás fuentes hídricas de la microcuenca corresponderían a flujos intermedios de agua subterránea.

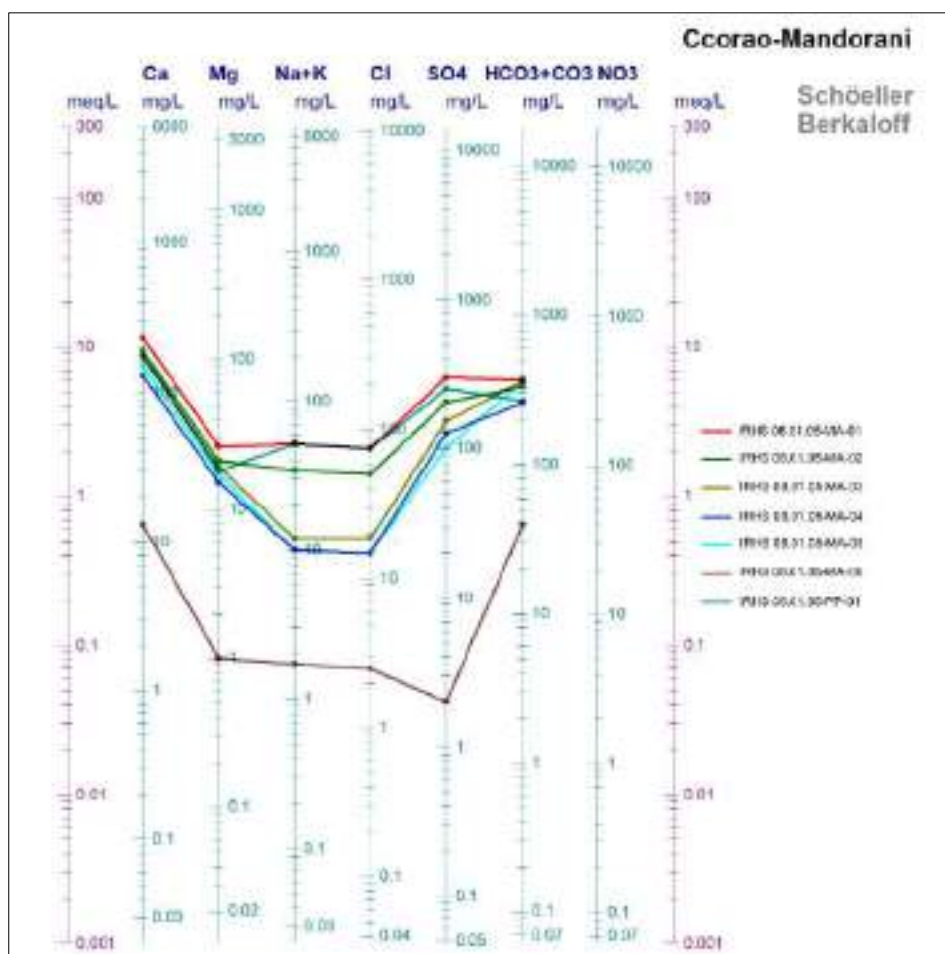


#### d. Diagramas de Scholler-Berkaloff

Mediante el diagrama de Scholler-Berkaloff, que utiliza una escala logarítmica permite determinar la concentración de iones, que a su vez destaca porque puede mostrar varias muestras en el mismo gráfico. El diagrama obtenido con los datos de la microcuenca de estudio se muestra en la siguiente figura:

**Figura N°126**

*Diagrama de Scholler-Berkaloff de la microcuenca de estudio*



**Fuente:** *Elaboración propia.*





### 8.6.2.2. Clasificación del agua subterránea

Los diagramas interpretados anteriormente nos permitieron determinar la facie hidroquímica de acuerdo al contenido del ion mayoritario (anión y catión), el cual se resume en la siguiente tabla:

**Tabla 46**

*Clasificación de las facies hidroquímicas de las fuentes hídricas*

Muestra	IRHS	Codificación	Tipo de agua	Facie Hidroquímica
M-1	IRHS 08.01.05-MA-01	499497166-001	Ca-Mg-SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub>	Sulfatadas-Cálcicas
M-2	IRHS 08.01.05-MA-02	499497166-002	Ca-Mg-SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub>	Sulfatadas-Cálcicas
M-3	IRHS 08.01.05-MA-03	499497166-003	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>	Bicarbonatada-Cálcicas
M-4	IRHS 08.01.05-MA-04	499497166-004	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>	Bicarbonatada-Cálcicas
M-5	IRHS 08.01.05-MA-05	499497166-005	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>	Bicarbonatada-Cálcicas
M-6	IRHS 08.01.05-MA-06	499497166-006	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Bicarbonatada-Cálcicas
M-7	IRHS 08.01.05-PP-01	499497166-007	Ca-Mg-SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub>	Sulfatadas-Cálcicas

**Fuente:** *Elaboración propia.*

### 8.6.3. EVOLUCIÓN HIDROQUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA

La evolución hidroquímica del agua subterránea empieza desde su contacto con la superficie hasta que sale en un río, manantial o captación. En ese proceso puede recorrer pocos o miles de kilómetros, y transcurrir desde días hasta años o siglos.

A pesar de que las reacciones y procesos químicos son muy variados, se puede observar como guía general, las aguas subterráneas de menor recorrido y permanencia son usualmente bicarbonatadas, luego predomina los sulfatos, y las más salinas son cloruradas.

La evolución química anteriormente expuesta se denomina secuencia de Chevotareb:

Análogamente en cuanto a cationes se puede observar el incremento de calcio, magnesio y sodio respectivamente.

**Figura N°127**

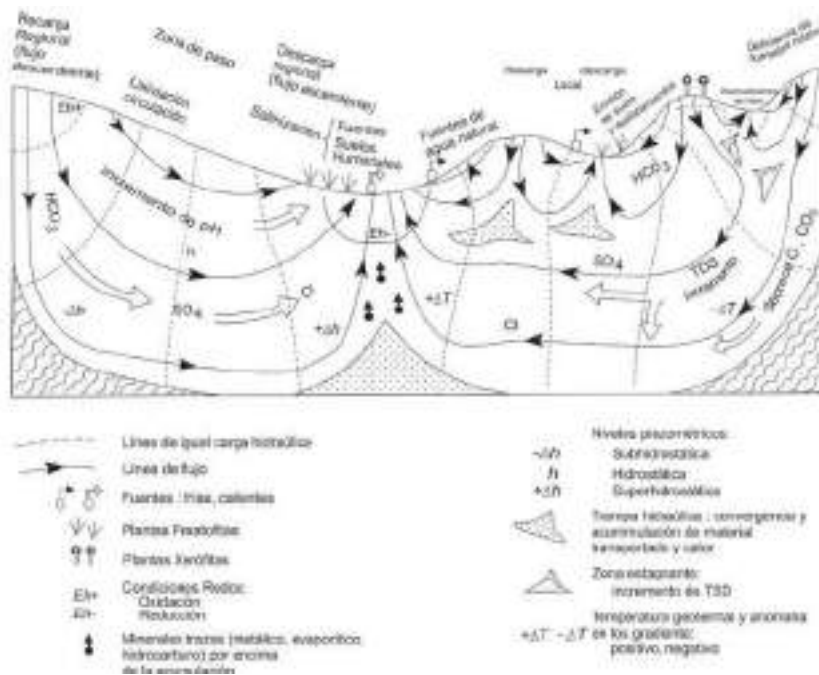
*Secuencia de Chevotareb*



**Fuente:** Sánchez F. (2011). *Hidroquímica. Conceptos fundamentales.* Departamento geología. Universidad de Salamanca. Pag 4.

**Figura N°128**

*Sistemas de flujos y evolución hidroquímica de aguas subterráneas (modificado de Toth, 2000)*

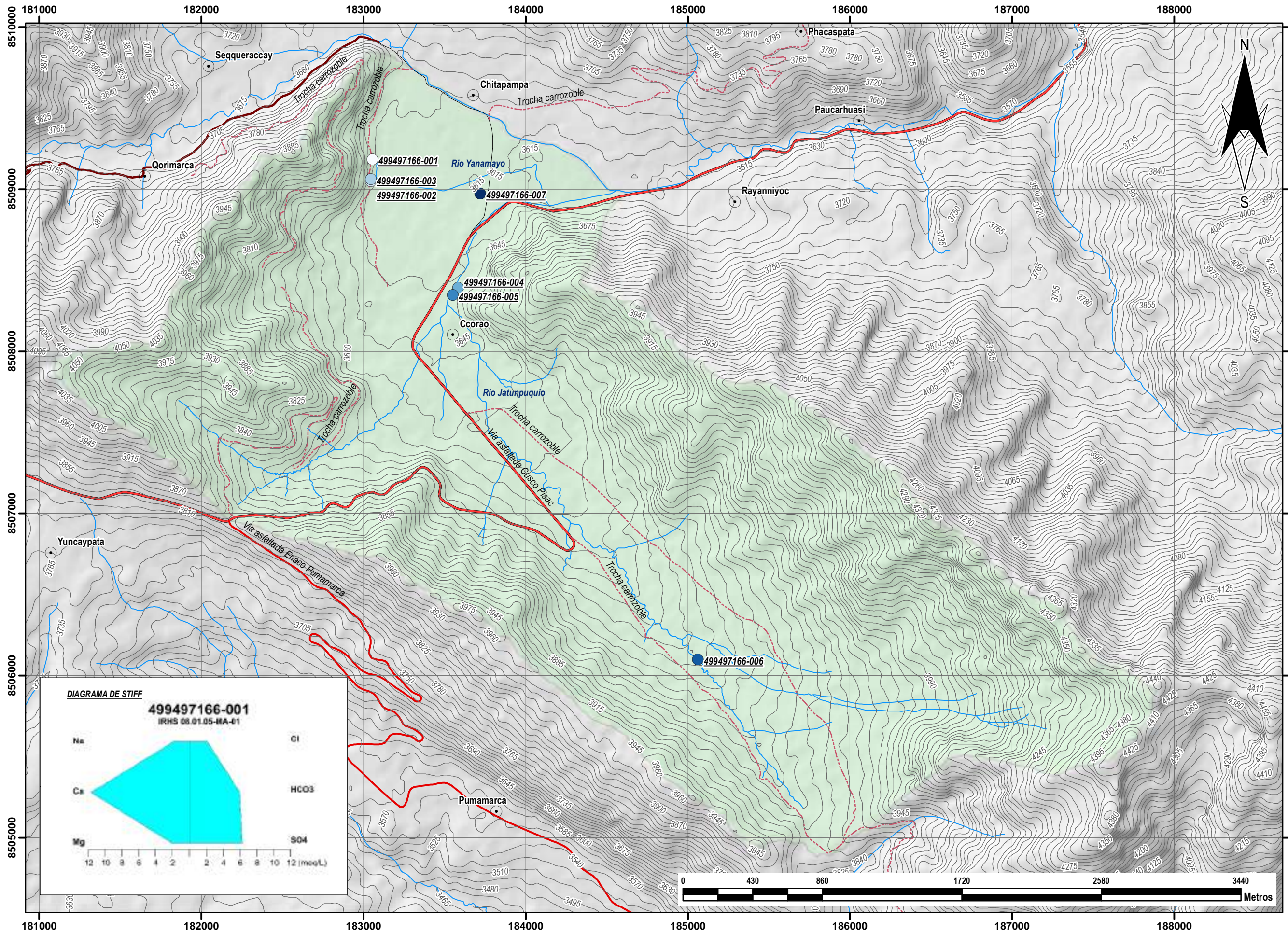


**Fuente:** Carpio, J. & Peña, F. (2020) - *Hidrogeología de la cuenca del río Tambo (1318) regiones Arequipa, Moquegua y Puno.* INGEMMET, Boletín, Serie H: drogeología,7. Pag 143

De tal forma que, de acuerdo a la figura 125 anteriormente descrita se puede observar que solo una fuente hídrica correspondería a flujos locales, mientras que todas las demás fuentes hídricas de la microcuenca corresponderían a flujos intermedios de agua subterránea.



MAPA HIDROQUIMICO DE LA MICROCUENCA CCORAO-MANDORANI



MAPA DE UBICACION REGIONAL

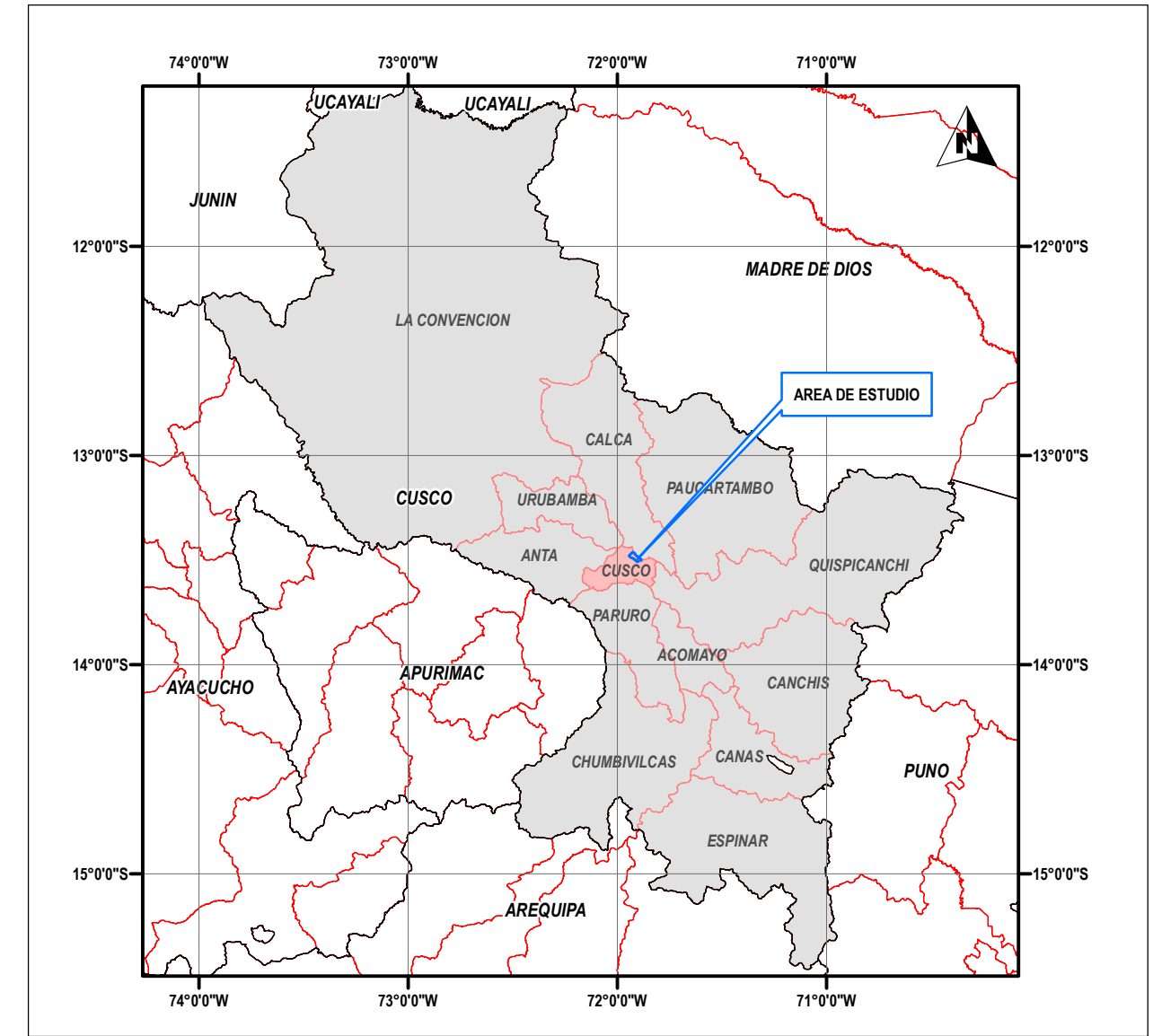


DIAGRAMA DE SCHOLLER BERKALOFF

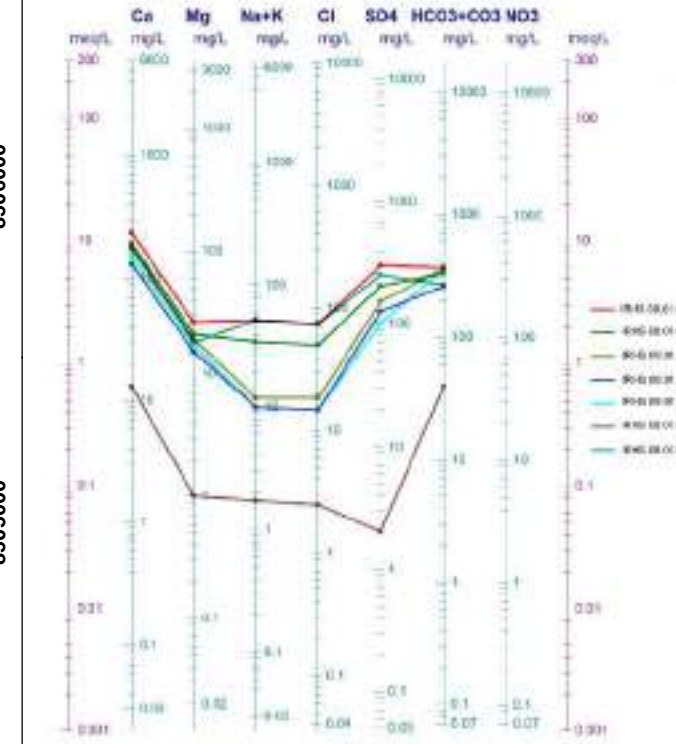


Diagramme de Piper

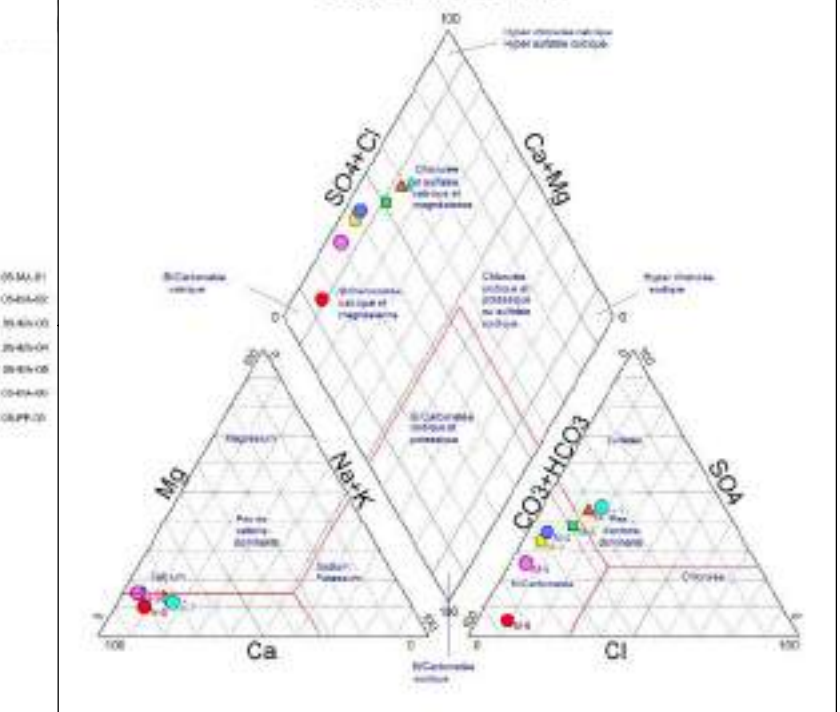


DIAGRAMA DE STIFF

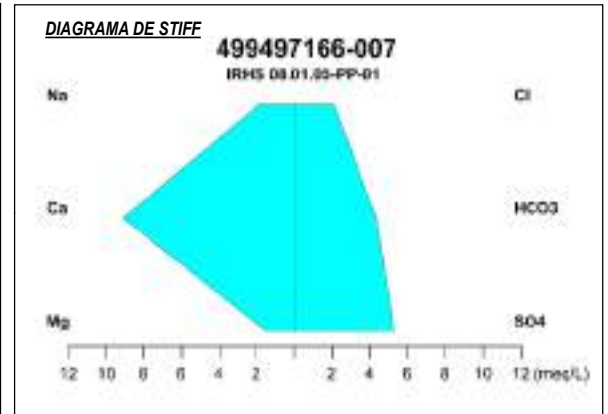
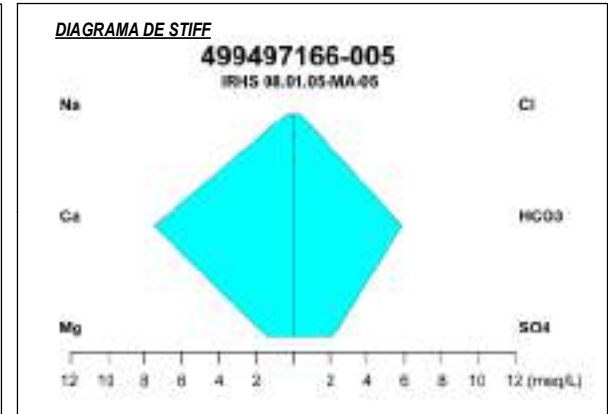
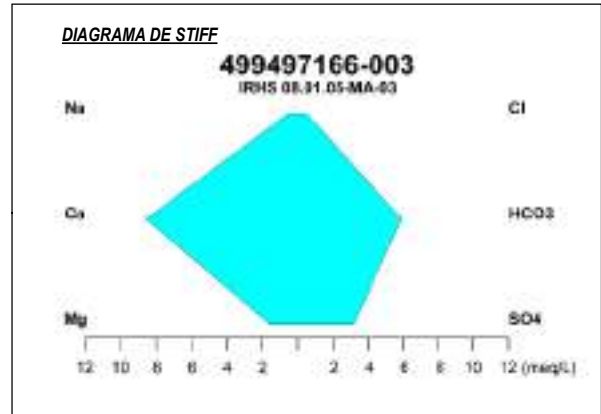
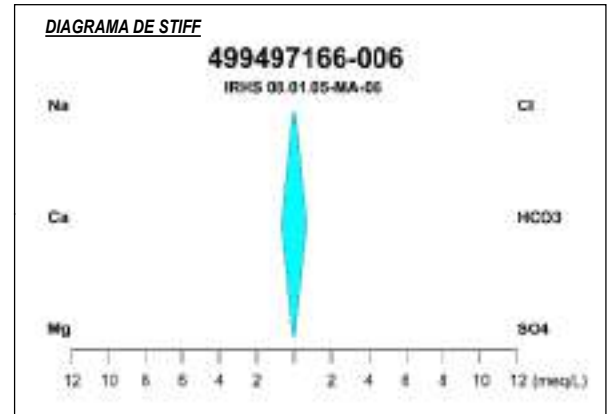
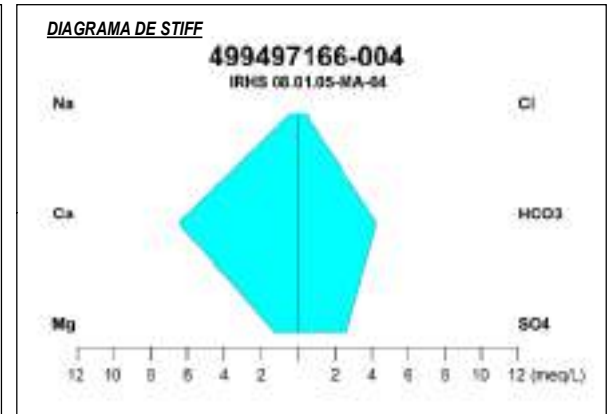
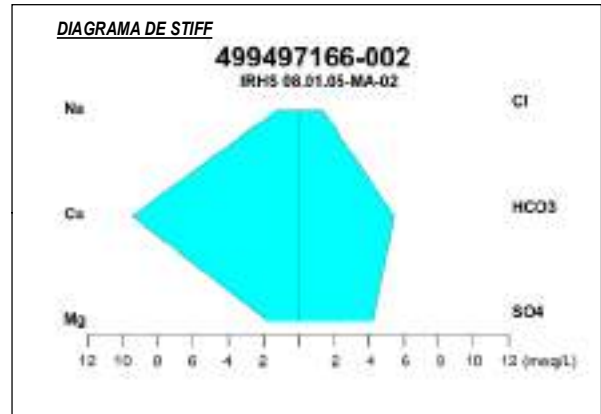
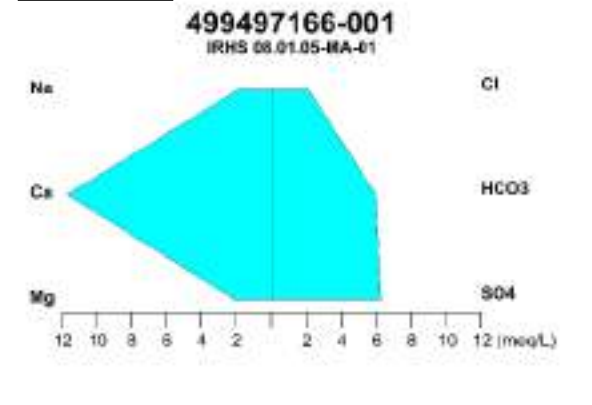
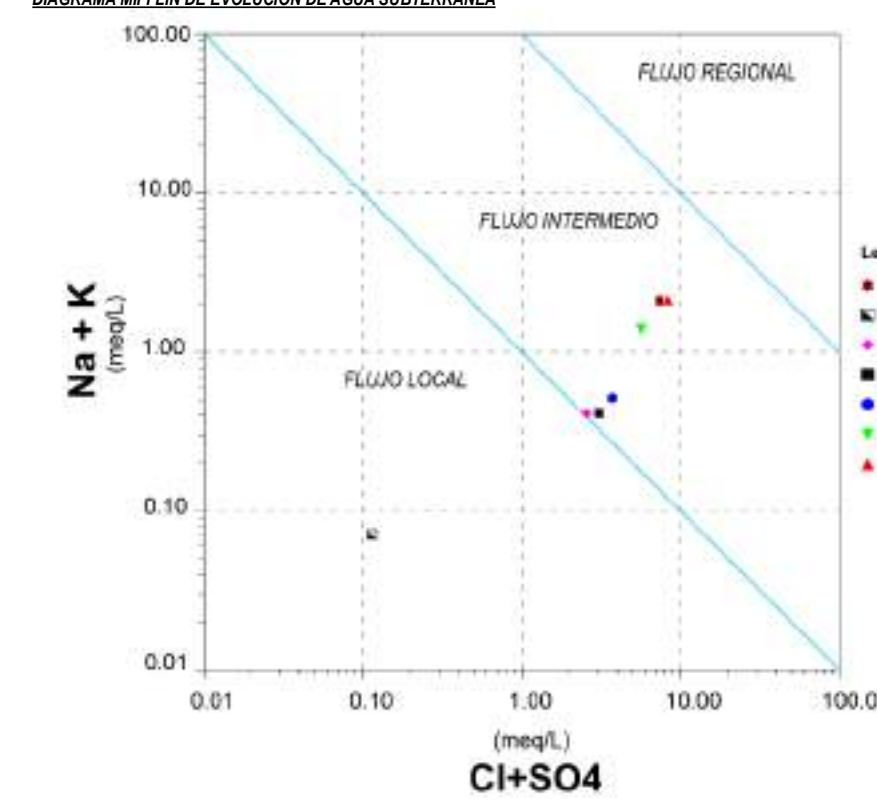


DIAGRAMA MIFFLIN DE EVOLUCION DE AGUA SUBTERRANEA



- SIMBOLOGIA**
- Drenaje
  - Comunidades
  - Curvas de Nivel 15m
  - Calle pavimentada-Ccorao-Huilcapata
  - Carretera afirmada Huilcapata
  - Trocha carrozable
  - Via asfaltada Cusco Pisac
  - Via asfaltada Enaco Pumamarca

- LEYENDA**
- Microcuenca Ccorao-Mandorani
  - CODIFICACION FUENTES DE AGUAS SUBTERRANEAS**
  - Codigo en el mapa: 499497166-001
  - Codigo de la fuente

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TESIS: ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO- MANDORANI, DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022

MAPA: MP-26

MAPA HIDROQUIMICO

ASESOR: MGT.ING.FREDDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO  
ELABORADO POR: BACH.CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

UBICACION: CCORAO-MANDORANI  
DISTRITO: SAN SEBASTIAN  
PROVINCIA: CUSCO  
REGION: CUSCO

SISTEMA DE COORDENADAS: UTM WGS84 19L Sur  
PROYECCION: DATUM HORIZONTAL: HUSO Y ZONA:  
ESCALA DE IMPRESION: A-2

LAMINA: 26/28  
ESCALA: 1:22500  
FECHA: DICIEMBRE 2022





#### **8.6.4. ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA**

Se realizó dos clasificaciones con fin de uso agrícola y consumo humano, detallados a continuación:

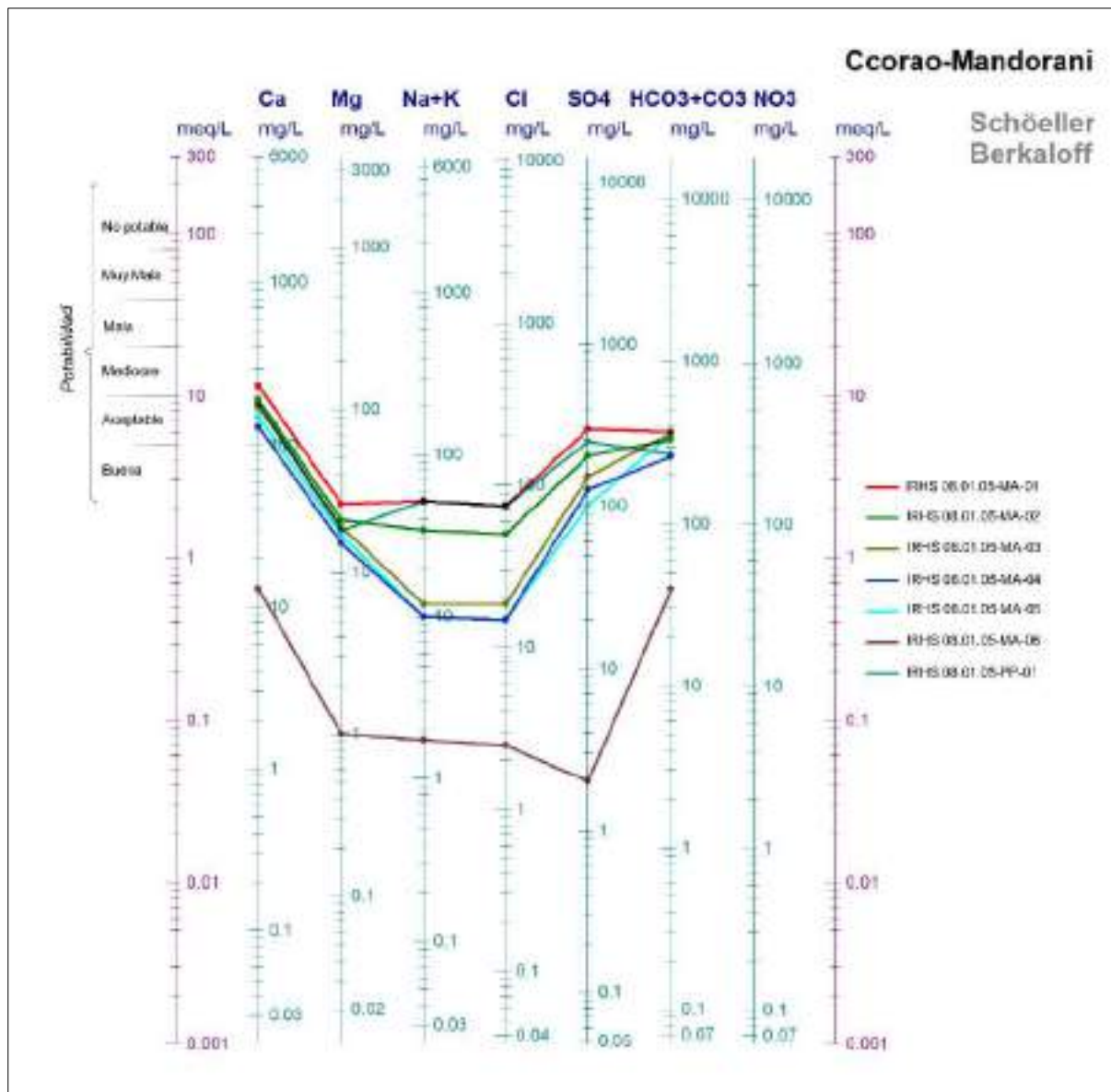
##### **8.6.4.1. Análisis de calidad de agua para consumo humano**

Con el propósito de determinar la calidad del agua subterránea para el consumo humano en la microcuenca Ccorao Mandorani, se recurrió a los diagramas de potabilidad basados en el diagrama de Scholler-Berkaloff, en la figura 129 se identifica que el manante con código **IRHS 08.01.05-MA-01** manifiesta una potabilidad mediocre a buena en cuanto a los cationes mientras que en los aniones presenta una potabilidad aceptable, por otro lado las fuentes hídricas **IRHS 08.01.05-MA-02**, **IRHS 08.01.05-MA-03**, **IRHS 08.01.05-MA-04**, **IRHS 08.01.05-MA-05** y **IRHS 08.01.05-PP-01** presentan cationes aceptables a buenos en potabilidad, ahora bien en cuanto a los aniones las fuentes hídricas **IRHS 08.01.05-MA-02**, **IRHS 08.01.05-MA-03**, **IRHS 08.01.05-MA-05** y **IRHS 08.01.05-PP-01** presentan potabilidad buena a aceptable, análogamente la fuente hídrica **IRHS 08.01.05-MA-04** presenta buena potabilidad, por último la fuente hídrica **IRHS 08.01.05-MA-06** presentan buena potabilidad en cuanto a los aniones y cationes, los resultados anteriormente descritos se observan a continuación:



**Figura N°129**

*Diagrama logarítmico de potabilidad Scholler para la microcuenca Ccorao Mandorani*



**Fuente:** *Elaboración propia.*



**Tabla 47**

*Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica en la microcuenca de estudio*

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA									
			IRHS 08.01.0 5-MA-01	IRHS 08.01.05- MA-02	IRHS 08.01.05- MA-03	IRHS 08.01.05- MA-04	IRHS 08.01.05- MA-05	IRHS 08.01.05- MA-06	IRHS 08.01.05- PP-01
Color		15	2.00	2.00	2.00	3.00	2.00		2.00
Turbidez	NTU	5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	80.00	1.00
pH		6.5 a 8.5	7.30	7.30	7.20	7.10	7.20	6.90	7.30
Conductividad	µS/cm	1500	1240.00	1200.00	1020.00	870.00	950.00	70.00	1140.00
Dureza Total	mg/L	500	650.00	530.00	480.00	365.00	417.50	35.00	500.00
Cloruros Cl	mg/L	250	74.50	49.70	18.60	14.90	14.90	2.50	74.50
Sulfatos SO <sub>4</sub>	mg/L	250	300.00	205.00	153.20	127.00	102.40	2.00	253.00
Hierro Fe	mg/L	0.3	0.22	0.24	0.46	0.52	0.34	1.66	0.32
Sodio Na	mg/L	200	43.50	29.00	11.50	8.51	8.51	1.45	43.50

Apto

No Apto

**Fuente:** Reglamento de la calidad de agua para consumo humano. Anexo III

#### 8.6.4.2. Análisis de calidad de agua para uso agrícola

Con respecto a la calidad del agua subterránea de la microcuenca Ccorao Mandorani para el uso agrícola, se utilizó la relación de absorción de sodio SAR, a su vez se define como la concentración relativa del sodio con respecto al calcio y magnesio, denominada índice SAR, es la descrita a continuación:

$$S.A.R. = \frac{Na}{\sqrt{\left(\frac{Ca + Mg}{2}\right)}}$$

Al analizar la figura 131 obtenida del software Qualigraf, se identificó que las fuentes hídricas de la microcuenca Ccorao Mandorani son aguas de alta salinidad y bajo contenido de sodio, con categoría C3-S1 que se definen como aguas de salinidad alta con bajo contenido de

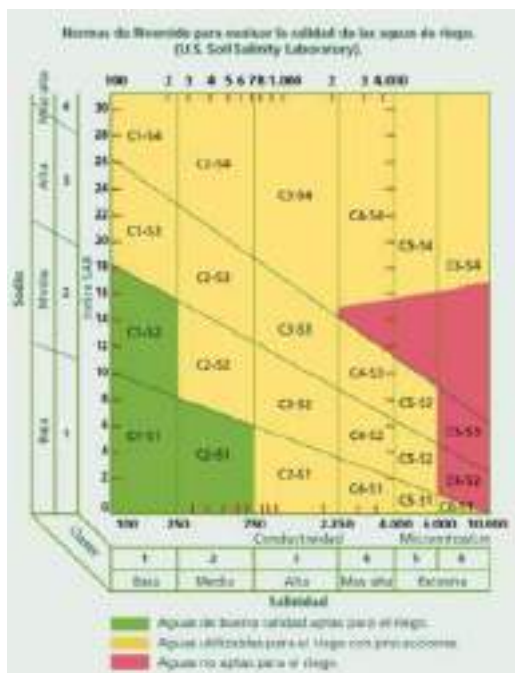




alcalinidad, se usan en suelos con buen drenaje y se emplean grandes volúmenes de agua. En consecuencia, se recomienda utilizar esta agua para riego con precauciones.

**Figura N°130**

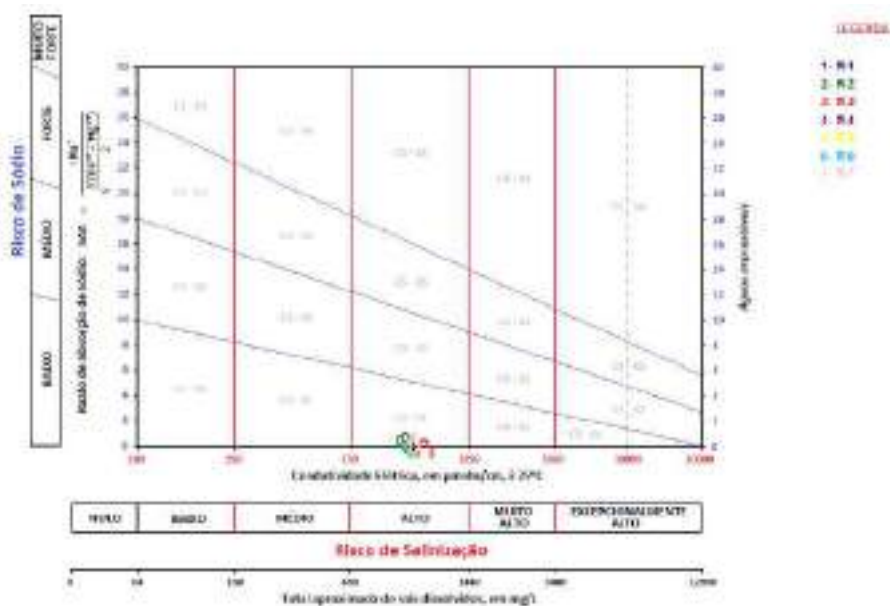
*Normas de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego*



**Fuente:** U.S. Soil Salinity Laboratory

**Figura N°131**

*Clasificación de las aguas para riego según la Norma de Riverside con Qualigraf*



**Fuente:** Elaboración propia.



## 8.7. VULNERABILIDAD DE ACUÍFEROS

Los factores que determinan la vulnerabilidad de las aguas subterráneas, que se identificó de acuerdo a todos los datos recopilados en capítulos anteriores, para la prevención, protección y atenuación de las zonas más vulnerables.

En la microcuenca de estudio las fuentes de contaminación de las aguas subterráneas, son la actividad antrópica a través de letrinas, fosas sépticas y vertido de aguas servidas, así como labores agrícolas.

Para la elaboración del mapa de vulnerabilidad se utilizó la técnica GOD, propuesto por Foster (1988), que a su vez se basa en la asignación de índices entre 0 y 1 a tres variables: G (tipo de acuífero), O (litología de la cobertura) y D (profundidad del agua o del acuífero).

De ahí que se obtuvo la ponderación, valor y categoría de vulnerabilidad de las formaciones geológicas dentro de la zona de estudio.

**Tabla 48**

*Leyenda hidrogeológica establecida para elaborar el mapa de vulnerabilidad de acuíferos según el método GOD*

Nro.	Característica de los materiales	Color	Categoría GOD
1	Formaciones geológicas donde los acuíferos son muy vulnerables. Zonas donde es necesario extremar las medidas preventivas. Materiales donde la contaminación puede propagarse velozmente y a grandes distancias.		Extrema
2	Formaciones geológicas con acuíferos vulnerables. Terrenos donde la circulación subterránea es rápida.		Alta
3	Formaciones geológicas donde los acuíferos se encuentran parcialmente protegidos de la entrada o de la propagación de agentes contaminantes, por ciertas características específicas de las rocas.		Moderada
4	Formaciones geológicas donde la contaminación puede revestir características variables, por ser poco extenso y de tipo muy diverso.		Baja
5	Formaciones geológicas impermeables, en acuitados o Acuicludos, donde la contaminación es nula, no se excluye la existencia de pequeños acuíferos libres, muy vulnerables, situados en áreas donde existen fallas geológicas con propiedades de conducir aguas subterráneas.		Despreciable

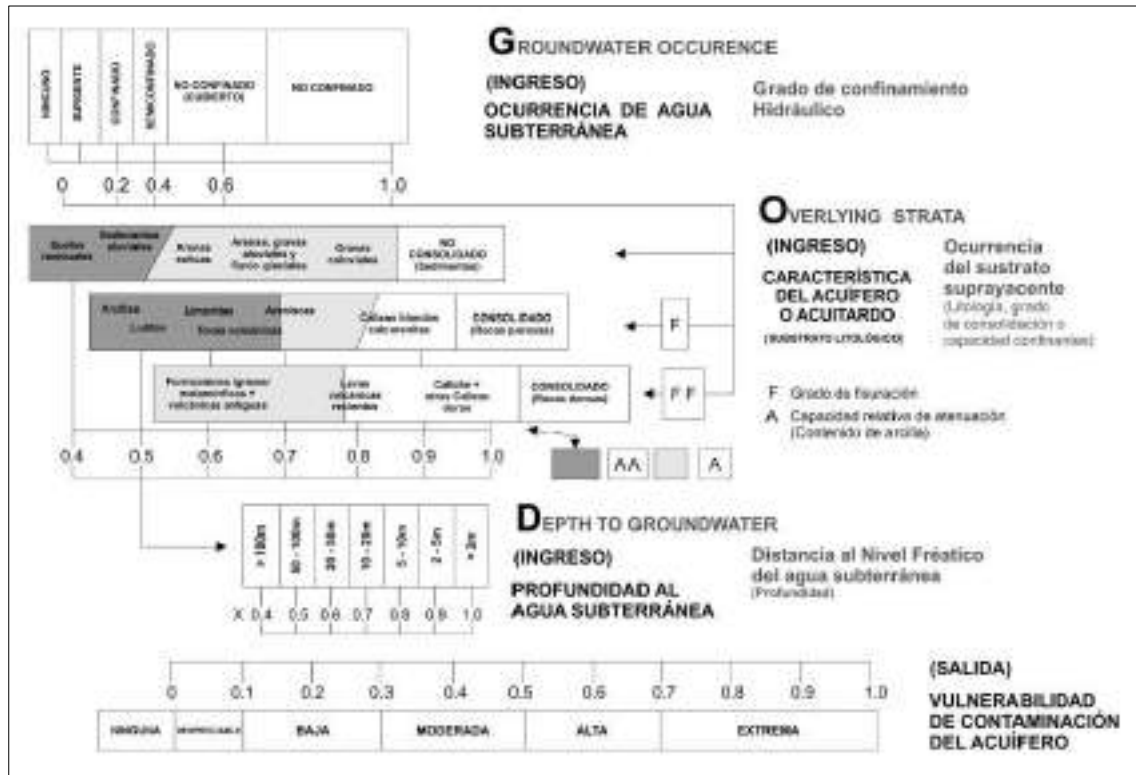
**Fuente:** Carpio, J. & Peña, F. (2020). *Hidrogeología de la cuenca del río Tambo (1318) regiones Arequipa, Moquegua y Puno*. INGEMMET, Boletín, Serie H: hidrogeología, 7. Pag 151



Posteriormente de acuerdo a la asignación de valores para cada formación geológica tomando en cuenta su clasificación hidrogeológica, litología y profundidad del nivel freático. En consecuencia, se obtuvo la tabla 49 con las categorías y valores de vulnerabilidad.

**Figura N°132**

*Patrón de parámetros y valores de ponderación según índice GOD (Modificado de Foster, 1988)*



**Fuente:** Carpio, J. & Peña, F. (2020). Hidrogeología de la cuenca del río Tambo (1318) regiones Arequipa, Moquegua y Puno. INGEMMET, Boletín, Serie H: hidrogeología, 7. Pag 152.





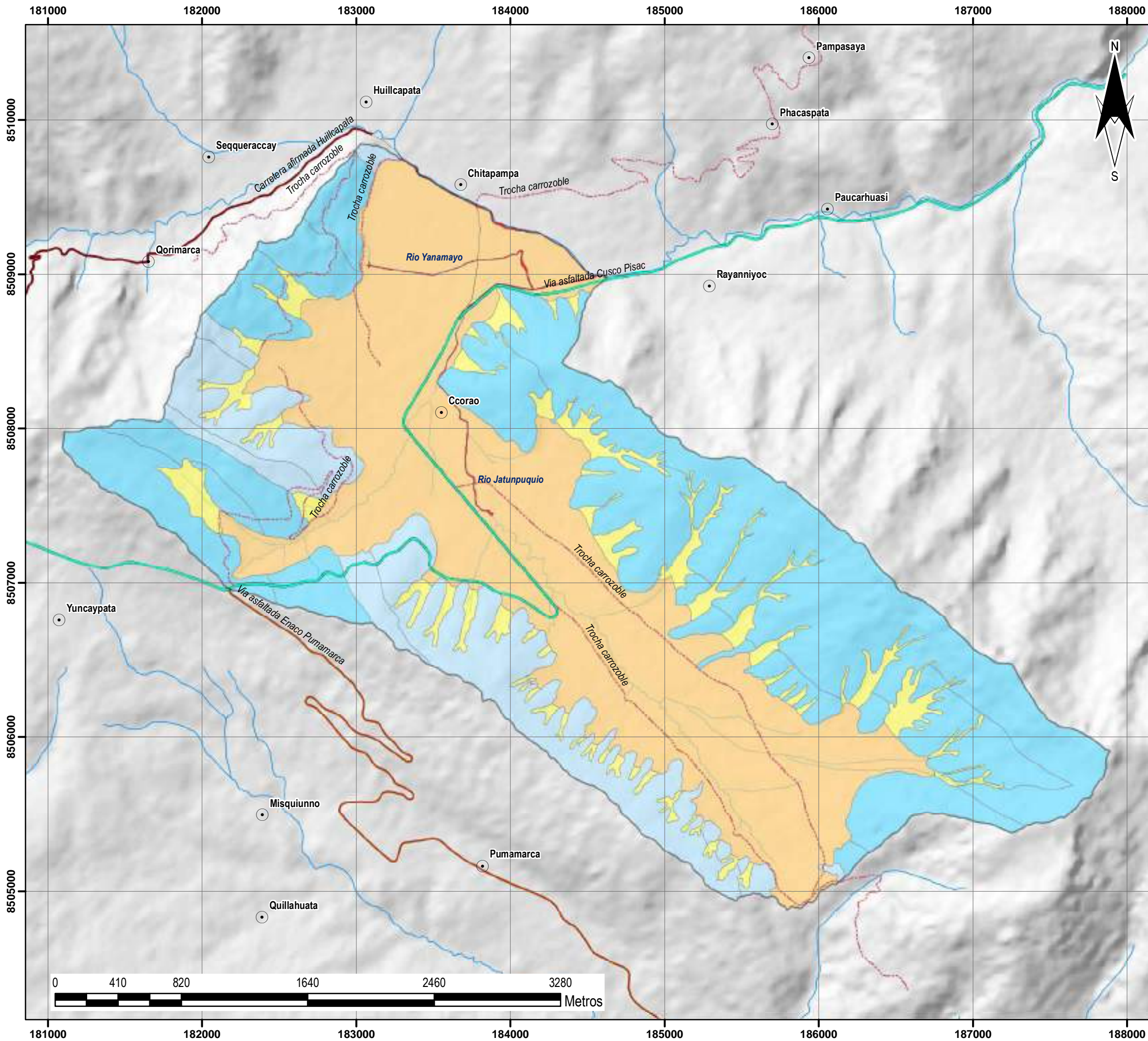
**Tabla 49**

*Valores y categorías de vulnerabilidad de la microcuenca de estudio*

Formación Geológica	Simbología Geología	Descripción	Caracterización Hidrogeológica	Símbolo hidrogeológico	G	O	D	Valor GOD	Vulnerabilidad
<b>Formación Soncco</b>	Peo-so	Areniscas fisuradas	Acuífero Fisurado	AFS-so	0.40	0.60	0.60	0.14	Baja
		Lutitas fisuradas	Sedimentario						
<b>Formación Kayra</b>	Peo-ky	Areniscas fisuradas	Acuífero Fisurado	AFS-ky	0.40	0.60	0.60	0.14	Baja
		Lutitas fisuradas	Sedimentario						
<b>Formación Chilca</b>	Pp-ch	Areniscas fisuradas	Acuitardo Sedimentario	ATS-ch	0.20	0.60	0.50	0.06	Despreciable
		Lutitas fisuradas							
<b>Formación Quilque</b>	Pp-qu	Areniscas fisuradas	Acuitardo Sedimentario	ATS-qu	0.20	0.60	0.50	0.06	Despreciable
		Lutitas fisuradas							
<b>Depósitos Coluviales</b>	Q-co	Gravas en matriz arcillo limosa (No consolidado)	Acuitardo no consolidado	ATNC-co	1.0	0.50	0.60	0.30	Moderada
<b>Depósitos Aluviales</b>	Q-al	Gravas en matriz limosa arcillosa (No consolidado)	Acuitardo no consolidado	ATNC-al	1.00	0.65	0.80	0.52	Alta
<b>Depósitos Fluviales</b>	Q-fl	Gravas en matriz arena limo (Poroso no consolidado)	Acuífero poroso no consolidado	APNC-fl	1.00	0.90	1.00	0.90	Extrema

**Fuente:** *Elaboración propia.*

# MAPA DE VULNERABILIDAD DE ACUIFEROS EN LA MICROCUENCA CCORAO MANDORANI

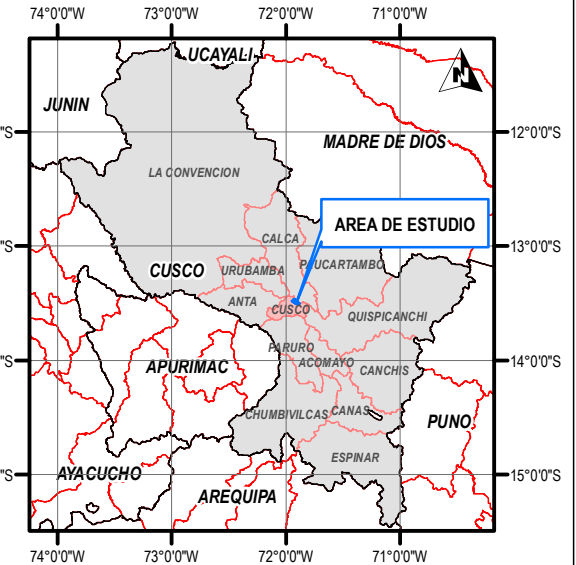


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



**TESIS:**  
 ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO  
 EN LA MICROCUENCA DE CCORAO- MANDORANI, DISTRITO DE  
 SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022

### MAPA DE UBICACION REGIONAL



### SIMBOLOGIA

#### Vias de Comunicacion

- Calle pavimentada-Ccorao-Huillcapata
- Carretera afirmada Huillcapata
- Trocha carrozoble
- Via asfaltada Cusco Pisac
- Via asfaltada Enaco Pumamarca
- Drenaje
- Comunidades

### LEYENDA

- Microcuenca Ccorao-Mandorani
- Niveles de vulnerabilidad de Acuíferos**
- Despreciable
- Baja
- Moderada
- Alta
- Extrema

### MAPA DE VULNERABILIDAD DE ACUIFEROS

ASESOR: MGT.ING.FREDDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO  
 ELABORADO POR: BACH.CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

#### SISTEMA DE COORDENADAS

PROYECCION: UTM  
 DATUM HORIZONTAL: WGS84  
 HUSO Y ZONA: 19L Sur



#### UBICACION

SECTOR: CCORAO-MANDORANI  
 DISTRITO: SAN SEBASTIAN  
 PROVINCIA: CUSCO  
 REGION: CUSCO

MAPA:  
**MP-27**

ESCALA DE IMPRESION: A-3

ESCALA: 1:25000

FECHA: DICIEMBRE 2022

LAMINA:  
**27/28**





## CAPITULO IX PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN

El estudio hidrogeológico de la microcuenca ccorao Mandorani, permitió determinar un diagnóstico hidrogeológico, a partir de este análisis se desarrollaron propuestas de intervención, encaminadas a un mejor aprovechamiento de los recursos hídricos subterráneos, que consistirá en la captación de aguas subterráneas por medio de pozos tubulares de agua, así como la recarga artificial para proporcionar una recarga constante con el fin de que los acuíferos se mantengan en equilibrio y no se sobreexploten.

### 9.1. PROPUESTAS DE CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Para la captación y explotación de aguas subterráneas se propone la construcción de pozos tubulares con profundidad variable en 4 sectores de buen potencial hídrico, tomando como referencia las zonas de evaluación geofísica de las líneas de tomografía eléctrica 1,2,4,7 y sobre todo la línea de tomografía eléctrica 6.

Para este fin se sugiere el método de perforación por rotación con un tricono con 12 pulgadas, para luego realizar una entubación con tubos ranurados PVC de 10 pulgadas clase 10, y electrobombas sumergibles.

#### Figura N°133

*Equipos de perforación de distintas características y métodos.*



**Fuente:** Fernando R. 2018. *Apuntes sobre Captación de Aguas Subterráneas. Maestría en ciencias Hídricas. Proyecto de investigación y desarrollo 05/2011 "Comportamiento y evolución espacio-temporal del arsénico en aguas subterráneas de la República Argentina". UNLPam. Pag 92*





A continuación, se observan la propuesta de perforación de pozos tubulares.

En la línea tomografía eléctrica 01 de acuerdo al perfil geológico interpretado se plantean pozos tubulares en dos sectores con un buen potencial hídrico, en el sector izquierdo en depósitos aluviales saturados a partir de 20 metros de profundidad, mientras que en el sector derecho en areniscas fisuradas saturadas a partir de 25 metros de profundidad. Ver figura N°134.

En la línea tomografía eléctrica 02 de acuerdo al perfil geológico interpretado se plantean pozos tubulares en dos sectores con un buen potencial hídrico, en el sector izquierdo en depósitos aluviales saturados con mayor contenido de gravas a partir de 25 metros de profundidad, mientras que en el sector central en depósitos aluviales saturados con mayor predominio de matriz arcillo-limosa a partir de 10 metros de profundidad, en estos sectores se infiere la intercalación de secuencias estratigráficas con horizontes con predominantes de arenas-gravosas y otros con limos y arcillas. Ver figura N°135.

En la línea tomografía eléctrica 04 de acuerdo al perfil geológico interpretado se plantean pozos tubulares en dos sectores con un buen potencial hídrico, en el sector izquierdo en depósitos aluviales saturados a partir de 30 metros de profundidad, mientras que, en el sector derecho en depósitos aluviales saturados a partir de 25 metros de profundidad, en estos sectores se infiere la intercalación de secuencias estratigráficas con horizontes con predominantes de arenas-gravosas y otros con limos y arcillas. Ver figura N°136.

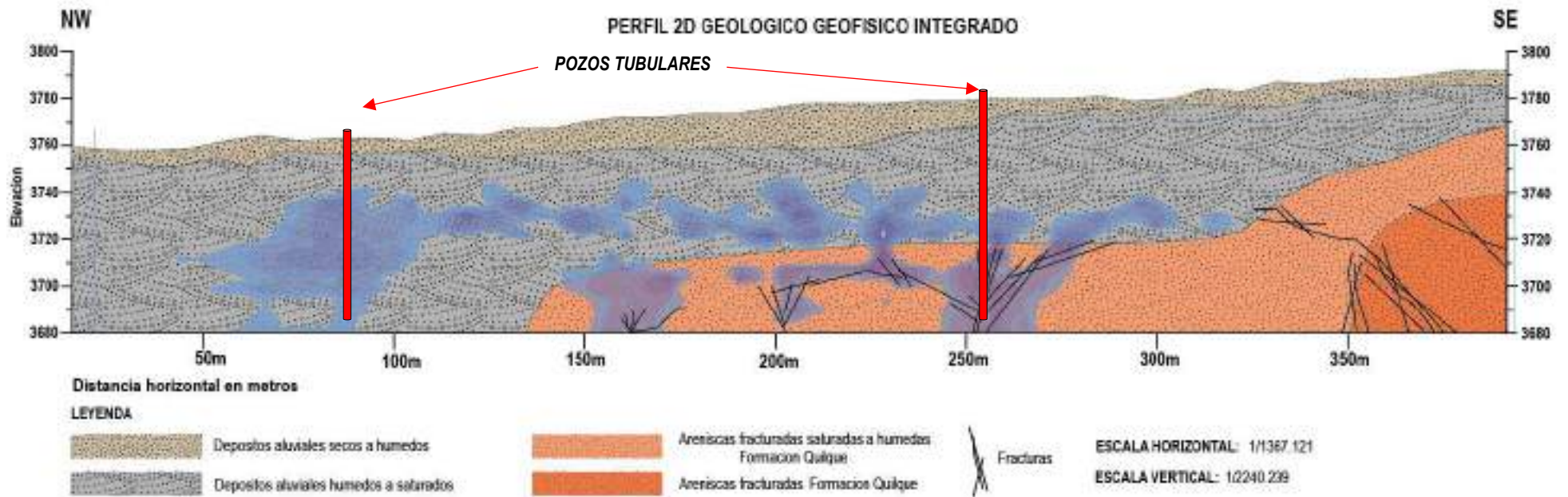
En la línea tomografía eléctrica 06 de acuerdo al perfil geológico interpretado se plantean pozos tubulares en dos sectores con un buen potencial hídrico, en todos los sectores que se infieren areniscas fisuradas saturadas con profundidades variables a partir de 30 metros. Ver figura N°137.

En la línea tomografía eléctrica 07 de acuerdo al perfil geológico interpretado se plantean pozos tubulares en dos sectores con un buen potencial hídrico, en los sectores que se infieren areniscas fisuradas saturadas con profundidades variables a partir de 15 metros. Ver figura N°138.



### Figura N°134

Propuesta de pozos tubulares para la explotación de aguas subterráneas en la línea 01

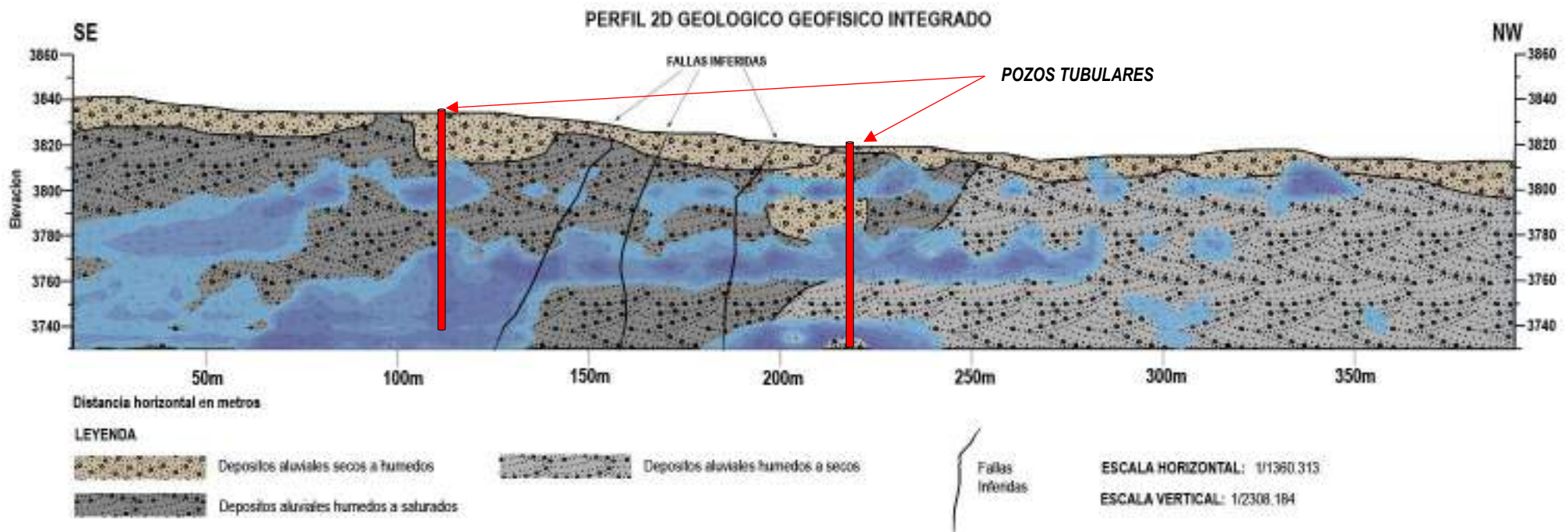


Fuente: Elaboración propia.



**Figura N°135**

*Propuesta de pozos tubulares para la explotación de aguas subterráneas en la línea 02*



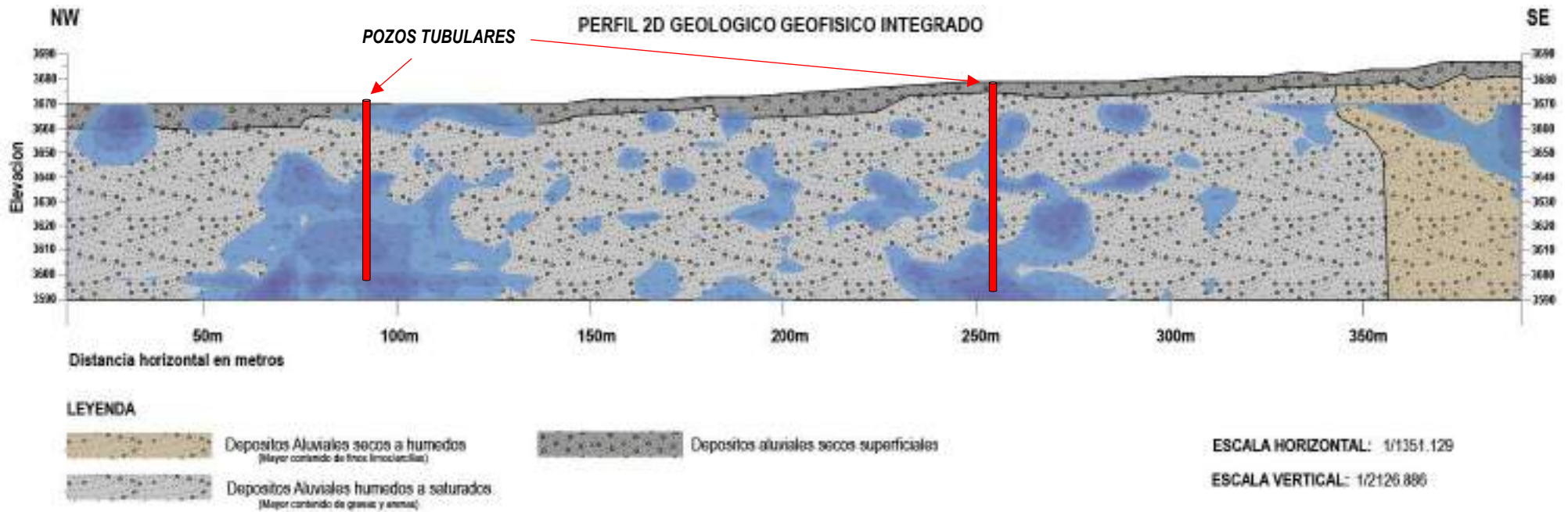
*Fuente: Elaboración propia.*





**Figura N°136**

*Propuesta de pozos tubulares para la explotación de aguas subterráneas en la línea 04*

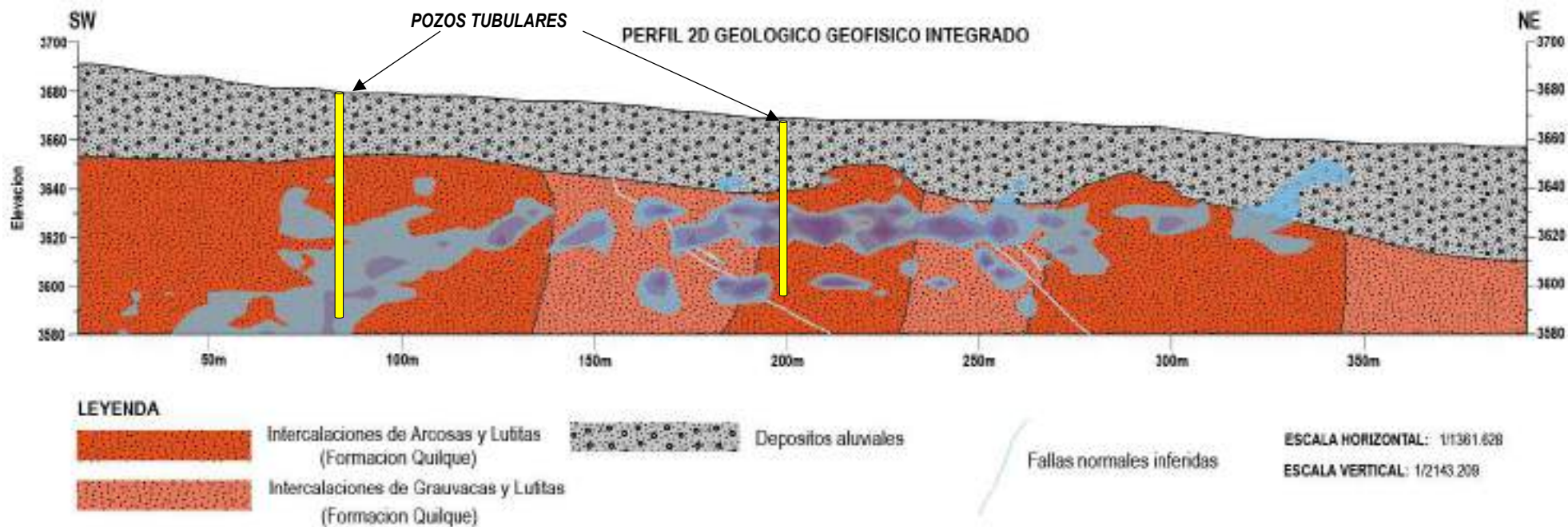


*Fuente: Elaboración propia.*



**Figura N°137**

*Propuesta de pozos tubulares para la explotación de aguas subterráneas en la línea 06*

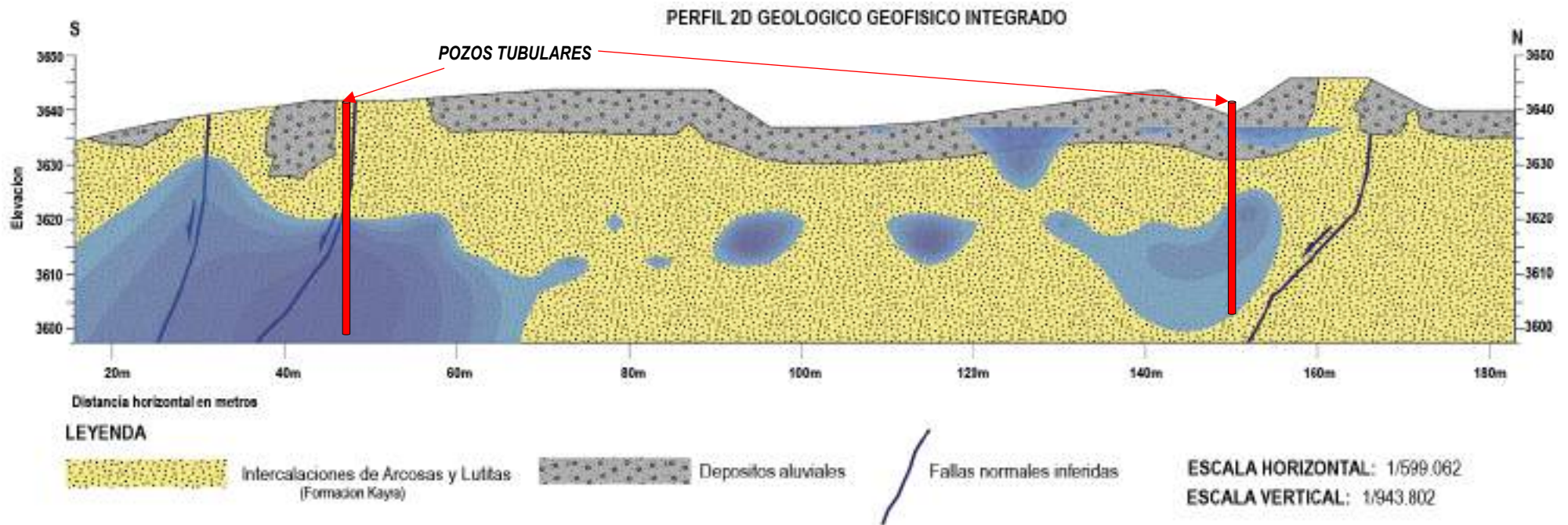


*Fuente: Elaboración propia.*



### Figura N°138

Propuesta de pozos tubulares para la explotación de aguas subterráneas en la línea 07



Fuente: Elaboración propia.

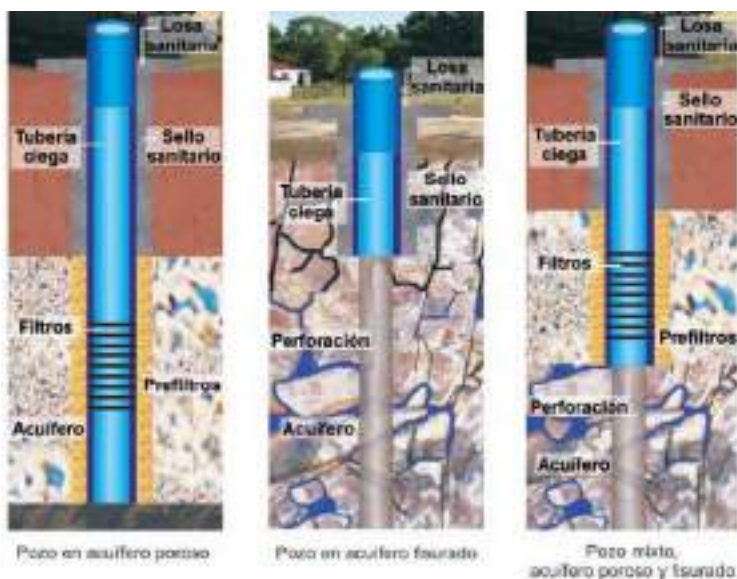




A continuación, se muestran ejemplos de pozos ya construidos como representación esquemática, en diferentes tipos de litologías.

### Figura N°139

*Diseños de pozos en función del terreno*



**Fuente:** Collazo M., Montaño J., 2012. *Manual de agua subterránea. Ministerio de ganadería agricultura y pesca. Uruguay. Pag 41.*

## 9.2. PROPUESTAS PARA RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS

### 9.2.1. RECARGA ARTIFICIAL MEDIANTE ZANJAS DE INFILTRACIÓN

Una zanja de infiltración es una estructura de retención de aguas pluviales, que reduce significativamente la erosión de laderas y aumenta la escorrentía natural del almacenamiento de agua.

Para la realización de zanjás de infiltración es indispensable una capa superficial de depósitos no consolidados, por otro lado debido a la permeabilidad de las formaciones Kayra y Soncco también se propone la ejecución de zanjás de infiltración en dichas áreas, y sobre todo en sectores con afloramientos inferidos de areniscas(arcosas) a poca profundidad.

Por otro lado, las zanjás de infiltración deben construirse en sentido perpendicular a la pendiente del terreno, su elaboración puede realizarse de forma manual o mecanizada con tractores agrícolas las propiedades hidráulicas promedio de las zanjás de infiltración



determinadas en la sierra peruana son: Pendiente longitudinal cero, 30-50 cm de ancho en la parte inferior, 50-100 cm de ancho en la parte superior, profundidad efectiva de la zanja 30-50 cm, aproximadamente 5-10 cm de espesor y 10 - 20 m de espaciamiento y 10-15 m de distancia superficial entre zanjas.

Para los cálculos de las características hidráulicas de las zanjas anteriormente descritas, se utilizó la información básica descrita a continuación:

### Tabla 50

*Valores y categorías de características hidráulicas de zanjas 1*

Tipo de suelo	Velocidad de infiltración	
	m / hora	mm/min
Suelo arenoso	0.100	1.670
Suelo franco	0.040	0.670
Suelo arcilloso	0.012	0.200

**Fuente:** Absalón Vásquez V., Abel Mejía M., Jorge Faustino M., Ruben Terán A., Issaak Vásquez R., Jorge Díaz R., Cristian Vásquez R., Andrés Castro A., Manuel Tapia M., Julio Alcántara R. 2016. Manejo y Gestión de Cuencas Hidrográficas. Universidad Nacional Agraria La Molina Editorial-UNALM. Pag 452.

### Tabla 51

*Valores y categorías de características hidráulicas de zanjas 2*

Intensidad máxima de precipitación (Imax)	
Período de retorno o frecuencia (F)	25 años
Duración (D)	60 min
Intensidad máxima (Imax)	27.8 mm / hora
Coefficiente de escorrentía superficial (Ce)	0.5 – 0.9
Pendiente de la ladera (%)	15 – 70

**Fuente:** Absalón Vásquez V., Abel Mejía M., Jorge Faustino M., Ruben Terán A., Issaak Vásquez R., Jorge Díaz R., Cristian Vásquez R., Andrés Castro A., Manuel Tapia M., Julio Alcántara R. 2016. Manejo y Gestión de Cuencas Hidrográficas. Universidad Nacional Agraria La Molina Editorial-UNALM. Pag 452.

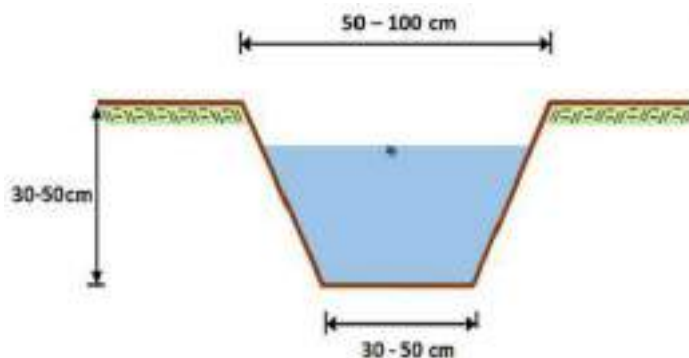
Por consiguiente, con este método las zanjas de infiltración espaciadas entre 10 a 15 m pueden infiltrar en promedio entre 3,000 – 7,000 m<sup>3</sup> /ha-año, en zonas con precipitaciones promedio que van entre los 800 – 1,400 mm/año, de acuerdo del tipo de suelo.



Finalmente se muestran los diagramas de una zanja de infiltración con sus propiedades hidráulicas promedio y una sección transversal de una ladera con plantaciones y con zanjas de infiltración construidas para recolectar la escorrentía superficial.

### Figura N°140

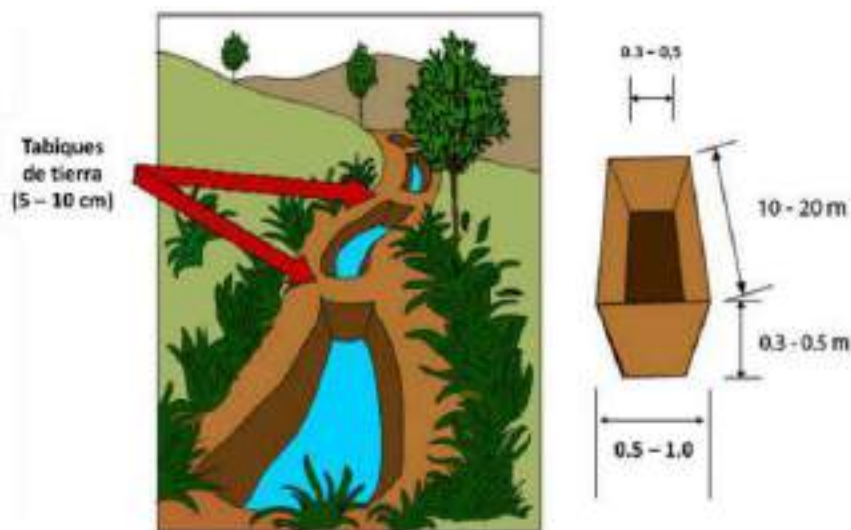
*Propiedades hidráulicas promedio de una zanja de infiltración construida manualmente*



**Fuente:** Absalón Vásquez V., Abel Mejía M., Jorge Faustino M., Ruben Terán A., Issaak Vásquez R., Jorge Díaz R., Cristian Vásquez R., Andrés Castro A., Manuel Tapia M., Julio Alcántara R. 2016. Manejo y Gestión de Cuencas Hidrográficas. Universidad Nacional Agraria La Molina Editorial-UNALM. Pag 452.

### Figura N°141

*Vista en planta de una parte de ladera con acequias de infiltración*



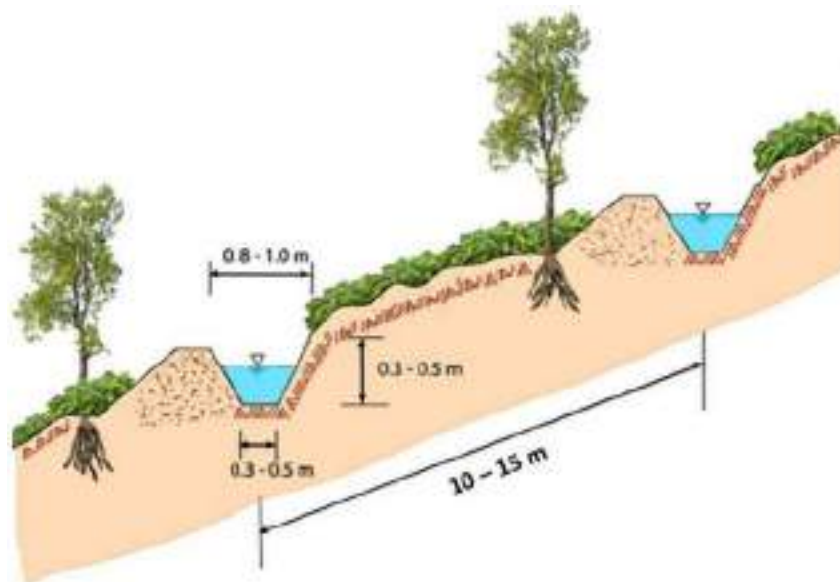
**Fuente:** Absalón Vásquez V., Abel Mejía M., Jorge Faustino M., Ruben Terán A., Issaak Vásquez R., Jorge Díaz R., Cristian Vásquez R., Andrés Castro A., Manuel Tapia M., Julio Alcántara R. 2016. Manejo y Gestión de Cuencas Hidrográficas. Universidad Nacional Agraria La Molina Editorial-UNALM. Pag 453.





### Figura N°142

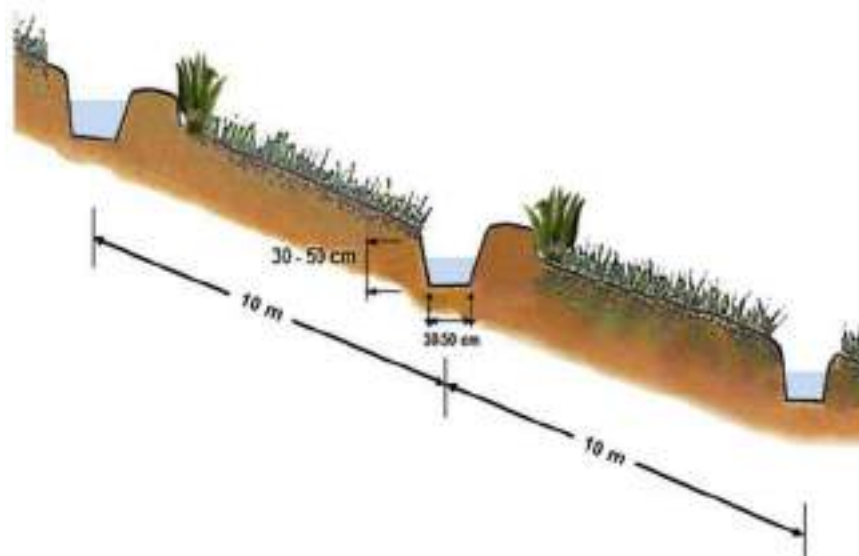
Perfil de una ladera con acequias de infiltración y plantación forestal



**Fuente:** Absalón Vásquez V., Abel Mejía M., Jorge Faustino M., Ruben Terán A., Issaak Vásquez R., Jorge Díaz R., Cristian Vásquez R., Andrés Castro A., Manuel Tapia M., Julio Alcántara R. 2016. Manejo y Gestión de Cuencas Hidrográficas. Universidad Nacional Agraria La Molina Editorial-UNALM. Pag 453.

### Figura N°143

Corte de una ladera con plantación forestal y con acequias o zanjas de infiltración



**Fuente:** Absalón Vásquez V., Abel Mejía M., Jorge Faustino M., Ruben Terán A., Issaak Vásquez R., Jorge Díaz R., Cristian Vásquez R., Andrés Castro A., Manuel Tapia M., Julio Alcántara R. 2016. Manejo y Gestión de Cuencas Hidrográficas. Universidad Nacional Agraria La Molina Editorial-UNALM. Pag 453.



## 9.2.2. RECARGA ARTIFICIAL MEDIANTE REFORESTACIÓN

Mediante este método se puede controlar de manera efectiva la erosión, así como aumentar la escorrentía de aguas pluviales, puesto que la práctica de este método en laderas puede infiltrar hasta un 47% de la lluvia.

Asimismo, mejora las condiciones humedad del suelo, mayor recarga de aguas subterráneas por mayor infiltración, mejora de paisaje y biodiversidad, aparición de puquios u ojos de agua en partes medias y bajas de la microcuenca de estudio, entre otros.

En la tabla a continuación se presentan especies forestales adecuadas para el sector de estudio:

**Tabla 52**

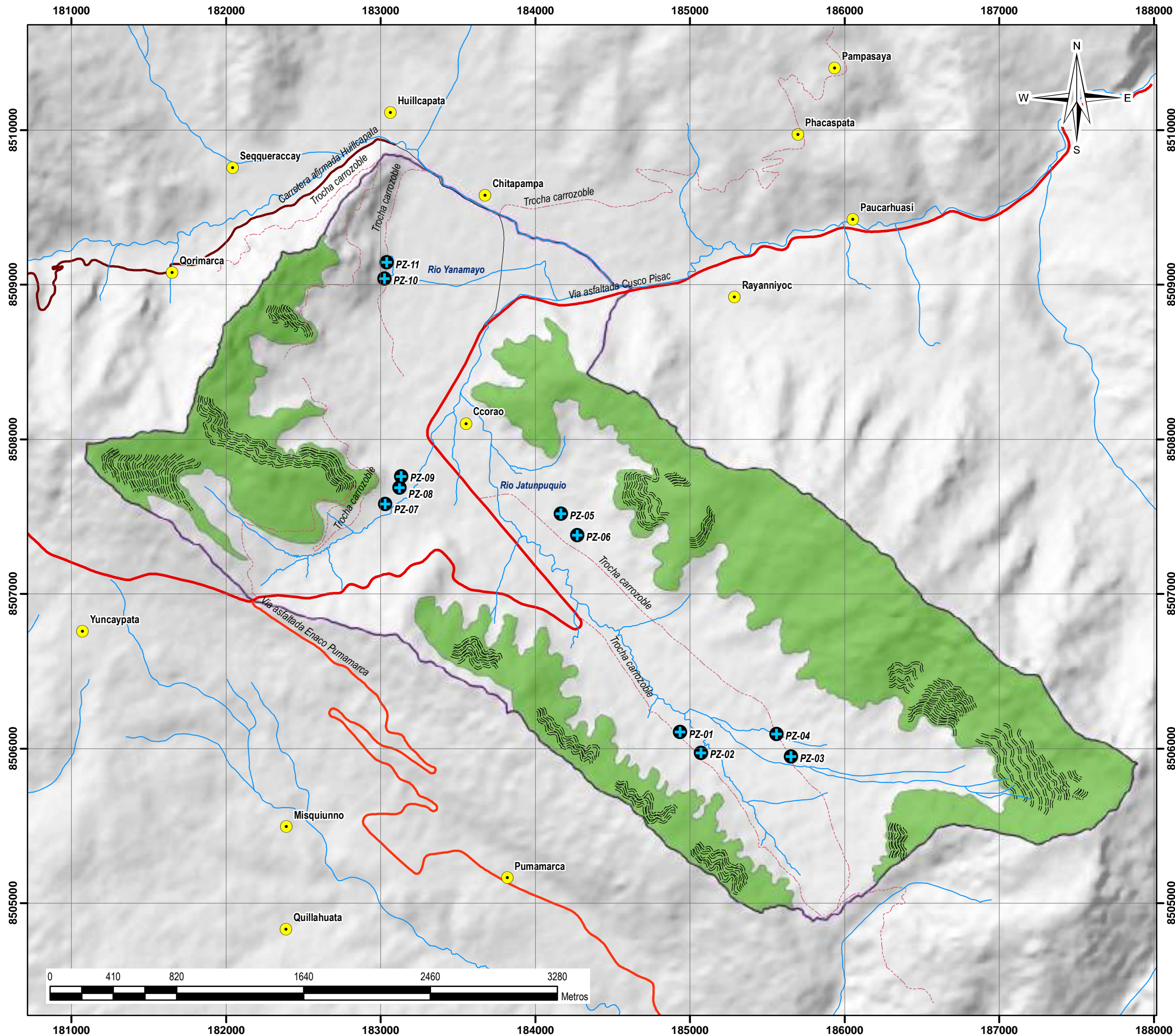
*Especies forestales nativas*

Características Físicas	Especies forestales				
	Queuña	Qolle	Quishuar	Chachacomo	Mutuy
Rango altitud (msnm)	2800 a 4700	3400 a 4500	2300 a 3900	2600 a 4000	2500 a 4000
Rango de T° media (°C)	3 a 12	3 a 10	9 a 17	6 a 14	3 a 10
Resistencia a heladas	Soporta	Soporta	Eventual	Soporta	Soporta
Tendencia del suelo	Alcalina	Alcalina	Alcalina	Variada	Variada
Profundidad requerida	Media-Baja	Media	Media a Escasa	Escasa	Media
Tolerancia a la pedregrosidad	Alta	Media	Alta	Media a Alta	Media
Requerimiento de agua	Bajo	Medio a bajo	Medio	Bajo	Media

**Fuente:** *Bandera W., Barrientos V.2019.Tesis “Estudio hidrogeológico para el diseño de métodos de recarga en acuíferos en la microcuenca de unhuaycco, distrito ropesa, provincia Quispicanchis - cusco -2019.”. Unsaac-Cusco.*

En ese sentido por la recomendación del INIA, se requiere aproximadamente 1111 de plantones por hectárea de terreno, resaltando que existe una pérdida del 3%.

# MAPA DE PROPUESTAS DE INTERVENCION EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI

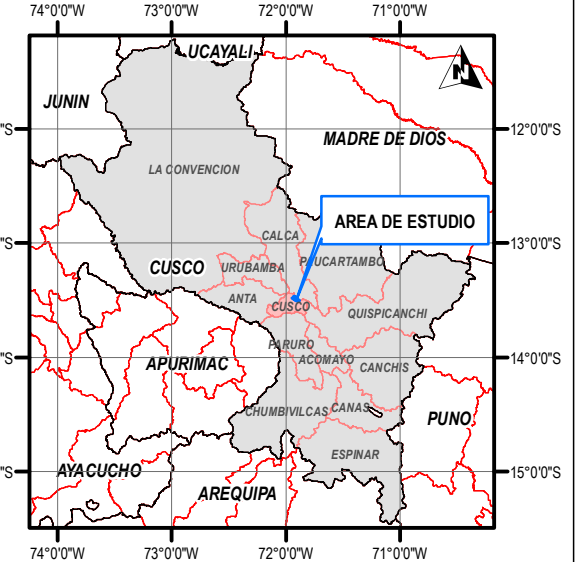


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



**TESIS:**  
 ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO  
 EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DISTRITO DE  
 SAN SEBASTIAN, PROVINCIA CUSCO, REGION CUSCO - 2022

## MAPA DE UBICACION REGIONAL



## SIMBOLOGIA

- Drenaje
- Comunidades
- Zanjas de Infiltracion
- Pozos Tubulares
- Vias de comunicacion**
  - Calle pavimentada-Ccorao-Huillcapata
  - Carretera afirmada Huillcapata
  - Trocha carrozoble
  - Via asfaltada Cusco Pisac
  - Via asfaltada Enaco Pumamarca

## LEYENDA

- Microcuenca Ccorao-Mandorani
- Propuestas de Intervencion**
  - Sectores de Reforestacion (Queuña)

## MAPA DE PROPUESTAS DE INTERVENCION

ASESOR: MGT.ING.FREDDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO  
 ELABORADO POR: BACH.CARLOS LOPEZ DE LA TORRE

<b>SISTEMA DE COORDENADAS</b> PROYECCION: UTM DATUM HORIZONTAL: WGS84 HUSO Y ZONA: 19L Sur		 <b>MAPA:</b> MP-28
<b>UBICACION</b> SECTOR: CCORAO-MANDORANI DISTRITO: SAN SEBASTIAN PROVINCIA: CUSCO REGION: CUSCO		
ESCALA DE IMPRESION: A-3 ESCALA: 1:25000 FECHA: DICIEMBRE 2022		<b>LAMINA:</b> 28/28





## CONCLUSIONES

Primero en cuanto al contenido hidrogeológico se determinó lo siguiente:

- Los acuíferos identificados en la zona de estudio corresponden a acuíferos fisurados y porosos no consolidados, los acuíferos fisurados sedimentarios corresponden a las formaciones Kayra y Soncco compuestas de Intercalaciones de areniscas(arcosas>grauvacas), lutitas y algunos estratos de microconglomerados con valores de permeabilidad promedios de 0.077 m/día y 0.056 m/día respectivamente en cuanto a las formaciones geológicas locales, mientras que el acuífero poroso no consolidado corresponde a los depósitos fluviales compuesto de gravas con matriz areno limosa con un valor de permeabilidad promedio de 3.03 m/día, así como algunos sectores focalizados dentro de depósitos aluviales.

- Los acuitardos identificados en la microcuenca de estudio corresponden a acuitardos sedimentarios y no consolidados, por lo que los acuitardos sedimentarios corresponden a las formaciones Quilque y Chilca compuestas de intercalaciones de areniscas (Grauvacas>Arcosas), lutitas y algunos estratos de conglomerados con valores de permeabilidad promedios de 0.005 m/día y 0.008 m/día respectivamente en cuanto a las formaciones geológicas locales, mientras que el acuitardo no consolidado corresponde a los depósitos coluviales y aluviales en general compuestos de gravas con matrices arcillo limosas variables, que poseen valores de permeabilidades promedios de 0.006 m/día y 0.009 m/día respectivamente.

- Se logro identificar 6 manantes y 1 pozo como fuentes hídricas subterráneas a lo largo de toda la microcuenca de estudio, lo cual resalta la escasez de fuentes hídricas superficiales, de estas fuentes hídricas el caudal más alto no supera los 3.5 ltr/seg siendo categorizado según la clasificación de Meizer como de quinta a séptima categoría en los demás manantes.

Segundo de acuerdo al análisis hidroquímico por los diferentes diagramas (piper, stiff y scholler), se determinó que las fuentes hídricas subterráneas se agrupan en dos grandes grupos que son: sulfatadas-Cálcicas y bicarbonatadas-Cálcicas, que a su vez constituyen mayormente flujos



intermedios reflejados en el diagrama de Miffilin (sodio + potasio vs. cloruros + sulfatos). Por otro lado, la calidad de agua es variable de mediocre a buena (Diagrama logarítmico de potabilidad Scholler y reglamento de la calidad de agua para consumo humano. Anexo III del Minsa), sin embargo, para el consumo humano requieren más tratamiento debido a presentar ligeros límites máximos superados en algunos casos, mientras que para el ámbito de riego puede ser utilizada, pero con precauciones de acuerdo al RAS obtenido.

Tercero, el análisis de la vulnerabilidad del área de estudio, dio como resultados que las formaciones Kayra y Soncco poseen una vulnerabilidad baja, las formaciones Chilca y Quilque poseen vulnerabilidad despreciable, los depósitos coluviales vulnerabilidad moderada, los depósitos aluviales vulnerabilidad alta y los depósitos fluviales vulnerabilidad extrema.

Cuarto, las áreas de recarga en la microcuenca de estudio se encuentran presentes en todas las laderas de montaña que la rodean, donde afloran las litologías propias de las formaciones sedimentarias fisuradas categorizadas como áreas adecuadas de recarga a las formaciones Kayra y Soncco, por sus propiedades hidrogeológicas, mientras que las áreas aceptables de recarga son las formaciones Quilque y Chilca, finalmente las áreas de descarga son los depósitos no consolidados divididos en los depósitos aluviales, fluviales y coluviales.

Quinto, se ha determinado áreas de intervención en las partes bajas donde se ha ubicado sitios idóneos para la perforación de pozos tubulares con el fin de la captación y explotación de aguas subterráneas, mientras que, para las partes altas de la microcuenca, se ha identificado sectores adecuados para la reforestación y construcción de zanjas de infiltración.

Sexto, mediante la interpretación geomorfológica se ha determinado que en la microcuenca de estudio se encuentra 3 unidades geomorfológicas en mayor porcentaje: vertiente de ladera de montañas altas denudacional empinado en areniscas beige friable y limoarcillitas rojizas con 20.2612 %, seguido de vertiente de ladera de montañas altas denudacional fuertemente



empinado en areniscas beiges friable y limoarcillitas rojizas con 16.3727%, asimismo pie de monte de altoplanicie aluvial agradacional moderadamente inclinado con acumulación de grava, arena, limo y arcilla con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición con 9.85913%, por otra lado se obtuvieron 63 unidades geomorfológicas producto de la intersección de unidades fisiográficas, pendientes y geología.

Séptimo, en cuanto a la geología regional se determinó las formaciones Ausangate y Muñani, mientras que en la geología local de la microcuenca de estudio se han identificado 7 unidades geológicas locales, las cuales son: Formación Quilque (Paleógeno-Paleoceno inferior), Formación Chilca (Paleógeno-Paleoceno superior), Formación Kayra (Paleógeno-Eoceno inferior), Formación Soncco (Paleógeno-Eoceno superior) , depósitos coluviales, aluviales y fluviales, estas últimas 3 unidades corresponden al cuaternario.

Octavo, mediante el análisis de datos estructurales (azimut, buzamiento, rake y cinemática) a lo largo de toda a microcuenca se ha determinado que el control estructural de la microcuenca está definido por fallas inversas con componente de rumbo generando movimientos sinextrales y dextrales, producto de esfuerzos de cizalla pura que fueron analizados por zonas (Mapa N°11), con las siguientes componentes finales:  $\sigma_1$  con dirección NE-SW al este de la zona de la microcuenca, pero en la zona oeste la dirección de  $\sigma_1$  cambia a NW-SE.

Noveno, la microcuenca de estudio posee un área de 14.16 km<sup>2</sup> y un perímetro de 18.96 km. Hidrográficamente de acuerdo al sistema de codificación de Pfafstetter, tiene el código 499497166 siendo una unidad hidrográfica de nivel 9. Su precipitación media mensual es de 665.55 mm/año, por otro lado, su media mensual es de 12.2 °C, en tanto la temperatura máxima es de 21.4°C, finalmente su temperatura mínima es de 2.9 ° C. Análogamente, su evapotranspiración potencial es de 643.75 mm/año asimismo su evapotranspiración real es de 681.60 mm/año, posee dos zonas de vida que son: Bosque seco subhúmedo montano bajo





templada cálida y Bosque seco subhúmedo montano bajo templada cálida, la escorrentía superficial es de 455.70 mm y la infiltración de 2126.433 mm/año.

Decimo, el balance hídrico entre los aportes y pérdidas de agua, en toda la cuenca es de 2598.18 mm por año, que es el valor del agua almacenada en los acuíferos.

Onceavo, la prospección eléctrica por el método de tomografía eléctrica y potencial espontaneo ha determinado e identificado los tipos de acuíferos que varían de fisurados sedimentarios a depósitos sedimentarios no consolidados, y su profundidad de volúmenes importantes de aguas varia a partir de 20 metros en los acuíferos detríticos no consolidados mientras que en los acuíferos fisurados sedimentarios se han identificado a profundidades mayores a 40 metros.



## RECOMENDACIONES

Primero para el desarrollo de la construcción de pozos tubulares, con el fin de la explotación de agua subterránea, se debe realizar al menos 6 líneas de tomografía eléctrica interceptadas perpendicularmente con arreglo wenner-schlumberger en cada sector identificado en el mapa de propuestas de intervención, así como medidas de potencial espontáneo en 2D para un mejor análisis tridimensional del posible acuífero y sus profundidades más detalladamente.

Segundo, en los mismos sectores del párrafo anterior, se debe realizar 2 perforaciones diamantinas para obtener testigos de roca con fines de análisis geotécnicos y de exploración, mediante los cuales proponer los ensayos de bombeo (ensayos de Lefranc y Lugeon), acorde a las propiedades físico mecánicas de los tramos estudiados, así pues, se obtendrán los valores reales de los parámetros hidrogeológicos, de los acuíferos a explotar.

Tercero, se recomienda también realizar la construcción de una red de pozos piezométricos de tipo casagrande para poder evaluar los niveles piezométricos, así como realizar un monitoreo ambiental, debido a la continua expansión de áreas urbanas con el fin de mitigar la contaminación de las fuentes subterráneas de recursos hídricos.

Cuarto, para la recarga de los acuíferos por medio de reforestación se recomienda las queñas debido a sus propiedades de tolerabilidad a la pedregosidad, necesidad baja de agua, tolerancia a las heladas y rango variable de adaptabilidad a las alturas, mientras que para las zanjas de infiltración se debe realizar un cálculo más al detalle con datos de precipitaciones máximas de 24 horas, para así obtener las dimensiones más adecuadas a la microcuenca.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Absalón Vásquez V., Abel Mejía M., Jorge Faustino M., Ruben Terán A., Issaak Vásquez R., Jorge Díaz R., Cristian Vásquez R., Andrés Castro A., Manuel Tapia M., Julio Alcántara R. 2016. Manejo y Gestión de Cuencas Hidrográficas. Universidad Nacional Agraria La Molina Editorial-UNALM.
- Araque M. (2019). Cuencas Hidrográficas. Primera Edición. Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador
- Benavente C., Delgado F., Maquerhua E., Audin L., Pinto W., (2013). Neotectónica y Peligro Sísmico en la Región Cusco. Ingemmet
- Boggs, Sam. (2006). Principles of sedimentology and stratigraphy (4th ed edición). Pearson Prentice Hall.
- Carlotto V., Gil W. Cárdenas J., Chávez R .Geología de los cuadrángulo de Urubamba y Calca hojas 27-r y 27-s. Ingemmet. Lima-Peru.
- Carpio, J. & Peña, F. (2020). Hidrogeología de la cuenca del río Tambo (1318) regiones Arequipa, Moquegua y Puno. INGEMMET, Boletín, Serie H.
- Castro A., (1989). Petrología Básica. Paraninfo Madrid.
- Collazo M., Montañó J., 2012. Manual de agua subterránea. Ministerio de ganadería agricultura y pesca. Uruguay.
- Custodio, E. & Llamas, M. (1983) - Hidrología subterránea. 2a. ed. Barcelona: Omega, 2da edición.
- Chereque W. Hidrología para estudiantes de ingeniería civil. Pontificia Universidad Católica Del Perú. Perú.
- Fernando R. 2018. Apuntes sobre Captación de Aguas Subterráneas. Maestría en ciencias Hídricas. Proyecto de investigación y desarrollo 05/2011 “Comportamiento y evolución espacio-temporal del arsénico en aguas subterráneas de la República Argentina”. UNLPam
- Fossen H. (2010). Structural Geology. Cambridge University Press.





- Huamán D., Aspectos sismo tectónicos del sismo del cuzco del 5 de abril de 1986. (1987). IGP. <http://cidbimena.desastres.hn/pdf/spa/doc40/doc40-contenido.pdf>
- INRENA. (2007). Inventario de fuentes de aguas superficiales del rio Vilcanota Ámbito de la ATDR-Cusco. ANA. [https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/3498/ANA0002110\\_2.pdf?sequence=6&isAllowed=y](https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/3498/ANA0002110_2.pdf?sequence=6&isAllowed=y)
- INGEMMET. (2015). Estudio Hidrogeológico de la Microcuenca de Lauricocha, Distrito de San Miguel de Cauri, Provincia Lauricocha, Región Huánuco.
- Knödel K., G. Lange, H.-J. Voight. Environmental Geology Handbook of Field Methods and Case Studies. (2007). Springer (UNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE). Germany.
- Loke, M.H. (2021), "Bidimensional and Tridimensional Electrical Imaging Surveys" Editado por el propio autor.
- López A., Loke M., Fanton G. & Cara E. (1999), "Técnicas prácticas para investigación de resistividad en dos y tres dimensiones (tomografía eléctrica 2D y 3D)". Instituto Geofísico.
- Martínez Alfaro, P., Martínez Santos P., Castaño Castaño S., (2005). Fundamentos de Hidrogeología. Ediciones Multi prensa. España
- Mejía A. (2006) Hidrología Aplicada. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.
- Monsalve G. (1999). Hidrología en Ingeniería. Segunda Edición. Editorial ALFAOMEGA. México.
- Orellana E. 1972. Prospección geoelectrica de corriente continua (2nd Edición). Editorial Paraninfo. Madrid.
- Peña, F.; Sánchez, M. & Pari, W. (2010). Hidrogeología de la cuenca del río Ica. INGEMMET. Boletín. Serie H: Hidrogeología, 3.



- Quispe, G. C. (2019). Cálculo de la precipitación media mediante el software Hydroaccess. uDocz. <https://www.udocz.com/apuntes/40563/calculo-de-la-precipitacion-media-mediante-el-software-hydraccess>
- Rivera Mantilla H. (2017). Geología General. Cuarta Edición. Grupo editorial megabyte. Peru.
- Rossmery Apaza Rojas Rossmery y Oscar Huamán Quispe (2019), Estudio Hidrogeológico con fines de determinar el potencial hídrico en la Cuenca de Cachimayo (Tesis para optar Título), Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Sánchez F. (2011). Hidroquímica. Conceptos fundamentales. Departamento geología. Universidad de Salamanca. Pag 4.
- Sánchez F. (2011). Medidas puntuales de permeabilidad (“Slug Tests”). Departamento geología. Universidad de Salamanca. Pag 2.
- SILVA G., Mendoza C., (2016). Trabajo Geológico de campo. DGAPA, UNAM.
- Struckmeier W. & Margat J. (1995). Hydrogeological Maps A guide and Standard Legend. International Association of Hydrogeologists. Hannover: Heise.
- Pozo M., González J., Giner J. Geología Practica. Pearson, Universidad Autónoma de Madrid.
- Reynolds, J. (2011). An Introduction to Applied and Environmental Geophysics. (2nd Edition). John Wiley & Sons, Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO198SQ, UK.
- Villon Béjar M. Hidrología Estadística (2006). 1ra Edición. Editorial Costa Rica.
- Wilner Bandera Pérez y Vidal Antoni Barrientos Cruz (2019), Estudio Hidrogeológico para el diseño de métodos de recarga de acuíferos en la microcuenca de Unuhuaycco, Distrito Oropesa, Provincia Quispicanchi-Cusco-2019, (Tesis para optar Título), Universidad Nacional de san Antonio Abad del Cusco.



## **ANEXOS**

ANEXO A: MATRIZ DE CONSISTENCIA

ANEXO B: TABLAS DE ENSAYOS DE INFILTRACION

ANEXO C: DATOS GEOLOGICOS ESTRUCTURALES

ANEXO D: ANALISIS FISICOQUIMICO DE AGUAS SUBTERRANEAS

ANEXO E: DESCRIPCIONES MACROSCOPICAS FORMACIONES LOCALES

ANEXO F: ANALISIS ESTRUCTURAL DE FALLAS Y FRACTURAS



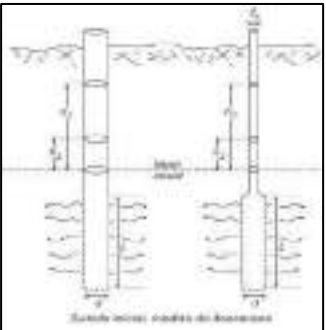

# **ANEXO A: MATRIZ DE CONSISTENCIA**

**Título de tesis " ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA DE CUSCO, REGIÓN CUSCO-2022"**

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables Y=F(x)	Dimensiones	Indicadores	Resultados	Presupuesto	
							Etapas	Costos
Problema General	Objetivo general	Hipótesis						
¿Cuál es el potencial hídrico existente en la microcuenca de Ccorao-Mandorani?	El estudio tiene como objetivo realizar el estudio hidrogeológico para determinar el potencial hídrico existente en la zona de estudio.	El estudio hidrogeológico nos permitirá conocer las unidades geomorfológicas, las características geológicas, estructurales e hidrogeológicas existentes en la microcuenca de Ccorao-Mandorani, para así determinar el potencial hídrico que servirá para realizar la construcción de un pozo tubular de agua.	Variable Independiente	Geología	Estratigrafía	Mapa geológico estructural	<b>Etapa 1</b> Gabinete 1 y campo 1	S/ 2000.0
					Geología estructural			
				Geomorfología	Pendiente	Mapa geomorfológico	<b>Etapa 2</b> Gabinete 2	S/ 500.0
					Tipos y formas de suelo			
				Hidrología	Balance hídrico	Mapa de isoyetas, isotermas, evapotranspiración, etc	<b>Etapa 3</b> Gabinete 3	S/ 500.0
					Climatología			
				Geofísica	Tomografía eléctrica con arreglo Wenner, Schlumberger y ambos	Perfiles Geo eléctricos y perfiles interpretados	<b>Etapa 4</b> Gabinete 4 y campo 2	S/ 28000.0
			Hidrogeología	Permeabilidades de los afloramientos	Mapa hidrogeológico	<b>Etapa 5</b> Gabinete 5 y campo 3	S/ 500.0	
			Hidroquímica	Composición química del agua	Mapa hidroquímica de los manantes	<b>Etapa 6</b> Gabinete 6 y campo 4	S/ 1500.0	
			Variable Dependiente	Potencial hídrico		<b>Etapa 7</b> Gabinete 7	S/ 1000.0	
Consumo de agua potable								
							Total	S/ 34000.0

# **ANEXO B: TABLAS DE ENSAYOS DE INFILTRACION**

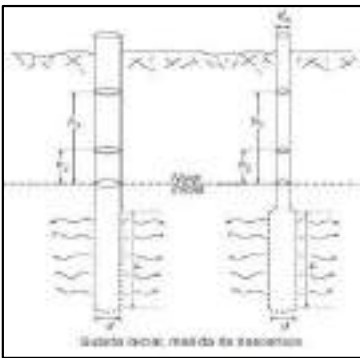



ENSAYO DE INFILTRACION - MICROCUENCA CCORAO MANDORANI								
ENSAYO LEFRANC CARGA VARIABLE								
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DIST. SAN SEBASTIAN, PROV. CUSCO, REG. CUSCO - 2022								
UBICACIÓN POLITICA		N° ENSAYO	UBICACIÓN GEOGRAFICA (UTM)			Fecha	05/11/2022	
Sector	Ccorao	1	Este	183593	metros			
Distrito	San Sebastian		Norte	8508318	metros			
Provincia	Cusco		Altitud	3613	m.s.n.m.			
Departamento	Cusco		Microcuenca	Ccorao-Mandorani				
Prof. de Ensayo	20.00	centimetros	Diametro de la zona filtrante (d)	5.08	centimetros			
Longitud total de la tubería	120.00	centimetros	Diametro de la entubacion (de)	5.08	centimetros			
			CODIGO	Observaciones:				
			LFCV-001	Areniscas				
			$K = \frac{d^2 \ln(2L/d)}{8 L t} \ln \frac{h_1}{h_2}$					
Litología	ARENISCAS - FORMACION SONCCO							
N°PRUEBA	Altura al inicio del ensayo	Altura al final del ensayo	Tiempo entre alturas	Longitud de la Zona Filtrante	Diametro de la zona Filtrante	Conductividad Hidrauliza (K)		
	h1(centimetros)	h2(centimetros)	t(segundos)	L(centimetros)	d(centimetros)	cm/s	m/dia	
1.00	100.00	80.50	300.00	20.00	5.08	0.000241	0.207924	
2.00	100.00	82.60	300.00	20.00	5.08	0.000212	0.183239	
3.00	100.00	85.90	300.00	20.00	5.08	0.000169	0.145688	
4.00	100.00	88.45	300.00	20.00	5.08	0.000136	0.117647	
5.00	100.00	90.00	300.00	20.00	5.08	0.000117	0.100994	
6.00	100.00	92.00	300.00	20.00	5.08	0.000093	0.079926	
7.00	100.00	92.50	300.00	20.00	5.08	0.000086	0.074731	
8.00	100.00	94.00	300.00	20.00	5.08	0.000069	0.059311	
9.00	100.00	95.00	300.00	20.00	5.08	0.000057	0.049168	
10.00	100.00	95.20	300.00	20.00	5.08	0.000055	0.047152	
Calificacion	Algo permeable	Clasificacion Acuifero		Acuifero pobre	Promedio (k)	0.000123	0.106578	

**ENSAYO DE INFILTRACION - MICROCUENCA CCORAO MANDORANI**

**ENSAYO LEFRANC CARGA VARIABLE**

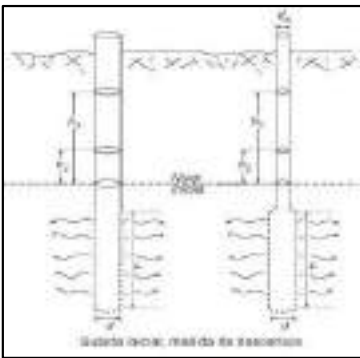
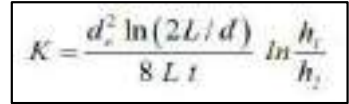

**ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DIST. SAN SEBASTIAN, PROV. CUSCO, REG. CUSCO - 2022**

UBICACIÓN POLITICA		N° ENSAYO	UBICACIÓN GEOGRAFICA (UTM)			Fecha	05/11/2022		
Sector	Ccorao	2	Este	183651	metros				
Distrito	San Sebastian		Norte	8508273	metros				
Provincia	Cusco		Altitud	3632	m.s.n.m.				
Departamento	Cusco		Microcuenca	Ccorao-Mandorani					
Prof. de Ensayo	20.00	centímetros	Diametro de la zona filtrante (d)	5.08	centímetros				
Longitud total de la tubería	120.00	centímetros	Diametro de la entubacion (de)	5.08	centímetros				
	CODIGO		Observaciones:						
	LFCV-002		Lutitas						
Litología		LUTITAS - FORMACION SONCCO						$K = \frac{d_s^2 \ln(2L/d)}{8 L t} \ln \frac{h_1}{h_2}$	
N°PRUEBA	Altura al inicio del ensayo	Altura al final del ensayo	Tiempo entre alturas	Longitud de la Zona Filtrante	Diametro de la zona Filtrante	Conductividad Hidrauliza (K)			
	h1(centímetros)	h2(centímetros)	t(segundos)	L(centímetros)	d(centímetros)	cm/s	m/dia		
1.00	100.00	99.200	300.00	20.00	5.08	0.000009	0.007699		
2.00	100.00	99.270	300.00	20.00	5.08	0.000008	0.007023		
3.00	100.00	99.360	300.00	20.00	5.08	0.000007	0.006154		
4.00	100.00	99.480	300.00	20.00	5.08	0.000006	0.004998		
5.00	100.00	99.530	300.00	20.00	5.08	0.000005	0.004516		
6.00	100.00	99.590	300.00	20.00	5.08	0.000005	0.003938		
7.00	100.00	99.620	300.00	20.00	5.08	0.000004	0.003649		
8.00	100.00	99.700	300.00	20.00	5.08	0.000003	0.002880		
9.00	100.00	99.710	300.00	20.00	5.08	0.000003	0.002784		
10.00	100.00	99.720	300.00	20.00	5.08	0.000003	0.002688		
Calificacion	Poco permeable	Clasificacion Acuifero	Acuitardo	Promedio (k)	0.000005	0.004633			

**ENSAYO DE INFILTRACION - MICROCUENCA CCORAO MANDORANI**

**ENSAYO LEFRANC CARGA VARIABLE**

**ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DIST. SAN SEBASTIAN, PROV. CUSCO, REG. CUSCO - 2022**

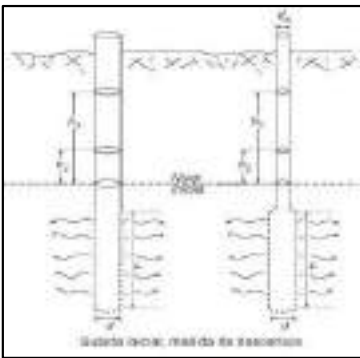
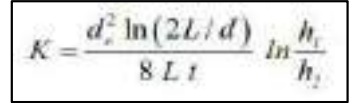

UBICACIÓN POLITICA		N° ENSAYO	UBICACIÓN GEOGRAFICA (UTM)			Fecha	07/11/2022		
Sector	Ccorao	<b>3</b>	Este	183944	metros				
Distrito	San Sebastian		Norte	8508900	metros				
Provincia	Cusco		Altitud	3587	m.s.n.m.				
Departamento	Cusco		Microcuenca	Ccorao-Mandorani					
Prof. de Ensayo	20.00	centimetros	Diametro de la zona filtrante (d)	5.08	centimetros				
Longitud total de la tubería	120.00	centimetros	Diametro de la entubacion (de)	5.08	centimetros				
			CODIGO	<b>Observaciones:</b>					
			<b>LFCV-003</b>	Gravas en matriz arcillo-limosa					
<b>Litología</b>		Depositos coluviales							
N°PRUEBA	Altura al inicio del ensayo	Altura al final del ensayo	Tiempo entre alturas	Longitud de la Zona Filtrante	Diametro de la zona Filtrante	Conductividad Hidrauliza (K)			
	h1(centimetros)	h2(centimetros)	t(segundos)	L(centimetros)	d(centimetros)	cm/s	m/dia		
1.00	100.00	99.220	300.00	20.00	5.08	0.000009	0.007506		
2.00	100.00	99.250	300.00	20.00	5.08	0.000008	0.007216		
3.00	100.00	99.280	300.00	20.00	5.08	0.000008	0.006927		
4.00	100.00	99.310	300.00	20.00	5.08	0.000008	0.006637		
5.00	100.00	99.380	300.00	20.00	5.08	0.000007	0.005962		
6.00	100.00	99.450	300.00	20.00	5.08	0.000006	0.005287		
7.00	100.00	99.510	300.00	20.00	5.08	0.000005	0.004708		
8.00	100.00	99.600	300.00	20.00	5.08	0.000004	0.003842		
9.00	100.00	99.650	300.00	20.00	5.08	0.000004	0.003361		
10.00	100.00	99.660	300.00	20.00	5.08	0.000004	0.003265		
<b>Calificacion</b>	<b>Poco permeable</b>	<b>Clasificacion</b>	<b>Acuitardo</b>	<b>Promedio (k)</b>	<b>0.000006</b>	<b>0.005471</b>			



**ENSAYO DE INFILTRACION - MICROCUENCA CCORAO MANDORANI**

**ENSAYO LEFRANC CARGA VARIABLE**

**ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DIST. SAN SEBASTIAN, PROV. CUSCO, REG. CUSCO - 2022**

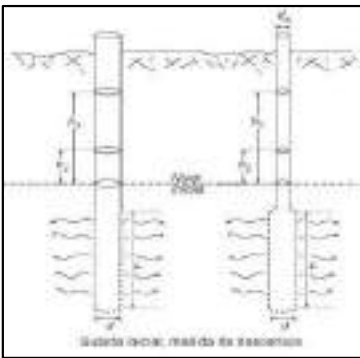

UBICACIÓN POLITICA		N° ENSAYO	UBICACIÓN GEOGRAFICA (UTM)			Fecha	07/11/2022
Sector	Ccorao	4	Este	183792.00	metros		
Distrito	San Sebastian		Norte	8506933.00	metros		
Provincia	Cusco		Altitud	3702.00	m.s.n.m.		
Departamento	Cusco		Microcuenca	Ccorao-Mandorani			
Prof. de Ensayo	20.00	centímetros	Diametro de la zona filtrante (d)	5.08	centímetros		
Longitud total de la tubería	120.00	centímetros	Diametro de la entubacion (de)	5.08	centímetros		
			CODIGO	Observaciones:			
			LFCV-004	Areniscas			

Litología		ARENISCAS - FORMACION QUILQUE					
N°PRUEBA	Altura al inicio del ensayo	Altura al final del ensayo	Tiempo entre alturas	Longitud de la Zona Filtrante	Diametro de la zona Filtrante	Conductividad Hidrauliza (K)	
	h1(centímetros)	h2(centímetros)	t(segundos)	L(centímetros)	d(centímetros)	cm/s	m/dia
1.00	100.00	98.940	300.00	20.00	5.08	0.000012	0.010215
2.00	100.00	99.010	300.00	20.00	5.08	0.000011	0.009537
3.00	100.00	99.090	300.00	20.00	5.08	0.000010	0.008763
4.00	100.00	99.150	300.00	20.00	5.08	0.000009	0.008183
5.00	100.00	99.230	300.00	20.00	5.08	0.000009	0.007409
6.00	100.00	99.270	300.00	20.00	5.08	0.000008	0.007023
7.00	100.00	99.290	300.00	20.00	5.08	0.000008	0.006830
8.00	100.00	99.330	300.00	20.00	5.08	0.000007	0.006444
9.00	100.00	99.340	300.00	20.00	5.08	0.000007	0.006347
10.00	100.00	99.340	300.00	20.00	5.08	0.000007	0.006347
<b>Calificacion</b>	<b>Poco permeable</b>	<b>Clasificacion</b>	<b>Acuitardo</b>	<b>Promedio (k)</b>	<b>0.000009</b>	<b>0.007710</b>	

ENSAYO DE INFILTRACION - MICROCUENCA CCORAO MANDORANI

ENSAYO LEFRANC CARGA VARIABLE

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DIST. SAN SEBASTIAN, PROV. CUSCO, REG. CUSCO - 2022

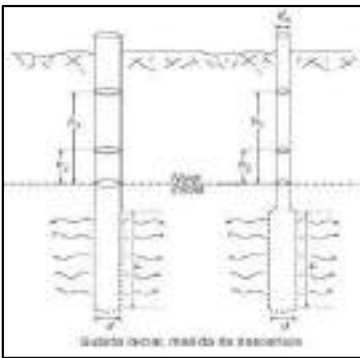

UBICACIÓN POLITICA		N° ENSAYO	UBICACIÓN GEOGRAFICA (UTM)			Fecha	07/11/2022	
Sector	Ccorao	5	Este	183599	metros			
Distrito	San Sebastian		Norte	8506966	metros			
Provincia	Cusco		Altitud	3714	m.s.n.m.			
Departamento	Cusco		Microcuenca	Ccorao-Mandorani				
Prof. de Ensayo	20.00	centimetros	Diametro de la zona filtrante (d)	5.08	centimetros			
Longitud total de la tubería	120.00	centimetros	Diametro de la entubacion (de)	5.08	centimetros			
			CODIGO	Observaciones:				
			LFCV-005	Lutitas				
Litología			LUTITAS - FORMACION QUILQUE					
N°PRUEBA	Altura al inicio del ensayo	Altura al final del ensayo	Tiempo entre alturas	Longitud de la Zona Filtrante	Diametro de la zona Filtrante	Conductividad Hidrauliza (K)		
	h1(centimetros)	h2(centimetros)	t(segundos)	L(centimetros)	d(centimetros)	cm/s	m/dia	
1.00	100.00	99.280	300.00	20.00	5.08	0.000008	0.006927	
2.00	100.00	99.360	300.00	20.00	5.08	0.000007	0.006154	
3.00	100.00	99.450	300.00	20.00	5.08	0.000006	0.005287	
4.00	100.00	99.540	300.00	20.00	5.08	0.000005	0.004420	
5.00	100.00	99.620	300.00	20.00	5.08	0.000004	0.003649	
6.00	100.00	99.780	300.00	20.00	5.08	0.000002	0.002111	
7.00	100.00	99.860	300.00	20.00	5.08	0.000002	0.001343	
8.00	100.00	99.900	300.00	20.00	5.08	0.000001	0.000959	
9.00	100.00	99.910	300.00	20.00	5.08	0.000001	0.000863	
10.00	100.00	99.920	300.00	20.00	5.08	0.000001	0.000767	
Calificacion	Poco permeable	Clasificacion	Acuitardo		Promedio (k)	0.000004	0.003248	

$$K = \frac{d^2 \ln(2L/d)}{8 L t} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

**ENSAYO DE INFILTRACION - MICROCUENCA CCORAO MANDORANI**

**ENSAYO LEFRANC CARGA VARIABLE**

**ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DIST. SAN SEBASTIAN, PROV. CUSCO, REG. CUSCO - 2022**

UBICACIÓN POLITICA		N° ENSAYO	UBICACIÓN GEOGRAFICA (UTM)			Fecha	06/11/2022	
Sector	Ccorao	6	Este	183081	metros			
Distrito	San Sebastian		Norte	8507055	metros			
Provincia	Cusco		Altitud	3770	m.s.n.m.			
Departamento	Cusco		Microcuenca	Ccorao-Mandorani				
Prof. de Ensayo	20.00	centimetros	Diametro de la zona filtrante (d)	5.08	centimetros			
Longitud total de la tubería	120.00	centimetros	Diametro de la entubacion (de)	5.08	centimetros			
	CODIGO		Observaciones:					
	LFCV-006		Lutitas					
Litología		LUTITAS - FORMACION CHILCA						
N°PRUEBA	Altura al inicio del ensayo	Altura al final del ensayo	Tiempo entre alturas	Longitud de la Zona Filtrante	Diametro de la zona Filtrante	Conductividad Hidrauliza (K)		
	h1(centimetros)	h2(centimetros)	t(segundos)	L(centimetros)	d(centimetros)	cm/s	m/dia	
1.00	100.00	99.050	300.00	20.00	5.08	0.000011	0.009150	
2.00	100.00	99.180	300.00	20.00	5.08	0.000009	0.007893	
3.00	100.00	99.270	300.00	20.00	5.08	0.000008	0.007023	
4.00	100.00	99.390	300.00	20.00	5.08	0.000007	0.005865	
5.00	100.00	99.410	300.00	20.00	5.08	0.000007	0.005672	
6.00	100.00	99.470	300.00	20.00	5.08	0.000006	0.005094	
7.00	100.00	99.490	300.00	20.00	5.08	0.000006	0.004901	
8.00	100.00	99.530	300.00	20.00	5.08	0.000005	0.004516	
9.00	100.00	99.570	300.00	20.00	5.08	0.000005	0.004131	
10.00	100.00	99.580	300.00	20.00	5.08	0.000005	0.004034	
Calificacion	Poco permeable	Clasificacion	Acuitardo		Promedio (k)	0.000007	0.005828	

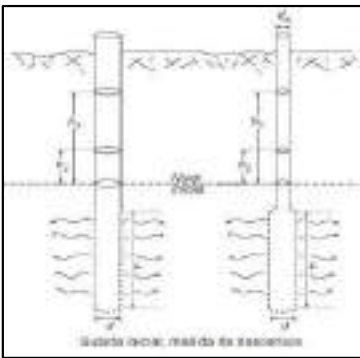

$$K = \frac{d_s^2 \ln(2L/d)}{8 L t} \ln \frac{h_1}{h_2}$$



ENSAYO DE INFILTRACION - MICROCUENCA CCORAO MANDORANI

ENSAYO LEFRANC CARGA VARIABLE

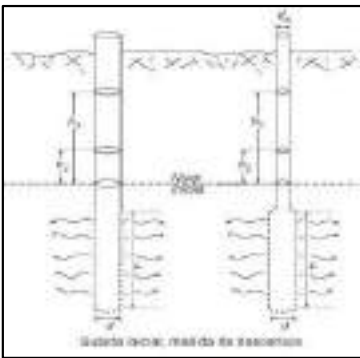

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DIST. SAN SEBASTIAN, PROV. CUSCO, REG. CUSCO - 2022

UBICACIÓN POLITICA		N° ENSAYO	UBICACIÓN GEOGRAFICA (UTM)			Fecha	06/11/2022	
Sector	Ccorao	7	Este	183204.31	metros			
Distrito	San Sebastian		Norte	8507104.87	metros			
Provincia	Cusco		Altitud	3758	m.s.n.m.			
Departamento	Cusco		Microcuenca	Ccorao-Mandorani				
Prof. de Ensayo	20.00	centimetros	Diametro de la zona filtrante (d)	5.08	centimetros			
Longitud total de la tubería	120.00	centimetros	Diametro de la entubacion (de)	5.08	centimetros			
			CODIGO	Observaciones:				
			LFCV-007	Areniscas				
						$K = \frac{d_s^2 \ln(2L/d)}{8 L t} \ln \frac{h_1}{h_2}$		
Litología		ARENISCAS - FORMACION CHILCA						
N°PRUEBA	Altura al inicio del ensayo	Altura al final del ensayo	Tiempo entre alturas	Longitud de la Zona Filtrante	Diametro de la zona Filtrante	Conductividad Hidrauliza (K)		
	h1(centimetros)	h2(centimetros)	t(segundos)	L(centimetros)	d(centimetros)	cm/s	m/dia	
1.00	100.00	98.540	300.00	20.00	5.08	0.000016	0.014098	
2.00	100.00	98.670	300.00	20.00	5.08	0.000015	0.012834	
3.00	100.00	98.730	300.00	20.00	5.08	0.000014	0.012252	
4.00	100.00	98.820	300.00	20.00	5.08	0.000013	0.011378	
5.00	100.00	98.980	300.00	20.00	5.08	0.000011	0.009828	
6.00	100.00	99.120	300.00	20.00	5.08	0.000010	0.008473	
7.00	100.00	99.200	300.00	20.00	5.08	0.000009	0.007699	
8.00	100.00	99.250	300.00	20.00	5.08	0.000008	0.007216	
9.00	100.00	99.270	300.00	20.00	5.08	0.000008	0.007023	
10.00	100.00	99.280	300.00	20.00	5.08	0.000008	0.006927	
Calificacion	Poco permeable	Clasificacion	Acuitardo		Promedio (k)	0.000011	0.009773	

**ENSAYO DE INFILTRACION - MICROCUENCA CCORAO MANDORANI**

**ENSAYO LEFRANC CARGA VARIABLE**

**ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DIST. SAN SEBASTIAN, PROV. CUSCO, REG. CUSCO - 2022**

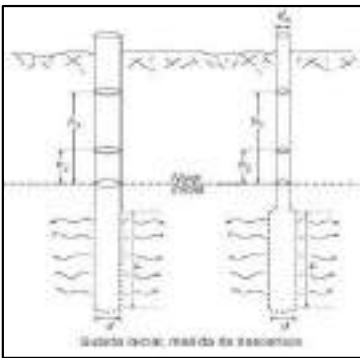
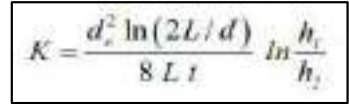

UBICACIÓN POLITICA		N° ENSAYO	UBICACIÓN GEOGRAFICA (UTM)			Fecha	06/11/2022	
Sector	Ccorao	8	Este	184010	metros			
Distrito	San Sebastian		Norte	8508812	metros			
Provincia	Cusco		Altitud	3615	m.s.n.m.			
Departamento	Cusco		Microcuenca	Ccorao-Mandorani				
Prof. de Ensayo	20.00	centímetros	Diametro de la zona filtrante (d)	5.08	centímetros			
Longitud total de la tubería	120.00	centímetros	Diametro de la entubacion (de)	5.08	centímetros			
			CODIGO	Observaciones:				
			LFCV-008	Lutitas				
Litología						LUTITAS - FORMACION KAYRA		
N°PRUEBA	Altura al inicio del ensayo	Altura al final del ensayo	Tiempo entre alturas	Longitud de la Zona Filtrante	Diametro de la zona Filtrante	Conductividad Hidrauliza (K)		
	h1(centímetros)	h2(centímetros)	t(segundos)	L(centímetros)	d(centímetros)	cm/s	m/dia	
1.00	100.00	99.050	300.00	20.00	5.08	0.000011	0.009150	
2.00	100.00	99.080	300.00	20.00	5.08	0.000010	0.008860	
3.00	100.00	99.190	300.00	20.00	5.08	0.000009	0.007796	
4.00	100.00	99.350	300.00	20.00	5.08	0.000007	0.006251	
5.00	100.00	99.360	300.00	20.00	5.08	0.000007	0.006154	
6.00	100.00	99.450	300.00	20.00	5.08	0.000006	0.005287	
7.00	100.00	99.550	300.00	20.00	5.08	0.000005	0.004323	
8.00	100.00	99.600	300.00	20.00	5.08	0.000004	0.003842	
9.00	100.00	99.650	300.00	20.00	5.08	0.000004	0.003361	
10.00	100.00	99.660	300.00	20.00	5.08	0.000004	0.003265	
Calificacion	Poco permeable	Clasificacion Acuifero	Acuitardo	Promedio (k)	0.000007	0.005829		

$$K = \frac{d_s^2 \ln(2L/d)}{8 L t} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

**ENSAYO DE INFILTRACION - MICROCUENCA CCORAO MANDORANI**

**ENSAYO LEFRANC CARGA VARIABLE**

**ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DIST. SAN SEBASTIAN, PROV. CUSCO, REG. CUSCO - 2022**

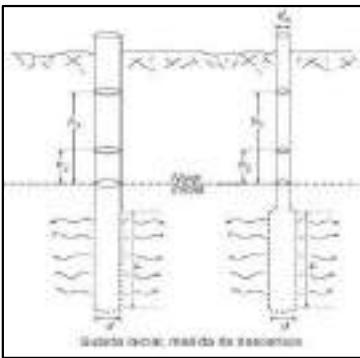

UBICACIÓN POLITICA		N° ENSAYO	UBICACIÓN GEOGRAFICA (UTM)			Fecha	05/11/2022	
Sector	Ccorao	9	Este	183944.00	metros			
Distrito	San Sebastian		Norte	8508900.00	metros			
Provincia	Cusco		Altitud	3587.00	m.s.n.m.			
Departamento	Cusco		Microcuenca	Ccorao-Mandorani				
Prof. de Ensayo	20.00	centimetros	Diametro de la zona filtrante (d)	5.08	centimetros			
Longitud total de la tubería	120.00	centimetros	Diametro de la entubacion (de)	5.08	centimetros			
			CODIGO	Observaciones:				
			LFCV-009	Areniscas				
Litología		ARENISCAS - FORMACION KAYRA						
N°PRUEBA	Altura al inicio del ensayo	Altura al final del ensayo	Tiempo entre alturas	Longitud de la Zona Filtrante	Diametro de la zona Filtrante	Conductividad Hidrauliza (K)		
	h1(centimetros)	h2(centimetros)	t(segundos)	L(centimetros)	d(centimetros)	cm/s	m/dia	
1.00	100.00	70.560	300.00	20.00	5.08	0.000387	0.334256	
2.00	100.00	73.580	300.00	20.00	5.08	0.000340	0.294083	
3.00	100.00	79.820	300.00	20.00	5.08	0.000250	0.216055	
4.00	100.00	82.940	300.00	20.00	5.08	0.000208	0.179301	
5.00	100.00	87.970	300.00	20.00	5.08	0.000142	0.122863	
6.00	100.00	90.070	300.00	20.00	5.08	0.000116	0.100249	
7.00	100.00	92.500	300.00	20.00	5.08	0.000086	0.074731	
8.00	100.00	94.000	300.00	20.00	5.08	0.000069	0.059311	
9.00	100.00	95.000	300.00	20.00	5.08	0.000057	0.049168	
10.00	100.00	95.200	300.00	20.00	5.08	0.000055	0.047152	
Calificacion	Algo permeable	Clasificacion Acuifero	Acuifero pobre	Promedio (k)	0.000171	0.147717		



**ENSAYO DE INFILTRACION - MICROCUENCA CCORAO MANDORANI**

**ENSAYO LEFRANC CARGA VARIABLE**

**ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DIST. SAN SEBASTIAN, PROV. CUSCO, REG. CUSCO - 2022**

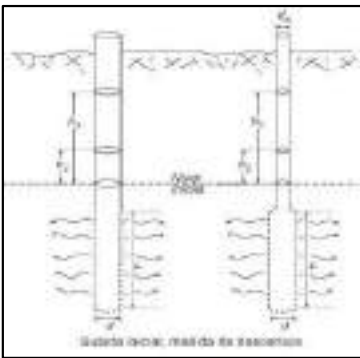

UBICACIÓN POLITICA		N° ENSAYO	UBICACIÓN GEOGRAFICA (UTM)			Fecha	08/11/2022	
Sector	Ccorao	10	Este	183929	metros			
Distrito	San Sebastian		Norte	8508742	metros			
Provincia	Cusco		Altitud	3609	m.s.n.m.			
Departamento	Cusco		Microcuenca	Ccorao-Mandorani				
Prof. de Ensayo	20.00	centimetros	Diametro de la zona filtrante (d)	5.08	centimetros			
Longitud total de la tubería	120.00	centimetros	Diametro de la entubacion (de)	5.08	centimetros			
	CODIGO		Observaciones:					
	LFCV-010		Gravas en matriz arcillo-limosa					
Litología		Depositos Coluvial						
N°PRUEBA	Altura al inicio del ensayo	Altura al final del ensayo	Tiempo entre alturas	Longitud de la Zona Filtrante	Diametro de la zona Filtrante	Conductividad Hidrauliza (K)		
	h1(centimetros)	h2(centimetros)	t(segundos)	L(centimetros)	d(centimetros)	cm/s	m/dia	
1.00	100.00	99.150	300.00	20.00	5.08	0.000009	0.008183	
2.00	100.00	99.180	300.00	20.00	5.08	0.000009	0.007893	
3.00	100.00	99.240	300.00	20.00	5.08	0.000008	0.007313	
4.00	100.00	99.310	300.00	20.00	5.08	0.000008	0.006637	
5.00	100.00	99.370	300.00	20.00	5.08	0.000007	0.006058	
6.00	100.00	99.420	300.00	20.00	5.08	0.000006	0.005576	
7.00	100.00	99.450	300.00	20.00	5.08	0.000006	0.005287	
8.00	100.00	99.480	300.00	20.00	5.08	0.000006	0.004998	
9.00	100.00	99.560	300.00	20.00	5.08	0.000005	0.004227	
10.00	100.00	99.570	300.00	20.00	5.08	0.000005	0.004131	
Calificacion	Poco permeable	Clasificacion	Acuitardo	Promedio (k)	0.000007	0.006030		

$$K = \frac{d_s^2 \ln(2L/d)}{8 L t} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

**ENSAYO DE INFILTRACION - MICROCUENCA CCORAO MANDORANI**

**ENSAYO LEFRANC CARGA VARIABLE**

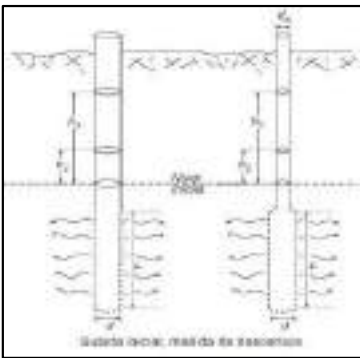

**ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DIST. SAN SEBASTIAN, PROV. CUSCO, REG. CUSCO - 2022**

UBICACIÓN POLITICA		N° ENSAYO	UBICACIÓN GEOGRAFICA (UTM)			Fecha	08/11/2022		
Sector	Ccorao	<b>11</b>	Este	183035	metros				
Distrito	San Sebastian		Norte	8507640	metros				
Provincia	Cusco		Altitud	3637	m.s.n.m.				
Departamento	Cusco		Microcuenca	Ccorao-Mandorani					
Prof. de Ensayo	20.00	centímetros	Diametro de la zona filtrante (d)	5.08	centímetros				
Longitud total de la tubería	120.00	centímetros	Diametro de la entubacion (de)	5.08	centímetros				
			CODIGO	<b>Observaciones:</b>  Gravas en matriz arcillosa-limosa				$K = \frac{d_s^2 \ln(2L/d)}{8 L t} \ln \frac{h_1}{h_2}$	
			<b>LFCV-011</b>						
<b>Litología</b>		Depositos aluviales							
N°PRUEBA	Altura al inicio del ensayo	Altura al final del ensayo	Tiempo entre alturas	Longitud de la Zona Filtrante	Diametro de la zona Filtrante	Conductividad Hidrauliza (K)			
	h1(centímetros)	h2(centímetros)	t(segundos)	L(centímetros)	d(centímetros)	cm/s	m/dia		
1.00	100.00	99.051	300.00	20.00	5.08	0.000011	0.009140		
2.00	100.00	99.063	300.00	20.00	5.08	0.000010	0.009024		
3.00	100.00	99.069	300.00	20.00	5.08	0.000010	0.008966		
4.00	100.00	99.075	300.00	20.00	5.08	0.000010	0.008908		
5.00	100.00	99.082	300.00	20.00	5.08	0.000010	0.008840		
6.00	100.00	99.085	300.00	20.00	5.08	0.000010	0.008811		
7.00	100.00	99.089	300.00	20.00	5.08	0.000010	0.008772		
8.00	100.00	99.094	300.00	20.00	5.08	0.000010	0.008724		
9.00	100.00	99.099	300.00	20.00	5.08	0.000010	0.008676		
10.00	100.00	99.100	300.00	20.00	5.08	0.000010	0.008666		
<b>Calificacion</b>	<b>Poco permeable</b>	<b>Clasificacion</b>	<b>Acuitardo</b>	<b>Promedio (k)</b>	0.000010	<b>0.008853</b>			

**ENSAYO DE INFILTRACION - MICROCUENCA CCORAO MANDORANI**

**ENSAYO LEFRANC CARGA VARIABLE**

**ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DIST. SAN SEBASTIAN, PROV. CUSCO, REG. CUSCO - 2022**

UBICACIÓN POLITICA		N° ENSAYO	UBICACIÓN GEOGRAFICA (UTM)			Fecha	08/11/2022	
Sector	Ccorao	12	Este	184033	metros			
Distrito	San Sebastian		Norte	8507619	metros			
Provincia	Cusco		Altitud	3625	m.s.n.m.			
Departamento	Cusco		Microcuenca	Ccorao-Mandorani				
Prof. de Ensayo	20.00	centímetros	Diametro de la zona filtrante (d)	5.08	centímetros			
Longitud total de la tubería	120.00	centímetros	Diametro de la entubacion (de)	5.08	centímetros			
			CODIGO	Observaciones:				
			LFCV-012	Gravas en matriz arcillo-limosa				
Litología		Depositos aluviales						
N°PRUEBA	Altura al inicio del ensayo	Altura al final del ensayo	Tiempo entre alturas	Longitud de la Zona Filtrante	Diametro de la zona Filtrante	Conductividad Hidrauliza (K)		
	h1(centímetros)	h2(centímetros)	t(segundos)	L(centímetros)	d(centímetros)	cm/s	m/dia	
1.00	100.00	99.020	300.00	20.00	5.08	0.000011	0.009440	
2.00	100.00	99.038	300.00	20.00	5.08	0.000011	0.009266	
3.00	100.00	99.046	300.00	20.00	5.08	0.000011	0.009189	
4.00	100.00	99.057	300.00	20.00	5.08	0.000011	0.009082	
5.00	100.00	99.061	300.00	20.00	5.08	0.000010	0.009043	
6.00	100.00	99.069	300.00	20.00	5.08	0.000010	0.008966	
7.00	100.00	99.074	300.00	20.00	5.08	0.000010	0.008918	
8.00	100.00	99.080	300.00	20.00	5.08	0.000010	0.008860	
9.00	100.00	99.081	300.00	20.00	5.08	0.000010	0.008850	
10.00	100.00	99.082	300.00	20.00	5.08	0.000010	0.008840	
Calificacion	Poco permeable	Clasificacion	Acuitardo	Promedio (k)	0.000010	0.009045		

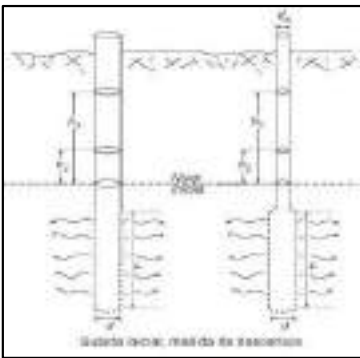

$$K = \frac{d_s^2 \ln(2L/d)}{8 L t} \ln \frac{h_1}{h_2}$$



**ENSAYO DE INFILTRACION - MICROCUENCA CCORAO MANDORANI**

**ENSAYO LEFRANC CARGA VARIABLE**

**ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DIST. SAN SEBASTIAN, PROV. CUSCO, REG. CUSCO - 2022**

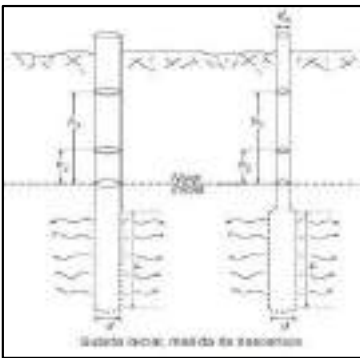

UBICACIÓN POLITICA		N° ENSAYO	UBICACIÓN GEOGRAFICA (UTM)			Fecha	08/11/2022		
Sector	Ccorao	13	Este	183875	metros				
Distrito	San Sebastian		Norte	8509341	metros				
Provincia	Cusco		Altitud	3578	m.s.n.m.				
Departamento	Cusco		Microcuenca	Ccorao-Mandorani					
Prof. de Ensayo	20.00	centímetros	Diametro de la zona filtrante (d)	5.08	centímetros				
Longitud total de la tubería	120.00	centímetros	Diametro de la entubacion (de)	5.08	centímetros				
			CODIGO	Observaciones:					
			LFCV-013	Gravas en matriz areno-limosa y areno-arcillosa					
Litología			Depositos aluviales						
N°PRUEBA	Altura al inicio del ensayo	Altura al final del ensayo	Tiempo entre alturas	Longitud de la Zona Filtrante	Diametro de la zona Filtrante	Conductividad Hidrauliza (K)			
	h1(centímetros)	h2(centímetros)	t(segundos)	L(centímetros)	d(centímetros)	cm/s	m/dia		
1.00	100.00	3.950	300.00	20.00	5.08	0.003585	3.097539		
2.00	100.00	3.960	300.00	20.00	5.08	0.003582	3.095116		
3.00	100.00	3.970	300.00	20.00	5.08	0.003580	3.092698		
4.00	100.00	3.980	300.00	20.00	5.08	0.003577	3.090287		
5.00	100.00	3.990	300.00	20.00	5.08	0.003574	3.087881		
6.00	100.00	4.000	300.00	20.00	5.08	0.003571	3.085482		
7.00	100.00	4.100	300.00	20.00	5.08	0.003544	3.061812		
8.00	100.00	4.110	300.00	20.00	5.08	0.003541	3.059477		
9.00	100.00	4.120	300.00	20.00	5.08	0.003538	3.057148		
10.00	100.00	4.120	300.00	20.00	5.08	0.003538	3.057148		
Calificacion	Permeable	Clasificacion Acuifero	Acuifero	Promedio (k)	0.003563	3.078459			

$$K = \frac{d^2 \ln(2L/d)}{8 L t} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

**ENSAYO DE INFILTRACION - MICROCUENCA CCORAO MANDORANI**

**ENSAYO LEFRANC CARGA VARIABLE**

**ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO-MANDORANI, DIST. SAN SEBASTIAN, PROV. CUSCO, REG. CUSCO - 2022**

UBICACIÓN POLITICA		N° ENSAYO	UBICACIÓN GEOGRAFICA (UTM)			Fecha	09/11/2022		
Sector	Ccorao	14	Este	184225	metros				
Distrito	San Sebastian		Norte	8509234	metros				
Provincia	Cusco		Altitud	3571	m.s.n.m.				
Departamento	Cusco		Microcuenca	Ccorao-Mandorani					
Prof. de Ensayo	20.00	centímetros	Diametro de la zona filtrante (d)	5.08	centímetros				
Longitud total de la tubería	120.00	centímetros	Diametro de la entubacion (de)	5.08	centímetros				
			CODIGO	Observaciones:					
			LFCV-014	Gravas en matriz areno-limosa y areno-arcillosa					
Litología			Depositos aluviales						
N°PRUEBA	Altura al inicio del ensayo	Altura al final del ensayo	Tiempo entre alturas	Longitud de la Zona Filtrante	Diametro de la zona Filtrante	Conductividad Hidrauliza (K)			
	h1(centímetros)	h2(centímetros)	t(segundos)	L(centímetros)	d(centímetros)	cm/s	m/dia		
1.00	100.00	4.200	300.00	20.00	5.08	0.003517	3.038713		
2.00	100.00	4.210	300.00	20.00	5.08	0.003514	3.036434		
3.00	100.00	4.230	300.00	20.00	5.08	0.003509	3.031891		
4.00	100.00	4.220	300.00	20.00	5.08	0.003512	3.034160		
5.00	100.00	4.250	300.00	20.00	5.08	0.003504	3.027369		
6.00	100.00	4.260	300.00	20.00	5.08	0.003501	3.025117		
7.00	100.00	4.270	300.00	20.00	5.08	0.003499	3.022869		
8.00	100.00	4.280	300.00	20.00	5.08	0.003496	3.020627		
9.00	100.00	4.300	300.00	20.00	5.08	0.003491	3.016158		
10.00	100.00	4.300	300.00	20.00	5.08	0.003491	3.016158		
Calificacion	Permeable	Clasificacion Acuifero	Acuifero	Promedio (k)	0.003503	3.026950			

$$K = \frac{d^2 \ln(2L/d)}{8 L t} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

# **ANEXO C: DATOS GEOLOGICOS ESTRUCTURALES**



Puntos	Estación	Este	Norte	Elevación	Azimut	Buzamiento	Tipo	Dip	Dip Direction
1	E1	183062	8509918	3580	225	52 NW	Estratificacion	52	315
2	E2	182992	8509800	3713	305	55 NE	Estratificacion	55	35
3	E2	182880	8509565	3676	330	74 NE	Estratificacion	74	60
4	E2	182878	8509535	3697	130	63 SW	Estratificacion	63	220
5	E2	182856	8509478	3696	130	80 SW	Estratificacion	80	220
6	E3	182839	8509088	3677	129	76 SW	Estratificacion	76	219
7	E3	182518	8508871	3696	125	69 SW	Estratificacion	69	215
8	E3	182572	8508646	3672	108	89 SW	Estratificacion	89	198
9	E3	182412	8508585	3685	190	79 NW	Estratificacion	79	280
10	E3	182828	8507963	3612	130	41 SW	Estratificacion	41	220
11	E4	182563	8507406	3713	140	84 SW	Estratificacion	84	230
12	E4	182401	8507418	3716	320	45 NE	Estratificacion	45	50
13	E5	182186	8506965	3752	190	9 NW	Estratificacion	9	280
14	E6	182181	8506956	3742	156	14 SW	Estratificacion	14	246
15	E6	182243	8506971	3745	40	39 SE	Estratificacion	39	130
16	E6	182255	8506975	3750	150	52 SW	Estratificacion	52	240
17	E6	182259	8506979	3754	185	56 NW	Estratificacion	56	275
18	E6	182265	8506988	3754	77	32 SE	Estratificacion	32	167
19	E6	182323	8506989	3736	310	76 NE	Estratificacion	76	40
20	E7	182341	8506994	3738	26	24 SE	Estratificacion	24	116
21	E7	182783	8507033	3715	153	54 SW	Estratificacion	54	243
22	E7	182920	8507046	3710	160	54 SW	Estratificacion	54	250
23	E8	183038	8507123	3700	160	85 SW	Estratificacion	85	250
24	E8	183291	8507227	3692	140	81 SW	Estratificacion	81	230
25	E8	183696	8506981	3688	175	16 SW	Estratificacion	16	265
26	E9	184093	8508758	3625	154	44 SW	Estratificacion	44	244
27	E9	184174	8508649	3706	242	21 NW	Estratificacion	21	332
28	E9	184149	8508470	3754	132	68 SW	Estratificacion	68	222
29	E9	184315	8508418	3836	136	84 SW	Estratificacion	84	226
30	E9	184817	8508133	3891	145	45 SW	Estratificacion	45	235
31	E9	185128	8507870	3935	120	70 SW	Estratificacion	70	210
32	E9	185359	8507767	3986	152	55 SW	Estratificacion	55	242
33	E9	185420	8507794	4002	65	67 SE	Estratificacion	67	155
34	E9	185247	8507882	3982	130	61 SW	Estratificacion	61	220
35	E9	183756	8508554	3610	161	70 SW	Estratificacion	70	251
36	E9	184105	8508353	3795	140	72 SW	Estratificacion	72	230
37	E9	184132	8508399	3816	180	53 W	Estratificacion	53	270

38	E9	184160	8508905	3795	330	80 NE	Estratificacion	80	60
39	E9	184176	8508384	3819	162	58 SW	Estratificacion	58	252
40	E9	184810	8508138	3880	149	47 SW	Estratificacion	47	239
41	E9	185024	8507843	3889	130	70 SW	Estratificacion	70	220
42	E9	184832	8507664	3866	288	55 NE	Estratificacion	55	18
43	E9	184816	8507539	3822	298	46 NE	Estratificacion	46	28
44	E9	185052	8507615	3918	330	45 NE	Estratificacion	45	60
45	E9	185111	8507674	3919	145	66 SW	Estratificacion	66	235
46	E9	185500	8507776	4026	144	43 SW	Estratificacion	43	234
47	E10	185509	8507419	3975	144	56 SW	Estratificacion	56	234
48	E10	185581	8507353	3975	146	63 SW	Estratificacion	63	233
49	E10	185870	8507333	4074	148	64 SW	Estratificacion	64	238
50	E10	185987	8507048	4041	151	50 SW	Estratificacion	50	241
51	E10	185478	8506542	3787	117	84 SW	Estratificacion	84	207
52	E10	186266	8506805	4096	160	60 SW	Estratificacion	60	250
53	E10	186517	8506703	4095	158	72 SW	Estratificacion	72	248
54	E10	187332	8506032	4239	159	52 SW	Estratificacion	52	249
55	E10	187544	8506034	4280	146	65 SW	Estratificacion	65	236
56	E10	187548	8505672	4268	150	60 SW	Estratificacion	60	240
57	E10	186846	8505484	4144	130	64 SW	Estratificacion	64	220
58	E10	186519	8505694	3946	127	74 SW	Estratificacion	74	217
59	E10	186310	8505246	3923	316	79 NE	Estratificacion	79	46
60	E10	186409	8505317	3950	135	88 SW	Estratificacion	88	225
61	E10	186146	8505075	3842	307	70 NE	Estratificacion	70	37
62	E10	185608	8504964	3793	336	79 NE	Estratificacion	79	66
63	E10	185571	8505043	3832	184	56 NW	Estratificacion	56	274
64	E10	185349	8505275	3819	190	67 NW	Estratificacion	67	280
65	E10	185290	8505363	3814	262	12 NW	Estratificacion	12	352
66	E10	185290	8505375	3813	181	28 NW	Estratificacion	28	271
67	E10	185103	8505460	3792	324	85 NE	Estratificacion	85	54
68	E10	185059	8505659	3766	262	29 NW	Estratificacion	29	352
69	E10	184470	8505737	3866	183	49 NW	Estratificacion	49	273
70	E10	184412	8506015	3816	184	44 NW	Estratificacion	44	274
71	E10	184103	8506350	3749	128	31 SW	Estratificacion	31	218
72	E10	183897	8506505	3813	159	27 SW	Estratificacion	27	249
73	E10	183807	8506860	3712	224	68 NW	Estratificacion	68	314
74	E10	183825	8506881	3710	293	36 NE	Estratificacion	36	23

ESTE	NORTE	ELEVACION	AZ(RHR)	BUZ	DIP	DIP DIRECTION	TIPO	RAKE	CINEMATICA
183071	8509911	3579	295	33 NE	33	25	FALLA INVERSA SINEXTRAL	91 SW	lxSx
183075	8509906	3574	48	73 SE	73	138	FALLA INVERSA SINEXTRAL	50 NW	lxSx
183078	8509910	3573	232	77 NW	77	322	FALLA DEXTRAL INVERSA	30 NE	DxIx
183079	8509905	3568	259	62 NW	62	349	FALLA SINEXTRAL NORMAL	140 NE	SxNx
183073	8509897	3558	278	59 NE	59	8	FALLA SINEXTRAL INVERSA	44 SW	SxIx
183090	8509911	3557	13	85 SE	85	103	FALLA NORMAL DEXTRAL	73 SE	NxDx
183080	8509917	3534	262	60 NW	60	352	FALLA SINEXTRAL INVERSA	43 SW	SxIx
183099	8509905	3568	307	70 NE	70	37	FALLA INVERSA SINEXTRAL	96 SW	lxSx
183263	8509775	3569	318	75 NE	75	48	FALLA NORMAL SINEXTRAL	108 NE	NxSx
183260	8509769	3564	353	82 NE	82	83	FALLA NORMAL SINEXTRAL	134 NE	NxSx
182980	8509785	3686	270	39 N	39	360	FALLA NORMAL SINEXTRAL	106 NE	NxSx
182984	8509775	3711	296	72 NE	72	26	FALLA INVERSA SINEXTRAL	118 SW	lxSx
182992	8509800	3713	300	60 NE	60	30	FALLA INVERSA SINEXTRAL	60 SW	lxSx
182955	8509635	3685	66	79 SE	79	156	FALLA DEXTRAL NORMAL	40 SE	DxNx
182862	8509562	3678	25	39 SE	39	115	FALLA NORMAL DEXTRAL	112 SE	NxDx
182881	8509537	3688	310	20 NE	20	40	FALLA INVERSA DEXTRAL	80 SW	lxDx
182856	8509478	3696	2	55 SE	55	92	FALLA INVERSA SINEXTRAL	80 SE	lxSx
182794	8509394	3689	330	25 NE	25	60	FALLA NORMAL SINEXTRAL	93 NE	NxSx
182821	8509249	3678	324	53 NE	53	54	FALLA NORMAL DEXTRAL	85 NE	NxDx
182876	8509228	3696	352	41 NE	41	82	FALLA NORMAL DEXTRAL	73 NE	NxDx
182868	8509172	3684	320	17 NE	17	50	FALLA SINEXTRAL INVERSA	14 NW	SxIx
182828	8507963	3612	50	62 SE	62	140	FALLA DEXTRAL NORMAL	43 SE	DxNx
182825	8507972	3601	50	71 SE	71	140	FALLA INVERSA DEXTRAL	120 NW	lxDx
182834	8507821	3625	240	62 NW	62	330	FALLA SINEXTRAL NORMAL	150 NW	SxNx
182859	8507806	3650	310	54 NE	54	40	FALLA NORMAL DEXTRAL	78 NE	NxDx
182971	8507739	3635	337	56 NE	56	67	FALLA DEXTRAL NORMAL	1 NE	DxNx
182947	8507689	3635	345	64 NE	64	75	FALLA NORMAL DEXTRAL	47 NE	NxDx
182908	8507657	3621	97	46 SW	46	187	FALLA NORMALSINEXTRAL	105 SE	NxSx
182567	8507427	3710	14	84 SE	84	104	FALLA NORMAL SINEXTRAL	70 SE	NxSx
182557	8507405	3724	36	70 SE	70	126	FALLA DEXTRAL NORMAL	30 NE	DxNx
182141	8507255	3741	15	18 SE	18	105	FALLA INVERSA DEXTRAL	105 SE	lxDx
182152	8507228	3736	15	81 SE	81	105	FALLA DEXTRAL NORMAL	40 SE	DxNx
182165	8506988	3757	319	42 NE	42	49	FALLA SINEXTRAL NORMAL	13 NW	SxNx
182172	8506987	3757	19	41 SE	41	109	FALLA DEXTRAL INVERSA	25 NW	DxIx
182166	8506983	3757	13	68 SE	68	103	FALLA SINEXTRAL INVERSA	18 NW	SxIx
182177	8506987	3757	145	24 SW	24	235	FALLA NORMAL DEXTRAL	67 NE	NxDx
182183	8506991	3762	5	87 SE	87	95	FALLA INVERSA SINEXTRAL	96 NE	lxSx

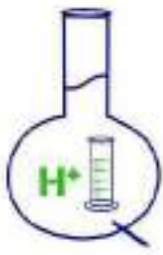


182175	8506983	3758	340	80 NE	80	70	FALLA NORMAL DEXTRAL	78 NE	NxDx
182174	8506987	3765	28	25 SE	25	118	FALLA DEXTRAL NORMAL	21 SE	DxNx
182165	8506982	3757	340	72 NE	72	70	FALLA SINEXTRAL NORMAL	30 NE	SxNx
182171	8506989	3777	130	58 SW	58	220	FALLA SINEXTRAL INVERSA	35 NE	SxIx
182195	8506961	3759	275	85 NE	85	5	FALLA NORMAL SINEXTRAL	79 NW	NxSx
182195	8506961	3759	336	19 NE	19	66	FALLA INVERSA SINEXTRAL	55 SW	IxSx
182195	8506961	3759	0	79 E	79	90	FALLA INVERSA SINEXTRAL	50 SE	IxSx
182105	8506965	3743	185	82 NW	82	275	FALLA INVERSA		Ix
182205	8506980	3760	150	62 SW	62	240	FALLA INVERSA		Ix
182194	8506980	3758	174	82 SW	82	264	FALLA NORMAL		Nx
182194	8506980	3758	282	79 NE	79	12	FALLA INVERSA SINEXTRAL	70 NW	IxSx
182206	8506966	3749	217	85 NW	85	307	FALLA DEXTRAL NORMAL	8 NW	DxNx
182232	8506976	3740	177	64 SW	64	267	FALLA SINEXTRAL INVERSA	10 SE	SxIx
182248	8506968	3744	225	56 NW	56	315	FALLA INVERSA SINEXTRAL	55 SW	IxSx
182248	8506984	3750	203	51 NW	51	293	FALLA NORMAL DEXTRAL	80 SW	NxDx
182273	8506957	3753	186	61 NW	61	276	FALLA NORMAL SINEXTRAL	50 SW	NxSx
182290	8506987	3749	60	81 SE	81	150	FALLA INVERSA DEXTRAL	55 NE	IxDx
182294	8507008	3756	190	66 NW	66	280	FALLA NORMAL		Nx
182303	8506973	3732	167	69 SW	69	257	FALLA NORMAL DEXTRAL	72 SW	NxDx
182333	8506987	3736	14	82 SE	82	104	FALLA NORMAL		Nx
182331	8506978	3743	284	82 NE	82	14	FALLA INVERSA		Ix
182339	8506987	3738	347	81 NE	81	77	FALLA INVERSA SINEXTRAL	73 SW	IxSx
182351	8506995	3749	299	74 NE	74	29	FALLA DEXTRAL NORMAL	14 SE	DxNx
182357	8506995	3753	271	76 NE	76	1	FALLA INVERSA DEXTRAL	60 SE	IxDx
182367	8406992	3740	15	79 SE	79	105	FALLA NORMAL		Nx
182368	8506993	3741	212	52 NW	52	302	FALLA NORMAL		Nx
182952	8507079	3697	152	61 SW	61	242	FALLA NORMAL SINEXTRAL	95 SW	NxSx
182927	8507103	3711	150	66 SW	66	240	FALLA NORMAL SINEXTRAL	92 SW	NxSx
182949	8507071	3703	160	84 SW	84	250	FALLA NORMAL SINEXTRAL	85 SW	NxSx
183002	8507104	3695	300	46 NE	46	30	FALLA INVERSA SINEXTRAL	69 SW	IxSx
183038	8507127	3700	299	59 NE	59	29	FALLA INVERSA SINEXTRAL	85 SW	IxSx
183068	8507118	3696	279	48 NE	48	9	FALLA SINEXTRAL INVERSA	41 SW	SxIx
183224	8507217	3688	49	46 SE	46	139	FALLA INVERSA SINEXTRAL	57 NW	IxSx
183213	8507199	3692	280	46 NE	46	10	FALLA INVERSA SINEXTRAL	62 SW	IxSx
183286	8507216	3695	236	42 NW	42	326	FALLA INVERSA SINEXTRAL	52 SE	IxSx
183292	8507194	3691	224	46 NW	46	314	FALLA INVERSA SINEXTRAL	62 SE	IxSx
183308	8507156	3695	215	47 NW	47	305	FALLA INVERSA SINEXTRAL	61 NE	IxSx
183311	8507189	3684	170	84 SW	84	260	FALLA INVERSA DEXTRAL	76 NE	IxDx

183232	8507247	3679	274	42 NE	42	4	FALLA INVERSA DEXTRAL	71 SE	lxDx
183299	8507226	3691	158	69 SW	69	248	FALLA INVERSA		lx
183314	8507216	3687	155	62 SW	62	245	FALLA INVERSA DEXTRAL	83 NE	lxDx
183314	8507216	3687	219	60 NW	60	309	FALLA INVERSA DEXTRAL	60 SE	lxDx
184152	8508666	3683	245	44 NW	44	335	FALLA DEXTRAL NORMAL	25 NW	DxNx
184149	8508470	3754	44	70 SE	70	134	FALLA INVERSA SINEXTRAL	92 NE	lxSx
184149	8508470	3754	218	20 NW	20	308	FALLA SINEXTRAL	0 W	Sx
184149	8508470	3754	136	68 SW	68	226	FALLA INVERSA SINEXTRAL	54 NE	lxSx
184322	8508417	3841	151	44 SW	44	241	FALLA NORMAL SINEXTRAL	58 SW	NxSx
184617	8508283	3871	160	44 SW	44	250	FALLA SINEXTRAL INVERSA	41 NE	SxIx
184998	8507939	3928	135	60 SW	60	225	FALLA INVERSA DEXTRAL	50 NW	lxDx
185052	8507929	3926	136	68 SW	68	226	FALLA INVERSA DEXTRAL	50 NW	lxDx
185063	8507935	3935	128	63 SW	63	218	FALLA INVERSA DEXTRAL	58 NW	lxDx
185128	8507870	3935	272	38 NE	38	2	FALLA INVERSA SINEXTRAL	50 SW	lxSx
184145	8508346	3792	110	24 SW	24	200	FALLA INVERSA SINEXTRAL	91 N	lxSx
184163	8508379	3813	145	75 SW	75	235	FALLA INVERSA SINEXTRAL	60 NW	lxSx
184173	8508388	3800	85	39 SE	39	175	FALLA INVERSA SINEXTRAL	93 NW	lxSx
184179	8508382	3812	54	50 SE	50	144	FALLA INVERSA SINEXTRAL	55 NW	lxSx
185414	8507785	4008	140	70 SW	70	230	FALLA INVERSA DEXTRAL	65 NE	lxDx
185414	8507785	4008	160	79 SW	79	250	FALLA INVERSA DEXTRAL	90 N	lxDx
185414	8507785	4008	130	69 SW	69	220	FALLA INVERSA DEXTRAL	85 NE	lxDx
185603	8507712	4060	31	41 SE	41	121	FALLA INVERSA DEXTRAL	50 NW	lxDx
185603	8507712	4060	215	77 NW	77	305	FALLA INVERSA DEXTRAL	40 NE	lxDx
185603	8507712	4060	20	53 SE	53	110	FALLA INVERSA DEXTRAL	60 SE	lxDx
184355	8508395	3864	160	25 SW	25	250	FALLA NORMAL SINEXTRAL	52 SW	NxSx
185555	8507548	4028	161	64 SW	64	251	FALLA INVERSA DEXTRAL	66 NE	lxDx
185559	8507478	3994	315	14 NE	14	45	FALLA INVERSA SINEXTRAL	92 SW	lxSx
185792	8507489	4082	10	80 SE	80	100	FALLA INVERSA DEXTRAL	50 NE	lxDx
185695	8507634	4073	126	64 SW	64	216	FALLA INVERSA DEXTRAL	55 NW	lxDx
185478	8506542	3787	46	79 SE	79	136	FALLA SINEXTRAL INVERSA	35 NE	SxNx
185942	8506845	4002	145	48 SW	48	235	FALLA INVERSA SINEXTRAL	59 NE	lxSx
184757	8505474	3901	212	66 NW	66	302	FALLA SINEXTRAL INVERSA	40 NE	SxIx
184105	8506357	3748	311	41 NE	41	41	FALLA DEXTRAL NORMAL	20 SE	DxNx
186140	8505053	3851	95	50 SE	50	185	FALLA INVERSA SINEXTRAL	50 NE	lxSx

# **ANEXO D: ANALISIS FISICOQUIMICO DE AGUAS SUBTERRANEAS**





# MC QUIMICALAB

De: Ing. Gury Manuel Cumpa Gutierrez  
LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES

AGUAS, SUELOS, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE

RUC N° 10465897711 - COVIDUC A4 - SAN SEBASTIÁN CEL: 974 673993 - 946 688776

## INFORME N° LQ 0052-22

### ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

SOLICITA

: Br. Carlos Lopez de la Torre

PROYECTO

: "ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO - MANDORANI, DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA DE CUSCO, REGIÓN CUSCO - 2022"

DISTRITO

: San Sebastian

PROVINCIA

: Cusco

DEPARTAMENTO

: Cusco

MUESTRA

: M1: Manante: MD-1: E=183055, N= 8509185 H= 3596msnm

Caudal:1.4 Ltr/s

M2: Manante: MD-2: E=183044, N= 8509050 H=3591msnm

Caudal:3.07 Ltr/s

M3: Manante: MD-3: E=183045, N= 8509061 H= 3592msnm

Caudal: 0.99 Ltr/s

M4: Manante: MD-4: E=183583, N= 8508393 H= 3602msnm

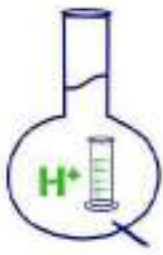
Caudal:0.33 Ltr/s

FECHA DE INFORME: 08/02/22

RESULTADOS

:

DETERMINACIONES	UNIDAD	M1	M2	M3	M4	LMP
Sabor		Agradable	Agradable	Agradable	Agradable	--
Olor		Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	--
Color		2	2	2	3	20(a)
Turbidez	NTU	1	1	1	1	5.0
pH		7.3	7.3	7.2	7.1	6.5 a 9.0
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1240	1200	1020	870	1000
Dureza Total CaCO <sub>3</sub>	mg/L	650	530	480	365	500
Calcio Ca <sup>++</sup>	mg/L	234	190	172	130	--
Magnesio Mg <sup>++</sup>	mg/L	26	21	19	15	--
Cloruros Cl <sup>-</sup>	mg/L	74.5	49.7	18.6	14.9	250
Sulfatos SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	mg/L	300	205	153.2	127	250



# MC QUIMICALAB

De: Ing. Gury Manuel Cumpa Gutierrez  
LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES

AGUAS, SUELOS, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE

RUC N° 10465897711 - COVIDUC A4 - SAN SEBASTIÁN CEL: 974 673993 - 946 688776

CONTINUACIÓN DE PARAMETROS						
Alcalinidad Total HCO <sub>3</sub>	mg/L	365	332.5	359	259	--
Carbonatos CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	mg/L	0.0	0.0	0.0	0.0	--
Hierro Fe	mg/L	0.22	0.24	0.46	0.52	--
Sales solubles totales	%	826	820	680	580	--
Sodio Na <sup>+</sup>	mg/L	43.5	29	11.5	8.51	--
Potasio K <sup>+</sup>	mg/L	8.2	5.5	0.55	1.6	--
Sólidos totales en suspensión SST	mg/L	0.0	10	20	20	≤ 25
Acidez Total CO <sub>2</sub>	mg/L	21.5	21.5	6.4	10.7	--

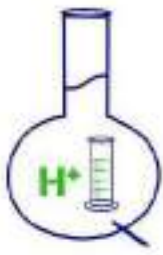
**MÉTODO DE ANÁLISIS:** Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales publicado conjuntamente por AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA), WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION (WPCF).

**NOTA:** Los resultados son válidos únicamente para la muestra analizada.

**Categoría 4 E1:** conservación del ambiente acuático



  
**MARIO CUMPA CAYURI**  
INGENIERO QUIMICO  
REG. COLEGIO DE INGENIEROS N° 16196



# MC QUIMICALAB

De: Ing. Gury Manuel Cumpa Gutierrez  
LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES

AGUAS, SUELOS, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE

RUC N° 10465897711 - COVIDUC A4 - SAN SEBASTIÁN CEL: 974 673993 - 946 688776

## INFORME N° LQ 0053-22

### ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

SOLICITA : **Br. Carlos Lopez de la Torre**

PROYECTO : "ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO EN LA MICROCUENCA DE CCORAO - MANDORANI, DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA DE CUSCO, REGIÓN CUSCO - 2022"

DISTRITO : San Sebastian

PROVINCIA : Cusco

DEPARTAMENTO : Cusco

MUESTRA : **M5:** Manante: **MD-5:** E=183551, N= 8508347 H= 3600msnm  
Caudal:1 Ltr/s

**M6:** Manante: **MD-6:** E=185062, N= 8506101 H= 3722msnm  
Caudal:2 Ltr/s

**M7:** Pozo: **MD-7:** E=183720, N= 8508974 H= 3577msnm Caudal: -

FECHA DE INFORME: 08/02/22

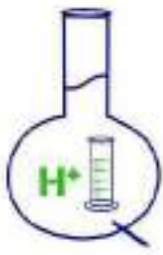
RESULTADOS :

DETERMINACIONES	UNIDAD	M5	M6	M7	LMP
Sabor		Agradable	--	Agradable	--
Olor		Inodoro	Inodoro	Inodoro	--
Color		2		2	20(a)
Turbidez	NTU	1	80	1	5.0
pH		7.2	6.9	7.3	6.5 a 9.0
Conductividad Eléctrica	μS/cm	950	70	1140	1000
Dureza Total CaCO <sub>3</sub>	mg/L	417.5	35	500	500
Calcio Ca <sup>++</sup>	mg/L	150	13	182	--
Magnesio Mg <sup>++</sup>	mg/L	17	1	18	--
Cloruros Cl <sup>-</sup>	mg/L	14.9	2.5	74.5	250
Sulfatos SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	mg/L	102.4	2.0	253	250
Alcalinidad Total HCO <sub>3</sub>	mg/L	357.8	39.7	265.0	--
Carbonatos CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	mg/L	0.0	0.0	0.0	--



  
**MARIO CUMPA CAYURI**  
INGENIERO QUIMICO  
REG. COLEGIO DE INGENIEROS N° 16196





# MC QUIMICALAB

De: Ing. Gury Manuel Cumpa Gutierrez  
LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES

AGUAS, SUELOS, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE

RUC N° 10465897711 - COVIDUC A4 - SAN SEBASTIÁN CEL: 974 673993 - 946 688776

<b>CONTINUACIÓN DE PARAMETROS</b>					
Hierro Fe	mg/L	0.34	1.66	0.32	--
Sales solubles totales	%	630	45	760	--
Sodio Na <sup>+</sup>	mg/L	8.51	1.45	43.5	--
Potasio K <sup>+</sup>	mg/L	1.6	0.27	8.2	--
Sólidos totales en suspensión SST	mg/L	0.0	60	0.0	≤ 25
Acidez Total CO <sub>2</sub>	mg/L	8.6	3.2	21.4	--

**MÉTODO DE ANÁLISIS:** Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales publicado conjuntamente por AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA), WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION (WPCF).

**NOTA:** Los resultados son válidos únicamente para la muestra analizada.

**Categoría 4 E1:** conservación del ambiente acuático

 **MC QUIMICALAB**  
*M. Cumpa*  
Ing. Gury Manuel Cumpa Gutierrez  
ADMINISTRACION  
CIP. 238338

  
**MARIO CUMPA CAYURI**  
INGENIERO QUIMICO  
REG. COLEGIO DE INGENIEROS N° 16196

**ANEXO E: DESCRIPCIONES  
MACROSCOPICAS FORMACIONES  
LOCALES**

## ANEXO E.1 DESCRIPCION MACROSCOPICA DE MUESTRAS FORMACION QUILQUE

### Fotografía N°E.1.1

*Muestra de mano de conglomerado correspondiente a la Formación Quilque*



**Tabla E.1.1**

*Descripción macroscópica muestra de mano conglomerado Formación Quilque*

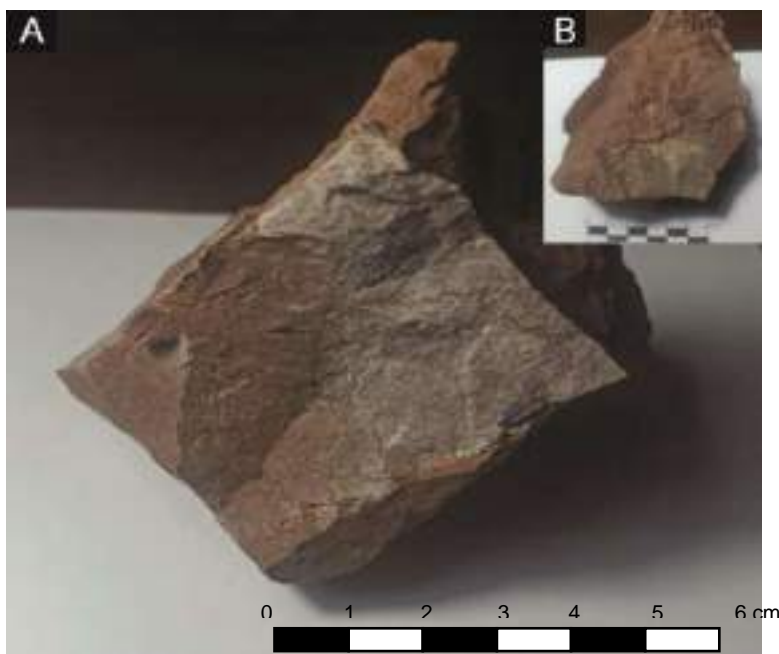
<b>Descripciones macroscópicas de muestras de mano de un conglomerado</b>		
<b>Tamaño de grano</b>	Clastos	Gránulos (2-4 mm) a Cantos (16-256 mm)
	Matriz	Arena fina(0.125mm-0.25mm)
<b>Forma</b>	Clastos	Esferoidal - equidimensional
	Matriz	Equidimensional
<b>Redondez y esfericidad</b>	Clastos	Alta esfericidad y Sub anguloso
	Matriz	Alta esfericidad y Sub anguloso
<b>Empaque</b>	Clastos	Flotante
	Matriz	Completo
<b>Tipos de Contactos</b>	Clastos	Contactos flotantes
	Matriz	Contactos saturados
<b>Selección</b>	Muy pobremente clasificado	
<b>Madurez Textural</b>	Sub madura	
<b>Color</b>	Matriz	Gris rosáceo (5YR 8/1 Munsell)
<b>Consolidación</b>	Moderadamente consolidado	
<b>%Matriz/Clasto</b>	40/60	
<b>Otras características</b>	Alteración fuerte y presenta clastos de caliza purpura clara	
<b>Tipo de roca</b>	CONGLOMERADO	
<b>Clasificación de conglomerados</b>		
<b>De acuerdo a su textura</b>	ORTOCONGLOMERADO	
<b>De acuerdo a la composición de sus clastos</b>	POLIMICTICO	

**Fuente:** Elaboración propia.



## Fotografía N°E.1.2

Muestra de mano de arenisca(arcosa) correspondiente a la Formación Quilque



**Nota:** En la foto A se observa las características en una zona fresca de la roca. En la foto B se evidencia las estrías y el espejo de falla silificado con hematita.

**Tabla E.1.2**

*Descripción macroscópica muestra de mano arcosa Formación Quilque*

Descripciones macroscópicas de muestras de mano de una Arenisca	
Tamaño de grano	Grano medio 0.50 mm – 0.25 mm
Forma	Esferoidal – Equidimensional
Redondez y esfericidad	Baja esfericidad – Sub redondeado
Empaque	Completo
Tipos de Contactos	Contactos cóncavos convexos
Selección	Bien clasificado
Madurez Textural	Madura
%Matriz	<15%
Color	Gris claro (N7 Munsell)
Clasificación según Folk (1972)	Q:20% FR:10% F':70%
Otras características	Estrías y espejo de falla silificado con hematita
Tipo de roca	ARCOSA

**Fuente:** Elaboración propia.

### Fotografía N°E.1.3

Muestras de mano de arenisca(grauvaca) correspondiente a la Formación Quilque



**Nota:** En la foto A se observa las características en una parte fresca de la roca. En la foto B se evidencia las fibras recristalizadas de calcita (indicadores cinemáticos de falla).

**Tabla E.1.3**

*Descripción macroscópica muestras de mano grauvaca Formación Quilque*

Descripciones macroscópicas de muestras de mano de una Arenisca	
Tamaño de grano	Grano fino 0.25 mm - 0.125 mm
Forma	Tabular - Equidimensional
Redondez y esfericidad	Baja esfericidad - Sub anguloso
Empaque	Puntual
Tipos de Contactos	Granos flotantes
Selección	Pobremente clasificado
Madurez Textural	Submadura
%Matriz	>15%
Color	Marrón Rojizo Oscuro (10R 3/4 Munsell)
Clasificación según Folk (1972)	Q:10% FR:20% F:70%
Otras características	Fibras recristalizadas de calcita
Tipo de roca	GRAUVACA FELDESPATICA

**Fuente:** Elaboración propia.

## ANEXO E.2 DESCRIPCION MACROSCOPICA DE MUESTRAS FORMACION CHILCA

### Fotografía N°E.2.1

*Muestra de mano de arenisca(arcosa) correspondiente a la Formación Chilca*



**Tabla E.2.1**

*Descripción macroscópica muestra de mano arcosa Formación Chilca*

Descripciones macroscópicas de muestras de mano de una Arenisca	
Tamaño de grano	Grano grueso 1.00 mm – 0.50 mm
Forma	Esferoidal – Equidimensional
Redondez y esfericidad	Baja esfericidad – Sub redondeado
Empaque	Completo
Tipos de Contactos	Contactos cóncavos convexos
Selección	Bien clasificado
Madurez Textural	Madura
%Matriz	<15%
Color	Verde Amarillo Grisáceo (5GY 7/2 Munsell)
Clasificación según Folk (1972)	Q:10% FR:10% F:80%
Otras características	Estrías de falla, Epidota (Alteración), Calcita en venillas o como fibras
Tipo de roca	ARCOSA

**Fuente:** Elaboración propia.

### Fotografía E.2.6

*Muestra de mano de lutita de la Formación Chilca*



**Nota:** Muestra de mano de lutita correspondiente a la Formación Chilca con patinas de hematita, oxido y algunas venillas de calcita.



## Fotografía N°E.2.2 y N°E.2.3

Muestra de mano de arenisca(grauvaca) correspondiente a la Formación Chilca



**Nota:** Muestra de mano de arenisca(grauvaca) correspondiente a la Formación Chilca con venillas de calcita observadas con una lupa de 10X de aumento (en la foto derecha).

**Tabla E.2.2**

*Descripción macroscópica muestra de mano grauvaca Formación Chilca*

Descripciones macroscópicas de muestras de mano de una Arenisca	
Tamaño de grano	Grano fino 0.25 mm - 0.125 mm
Forma	Esferoidal - Discoidal
Redondez y esfericidad	Baja esfericidad – Muy Anguloso
Empaque	Flotante
Tipos de Contactos	Contactos flotantes
Selección	Muy pobremente clasificado
Madurez Textural	Inmadura
%Matriz	>15%
Color	Marrón Rojizo Oscuro (10R 3/4 Munsell)
Clasificación según Folk (1972)	Q:5% FR:15% F:80%
Otras características	Venillas de calcita
Tipo de roca	GRAUVACA FELDESPATICA

**Fuente:** Elaboración propia.

## Fotografía N°E.2.4 y N°E.2.5

### Muestra de mano de caliza Formación Chilca



**Nota:** En la foto izquierda se observa una muestra de mano de caliza gris azulada clara y en la foto derecha se observa fibras de recristalización de calcita y patinas de oxido y hematitas observadas con una lupa de 20x de aumento.

**Tabla E.2.3**

#### *Descripción macroscópica muestra de mano caliza Formación Chilca*

Descripción macroscópica de muestras de mano de una Caliza	
<b>Estructura</b>	Estratificación horizontal
<b>Tamaño de cristal</b>	No se observan con la lupa
<b>Com. Aloquímicos</b>	No presenta
<b>Com. Orto químicos</b>	Micrita
<b>Comp. Orgánicos</b>	No presenta
<b>Otras características</b>	Patinas de oxido, hematita y venillas de calcita
<b>Comp. Mineralógica</b>	Principales: Calcita Accesorios: Hematita
<b>Clasificación según Folk</b>	MICRITA
<b>Clasificación según Dunham</b>	MUDSTONE
<b>Color</b>	Gris azulado claro (5B 7/1 Munsell)
<b>Tipo de roca</b>	CALIZA

**Fuente:** Elaboración propia.

## ANEXO E.3 DESCRIPCION MACROSCOPICA DE MUESTRAS FORMACION KAYRA

### Fotografía E.3.1

*Muestra de mano de lutita correspondiente a la Formación Kayra*



### Fotografías E.3.2

*Muestra de mano de mano de arenisca Formación Kayra*



**Tabla E.3.1**

*Descripción macroscópica muestra de mano de arcosa Formación Kayra*

Descripciones macroscópicas de muestras de mano de una Arenisca	
Tamaño de grano	Grano medio 0.50 mm - 0.25 mm
Forma	Esferoidal - Equidimensional
Redondez y esfericidad	Baja esfericidad - Sub redondeado
Empaque	Completo
Tipos de Contactos	Contactos cóncavos convexos
Selección	Bien clasificado
Madurez Textural	Madura
%Matriz	<15%
Color	Rojo pálido (5R 6/2 Munsell)
Clasificación según Folk (1972)	Q:10% FR:10% F:80%
Otras características	Venillas de calcita.
Tipo de roca	ARCOSA

**Fuente:** Elaboración propia.



### Fotografías E.3.3

*Muestra de mano de mano de arenisca (arcosa lítica) Formación Kayra*



**Tabla E.3.2**

*Descripción macroscópica muestra de mano arcosa lítica Formación Kayra*

<b>Descripciones macroscópicas de muestras de mano de una Arenisca</b>	
<b>Tamaño de grano</b>	Grano medio 0.50 mm - 0.25 mm
<b>Forma</b>	Esferoidal - Discoidal
<b>Redondez y esfericidad</b>	Baja esfericidad - Sub anguloso
<b>Empaque</b>	Flotante
<b>Tipos de Contactos</b>	Granos flotantes
<b>Selección</b>	Pobrementemente clasificado
<b>Madurez Textural</b>	Sub Madura
<b>%Matriz</b>	<15%
<b>Color</b>	Rojo grisáceo (5R 4/2 Munsell)
<b>Clasificación según Folk (1972)</b>	Q:10% FR:30% F':60%
<b>Otras características</b>	Fibras de recristalización de calcita y estrías de falla.
<b>Tipo de roca</b>	ARCOSA LITICA

**Fuente:** Elaboración propia.

### Fotografías E.3.4

*Muestra de mano de mano de arenisca grauavaca Formación Kayra*



**Nota:** Muestra de mano de Grauavaca correspondiente a la Formación Kayra.

**Tabla E.3.3**

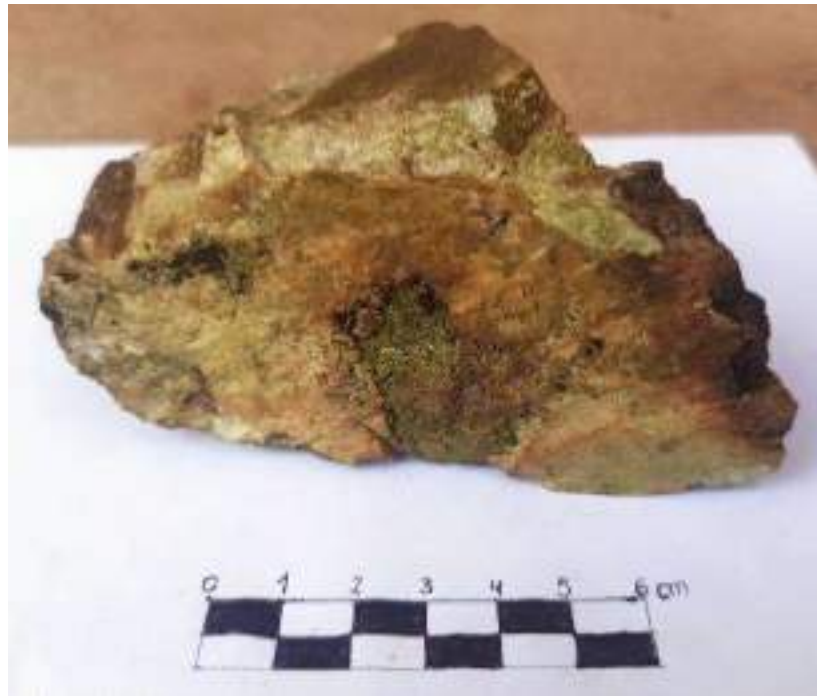
*Descripción macroscópica muestra de mano grauavaca lítica Formación Kayra*

Descripciones macroscópicas de muestras de mano de una Arenisca	
Tamaño de grano	Grano medio 0.50 mm - 0.25 mm
Forma	Discoidal
Redondez y esfericidad	Baja esfericidad - Anguloso
Empaque	Puntual
Tipos de Contactos	Granos flotantes
Selección	Pobrementemente clasificado
Madurez Textural	Inmadura
%Matriz	>15%
Color	Pardo rojizo oscuro (10R 3/4 Munsell)
Clasificación según Folk (1972)	Q:5% FR:45% F:50%
Tipo de roca	GRAUVACA LITICA

**Fuente:** Elaboración propia.

### Fotografía E.3.5

*Muestra de mano de arcosa gris clara*



**Nota:** Muestra de mano de arcosa gris clara metamorizada a cuarcita debido a zonas de falla correspondiente a la Formación Kayra.

**Tabla E.3.4**

*Descripción macroscópica muestra de mano arcosa Formación Kayra*

Descripciones macroscópicas de muestras de mano de una Arenisca	
<b>Tamaño de grano</b>	Grano medio 0.50 mm - 0.25 mm
<b>Forma</b>	Equidimensional - Discoidal
<b>Redondez y esfericidad</b>	Baja esfericidad - Sub redondeado
<b>Empaque</b>	Completo
<b>Tipos de Contactos</b>	Contacto suturado
<b>Selección</b>	Bien clasificado
<b>Madurez Textural</b>	Madura
<b>%Matriz</b>	<15%
<b>Color</b>	Gris muy claro (N8 Munsell)
<b>Clasificación según Folk</b>	Q:10% FR:10% F':80%
<b>Otras características</b>	Presenta zonas de cuarcita por metamorfismo cataclástico con cuarzo, epidota y espejo de
<b>Tipo de roca</b>	ARCOSA

**Fuente:** Elaboración propia.



## ANEXO E.4 DESCRIPCION MACROSCOPICA DE MUESTRAS FORMACION SONCCO

**Fotografía E.4.1**

*Muestra de mano de lutita pardo rojiza correspondiente a la Formación Soncco*



**Fotografía E.4.2**

*Muestra de mano de arcosa blanca de la Formación Soncco*



**Tabla E.4.1**

*Descripción macroscópica muestra de mano arcosa Formación Soncco con malaquita*

Descripciones macroscópicas de muestras de mano de una Arenisca	
Tamaño de grano	Grano medio 0.50 mm - 0.25 mm
Forma	Tabular - Discoidal
Redondez y esfericidad	Baja esfericidad - Sub anguloso
Empaque	Tangente
Tipos de Contactos	Contacto suturado
Selección	Bien clasificado
Madurez Textural	Madura
%Matriz	<15%
Color	Gris muy claro (N8 Munsell)
Clasificación según Folk (1972)	Q:10% FR:10% F:80%
Otras características	Presenta minerales de calcosina, malaquita diseminada y estrías de
Tipo de roca	ARCOSA

**Fuente:** Elaboración propia.

### Fotografía E.4.3

*Muestra de arcosa gris clara*



**Tabla E.4.2**

*Descripción macroscópica muestra de mano arcosa Formación Soncco*

Descripciones macroscópicas de muestras de mano de una Arenisca	
Tamaño de grano	Grano medio 0.50 mm – 0.25 mm
Forma	Esferoidal - Discoidal
Redondez y esfericidad	Baja esfericidad – Sub Anguloso
Empaque	Completo
Tipos de Contactos	Granos suturados
Selección	Moderadamente clasificado
Madurez Textural	Madura
%Matriz	<15%
Color	Gris muy claro (N8 Munsell)
Clasificación según Folk (1972)	Q:10% FR:10% F:80%
Otras características	Epidota y micas.
Tipo de roca	ARCOSA

**Fuente:** Elaboración propia.

### Fotografía E.4.4

Muestra de mano de conglomerado correspondiente a la Formación Soncco



Tabla E.4.5

Descripción macroscópica muestra de mano de conglomerado Formación Soncco

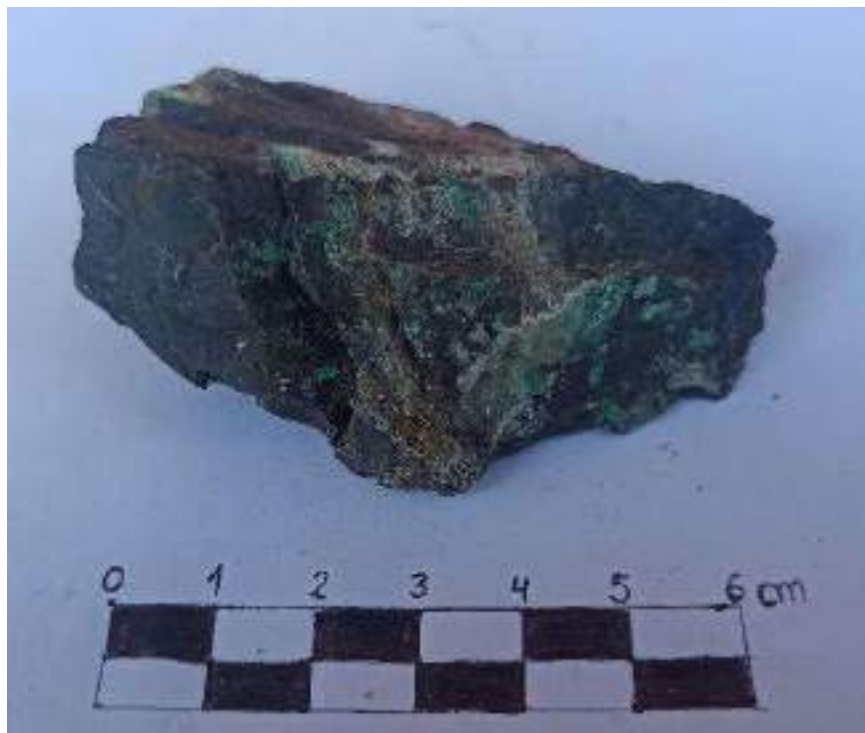
Descripciones macroscópicas de muestras de mano de un conglomerado		
<b>Tamaño de grano</b>	Clastos	Cantos (16-256 mm)
	Matriz	Arena medio(0.50mm-0.25mm)
<b>Forma</b>	Clastos	Tabular - equidimensional
	Matriz	Equidimensional
<b>Redondez y esfericidad</b>	Clastos	Baja esfericidad y Sub anguloso
	Matriz	Baja esfericidad y Sub anguloso
<b>Empaque</b>	Clastos	Flotante
	Matriz	Completo
<b>Tipos de Contactos</b>	Clastos	Contactos flotantes
	Matriz	Contactos saturados
<b>Selección</b>	Muy pobremente clasificado	
<b>Madurez Textural</b>	Sub madura	
<b>Color</b>	Matriz	Gris muy claro (N8 Munsell)
<b>Consolidación</b>	Fuertemente consolidado	
<b>%Matriz/Clastos</b>	40/60	
<b>Otras características</b>	Estratificación gradada	
<b>Tipo de roca</b>	CONGLOMERADO	
<b>Clasificación de conglomerados</b>		
<b>De acuerdo a su textura</b>	PARACONGLOMERADO	
<b>De acuerdo a la composición de sus clastos</b>	OLIGIMICTICO	

Fuente: Elaboración propia.



### Fotografía E.4.5

*Muestra de mano de caliza correspondiente a la Formación Soncco*



**Tabla E.4.6**

*Descripción macroscópica muestra de mano de caliza Formación Soncco*

Descripción macroscópica de muestras de mano de una Caliza	
<b>Estructura</b>	Estratificación horizontal
<b>Tamaño de cristal</b>	4 um
<b>Com. Aloquímicos</b>	Oolitos
<b>Com. Ortoquímicos</b>	Micrita
<b>Comp. Orgánicos</b>	No presenta
<b>Otras características</b>	Patinas de malaquita y venillas de calcita
<b>Comp. Mineralógica</b>	Principales: Calcita; Accesorios: Malaquita
<b>Clasificación según Folk</b>	MICRITA
<b>Clasificación según Dunham</b>	MUDSTONE
<b>Color</b>	Gris azulado claro (5B 7/1 Munsell)
<b>Tipo de roca</b>	CALIZA

**Fuente:** Elaboración propia.

### Fotografía E.4.6

Muestra de mano de Grauvaca metamorfozada a cuarcita correspondiente a la formación Soncco

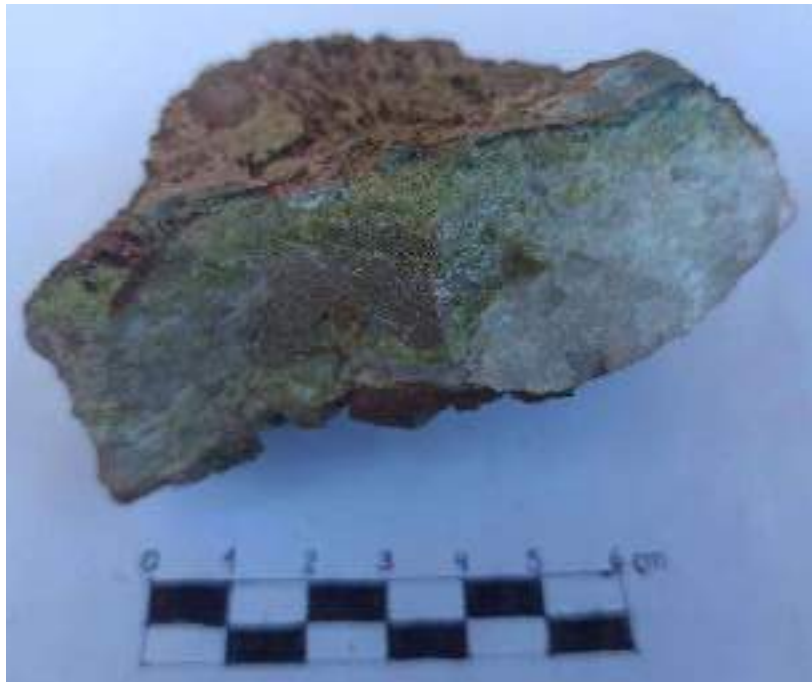


Tabla E.4.7

Descripción macroscópica muestra de mano Grauvaca Formación Soncco

Descripciones macroscópicas de muestras de mano de una Arenisca	
Tamaño de grano	Grano fino 0.25 mm – 0.125 mm
Forma	Tabular - Discoidal
Redondez y esfericidad	Baja esfericidad - Anguloso
Empaque	Flotante
Tipos de Contactos	Granos flotantes
Selección	Muy pobremente clasificado
Madurez Textural	Submadura
%Matriz	>15%
Color	Rojo grisáceo (5R 4/2 Munsell)
Clasificación según Folk (1972)	Q:5% FR:10% F':85%
Otras características	Calcita, epidota y cuarcita generado por metamorfismo dinámico originados por fallas.
Tipo de roca	GRAUVACA FELDESPATICA

Fuente: Elaboración propia.

# **ANEXO F: ANALISIS ESTRUCTURAL DE FALLAS Y FRATURAS**



**ANEXO F.1 ANALISIS ESTRUCTURAL DE FALLAS Y FRACTURAS DE LA FORMACION QUILQUE**

**Tabla F.1.1**

*Coordenadas de la estación estructural en la Formación Quilque*

Este	Norte	Elevación
183281	8507223	3717

**Tabla F.1.2**

*Datos de campo discontinuidades Fm. Quilque*

Dip	Dip Direction	Tipo	Apertura	Rugosidad	Persistencia	Espaciamiento	Relleno
44	305	S	1 mm	Rugosa y plana	4 m	10 cm	Calcita
46	309	S	1 mm	Rugosa y plana	4 m	10 cm	Calcita
40	314	S	1 mm	Rugosa y plana	4 m	10 cm	Calcita
49	300	S	1 mm	Rugosa y plana	4 m	10 cm	Calcita
52	285	S	1 mm	Rugosa y plana	4 m	10 cm	Calcita
53	274	S	1 mm	Rugosa y plana	4 m	10 cm	Calcita
56	10	Jc	1 mm	Rugosa y plana	3 m	5 cm	Calcita
51	13	Jc	1 mm	Rugosa y plana	3 m	5 cm	Calcita
55	15	Jc	1 mm	Rugosa y plana	3 m	5 cm	Calcita
65	12	Jc	1 mm	Rugosa y plana	3 m	5 cm	Calcita
67	16	Jc	1 mm	Rugosa y plana	3 m	5 cm	Calcita
68	13	Jc	1 mm	Rugosa y plana	3 m	5 cm	Calcita
41	295	S	1 mm	Rugosa y plana	1.5 m	20 cm	Calcita
45	294	S	1 mm	Rugosa y plana	1.5 m	20 cm	Calcita
42	290	S	1 mm	Rugosa y plana	1.5 m	20 cm	Calcita
41	293	S	1 mm	Rugosa y plana	1.5 m	20 cm	Calcita
43	291	S	1 mm	Rugosa y plana	1.5 m	20 cm	Calcita
40	297	S	1 mm	Rugosa y plana	1.5 m	20 cm	Calcita
72	328	Jb	2 mm	Rugosa y plana	2 m	15 cm	N.P.
71	330	Jb	2 mm	Rugosa y plana	2 m	15 cm	N.P.
70	326	Jb	2 mm	Rugosa y plana	2 m	15 cm	N.P.
72	327	Jb	2 mm	Rugosa y plana	2 m	15 cm	N.P.
73	329	Jb	2 mm	Rugosa y plana	2 m	15 cm	N.P.
62	143	Ja	1 mm	Rugosa y plana	2.5 m	45 cm	N.P.
63	140	Ja	1 mm	Rugosa y plana	2.5 m	45 cm	N.P.
60	141	Ja	1 mm	Rugosa y plana	2.5 m	45 cm	N.P.
61	144	Ja	1 mm	Rugosa y plana	2.5 m	45 cm	N.P.
67	143	Ja	1 mm	Rugosa y plana	2.5 m	45 cm	N.P.
62	147	Ja	1 mm	Rugosa y plana	2.5 m	45 cm	N.P.

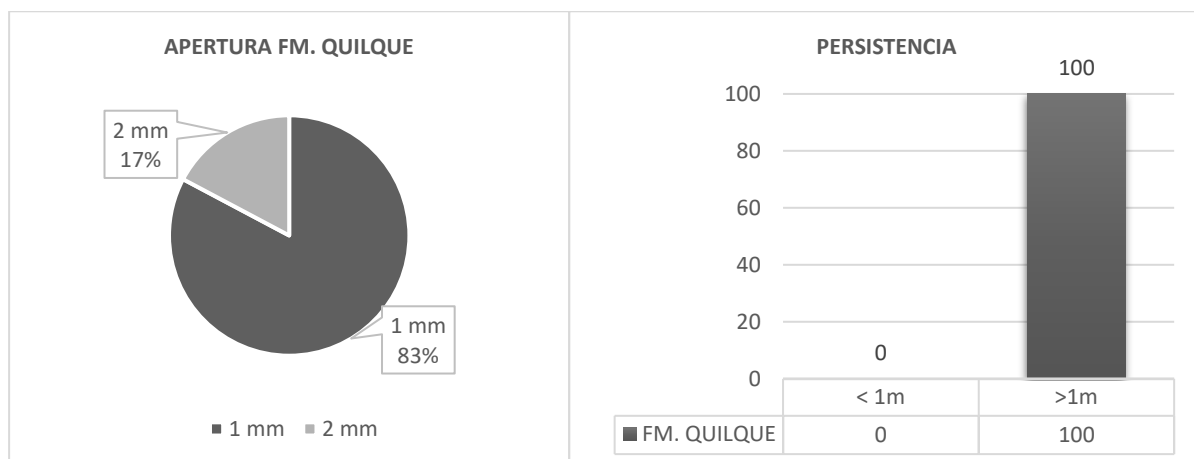
**Tabla F.1.3**

*Datos de campo fallas Fm. Quilque*

Azimut (Regla de la mano derecha)	Buzamiento	Dip	Dip Direction	Tipo	Rake	Cinemática
49	46 SE	46	139	FALLA	57 NW	lxSx
280	46 NE	46	10	FALLA	62 SW	lxSx
236	42 NW	42	326	FALLA	52 SE	lxSx
224	46 NW	46	314	FALLA	62 SE	lxSx
215	47 NW	47	305	FALLA	61 NE	lxSx

**Figura F.1.1 y F.1.2**

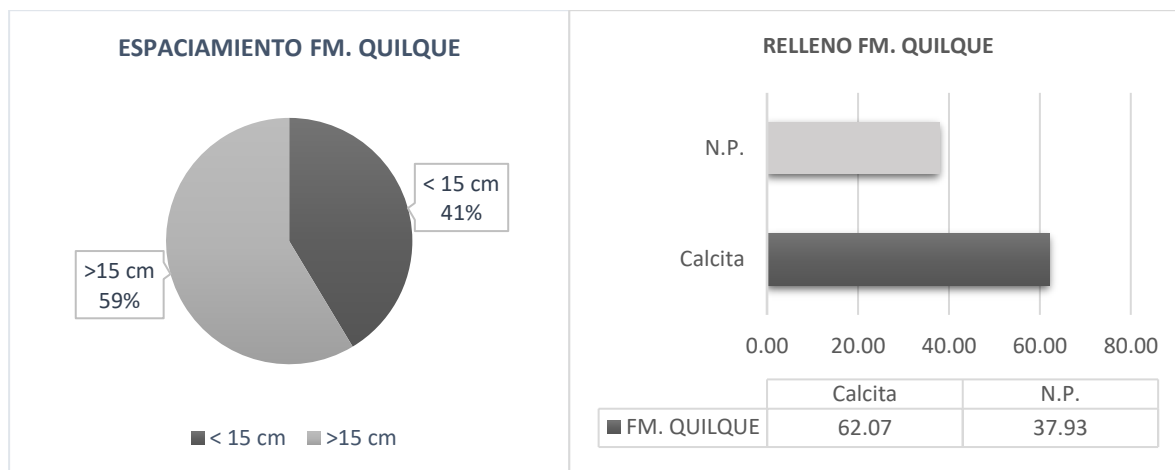
*Diagramas de apertura y persistencia de la estación estructural en la Formación Quilque*



**Fuente:** Elaboración Propia.

**Figura F.1.3 y F.1.4**

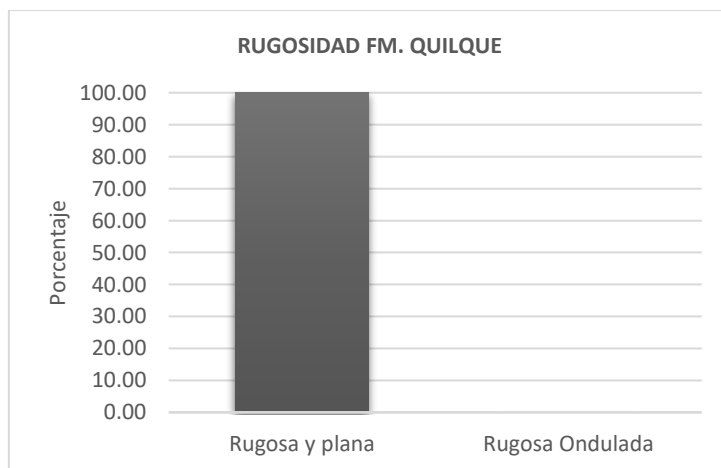
*Diagramas de espaciamiento y relleno de la estación estructural en la Formación Quilque*



**Fuente:** Elaboración Propia.

**F.1.5**

*Diagramas de rugosidad de la estación estructural en la Formación Quilque*



**Fuente:** Elaboración Propia.

## ANEXO F.2 ANALISIS ESTRUCTURAL DE FALLAS Y FRACTURAS DE LA FORMACION CHILCA

### Tabla F.2.1

*Coordenadas de la estación estructural en la Formación Chilca*

Este	Norte	Elevación
186140	8505053	3851

### Tabla F.2.2

*Datos de campo discontinuidades Fm. Chilca*

Dip	Dip Direction	Tipo	Apertura	Rugosidad	Persistencia	Espaciamiento	Relleno
74	138	S	0.5 mm	Rugosa y plana	20 cm	10 cm	Calcita
78	139	S	0.5 mm	Rugosa y plana	20 cm	10 cm	Calcita
83	140	S	0.5 mm	Rugosa y plana	20 cm	10 cm	Calcita
71	138	S	0.5 mm	Rugosa y plana	20 cm	10 cm	Calcita
78	148	S	0.5 mm	Rugosa y plana	20 cm	10 cm	Calcita
71	141	S	0.5 mm	Rugosa y plana	20 cm	10 cm	Calcita
81	35	Ja	0.5 mm	Rugosa ondulada	2 m	10 cm	N.P.
76	45	Ja	0.5 mm	Rugosa ondulada	2 m	10 cm	N.P.
70	41	Ja	0.5 mm	Rugosa ondulada	2 m	15 cm	N.P.
76	33	Ja	0.5 mm	Rugosa ondulada	2 m	15 cm	N.P.
75	36	Ja	0.5 mm	Rugosa ondulada	2 m	15 cm	N.P.
89	40	Ja	0.5 mm	Rugosa ondulada	2 m	15 cm	N.P.
53	209	Ja	1 mm	Rugosa y plana	1.5 m	2 cm	Calcita
65	180	Jb	1 mm	Rugosa y plana	1.5 m	2 cm	Calcita
69	200	Jb	1 mm	Rugosa y plana	1.5 m	2 cm	Calcita
65	195	Jb	1 mm	Rugosa y plana	1.5 m	2 cm	Calcita
55	187	Jb	1 mm	Rugosa y plana	1.5 m	2 cm	Calcita
72	325	Jc	1 mm	Rugosa y plana	1.5 m	2 cm	Calcita
65	322	Jc	1 mm	Rugosa y plana	1.5 m	2 cm	Calcita
59	300	Jc	1 mm	Rugosa y plana	1.5 m	2 cm	Calcita
87	303	Jc	1 mm	Rugosa y plana	1.5 m	2 cm	Calcita

### Tabla F.2.3

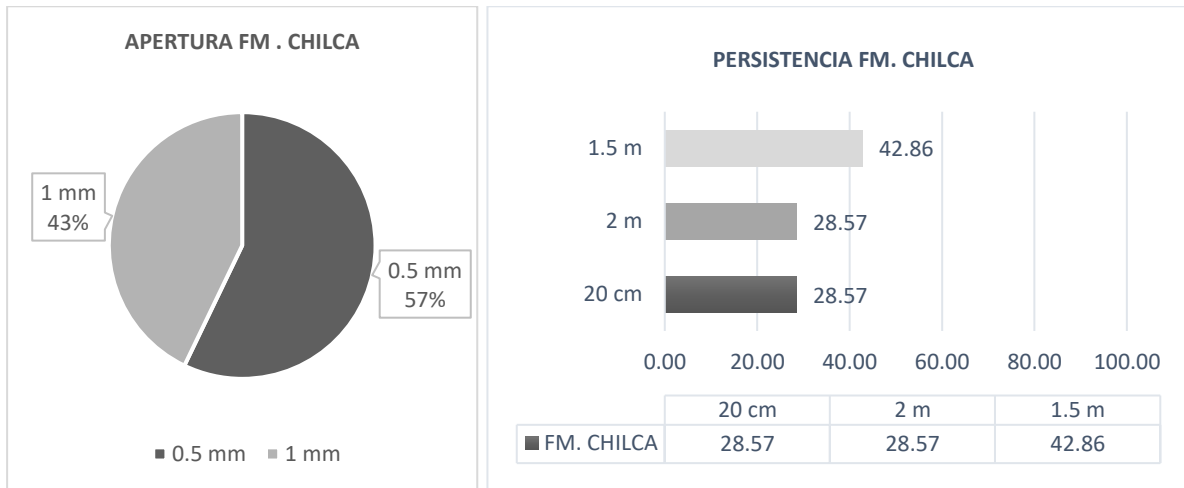
*Datos de campo fallas Fm. Chilca*

Azimut (Regla de la mano derecha)	Buzamiento	Dip	Dip Direction	Tipo	RAKE	Cinemática
83	36 SE	36	173	FALLA	50 NE	IxSx
95	50 SE	50	185	FALLA	50 NE	IxSx
75	52 SE	52	165	FALLA	40 NE	IxSx



**Figura F.2.1 Y F.2.2**

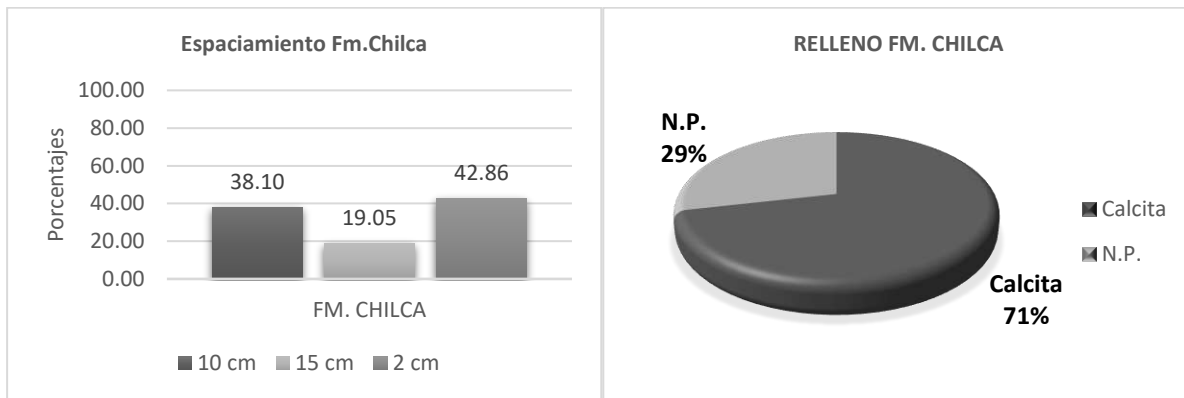
*Diagramas de apertura y persistencia de la estación estructural en la Formación Chilca*



Fuente: Elaboración Propia.

**Figura F.2.3 Y F.2.4**

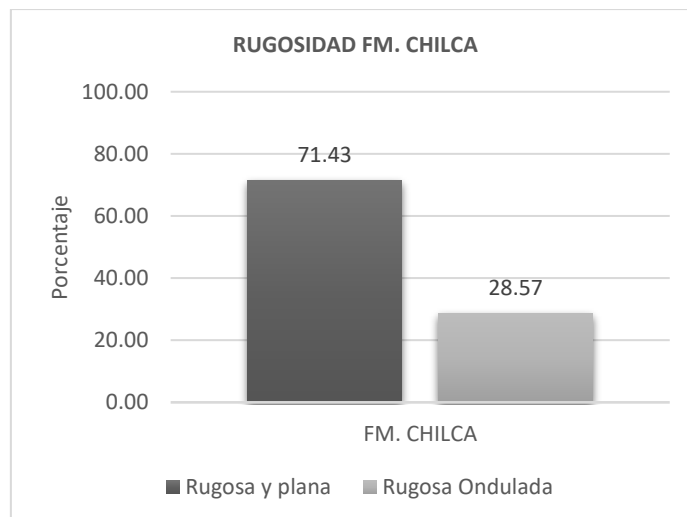
*Diagramas de espaciamento y relleno de la estación estructural en la Formación Chilca*



Fuente: Elaboración Propia.

**Figura F.2.5**

*Diagramas de rugosidad de la estación estructural en la Formación Chilca*



Fuente: Elaboración Propia.

## ANEXO F.3 ANALISIS ESTRUCTURAL DE FALLAS Y FRACTURAS DE LA FORMACION KAYRA

### Tabla F.3.1

*Coordenadas de la estación estructural en la Formación Kayra*

Este	Norte	Elevación
185555	8507548	4028

### Tabla F.3.2

*Datos de discontinuidades Fm. Kayra*

Dip	Dip Direction	Tipo	Apertura	Rugosidad	Persistencia	Espaciamiento	Relleno
82	226	S	1 mm	Rugosa y plana	3 m	10 cm	Epidota y sílice
64	252	S	1 mm	Rugosa y plana	3 m	10 cm	Epidota y sílice
63	219	S	1 mm	Rugosa y plana	3 m	10 cm	Epidota y sílice
75	230	S	1 mm	Rugosa y plana	3 m	10 cm	Epidota y sílice
77	230	S	1 mm	Rugosa y plana	3 m	10 cm	Epidota y sílice
76	220	S	1 mm	Rugosa y plana	3 m	10 cm	Epidota y sílice
72	210	S	1 mm	Rugosa y plana	3 m	10 cm	Epidota y sílice
77	228	S	1 mm	Rugosa y plana	3 m	10 cm	Epidota y sílice
69	139	Ja	3 mm	Rugosa ondulada	3 m	18 cm	N.P.
59	148	Ja	3 mm	Rugosa ondulada	3 m	18 cm	N.P.
57	142	Ja	3 mm	Rugosa ondulada	3 m	18 cm	N.P.
61	139	Ja	3 mm	Rugosa ondulada	3 m	18 cm	N.P.
46	144	Ja	3 mm	Rugosa ondulada	3 m	18 cm	N.P.
54	136	Ja	3 mm	Rugosa ondulada	3 m	18 cm	N.P.
51	140	Ja	3 mm	Rugosa ondulada	3 m	18 cm	N.P.
40	190	S	3 mm	Rugosa y plana	30 cm	15 cm	Calcita
31	269	Jb	3 mm	Rugosa y plana	30 cm	15 cm	Calcita
29	234	Jb	3 mm	Rugosa y plana	30 cm	15 cm	Calcita
26	224	Jb	3 mm	Rugosa y plana	30 cm	15 cm	Calcita
29	228	Jb	3 mm	Rugosa y plana	30 cm	15 cm	Calcita
22	240	Jb	3 mm	Rugosa y plana	30 cm	15 cm	Calcita

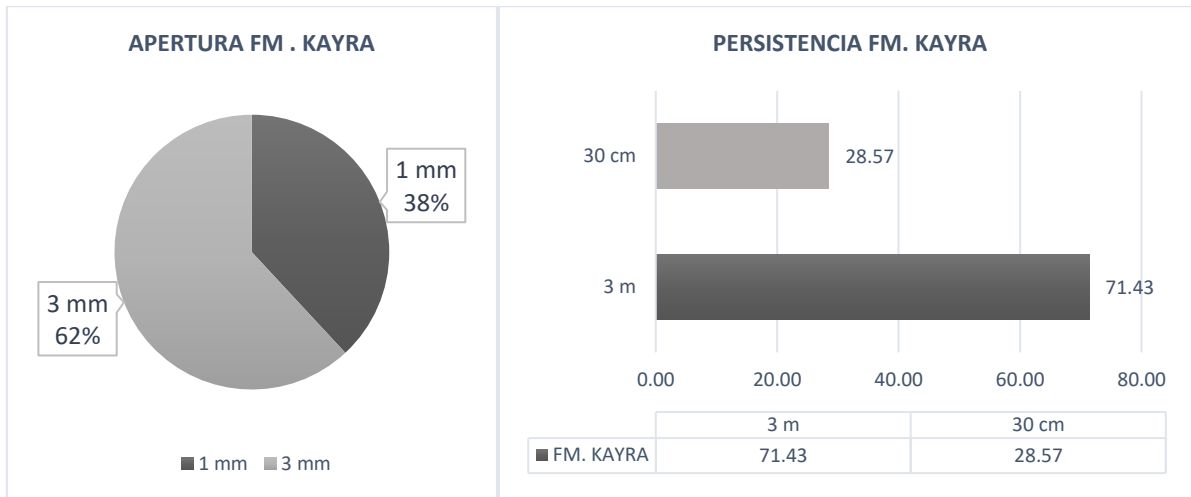
### Tabla F.3.3

*Datos de campo fallas Fm. Kayra*

Azimut (Regla de la mano derecha)	Buzamiento	DIP	Dip Direction	Tipo	RAKE	Cinemática
109	40 SW	40	199	FALLA	80 NE	Ix Dx
141	79 SW	79	231	FALLA	60 NE	Ix Dx
134	80 SW	80	224	FALLA	50 NE	Ix Dx
161	64 SW	64	251	FALLA	66 NE	Ix Dx
310	89 NE	89	40	FALLA	60 NE	Ix Dx
315	86 NE	86	45	FALLA	60 NE	Ix Dx

**Figura F.3.1 Y F.3.2**

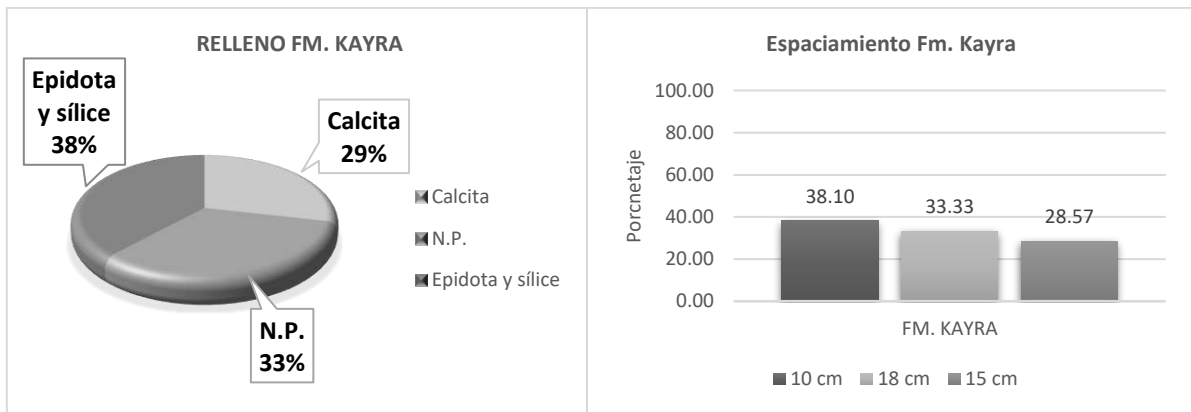
*Diagramas de apertura y persistencia de la estación estructural en la formación Kayra*



Fuente: Elaboración Propia

**Figura F.3.3 Y F.3.4**

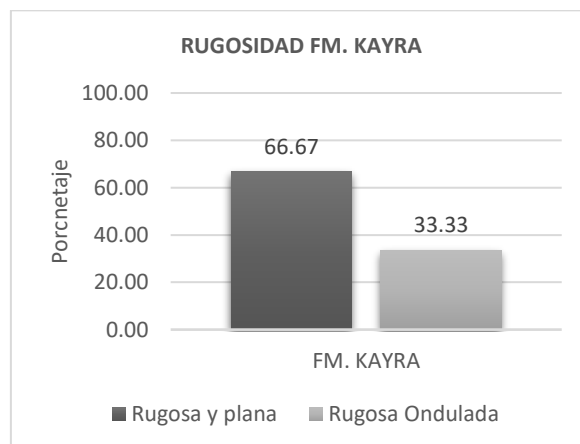
*Diagramas de espaciamiento y relleno de la estación estructural en la formación Kayra*



Fuente: Elaboración Propia

**Figura F.3.5**

*Diagramas de rugosidad de la estación estructural en la formación Kayra*



Fuente: Elaboración Propia



## ANEXO F.4 ANALISIS ESTRUCTURAL DE FALLAS Y FRACTURAS DE LA FORMACION SONCCO

### Tabla F.4.1

*Coordenadas de la estación estructural en la Formación Kayra*

Este	Norte	Elevación
184145	8508387	3865

### Tabla F.4.2

*Datos de discontinuidades Fm. Soncco*

Dip	Dip Direction	Tipo	Apertura	Rugosidad	Persistencia	Espaciamiento	Relleno
77	225	S	0.5 mm	Rugosa ondulada	2 m	10 cm	N.P.
69	215	S	0.5 mm	Rugosa ondulada	2 m	10 cm	N.P.
86	245	S	0.5 mm	Rugosa ondulada	2 m	10 cm	N.P.
81	247	S	0.5 mm	Rugosa ondulada	2 m	10 cm	N.P.
87	143	Ja	0.5 mm	Rugosa ondulada	1 m	10 cm	N.P.
56	156	Ja	0.5 mm	Rugosa ondulada	1 m	10 cm	N.P.
69	150	Ja	0.5 mm	Rugosa ondulada	1 m	10 cm	N.P.
81	145	Ja	0.5 mm	Rugosa ondulada	1 m	10 cm	N.P.
24	155	Jb	0.5 mm	Rugosa ondulada	2 m	10 cm	N.P.
12	115	Jb	0.5 mm	Rugosa ondulada	2 m	10 cm	N.P.
31	111	Jb	0.5 mm	Rugosa ondulada	2 m	10 cm	N.P.
35	184	Jb	0.5 mm	Rugosa ondulada	2 m	10 cm	N.P.
28	156	Jb	0.5 mm	Rugosa ondulada	2 m	10 cm	N.P.

### Tabla F.4.3

*Datos de campo fallas Fm. Soncco*

Azimut (RHR)	Buzamiento	Dip	Dip Direction	Tipo	Rake	Cinématica
325	60 NE	60	55	FALLA	30 NW	IxSx
82	66 SE	66	172	FALLA	30 NW	IxDx
69	70 SE	70	159	FALLA	105 W	Nx Dx
102	62 SW	62	192	FALLA	20 SW	Nx Dx
60	55 SE	55	150	FALLA	35 NW	Ix Dx
232	86 NW	86	322	FALLA	82 NW	IxSx
194	30 NW	30	284	FALLA	55 NE	Ix Dx
205	31 NW	31	295	FALLA	30 SW	NxSx
130	31 SW	31	220	FALLA	40 NW	Ix Dx

**Figura F.4.1 Y F.4.2**

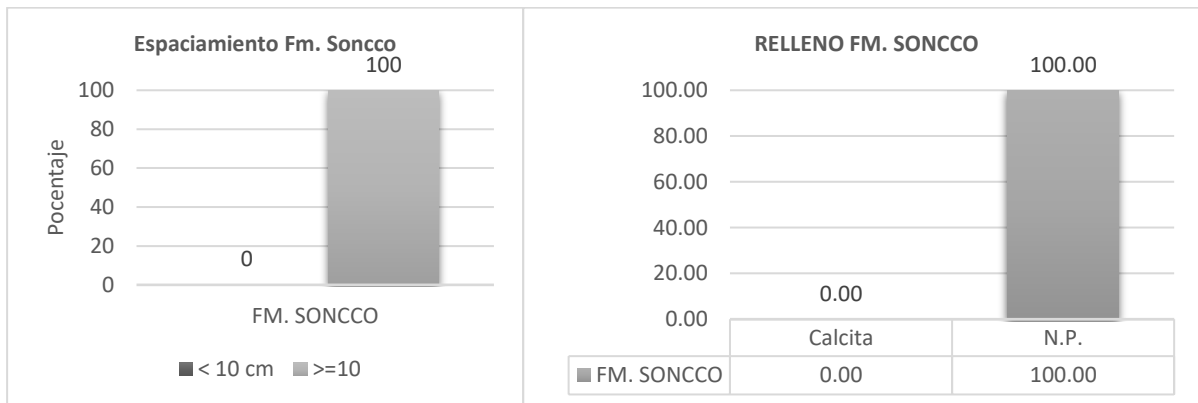
*Diagramas de apertura y persistencia de la estación estructural en la Formación Soncco*



**Fuente:** Elaboración Propia.

**Figura F.4.3 Y F.4.4**

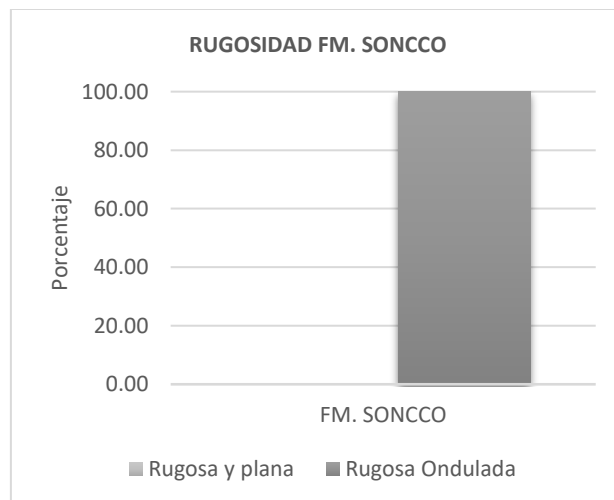
*Diagramas de espaciamento y relleno de la estación estructural en la Formación Soncco*



**Fuente:** Elaboración Propia.

**Figura F.4.5**

*Diagramas de rugosidad de la estación estructural en la Formación Soncco*



**Fuente:** Elaboración Propia