

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO
ABAD DELCUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA, MINAS Y
METALURGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA



**EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO PARA LA ADECUADA
EXPANSIÓN DEL BORDE URBANO EN EL SECTOR QUILQUE,
DISTRITO- CUSCO – CUSCO, 2021**

Tesis presentada por:

Br. Aguilar Chávez, Yuri Yusai

Br. Cáceres Quispe, Jhos Majid

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Geólogo

Asesor:

Dra. Josefina Escalante Gutiérrez

CUSCO-PERÚ
2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

La que suscribe, asesora del trabajo de investigación de tesis titulado: "EVALUACION DEL RIESGO GEOLOGICO PARA LA ADECUADA EXPANSION DEL BORDE URBANO EN EL SECTOR QUILQUE, DISTRITO DE CUSCO, CUSCO, 2021", presentado por: Yuri Yusai Aguilar Chávez con Nro. de DNI: 70413328, y Jhos Majid Cáceres Quispe con Nro. de DNI: 72903898 para optar al título profesional de Ingeniero Geólogo. Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por dos veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del *Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC* y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 9%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera hoja del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 09 de febrero de 2023



Mgt. Josefina Escalante Gutiérrez.

DNI N° 23809533

CODIGO ORCID: Nro. 0000-0001-9359-0481

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.

NOMBRE DEL TRABAJO

Evaluacion del Riesgo Geologico para la adecuada expansion urbana del Borde Urbano en el Sector Quil

AUTOR

Aguilar Yuri, Cáceres Jhos

RECUENTO DE PALABRAS

33986 Words

RECUENTO DE CARACTERES

192280 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

158 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

8.3MB

FECHA DE ENTREGA

Feb 13, 2023 5:08 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Feb 13, 2023 5:10 PM GMT-5

● 9% de similitud general

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

- 9% Base de datos de Internet

● Excluir del Reporte de Similitud

- Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- Material bibliográfico
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de trabajos entregados
- Coincidencia baja (menos de 30 palabras)

AGRADECIMIENTOS

A toda mi familia, mis padres Leopoldo y Jesusa, mis hermanos Dany y Yeslea, que siempre depositaron su confianza en mí, son mi sostén en las tormentas y calor en el frío del fracaso, me hubiera perdido sin ustedes. A Dios que fue fiel conmigo desde el principio y me hizo caminar de gracia en gracia, por cuidar mis sueños como un tesoro preciado. A los amigos que siempre me motivaron a seguir adelante, que celebraron mis triunfos y sobre todo lloraron a mi lado en mis derrotas, estaré eternamente agradecido por su lealtad. A mi esposa Evelin por ser quien me daba el aliento cada día y amarme incondicionalmente a pesar de mis demonios internos, por ser mi fuente de amor inagotable y seguridad, siempre volveré a ti princesa. A mi alma mater por hacerme el profesional que soy hoy en día y un agradecimiento especial a mis docentes, que sembraron en mí, conocimiento y experiencia para el futuro.

Yuri Yusai Aguilar Chávez

Agradecer a mis padres, Martha y Ameth, por darme la oportunidad de comenzar esta carrera universitaria y el apoyo incondicional y constante para concluir esta profesión tan hermosa, así como inculcarme principios y valores que formaron la persona que soy.

A mis hermanos, Ayeleth y Jeremy, por ser mi mayor motivación en los momentos de dificultad, que me animaron para seguir adelante y culminar, e intentar forjar un futuro mejor. A Anny, mi fiel compañera que me apoyó en las noches de desvelo y alentaba a seguir a pesar del cansancio.

A mis primos, tíos y familiares por brindarme su apoyo.

Jhos Majid Cáceres Quispe

A nuestra asesora Dra. Josefina Escalante Gutiérrez por su apoyo constante y el tiempo brindado en el proceso de investigación.

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, a la Escuela profesional de Ingeniera Geológica y sus docentes por forjar en sus aulas a profesionales competentes y de calidad.

Yuri y Jhos

DEDICATORIA

A mi mamá que está en el cielo, por soñar conmigo y desear un hijo en medio de las dificultades, estaré en deuda contigo siempre por confiar en mí y mis sueños, aun cuando te había fallado incontables veces, eres la manifestación más pura de la loca gracia del cielo en mi vida. Te llevo tatuada en mi corazón y estaré enamorado de ti hasta el fin de mis días. Caminas conmigo a donde vaya y trato de honrar el honor de llamarme tu hijo siempre, perdonando y amando sin importar que diga la gente. Que descaro del cielo en hacerte mi madre, Gloria a Dios por siempre. Te amo Jesusa.

A mi padre Leopoldo por ser mi ejemplo perfecto, por las noches de desvelo, los secretos guardados y por ser consecuente y correcto siempre. Por dejarme un legado tremendo y que anhelo transmitir a mis hijos también.

Yuri

A la persona que me dio la vida, una madre fuerte, luchadora e incansable y se esforzó al máximo por ver a su hijo profesional a pesar de todas las dificultades que hubo en el camino, mi hermosa madre Martha; y a toda mi familia mi padre Ameth, mi buen hermano Jeremy y mi pequeña Ayeleth, que siempre anhelaron tener un profesional más en la familia.

Jhos



INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	2
DEDICATORIA	3
INDICE DE FIGURAS	9
INDICE DE TABLAS	11
INDICE DE FOTOGRAFIAS.....	15
RESUMEN	17
ABSTRACT	18
I. CAPITULO I.....	19
Introducción	19
1.1. Ubicación	19
1.2. Accesibilidad y Vías de Comunicación	21
1.3. Antecedentes	23
1.4. Definición del Problema de Investigación	23
1.5. Formulación del Problema	24
1.6. Objetivos	25
1.7. Hipótesis.....	25
1.8. Variables	26
1.9. Metodología	26
1.10. Equipos, Materiales y Software	27
1.11. Clima.....	28



1.12. Marco Referencial	30
II. CAPITULO II.....	37
Geomorfología	37
2.1 Unidades Geomorfológicas Regionales	37
a. Cordillera Oriental:.....	37
b. Zona Intermedia Altiplano – Cordillera Oriental:.....	37
c. Altiplano:.....	38
d. Cordillera Occidental:	38
2.2 Geomorfología Local	39
2.2.1 Unidades Geomorfológicas Locales	39
2.3 Parámetros Geomorfológicos	41
2.3.1 Elementos de Superficie y Elementos de Distancia	41
III. CAPITULO III.....	43
Geología.....	43
3.1 Geología Regional	43
3.1.1 Estratigrafía	43
IV. CAPITULO IV	50
Geología Estructural	50
4.1 Geología Estructural Regional.....	51
a. Fallas:	52
b. Pliegues:	53
4.2 Geología Estructural Local	54



V. CAPITULO V	58
Hidrología e Hidrogeología	58
5.1 Parámetros Hidromorfométricos.....	58
5.2 Precipitación, Temperatura y Humedad	62
a. Precipitación:.....	63
5.3 Hidrogeología	63
5.3.1 Parámetros Hidrogeológicos	63
VI. CAPITULO VI	67
Geodinámica:	67
6.1 Geodinámica Interna.....	67
6.1.1 Sismicidad.....	68
6.1.2 Actividad Sísmica	73
6.1.3 Comportamiento de los suelos y rocas frente a las ondas sísmicas	74
6.1.4 Velocidad de Propagación de la Ondas Sísmicas en suelos y rocas	75
6.1.5 Factores y Comportamiento de los Suelos y Rocas frente a las Ondas Sísmicas.....	76
6.2 Geodinámica Externa.....	77
6.2.1 Fenómenos Hidrodinámicos.....	78
6.2.2 Fenómenos Gravitacionales	79
6.2.3 Fenómenos Hidrogravitacionales	79
VII. CAPITULO VII.....	81
Geotecnia	81



7.1. Mecánica de Rocas	83
7.2 Mecánica de Suelos	87
VIII. CAPITULO VIII	90
Determinación del Peligro	90
8.1. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS PELIGROS POR REMOCIÓN EN MASA	90
8.1.1. EROSION DE LADERAS.....	90
8.1.2. DESLIZAMIENTO ANTIGUO	92
8.1.3 CAIDA DE ROCAS	95
8.2. EVALUACION DE SUSCEPTIBILIDAD	95
8.2.1. SUSCEPTIBILIDAD ANTE REMOCION EN MASA POR PRECIPITACIONES	96
8.2.2. PELIGRO POR REMOCION EN MASA POR PRECIPITACIONES	114
8.2.3. SUSCEPTIBILIDAD ANTE MOVIMIENTOS EN MASA POR SISMOS	115
8.2.4. PELIGRO POR REMOCION EN MASA POR SISMOS.....	126
IX. CAPITULO IX	128
Determinación de Vulnerabilidad.....	128
9.1. Análisis de la Vulnerabilidad.....	128
9.1.1. Dimensión Económica	128
9.1.2. Dimensión Social	131
9.1.3. Dimensión Ambiental	133



X. CAPITULO X	138
Estimación del Riesgo	138
10.1. DETERMINACION DEL PELIGRO	139
10.1.1. Determinación del Nivel de Riesgo en el Sector Quilque:.....	142
XI. CAPITULO XI	145
Condiciones para una Adecuada Expansión Urbana en las APVs del Sector Quilque	145
11.1. Mejoramiento de suelos pobres geotécnicamente	145
11.2. Estabilización de taludes inestables	147
11.3. Medidas de Protección Superficial:	151
11.4. Medidas de Drenaje:	151
CONCLUSIONES	153
RECOMENDACIONES	155
BIBLIOGRAFIA	156
ANEXOS	158



INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Unidades Morfoestructurales del Cusco. Fuente Geología del Cuadrángulo del Cusco A-138-Boletin_Cusco-28s, INGEMMET, 2011, p. 9</i>	39
<i>Figura 2. Columna Estratigráfica de la Fm Puquin en el cuadrángulo del Cusco, en el sector Quilque. Fuente: Geología del Cuadrángulo de Cusco. Hoja 28s. Boletín N° 138 Serie A – Carlotto (1992, 1998). INGEMMET</i>	45
<i>Figura 3. Columna Estratigráfica de la Fm Quilque en el cuadrángulo del Cusco, en el sector Quilque. Fuente: Geología del Cuadrángulo de Cusco. Hoja 28s. Boletín N° 138 Serie A – Carlotto (1992, 1998). INGEMMET</i>	47
<i>Figura 4. Columna Estratigráfica APV. Flores del Ande. Fuente: Elaboración Propia</i>	48
<i>Figura 5. Sistemas estructurales y Unidades morfoestructurales del Sur del Perú. Geología del Cuadrángulo del Cusco A-138-Boletin_Cusco-28s, 2011, INGEMMET, p. 91</i>	50
<i>Figura 6. Unidades morfoestructurales del cuadrángulo del Cusco y sección A-A´ y su respectiva sección geológica A-A´. Geología del Cuadrángulo del Cusco A-138-Boletin_Cusco-28s, 2011, INGEMMET, p. 93</i>	52
<i>Figura 7. Mapa de discordancias progresivas del cuadrángulo de Cusco y el Cuadrángulo de Tambobamba, al oeste. Geología del Cuadrángulo de Cusco 28s. Carlotto, 2011, p. 100.</i>	53
<i>Figura 8. Gráfico de Promedio de Temperatura (°C), y lluvias (mm/mes) para la provincia del Cusco, SENAMHi.gob.pe</i>	62
<i>Figura 9. Mapa de aceleración sísmica en términos de PGA (Benavente et al, 2013) Escenario de Riesgo Sísmico y Movimiento en masa Producido por la Reactivación de la falla Tambomachay, Provincia del Cusco - INDECI, 2015, p. 31</i>	73
<i>Figura 10. Diagrama de falsilla de Wulff, se observa la concentración de densidad en el polo y su dirección; así mismo el plano de estratificación en el diagrama.</i>	86
<i>Figura 11. Diagrama de rosetas esfuerzo principal en dirección NW-SE.</i>	86
<i>Figura 12. Diagrama de falsilla de Wulff, se observa la distribución de los principales esfuerzos S1, S2 y S3.</i>	87



<i>Figura 13. Imagen de Google Earth del año 2008 de la zona de deslizamiento en Hatun Wasi.</i>	94
<i>Figura 14. Obtención de mapas de susceptibilidad de los distintos factores condicionantes antes remoción en masa por precipitaciones.</i>	97
<i>Figura 15. Velocidad de Onda de Corte ante profundidad. Fuente: S. Lazcano</i> <i>“Caracterización de suelos arenosos mediante análisis de ondas de superficie”</i>	116
<i>Figura 16. Obtención de mapas de susceptibilidad de los distintos factores condicionantes antes remoción en masa por sismicidad</i>	117
<i>Figura 17. Resumen de la Actividad Económica de la Población por cada una de las 7 APV's.</i> <i>Fuente. Elaboración propia</i>	129
<i>Figura 18. Diagrama de barras de los grupos etarios del sector Quilque.</i>	132
<i>Figura 19. Evaluación de riesgos y obtención del mapa de riesgos. Fuente: Equipo técnico PAT Cusco 2017-2037</i>	139
<i>Figura 20. Técnicas de mejoramiento de suelos</i>	146
<i>Figura 21. Técnica de mejoramiento de suelo con columnas de grava.</i>	147
<i>Figura 22. Instalación de geomallas o mantas orgánicas. Fuente: Manual de estabilización y revegetación de taludes. 2002</i>	148
<i>Figura 23. Revestimiento de un talud con malla de triple torsión Fuente: Manual de estabilización y revegetación de taludes. 2002</i>	149
<i>Figura 24. Tipos de muros de contención según los materiales que los componen</i>	150
<i>Figura 25. Estabilización de talud por conformación y bermas de drenaje.</i>	150
<i>Figura 26. Protección superficial de taludes con mallas metálicas para evitar caída de roca.</i> <i>González L. (2002) Ingeniería Geológica pg. 480</i>	151
<i>Figura 27. Medidas de Drenaje y Protección en taludes. González L. (2002) Ingeniería Geológica pg. 479</i>	152



INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Coordenadas de las APV-Sector Quilque.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 2. Ruta de acceso 1 a la parte noreste del Sector Quilque</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 3. Ruta de acceso 2 a la parte norte del Sector Quilque</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 4. Elementos de Superficie y Distancia de la cuenca Quilque.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 5. Coordenadas falla tipo inversa en la APV Hatunwasi</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 6. División Hidrográfica según clasificación PFAFSTETTER del inventario de fuentes de aguas superficiales, ATDR-CUSCO, 2007, p. 24</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 7. Rangos para el criterio de forma de la cuenca.</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 8. Rangos para la densidad del drenaje</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 9. Rangos para la densidad Media de la Cuenca</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 10. Resumen de los parámetros morfométricos de la microcuenca.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 11. Cuadro de Temperatura, media, Precipitación, Humedad, SENAMHi, Data: 1991 - 2021 Temperatura min. (°C), Temperatura máx. (°C), Precipitación (mm), Humedad, Días lluviosos.</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 12. Ubicación de Estaciones Meteorológicas. Fuente: SENAMHi.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 13. Factor Z de cada zona, este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años; es una fracción de la aceleración de la gravedad. Fuente: Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente.</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 14. Parámetros del sismo probable, originado por la reactivación de Tambomachay. Escenario de Riesgo Sísmico y Movimiento en masa Producido por la Reactivación de la falla Tambomachay, Provincia del Cusco - INDECI, 2015, p. 31</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 15. Clasificación de perfiles de suelo, según la Norma E. 030. Estudio Geofísico de los acantilados de la Costa Verde en el distrito de Magdalena del Mar, IGP, 2020, p. 17.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 16. Velocidad de propagación de Ondas Sísmicas según Martínez del Rosario J. (1997)</i>	<i>75</i>



<i>Tabla 17. Velocidad de propagación de las Ondas Sísmicas según ASTM D5777-95</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 18: Parámetros para el Cálculo de la calidad de la roca (RQD).....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 19: Cálculos geomecánicos de la roca.....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 20. Cuadro resumen de Análisis de los suelos del Sector Quilque para la inferencia de factibilidad constructiva de la zona de estudio.....</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 21. Coordenadas de un deslizamiento antiguo en la APV Hatunwasi</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 22. Factores Condicionantes de Peligro por Movimientos en Masa.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 23. Factores Desencadenantes de Peligro por Movimientos en Masa</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 24. Características y valoración del factor geológico - litológico</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 25. Matriz de Comparación de Pares.....</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 26. Matriz de Normalización de Pares.....</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 27. Área de Susceptibilidad Geológica respecto al porcentaje de la zona.....</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 28. Caracterización y valoración del factor Geomorfológico</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 29. Matriz de Comparación de Pares.....</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 30. Matriz de Normalización de Pares.....</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 31. Área de Susceptibilidad Geomorfológica respecto al porcentaje de la zona.....</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 32. Características y valoración del factor pendientes</i>	<i>103</i>
<i>Tabla 33. Matriz de Comparación de Pares.....</i>	<i>103</i>
<i>Tabla 34. Matriz de Normalización de Pares.....</i>	<i>103</i>
<i>Tabla 35. Área de Susceptibilidad de Pendientes respecto al porcentaje de la zona</i>	<i>103</i>
<i>Tabla 36. Características y valoración del factor cobertura vegetal</i>	<i>106</i>
<i>Tabla 37. Matriz de Comparación de Pares.....</i>	<i>106</i>
<i>Tabla 38. Matriz de Normalización de Pares.....</i>	<i>107</i>
<i>Tabla 39. Área de Susceptibilidad de Cobertura Vegetal respecto al porcentaje de la zona ...</i>	<i>107</i>
<i>Tabla 40. Caracterización y valoración del factor geodinámica</i>	<i>109</i>
<i>Tabla 41. Matriz de Comparación de Pares.....</i>	<i>109</i>
<i>Tabla 42. Matriz de Normalización de Pares.....</i>	<i>109</i>
<i>Tabla 43. Área de Susceptibilidad geodinámica respecto al porcentaje de la zona</i>	<i>110</i>



<i>Tabla 44. Matriz de comparación de pares para asignar el peso ponderado a cada factor.....</i>	<i>111</i>
<i>Tabla 45. Matriz de Normalización de los factores condicionantes</i>	<i>111</i>
<i>Tabla 46. Caracterización y valoración de las Precipitaciones promedio anuales.....</i>	<i>111</i>
<i>Tabla 47. Matriz de Comparación de Pares.....</i>	<i>112</i>
<i>Tabla 48. Matriz de Normalización de Pares.....</i>	<i>112</i>
<i>Tabla 49. Matriz de Peligrosidad.....</i>	<i>114</i>
<i>Tabla 50. Caracterización y Valoración del factor geotécnico</i>	<i>120</i>
<i>Tabla 51. Matriz de Comparación de Pares.....</i>	<i>120</i>
<i>Tabla 52. Matriz de Normalización de Pares.....</i>	<i>121</i>
<i>Tabla 53. Área de Susceptibilidad Geotécnica respecto al porcentaje de la zona de estudio ..</i>	<i>121</i>
<i>Tabla 54. Matriz de comparación de pares de los factores condicionantes para Sismicidad...122</i>	
<i>Tabla 55. Pesos ponderados para la susceptibilidad sísmica</i>	<i>122</i>
<i>Tabla 56. Caracterización y valoración del factor desencadenante Aceleración Sísmica y su relación con la Escala Mercalli</i>	<i>124</i>
<i>Tabla 57. Matriz de Comparación de Pares de la Aceleración Sísmica.....</i>	<i>124</i>
<i>Tabla 58. Matriz de Normalización de Pares de la Aceleración Sísmica.....</i>	<i>124</i>
<i>Tabla 59. Matriz de Peligrosidad.....</i>	<i>127</i>
<i>Tabla 60. Cuadro Resumen de la población las 7 APV's y su clasificación de actividades económicas. Fuente. Elaboración propia.....</i>	<i>128</i>
<i>Tabla 61. Estado y conservación de las viviendas en el sector Quilque. Fuente. Elaboración propia.....</i>	<i>130</i>
<i>Tabla 62. PEA e ingreso familiar promedio mensual del sector Quilque. Fuente. Elaboración propia.....</i>	<i>130</i>
<i>Tabla 63. Matriz de comparación de pares para el análisis de vulnerabilidad Económica</i>	<i>130</i>
<i>Tabla 64. Población total del sector Quilque.....</i>	<i>131</i>
<i>Tabla 65. Material y tipo de construcción de viviendas en el sector Quilque.</i>	<i>132</i>
<i>Tabla 66. Población que conoce de Gestión de Riesgos y organización social en el sector Quilque.....</i>	<i>133</i>



<i>Tabla 67. Matriz de comparación de pares para el análisis de vulnerabilidad Social.....</i>	<i>133</i>
<i>Tabla 68. Disposición de RR.SS en el sector Quilque</i>	<i>134</i>
<i>Tabla 69. Población que conoce de temas ambientales y manejo de RR.SS en el sector Quilque</i>	<i>134</i>
<i>Tabla 70. Matriz de comparación de pares para el análisis de vulnerabilidad Ambiental.....</i>	<i>135</i>
<i>Tabla 71. Matriz de Comparación de pares para la Vulnerabilidad.....</i>	<i>135</i>
<i>Tabla 72. Descripción de los niveles de Vulnerabilidad.</i>	<i>136</i>
<i>Tabla 73. Rangos para cada nivel de Vulnerabilidad.</i>	<i>137</i>
<i>Tabla 74: Rango de valores para cada nivel de Peligrosidad.....</i>	<i>141</i>
<i>Tabla 75: Rango de valores para cada nivel de Vulnerabilidad.</i>	<i>142</i>
<i>Tabla 76: Rango de valores para cada nivel de Riesgo.</i>	<i>142</i>
<i>Tabla 77: Niveles de riesgo en los lotes del Sector de Quilque.....</i>	<i>143</i>
<i>Tabla 78. Cantidad de lotes en el sector Quilque en los distintos niveles de riesgos</i>	<i>144</i>



INDICE DE FOTOGRAFIAS

<i>Fotografía 1. Vista panorámica de la APV Cielito Serrano (Sub Unidad geomorfológica ladera de montaña baja escarpada). Fuente: Propia</i>	<i>41</i>
<i>Fotografía 2. Afloramiento de la formación Puquín (conformada por lutitas rojizas, verdes y negras).....</i>	<i>45</i>
<i>Fotografía 3. Afloramiento de Fm. Puquín en corte de carretera en la APV. Cielito Serrano...49</i>	
<i>Fotografía 4. Rocas fracturadas que estratifican contrarias a la pendiente en la APV Qapaqñan.....</i>	<i>54</i>
<i>Fotografía 5. Areniscas fluviales con estratificación contraria a la pendiente en el corte de carretera de la APV Hatun Wasi.....</i>	<i>54</i>
<i>Fotografía 6. Rocas muy fracturadas del Fm. Puquín (se observan 3 familias de discontinuidades) ubicadas en la APV San Bernardo.</i>	<i>55</i>
<i>Fotografía 7. Presencia de una pequeña falla inversa en la APV Hatun Wasi.</i>	<i>56</i>
<i>Fotografía 8. Presencia de falla inversa en el corte de carretera APV Kapaqñan.....</i>	<i>56</i>
<i>Fotografía 9. Areniscas altamente fracturadas en la APV. Hatun Wasi.</i>	<i>57</i>
<i>Fotografía 10 A y 10 B. Terremoto de mayo de 1950 en Templo Sagrado de Santo Domingo y Compañía de Jesús respectivamente. Fuente: Escenario de Riesgo Sísmico y Movimiento en masa Producido por la Reactivación de la falla Tambomachay, Provincia del Cusco - INDECI, 2015, p. 27</i>	<i>71</i>
<i>Fotografía 11. Cárcava en la APV. Qapaqwasi y Hatun wasi de 480 metros aprox. de longitud.</i>	<i>78</i>
<i>Fotografía 12. Se observa la erosión en las laderas, que tienen una pendiente regular en la APV Buena Vista.....</i>	<i>80</i>
<i>Fotografía 13. Ventana estructural en el corte de carretera de la APV Cielito Serrano correspondiente a la formación Puquín, miembro III.</i>	<i>85</i>
<i>Fotografía 14. Se puede apreciar material coluvial de relleno en antiguas quebradas en la APV Hatun Wasi en el corte de carretera.</i>	<i>91</i>



<i>Fotografía 15. Presencia de erosión de laderas en la APV San Bernardo.....</i>	<i>91</i>
<i>Fotografía 16. Presencia de una corona de deslizamiento rotacional delimitado en la APV Hatunwasi.</i>	<i>93</i>
<i>Fotografía 17. Deslizamiento delimitado con cinta de seguridad y desocupación del lote en la APV Hatunwasi.</i>	<i>94</i>
<i>Fotografía 18. Caída de rocas en el corte de carretera APV Qapañan.</i>	<i>95</i>



RESUMEN

La presente investigación está avocada a la evaluación de los riesgos geológicos en el Sector Quilque, distrito de Cusco, Provincia de Cusco del departamento de Cusco, enfocado principalmente al proceso de Movimientos en Masa por desencadenantes de precipitación y sismicidad, fenómeno natural que en estos últimos años ha causado desastrosas pérdidas en la población del Cusco a consecuencia de la época de precipitaciones intensas que se dan en los meses de enero, febrero y marzo. El presente estudio se encuentra en el lado noroeste del valle del Cusco e involucra 7 Asociaciones Pro Vivienda (APV), el sector Quilque se emplaza en la unidad geomorfológica Montaña, conformada por areniscas fluviales, seguidas por intercalaciones de lutitas y yesos intertidales. El objetivo de la presente es evaluar el Riesgo Geológico para la adecuada expansión del borde urbano en el sector Quilque, así como identificar el tipo y grado de Peligrosidad existente en la zona, y finalmente identificar y analizar la vulnerabilidad ambiental, económica y social. La metodología utilizada es Cuantitativa, Observacional, Analítica y Longitudinal, siendo procesadas por un sistema de información geográfica (GIS) obteniendo como resultado mapas temáticos de nivel de PELIGRO Alto y Muy Alto; nivel de VULNERABILIDAD Alto y Muy Alto; de la interacción de ambos parámetros se obtuvo nivel de RIESGO Alto y Muy Alto.



ABSTRACT

The research work was carried out due to the lack of a land use plan in the Quilque sector with the purpose of evaluating the degree of danger in the face of mass movements and seismic acceleration, finding the degree of vulnerability in order to determine the geological risk. In the Quilque sector. In 2019, the provincial municipality of Cusco carried out a specific plan for the special regulation zone in the northeast sector of Cusco where it mentions the Quilque study area, which was a guide to determine certain values on our maps. The methodology used was quantitative since data collection instruments were applied, working with 5 conditioning factors and 2 triggering factors.

The geological risk map indicates that the existing level of danger is high to very high, concluding that in fill areas buildings of more than 3 levels should not be built, unless the fill material is removed until it reaches rock or competent soil.



I. CAPITULO I

Introducción

1.1. Ubicación

1.1.1. Ubicación Política

La zona de estudio se ubica al noroeste del valle del Cusco e involucra 7 APV, que políticamente se ubican en:

Región: **Cusco.**

Provincia: **Cusco.**

Distrito: **Cusco**

Sector: **Noroccidental.**

1.1.2. Ubicación Geográfica

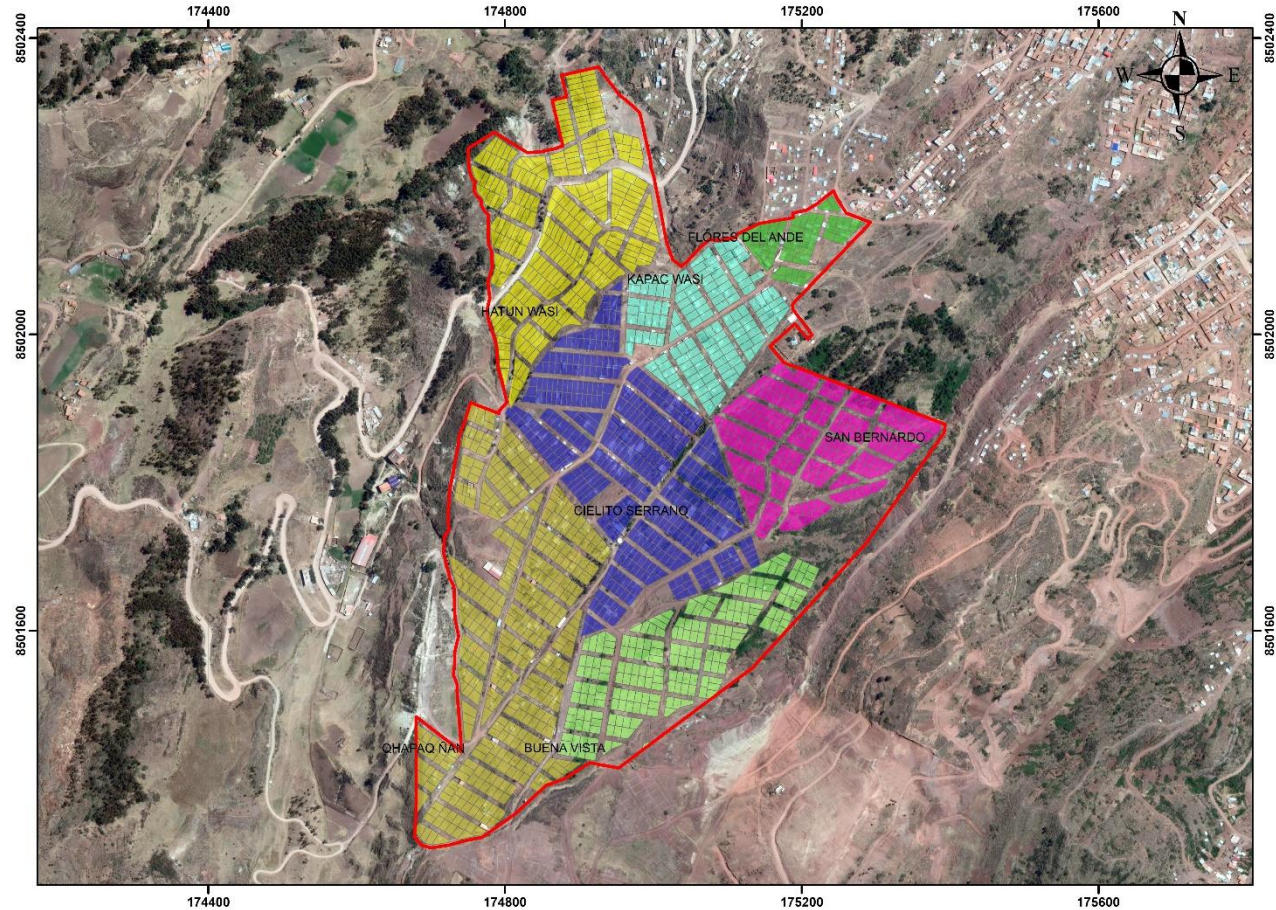
Las APVs ubicadas en la zona de estudio se encuentran con las siguientes coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator).

Nombre de la APV	Coordenadas UTM		
	Norte	Este	Altitud
Flores del Ande	8502111.771	175201.631	3790 m.s.n.m.
Kapaqwasi	8502017.182	175075.292	3820 m.s.n.m.
Cielito Serrano	8501858.035	174965.490	3820 m.s.n.m.
Qapaqñan	8501634.197	174817.852	3820 m.s.n.m.
San Bernardo	8501830.518	175208.907	3780 m.s.n.m.
Hatun Wasi	8502156.485	174888.231	3728 m.s.n.m.
Buena Vista	8501538.947	175054.390	3820 m.s.n.m.

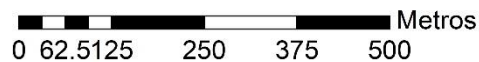
Tabla 1. Coordenadas de las APV-Sector Quilque



MAPA DE UBICACION



1:6,000



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica



Tesis de Investigación
MAPA DE UBICACIÓN

Asesor	Mgt. Josefina Escalante Gutierrez
Testistas	Bach. Aguilar Chavez, Yuri Yasai Bach. Caceres Quispe, Jhos Majid
DATUM	WGS 84 ZONA 19L ESCALA 1:6 000

M-01



1.2. Accesibilidad y Vías de Comunicación

Se puede llegar a la zona de estudio mediante 2 rutas de acceso, y son las siguientes:

RUTA 1	Distancia (Km)	Vía	Medio de Transporte
Cusco (Ovalo Pachacutec) – Paradero Final E.T. Nueva Chaska	4.43	Carretera Pavimentada	Automóvil
Paradero Final E.T. Nueva Chaska – Sector Quilque (Parte Noreste)	0.54	Trocha Peatonal	A pie
TOTAL	4.97		

Tabla 2. Ruta de acceso 1 a la parte noreste del Sector Quilque

RUTA 2	Distancia (Km)	Vía	Medio de Transporte
Cusco (Ovalo Pachacutec) – Paradero Final E.T. Nueva Chaska	4.43	Carretera Pavimentada	Automóvil
Paradero Final E.T. Nueva Chaska – Sector Quilque (Parte Norte) Carretera Cusco-Ccorca	0.95	Trocha Carrozable	Automóvil
TOTAL	5.38		

Tabla 3. Ruta de acceso 2 a la parte norte del Sector Quilque

A continuación, se muestra la accesibilidad de las 2 rutas a partir del Ovalo Pachacutec, en la ciudad del Cusco:





1.3. Antecedentes

Dado el crecimiento urbano desordenado que se está suscitando en la ciudad del Cusco, la población construye sus viviendas en zonas donde no son adecuadas como son en laderas empinadas, o sobre rellenos de desmonte, es decir en zonas con alto nivel de peligrosidad, que sumado a la vulnerabilidad económica y social, la precariedad de conocimiento de dichos factores de peligros aumentan su vulnerabilidad y por ende su riesgo geológico frente a posibles desastres.

El 22 de enero de 1982 se produjo un deslizamiento en el sector de Huamancharpa, a 2 km de la ciudad del Cusco en el distrito de Santiago, Provincia de Cusco, debido a la geodinámica activa que existe entre los sectores de Huamancharpa y Cachona. El deslizamiento se produjo en el flanco oriental del anticlinal de Puquin que tiene una orientación N-S con un buzamiento al este en favor de la pendiente, este anticlinal de Puquin se encuentra muy próximo a la zona de estudio, es decir que la zona está sometida bajo esfuerzos de compresión y por ende susceptible a posibles sismos, que sumado a la geomorfología, litología y geodinámica de la zona del sector Quilque representan un nivel de peligrosidad geológica considerable, es por ello que se realizaron los estudios respectivos para evaluar el riesgo geológico para la adecuada expansión urbana en el sector Quilque.

1.4. Definición del Problema de Investigación

La geodinámica externa mediante la acción de los fenómenos geológicos produce modificaciones en la superficie terrestre en el sector Quilque, Cusco – Cusco; como son los procesos de movilización descendente lenta o rápida de determinado volumen de suelos, roca o ambos y también descensos violentos de grandes volúmenes de fragmentos de rocas de diferentes dimensiones. Los deslizamientos que se encuentran en las laderas por pérdida de estabilidad de los materiales, principalmente por saturación de agua,



incrementada en la época de lluvias nos indica la ocurrencia de huaycos. Así mismo todos estos fenómenos no se encuentran ubicados e inventariados, y representan un daño a infraestructuras, cultivos y sobre todo a la vida de las personas que viven muy cerca de estos fenómenos debido a la incorrecta expansión del borde urbano y la lotización indiscriminada que existe en la zona noroccidental del Cusco.

Esta investigación se basará en datos obtenidos en el campo, que serán procesados para la obtención de gráficos geológicos como son mapas de peligros y su grado de susceptibilidad y diferentes valores; que al final deberán ser cuantificados e interpretados que servirán para dar conclusiones y recomendaciones.

1.5. Formulación del Problema

1.5.1 Formulación del Problema Principal

¿De qué manera la evaluación del riesgo geológico en el sector Quilque contribuirá para la adecuada expansión del borde urbano en la zona de estudio?

1.5.2 Problemas Específicos:

¿Cuáles son los peligros existentes en la zona de estudio y que nivel de susceptibilidad tendrán?

¿Cuál es el grado de vulnerabilidad existente en la zona de estudio en los aspectos económico, social y ambiental?

¿Qué tipos de suelos y/o rocas se tendrá en el la zona de estudio?

¿Cómo se identificara el riesgo geológico en la zona de estudio de manera más precisa?

¿Cómo se determinara la adecuada expansión urbana en la zona de estudio?



1.6. Objetivos

1.6.1 Objetivo Principal

- Evaluar el Riesgo Geológico para la adecuada expansión del borde urbano en el sector Quilque, Distrito- Cusco – Cusco.

1.6.2 Objetivos Secundarios

- Identificar los peligros y el grado de Peligrosidad existente en la zona.
- Identificar y analizar la vulnerabilidad ambiental, económica y social en la zona.
- Determinar la clasificación de suelos según el SUCS de los diferentes tipos de suelos presentes en la zona de estudio.
- Obtener los mapas de vulnerabilidad, de peligros y el plano final de nivel de riesgo en el sector de Quilque mediante la recolección de información de campo.
- Analizar y evaluar la factibilidad de la adecuada expansión urbana en el sector Quilque en la zona nor occidental del distrito de Cusco.

1.7. Hipótesis

a) **Hipótesis general**

La evaluación del riesgo geológico contribuirá con la determinación del nivel de riesgo geológico en el sector Quilque que ayudaran a sugerir condiciones para la adecuada expansión del borde urbano.

b) **Hipótesis específicas**

- El grado de Peligrosidad existente en el sector Quilque será de medio a alto.
- El grado de vulnerabilidad ambiental, económica y social en el sector Quilque será alta a muy alta.



- El riesgo geológico se identificara de manera más precisa mediante los planos de peligros y vulnerabilidad de la zona de estudio.
- Serán necesarios más estudios de carácter geotécnico para la implementación de medidas de prevención estructurales en la zona de estudio.

1.8. Variables

1.8.1 Variable Independiente: Evaluación del Riesgo Geológico en el sector Quilque

1.8.1.1. Dimensiones e Indicadores:

- Geomorfología: Sub unidades geomorfológicas, Pendiente.
- Geología: Estratigrafía, Litología.
- Geodinámica: Precipitación, Hidrogeología y Aceleración Sísmica.
- Vegetación: Cobertura Vegetal.
- Geotecnia: Tipo de Suelo/ Roca.
- Vulnerabilidad: Susceptibilidad, Dimensión Económica, Social y Ambiental.

1.8.2 Variable Dependiente

- Condiciones para la adecuada expansión del borde urbano

1.9. Metodología

1.9.1. Tipo de Investigación

- **Cuantitativa:** Aplicando instrumentos de recolección de datos estructurados, haciendo uso de herramientas estadísticas, permitiendo ser aplicativos al tema mismo, evaluación de riesgo geológico, en concordancia con los procedimientos de muestreo.



- Según la intervención del investigador: **observacional**, pues se pretende describir y cuantificar un fenómeno dentro de una población de estudio, por lo cual no existe ninguna intervención por parte del investigador
- Según el alcance que tienen de demostrar una relación causal: **analítico** ya que se pretende descubrir una hipotética relación entre algún factor y un determinado efecto, es decir un a relación causal.
- Según el número de mediciones de la o las variables de estudio: **longitudinal** debido a que se toman datos en diferentes tiempos; también se puede establecer relaciones causales causa efecto.
- Según la planificación de la toma de datos: **retro prospectivo** ya que el inicio del estudio es anterior y posterior a los hechos estudiados, los datos se recogen a medida que van sucediendo y también de archivos de hechos sucedidos.

1.10. Equipos, Materiales y Software

1.10.1. Equipos:

➤ **Instrumentos de campo.**

Brújula, GPS, pinza, cronometro, Cinta métrica de 50 metros, wincha de mano, eclímetro, comba de 10 libras, nivel de mano, cincel, picota.

➤ **Instrumentos de gabinete.**

Computadora, Laptops, impresora, plotter, escáner, fotocopiadora.

1.10.2. Materiales:

➤ **Materiales de campo:**



Imagen satelital, cartas nacionales, tablero, lápiz de color, portaminas, papel milimetrado, bolsas de muestras para suelo, ácido muriático al 10%, lupa 15-20x, rayador, protractor, ponchos de agua.

➤ **Materiales de gabinete**

Material de recopilación bibliográfica, Papel A4. A3.

1.10.3. Softwares:

Se utilizará programas informáticos como:

- ArcGIS, Microsoft Office 2013 (Word, Excel, PowerPoint), Google Earth Pro.

SASPlanet, Bishof 3.2

Que servirán en la generación de:

- Mapas integrados del territorio para la identificación de los peligros geológicos.

1.11. Clima

La Provincia del Cusco tiene una variedad de climas debido a la presencia de la Cordillera, la ubicación geográfica, entre otros que hacen que el Cusco tenga un clima frío-templado, y con amplitud térmica moderada. Según la clasificación del SENAMHI, la provincia del Cusco presenta 5 climas y son:

Lluvioso con invierno seco. Templado.

Su temperatura máxima varía entre 17°C a 23°C, en cambio su temperatura mínima varía entre 7°C a 11°C. Tiene una precipitación anual aproximada de 1200 a 1800 mm. Su altitud varía entre 3500 m.s.n.m. a 2000 m.s.n.m.

Semiseco con invierno seco. Templado.

Su temperatura máxima se ubica entre 21°C a 25°C, mientras que su temperatura mínima varía entre 7°C y 11°C. Su precipitación anual varía entre 300 mm a 700 mm aproximadamente. Su altitud se encuentra entre 3500m.s.n.m. y 3000 m.s.n.m.



Semiseco con otoño e invierno secos. Templado. C (o , i) B'

La temperatura máxima alcanza los 23°C a 27°C, mientras que la temperatura mínima se encuentra entre 5°C a 11°C. La precipitación anual varía entre los 500 a 900 mm aproximadamente. La altitud de este clima es de 3500 m.s.n.m. a 4000 m.s.n.m.

Lluvioso con otoño e invierno secos. Frío. B(o , i) C'

Tiene temperatura máxima que varía entre 9°C a 19°C, y la temperatura mínima que varía entre -3°C a 3°C. Y presenta una precipitación anual de 500 mm a 1200 mm aproximadamente. Aproximadamente por encima de la cota de 4200 m s. n. m. de flanco occidental y oriental de la cordillera de los Andes.

Semiseco con otoño e invierno secos. Frío.

La temperatura máxima varía entre 15°C a 19°C, y su temperatura mínima varía entre -1°C a -3°C. La precipitación anual aproximada es de 700 a 900 mm. Su altitud se encuentra por encima de los 4500 m.s.n.m. del flanco oriental de la cordillera.

Además de los climas, Cusco tiene 2 marcadas estaciones, la primera es la estación lluviosa que comienza en el mes de noviembre a marzo donde ocurre lluvia frecuentemente, en especial febrero, y la segunda es la estación seca que se presenta de abril a octubre, sin embargo, los meses más secos son mayo y junio.

Durante la estación lluviosa (de noviembre a marzo) la temperatura mínima es de 4° C, y la temperatura máxima es de 21° C. Mientras que en la estación seca la temperatura mínima es de - 1° C, y la temperatura máxima son de 19° C.

Sin embargo, en la zona de estudio solamente tenemos el tipo de clima Semiseco con otoño e invierno secos templado, debido a la altitud en la que se encuentra (3500 m.s.n.m. a 4000 m.s.n.m.) y la poca precipitación anual que presenta.



1.12. Marco Referencial

1.12.1 Antecedentes

Existen pocos estudios anteriores en la zona de estudio, algunos desarrollados a profundidad y otros superficialmente, entre ellos podemos mencionar:

➤ **EVALUACION DEL BORDE URBANO EN LA ZONA NOROCCIDENTAL DE CUSCO – 2019:**

En el año 2019 la Gerencia de Desarrollo Urbano Rural de la Municipalidad Provincial del Cusco (MPC) realizó una estimación del riesgo de desastre en el Borde Urbano, el cual consistía en un conjunto de procedimientos que se realizan en una determinada área geográfica con el fin de obtener información de peligros y analizar la vulnerabilidad y así calcular el riesgo esperado en la zona noreste de la ciudad del Cusco incluido el sector Quilque.

Este estudio se realizó debido al crecimiento urbano desordenado que se produce en la provincia del Cusco, y por ello se planteó realizar una evaluación del Borde Urbano para ver la factibilidad de una posible ampliación de superficie de suelo urbanizable, sin embargo, según el Plan de Desarrollo Urbano (PDU) algunas APVs se encuentran en zonas de peligro alto y muy alto.

Primeramente, se identificó y caracterizó los peligros en el área de influencia para lograr determinar los niveles de peligrosidad, y posteriormente se hizo los análisis de vulnerabilidad social, económica y ambiental, y finalmente se halló el grado de riesgo geológico existente en el área de influencia, para plasmarlo en mapas temáticos. Todos estos estudios aplicando y siguiendo el procedimiento técnico de Análisis de Riesgos basados en los lineamientos Técnicos del Proceso de Estimación del Riesgo de Desastres con RM N° 334-2012-PCM.



- **La “EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA QUEBRADA SAPHY”** elaborada por la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet hace una evaluación de los peligros por movimientos de masa en la Quebrada Saphy donde se halla que los principales factores condicionantes atribuidos a la reactivación de deslizamientos y derrumbes en la quebrada Saphy son la alternancia de rocas de diferente competencia, los cual permiten mayor infiltración y retención de agua de lluvia en el terreno; presencia de substrato rocoso muy fracturado debido a la presencia de la falla Cusco. De igual modo, los suelos inconsolidados (depósitos de deslizamientos y coluvio - deluviales), dispuestos en laderas de pendientes medias (20°) a escarpadas (75°), son de fácil erosión y/o remoción ante lluvias intensas y efecto de la gravedad. Se suma a estas características la acción de las aguas de escorrentía y la presencia de agua subterránea, que saturan los terrenos; esta circulación de agua está ligado a las características estructurales del macizo rocoso (fallas y fracturas) y a los depósitos superficiales que los cubren.
- **El “PLAN DE DESARROLLO URBANO CUSCO AL 2023”** de La Subgerencia de Ordenamiento Territorial de la Municipalidad del Cusco hizo un diagnóstico de la zona de SISPASMAYO que involucra dentro de todas las comunidades y APV estudiadas también al sector de Quilque del cual sostuvo lo siguiente, “Caracterizado por presentar zonificación de peligro muy alto y alto por deslizamientos activos, caída de suelos y rocas; condicionado por la litología de zona con rocas de mala calidad mecánica y la pendiente muy empinada del terreno, catalogado como peligro inminente por precipitaciones pluviales como factor desencadenante”. El estudio sin embargo es muy corto comparado a la importancia que requiere esta zona y muchas otras que necesitan un particular cuidado.



Según la Normativa y el reglamento de la Ley 29664 del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos y Desastres (SINAGERD) en su Artículo 5.1 menciona que el Centro Nacional de Estimación, Prevención, y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED) es un organismo público ejecutor que conforma el SINAGERD, responsable técnico de coordinar, facilitar y supervisar la formulación e implementación de la Política Nacional y el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (PLANAGERD) en los procesos de Estimación, Prevención, Reducción y Reconstrucción.

El CENEPRED aprueba el Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales, con Resolución Jefatural N° 058–2013–CENEPRED, el 29 de octubre de 2013, y a su vez la Directiva N° 001- 2013- CENEPRED/J Procedimientos Administrativos para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales donde presentan la metodología para analizar los parámetros de evaluación de los fenómenos y la susceptibilidad de los mismos, así como la vulnerabilidad a través de la exposición, fragilidad y resiliencia para poder determinar los niveles de riesgos y con ello formular proyectos o actividades de inversión pública con el fin de reducir y mitigar dichos niveles de riesgo.

1.12.2. Marco Teórico

(Estimación del Riesgo de Desastres en el Borde Urbano, 2019, p. 38)

Para determinar la estimación de Riesgo de Desastre se requieren un conjunto de procedimientos que se realizan en un determinado centro poblado o área geográfica, en este caso se la APV Santa Rosa de Jakira ubicado en el distrito de Cusco sector noroccidental, con el fin de levantar información sobre peligros y las vulnerabilidades para finalmente calcular el riesgo.



Estos sectores están expuestos a la ocurrencia de fenómenos de origen natural tales como deslizamientos, movimientos sísmicos e inundaciones de los cuales cada uno tiene sus propias características como magnitud intensidad y distribución espacial, que afectan a la población, principalmente a la vida humana, y sus actividades, como también a la infraestructura.

Debido al crecimiento urbano desordenado de la provincia del Cusco y comparando con el borde urbano delimitado en el año 2013, se observa una población creciente dentro de las cuales se encuentra la APV Santa Rosa de Jakira, la mismo que se encuentra fuera de dicha delimitación, razón por la cual desean formar parte del área urbana, por esta razón se hace necesario una evaluación de del Borde Urbano para ver la factibilidad de ampliación de suelo urbanizable.

En este proyecto de investigación se realizará dicha estimación del riesgo geológico ante peligro por remoción en masas (geodinámica externa) y ante peligro por sismicidad (geodinámica interna) en la APV Santa Rosa de Jakira.

En la primera parte tenemos la identificación de caracterización del peligro, sus parámetros generales y el análisis de susceptibilidad geológica en el área de influencia de acuerdo a los elementos expuestos para determinar los niveles de peligrosidad, seguido por el análisis de la vulnerabilidad social, económica, y ambiental dentro de los factores de fragilidad y resiliencia para definir los niveles de vulnerabilidad, obteniendo de esta manera el nivel y el cálculo de riesgo existente.

A. Determinación de Peligros Existentes

La zona de estudio se encuentra próxima al nuevo borde urbano de la ciudad de Cusco, y se tienen registro de peligros por remoción en masa, los cuales originados por precipitaciones intensas; también peligro por sismicidad para cuantificar dichos peligros existentes en la zona, por lo que se determinara el grado de susceptibilidad.



B. Evaluación de la Susceptibilidad

La susceptibilidad depende del mayor o menor predisposición en que un evento pueda suceder u ocurrir en un determinado ámbito geográfico; esto depende del factor condicionante del fenómeno y su respectivo ámbito geográfico, en este caso el sector Jakira. Estos a su vez tendrán factores condicionantes y factores desencadenantes.

1.12.3. Marco Conceptual

A continuación, definiremos algunos términos técnicos que utilizaremos durante todo el proceso de investigación, los cuales son:

- **Peligro Geológico:** Un peligro geológico es un evento o proceso natural (erupciones volcánicas, remociones en masa, inundaciones, terremotos, tsunamis), generado por la dinámica interna o superficial del planeta, que pueden ocasionar daño a la sociedad o al ambiente. Para definir los peligros geológicos que afecten una zona determinada, es necesario estudiar aquellos eventos acontecidos en el pasado, así mismo estimar aquellos que, dado las condiciones actuales, podrían ocurrir. (Servicio Nacional de Geología y Minería, 2022)
- **Vulnerabilidad:** se define como la susceptibilidad de la población, en la estructura física o en las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza. (Manual para la Evaluación de Riesgos originados por fenómenos Naturales, CENEPRED, 2015, p. 121)
- **Fragilidad:** Se refiere a las condiciones de desventaja o debilidad relativa del ser humano y sus medios de vida frente a un peligro. En general, está centrada



en las condiciones físicas de una comunidad o sociedad y es de origen interno, por ejemplo: formas de construcción, no seguimiento de normativa vigente sobre construcción y/o materiales, entre otros. A mayor fragilidad, mayor vulnerabilidad. (Manual para la Evaluación de Riesgos originados por fenómenos Naturales, CENEPRED, 2015, p. 122)

- **Resiliencia:** está referida al nivel de asimilación o capacidad de recuperación del ser humano y sus medios de vida frente a la ocurrencia de un peligro. Está asociada a condiciones sociales y de organización de la población. A mayor resiliencia, menor vulnerabilidad. (Manual para la Evaluación de Riesgos originados por fenómenos Naturales, CENEPRED, 2015, p. 123)
- **Riesgo Geológico:** son los que causan mayores catástrofes naturales y con el fin de poder actuar de forma preventiva y minimizar el impacto de estos peligros tanto de las personas como de bienes, es necesario conocer su comportamiento y su distribución en el territorio. (Servicio Geológico Mexicano, 2017)
- **Geodinámica:** Son los movimientos que experimenta la Tierra desde sus inicios, tanto aquellos que se generan por la interacción de la hidrósfera y/o atmósfera sobre la corteza terrestre. (J. Medina, 1991, p. 67)

La geodinámica es una disciplina de las ciencias geológicas, su metodología nos permite comprender como ocurren los fenómenos, cuales son las causas y factores que los generan, las condiciones en que se desarrollan y finalmente, sus efectos sobre el globo terrestre.

- **Geodinámica Externa:** Es la encargada de dar el relieve de la superficie terrestre actual. Los agentes geológicos externos (atmósfera, viento, aguas, glaciares, etc.) son los que erosionan, desgastan y modelan las formas o masas



rocosas iniciales levantadas por las fuerzas tectónicas del interior de la Tierra, y secuencialmente convierten en nuevas formas paisajísticas.

- **Geodinámica Interna:** Comprende los fenómenos producidos en el interior de la Tierra, entre ellos los más importantes son las erupciones volcánicas, los terremotos y los movimientos de las placas tectónicas.
- **Relieve:** Son las irregularidades y desniveles que presentan las cortezas terrestres continentales y oceánicas, originados principalmente por los agentes erosivos. (J. Pérez Porto, 2014)



II. CAPITULO II

Geomorfología

En el Perú tenemos 13 unidades geomorfológicas regionales (Bol. Soc. Geol. Perú 103: 1-89, 2009, p. 2), sin embargo, en la región del Cusco tenemos 4, las cuales son Cordillera Oriental, zona intermedia Altiplano-Cordillera Oriental, Altiplano y borde NE de la Cordillera Occidental, y estas a su vez también cuentan con unidades geomorfológicas locales.

2.1 Unidades Geomorfológicas Regionales

a. Cordillera Oriental:

Se encuentra en la parte noreste del cuadrángulo del Cusco, perteneciente al cuadrante I. Esta cordillera contiene principalmente una litología de pizarras de la Fm. Ananea y escasamente de cuarcitas y diamictitas de a Fm Ccatca, Las fallas de Urcos por el sur, y el sistema de fallas Churo por el norte, junto con el sistema de fallas de Ccatca – Ocongate, son los controles estructurales de la Cordillera Oriental. Su altitud varía entre los 3600 y 3800 msnm.

b. Zona Intermedia Altiplano – Cordillera Oriental:

Corresponde a una franja alargada en dirección NO-SE que divide el Altiplano al sur de la Cordillera Oriental al norte, corresponde a los cuadrantes I, II y IV; y es representada por el anticlinal de Vilcanota. Respecto a su litología contiene pizarras y cuarcitas del Paleozoico inferior, calizas, margas, areniscas lutitas del Paleozoico superior, Gpo Copacabana y Fm Ene; y las Fm Caicay, Huancane y Quilque – Chilca del Mesozoico. Su altitud promedio es 4000 msnm. Su sistema de fallas corresponde al



sistema regional NO-SE Urcos- Sicuani- Ayaviri relacionados con pequeños cuerpos volcánicos monogeneticos Rumicolca.

c. Altiplano:

Abarca gran parte del cuadrángulo de Cusco, correspondiente al cuadrante II y IV principalmente; se ubica en la prolongación noroeste del Altiplano siendo la parte final de esta unidad que viene desde Bolivia. Aquí se tienen rocas mesozoicas con poco espesor, pero las capas rojas del Terciario como el Grupo San Jerónimo (> 5000 m) son muy potentes Su morfología se caracteriza por su altiplanicie que varía entre 3800 y 4000 msnm altitudinalmente,

En el cuadrángulo se han determinado las siguientes unidades locales: Depresión de Cusco – Huacarpay, Meseta de Saqsayhuaman, Montañas del Cusco, Serranías de Vilcacongá, Montañas de Ancaschaca, Montañas Chinchay-Ichuloma y las Montañas de Seratichin Orcco-Pumahuasi.

d. Cordillera Occidental:

Se encuentra al SO de los cuadrantes II y III, sus relieves son relativamente planos cuyas altitudes alcanzan 4000 msnm. Limita con el Altiplano de manera irregular, pues son cambios paleogeográficos controlados por fallas regionales importantes como las fallas Cusibamba – Acomayo y Huanoquite – Accha de dirección NO-SE; estas fallas son parte del sistema Cusco-Lagunillas-Mañazo que controlan los sistemas de drenaje.

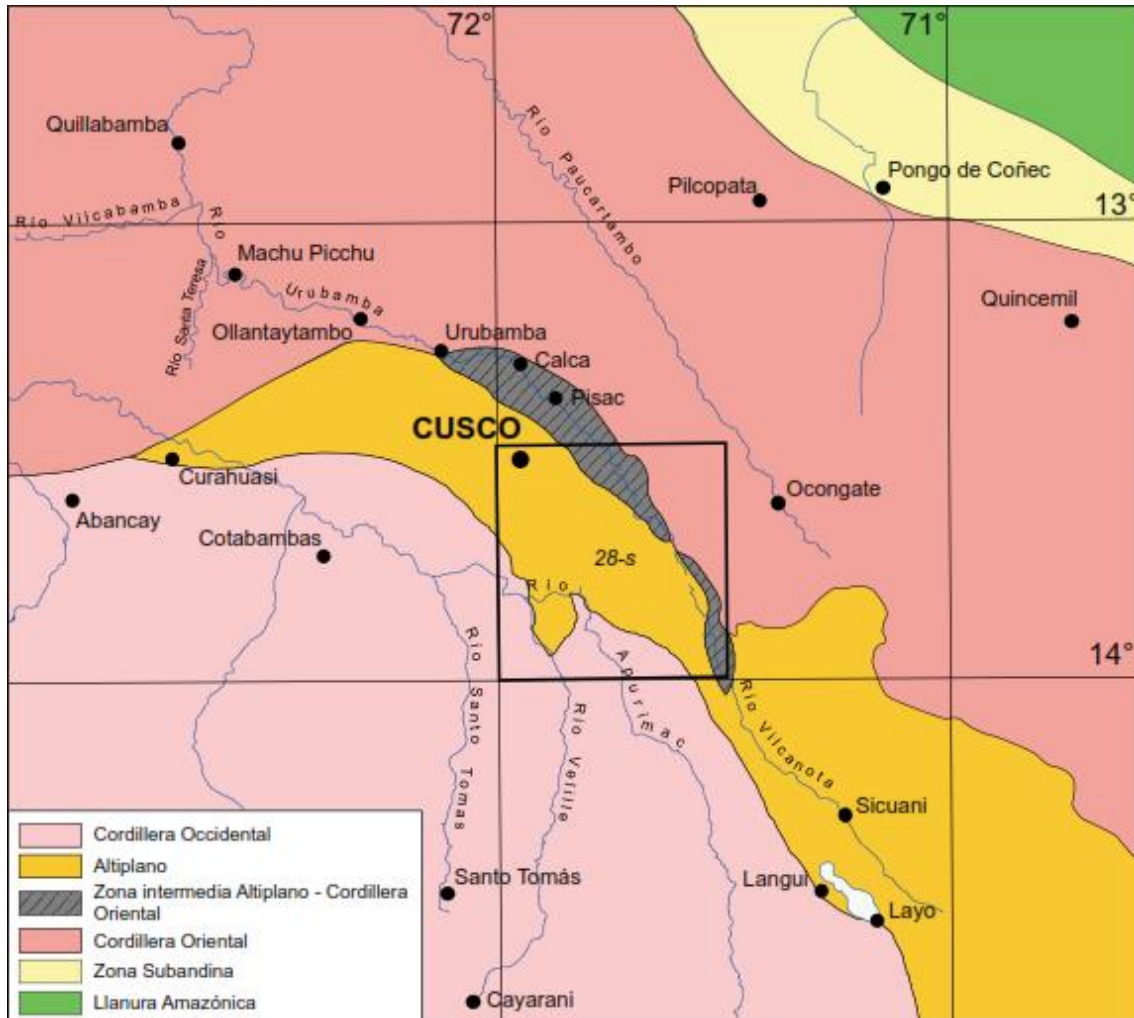


Figura 1. Unidades Morfoestructurales del Cusco. Fuente Geología del Cuadrángulo del Cusco A-138-

Boletin_Cusco-28s, INGEMMET, 2011, p. 9

Se muestra la geomorfología regional en el mapa M-03 donde observamos que la zona de estudio se encuentra sobre una montaña en roca sedimentaria y el anticlinal de Puquin corta a la zona de estudio.

2.2 Geomorfología Local

2.2.1 Unidades Geomorfológicas Locales

El sector Quilque pertenece a la unidad geomorfológica **Montaña** (Villota, 2005), la cual es una forma topográfica de relieve terrestre positivo que forma una elevación natural de gran altura y de grandes dimensiones, con cotas que van desde 3700 m.s.n.m.



hasta 3840 m.s.n.m. en la zona de estudio determinado mediante procesamiento de imagen Modelo de Elevación Digital (DEM) en ArcGis 10.8.

La zona de estudio se encuentra próxima con la Depresión de Cusco Huacarpay, la cual es alargada y tiene una dirección NO-SE con una longitud aproximada de 30 km y altitud que varía entre 3900 a 3150 msnm, donde actualmente se ubica el valle del Rio Huatanay. El material de relleno varía entre aluvial, lacustre y fluvial del pliocuaternario; este valle corresponde a un origen tectónico pues está controlado por las fallas activas Cusco y Tambomachay.

Se han distinguido las siguientes sub unidades de montaña (SINAGERD, 2011):

- A. Falda de Montaña:** Es la porción más baja de toda la formación montañosa, empezando a nivel del suelo.
- B. Ladera de Montaña:** Representan las porciones laterales e inclinadas de la montaña, que conectan el hombro con la cima.
- C. Hombro de Montaña:** Es la porción que se encuentra entre la cima de la montaña y la ladera de montaña, que tiene una pendiente no tan abrupta.
- D. Cima de Montaña:** Es la parte superior y ultima de la montaña, alcanzando su mayor altura posible.

También se observan algunas cárcavas pequeñas, las cuales fueron consideradas dentro del capítulo de geodinámica. Aledañas al sector Quilque se observan valles fluviales que corresponden a una microcuenca. En el mapa M-04 podemos apreciar la geomorfología local de la zona de estudio donde denotamos que nuestra zona de estudio comprende 04 sub unidades geomorfológicas que son: cima de montaña, hombro de montaña, ladera de montaña y falda de montaña, donde predomina ladera de montaña.

En el sector Quilque las pendientes varían en cada APV, sin embargo, tienen un promedio de 40°.



Fotografía 1. Vista panorámica de la APV Cielito Serrano (Sub Unidad geomorfológica ladera de montaña baja escarpada). Fuente: Propia

2.3 Parámetros Geomorfológicos

Los parámetros morfométricos son las características físicas de la cuenca, a su vez estos son de gran importancia en el comportamiento hidrológico de dicha cuenca, las cuales nos darán las características de la superficie.

2.3.1 Elementos de Superficie y Elementos de Distancia

- a. Perímetro (P) Km**
- b. Área (A) Km²**
- c. Centroide (C) PSG: WGS 1984 UTM Zone 19s**
- d. Altitud**
- e. Pendiente Promedio de la Cuenca**



Elemento	Valor
Perímetro (km)	4.174
Área (km ²)	0.418
Centroide X	174972.01
Centroide Y	8501820.12
Altitud Promedio (m.s.n.m.)	3782
Pendiente Promedio	40°

Tabla 4. Elementos de Superficie y Distancia de la cuenca Quilque.

Todos estos elementos de superficie fueron calculados mediante softwares como Google Earth, SASPlanet y ArcGis, dándonos dichos valores correspondientes a la zona de estudio.



III. CAPITULO III

Geología

La zona de estudio se encuentra dentro del cuadrángulo del Cusco, la Hoja 28-s, escala 1: 50 000, que fue estudiado por Víctor Carlotto Caillaux, José Cárdenas Roque y Gabriel Carlier en el año 2011.

3.1 Geología Regional

La geología en la zona de estudio comprende unidades litoestratigraficas con edades que van desde el Cretácico Superior como la Fm. Puquin (Carlotto et al 1999) hasta depósitos Coluviales.

3.1.1 Estratigrafía

Se ha considerado información bibliográfica de estudios y publicaciones realizados por el INGEMMET. La ciudad del Cusco ha tenido una serie de eventos tectónicos y procesos geodinámicos, los cuales han determinado la estratigrafía actual en nuestra ciudad, que nos indica la relación de edad de los estratos, sucesiones de capas, correlación de estratos tanto local como a nivel de países próximos y su cronología correspondiente.

La zona de estudio contiene formaciones geológicas de la edad del cretácico superior, del paleógeno, así como también material cuaternario producto de la geodinámica externa y la sedimentación.

A. Formación Puquin (Ks-Pu)

Coniaciano – Maestrichtiano

Esta formación corresponde al cretácico superior, el cual se divide en 3 miembros: M1, M2 y M3, con un espesor aproximado de 360 m. El M1 son lutitas rojas, yesos



laminados, y elementos pelíticos; el M2 está compuesto por lutitas rojas y moradas lacustres con carofitas, yesos de sabkha continental, lutitas negras marinas muy poco profundas y areniscas fluviales con flaser bedding; y finalmente el M3 conformado por arenisca y globalmente más detrítico que los precedentes; comienza con bancos de areniscas fluviales, seguidos por intercalaciones de lutitas y yesos intertidales, en tanto que la parte media y superior grano-estrato creciente está representado por areniscas feldespáticas de color rojo y de origen fluvial. El sector Quilque abarca a la Formación Puquin pero solamente a los miembros M2 y M3.

A.1. Formación Puquin II (Ks-Pu II)

Aflora ampliamente en el anticlinal de Puquin, tiene un espesor aproximado de 180 m, y a su vez está dividido por dos secuencias de orden inferior, AM2 Y BM2 que sufrieron un proceso de transgresión a la base y regresión en el techo. Sobreyace al miembro M1 e infrayace al M3.

El Miembro II está constituido por lutitas rojas y moradas lacustres con carofitas, yesos de sabkha continental, lutitas negras marinas muy poco profundas y areniscas fluviales con flaser bedding.

A.2. Formación Puquin III (Ks-Pu III)

El Miembro M3 tiene un espesor aproximado de 170 m, aflora en el anticlinal de Puquín, donde sobreyace al Miembro M2, sin embargo, en este mismo sector el techo se halla parcialmente erosionado. Este miembro está principalmente compuesto por arenisca y globalmente más detrítico que los precedentes; comienza con bancos de areniscas fluviales, seguidos por intercalaciones de lutitas y yesos intertidales, en tanto que la parte media y superior grano-estrato creciente está representado por areniscas feldespáticas de color rojo y de origen fluvial, de procedencia sur.



Fotografía 2. Afloramiento de la formación Puquín (conformada por lutitas rojizas, verdes y negras)

En la siguiente imagen se observa una columna estratigráfica correspondiente a los 3 miembros de la Fm Puquin:

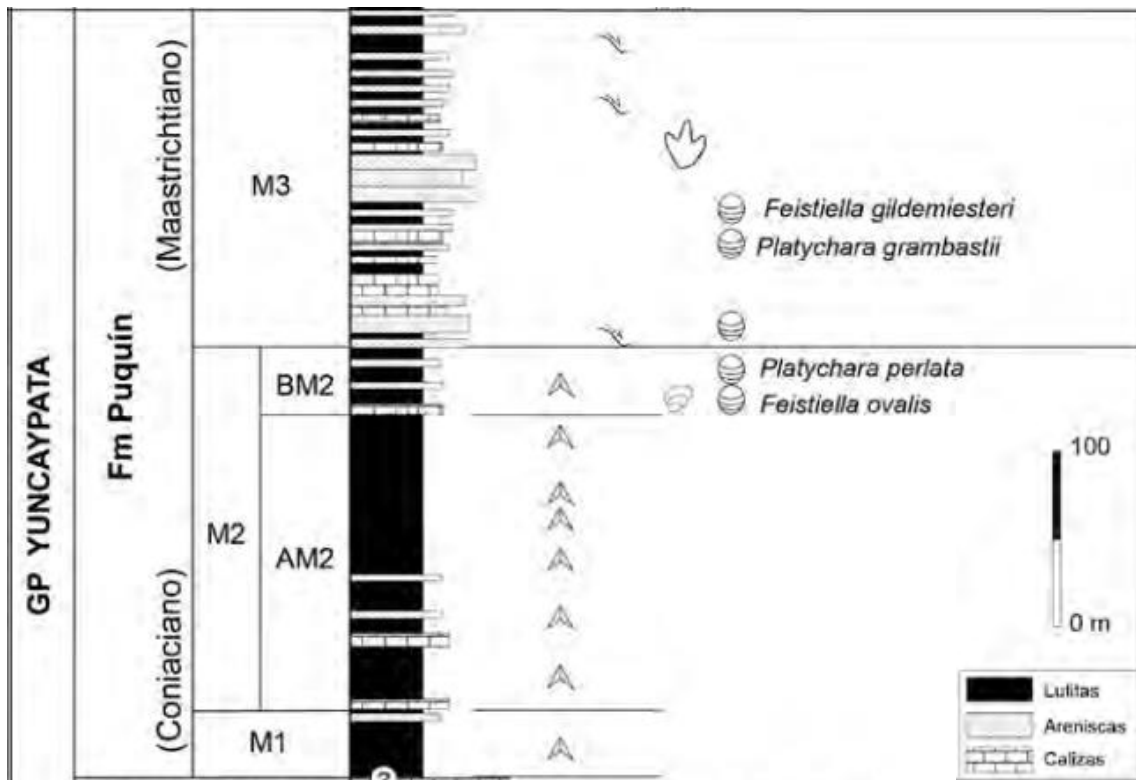


Figura 2. Columna Estratigráfica de la Fm Puquin en el cuadrángulo del Cusco, en el sector Quilque. Fuente: Geología del Cuadrángulo de Cusco. Hoja 28s. Boletín N° 138 Serie A – Carlotto (1992, 1998). INGEMMET



B. Formación Quilque (Pp-Qc)

Paleoceno Inferior

Correspondiente al Terciario Paleógeno, esta formación pertenece a la época del Paleoceno Inferior, también se le denomina series rojas superiores, sobreyace en discordancia erosional sobre la Fm Puquin. Su espesor tiene un aproximado de 150 m de grano estrato creciente de lutitas, areniscas de color rojo, microconglomerados fluviales y conglomerados.

Respecto a su evolución vertical, tenemos que las facies pelíticas lacustres y de llanura de inundación con paleosuelos, pasan gradualmente hacia las facies arenosas conglomeráticas de un débil sistema entrelazado fluvial.

Aflora al oeste de la ciudad del Cusco en los flancos del anticlinal de Puquin, es decir muy cerca de la zona de estudio, así como en los flancos de los anticlinales de Saylla, Occopata y Sondor, igualmente lo hace ampliamente al norte de Accha, entre San Juan de Quihuares y Rondocan en Acomayo.

Comprende un conjunto de más de 150 m de grano estrato creciente de lutitas, areniscas de color rojo, microconglomerados fluviales y conglomerados, que fueron formados por la erosión de costras calcáreas y calizas.

En la Figura 3 se observa la columna estratigráfica correspondiente a la Fm. Quilque.

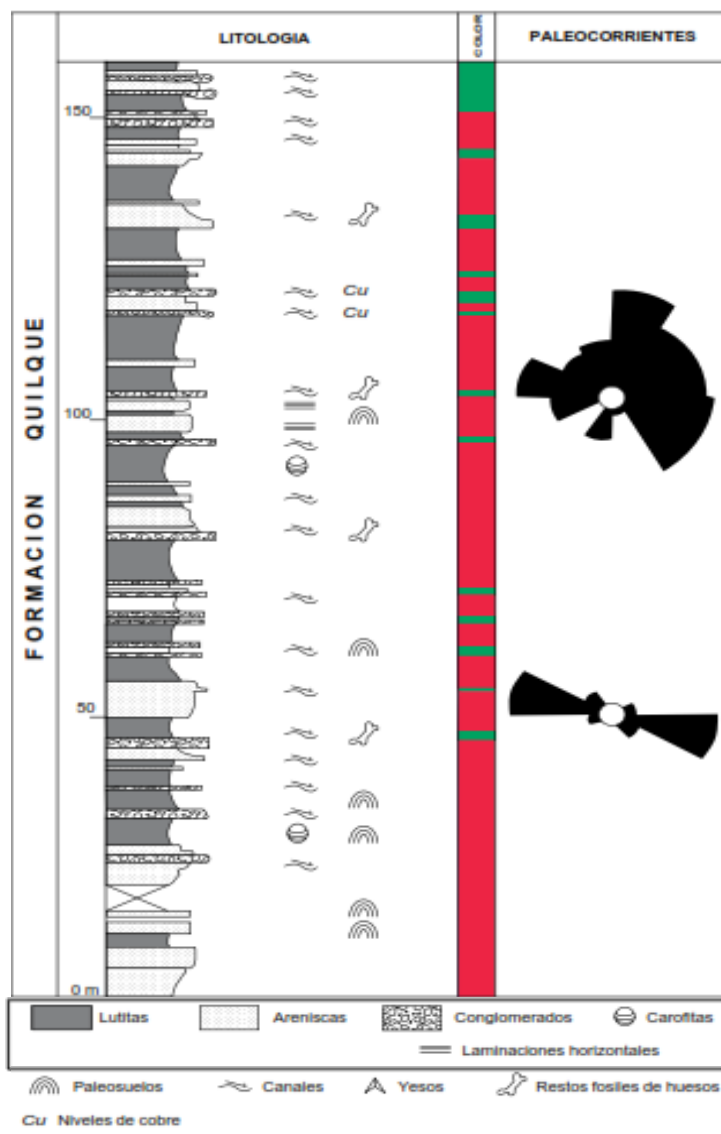


Figura 3. Columna Estratigráfica de la Fm Quilque en el cuadrángulo del Cusco, en el sector Quilque. Fuente: Geología del Cuadrángulo de Cusco. Hoja 28s. Boletín N° 138 Serie A – Carlotto (1992, 1998). INGEMMET

C. Material Coluvial (Qh-Co)

Holoceno

Estos depósitos coluviales pertenecen a la época del holoceno, caracterizado por fragmentos de distintos tamaños subangulosos en su matriz arenosa, están distribuidos irregularmente en la ladera de montañas principalmente; estos han sido formados por alteración y desintegración in situ de las rocas luego siendo arrastrados por efectos de la gravedad, en la zona de estudio tenemos depósitos coluviales con una pendiente considerable.

En el sector de Quilque, su espesor aproximado de 10 m de material cuaternario. En la APV Flores del Ande presenta una capa delgada de limo arcilla de aproximadamente 70 cm de espesor, que cubren gran parte de la superficie.

Se hizo un levantamiento de columna estratigráfica de la APV Flores del Ande de un corte de carretera en la zona de estudio correspondiente a la Fm. Puquin, que se observa a continuación.

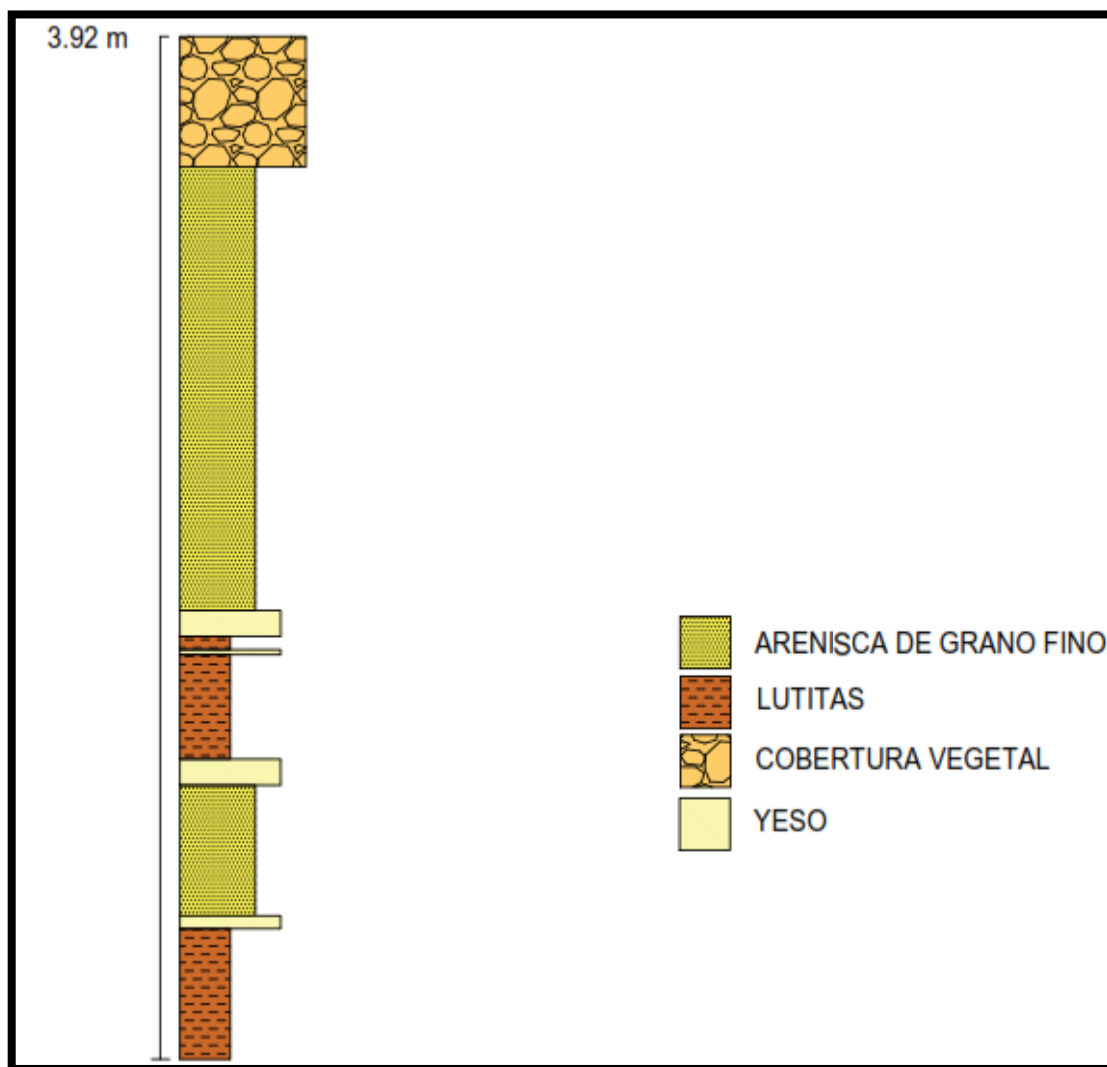


Figura 4. Columna Estratigráfica APV. Flores del Ande. Fuente: Elaboración Propia

También se observó otro corte de carretera en la APV. Cielito Serrano, con una altura de 2.1 metros con presencia de estratos de arenisca de grano fino bastante fracturados.

En el mapa M-05 se observa la geología local que abarca a la zona de estudio y predomina la Fm. Quilque y la Fm. Puquin III, seguidos por la Fm. Puquin II y finalmente el depósito coluvial.



Fotografía 3. Afloramiento de Fm. Puquín en corte de carretera en la APV. Cielito Serrano.

IV. CAPITULO IV

Geología Estructural

La parte sur del Perú presenta los siguientes sistemas estructurales y unidades morfoestructurales y son:

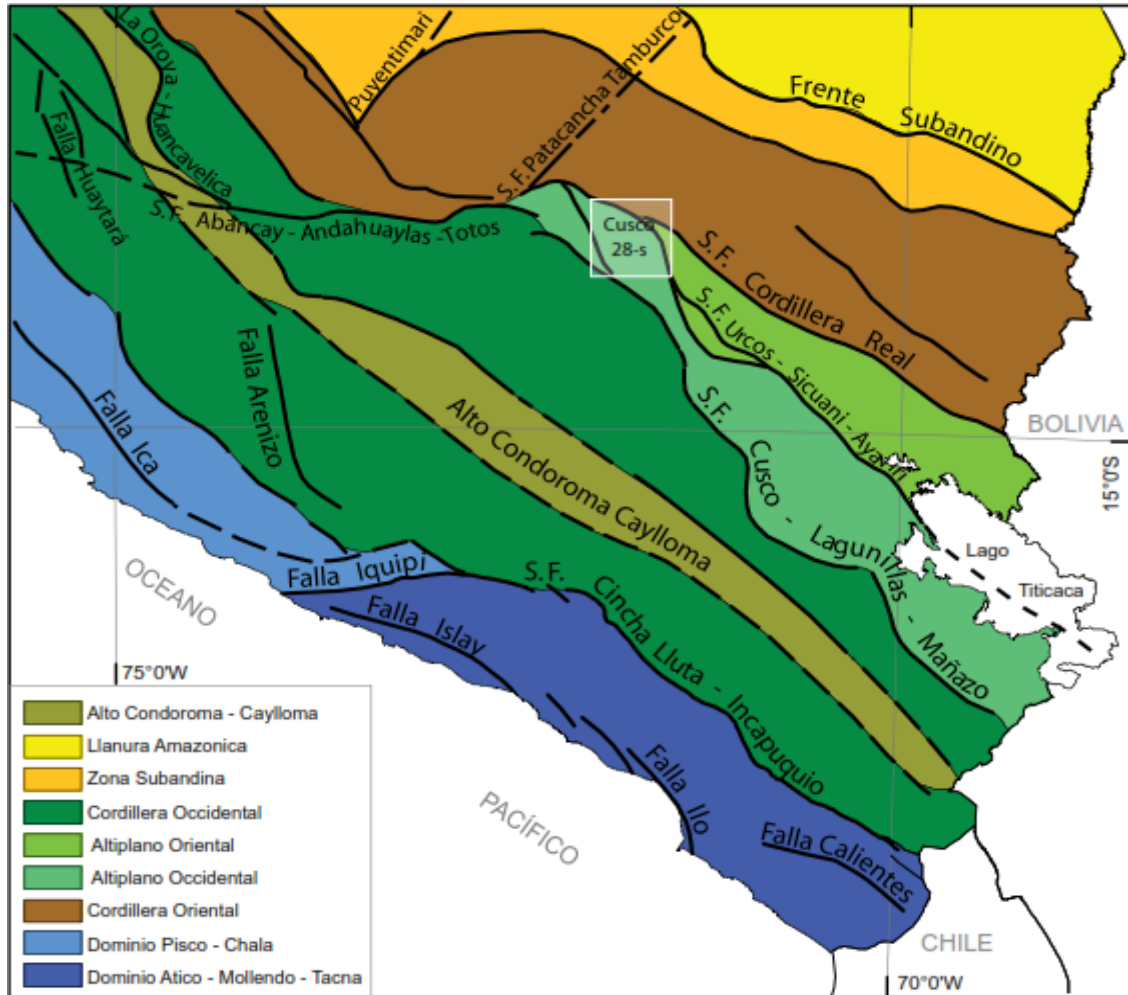


Figura 5. Sistemas estructurales y Unidades morfoestructurales del Sur del Perú. Geología del Cuadrángulo del CuscoA-138-Boletín_Cusco-28s, 2011, INGEMMET, p. 91

La tectónica andina afecta a las rocas mesozoicas, a partir del Cretácico al Plioceno; Steiman (1929), y define 3 fases tectónicas importantes que afectaron:

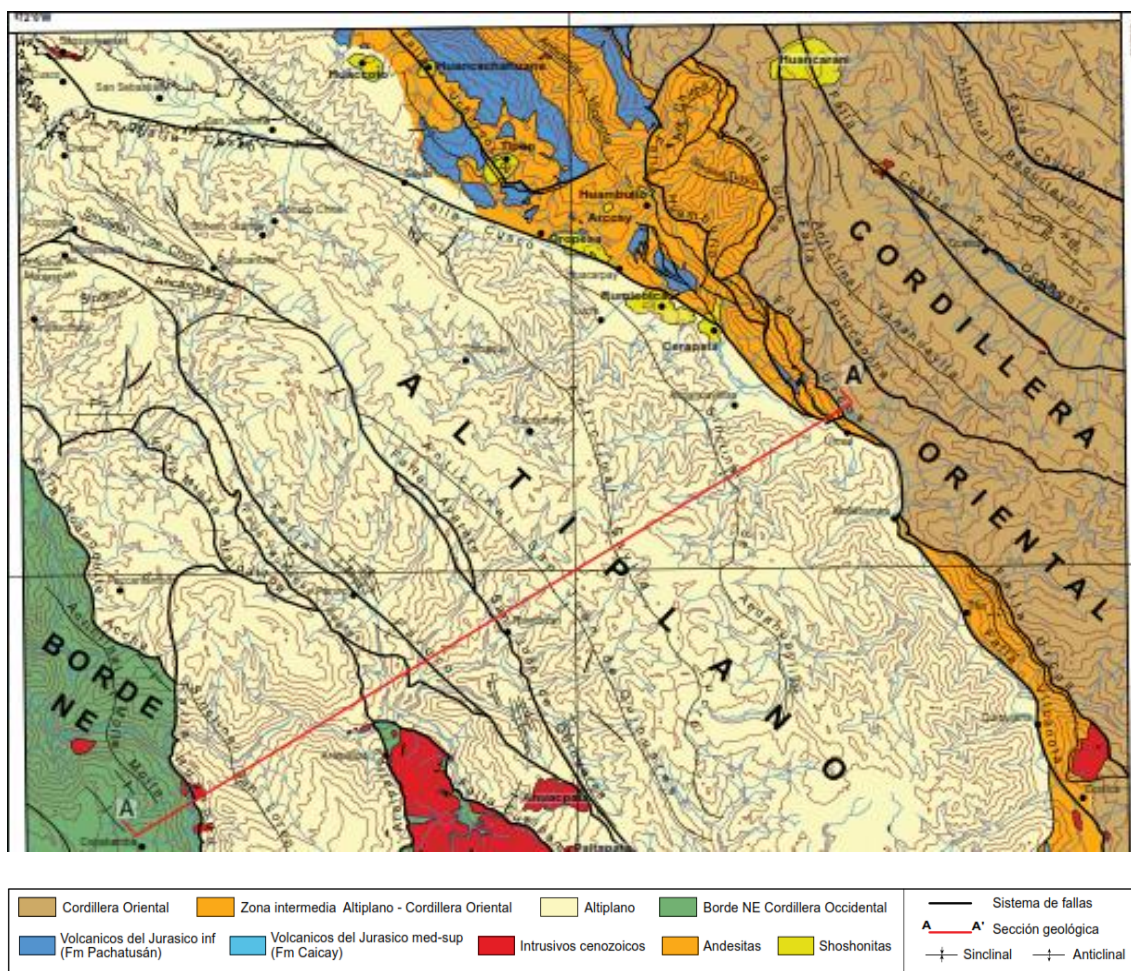
- 1.- Fase Peruana (Santoniano)
- 2.- Fase Incaica (Eoceno superior Oligoceno superior).
- 3.- Fase Quechua (Mioplioceno).

La tectónica Andina tiene 2 tipos de deformaciones, una plástica que provoca el levantamiento general de los Andes y otra de fracturamiento importantes.

Por observaciones recientes, en esta serie continental roja de la Cuenca Cusco, se pone en evidencia la presencia de discordancias progresivas, pequeñas fallas inversas sin sedimentarias, diques clásticos, lo que quiere decir que las capas Rojas en la Cuenca Cusco se depositaron bajo un régimen tectónico de compresión, durante la primera fase tectónica Andina y no después (Córdova, Delfaud, Marocco1987).

4.1 Geología Estructural Regional

El cuadrángulo del Cusco presenta 4 unidades morfoestructurales a nivel regional como se observa en la Figura 6.



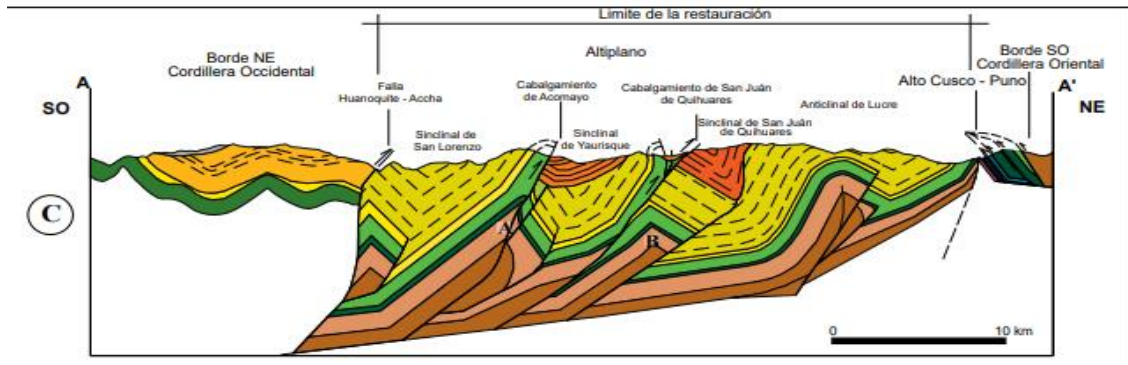


Figura 6. Unidades morfoestructurales del cuadrángulo del Cusco y sección A-A' y su respectiva sección geológica A-A'. Geología del Cuadrángulo del CuscoA-138-Boletín_Cusco-28s, 2011, INGEMMET, p. 93

Las unidades estructurales más importantes y que pasan por la ciudad del Cusco son:

a. Fallas:

Como observamos en la imagen anterior, el cuadrángulo del Cusco presenta 3 sistemas de fallas:

- **Falla Tambomachay:** Ubicada al norte de la ciudad del Cusco, que separa la Meseta de Saqsaywaman de las montañas del Cusco, pone en contacto las Fm del Grupo Yuncaypata con las del Grupo San Jerónimo. Es la estructura mas importante y de mayor dimensión con 18 km aproximadamente de longitud, con una dirección NO-SE a ONO-ESE. Por la disposición actual de las rocas se interpreta que es una falla inversa de 400 m de desplazamiento caracterizado por facetas triangulares. Respecto al buzamiento flucta entre 60 y 70° al sur, cubierto parcialmente por detritos de conos de deyección. Actualmente las reactivaciones recientes de la falla han creado escarpas menores orientadas hacia el sur a lo largo de 18 km. (Geología del Cuadrángulo del CuscoA-138-Boletín_Cusco-28s, 2011, INGEMMET, p. 110)
- **Falla Cusco:** Es una falla antigua sellada con los sedimentos cuaternarios de la Fm. San Sebastián que se alinea en sentido NO-SE que va desde Cusco hasta

Saylla – Oropesa. Esta falla divide el Altiplano de la Zona intermedia con la Cordillera Oriental. En la actualidad esta falla no muestra signos de reactivación recientes, sin embargo el último registro de esta falla reactivada es en 1950, el 21 de mayo de dicho año, donde se observaron desplazamientos en terrenos de la Fm. San Sebastián. (Geología del Cuadrángulo del CuscoA-138-Boletin_Cusco-28s, 2011, INGEMMET, p. 113)

b. Pliegues:

- **Anticlinal Puquin:** Se ubica en la zona nororiental de la ciudad del Cusco formando parte de un alto estructural de origen anticlinal es decir en los flancos del Anticlinal de Puquín, su eje tiene una dirección predominante N-S, corresponde a una tectónica dúctil que deformó las rocas del Mesozoico tardío al Cenozoico temprano (Fm. Yuncaypata. Grupo San Jerónimo).

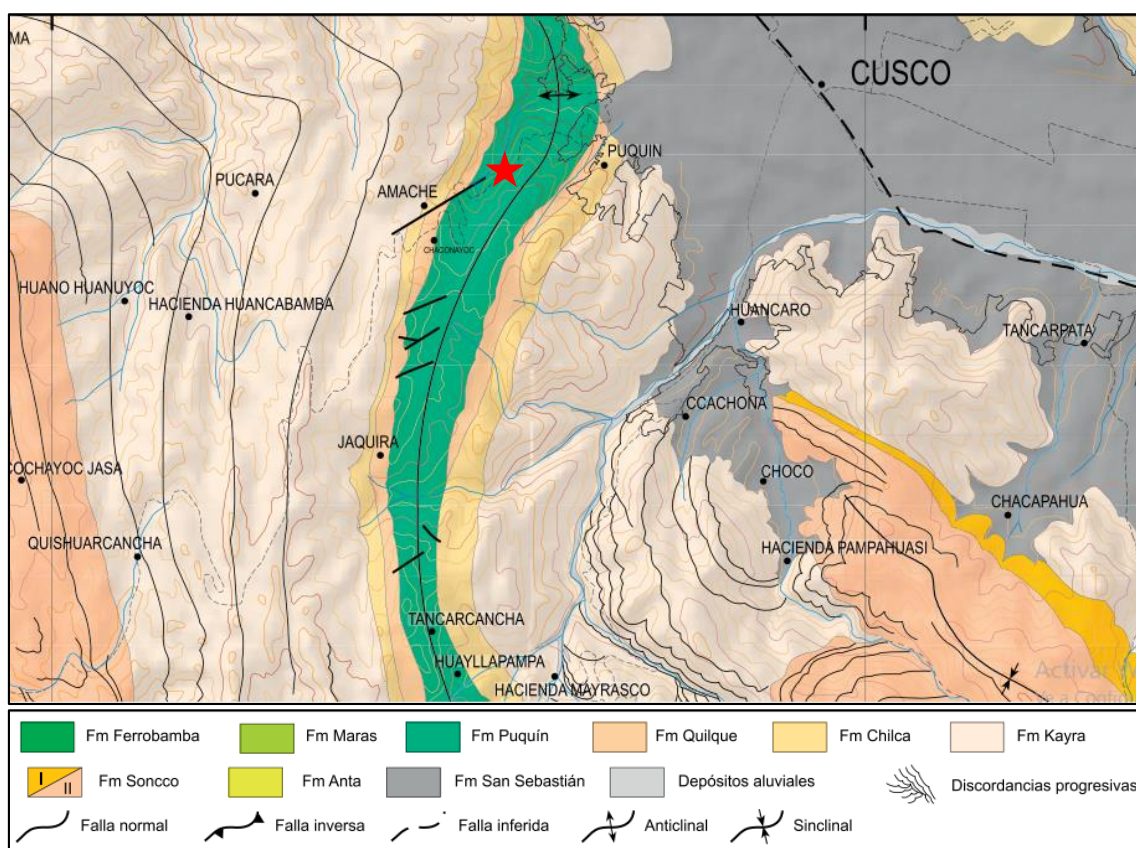


Figura 7. Mapa de discordancias progresivas del cuadrángulo de Cusco y el Cuadrángulo de Tambobamba, al oeste. Geología del Cuadrángulo de Cusco 28s. Carlotto, 2011, p. 100.

4.2 Geología Estructural Local

Las rocas se hallan fracturadas así mismo favorecen a la estabilidad del talud ya que estratifican contraria a la pendiente.



Fotografía 4. Rocas fracturadas que estratifican contrarias a la pendiente en la APV Qapaqñan.



Fotografía 5. Areniscas fluviales con estratificación contraria a la pendiente en el corte de carretera de la APV Hatun Wasi.

La falla Cusco representa el peligro sísmico más cercano al área de estudio, aunque es preciso reconocer que las otras fallas que se encuentran dentro de la provincia y sus alrededores ejercen una influencia de más de 15 Km de Radio y su magnitud va descendiendo a medida que se aleja del Hipocentro.



Fotografía 6. Rocas muy fracturadas del Fm. Puquín (se observan 3 familias de discontinuidades) ubicadas en la APV San Bernardo.

Por la APV HatunWasi se encontró también una **falla del tipo inversa**, producto de la tectónica.

COORDENADAS:

Zona	18 L
X:	824338.2
Y:	8,502,107.3
Altura:	3754

Tabla 5. Coordenadas falla tipo inversa en la APV Hatunwasi



Fotografía 7. Presencia de una pequeña falla inversa en la APV Hatun Wasi.



Fotografía 8. Presencia de falla inversa en el corte de carretera APV Kapañan.



Fracturas: Las areniscas se encuentran altamente fracturadas en muchas zonas del área de estudio, esto es a causa de la erosión y tectónica.



Fotografía 9. Areniscas altamente fracturadas en la APV. Hatun Wasi.



V. CAPITULO V

Hidrología e Hidrogeología

La hidrología nos ayudara a estimar las precipitaciones máximas y mínimas que se podrían producir en la zona de estudio y, por ende, ayudar en el estudio de movimientos en masa, ya que las precipitaciones de una cuenca hidrográfica usualmente actúan como factor desencadenante en la geodinámica externa.

Según el Método de Clasificación de PFAFSTETTER, la cuenca delimitada que abarca el área de estudio se encuentra dentro de la Cuenca del río Huatanay N(4994974). Se muestra según el siguiente cuadro:

NIVEL	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	Nivel 7
CODIGO	(4)	(49)	(499)	(4994)	(49949)	(499497)	(4994974)
NOMBRE DE CUENCA	Cuenca Hidrográfica del río Amazonas	Cuenca Hidrográfica del río Amazonas	Intercuenca Hidrográfica del río Ucayali	Cuenca Hidrográfica del río Urubamba	Cuenca Hidrográfica del río Vilcanota	Intercuenca Medio del río Vilcanota	Cuenca Hidrográfica del río Huatanay

Tabla 6. División Hidrográfica según clasificación PFAFSTETTER del inventario de fuentes de aguas superficiales, ATDR-CUSCO, 2007, p. 24

5.1 Parámetros Hidromorfométricos

Con el fin de realizar los cálculos hidrológicos en el Sector Quilque se realizó una delimitación de cuenca que engloba el área de estudio del sector Quilque, tomando sus parámetros hidromorfométricos. Para los siguientes cálculos se trabajó con las características cuantitativas de la fisiografía de la cuenca. Para hallar estos valores se hizo uso del Software ArcGis, y se calculó los siguientes parámetros que se observan en el Mapa M-06.



a. Área (A):

La cuenca que engloba al sector Quilque tiene un área de **8.28 km²**.

b. Perímetro (P):

La cuenca delimitada tiene un perímetro de **13.82 km**.

c. Ancho de la Cuenca (W):

Se define como el cociente entre el Área de la cuenca y la Longitud mayor de la cuenca.

$$W = A/L$$

Donde:

W: Ancho de la cuenca (km)

A: Área de la cuenca (km²)

Longitud de la cuenca (km)

$$W = 8.28/13.82$$

$$W = 0.60$$

d. Forma de la Cuenca (Fc):

Para hallar el factor de forma (Fc) se obtiene de la siguiente expresión:

$$Fc = A/L^2$$

Donde:

Fc: Factor de forma de la cuenca

A: Área de la cuenca (km²)

L²: Longitud Mayor de Curso de agua (km)

Entonces tendríamos que:

$$Fc = 8.28/4.64^2$$

$$Fc = 0.38$$



Considerando los rangos para el criterio de forma de la cuenca:

RANGO	FORMA DE LA CUENCA
0.0 – 0.2	Estrecha y alargada
0.2 – 0.4	Semi alargada
0.4 – 0.6	Semi rectangular

Tabla 7. Rangos para el criterio de forma de la cuenca.

Entonces tendríamos que la cuenca delimitada tiene la forma **semi alargada**.

e. Densidad de Drenaje (Dd):

Se entiende por Densidad de Drenaje como la relación que existe entre la longitud total de los cauces de agua y el área de la cuenca, tal como en la siguiente expresión:

$$Dd = Lc/A$$

Donde:

Dd: Densidad de Drenaje

Lc: Longitud total de los cauces de agua (km)

A: Área total de la cuenca (km²)

Entonces:

$$Dd = 8.25/8.28$$

$$Dd = 0.99$$

Los criterios de escala de drenajes son:

RANGO	DENSIDAD DE DRENAJE
0.0 – 0.5	Poco drenado
0.5 – 1.0	Regular
> 1.0.	Alto

Tabla 8. Rangos para la densidad del drenaje



La cuenca delimitada tiene un drenaje **regular**.

f. Pendiente Media (Pm):

Este parámetro está representado por la siguiente expresión:

$$Pm = (A - B)/L * 100$$

Donde:

Pm: Pendiente Media de la cuenca (%)

A: Punto más alto de la cuenca (m)

B: Punto más bajo de la cuenca (m)

L: Longitud del cauce principal (m)

Entonces tendríamos que:

$$Pm = [(3956-3360)/4636]*100$$

$$Pm = [596/4636]*100$$

$$Pm = 12.86 \%$$

Teniendo en cuenta los criterios de Pendiente Media de la cuenca:

RANGO (%)	PENDIENTE MEDIA
0.0 – 5.0	Ligeramente inclinado
5.0 – 10	Ligeramente empinado
10 - 15	Moderadamente empinado
>15	Empinado

Tabla 9. Rangos para la densidad Media de la Cuenca

Con este criterio determinamos que la cuenca tiene una Pendiente Media de **12.86 %**, es decir, **empinada**.

- En resumen, los parámetros morfométricos de la cuenca son:



PARAMETRO	VALOR	SEGÚN CRITERIO
Área (km ²)	8.28	
Perímetro (km)	13.82	
Ancho de Cuenca	0.60	
Factor de Forma	0.38	Semi alargada
Densidad de Drenaje	0.99	Regular
Pendiente Media (%)	12.86	Moderadamente empinado

Tabla 10. Resumen de los parámetros morfométricos de la microcuenca.

5.2 Precipitación, Temperatura y Humedad

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	ANUAL
Temperatura media (°C)	8.1	8.1	8	7.7	7.3	6.7	6.5	7.1	7.9	8.5	8.8	8.4	7.76
Temperatura min. (°C)	5.1	5.1	4.9	4.2	3.3	2.3	1.8	2.3	3.6	4.6	5.2	5.3	3.98
Temperatura máx. (°C)	12.4	12.3	12.3	12.3	12.2	12.1	12.1	13	13.5	13.7	13.7	12.9	12.71
Precipitación (mm)	241	218	177	87	31	16	15	26	44	94	128	201	106.50
Humedad (%)	80%	81%	80%	77%	69%	62%	59%	58%	62%	69%	71%	78%	71%
Días lluviosos (días)	21	19	20	15	7	3	3	6	11	16	17	20	13.17
Horas de sol (horas)	5.1	4.7	5.2	5.7	6.6	7.4	7.6	7.9	7.5	6.7	6.7	5.7	6.40

Tabla 11. Cuadro de Temperatura, media, Precipitación, Humedad, SENAMHi, Data: 1991 - 2021 Temperatura min.

(°C), Temperatura máx. (°C), Precipitación (mm), Humedad, Días lluviosos.

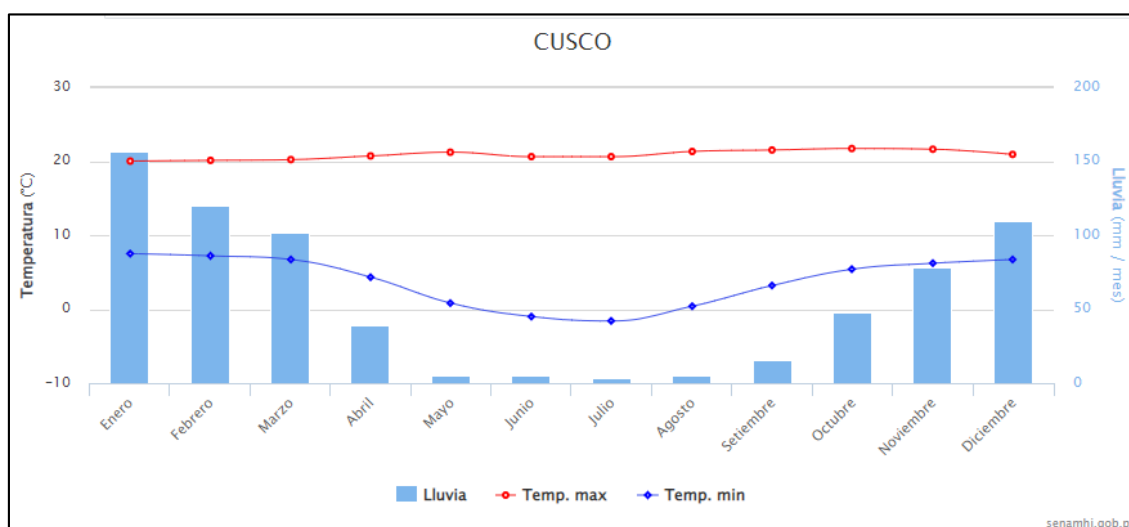


Figura 8. Gráfico de Promedio de Temperatura (°C), y lluvias (mm/mes) para la provincia del Cusco,

SENAMHi.gob.pe



a. Precipitación:

La zona de estudio presenta precipitaciones máximas en los meses de diciembre a marzo, que son considerados los meses más críticos capaces de desencadenar movimientos en masas por precipitaciones, es por ello que se considera a este factor. Si bien es cierto que la zona de estudio corresponde mayormente a cimas de montaña, también algunas laderas de montaña. Debido a ello se utilizó información de 3 estaciones meteorológicas que se muestran a continuación que son próximas a la zona de estudio, y son:

Estación Meteorológica	Ubicación	COORDENADAS		
		Latitud (S)	Longitud (W)	Z (msnm)
Granja Kayra	San Jerónimo - Cusco	13°33'24.29"	71°52'30.61"	3214
Pisac	Pisac - Calca	13°25'10.20"	71°51'3.1"	2990
Anta Ancachuro	Zurite - Anta	13°28'20.71"	72°13'7.54"	3324

Tabla 12. Ubicación de Estaciones Meteorológicas. Fuente: SENAMHI

La precipitación para la cuenca fue obtenida mediante la regionalización de las 3 estaciones meteorológicas, considerando la altitud media de la cuenca que abarca la zona de estudio mediante regresión lineal para la precipitación. El resultado de dicha regionalización se ve plasmado en el mapa M-07, donde observamos que en la zona de estudio la precipitación media anual es de 700 mm/año.

5.3 Hidrogeología

5.3.1 Parámetros Hidrogeológicos

Para realizar el mapa hidrogeológico de la zona nor-occidental del distrito de Cusco se clasifico tomando en cuenta las siguientes unidades hidrogeológicas: acuíferos, acuicludos, acuitardos y acuifugos.



a. Unidades Hidrogeológicas

Es toda formación geológica capaz de almacenar y transmitir agua subterránea. Es decir, aquella que permite el movimiento del agua por gravedad, en condiciones que pueda ser económicamente explotable. Los acuíferos pueden ser porosos consolidados o no consolidados, fisurados, kársticos o combinaciones de estos.

Dentro de la zona de estudio existen descargas naturales menores de 10 l/s en forma de manantiales menores o pozos someros.

Para entender mejor el comportamiento hídrico de las rocas dentro de la zona de estudio se ha clasificado las formaciones geológicas en los siguientes acuíferos:

- Acuíferos Porosos No consolidados
- Acuíferos Fisurado Sedimentarios

Acuíferos Porosos No consolidados

Existe presencia acuíferos fluviales ligeramente proximos al sector Quilque que están conformados de arenas y gravas que ocupan los cauces y terrazas actuales o subactuales de los ríos presentes en depósitos fluviales. Presentan porosidad primaria de hasta 30 % y buena permeabilidad por estar alimentados continuamente por los ríos, tienen buena cantidad de reservas, constituyéndose en acuíferos de alto potencial.

Acuíferos Fisurados Sedimentarios

Acuífero Fisurado de Kayra: Los acuíferos de Kayra del Grupo San Jerónimo presentes al Este de la zona Nor-occidental de Cusco, está conformada de areniscas y microconglomerados que son de buena porosidad primaria y secundaria principalmente por su diaclasamiento las cuales le dan media a buena permeabilidad, teniendo valores de



porosidad entre el 6% y 16% y una permeabilidad de 35m/día. Las aguas de estos acuíferos son de buena calidad para el consumo humano.

i. ACUITARDOS:

Son las rocas o suelos que almacenan y transmiten lentamente el agua en su interior o en forma localizada debido a su poca permeabilidad. Los acuitardos más conocidos que podemos presenciar dentro de la zona Nor-occidental de Cusco son los depósitos de conos aluviales cuaternarios, le siguen en importancia las lutitas y limonitas de las formaciones Puquín II, Quilque y Chilca. Sin embargo, dentro estos acuitardos se presentan areniscas, como en las formaciones Puquín III y Chilca que se comportan como acuíferos de carácter muy local.

a) Acuitardos Sedimentarios.

El acuitardo Puquín: Muestra una variabilidad litológica pues tiene desde lutitas rojas, negras correspondientes al miembro II de la formación Puquín y areniscas al Miembro III, y estas últimas se comportan como acuíferos locales. Entonces tenemos que, en el sector de Quilque se presencia pequeños manantiales con una producción aproximada de agua es de 2 l/s y es aprovechada por la población de los distintos sectores respectivamente.

Acuitardo Coluviales y Aluviales: También se presencia los depósitos coluviales y aluviales (cuaternarios) que tienen Comportamiento de un acuitardo que se conforman de limos, arenas, arcillas y gravas.

Acuitardo Quilque Y Chilca: El acuitardo Quilque está conformado por lutitas lacustres de color rojo-morado, areniscas y microconglomerados fluviales con clastos calcáreos. El acuitardo Chilca es similar, es decir con lutitas y margas rojo ladrillo e



intercalaciones delgadas de yesos de medio lacustre, y areniscas fluviales hacia la parte superior.

ii. ACUICLUDOS

Es un tipo de formación capaz de almacenar agua, incluso hasta llegar al punto de saturación, pero no la transmiten. Este tipo de material se caracteriza por ser poroso, pero no permeable, como las arcillas.

iii. ACUÍFUGOS

Es toda formación geológica que no almacena ni transmite agua. Son rocas impermeables y se comportan como sello, es decir, condicionan el almacenamiento en otras unidades rocosas permeables. Dentro de la formación Quilque y Chilca los yesos le dan la característica de acuífugo y muchas veces se halla en contacto con el acuífero Kayra, actuando como sello, lo que condiciona la surgencia de aguas subterráneas y el flujo de aguas subterráneas por encontrarse bajo el nivel productivo.

Se pueden apreciar las unidades hidrogeológicas en el mapa M-08 y en nuestra zona de estudio comprende Acuífero fisurado sedimentario, acuífero poroso no consolidado y acuífero sedimentario.



VI. CAPITULO VI

Geodinámica:

6.1 Geodinámica Interna

La geodinámica interna intraplaca está asociada a eventos sísmicos y al levantamiento actual generalizado de los Andes, asimismo la íntima relación con los fallamientos cuaternarios activos, hace que la frecuencia sísmica sea relativamente alta.

Existe una preocupación permanente por la problemática ocasionada por los procesos geodinámicas naturales cuyo desenlace violento involucra la seguridad física de la población. El crecimiento acelerado de las ciudades, hace que los pocos espacios habitables no sean correctamente utilizados, muchas veces por la falta de una correcta planificación y control por parte de las autoridades, como el consiguiente incremento de los impactos en el medio físico natural.

También cabe destacar que la Provincia de Cusco se encuentra en una zona de bastante actividad tectónica, lo cual está expuesto a los movimientos de intraplaca. Sin embargo, los distritos de La Provincia de Cusco no están preparados para un evento de movimientos tectónicos. Ya que las construcciones civiles no son construidas técnicamente. En la Provincia de Cusco un 80% aproximadamente de viviendas están construida de abobe lo cual es muy vulnerable a los peligros de movimientos sísmicos. Estas construcciones se encuentran construidas en su mayoría sobre depósitos cuaternarios conos aluviales, encima de material cuaternario y no sobre roca firme, en conclusión, se asume que la Provincia de Cusco es una zona vulnerable a los peligros de movimientos sísmicos

El término sismicidad describe la calidad o característica sísmica de una zona y se expresa en el número de sismos por unidad de área o volumen y por unidad de tiempo, el modo de ocurrencia y sus efectos en la superficie; las fallas que se originan por la



geodinámica interna en la zona de estudio tienen una orientación principalmente NW-SE, con fallas tensionales con dirección NE-SW, produciendo anticlinales y sinclinales.

La Provincia de Cusco se ubica al borde de la zona Noreste de gran concentración de sismos intermedios, cuyo borde occidental sigue la línea de costa desde Lima hasta la frontera con Chile y cuyo borde oriental pasa cercano a la orilla norte del Lago Titicaca, sigue el límite de los departamentos de Cusco y Apurímac hasta el punto en que convergen los límites de ambos departamentos con el de Ayacucho.

6.1.1 Sismicidad

Debido a la tectónica de placas, el Perú se encuentra muy próximo al cinturón de fuego del pacífico, lo que quiere decir que nuestro país se encuentra en una de las zonas de más alta actividad sísmica. El Perú se encuentra sobre la placa sudamericana, la cual sobreyace a la placa de Nazca debido a fuerzas compresivas entre estas placas, produciéndose subducción, provocando que la placa de Nazca se vaya colocando por debajo de la placa Sudamérica, esto debido a diferencia de densidades, ya que la placa de Nazca tiene una mayor densidad.

Producto de esto, los principales rasgos tectónicos en el occidente de la placa son la Cordillera de los Andes y la Fosa oceánica Perú-Chile, estos tienen una relación estrecha con la alta actividad sísmica. Debido a esta actividad geológica que produce convergencia en los límites de las placas, se tiene como resultado el proceso orogénico contemporáneo, la Cordillera de los Andes.

La ciudad del Cusco se encuentra exactamente sobre la Cordillera Andina, en la parte de los andes centrales. Según el Mapa de Zonificación Sísmica del Perú, el Cusco se encuentra en la Zona II de sismicidad **Media**.



FACTORES DE ZONA "Z"		
SISMICIDAD	ZONA	Z (fracción de aceler de gravedad)
MUY ALTA	4	0.45
ALTA	3	0.35
MEDIA	2	0.25
BAJA	1	0.15

Tabla 13. Factor Z de cada zona, este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años; es una fracción de la aceleración de la gravedad. Fuente: Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente. .

Según el Mapa Sísmico del Perú, periodo 1960 – 2017, presenta la organización espacial de los eventos con magnitudes iguales o mayores que 4.0 en las Escala “Magnitud-momento” (Mw) ocurridos durante el periodo de 1960 – 2017. Los sismos están clasificados según su profundidad de su foco en: superficiales (<60 km), intermedio (61 – 300 km) y profundos (>300 km). Este mapa sugiere que la ciudad del Cusco tiende a tener sismos superficiales e intermedios, ocurriendo en mayor proporción los sismos superficiales, de Magnitud momento que varía entre 4 a 6 predominantemente.

6.1.1.1. Antecedentes Sísmicos

Históricamente en nuestra área de influencia, han sucedido los sismos que están asociados a la falla Tambomachay principalmente, que tiene una dirección Noroeste – Sureste.

a. Sismo del 31 de marzo de 1650: En 1650, ocurrió un sismo muy fuerte en el Cusco el 31 de marzo a las 14 horas con una duración aproximada de 10 minutos. Su epicentro fue el Cusco, que en aquel entonces correspondía al Virreinato del Perú, fue un evento extremadamente destructor en el que se produjo la muerte de alrededor de 5000 personas. Todo esto basado en la “Historia General del Perú” Tercera



Edición – 1981. Su magnitud aproximada fue de 7.7 en la Escala de Richter. Se le amerita a la falla Cusco como la causante de dicho sismo, aunque todavía no está comprobado. La falla Cusco tiene un alineamiento NO-SE que va de Cusco hasta Saylla-Oropesa. Actualmente no muestra signos de reactivaciones recientes, sin embargo, durante el sismo del 21 de mayo de 1950 se observaron desplazamientos en terrenos recientes que afectaron a la Formación San Sebastián.

Fecha:	31 de marzo de 1650
Hora Origen:	14 horas (aproximadamente)
Latitud:	--
Longitud	--
Profundidad	No establecida
Intensidad Máxima:	VIII - X (MM)

b. Sismo del 05 de abril de 1986: Aproximadamente a las 15:14 horas, ocurrió un sismo fuerte en la Ciudad del Cusco, que sacudió la misma ciudad y alrededores produciendo daños medianamente graves, provocando la muerte de 7 personas, 80 heridos y alrededor de 13000 damnificados. Su magnitud en la Escala de Richter fue de 5.8. Haciendo uso de datos instrumentales y distribución de isosistas regionales, se determinó que el hipocentro tuvo lugar dentro del área de fallas activas conocido como Sistema de fallas Tambomachay, localizado al noreste de la Ciudad del Cusco. El sismo se ubicó a 8 km al NE de la ciudad del Cusco con una intensidad de VI – VII en la escala de Mercalli, con intensidad de VI en la misma ciudad.

Fecha:	05 de abril de 1986
Hora Origen:	20h 14min 17.48 s (GMT)
Latitud:	-13.480 grados
Longitud	-71.905 grados

Profundidad 57 Km. 5.4 mb

Intensidad Máxima: VI - VII (MM)

c. Sismo del 21 de Mayo de 1950: Uno de los sismos más desastrosos y recientes en la ciudad del Cusco fue el de 21 de Mayo del año 1950, que tuvo una magnitud de 7.0 Mw e intensidad de VII en la escala de Mercalli Modificada, el cual produjo el 50% de daños a las viviendas, 120 muertos registrados y 275 heridos. Este sismo produjo una licuefacción del suelo, el cual causó levantamiento del nivel freático al sur de la cuenca del Cusco, con niveles de hasta 40 cm sobre la superficie. Información periodística y registros de aquella época indican la formación de grietas importantes en la zona agrícola de San Sebastián, que dan indicios de una posible falla a lo largo de la cuenca del valle del Cusco (Silgado, 1952). Se presentaron deslizamientos en laderas escarpadas y taludes de gravas aluviales. (Escenario de Riesgo Sísmico y Movimiento en masa Producido por la Reactivación de la falla Tambomachay, Provincia del Cusco - INDECI, 2015, p. 27)



Fotografía 10 A y 10 B. Terremoto de mayo de 1950 en Templo Sagrado de Santo Domingo y Compañía de Jesús respectivamente. Fuente: Escenario de Riesgo Sísmico y Movimiento en masa Producido por la Reactivación de la falla Tambomachay, Provincia del Cusco - INDECI, 2015, p. 27

d. Sismo del 5 de abril de 1986: Este sismo tuvo una magnitud de 5.4 Mw, con un foco superficial e intensidad de IV en la escala de Mercalli Modificada. Fue registrado a 8 km al NE de la ciudad de Chinchero – Qoricocha según Cabrera y Sebrier (1998), su longitud fue de 3 km y desplazamiento de hasta 10 cm. Ocasiono



la muerte de 7 personas, 80 heridos y alrededor de 13 000 damnificados. (Escenario de Riesgo Sísmico y Movimiento en masa Producido por la Reactivación de la falla Tambomachay, Provincia del Cusco - INDECI, 2015, p. 28)

e. Sismo del 27 de setiembre del 2014: A las 21:35 horas de dicho día se produjo un sismo con una magnitud de 5.1 ML, situado a 7 km al SO de Paruro a una profundidad de 8 km Las intensidades registradas fueron de V y VI en Paruro y de II y II en Cusco. Este sismo ocasiono daños personales y materiales en la localidad de Misca – Paruro, según registros este sismo ocasionó 4 heridos y 8 fallecidos. (Escenario de Riesgo Sísmico y Movimiento en masa Producido por la Reactivación de la falla Tambomachay, Provincia del Cusco - INDECI, 2015, p. 29)

Esto nos indica que el Cusco está asociada a eventos sísmicos, de igual modo está íntimamente relacionado con los fallamientos cuaternarios activos, haciendo que la frecuencia sísmica sea relativamente alta. Esto a su vez es muy preocupante porque las construcciones civiles de los distritos de la provincia del Cusco no están construidas tecnicadamente y tampoco son sismo resistentes. De hecho, en la Provincia del Cusco el 50% aproximadamente de las viviendas están construidas de adobe, que es muy vulnerable a los peligros de movimientos sísmicos.

Como la Ciudad del Cusco está ubicada en la Depresión Cusco-Huacarpay, su superficie son depósitos cuaternarios como conos aluviales, material coluvial, etc, pero no sobre roca, es decir La Ciudad del Cusco es una zona vulnerable los peligros de movimientos sísmicos.

Nuestra zona de estudio se encuentra sobre lutitas, areniscas, microconglomerados y material coluvial.

6.1.2 Actividad Sísmica

Debido a que la ciudad del Cusco se encuentra cercana a sistemas de fallas, el peor escenario sísmico que se considera en este estudio, originado por un sismo con epicentro en la falla Tambomachay con una profundidad de 10 km y con magnitud de 10 km y con magnitud de 6.5 Mw, que fue propuesto por Benavente et al., 2013.

Parámetros de sísmicos (Benavente, 2013)	
Magnitud (Mw)	6.5
Profundidad (km)	10
Buzamiento	65° SO

Tabla 14. Parámetros del sismo probable, originado por la reactivación de Tambomachay. Escenario de Riesgo Sísmico y Movimiento en masa Producido por la Reactivación de la falla Tambomachay, Provincia del Cusco - INDECI, 2015, p. 31

Benavente et al. (2013), considerando estos parámetros, propone para la ciudad del Cusco el mapa de aceleración máxima del suelo (PGA), evaluando los factores de tipo de suelo (según sus edades cenozoicas y cuaternarias) y distancia con respecto a la falla Tambomachay.

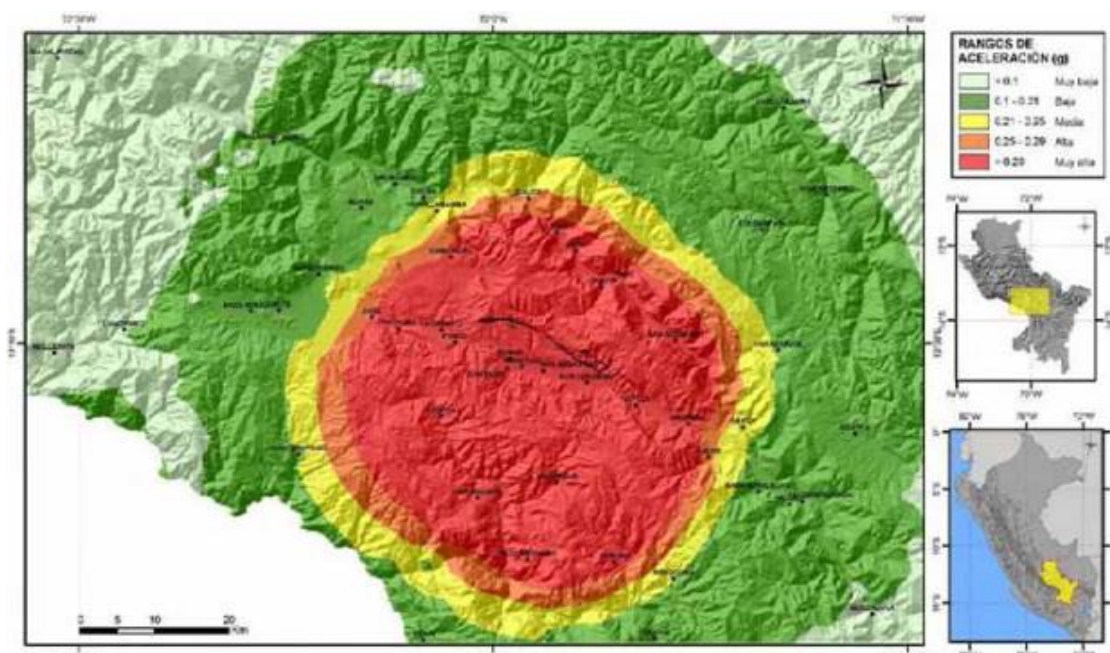


Figura 9. Mapa de aceleración sísmica en términos de PGA (Benavente et al, 2013) Escenario de Riesgo Sísmico y Movimiento en masa Producido por la Reactivación de la falla Tambomachay, Provincia del Cusco - INDECI, 2015, p. 31



Así mismo se tomó como referencia la Clasificación de perfiles de suelo, según la Norma E. 030 aplicada en un Estudio Geofísico de los acantilados de la Costa Verde en el distrito de Magdalena del Mar, para la clasificación de perfiles de suelo del sector Quilque según su velocidad de propagación de onda, véase la Tabla 15.

Clasificación de los perfiles de Suelo				
N°	Vs	Norma E.030		Descripción
1	< 180 m/s	S ₃	Suelo blando	Suelo blando
2	180 m/s a 350 m/s	S ₂	Suelo medianamente rígido	Suelo moderadamente rígido
3	350 m/s a 500 m/s			Suelo rígido
4	500 m/s a 800 m/s	S ₁	Roca o suelo muy rígido	Suelo muy rígido o roca blanda
5	800 m/s a 1500 m/s			Roca moderadamente dura
6	> 1500 m/s	S ₀	Roca dura	Roca dura

Tabla 15. Clasificación de perfiles de suelo, según la Norma E. 030. Estudio Geofísico de los acantilados de la Costa Verde en el distrito de Magdalena del Mar, IGP, 2020, p. 17

En el Mapa M-09 podemos apreciar el mapa de aceleraciones donde se encuentra la zona de estudio del Sector Quilque donde nos muestra que la aceleración del material es 0.45 m/s., es decir moderado a fuerte.

6.1.3 Comportamiento de los suelos y rocas frente a las ondas sísmicas

Las ondas sísmicas recorren diferentes tipos de suelos y sufren procesos que los modifican, cuando atraviesan rocas se minimizan, pero se amplifican cuando atraviesan suelos finos, arenosos y arcillosos. Los suelos blandos al estar sometidos a fuertes vibraciones producto de un sismo pueden experimentar:

- **Efectos de licuación:** donde el suelo pasa de un estado sólido a uno semi fluido, convirtiéndose en un suelo inestable y las edificaciones sobre ellos pueden hundirse o colapsar con mayor facilidad.
- **Asentamientos diferenciales:** Los suelos que presentan baja capacidad portante, sufren un reacomodo de sus partículas y las edificaciones pierden apoyo en su base, lo que produce una inestabilidad, daño o colapso.



- **Efectos de resonancia:** Las edificaciones que sufren vibración de la misma manera que los suelos, se genera un incremento rápido del nivel de sacudimiento y las edificaciones sufren daños, y si el suelo es blando el potencial de daño se incrementa lo que podría provocar destrucción de las edificaciones.

Además de ello tenemos los suelos de relleno antrópico, es decir de desmonte, escombros o basura, los cuales tienen un comportamiento muy complejo frente a un sismo, son los que representan mayor peligro.

6.1.4 Velocidad de Propagación de las Ondas Sísmicas en suelos y rocas

Se consideraron las velocidades de onda de compresión (V_p) debido a que la velocidad de propagación de estas ondas primarias es mayor a las secundarias, son las primeras en ser atisbadas en un fenómeno sísmico y son las más usadas para caracterizar los distintos materiales.

Tabla 5 Martínez del Rosario J. (1997)

Descripción	V_p (m/s)	
	Natural	Saturada
Turba	90	250
Arcilla	350	1350
Grava	650	2250

Tabla 16. Velocidad de propagación de Ondas Sísmicas según Martínez del Rosario J. (1997)

Tabla 4 ASTM D5777-95

Descripción	V_p (m/s)
Suelo meteorizado	204 - 610
Grava o arena seca	460 - 915
Arena saturada	1220 - 1830
Roca metamórfica	3050 - 7000

Tabla 17. Velocidad de propagación de las Ondas Sísmicas según ASTM D5777-95



6.1.5 Factores y Comportamiento de los Suelos y Rocas frente a las Ondas Sísmicas.

Los factores de los suelos y rocas influyen demasiado en la propagación de Ondas sísmicas, debido a que alteran la velocidad de las ondas. Algunos pueden oponer resistencia a las vibraciones sísmicas como también aumentar la vibración de acuerdo a las propiedades elásticas del medio.

En la zona de estudio sector Quilque tenemos material cuaternario como también rocas sedimentarias como lutitas, areniscas y microconglomerados; por lo que la velocidad de propagación de ondas sísmicas es ligeramente diferente. Los factores son los siguientes:

A. Contenido de Humedad:

Es la cantidad de agua que contenida en suelos o rocas medidas sobre la base de su análisis volumétrica. Su valor puede ir de cero (completamente seco) hasta el valor de la porosidad del material en el punto de saturación máximo.

En la zona de estudio el contenido de humedad es relativo y depende mayormente de las épocas de estiaje y precipitaciones; sin embargo, cabe resaltar que es principalmente seco, con una humedad mínima de 5 – 10 % según los datos obtenidos de laboratorio.

B. Tamaño de Granos:

Es la medición y graduación que se realiza con los granos de una formación sedimentaria, así como de los suelos con el objetivo de analizarlos para obtener sus propiedades mecánicas. Mientras el material este bien graduado tendrá mayor calidad, y si por el contrario el material es homogéneo se le considera mal graduado y sus propiedades mecánicas son deficientes.

La zona de estudio cuenta con una granulometría heterogénea, lo que significa que tiene mala calidad mecánica y conlleva peligro por sismicidad.



A. Elasticidad:

Este factor depende netamente de los dos anteriores debido a que mientras mayor sea el contenido de humedad y menor el tamaño de granos, se tendrá una mayor elasticidad en la zona.

Se distinguen:

- Rocas Semicompactas
- Suelos Rígidos
- Suelos Moderadamente Rígidos
- Suelos Blandos
- Suelos especiales, inestables

6.2 Geodinámica Externa

Por la APV Flores del Ande no hay afloramientos de rocas lo suficientemente considerables para evaluar un fenómeno de caída de rocas, de igual manera tampoco se observan señales de deslizamientos activos o pre existentes ni de grietas que manifiesten la existencia de estos. Con respecto a fenómenos de flujo el material disponible no es el suficiente para la posible creación de estos, acompañado de la poca aportación de agua que tiene la zona al estar en la cabecera de cuenca; finalmente tampoco hay presencia de agua subterránea que condicione la estabilidad de las cimentaciones de obras civiles o cree fenómenos de reptación.

En la zona de Qapaqwasi no se presenta indicios de deslizamientos ni caída de rocas, debido a que no se tiene material disponible ni flujos de agua considerables que puedan represarse y ocasionar un deslizamiento; los fenómenos pro geodinámica externa observados son:

6.2.1 Fenómenos Hidrodinámicos

CARCAVA

Se ha observado una cárcava de aproximadamente 480 metros que atraviesa la APV Qapaqwasi y adyacente a este se encuentra también la APV Hatun wasi, a través del cual fluye la escorrentía durante o inmediatamente después de eventos intensos de lluvia.

, las cárcavas se forman debido a las actividades antropogénicas y factores físicos como el uso inapropiado del suelo y de la vegetación, sobrepastoreo, construcción de caminos senderos creados por animales o vehículos, intensidad y cantidad de lluvia, topografía, gradiente de las laderas, características del suelo, entre otros (Bocco, 1991).

Estos afectan negativamente se aurea cercana, dañando la infraestructura ubicada aguas abajo, contaminan cuerpos de agua superficiales y abaten el nivel freático.



Fotografía 11. Cárcava en la APV. Qapaqwasi y Hatun wasi de 480 metros aprox. de longitud.

En la APV. Qapañan no se observó evidencias de deslizamiento sin embargo la precipitación puede desencadenar la remoción de masas o también conocido como movimientos de masas, dentro de los que pudimos observar, caída de rocas, cárcavas, agrietamientos y diaclasamiento por el intenso tectonismo.



6.2.2 Fenómenos Gravitacionales

Caída de rocas:

La APV. Hatun Wasi presenta caída de rocas principalmente en los cortes de carretera, las causas de estas caídas de rocas son principalmente causadas por la infiltración del agua en las rocas producto de las precipitaciones, meteorización de la roca, sismos entre otros.

Sería recomendable la implementación de geo mallas para amortiguar y evitar la caída de bloques.

6.2.3 Fenómenos Hidrogravitacionales

Erosión De Laderas

Esta zona está asociada principalmente a algunas formaciones geológicas consolidadas, como también poco consolidadas, meteorizadas, suelos superficiales (residuales) susceptibles a la erosión hídrica, estas unidades litológicas son: Rocas sedimentarias antiguas; conglomerados, areniscas y capas rojas, formaciones equivalentes del Cretáceo superior, Paleógeno, Neógeno y depósitos no consolidados de edad reciente del cuaternario, los cuales son material coluvial mayormente.



Fotografía 12. Se observa la erosión en las laderas, que tienen una pendiente regular en la APV Buena Vista.

En el Mapa M-10 podemos apreciar los fenómenos geodinámicos que se presentan en la zona de estudio como son caída de roca, cárcava, derrumbe, deslizamiento, erosión y superficial, y de ellos el que tiene mayor grado de peligrosidad es el deslizamiento.



VII. CAPITULO VII

Geotecnia

El modelo geotécnico representa la distribución espacial de los materiales dispuestos en la zona de estudio, en base a su composición litológica, ordenamiento de los elementos constituyentes de su litología y sus paleo relieves (relieves antiguos).

La respuesta del terreno durante y después de la construcción de viviendas u obras dependerá de las características geotécnicas de los materiales y también, los suelos sobre los cuales se construyen las viviendas son la última capa por donde se propagan las ondas sísmicas. Ante la ocurrencia de un sismo, la mayoría de los daños en viviendas se deben a que estas se ubican en suelos blandos o de poca consistencia, suelos inestables o de relleno antrópico. Por esto es importante conocer sobre qué tipo de suelo se construye una vivienda a fin de reducir el impacto de las ondas sísmicas que movilizan los suelos en una u otra dirección.

Secciones geotécnicas:

Roca dura: corresponden las rocas sanas con velocidad de propagación de ondas de corte V_s que va de 760 a 1500 m/s. (Formación Kayra y Puquín III).

Suelos Rígidos: Suelos rígidos con velocidades de propagación de onda de corte V_s entre 360 m/s y 760m/s. Roca fracturada, con una resistencia a la compresión no confinada q_u mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm²).

- Arena muy densa o grava arenosa densa, con N_{60} mayor que 50.
- Arcilla muy compacta (de espesor menor que 20 m), con una resistencia al corte en condición no drenada \bar{S}_u mayor que 100 kPa (1 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad. Corresponde a lutitas rojas y verdes fracturadas y tectonizadas, areniscas fracturadas, lutitas negras ricas en materia orgánica, calizas, margas (Formación Quilque, Chilca y Puquín miembro II).



Suelos Moderadamente Rígidos: A este tipo corresponden los suelos medianamente rígidos o intermedios, con velocidades de propagación de onda de corte \bar{V}_s , entre 180 m/s y 360 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT \bar{N}_{60} , entre 15 y 50.
- Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada \bar{S}_u , entre 50 kPa (0,5 kg/cm²) y 100 kPa (1 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

En la zona de estudio corresponde a los estratos de bancos areno- conglomerádicos conformado por material detrítico con gravas y arena en matriz de limo y arcilla, yesos. (Depósitos Coluviales y fluviales).

Suelos Blandos: Corresponden a este tipo los suelos flexibles con velocidades de propagación de onda de corte \bar{V}_s , menor o igual a 180 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena media a fina, o grava arenosa, con valores del SPT \bar{N}_{60} menor que 15.
- Suelo cohesivo blando, con una resistencia al corte en condición no drenada \bar{S}_u , entre 25 kPa (0,25 kg/cm²) y 50 kPa (0,5 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.
- Cualquier perfil que no correspondan al tipo S4 y que tenga más de 3 m de suelo con las siguientes características: índice de plasticidad PI mayor que 20, contenido de humedad ω mayor que 40%, resistencia al corte en condición no drenada \bar{S}_u menor que 25 kPa.

Este tipo de suelos corresponde a bofedales y/o humedales.

Suelos inestables o con efectos Topográficos: son suelos limo-arenos o limo-yesíferos normalmente relacionadas con agua y que pueden colapsar. Los efectos de este colapso



pueden manifestarse en forma de asientos bruscos del terreno pues su estructura es abierta y floja. En ausencia de agua estos suelos se mantienen estables presentando una débil a moderada resistencia. En presencia del agua, el cemento interpartículas se disuelve y pierde su escasa capacidad portante.

Este tipo de suelos se observa en cortes de carretera mayormente, produciendo caída de suelos, derrumbes, deslizamientos, cárcavas, erosión superficial.

Zonas de Relleno: Zonas que son utilizadas para descarga de escombros, hormigón de restos de obra etc. de más de 3 metros de espesor, en estos se producen una alta filtración de aguas residuales que contaminan el sustrato, detectándose olores fétidos en las partes más superficiales del terreno representan un problema geotécnico por su comportamiento poco fiable es decir la imposibilidad de prever su composición general y mucho menos su comportamiento frente a las acciones de una cimentación, agua, movimientos sísmicos, por no mencionar su falta de compactación, presencia de huecos y materiales degradables.

7.1. Mecánica de Rocas

Se hizo el muestreo de rocas pertenecientes a la formación Puquín tercer miembro (Ks-pu III) el cual fue primeramente clasificado como areniscas fracturadas, posteriormente se realizaron pruebas en búsqueda de las características mecánicas de la roca con las cuales se puede dar una predicción de comportamiento ante ciertos factores desencadenantes.

Para la valoración del macizo rocoso se realizaron los siguientes métodos para determinar la calidad de la roca, el cálculo del RQD, Q e índice Geológico de Dureza GSI en la estación denominada E1.



Las ARENISCAS calcáreas presentes en la zona de estudio se encuentra medianamente a ligeramente fracturadas o diaclasadas lo que nos indica que la calidad de roca es regular a buena con un índice de RQD de 76.8%.

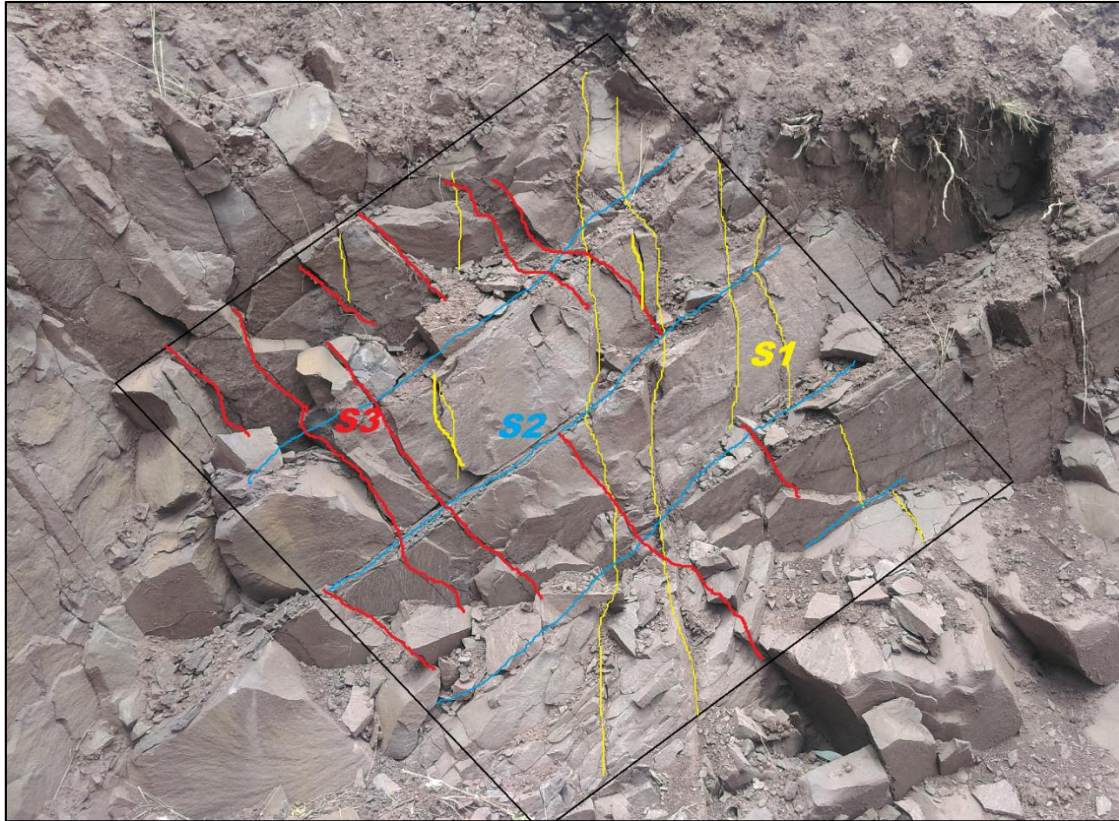
PARAMETROS		S1
NUMERO DE FRACTURAS		6
CONTADAS EN (m):		1.00
ESPACIAMIENTO MEDIO (m)	X	0.17
FRACTURAS / METRO	λ	6.0
N° DE FRACTURAS /m3	Jv	4
INDICE DE CALIDAD DE LA ROCA	RQD (%)	76.8

Tabla 18: Parámetros para el Cálculo de la calidad de la roca (RQD)

SISTEMA DE CLASIFICACION Q										
PARAMEROS		RANGO		VALOR						
RQD %	RQD	77	%	77						
Número de discontinuidades	Jn	6 D		18						
Número de rugosidad	Jr	Ligeramente rugosa		11						
Número de alteración	Ja	ligero		5						
Número de agua subterránea	Jw	seco		1						
Factor de reducción de esfuerzos (estado tensional)	SRF	tension elevada		3						
$Q = (RQD/J_n) \times (J_r / J_a) \times (J_w / SRF)$				Q =	3.13					
$Q' = (RQD/J_n) \times (J_r / J_a)$				Q' =	9.39					
RMR = 9 Ln Q + 44		54								
RMR' = 9 Ln Q' + 44		64								
Q	1000-400	400-100	100-40	40-10	10-4,0	4-1,0	1-0,1	0,1-0,01	0,01-0,001	REGULAR
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMENADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMENADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE	

VALORES			SIMBOLO
GSI	RMR	Q	GSI
56	56 - III B	3.13	MF/R

Tabla 19: Cálculos geomecánicos de la roca.



Fotografía 13. Ventana estructural en el corte de carretera de la APV Cielito Serrano correspondiente a la formación Puquín, miembro III.

A continuación, tenemos el análisis estructural de sistemas de fracturamiento en el macizo rocoso a través de las falsillas de Wulf y/o Diagrama de rosetas. Este análisis fue obtenido del procesamiento de datos tomados en campo al momento de hacer el mapeo.

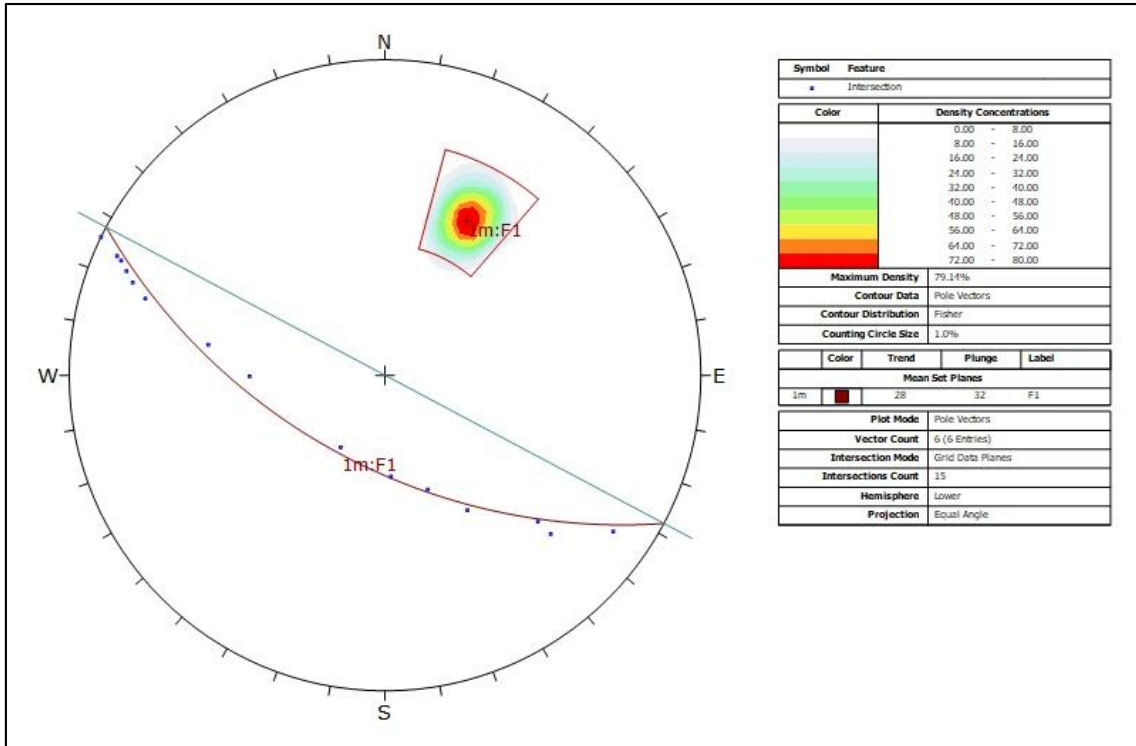


Figura 10. Diagrama de falsilla de Wulff, se observa la concentración de densidad en el polo y su dirección; así mismo el plano de estratificación en el diagrama.

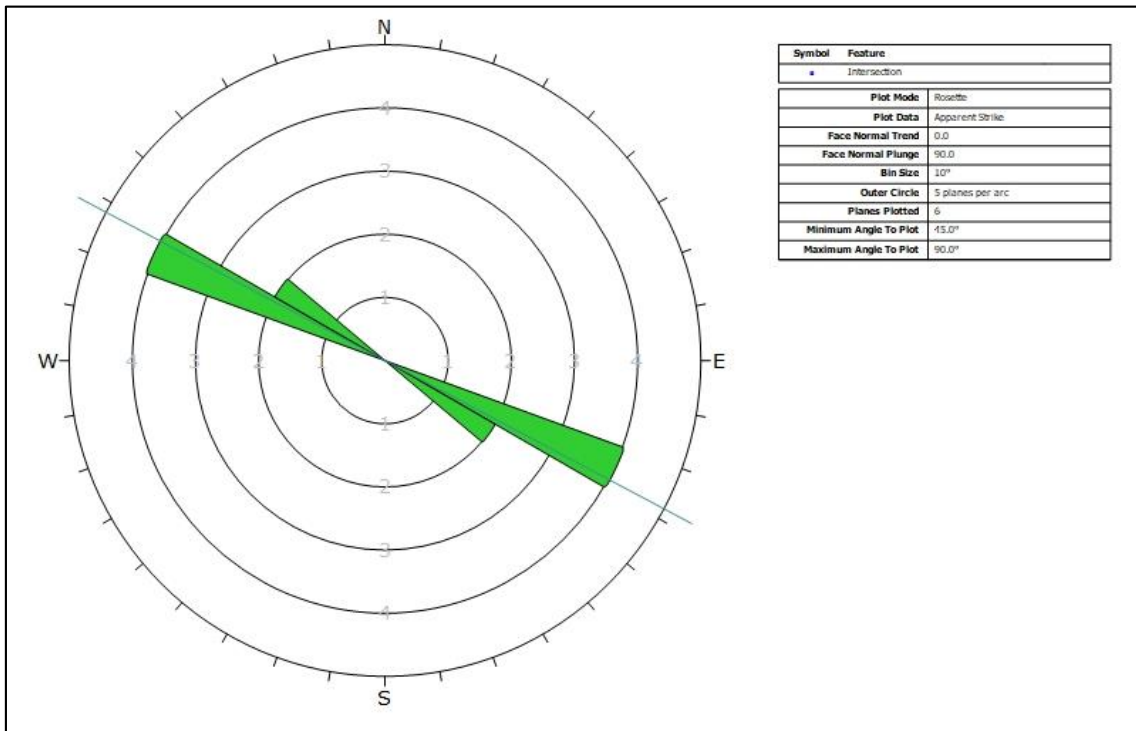


Figura 11. Diagrama de rosetas esfuerzo principal en dirección NW-SE.

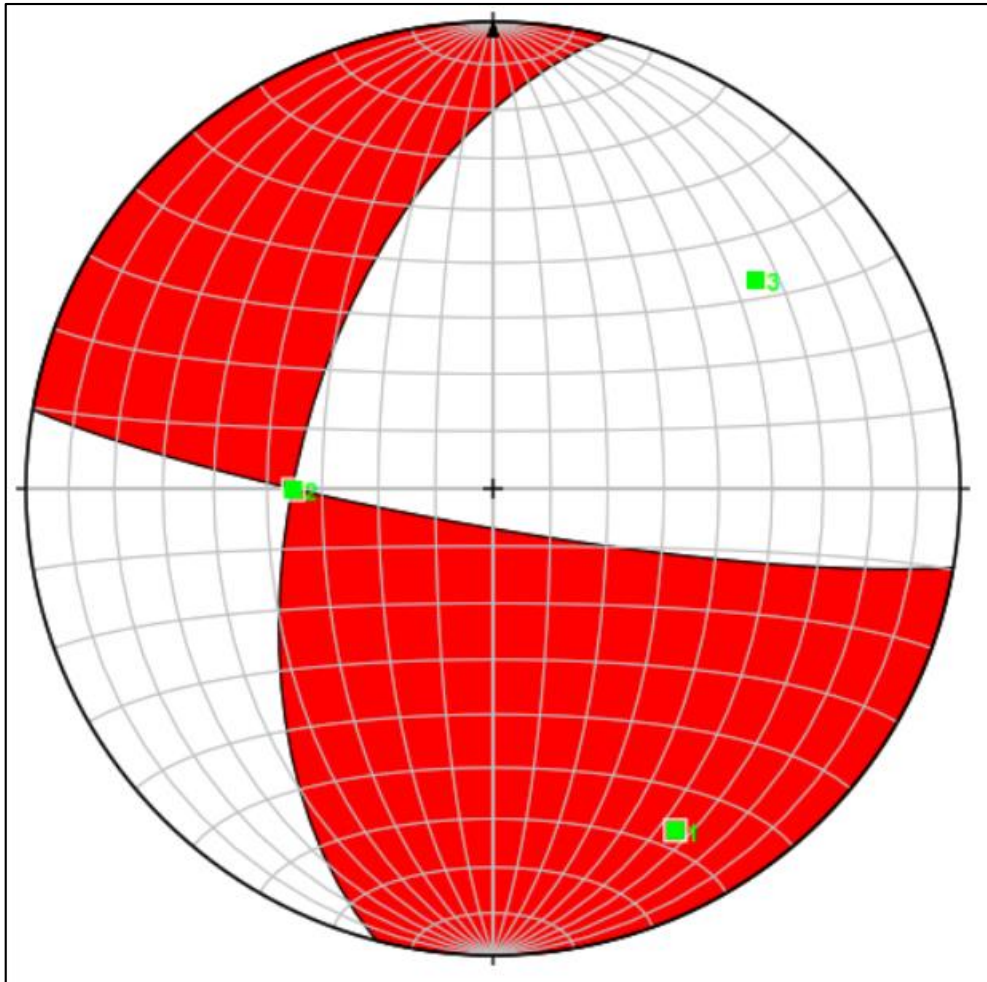


Figura 12. Diagrama de falsilla de Wulff, se observa la distribución de los principales esfuerzos S_1 , S_2 y S_3 .

- Las areniscas calcáreas presentes en la zona de estudio correspondientes a la formación Puquín III miembro, se encuentran con una calidad de roca regular a buena según el análisis de RQD y Q de Barton, por lo cual se les considera con características muy favorables para la construcción de viviendas y/o cualquier edificación con proyección mayor a 3 pisos.

7.2 Mecánica de Suelos

En este capítulo se realiza primeramente el reconocimiento general de las condiciones geológicas, seguidamente los datos de superficie de cada una de las formaciones identificadas.



Finalmente, con los resultados y características mecánicas de cada formación se puede determinar todas las condiciones para la elaboración de proyectos, construcciones y el funcionamiento de una estructura.

En la zona de estudio se realizó el análisis de 4 muestras pertenecientes a las Formaciones Puquín segundo miembro (Ks-Pu II), Quilque (Pp-qe) y Suelos Coluviales Cuaternarios (Qh-co).

A continuación, se detallan los resultados obtenidos en un cuadro resumen:

CUADRO RESUMEN DE ANALISIS DE SUELOS				
MUESTRA	Humedad Natural	Clasificacion SUCS	Clasificacion AASHTO	Indice de Plasticidad
Formacion Puquin II - Quilque	22.83%	GP-GM	A-1-a (0)	3.94
Coluvial	20.85%	GW-GM	A-1-a (0)	N.P
Humedal	51.93%	SM	A-4 (1)	N.P
Suelo inestable	7.94%	ML	A-4 (5)	N.P

Tabla 20. Cuadro resumen de Análisis de los suelos del Sector Quilque para la inferencia de factibilidad constructiva de la zona de estudio.

De acuerdo a los análisis de suelos realizados en laboratorio (Ver Anexo 2), se puede decir que:

- La Formación Puquín II miembro y la Formación Quilque, se encuentran conformados por suelos rígidos donde su composición principal es roca fracturada, los cuales presentan condiciones favorables para la construcción de viviendas y/o cualquier edificación con proyección menor e igual a 3 pisos.
- El material coluvial representa suelos moderadamente rígidos donde su composición principal es una mezcla de material detrítico con gravas y arena en matriz de limo y arcilla, así como yesos. Los cuales presentan condiciones aceptables para la construcción de viviendas y/o cualquier edificación con proyección menor e igual a 2 pisos, siempre y cuando haya un estudio de capacidad portante que avale dichos proyectos.



- Los humedales y suelos inestables representan suelos blandos, donde su composición principal es arena y limo en pésimas condiciones geotécnicas, por lo que se les considera inaceptables para la construcción de viviendas y/o cualquier edificación, así mismo será necesario, además de un estudio completo de capacidad portante, un estudio de estabilización de suelos y mejoramiento del terreno de fundación.



VIII. CAPITULO VIII

Determinación del Peligro

El peligro es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno de determinada intensidad en un lapso de tiempo dado, con la capacidad de afectar un área poblada, y/o infraestructuras susceptibles, el daño más perjudicial sería la pérdida de vidas humanas, y también la economía del país. Este peligro puede tener origen natural o antrópico, los cuales resultan ser igual de perjudiciales para la sociedad.

En la zona de estudio sector Quilque tenemos peligros por remoción en masa que son originados por precipitaciones intensas, y peligro por sismicidad que es un peligro inherente debido a la proximidad de fallas activas. Se necesitará cuantificar los peligros existentes en la zona por lo que se evaluará la recurrencia, severidad y aspectos físicos con el objetivo de determinar el grado de susceptibilidad.

8.1. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS PELIGROS POR REMOCIÓN EN MASA

8.1.1. EROSION DE LADERAS

Asociada a algunas formaciones geológicas consolidadas, como también poco consolidadas, meteorizadas, suelos superficiales (residuales) susceptibles a la erosión hídrica, estas unidades litológicas son:

- Rocas sedimentarias antiguas; conglomerados, areniscas y capas rojas, formaciones equivalentes del Cretáceo, Paleógeno Neógeno.
- Depósitos no consolidados de edad reciente.

Intervienen en su ocurrencia, otros factores como fuertes lluvias, topografía (pendiente de ladera), manifestándose estos procesos como erosión. Los problemas o daños

principales que originan tienen que ver principalmente con pérdida de suelos para la agricultura, erosión de laderas cultivadas y andenes, erosión de terraplenes en trochas.



Fotografía 14. Se puede apreciar material coluvial de relleno en antiguas quebradas en la APV Hatun Wasi en el corte de carretera.



Fotografía 15. Presencia de erosión de laderas en la APV San Bernardo.



8.1.2. DESLIZAMIENTO ANTIGUO

Ubicación del deslizamiento:

Zona	18 L
X:	824424.5
Y:	8,502,165.7
Altura:	3768

Tabla 21. Coordenadas de un deslizamiento antiguo en la APV Hatunwasi

En la zona se encontró un deslizamiento rotacional sobre la formación Puquín II y principalmente material coluvial emplazado sobre dicha formación, de tamaño considerable que afecta principalmente a las manzanas O y P de la APV Hatunwasi, La manzana P se encuentra afectada totalmente por encontrarse en el cuerpo de dicho deslizamiento mientras que la manzana O se encuentra parcialmente afectada. Por lo que deberán ser reubicadas por su alta exposición al peligro.



Fotografía 16. Presencia de una corona de deslizamiento rotacional delimitado en la APV Hatunwasi.



Fotografía 17. Deslizamiento delimitado con cinta de seguridad y desocupación del lote en la APV Hatunwasi.



Figura 13. Imagen de Google Earth del año 2008 de la zona de deslizamiento en Hatun Wasi.

8.1.3 CAIDA DE ROCAS

Las APV. Hatun Wasi y Qapaqñan presentan caída de rocas principalmente en los cortes de carretera, las causas de estas caídas de rocas son principalmente causadas por la infiltración del agua en las rocas producto de las precipitaciones, meteorización de la roca, sismos entre otros.

Sería recomendable la implementación de geo mallas para amortiguar y evitar la caída de bloques.



Fotografía 18. Caída de rocas en el corte de carretera APV Qapaqñan.

8.2. EVALUACION DE SUSCEPTIBILIDAD

La susceptibilidad es el grado de predisposición a que un evento suceda sobre un determinado ámbito geográfico, esto dependerá de los factores condicionantes del fenómeno y su respectivo ámbito geográfico, sector Quilque que comprende las APVs: Qapaqwasi, Cielito Serrano, Hatun Wasi, San Bernardo, Buena Vista, Flores del Ande y Qapaqñan.



Se describe los factores condicionantes y desencadenantes de los movimientos en masa y de sismicidad, estos son regidos por el contexto geográfico, geológico y climático.

- **Factores Condicionantes:** Se consideran los siguientes factores para el respectivo análisis de Peligros por Movimientos en Masa. (SGOTP, 2015)

Para movimiento en masa por Precipitación	Para movimiento en masa por Sismicidad		Mapa Resultado
Geología - Litología	Sísmico Geotécnico	}	MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD
Geomorfología	Pendientes		
Pendientes	Geodinámica		
Cobertura Vegetal	Geoforma		
Geodinámica	Cobertura Vegetal		

Tabla 22. Factores Condicionantes de Peligro por Movimientos en Masa

- **Factores Desencadenantes:** Estos son los que desencadenaran el evento o fenómeno en la zona de estudio.

Para movimiento en masa por Precipitación	Para movimiento en masa por Sismicidad		Mapa Resultado
Precipitaciones	Sismicidad (Aceleración Sísmica)	}	Mapa de Peligrosidad

Tabla 23. Factores Desencadenantes de Peligro por Movimientos en Masa

8.2.1. SUSCEPTIBILIDAD ANTE REMOCION EN MASA POR PRECIPITACIONES

Para el análisis estadístico y ponderación de los siguientes factores que involucran el peligro de remoción en masa por precipitación se usaron los métodos de análisis multicriterio y el proceso de jerarquización, propuestos en el Manual de Evaluación de riesgos del CENEPRED en 2014 (Ver anexo 3), este método consiste en la multiplicación

de cada valor asociado a los distintos factores condicionantes, con un peso ponderado asignado por el proceso de jerarquización y como resultado tenemos un mapa de susceptibilidad ante remoción en masa por precipitaciones para cada factor independiente, como se puede observar en la siguiente imagen.

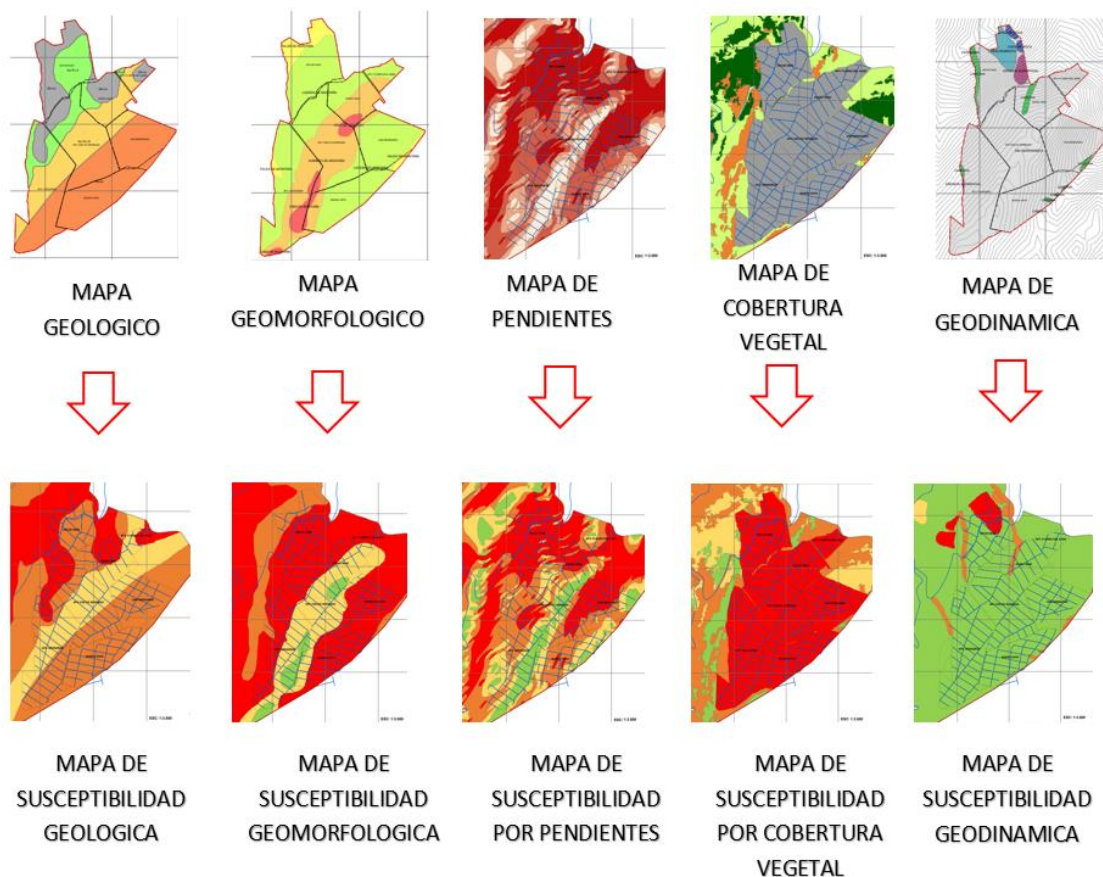


Figura 14. Obtención de mapas de susceptibilidad de los distintos factores condicionantes antes remoción en masa por precipitaciones

8.2.1.1. Factores Condicionantes para analizar la susceptibilidad ante movimiento en masa por precipitaciones

Para esta evaluación se trabajó con 5 parámetros o factores que fueron usados a su vez en el proyecto “MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DEL CUSCO (SGOTP, 2015), que son:



A. Factor Geológico – Litológico:

Este factor comprende las características litológicas que fueron analizadas con el objetivo de conocer el comportamiento y el grado de resistencia física de la roca y/o suelo frente a agentes erosivos tectónicos, principalmente para procesos de desestabilización; del mismo modo se analizaron las características físicas y químicas del material geológico.

A continuación, se muestra una tabla correspondiente a las características y valoración de este factor geológico litológico.

Clasificación	Valor	Descripción	Composición
BAJO	1	(Fm. Kayra)	Areniscas feldespáticas intercaladas con niveles de lutitas rojas.
MEDIO	3	(Fm. Puquín III)	Hacia la parte media y superior areniscas feldespáticas de color rojo de origen fluvial.
ALTO	5	(Fm. Puquín II, Fm. Quilque, Fm Chilca)	Pu II. Calizas, margas, lutitas negras ricas en materia orgánica y pirita. Parte superior lutitas verdes y rojas asociadas a yesos laminares, nódulos y mallas.
			Qu. Lutitas lacustres rojas moradas, areniscas microconglomerados fluviales.
MUY ALTO	7	(Dep. Fluviales, Dep. Coluviales, Dep Antropicos)	Gravas arcillosas, arenas de muy baja consolidación.

Tabla 24. Características y valoración del factor geológico - litológico

Se observa que los depósitos cuaternarios se encuentran mayormente en laderas de quebradas en la zona norte de la zona de estudio, además de ello dichos depósitos están expuestos a una alta meteorización y erosión, lo que le da una alta susceptibilidad.



Geológico – Litológico	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Bajo (Fm. Kayra)	1	0.33	0.2	0.14
Medio (Fm. Puquín III)	3	1	0.33	0.2
Alto (Fm. Puquín II, Fm. Quilque, Fm. Chilca)	5	3	1	0.33
Muy Alto (Dep. Fluviales, Dep. Coluviales, Dep. Antrópicos)	7	5	3	1
SUMA	16	9.33	4.53	1.68
1/SUMA	0.06	0.11	0.22	0.6

Tabla 25. Matriz de Comparación de Pares

Litología	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto	Vector de priorización	Porcentaje
Bajo	0.1	0.036	0.044	0.08522727	0.057	5.689
Medio	0.2	0.107	0.074	0.11931818	0.122	12.187
Alto	0.3	0.321	0.221	0.19886364	0.263	26.335
Muy alto	0.4	0.536	0.662	0.59659091	0.558	55.789
SUMA	1	1	1	1	1	100

Tabla 26. Matriz de Normalización de Pares

Clasificación	Descripción	Área de Susceptibilidad (ha)	Porcentaje (%)
BAJO	(Fm. Kayra)	0	0
MEDIO	(Fm. Puquin III)	25.5	10.77
ALTO	(Fm. Puquin II, Fm. Quilque)	137.83	58.17
MUY ALTO	(Dep. Fluviales, Dep. Coluviales, Dep. Antrópicos)	73.6	31.06
Total		236.93	100%

Tabla 27. Área de Susceptibilidad Geológica respecto al porcentaje de la zona

En el mapa M-05 podemos apreciar el factor geológico como condicionante donde se pueden distinguir las Formaciones Puquín (miembro I y II) y Quilque que abarcan gran parte de la zona de estudio, así mismo se observa que los depósitos cuaternarios se encuentran mayormente en laderas de quebradas en la zona norte.



En el mapa S-01 se aprecia el grado de susceptibilidad del factor geológico, teniendo como a los depósitos cuaternarios como aquellos que poseen mayor susceptibilidad debido a su exposición a meteorización y erosión, encontrándose en la categoría de Muy alto, además la formación Quilque y Puquín II que se encuentran en la categoría de Alto y finalmente colocando a las areniscas fracturadas de la formación Puquín III en la categoría de Medio.

B. Factor Geomorfológico:

En el sector Quilque encontramos las siguientes unidades geomorfológicas correspondientes a sub-paisaje:

- **Cima de Montaña:** Corresponde la parte más alta de la montaña y son las terrazas de montañas elevadas con pendientes moderadas a fuertes.
- **Hombro de Montaña:** Se ubica bajo la cima de montaña, están comprendidas dentro de las unidades de montañas bajas., su relieve tiene pendientes moderadas.
- **Ladera de Montaña:** Se encuentra bajo el hombro de montaña, presentan fuertes pendientes, algunas partes muestran procesos de disección y erosión por cursos de aguas estacionales, produciendo depósitos de material cuaternario en la base de la ladera.
- **Falda de Montaña:** Ubicad en la base de la ladera como pie de monte, que sufrirán descomposición química y erosión debido a las precipitaciones.

Clasificación	Valor	Descripción
BAJO	1	Cima de Montaña
MEDIO	3	Hombro de Montaña
ALTO	5	Falda de Montaña
MUY ALTO	7	Ladera de Montaña

Tabla 28. Caracterización y valoración del factor Geomorfológico



Forma de terreno	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Cima de Montaña	1	0.33	0.2	0.14
Hombro de Montaña	3	1	0.33	0.2
Falda de Montaña	5	3	1	0.33
Ladera de Montaña	7	5	3	1
SUMA	16	9.33	4.53	1.68
1/SUMA	0.0625	0.11	0.22	0.6

Tabla 29. Matriz de Comparación de Pares

Forma de terreno	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto	Vector de priorización	Porcentaje
Bajo	0.0625	0.036	0.044	0.0852	0.057	5.689
Medio	0.2	0.107	0.074	0.1193	0.122	12.187
Alto	0.3	0.321	0.221	0.1989	0.263	26.335
Muy alto	0.4	0.536	0.662	0.5966	0.558	55.789
SUMA	1	1	1	1	1	100

Tabla 30. Matriz de Normalización de Pares

Clasificación	Descripción	Área de Susceptibilidad (ha)	Porcentaje (%)
BAJO	Cima de Montaña	6.8	2.87
MEDIO	Hombro de Montaña	37.8	15.95
ALTO	Falda de Montaña	14.3	6.04
MUY ALTO	Ladera de Montaña	178.03	75.14
Total		236.93	100

Tabla 31. Área de Susceptibilidad Geomorfológica respecto al porcentaje de la zona

En el mapa M-04 podemos apreciar el factor geomorfológico como condicionante, donde se pueden observar las siguientes unidades geomorfológicas correspondientes a sub-paisaje, tales como Cima y Hombro de montaña que se ubican en la parte central de nuestra zona de estudio, en segundo lugar, tenemos la Ladera de montaña que es la unidad geomorfológica predominante en Quilque, finalmente la falda de montaña ubicada al norte de la zona de estudio.

En el mapa S-02 se aprecia el grado de susceptibilidad del factor geomorfológico, donde se le asignó la categoría de Muy alto a la ladera de montaña por su pendiente fuerte,



así como por su alto valor de contribución a la creación de suelos cuaternarios e inestables por la presencia de erosión en esa zona, se observa así también que es la zona con mayor extensión en Quilque. Finalmente se categorizaron los grados de susceptibilidad de la Falda de montaña como Alto, Hombro de montaña como Medio y Cima de montaña como bajo.

C. Factor Pendiente

Haciendo uso del software Global Mapper se obtuvo las curvas de nivel cada 2 metros, siendo muy aproximado a la realidad de la superficie de la zona, con estas curvas de nivel se obtuvo un DEM y luego los polígonos de pendientes en el software Arc Gis 10.4 para así obtener información altitudinal y clasificarlo, todo esto con el objetivo de obtener un mapa de pendientes. Para ello se clasificó en una serie de rangos de acuerdo al grado de su pendiente y su respectivo porcentaje:

- Pendiente de 0 - 14°: Muestran relieves llanos y ligeramente inclinados son característicos de fondos de valle y terrazas y las cimas de montaña.
- Pendiente de 15 - 34°: Corresponden a los relieves inclinados mayormente concentrados hacia las partes de alturas intermedias (falda de montaña) como resultado de la actividad de los agentes erosivos y sedimentarios de la zona, son usados también en la agricultura.
- Pendiente de 35 - 45°: Son terrenos con inclinación elevada (ladera de montaña) y el suelo va dejando de ser usado para la agricultura, se encuentran hacia las partes altas de la zona como resultado eminente de los procesos desgastantes.
- Pendientes >45°: Relieve fuertemente empinado a escarpado llegando a ser vertical con afloramientos rocosos mayormente.

Tomando en cuenta las características del relieve y relacionándolo con sus pendientes y la inestabilidad causada por el desgaste de la superficie, se consideró



lógicamente que cuanto mayor es la pendiente, mayor será el peligro a la erosión, y desestabilidad del terreno.

Clasificación	Valor	Descripción
BAJO	1	Pendiente de 0-14°
MEDIO	3	Pendiente de 15-34°
ALTO	5	Pendiente de 34-45°
MUY ALTO	7	Pendiente de 45° a más

Tabla 32. Características y valoración del factor pendientes

Pendientes	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Baja de 0-14°	1	0.33	0.2	0.14
Media de 15-34°	3	1	0.33	0.2
Alta de 35-45°	5	3	1	0.33
Muy alta > 46°	7	5	3	1
SUMA	16	9.33	4.53	1.68
1/SUMA	0.0625	0.11	0.22	0.6

Tabla 33. Matriz de Comparación de Pares

Pendientes	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto	Vector de priorización
Baja de 0-14°	0.0625	0.036	0.044	0.0852	0.057
Media de 15-34°	0.2	0.107	0.074	0.1193	0.122
Alta de 35-45°	0.3	0.321	0.221	0.1989	0.263
Muy alta > 45°	0.4	0.536	0.662	0.5966	0.558
SUMA	1	1	1	1	1

Tabla 34. Matriz de Normalización de Pares

Clasificación	Descripción	Área de Susceptibilidad (m2)	Porcentaje (%)
BAJO	Pendiente de 0-14°	60.84	25.68
MEDIO	Pendiente de 15-34°	171.63	72.44
ALTO	Pendiente de 34-45°	4.46	1.88
MUY ALTO	Pendiente de 45° a más	0	0
Total		236.93	100

Tabla 35. Área de Susceptibilidad de Pendientes respecto al porcentaje de la zona

En el mapa S-03 podemos apreciar el factor pendiente como condicionante, donde a través de los grados de pendientes presentes en la zona se pudieron clasificar en 4 grupos

independientes. Mientras que en el mapa S-04 se aprecia el grado de susceptibilidad del factor pendiente, donde se categorizaron los 4 grupos de pendientes y se les asignó un valor de susceptibilidad, así tenemos, una susceptibilidad baja de 0-14°, media de 15-34°, alta de 35-45° y muy alta mayores a 46°.

D. Factor Cobertura Vegetal:

Este factor fue analizado de acuerdo a las características de densidad de vegetación y la capacidad de protección del suelo de la erosión e intemperismo.

- **Vegetación tipo Matorral y herbazal:** aunque los tallos sean de menor longitud al de las diversas especies arbóreas están brindando una muy buena protección a los suelos ante procesos erosivos. (MINAM, 2015) Este tipo de cobertura vegetal se presenta principalmente en los alrededores de las APV Qapacñan, Kapacwasi y San Bernardo ubicados en los bordes de los lotes.



Fotografía 19. Matorrales y herbazales en los bordes de los lotes de la APV Qapacñan

- **Vegetación tipo Arbórea:** Ofrece una protección de grado medio pues el peso de algunas especies puede resultar perjudicial en lugar de representar una alternativa de prevención en la estabilidad de taludes. (Domínguez, 2019) Debido a la alta forestación en el sector Quilque con la lotización indiscriminada no queda mucha

manifestación de este tipo de vegetación, sin embargo, se pueden observar aun algunos tipos de especies en los alrededores del sector Quilque.



Fotografía 20. Vegetación Arborea ubicada en uno de los reservorios de agua al noroeste de la APV Flores del Ande.

- **Vegetación tipo Pastizal:** brindan una protección muy somera para evitar problemas de desmoronamiento, flujos de detritos, caída de materiales (suelos/rocas) deslizamientos etc. (Domínguez, 2019) Este tipo de vegetación se encuentra presente en el lado noroeste del sector Quilque, esta se vio afectada fuertemente por la lotización y remoción de tierras.



Fotografía 21. Pastizales presentes hacia la zona noroeste del sector Quilque.

- **Zonas Urbanas:** Zonas que no tienen cobertura vegetal son más susceptibles a fenómenos por movimientos en masa. (Domínguez, 2019) El sector Quilque ha

perdido gran cantidad de su vegetación debido al intento de urbanización en el mismo por lo que ya no se puede apreciar ninguna especie en los lotes de las diferentes APV presentes.



Fotografía 22. Ausencia de vegetación por la urbanización creciente en el sector Quilque

Clasificación	Valor	Descripción
BAJO	1	Vegetación tipo Matorral y herbazal
MEDIO	3	Vegetación tipo Arbórea
ALTO	5	Vegetación tipo Pastizal
MUY ALTO	7	Zonas Urbanas

Tabla 36. Características y valoración del factor cobertura vegetal

Cobertura Vegetal	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
BAJO: Vegetación tipo Matorral y herbazal: aunque los tallos sean de menor longitud al de las diversas especies arbóreas están brindan una muy buena protección a los suelos ante procesos erosivos.	1	0.33	0.2	0.14
MEDIO: Vegetación tipo Arbórea: Ofrece una protección de grado medio pues el peso de algunas especies puede resultar perjudicial en la prevención en la estabilidad de taludes.	3	1	0.33	0.2
ALTO: Vegetación tipo Pastizal: brindan una protección muy somera para evitar problemas de desmoronamiento, flujos de detritos, caída de materiales (suelos/rocas) deslizamientos etc.	5	3	1	0.33
MUY ALTO: Zonas urbanas o con intervención antrópica: Zonas que no tienen cobertura vegetal son más susceptibles a fenómenos por movimientos en masa.	7	5	3	1
SUMA	16	9.33	4.53	1.68

Tabla 37. Matriz de Comparación de Pares



Cobertura Vegetal	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	Vector de priorización
Bajo	0.0625	0.036	0.044	0.0852	0.057
Medio	0.2	0.107	0.074	0.1193	0.122
Alto	0.3	0.321	0.221	0.1989	0.263
Muy alto	0.4	0.536	0.662	0.5966	0.558
SUMA	1	1	1	1	1

Tabla 38. Matriz de Normalización de Pares

Clasificación	Descripción	Área de Susceptibilidad (Ha)
BAJO	Vegetación tipo Matorral y herbazal: aunque los tallos sean de menor longitud al de las diversas especies arbóreas están brindan una muy buena protección a los suelos ante procesos erosivos.	12.53
MEDIO	Vegetación tipo Arbórea: Ofrece una protección de grado medio pues el peso de algunas especies puede resultar perjudicial en lugar de representar una alternativa de prevención en la estabilidad de taludes.	33.57
ALTO	Vegetación tipo Pastizal: brindan una protección muy somera para evitar problemas de desmoronamiento, flujos de detritos, caída de materiales (suelos/rocas) deslizamientos etc.	118.39
MUY ALTO	Zonas Urbanas: Zonas que no tienen cobertura vegetal son más susceptibles a fenómenos por movimientos en masa.	72.44
Total		236.93

Tabla 39. Área de Susceptibilidad de Cobertura Vegetal respecto al porcentaje de la zona

En el mapa S-05 podemos apreciar el factor cobertura vegetal como condicionante, en el mapa se observa que todas las APVs del sector Quilque presentan una importante pérdida de cobertura vegetal debido a la expansión urbana, produciendo una aceleración de los procesos erosivos, en segundo lugar, tenemos a los pastizales, en tercer lugar, se encuentran las arbóreas ubicadas al norte y finalmente, los matorrales y herbazales ubicados en la zona sur oeste de la zona de estudio.

En el mapa S-06 se aprecia el grado de susceptibilidad del factor cobertura vegetal, resaltan las zonas urbanas con categoría de muy alto debido al fuerte proceso erosivo



producto del urbanismo, seguido de los pastizales en alto, ya que brindan una protección muy somera en problemas de desmoronamiento, deslizamientos, etc. Además, se observan las arbóreas en categoría medio, y finalmente, los matorrales y herbazales categorizados en bajo por la protección que brindan a los suelos del proceso erosivo.

E. Factor Geodinámica:

Para analizar este factor se tuvo que considerar el mapeo realizado de fenómenos existentes en la zona por movimientos en masa recientes, como también otros procesos que generen daños o modifiquen el pasaje rocoso o el relieve. Este factor es resultado de la conjunción de los factores analizados anteriormente, los que influyen en la geodinámica, por ende, no se observaran fenómenos geodinámicos en zonas donde no hay susceptibilidad o tiene una susceptibilidad baja; y de igual modo, en zonas con bastante susceptibilidad, existirá esta geodinámica. Los fenómenos geodinámicos mapeados en la zona de estudio son:

- Caída de Roca: uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de la ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Este material cae pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento. (Varnes, 1996)
- Deslizamiento Rotacional: Deslizamiento rotacional: la superficie de falla es formada por una curva cuyo centro de giro se encuentra por encima del centro de gravedad del cuerpo del movimiento. El movimiento produce un área superior de hundimiento y otra inferior de deslizamiento generándose comúnmente, flujos de materiales por debajo del pie del deslizamiento. (Cruden & Varnes, 1996)
- Cárcava: Es un producto de la erosión que generalmente sigue la pendiente máxima del terreno y constituye un cauce natural por donde se desplaza el agua, escorrentía, proveniente de las lluvias produciendo a su vez erosión.

- **Derrumbe:** Es el desplazamiento de una masa grande de tierra que se desprende por una ladera. Estos pueden ser deslizamientos, flujos de lodo, licuefacción y reptación. Estos son provocados por terremotos, erupciones volcánicas o inestabilidad en las zonas cercanas.
- **Erosión Superficial:** Es el desgaste y transporte del material geológico que se produce por efectos de vientos y gravedad, desplazando y depositando los sedimentos en nuevas ubicaciones.

Para este factor se consideró los anteriores fenómenos geodinámicos de acuerdo al grado de peligrosidad analizada:

Clasificación	Valor	Descripción
BAJO	1	Sin geodinámica, Erosión Superficial
MEDIO	3	Erosión Fluvial, Reptación
ALTO	5	Carcavamiento, Caída de material
MUY ALTO	7	Deslizamientos, Derrumbes

Tabla 40. Caracterización y valoración del factor geodinámica

Geodinámica	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Sin geodinámica, Erosión Superficial	1	0.33	0.2	0.14
Erosión Fluvial, Reptación	3	1	0.33	0.2
Carcavamiento, Caída de material	5	3	1	0.33
Deslizamientos, Derrumbes	7	5	3	1
SUMA	16	9.33	4.53	1.68
1/SUMA	0.0625	0.11	0.22	0.6

Tabla 41. Matriz de Comparación de Pares

Geodinámica	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	Vector de priorización
Bajo	0.0625	0.036	0.044	0.0852	0.057
Medio	0.2	0.107	0.074	0.1193	0.122
Alto	0.3	0.321	0.221	0.1989	0.263
Muy alto	0.4	0.536	0.662	0.5966	0.558
SUMA	1	1	1	1	1

Tabla 42. Matriz de Normalización de Pares



En la zona de estudio se presentan fenómenos geodinámicos de remoción en masa, los cuales tienen un alto grado de peligrosidad.

Clasificación	Descripción	Área de Susceptibilidad (ha)	Porcentaje (%)
BAJO	Sin geodinámica, Erosión Superficial	217.82	91.93
MEDIO	Erosión Fluvial, Reptación	3.58	1.51
ALTO	Carcavamiento, Caída de material	5.91	2.5
MUY ALTO	Deslizamientos, Derrumbes	9.62	4.06
Total		236.93	100

Tabla 43. Área de Susceptibilidad geodinámica respecto al porcentaje de la zona

En el mapa M-10 podemos apreciar el factor geodinámico como condicionante, tenemos la existencia de algunos fenómenos de geodinámica externa tales como Derrumbes, Deslizamiento, Erosión, Humedales, Caídas de rocas y Cárcavas, la mayoría de ellos ubicados en la zona norte de Quilque. En el mapa S-07 se aprecia el grado de susceptibilidad de dicho factor, se agruparon estos fenómenos en 4 grupos de susceptibilidad dependiendo de su grado de peligrosidad, en primer lugar, los Deslizamientos y Derrumbes tienen categoría de muy alto. En segundo lugar, las cárcavas y la caída de rocas tienen categoría de alto. En tercer lugar, tenemos las erosiones y reptaciones con categoría de medio. Finalmente, se categorizan a las zonas sin geodinámica y presencia de erosión superficial como Bajos.

Asignación del Peso Descriptivo del Peso Ponderado de los Factores

Condicionantes:

En la siguiente tabla se muestra el peso que se le dio a cada factor considerando su susceptibilidad de acuerdo al peso ponderado.



Susceptibilidad Mov. en masa	Cobertura Vegetal	Pendientes	Geoforma	Geodinámica	Litología
Cobertura vegetal	1	0.33	0.20	0.14	0.11
Geoforma	3	1	0.33	0.20	0.14
Geodinámica	5	3	1	0.33	0.20
Pendientes	7	5	3	1	0.33
Geología - litología	9	7	5	3	1
SUMA	25.00	16.33	9.53	4.68	1.79
1/SUMA	0.04	0.06	0.10	0.21	0.56

Tabla 44. Matriz de comparación de pares para asignar el peso ponderado a cada factor

Susceptibilidad mov. en masa	Cobertura vegetal	Pendientes	Geoforma	Geodinámica	Litología	Vector de priorización
Cobertura vegetal	0.040	0.020	0.021	0.031	0.062	0.035
Geoforma	0.120	0.061	0.035	0.043	0.080	0.068
Geodinámica	0.200	0.184	0.105	0.071	0.112	0.134
Pendientes	0.280	0.306	0.315	0.214	0.187	0.260
Geología - litología	0.360	0.429	0.524	0.642	0.560	0.503
SUMA	1	1	1	1	1	1

Tabla 45. Matriz de Normalización de los factores condicionantes

8.2.1.2. Factores Desencadenantes de la susceptibilidad ante movimiento en masa por precipitaciones

El factor desencadenante más importante del peligro por remoción en masa, sería la cantidad de precipitaciones ocurridas en el año, principalmente durante la temporada de precipitaciones máximas, en los meses de diciembre a marzo, desencadenando los peligros en la zona de estudio.

Clasificación	Valor	Precipitación descripción (mm/año)
BAJO	1	< 600
MEDIO	3	600-1500
ALTO	5	1500 -2500
MUY ALTO	7	2500-4700

Tabla 46. Caracterización y valoración de las Precipitaciones promedio anuales

Precipitación (mm/año)	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
< 600	1	0.33	0.2	0.14
600-1500	3	1	0.33	0.2
1500 -2500	5	3	1	0.33
2500-4700	7	5	3	1
SUMA	16	9.33	4.53	1.68
1/SUMA	0.0625	0.11	0.22	0.6

Tabla 47. Matriz de Comparación de Pares

Precipitación	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	Vector de priorización
Bajo	0.0625	0.036	0.044	0.0852	0.057
Medio	0.2	0.107	0.074	0.1193	0.122
Alto	0.3	0.321	0.221	0.1989	0.263
Muy alto	0.4	0.536	0.662	0.5966	0.558
SUMA	1	1	1	1	1

Tabla 48. Matriz de Normalización de Pares

En el mapa M-07 podemos apreciar el mapa de factor desencadenante precipitación, se observa que el total del área de estudio se encuentra en una zona de precipitaciones de 700 mm/año.

8.2.1.3. Modelo de susceptibilidad remoción en masa por precipitaciones

Para lograr analizar la zona de estudio se utilizó el siguiente modelo de susceptibilidad, utilizando el cálculo de los rangos que se obtuvieron a partir de la interacción de los cinco mapas de susceptibilidad de factores condicionantes vistos anteriormente: geológico, geomorfológico, de pendientes, de cobertura vegetal y geodinámica, asignando un valor de ponderación a cada factor, para posteriormente con la ayuda del Sistema de Información Geográfico, se obtiene el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, haciendo uso de la siguiente ecuación:



$$\mathbf{VFAC_COND = PPAR_GEOLO (PDESC_GEOLO)+ PPAR_GEOMO (PDESC_GEOMO)+ PAR_GEOD (PDESC_GEOD) + PPAR_PEND (PDESC_PEND)+ PPAR_COVE (PDESC_COVE)}$$

Donde:

VFAC_COND: Variable del Factor condicionante

PPAR_GEOLO: Peso del Parámetro susceptibilidad de la variable litología.

PPAR_GEOMO: Peso del Parámetro susceptibilidad de la variable geomorfología.

PPAR_GEOD: Peso del Parámetro susceptibilidad de la variable geodinámica

PPAR_PEND: Peso del Parámetro susceptibilidad de la variable pendientes.

PPAR_COVE: Peso del Parámetro susceptibilidad de la variable cobertura vegetal.

PDESC_GEOLO: Peso descriptivo de la variable litología.

PDESC_GEOMO: Peso descriptivo de la variable geomorfología.

PDESC_GEOD: Peso descriptivo de la variable geodinámica.

PDESC_PEND: Peso descriptivo de la variable pendiente.

PDESC_COVE: Peso descriptivo de la variable cobertura vegetal.

Luego de haber obtenido el mapa de susceptibilidad de factores condicionantes, se procede a intersectar con el mapa de susceptibilidad de factores desencadenantes (precipitaciones), con la siguiente ecuación:

$$\mathbf{Vpeligro = VFACTCOND * PFACTCOND + VFACTDESC*PFACTDESC}$$

Donde:

VPELIGRO: Variable del Nivel de Peligrosidad.

VFACTCOND: Variable del Factor Condicionante.

VFACTDESC: Variable del Factor Desencadenante (Precipitación).

PFACTCOND: Peso del Factor Condicionante.

PFACTDESC: Peso del Factor Desencadenante (Precipitación).



8.2.2. PELIGRO POR REMOCION EN MASA POR PRECIPITACIONES

Para obtener los rangos de peligrosidad por movimientos de masa en el mapa, se calcula los valores de interacción entre el mapa de susceptibilidad de los factores condicionantes y el mapa de susceptibilidad del factor desencadenante (precipitación promedio anual), esto se calcula realizando una multiplicación de los valores de susceptibilidad de movimientos en masa con el factor desencadenante (precipitaciones)

Posteriormente se clasificará en los cuatro grados de peligrosidad, esto se logró obtener con el uso de un modelo heurístico multivariado, que implica el análisis cruzado de seis mapas, y como resultado tenemos que la zona de estudio se concentran las categorías de medio, alto y muy alto grado de peligrosidad.

NIVEL DE PELIGRO					
NIVEL	RANGO				
MUY ALTO	0.261	<	P	≤	0.504
ALTO	0.135	<	P	≤	0.261
MEDIO	0.060	<	P	≤	0.135
BAJO	0.039	≤	P	≤	0.060

Tabla 49. Matriz de Peligrosidad

Como resultado se obtuvo el mapa de peligros por remoción en masa por precipitaciones que se muestran el mapa S-10, se pueden observar 3 categorías de peligrosidad, teniendo al peligro Muy alto hacia la zona norte, Medio en la zona central y Alto al resto de la extensión del sector Quilque.



8.2.3. SUSCEPTIBILIDAD ANTE MOVIMIENTOS EN MASA POR SISMOS

8.2.3.1. Factores Condicionantes para analizar la Susceptibilidad ante Movimientos en Masa por Sismos

Es indispensable conocer la relación que existe entre la velocidad de onda de corte al pasar por materiales y su respectivo comportamiento geotécnico ante un sismo. Cuando se produce un sismo, se generan ondas elásticas que viajan principalmente por las rocas, pero cuando en su camino estas se encuentran con depósitos de suelo que sobreyacen a la roca, al tener estos suelos una rigidez mucho menor, se produce el fenómeno de refracción; debido a esto las ondas sísmicas se propagan casi verticalmente a través de los depósitos de suelos hasta llegar a la superficie.

Las ondas elásticas en los suelos tienen la característica de tener la velocidad de propagación de onda de corte (V_s) o también llamada onda secundaria, es por eso que son muy importantes de conocer los perfiles de variación de velocidad de onda de corte respecto a la profundidad en los depósitos de suelos. Este principio nos servirá para realizar el análisis de Susceptibilidad para sismos que nos ayudara a realizar la zonificación geotécnica de la zona de estudio, es por esta razón que se considerara los estudios geofísicos realizados en la ciudad del Cusco y zonas de expansión urbana realizados en el “Proyecto PER/02/051 del INDECI y la UNSA”, del mismo modo el Levantamiento Geofísico que fue realizado en las quebradas de Sipasmayo, que atraviesan las formaciones litológicas encontradas en la zona de estudio, que servirán para correlacionarlo y aplicarlo en nuestra zona de estudio.

Con el objetivo de comprender el comportamiento físico y mecánico del suelo y de la roca y el grado de resistencia ante la propagación de la onda a través del terreno, es necesario analizar la velocidad de onda.

Los suelos especiales como las arenas y limos son muy susceptibles a la licuefacción, y son analizados con los métodos de onda de Superficie (ReMi); “este análisis se basa en el principio de que en un medio elástico estratificado, como son los depósitos de suelo, la velocidad de las ondas Rayleigh varía en función de las frecuencias. Entonces, si se determina esta variación de velocidades con las frecuencias y se aplica un proceso de inversión, es posible determinar la velocidad de las ondas Rayleigh (VR) a profundidad. Como la velocidad VR es ligeramente menor (alrededor de 7%) a la velocidad de ondas de Corte (VS) estas dos velocidades se consideran equivalentes” (S. Lazcano 2007, Caracterización de suelos arenosos mediante análisis de ondas de superficie, p. 13)

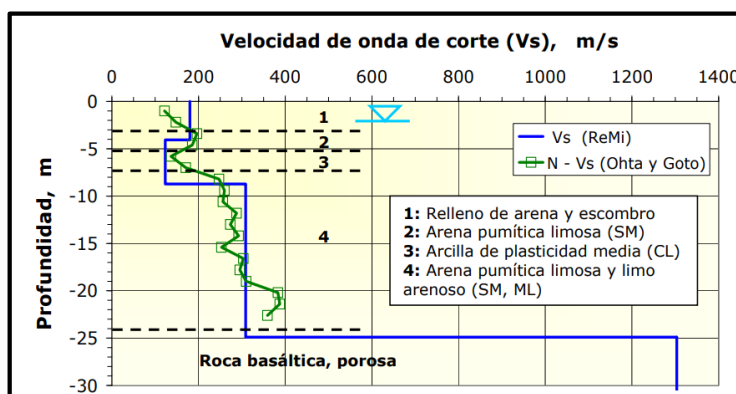


Figura 15. Velocidad de Onda de Corte ante profundidad. Fuente: S. Lazcano “Caracterización de suelos arenosos mediante análisis de ondas de superficie”

La figura anterior muestra valores referenciales de velocidad de ondas de corte Vs (ReMi) en suelos especiales de un ensayo realizado en medios similares al que se tiene en las cuencas de la Provincia del Cusco, en la que se puede apreciar las velocidades para arcillas y arenas, valores menores a 180 m/seg. Se tomarán estos valores en consideración para la clasificación Sísmico – Geotécnico.

Para la evaluación de la susceptibilidad ante remoción en masa por sismicidad también se trabajó con 5 factores (SGOTP, 2015) y bajo el mismo método de análisis multicriterio y proceso de jerarquización (Anexos 4 y 5), de los cuales se obtuvieron los

distintos mapas de susceptibilidad diferenciándose únicamente en la inclusión del factor geotécnico para el análisis de esta susceptibilidad, como se puede observar en la sgte imagen.

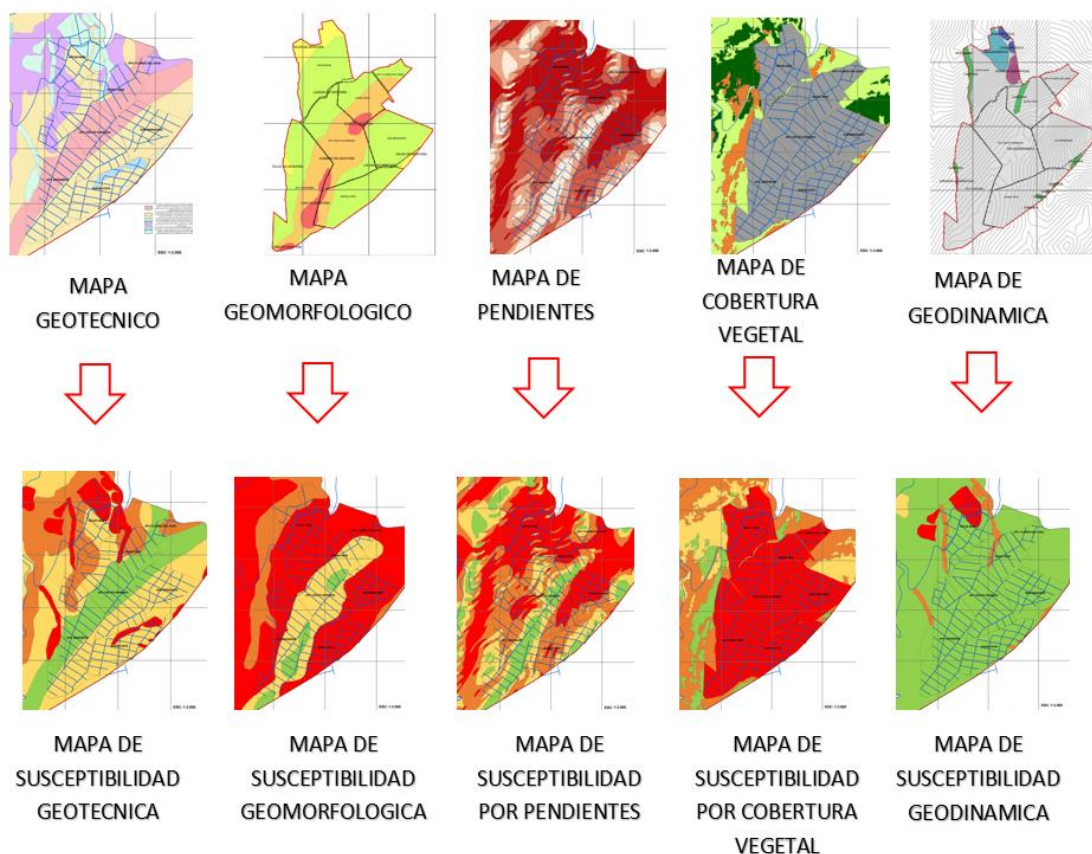


Figura 16. Obtención de mapas de susceptibilidad de los distintos factores condicionantes antes remoción en masa por sismicidad

A. Factor Geotécnico:

Este factor muestra la distribución espacial de los materiales que se encuentran en la zona de estudio, basándonos en su composición litológica, ordenamiento de los elementos constituyentes de su litología, y sus paleo relieves. El comportamiento físico y mecánico del terreno durante y después de la construcción de viviendas o infraestructuras depende las características geotécnicas de los materiales y de igual manera de los suelos sobre los que se construyen las viviendas, pues son la última capa por donde se liberan las ondas sísmicas. Cuando se produce un sismo, los daños en las viviendas se deben



principalmente a que estas se encuentran sobre suelos blandos o de poca consistencia, suelos inestables o de relleno antrópico; por esta razón es muy importante conocer el tipo de suelo sobre el cual se construyen una vivienda con el objetivo de reducir el efecto de las ondas sísmicas que movilizan los suelos. Se consideran las siguientes secciones geotécnicas:

Roca dura: corresponden las rocas sanas con velocidad de propagación de ondas de corte V_s que va de 760 a 1500 m/s. (Formación Kayra y Puquín III).

Suelos Rígidos: Suelos rígidos con velocidades de propagación de onda de corte V_s entre 360 m/s y 760m/s. Roca fracturada, con una resistencia a la compresión no confinada q_u mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm²).

- Arena muy densa o grava arenosa densa, con \bar{N}_{60} mayor que 50.
- Arcilla muy compacta (de espesor menor que 20 m), con una resistencia al corte en condición no drenada \bar{S}_u mayor que 100 kPa (1 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad. Corresponde a lutitas rojas y verdes fracturadas y tectonizadas, areniscas fracturadas, lutitas negras ricas en materia orgánica, calizas, margas (Formación Quilque, Chilca y Puquín miembro II).

Suelos Moderadamente Rígidos: A este tipo corresponden los suelos medianamente rígidos o intermedios, con velocidades de propagación de onda de corte \bar{V}_s , entre 180 m/s y 360 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT \bar{N}_{60} , entre 15 y 50.
- Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada \bar{S}_u , entre 50 kPa (0,5 kg/cm²) y 100 kPa (1 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

En la zona de estudio corresponde a los estratos de bancos areno- conglomerádicos



conformado por material detrítico con gravas y arena en matriz de limo y arcilla, yesos. (Depósitos Coluviales y fluviales).

Suelos Blandos: Corresponden a este tipo los suelos flexibles con velocidades de propagación de onda de corte V_s , menor o igual a 180 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena media a fina, o grava arenosa, con valores del SPT N_{60} menor que 15.
- Suelo cohesivo blando, con una resistencia al corte en condición no drenada \bar{S}_u , entre 25 kPa (0,25 kg/cm²) y 50 kPa (0,5 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.
- Cualquier perfil que no correspondan al tipo S4 y que tenga más de 3 m de suelo con las siguientes características: índice de plasticidad PI mayor que 20, contenido de humedad ω mayor que 40%, resistencia al corte en condición no drenada \bar{S}_u menor que 25 kPa.

Este tipo de suelos corresponde a bofedales y/o humedales.

Suelos inestables o con efectos Topográficos: son suelos limo-arenoso o limo-yesíferos normalmente relacionadas con agua y que pueden colapsar. Los efectos de este colapso pueden manifestarse en forma de asientos bruscos del terreno pues su estructura es abierta y floja. En ausencia de agua estos suelos se mantienen estables presentando una débil a moderada resistencia. En presencia del agua, el cemento interpartículas se disuelve y pierde su escasa capacidad portante. Este tipo de suelos se observa en cortes de carretera mayormente, produciendo caída de suelos, derrumbes, deslizamientos, cárcavas, erosión superficial.

Zonas de Relleno: Corresponden a zonas que se utilizan para descargar escombros, hormigón de restos de obra, etc. Con 3 metros o más de espesor, estos no son compactos, mas por el contrario son muy porosos y producen una alta filtración de aguas residuales



que contaminan el sustrato, muchas produciendo olores fétidos en las partes más superficiales del terreno. Representan un problema geotécnico por su comportamiento poco fiable es decir la imposibilidad de prever su composición general y mucho menos su comportamiento frente a las acciones de una cimentación, agua, movimientos sísmicos, por no mencionar su falta de compactación, presencia de huecos y materiales degradables.

Clasificación	Valor	Descripción	Composición
BAJO	1	Roca (Fm. Kayra y Pu III)	Corresponden las rocas sanas con velocidad de propagación de ondas de corte Vs que va de 760 a 1500 m/s. (Formación Kayra y Puquín III)
MEDIO	3	Suelo Rígidos (Fm. Puquín II, Quilque y Chilca)	Suelos rígidos con velocidades de propagación de onda de corte Vs entre 360 m/s y 760m/s. Roca fracturada, con una resistencia a la compresión no confinada qu mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm2).
ALTO	5	Suelos Moderadamente Rígidos (Depósitos Fluviales y Coluviales)	Corresponden a este tipo los suelos flexibles con velocidades de propagación de onda de corte Vs, menor o igual a 180 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre: Arena media a fina, o grava arenosa, con valores del SPT N 60 menor que 15.
MUY ALTO	7	Suelos Blandos, Inestables, Zonas de relleno (Dep. Antrópicos)	Son suelos limo - arenos o limo - yesíferos normalmente relacionadas con agua y que pueden colapsar. Los efectos de este colapso pueden manifestarse en forma de asientos bruscos del terreno pues su estructura es abierta y floja. Zonas peligrosas para construcciones propensas a asentamientos conformado por gravas arcillosas, limos, arenas de muy baja consolidación
			Suelos especiales.

Tabla 50. Caracterización y Valoración del factor geotécnico

Sísmica - Geotécnica	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Roca (Fm. Kayra y Pu III)	1	0.33	0.2	0.14
Suelo Rígidos (Fm. Puquín II, Quilque y Chilca)	3	1	0.33	0.2
Suelos Moderadamente Rígidos (Depósitos Fluviales y Coluviales)	5	3	1	0.33
Suelos Blandos, Inestables, Zonas de Relleno (Dep. Antrópicos)	7	5	3	1
SUMA	16	9.33	4.53	1.68
1/SUMA	0.06	0.11	0.22	0.6

Tabla 51. Matriz de Comparación de Pares



Litología	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto	Vector de priorización
Bajo	0.1	0.036	0.044	0.085	0.057
Medio	0.2	0.107	0.074	0.119	0.122
Alto	0.3	0.321	0.221	0.199	0.263
Muy alto	0.4	0.536	0.662	0.597	0.558
SUMA	1	1	1	1	1

Tabla 52. Matriz de Normalización de Pares

Clasificación	Descripción	Área de Susceptibilidad (ha)	Porcentaje (%)
BAJO	Roca (Fm. Kayra y Pu III)	25.21	10.64
MEDIO	Suelo Rígidos (Fm. Puquín II, Quilque y Chilca)	129.12	54.5
ALTO	Suelos Moderadamente Rígidos (Depósitos Fluviales y Coluviales)	57.59	24.31
MUY ALTO	Suelos Blandos, Inestables, Zonas de Relleno (Dep. Antrópicos)	25.01	10.56
Total		236.93	100%

Tabla 53. Área de Susceptibilidad Geotécnica respecto al porcentaje de la zona de estudio

Con estos valores obtenemos el mapa del factor geotécnico tal como se muestra en el mapa S-08, se identificaron 6 tipos de materiales a los cuales dependiendo sus propiedades geotécnicas se clasificaron como roca, Suelos Rígidos, Suelos Moderadamente Rígidos y Suelos Blandos, se describen además las propiedades de cada uno de ellos en la viabilidad de construcciones de viviendas, edificaciones, etc. En el mapa S-09 apreciamos el mapa de susceptibilidad geotécnica, donde se categorizaron las susceptibilidades a los Suelos blandos como Muy alto, los suelos Moderadamente Rígidos como alto, los suelos Rígidos como medio y finalmente a los afloramientos rocosos como bajo.

Los siguientes 4 factores condicionantes restantes corresponden a los que se desarrollaron anteriormente en el capítulo 11.2.1.1 de factores condicionantes de la “susceptibilidad ante movimiento en masa por precipitaciones”, que son:



- **Factor Pendiente**
- **Factor Geodinámico**
- **Factor Geomorfología**
- **Factor Cobertura Vegetal**

Para realizar el análisis de la susceptibilidad sísmica se trabajó con los mismos 4 factores condicionantes, excepto el factor litológico, y en su lugar se consideró el factor geotécnico.

Asignación del Peso Descriptivo del Peso Ponderado de los Factores Condicionantes:

En la siguiente tabla se muestra el peso que se le dio a cada factor considerando su susceptibilidad de acuerdo al peso ponderado.

Susceptibilidad Sísmica	Cobertura Vegetal	Pendientes	Geoforma	Geodinámica	Litología
Cobertura Vegetal	1	0.33	0.20	0.14	0.11
Geoforma	3	1	0.33	0.20	0.14
Geodinámica	5	3	1	0.33	0.20
Pendientes	7	5	3	1	0.33
Sísmico Geotécnico	9	7	5	3	1
SUMA	25.00	16.33	9.53	4.68	1.79
1/SUMA	0.04	0.06	0.10	0.21	0.56

Tabla 54. Matriz de comparación de pares de los factores condicionantes para Sismicidad.

Susceptibilidad Sísmica	Cobertura Vegetal	Pendientes	Geoforma	Geodinámica	Litología	Vector De Priorización	Porcentaje
Cobertura Vegetal	0.040	0.020	0.021	0.031	0.062	0.035	3.482
Geoforma	0.120	0.061	0.035	0.043	0.080	0.068	6.778
Geodinámica	0.200	0.184	0.105	0.071	0.112	0.134	13.435
Pendientes	0.280	0.306	0.315	0.214	0.187	0.260	26.023
Sísmico Geotécnico	0.360	0.429	0.524	0.642	0.560	0.503	50.282
SUMA	1	1	1	1	1	1	100

Tabla 55. Pesos ponderados para la susceptibilidad sísmica



8.2.3.2. Factores Desencadenantes para analizar la Susceptibilidad ante Movimientos en Masa por Sismos

➤ Factor Aceleración Sísmica

El factor desencadenante para que se produzca movimientos en masa por Sismos, sería la aceleración sísmica, para ello se realizara el análisis del comportamiento de los materiales que componen la superficie ante una aceleración (g) de Magnitud “M” (Magnitud del Momento)

Para realizar nuestro estudio, se analizó la aceleración sísmica de la falla Tambomachay, la cual es una falla activa en la ciudad del Cusco, que tiene una magnitud máxima de 6.6 Mw. Debido a que la aceleración sísmica no es una medida de la energía total liberada por el terremoto, no se puede considerar como una medida de magnitud, sino de intensidad, razón por la cual es correlacionable con la escala de Mercalli, pues este mide la intensidad de daño o efectos generados por el sismo.

Es fundamental señalar que cuando se produce un sismo, el daño que reciben los edificios, viviendas e infraestructuras están directamente relacionados con la aceleración sísmica y no con la magnitud del sismo. Para este análisis se utilizó el modelo generado por el INGEMMET publicado en su boletín N° 55 Serie C de Geodinámica e Ingeniería Geológica.

La falla de Tambomachay es considerada da por su cercanía a la ciudad del Cusco, y también por mostrar suficientes indicios de haberse originado o reactivado durante el Cuaternario, siendo una falla activa; que ejerce un control estructural en la cuenca del Huatanay, así como de depósitos sedimentarios y principalmente en la génesis de la sismicidad histórica.

La falla Tambomachay está ubicada al límite norte de la ciudad del Cusco, y se extiende con dirección N 120° E, con una longitud aproximada de 2 km, y limita una cuenca

rellenada por depósitos fluviales y lacustres del Cuaternario. Esta falla se ubica aproximadamente a 4 km de la zona de estudio, convirtiéndolo en un peligro latente.

Potencial De Daño	Magnitud Máxima en MW	Aceleración	Escala Mercalli
FUERTE A MUY FUERTE	6.6	>0,45	Escala Mercalli >VIII

Tabla 56. Caracterización y valoración del factor desencadenante Aceleración Sísmica y su relación con la Escala Mercalli

Esto nos indica que en un supuesto escenario donde ocurra un sismo originado en la falla Tambomachay con una magnitud máxima equivalente en escala Mercalli de intensidad VIII, nos indica un grado de susceptibilidad muy fuerte alrededor de unos 17.6 km de radio a partir del epicentro de la falla, esto significa que los daños serian considerables en estructuras ordinarias tecnicadamente construidas, y posibles derrumbes, daños severos en estructuras sin tecnificación debida, mampostería seriamente dañada o destruida, luego el daño va disminuyendo a medida que se aleja del epicentro del modelo.

Aceleración sísmica	<0.039	0.039-0.18	0.18-1.24	>1.24
<0.039	1	0.33	0.2	0.14
0.039-0.018	3	1	0.33	0.2
0.018-1.24	5	3	1	0.33
>1.24	7	5	3	1
SUMA	16	9.33	4.53	1.68
1/SUMA	0.0625	0.11	0.22	0.6

Tabla 57. Matriz de Comparación de Pares de la Aceleración Sísmica

Aceleración sísmica	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	Vector de priorización
Bajo	0.0625	0.036	0.044	0.0852	0.057
Medio	0.2	0.107	0.074	0.1193	0.122
Alto	0.3	0.321	0.221	0.1989	0.263
Muy alto	0.4	0.536	0.662	0.5966	0.558
SUMA	1	1	1	1	1

Tabla 58. Matriz de Normalización de Pares de la Aceleración Sísmica



También se consideró el mapa de factor de sismicidad para la zona de estudio, según se muestra en el mapa M-09, donde se puede observar que la totalidad del sector Quilque se encuentra en la categoría de aceleración sísmica Moderada a Fuerte.

8.2.3.3. Modelo de Susceptibilidad ante Movimientos en Masa por Sismicidad

Se ha realizado un cálculo de los rangos a partir del análisis realizado de los valores obtenidos de las interacción de los cinco mapas de susceptibilidad de factores condicionantes: Geotécnico, geomorfológico, geodinámica, pendiente y cobertura vegetal asignándoles ponderación a cada factor, con el fin de analizar la susceptibilidad de la zona de estudio; luego con la ayuda del Sistema de Información Geográfico para el modelamiento del cual se obtuvo el mapa de Susceptibilidad a movimientos de en masa, con la siguiente ecuación:

$$\text{VFAC_COND} = \text{PPAR_GEOT} (\text{PDESC_GEOT}) + \text{PPAR_PEND} (\text{PDESC_PEND}) \\ + \text{PPAR_GEOMO} (\text{PDESC_GEOMO}) + \text{PPAR_GEOD} (\text{PDESC_GEOD}) +$$

Donde:

VFAC_COND: Variable del Factor condicionante para Sismicidad

PPAR_GEOT: Peso del Parámetro susceptibilidad de la variable Sísmico Geotécnico.

PPAR_PEND: Peso del Parámetro susceptibilidad de la variable pendientes

PPAR_GEOMO: Peso del Parámetro susceptibilidad de la variable geomorfología.

PPAR_GEOD: Peso del Parámetro susceptibilidad de la variable geodinámica.

PPAR_COVE: Peso del Parámetro susceptibilidad de la variable cobertura vegetal.

PDESC_GEOT: Peso descriptivo de la variable Sísmico Geotécnico.

PDESC_GEOMO: Peso descriptivo de la variable geomorfología.

PDESC_GEOD: Peso descriptivo de la variable geodinámica.

PDESC_PEND: Peso descriptivo de la variable pendiente.

PDESC_COVE: Peso descriptivo de la variable cobertura vegetal.



8.2.4. PELIGRO POR REMOCION EN MASA POR SISMOS

Luego de haber obtenido el mapa de susceptibilidad de factores condicionantes, se procede a intersectar con el mapa de susceptibilidad de factores desencadenantes, en este caso el mapa de susceptibilidad de Aceleración Sísmica.

Para obtener el mapa de susceptibilidad donde el factor desencadenante (peligro por sismo), se trabajó con la siguiente fórmula:

$$VPeligro = VFACTCOND*PFACTCOND+ VFACTDESC*PFACTDESC$$

Donde:

VPeligro: Variable del Nivel de Peligrosidad por Sismo.

VFACTCOND: Variable del Factor Condicionante.

VFACTDESC: Variable del Factor Desencadenante (Aceleración de Sismo).

PFACTCOND: Peso del Factor Condicionante.

PFACTDESC: Peso del Factor Desencadenante (Aceleración de Sismo).

Para poder clasificar los rangos del mapa por peligrosidad por movimientos en masa se calcula los valores de las interacciones entre el mapa de susceptibilidad de factores condicionantes y el mapa de susceptibilidad de factor desencadenante, en este caso aceleración sísmica, para ello se multiplica los valores de susceptibilidad a movimientos en más con el factor desencadenante (aceleración sísmica).

Posterior a ellos se clasificará en cuatro grados de peligrosidad, este se obtuvo usando el modelo heurístico multivariado, que involucra el análisis cruzado de seis mapas, y como resultado se tiene que en la zona de estudio se concentran en las categorías de alta y muy alta peligrosidad.



NIVEL DE PELIGRO					
NIVEL	RANGO				
MUY ALTO	0.261	<	P	≤	0.504
ALTO	0.135	<	P	≤	0.261
MEDIO	0.060	<	P	≤	0.135
BAJO	0.039	≤	P	≤	0.060

Tabla 59. Matriz de Peligrosidad

Como resultado obtuvimos el mapa de Peligros por remoción en masa por sismicidad, como se muestra en el mapa S-11, como se puede observar gran parte de la zona de estudios se encuentra en la categoría de peligro alto, excepto algunos sectores que debido a la intersección de algunos factores condicionantes se encuentran en la categoría de muy alto.



IX. CAPITULO IX

Determinación de Vulnerabilidad

9.1. Análisis de la Vulnerabilidad

La vulnerabilidad está definida como la susceptibilidad de la población, **la estructura física** o las **actividades socioeconómicas**, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza. Se tomó en cuenta los datos obtenidos de encuestas realizadas a los pobladores de las diferentes APVs del sector Quilque (Ver Anexo 4). El análisis de la vulnerabilidad se hizo tomando en cuenta tres Dimensiones muy importantes: Social, Económico y Ambiental.

9.1.1. Dimensión Económica

Se determina las **actividades económicas e infraestructura expuesta** dentro del área de influencia del fenómeno de origen natural, identificando los elementos expuestos vulnerables y no vulnerables, para posteriormente incorporar el análisis de la fragilidad económica y resiliencia económica. Esto ayuda a identificar los niveles de vulnerabilidad económica. (CENEPRED. 2014, p. 129).

En la zona de estudio se realizó encuestas a la población de las 7 APV's las cuales se muestran en el anexo 4, donde se observa una clasificación de la población (Dependiente económicamente, Independiente económicamente, y Desempleada o no activa económicamente) acorde a la cantidad de habitantes por cada APV como se muestra en el cuadro siguiente el cual muestra el total de habitantes:

APV	Poblacion Total	Poblacion Economicamente activa	Ingreso promedio mensual (soles)	Poblacion Dependiente economicamente	Poblacion Independiente economicamente	Poblacion Desempleada o No activa economicamente
Flores del Ande	32	10	1250	8	2	22
Kapaqwasi	92	9	950.5	1	8	83
Cielito Serrano	168	60	1020	25	35	108
Qapaqñan	79	15	1450.5	13	2	64
San Bernardo	0	0	0	0	0	0
Hatun Wasi	91	42	990.5	15	27	49
Buena Vista	3	3	985.5	0	3	0
TOTAL	465	139	949.57	62	77	326

Tabla 60. Cuadro Resumen de la población las 7 APV's y su clasificación de actividades económicas. Fuente. Elaboración propia

Del cuadro anterior se realizó el grafico de barras de la población de cada APV como se muestra en la siguiente figura:

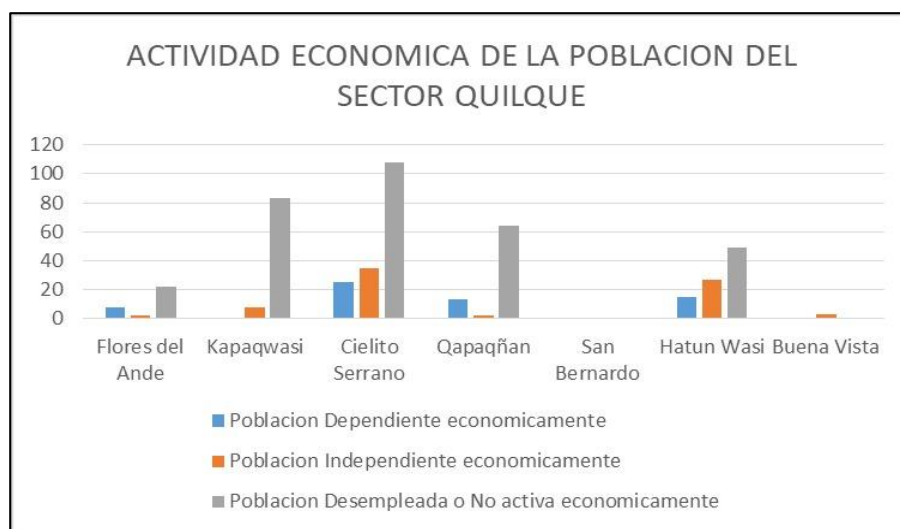


Figura 17. Resumen de la Actividad Económica de la Población por cada una de las 7 APV's. Fuente. Elaboración propia

- **Exposición**

Se tomó en cuenta la localización de lote según el nivel de peligro como único parámetro de evaluación, dando mayores valores de ponderación a los lotes ubicados en zonas de peligro muy alto y menores valores a lotes ubicados en zonas de peligro medio. (Tabla 77)

- **Fragilidad**

Se tomó en cuenta dos parámetros de evaluación: **el estado y la conservación** de las viviendas siendo el primero de estos el que tiene más peso evaluativo en la fragilidad económica, este parámetro nos define de manera general las características de la edificación, si esta se encuentra en un estado precario o quizá en muy buen estado.



N°	APV	Area (m2)	N° Lotes	N° Lotes Habitados	Poblacion	Densidad	Lotes en adandono	Lotes sin edificacion
1	Flores del Ande	12363.15	45	10	32	26 hab/Ha	26	9
2	Kapaqwasi	37271.14	135	24	92	36 hab/Ha	81	26
3	Cielito Serrano	78968.53	402	44	168	21 hab/Ha	210	130
4	Qapaqñan	91992.15	374	22	79	9 hab/Ha	71	251
5	San Bernardo	52614.64	205	0	0	0 hab/Ha	-	204
6	Hatun Wasi	66224.37	273	24	91	14 hab/Ha	9	239
7	Buena Vista	65668.41	212	1	3	0.5 hab/Ha	8	202
	TOTAL	405102.39	1646	125	465	12 hab/Ha	405	1061

Tabla 61. Estado y conservación de las viviendas en el sector Quilque. Fuente. Elaboración propia

- Resiliencia

Los parámetros de evaluación considerados son: la **población económicamente activa (PEA)** y el **ingreso familiar promedio mensual** teniendo ambos el mismo peso evaluativo, estos parámetros van de la mano, mientras la población sea más económicamente activa existirá mayor ingreso familiar promedio.

Teniendo el análisis de la exposición, fragilidad y resiliencia económica.

APV	Poblacion Total	Poblacion Económicamente activa	Ingreso promedio mensual (soles)
Flores del Ande	32	10	1250
Kapaqwasi	92	9	950.5
Cielito Serrano	168	60	1020
Qapaqñan	79	15	1450.5
San Bernardo	0	0	0
Hatun Wasi	91	42	990.5
Buena Vista	3	3	985.5
TOTAL	465	139	949.57

Tabla 62. PEA e ingreso familiar promedio mensual del sector Quilque. Fuente. Elaboración propia

Se muestran a continuación los pesos asignados para cada valor que compone la vulnerabilidad económica.

VULNERABILIDAD ECONOMICA	RESILIENCIA	FRAGILIDAD	EXPOSICIÓN
RESILENCIA	1.00	0.33	0.20
FRAGILIDAD	3.00	1.00	0.33
EXPOSICION	5.00	3.00	1.00
SUMA	9.00	4.33	1.53
1/SUMA	0.11	0.23	0.65

Tabla 63. Matriz de comparación de pares para el análisis de vulnerabilidad Económica



9.1.2. Dimensión Social

Se determina la población expuesta dentro del área de influencia del fenómeno de origen natural, identificando la población vulnerable y no vulnerable, para posteriormente incorporar el análisis de la fragilidad social y resiliencia social en la población vulnerable. Esto ayuda a identificar los niveles de vulnerabilidad social. (CENEPRED. 2014, p. 124).

- *Exposición*

Se tomó al **grupo etario** como único parámetro de evaluación, este parámetro nos muestra las edades de las personas por cada lote, se asignó mayores valores de ponderación a los lotes cuyos integrantes tenían edades comprendidas entre 30-50 años y menores valores a los lotes cuyos integrantes tenían edades comprendidas entre 0-5 y >65 años.

El grupo etario principal es el adulto, poblaciones entre 19 y 65 años con carácter productivo, frente a un 50% de este con poblaciones jóvenes de 0 - 18 años, edad escolar, no existe población de ancianos, la presencia de población entre 0-5 es alta.

La densidad poblacional en el sector es baja: 12 hab. /Ha.

N°	APV	Poblacion Total
1	Flores del Ande	32
2	Kapaqwasi	92
3	Cielito Serrano	168
4	Qapaqñan	79
5	San Bernardo	0
6	Hatun Wasi	91
7	Buena Vista	3
	TOTAL	465

Tabla 64. Población total del sector Quilque.

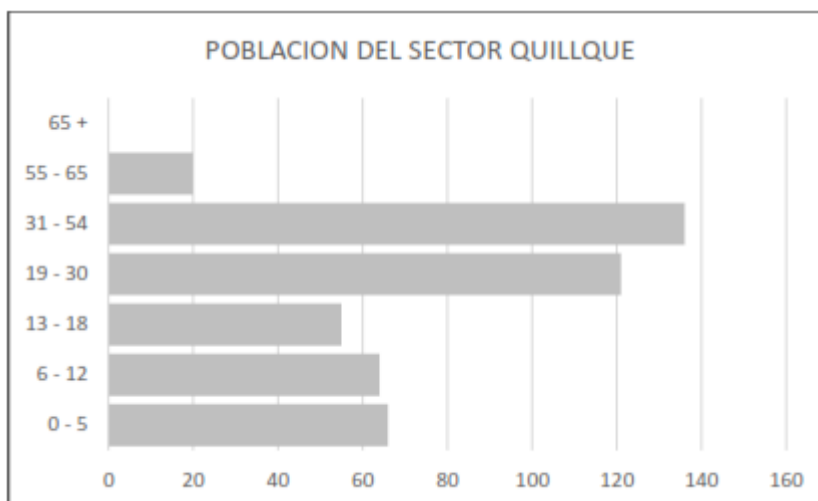


Figura 18. Diagrama de barras de los grupos etarios del sector Quilque.

- **Fragilidad**

Se tomó en cuenta dos parámetros de evaluación: **el material del predio y el modo de construcción** siendo el segundo de estos el que tiene más peso evaluativo en la fragilidad social, este parámetro nos define si la vivienda fue construida con algún asesoramiento profesional/técnico o si fue autoconstruida.

APV	N° Lotes	Construcción de adobe	Construcción en material noble	Tipo de construcción
Flores del Ande	45	10	0	autoconstrucción
Kapaqwasi	135	24	0	autoconstrucción
Cielito Serrano	402	44	0	autoconstrucción
Qapaqñan	374	22	0	autoconstrucción
San Bernardo	205	0	0	autoconstrucción
Hatun Wasi	273	24	0	autoconstrucción
Buena Vista	212	1	0	autoconstrucción
TOTAL	1646	125	0	-

Tabla 65. Material y tipo de construcción de viviendas en el sector Quilque.

- **Resiliencia**

Los parámetros de evaluación considerados son: **Conocimientos de GRD y La organización social** teniendo el primero el mayor peso evaluativo, este parámetro nos muestra si la población tiene en cuenta los peligros a los que se encuentra expuesta.



APV	Poblacion Total	Conoce de GDR	No conoce de GDR
Flores del Ande	32	1	31
Kapaqwasi	92	3	89
Cielito Serrano	168	6	162
Qapaqñan	79	5	74
San Bernardo	0	0	0
Hatun Wasi	91	2	89
Buena Vista	3	0	3
TOTAL	465	17	448

Tabla 66. Población que conoce de Gestión de Riesgos y organización social en el sector Quilque.

Se muestran a continuación los pesos asignados para cada valor que compone la vulnerabilidad social.

VULNERABILIDAD SOCIAL	RESILENCIA	EXPOSICION	FRAGILIDAD
RESILENCIA	1.00	0.33	0.20
EXPOSICION	3.00	1.00	0.33
FRAGILIDAD	5.00	3.00	1.00
SUMA	9.00	4.33	1.53
1/SUMA	0.11	0.23	0.65

Tabla 67. Matriz de comparación de pares para el análisis de vulnerabilidad Social

9.1.3. Dimensión Ambiental

Se determina los recursos naturales renovables y no renovables expuestos dentro del área de influencia del fenómeno de origen natural, identificando los recursos naturales vulnerables y no vulnerables, para posteriormente incorporar el análisis de la fragilidad ambiental y resiliencia ambiental. Esto ayuda a identificar los niveles de vulnerabilidad ambiental. (CENEPRED, 2014, p. 135).

- *Exposición*

Se tomó en cuenta la pérdida de suelo como único parámetro de evaluación, este parámetro nos muestra si la población contribuye a la preservación del suelo, se asignó mayores valores de ponderación a aquellos que conservan las especies nativas y menores valores a los lotes que degradan el suelo. (Tabla 39. Áreas de cobertura vegetal en el sector Quilque)

- *Fragilidad*

Se tomó en cuenta dos parámetros de evaluación: **La disposición de RR.SS y el Tipo de disposición de excretas** siendo el primero el que tiene más peso evaluativo en la fragilidad



ambiental, este parámetro da a conocer si la población maneja de manera adecuada sus residuos sólidos, se dio mayor valor de ponderación a los lotes que dejan sus RR.SS en el carro recolector y una menor ponderación a los lotes que desechan sus RR.SS en quebradas y causes.

Solo el 5% de lotes está ocupado y cuenta con letrinas de pozo seco. El 3% de lotes habitados no cuenta con letrinas de pozos secos, mientras que el 92% de lotes no están habitados.

El sector tiene una población de 465, el cual genera en agua residual el 80% del agua consumida por habitante. En consecuencia, el sector genera un total de 18,480 l/día de aguas residuales que son dispuestos en campo abierto y las letrinas de pozos secos, haciendo del sector insalubre por la carencia de un sistema de alcantarillado sanitario adecuado.

APVs QUILQUE	NUMERO DE LOTES CON LETRINA	NUMERO DE LOTES SIN LETRINA	TOTAL LOTES POR SECTOR
HATUN WASI	13	261	274
KAPAC WASI	19	116	135
QHAPAQ ÑAN	14	360	374
CIELITO SERRANO	2	400	402
FLORES DEL ANDE	26	19	45
BUENA VISTA	0	212	212
SAN BERNARDO	0	205	205
TOTAL	74	1573	1647

Tabla 68. Disposición de RR.SS en el sector Quilque

- **Resiliencia**

Los parámetros de evaluación considerados son: **Conocimientos en temas ambientales y Manejo de RR. SS** teniendo ambos el mismo peso evaluativo.

APV	Poblacion Total	Conoce de temas ambientales y manejo de RRSS	No conoce de temas ambientales y manejo de RRSS
Flores del Ande	32	2	30
Kapaqwasi	92	5	87
Cielito Serrano	168	4	164
Qapaqñan	79	1	78
San Bernardo	0	0	0
Hatun Wasi	91	3	88
Buena Vista	3	0	3
TOTAL	465	15	450

Tabla 69. Población que conoce de temas ambientales y manejo de RR.SS en el sector Quilque



Se muestran a continuación los pesos asignados para cada valor que compone la vulnerabilidad ambiental.

VULNERABILIDAD AMBIENTAL	FRAGILIDAD	RESILENCIA	EXPOSICION
FRAGILIDAD	1.00	0.33	0.20
RESILENCIA	3.00	1.00	0.33
EXPOSICION	5.00	3.00	1.00
SUMA	9.00	4.33	1.53
1/SUMA	0.11	0.23	0.65

Tabla 70. Matriz de comparación de pares para el análisis de vulnerabilidad Ambiental.

Una vez hecho el análisis de la Vulnerabilidad Social, Vulnerabilidad Económica y Vulnerabilidad Ambiental aplicamos el siguiente modelo que nos ayudara a obtener la Vulnerabilidad Final.

VULNERABILIDAD	V. AMBIENTAL	V. SOCIAL	V. ECONOMICA
V. AMBIENTAL	1.00	0.33	0.20
V. SOCIAL	3.00	1.00	0.33
V. ECONOMICA	5.00	3.00	1.00
SUMA	9.00	4.33	1.53
1/SUMA	0.11	0.23	0.65

Tabla 71. Matriz de Comparación de pares para la Vulnerabilidad.



NIVEL	DESCRIPCION	RANGO		
VULNERABILIDAD MUY ALTA	Grupo etario menor a 5 años y mayor a 65 años. Organización Social: muy mala. Conocimiento en temas de gestión del riesgo de desastres: Conocimiento erróneo. Tipo de seguro: no cuenta con ningún tipo de seguro. Estado de conservación: muy malo. Material predominante en la construcción: Adobe. Calidad en la Construcción: Autoconstrucción. Ingreso familiar promedio ≤ 200 . Población económicamente activa: desempleado. Disposición de residuos sólidos: Desecha en quebradas y cauces. Tipo de disposición de excretas: sin servicio higiénico. Conocimiento en temas Ambientales: Ninguna, por otras personas. Manejo de residuos sólidos: Sin manejo. Conservación y protección de áreas Verdes: degrada el suelo.	0.261	<V\leq	0.525
VULNERABILIDAD ALTA	Grupo etario de 6 a 12 y de 61a 64 años. Organización Social: mala, casi nuca. Conocimiento en temas de gestión del riesgo de desastres: Sin conocimiento. Tipo de seguro: SIS. Estado de conservación: malo. Material predominante en la construcción: Ladrillo/ bloqueta. Calidad en la Construcción: Construcción por un maestro de obra. Ingreso familiar promedio 200 - 750. Población económicamente activa: dedicado al hogar. Disposición de residuos sólidos: quema de residuos sólidos. Tipo de disposición de excretas: con letrina, con arrastre hidráulico sin tratamiento. Conocimiento en temas Ambientales: Por medio de comunicación. Manejo de residuos sólidos: deposita en un solo envase. Conservación y protección de áreas Verdes: conserva el suelo.	0.129	<V\leq	0.261
VULNERABILIDAD MEDIA	Grupo etario de 13 a 15 y de 51 a 60 años. Acceso a servicios básicos: Organización Social: media y a veces, Conocimiento en temas de gestión del riesgo de desastres: Conocimiento limitado. Tipo de seguro: FFAA (ejercito)/pnp. Estado de conservación: regular. Material predominante en la construcción: Acero/Drywall. Calidad en la Construcción: Construcción por algún técnico. Ingreso familiar promedio >750 - ≤ 1500 . Población económicamente activa: ocupado de 14 años a más. Disposición de residuos sólidos: desechas en vías y calles. Tipo de disposición de excretas: con letrina tipo pozo seco Conocimiento en temas Ambientales: Por medio de comunicación – radio y TV. Manejo de residuos sólidos: selecciona orgánico e inorgánico. Conservación y protección de áreas Verdes: ornamentación y jardinería.	0.063	<V\leq	0.129

Tabla 72. Descripción de los niveles de Vulnerabilidad.



A partir de esta tabla podemos decir que la dimensión de mayor importancia en el análisis de la Vulnerabilidad es la Dimensión Económica, seguido de la Dimensión Social y por último la Dimensión Ambiental.

De este Análisis de la Vulnerabilidad se obtuvo cuatro niveles de vulnerabilidad; el rango los valores comprendidos en cada nivel de vulnerabilidad es el siguiente.

NIVEL DE VULNERABILIDAD	RANGO				
BAJO	0.021	≤	V	≤	0.063
MEDIO	0.063	<	V	≤	0.129
ALTO	0.129	<	V	≤	0.261
MUY ALTO	0.261	<	V	≤	0.525

Tabla 73. Rangos para cada nivel de Vulnerabilidad.

Con todos estos factores que se tienen dentro de la vulnerabilidad, se obtuvo el mapa de Vulnerabilidad, como se muestra en el mapa S-12, donde se puede observar 2 niveles de vulnerabilidad que son el alto y el muy alto, esto debido a la intersección de las dimensiones económica, social y ambiental de la población e infraestructura presentes en el sector Quilque.



X. CAPITULO X

Estimación del Riesgo

La estimación del riesgo constituye un conjunto de procedimientos que se realizan en un determinado centro poblado o área geográfica, a fin de levantar información sobre peligros y el análisis de las condiciones de vulnerabilidad para determinar o calcular el riesgo esperado.

Existen diversos emplazamientos rurales expuestos a la ocurrencia de fenómenos de origen natural como deslizamientos, movimientos sísmicos e inundaciones cada uno con sus propias características como magnitud, intensidad, distribución espacial, periodo de retorno, etc., afectando poblaciones, actividades humanas e infraestructura.

Ante el crecimiento urbano desordenado de la provincia del Cusco y considerando que en el año 2013 se tenía delimitado el borde urbano se ha observado una población creciente y por consiguiente diversas agrupaciones o APVs ya se han localizado fuera de esta delimitación y con justa razón quieren ser parte del área urbana.

Es por esta razón que se hace necesario plantear una evaluación del Borde Urbano para ver la factibilidad de ampliación de superficie de suelo urbanizable. En este ámbito de estudio se han ubicado las APVs Kapaqwasi, Cielito Serrano, San Bernardo, Hatun Wasi, Buena Vista, Flores del Ande y Qapaqñan que según el PDU se ubican en zonas de peligro alto y muy alto.

Como primera parte se identifica y caracteriza el peligro (parámetros generales del peligro y el análisis de susceptibilidad geológica) en el área de influencia de acuerdo a los elementos expuestos para determinar los niveles de peligrosidad, seguido por el análisis de la vulnerabilidad social, económica y ambiental dentro de los factores de fragilidad y resiliencia para definir los niveles de vulnerabilidad y por consiguiente se obtendrá el nivel y el cálculo del riesgo existente, todo ello representado en mapas temáticos por lote, que permitan prevenir o reducir el riesgo por remoción en masa para la planificación del territorio. Aplicando el procedimiento técnico de Análisis de Riesgos, basados en los Lineamientos Técnicos del Proceso de Estimación del Riesgo de Desastres con RM N°334-2012-PCM, y el Manual para la evaluación de riesgos originados

por fenómenos naturales del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres Ley N° 29664 y su Reglamento aprobado mediante DS N° 048-2011-PCM.

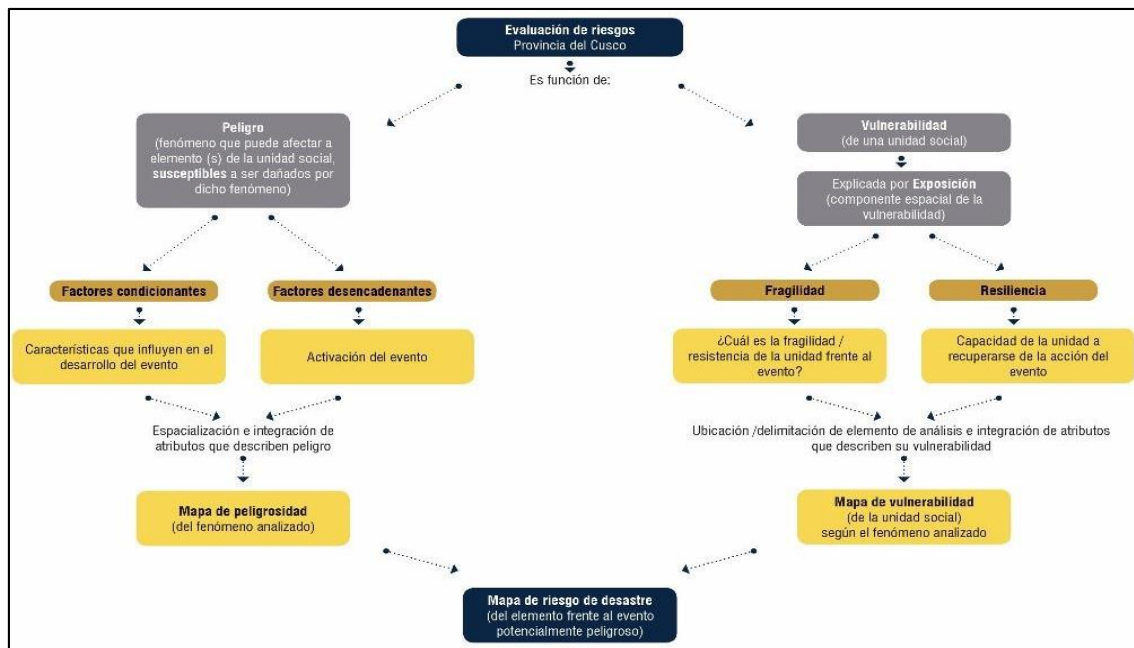


Figura 19. Evaluación de riesgos y obtención del mapa de riesgos. Fuente: Equipo técnico PAT Cusco 2017-2037

10.1. DETERMINACION DEL PELIGRO

Una vez identificado y analizado los peligros por Remoción en masa provocados por precipitaciones y sismos a los que están expuesto todo el sector nor-occidental del distrito del Cusco y también haber concluido como el análisis de los componentes que inciden en la vulnerabilidad (vulnerabilidad social, económica y ambiental, cada una de estas con sus respectivos parámetros de evaluación) se procede a realizar la determinación del nivel de Riesgo en el sector de Quillque que pertenece a las áreas categorizadas como zona urbana.

Siendo el riesgo el resultado de relacionar el peligro con la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias asociadas a uno o varios fenómenos peligrosos. Cuando se realizan cambios en uno o más de los parámetros analizados en la vulnerabilidad, se modifica el riesgo en sí, es



decir, el total de pérdidas esperadas y las consecuencias en un área determinada. (CENEPRED. 2014, p. 147)

Los resultados de la estimación de riesgos de desastres nos permiten identificar cuantitativamente los diferentes niveles de riesgo y el detalle de su distribución espacial en los mapas correspondientes, en consecuencia, constituye un documento técnico orientador con el fin de ayudar a identificar las prioridades de inversión en reducción y prevención del riesgo y dirigir el proceso de recuperación después de un desastre.

Para la determinación de riesgos ante movimientos en masa los factores determinantes y que inciden fuertemente en incrementar o disminuir el riesgo son la exposición seguida por cumplimiento de la normatividad, empleo de materiales que consideren las características geográficas y físicas y el diseño, por lo tanto, los puntos que se ubican en áreas de peligrosidad muy alta con estas características anteriormente señaladas manifiestan muy alto riesgo.

Según las pautas metodológicas para la incorporación del análisis del riesgo de desastres en los proyectos de inversión pública propuesta por el Ministerio de Económica y Finanzas (MEF, 2007); y la Ley 29664; la cual crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD), en su Artículo 3º, señala que el riesgo está definido por:

$$R_{ie} = f(P \times V)$$

- R = Riesgo
- f = en función
- P = Peligro
- V = Vulnerabilidad



En el análisis de peligros se determinó que existía Alto Peligro tomando en cuenta que se consideraron los factores de Geología / Litología con mayor peso ponderado y en análisis de vulnerabilidades tanto para las zonas urbanizadas como para las áreas de infraestructura del proyecto se determinó que existía Alta Vulnerabilidad, por lo que el proyecto enfrentará condiciones de RIESGO ALTO. En este sentido en el diseño del proyecto se deben incluir medidas de reducción de riesgo las cuales pueden ser estructurales y no estructurales.

En el mapa de riesgos podemos apreciar que las zonas con Alto Riesgo se ubican sobre materiales de depósitos coluviales pudiendo variar su composición a depósitos aluviales de acuerdo a su posicionamiento geomorfológico y que estas zonas o áreas urbanas y de infraestructura con Riesgo Muy Alto aun estando ubicadas en pendientes llanas variando hasta fuertemente inclinadas resultan de Riesgo muy alto por su mal comportamiento geotécnico o peligrosos para construcciones pues están constituidos por bloques sueltos e inestables ya que no hay cohesión entre fragmentos.

Se obtuvo cuatro niveles de riesgo; el rango de valores comprendidos en cada nivel de riesgo se obtuvo de la multiplicación de los valores de obtenidos tanto en el análisis e identificación de peligros y el análisis de la vulnerabilidad. A continuación de muestra los cuadros de los valores obtenidos.

Tabla 74: Rango de valores para cada nivel de Peligrosidad.

NIVEL	RANGO (PELIGROS)				
BAJO	0.039	≤	P	≤	0.060
MEDIO	0.060	<	P	≤	0.135
ALTO	0.135	<	P	≤	0.261
MUY ALTO	0.261	<	P	≤	0.504



Tabla 75: Rango de valores para cada nivel de Vulnerabilidad.

NIVEL	RANGO (VULNERABILIDAD)				
BAJO	0.021	≤	V	≤	0.063
MEDIO	0.063	<	V	≤	0.129
ALTO	0.129	<	V	≤	0.261
MUY ALTO	0.261	<	V	≤	0.525

Tabla 76: Rango de valores para cada nivel de Riesgo.

NIVEL	RANGO (RIESGO)				
BAJO	0.001	≤	R	≤	0.004
MEDIO	0.004	<	R	≤	0.017
ALTO	0.017	<	R	≤	0.068
MUY ALTO	0.068	<	R	≤	0.265

10.1.1. Determinación del Nivel de Riesgo en el Sector Quilque:

El sector Quilque está comprendido por siete APV las cuales son: Hatun Wasi, Flores del Ande, Qapac Wasi, Cielito Serrano, San Bernardo, Buena Vista y Qapaqñan. Como se explicó anteriormente antes de calcular el riesgo se hizo primero la identificación y análisis de los peligros conjunto con el análisis de la vulnerabilidad para cada APV para así poder determinar el riesgo.

Este sector está comprendido por un total de 1646 lotes gran parte de estas todavía sin ocupar, la estimación de riesgo se hizo con datos actualizados y con una perspectiva predictiva dando como resultado lo siguiente:



NIVEL DE RIESGO	DESCRIPCION	RANGO		
MUY ALTO	<p>Se consideró como lotes con alto nivel de riesgo a todos aquellos que aún no cuentan con alguna edificación. Grupo etario menor a 5 años y mayor a 65 años. Organización Social: muy mala. Conocimiento en temas de gestión del riesgo de desastres: Conocimiento erróneo. Tipo de seguro: no cuenta con ningún tipo de seguro. Estado de conservación: muy malo. Material predominante en la construcción: Adobe. Calidad en la Construcción: Autoconstrucción. Ingreso familiar promedio ≤ 200. Población económicamente activa: desempleado. Disposición de residuos sólidos: Desecha en quebradas y cauces. Tipo de disposición de excretas: sin servicio higiénico. Conocimiento en temas Ambientales: Ninguna, por otras personas. Manejo de residuos sólidos: Sin manejo. Conservación y protección de áreas Verdes: degrada el suelo. Relieve conformado por laderas de montaña. Tipo de suelo de rellenos sanitarios. Falta de cobertura vegetal 70 - 100 %. Uso actual de suelo Áreas urbanas, intercomunicadas mediante sistemas de redes que sirve para su normal funcionamiento. Magnitud del sismo mayor a 7, Intensidad desastroso. Inundación: precipitaciones anómalas positivas mayor a 300%, cercanía a la fuente de agua Menor a 20m, intensidad media en una hora (mm/h) Torrenciales: mayor a 60. Sequía: severa, precipitaciones anómalas negativas mayor a 300%. Sismo: Mayor a 6.0: Grandes terremotos, intensidad VII y VIII. Pendiente mayor a 45°, Zonas muy inestables. Laderas con zonas de falla, masas de rocas intensamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas y muy fracturadas y depósitos superficiales inconsolidados y zonas con intensa erosión (cárcavas).</p>	0.068	<R\leq	0.265
ALTO	<p>Grupo etario de 6 a 12 y de 61a 64 años. Organización Social: mala, casi nuca. Conocimiento en temas de gestión del riesgo de desastres: Sin conocimiento. Tipo de seguro: SIS. Estado de conservación: malo. Material predominante en la construcción: Ladrillo/ bloqueta. Calidad en la Construcción: Construcción por un maestro de obra. Ingreso familiar promedio 200 - 750. Población económicamente activa: dedicado al hogar. Disposición de residuos sólidos: quema de residuos sólidos. Tipo de disposición de excretas: con letrina, con arrastre hidráulico sin tratamiento. Conocimiento en temas Ambientales: Por medio de comunicación. Manejo de residuos sólidos: deposita en un solo envase. Conservación y protección de áreas Verdes: conserva el suelo. El relieve de esta región es diverso conformado en su mayor parte por mesetas, Falda de montaña y abundantes humedales. Tipo de suelo limoso (con y sin agua). Falta de cobertura vegetal 40 - 70 %. Uso actual de suelo. Terrenos cultivados permanentes, cultivos diversos como productos alimenticios, industriales, etc. Zonas cultivables que se encuentran en descanso como los barbechos que se encuentran improductivas por periodos determinados. Magnitud del sismo 6, Intensidad muy grande. Inundación: precipitaciones anómalas positivas 100% a 300%, cercanía a la fuente de agua Entre 20 y 100m, intensidad media en una hora (mm/h) Muy fuertes: Mayor a 30 y Menor o igual a 60. Sequía: moderada, precipitaciones anómalas positivas. Sismo: Mayor a 6.0: sismo mayor, intensidad VII y VIII. Pendiente 34° a 45°. Zonas inestables, macizos rocosos con meteorización y/o alteración intensa a moderada, muy fracturadas; depósitos superficiales consolidados, materiales parcialmente a muy saturados, zonas de intensa erosión.</p>	0.017	<R\leq	0.068
MEDIO	<p>Grupo etario de 13 a 15 y de 51 a 60 años. Acceso a servicios básicos: Organización Social: media y a veces, Conocimiento en temas de gestión del riesgo de desastres: Conocimiento limitado. Tipo de seguro: FFAA (ejercito)/pnp. Estado de conservación: regular. Material predominante en la construcción: Acero/Drywall. Calidad en la Construcción: Construcción por algún técnico. Ingreso familiar promedio $>750 - \leq 1500$. Población económicamente activa: ocupado de 14 años a más. Disposición de residuos sólidos: desecha en vías y calles. Tipo de disposición de excretas: con letrina tipo pozo seco Conocimiento en temas Ambientales: Por medio de comunicación – radio y TV. Manejo de residuos sólidos: selecciona orgánico e inorgánico. Conservación y protección de áreas Verdes: ornamentación y jardinería. Relieve conformado por hombro de montaña. Tipo de suelo granulares finos y suelos arcillosos sobre suelo aluvial o coluvial. Falta de cobertura vegetal 20 - 40 %. Uso actual de suelo plantaciones forestales, establecimientos de árboles que conforman una masa arborea boscosa, magnitud del sismo mayor a 6, Intensidad grandes. Inundación: precipitaciones anómalas positivas, cercanía a la fuente de agua Entre 100 y 500m. Puede causar daños menores en la localidad, intensidad VI, VII y VIII. Pendiente 15° a 34°, Zonas de estabilidad marginal, hombros de montaña con erosión intensa o materiales parcialmente saturados, moderadamente meteorizados</p>	0.004	<R\leq	0.017

Tabla 77: Niveles de riesgo en los lotes del Sector de Quilque



Nivel de Riesgo	Hatun Wasi	Flores del Ande	Kapac Wasi	Cielito Serrano	San Bernardo	Buena Vista	Qapaqñan	Total N° de lotes
Bajo	0	0	0	0	0	0	0	0
Medio	0	0	0	1	0	0	0	1
Alto	5	25	60	165	40	10	220	525
Muy Alto	268	20	75	236	165	202	154	1120
TOTAL	273	45	135	402	205	212	374	1646

Tabla 78. Cantidad de lotes en el sector Quilque en los distintos niveles de riesgos

Las APV como Qapaqñan, Cielito Serrano, Flores del Ande y Qapac Wasi están ubicadas sobre zonas cuyos niveles de peligros van desde medio a muy alto sumado a este el nivel de Vulnerabilidad nos da como resultado que estas APV contienen casi la totalidad de los lotes categorizados con nivel de riesgo medio, Hatun Wasi esta categorizado casi la totalidad de sus lotes con un nivel de peligro muy alto. A continuación, se muestra el mapa de riesgos obtenidos en ese sector.

Finalmente, utilizando los mapas de peligro y de vulnerabilidad, como resultado se obtuvo para el mapa de riesgos, como se muestra en el mapa S-13. En el se puede observar un total de 525 lotes que se encuentran en categoría de riesgo alto, 1120 lotes ubicados en categoría de riesgo muy alto y finalmente 1 único lote en categoría de riesgo medio.



XI. CAPITULO XI

Condiciones para una Adecuada Expansión Urbana en las APVs del Sector

Quilque

11.1. Mejoramiento de suelos pobres geotécnicamente

El mejoramiento de suelo consiste en la modificación de una o varias características del suelo a partir de su condición natural. Este puede desarrollarse temporalmente para permitir la construcción de una obra o puede ser una solución permanente que aborda el adecuado comportamiento y/o estabilidad mecánica de una obra. Entre las propiedades o características del terreno que comúnmente se desean mejorar están: la rigidez, resistencia, velocidad de consolidación, asentamiento sísmico, reducción de hinchamiento, reducción de colapso y permeabilidad, entre otras. En general, el mejoramiento de suelos se realiza a través de una acción física, como la aplicación de una vibración o mediante la inclusión o mezcla en el suelo de otro material.

En el caso de estructuras de cimentación, usualmente los tratamientos de mejora del suelo se enfocan en mejorar la capacidad portante del terreno, de modo que la superficie existente pueda absorber convenientemente las cargas transmitidas por las estructuras a través de las fundaciones. Dependiendo del material a mejorar se pueden abordar distintas técnicas.



Figura 20. Técnicas de mejoramiento de suelos

Debido a la calidad de suelos encontrados en el sector Quilque, se recomienda en caso de suelos inestables y suelos blandos, específicamente para las APVs Buena Vista, la parte norte de Hatun Wasi y la parte noroccidental de la APV Kapac Wasi según se muestra en el Mapa S-08, además dado el nivel de riesgo alto de las APVs, se sugiere realizar una compactación de suelos en el nivel de cimentación en todas las APVs que no sean roca (Buena Vista, San Bernardo, Hatun Wasi, y partes de Qapaqñan y Cielito Serrano) también se sugiere un mejoramiento del terreno de fundación con columna de gravas y/o sub zapatas de concreto ciclópeo.

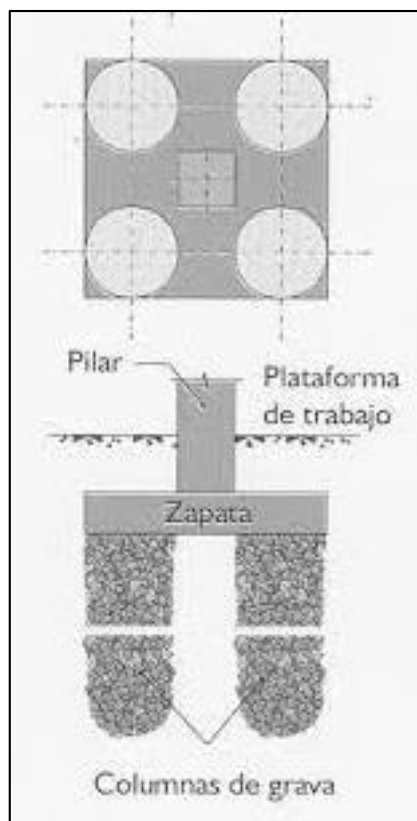


Figura 21. Técnica de mejoramiento de suelo con columnas de grava.

11.2. Estabilización de taludes inestables

Cuando hablamos de estabilización de taludes nos referimos a los procesos constructivos o de intervención de la superficie que se encuentra en estado inestable, que empieza a deformarse más de lo permisible, o que se requiera estabilizar o reforzar por otras razones. Esta actividad implica muchas tareas que van desde la estabilización mecánica hasta el manejo de aguas perjudiciales para la estabilidad. También es importante considerar la estabilización de los taludes producidos durante las excavaciones, sobre todo en zonas urbanas, estas son muy sensibles y pueden producir daños importantes en las construcciones vecinas.

Adicionalmente a ello, existen diversas soluciones que dependen de las condiciones técnicas de cada proyecto, tales como factores geológicos, hidráulicos, económicos, funcionales, de plazos de ejecución u otros. Entre los más utilizados destacan la corrección de la geometría del talud, la instalación de sistemas de drenajes, refuerzos

mecánicos de diferentes tipos (como Soil Nailing y anclajes activos), muros de contención, muros anclados, muros pantalla, entre otros.

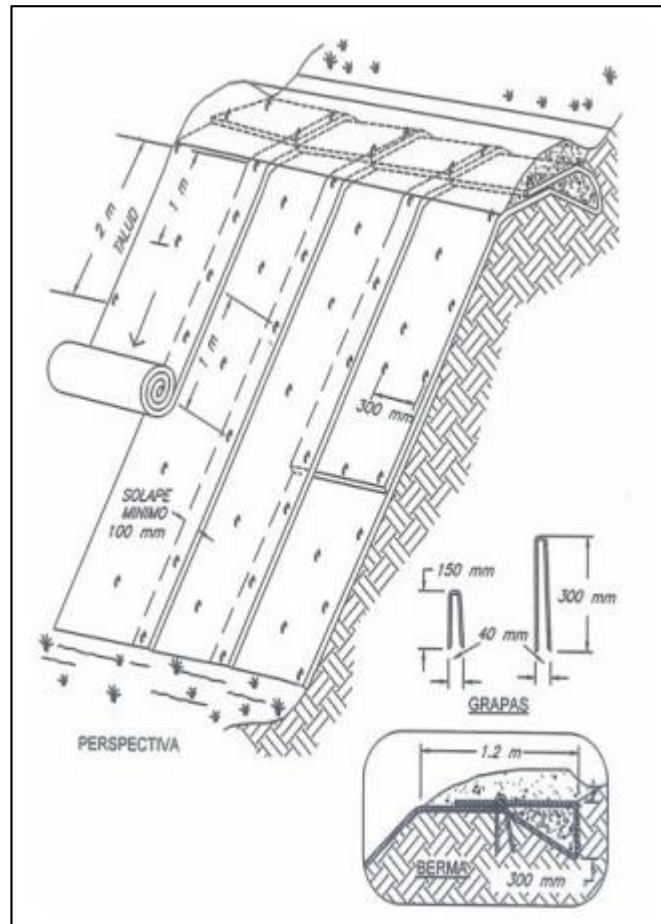


Figura 22. Instalación de geomallas o mantas orgánicas.
Fuente: Manual de estabilización y revegetación de taludes. 2002

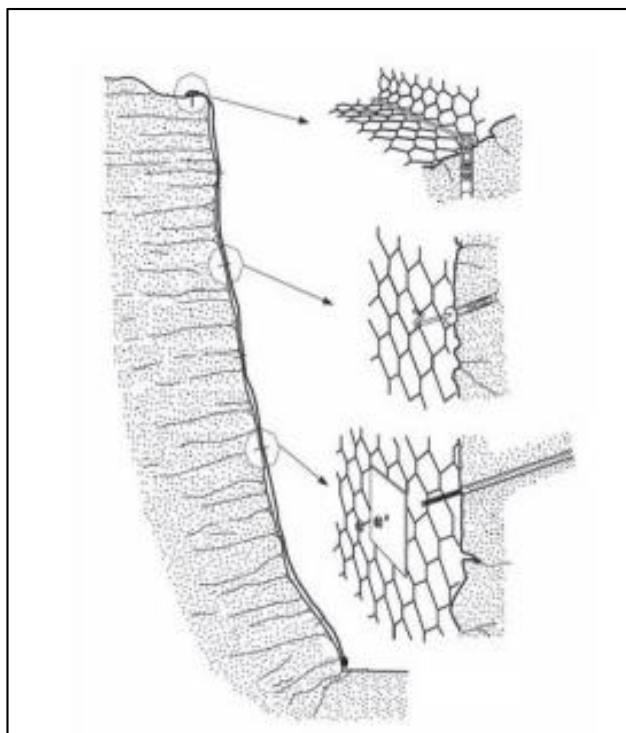


Figura 23. Revestimiento de un talud con malla de triple torsión

Fuente: Manual de estabilización y revegetación de taludes. 2002

Las técnicas que se recomiendan en el caso del sector Quilque están dirigidas principalmente a la instalación de sistemas de drenajes y/o muros de contención debido a la presencia de un deslizamiento que se encuentra en la parte norte de la APV Hatun Wasi donde se encuentra en un sistema de compresión y presencia de falla inversa como se muestra en el mapa M-10.

Siempre que sea posible, y como paso previo a la aplicación de otras técnicas, se diseñarán actuaciones de remodelación de la geometría de los taludes, que permitan la disminución de la pendiente y/o de la longitud de ladera, tales como:

- Descabezado de taludes.
- Retirada de materiales inestables.
- Tendido o reperfilado de taludes.
- Banqueo de los taludes

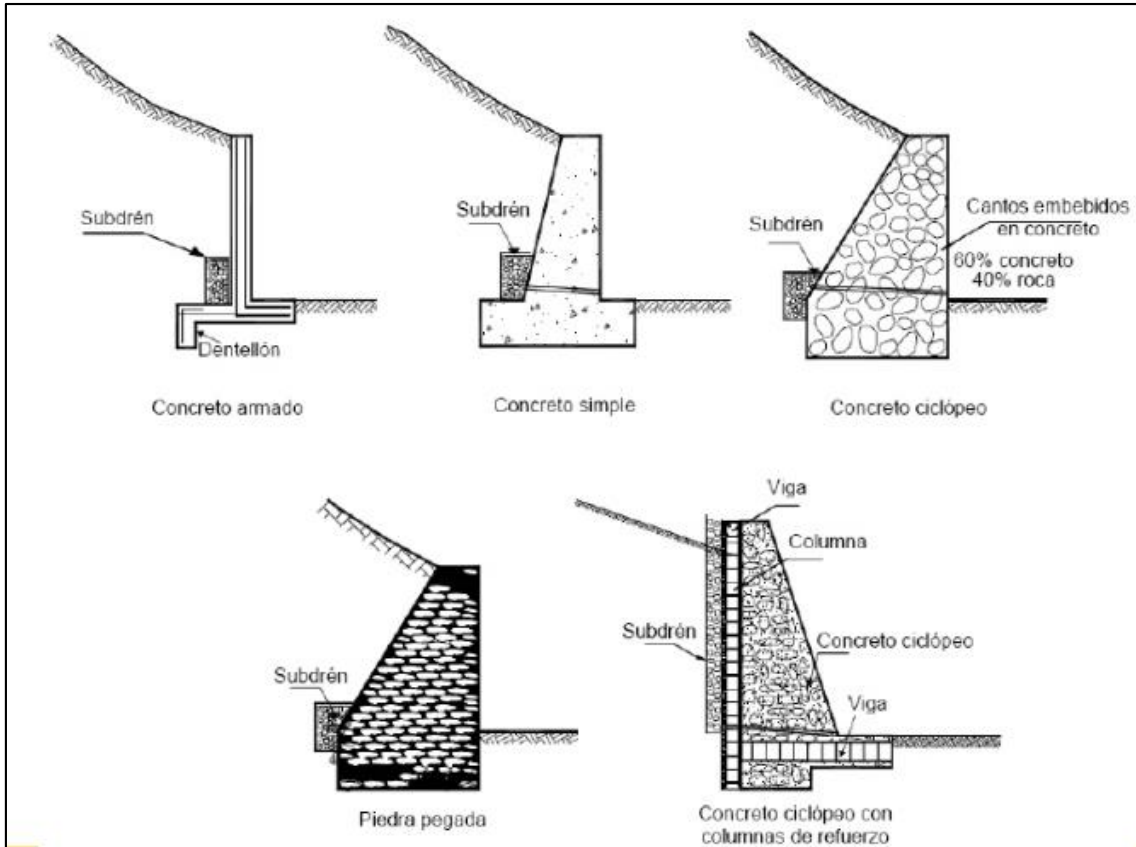


Figura 24. Tipos de muros de contención según los materiales que los componen

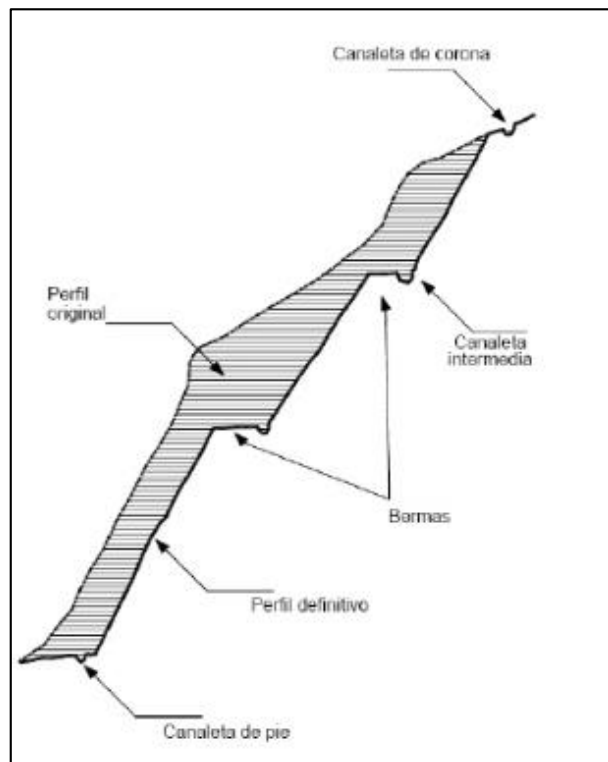


Figura 25. Estabilización de talud por conformación y bermas de drenaje.

11.3. Medidas de Protección Superficial:

Esta medida está dirigida a la eliminación de problemas de caída de roca como se presenta en la APV. Hatun Wasi, donde las medidas activas más utilizadas y recomendadas son:

- La instalación de mallas metálicas y sistema de cables para zonas muy fracturadas
- Construcción de muros de revestimiento a pie del talud
- Eliminación con voladura controlada, cemento expansivo
- Instalación de bulones y anclajes para fijación de bloques



Figura 26. Protección superficial de taludes con mallas metálicas para evitar caída de roca. González L. (2002)

Ingeniería Geológica pg. 480

11.4. Medidas de Drenaje:

Tiene por finalidad disminuir la presencia de agua en el talud, dado que las presiones intersticiales producen desestabilización en las superficies de rotura y grietas de tracción aparte de que disminuye la resistencia de determinados tipos de materiales. El tipo de drenaje puede ser superficial o mediante zanjas de drenaje, o profundo o también drenes verticales. Sin embargo, el tipo de drenaje más adecuado se determinará mediante

más estudios geotécnicos. Este tipo de estabilización se recomienda principalmente para el deslizamiento presente en la APV Hatun Wasi, sin embargo, se sugiere realizar en zonas donde haya presencia de cárcavas tales como se da en las APVs Kapac Wasi, Hatun Wasi, Buena Vista y Qapaqñan como se muestra en el Mapa M-10 de geodinámica. A continuación, se muestra ejemplo de los tipos de drenaje antes mencionados.

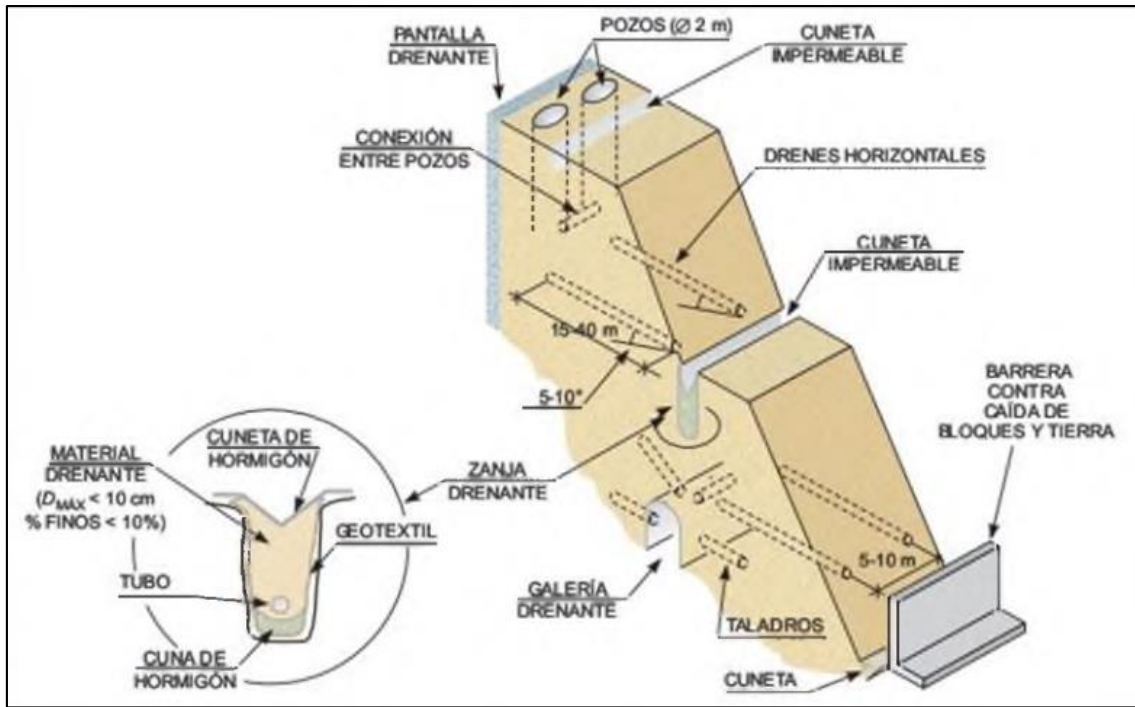


Figura 27. Medidas de Drenaje y Protección en taludes. González L. (2002) Ingeniería Geológica pg. 479



CONCLUSIONES

Primera: El Riesgo geológico existente en la zona de estudio, sector Quilque, es de alto a muy alto, respecto a peligros por remoción en masa por precipitaciones y también por sismicidad, dado los peligros existentes, y la alta vulnerabilidad presente en el Sector Quilque.

Segunda: Los tipos de peligro son por remoción en masa debido principalmente al factor condicionante geodinámico, y se identificaron deslizamientos, caída de rocas, cárcava, y erosión superficial, así como por los desencadenantes de precipitación y sismicidad. Los grados de peligrosidad resultantes en los mapas son de Alto a Muy Alto, lo cual es más peligroso de lo esperado en las hipótesis.

Tercera: Se han identificado rangos altos a muy altos de vulnerabilidad ambiental, económica y social en el sector Quilque, esto debido principalmente por el nivel socioeconómico que presenta la zona de estudio, según lo esperado en la hipótesis.

Cuarta: La clasificación de suelos SUCS según los estudios de laboratorio de suelos indican que se tiene 4 tipos de suelos y son:

- ✓ Grava mal graduada con limo y arena (GP – GM) correspondiente al suelo de la Fm. Puquin II.
- ✓ Grava bien graduada con limo y arena (GW – GM) correspondiente al suelo coluvial – detritos con gravas y arenas.
- ✓ Limo de baja plasticidad arenoso (ML) correspondiente al suelo inestable de cárcava.
- ✓ Arena Limosa (SM) correspondiente al suelo de humedal.

Quinta: Los mapas de Peligro (Mapas S-10) representan los niveles de peligrosidad de remoción en masa por precipitación existente en la zona de estudio en el cual se observa un nivel Alto de peligrosidad predominante, en el mapa siguiente (Mapa S-



11) corresponde a peligros de remoción en masa por sismicidad, donde se aprecia que el nivel de peligrosidad es Alto principalmente; el mapa de Vulnerabilidad (Mapa S-12) nos muestra los niveles de vulnerabilidad, en el cual se aprecia que la zona de estudio presenta un nivel Muy Alto principalmente; y con ello se obtiene el mapa de Riesgos (Mapa S-13) el cual es el producto de la intersección de los mapas de Peligros y Vulnerabilidad, donde se tiene que el nivel de Riesgo es Alto a Muy Alto. Los mapas de vulnerabilidad, peligros y nivel de riesgo en el sector Quilque contribuirán a identificar los riesgos geológicos en la zona de estudio y proponer medidas correctivas, tanto estructurales como no estructurales.

Sexta: Dado los resultados obtenidos en los mapas de Peligros, en los mapas de Vulnerabilidad y por ende en los mapas de Riesgo Geológico, se recomienda una expansión urbana en el Sector Quilque considerando las medidas estructurales mitigadoras mencionadas en el capítulo anterior, capítulo XI, puesto que se encuentran un nivel de riesgo Alto a Muy Alto.



RECOMENDACIONES

Primera: Utilizar herramientas más sofisticadas para un levantamiento geológico más específico a futuro, como el vuelo de drones.

Segunda: Realizar estudios geotécnicos con fines de implementar medidas estructurales de mitigación y reducción de peligro tales como se sugieren en el capítulo XI para todos los fenómenos geodinámicos presentes en las APVs del Sector Quilque, así como para los suelos geotécnicamente pobres e inestables.

Tercera: Realizar un plan de concientización social hacia los ciudadanos que se disponen a construir viviendas en el sector Quilque.



BIBLIOGRAFIA

1. Apaza, L. y Olivera, M. (2021) *EVALUACION DEL RIESGO GEOLOGICO ANTE MOVIMIENTOS EN MASA EN LA QUEBRADA DE SICRE, DISTRITO DE HUAYOPATA, PROVINCIA DE LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DEL CUSCO*, Recuperado de https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/6281/253T20210430_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y
2. Benavente, C.; Delgado, F.; Taipe, E.; Audin, L. & Pari, W. (2013) - *Neotectónica y peligro sísmico en la región del Cusco*, INGEMMET. Boletín, Serie C,
3. Carlotto Caillaux, V., Cárdenas Roque, J., & Carlier, G. (2011). *Geología del Cuadrángulo de Cusco Hoja 28-s Boletín N°138 Serie A Carta Geológica Nacional*.
4. Cauhape Marina (2006) *GEOLOGIA Y GEOTECNIA. Permeabilidad de suelos*
5. CENEPRED. (2014). *Manual para la Elaboración de Riesgos originados por Fenómenos Naturales*.
6. Chereque, Wendor (1990). *Hidrología para estudiantes de Ingeniería civil*. Lima-Perú.
7. DIRECCION DE PREPARACION-CEPIG. (2015). *ESCENARIO DE RIESGO SÍSMICO Y MOVIMIENTO EN MASA PRODUCIDO POR LA REACTIVACIÓN DE LA FALLA TAMBOMACHAY, PROVINCIA DE CUSCO*. www.indeci.gob.pe
8. Garay, D. D., Nicolás, J., Agüero, G., Agropecuaria, E. E., & Rioja, L. (2018). INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA.
9. González de Vallejo, L. (2013) - *INGENIERIA GEOLOGICA –Capitulo Riesgo Geológico*.
10. IGP (1960 – 2017), *MAPA SISMICO DEL PERU*
11. Instituto Geológico Minero Metalúrgico -INGEMMET. (2013). *Neotéctonica y Peligro Sísmico en la Región Cusco*.
12. Juvenal medina (1991). *Fenómenos Geodinámicas estudio y medidas de tratamiento*, Recuperado de:

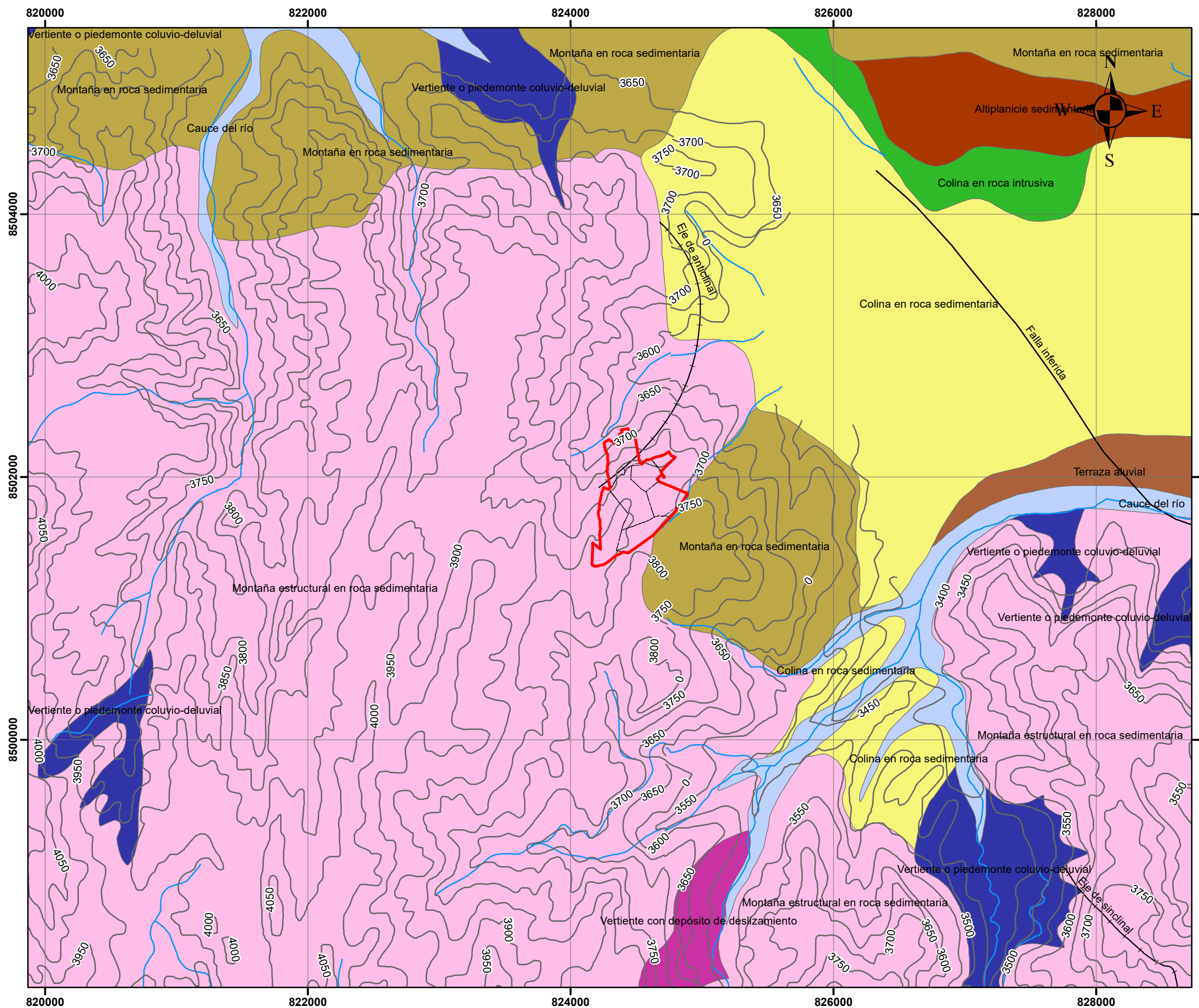


- <https://books.google.es/books?id=s2XnPbHqvJEC>
13. Manuel Vílchez M. (2015). *Zonas Críticas Por Peligro Geológicos En La Región Del Cusco - INGEMMET*, Informe Técnico Geología Ambiental, Recuperado de:
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/2026>
 14. SGOTP. (2015) *MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DEL CUSCO. PDU.*
 15. SINAGERD. (2011). *Ley del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. Ley N 29664*. Diario Oficial el Peruano.
 16. Sosa, N (2014) *ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A LOS PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA - POBLADOS DE PAMPAMARCA Y ACOBAMBA, REGIÓN HUÁNUCO*, Recuperado de
http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2969/Sosa_Senticala_Norma_Luz.pdf?sequence=1
 17. Tabera (2001) *CATALOGO SISMICO DEL PERU*. IGP.
 18. Villena, D., Laura, W., & Davila, C. (2021). *CLIMAS DEL PERÚ-Mapa de Clasificación Climática Nacional*.



ANEXOS

MAPA GEOMORFOLOGICO REGIONAL



LEYENDA

Geomorfologia_Regional

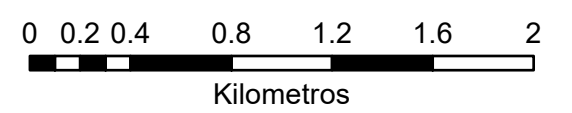
Sub_Unidades

- Altiplanicie sedimentaria
- Cauce del río
- Colina en roca intrusiva
- Colina en roca sedimentaria
- Montaña en roca sedimentaria
- Montaña en roca volcano-sedimentaria
- Montaña en roca volcánica
- Montaña estructural en roca sedimentaria
- Terraza aluvial
- Terraza indiferenciada
- Vertiente con depósito de deslizamiento
- Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial

SIMBOLOGIA

- Zona_Estudio
- APVs
- Curvas_Nivel
- Rios
- Pliegues
- Fallas

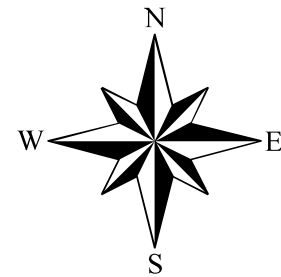
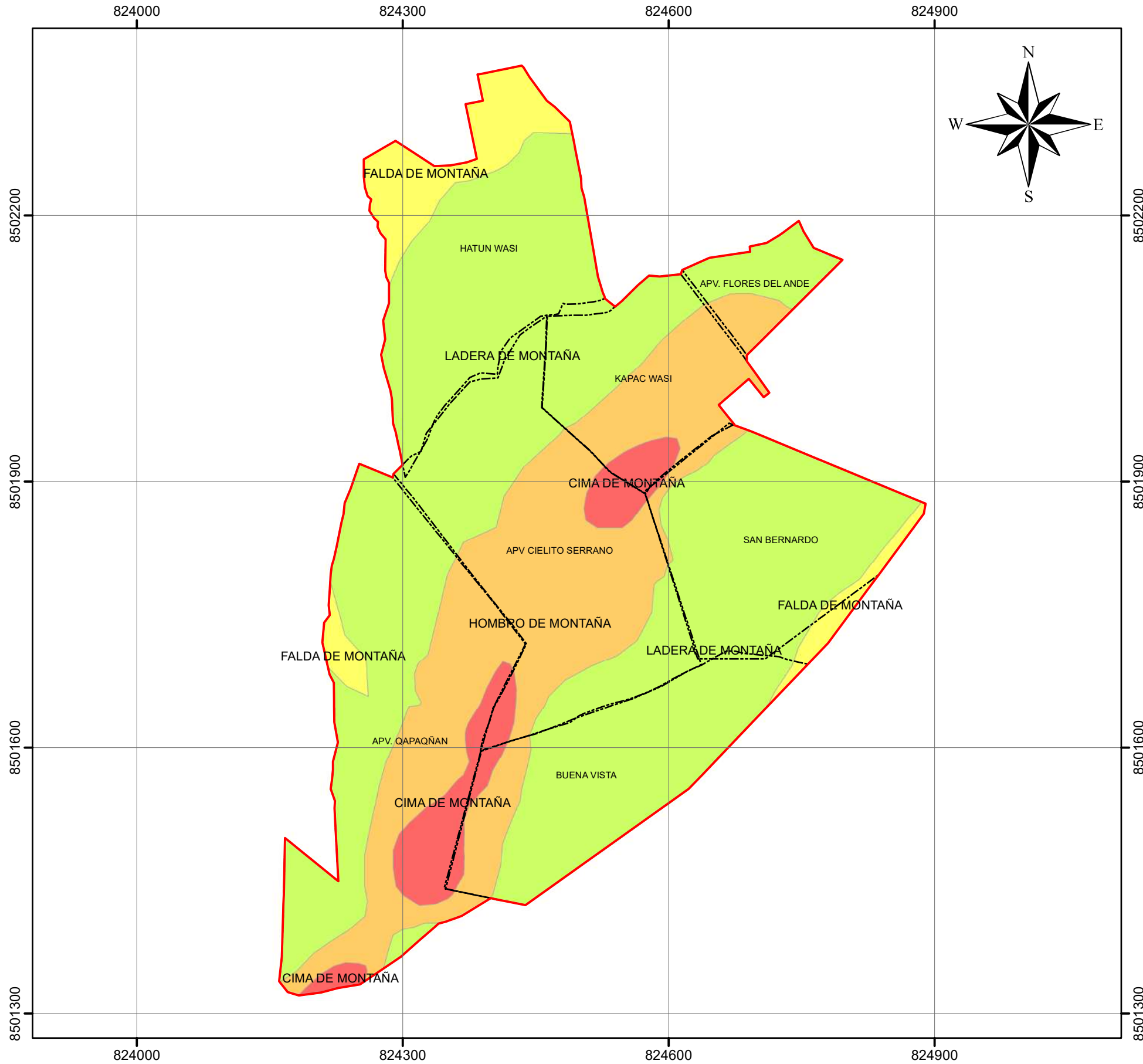
ESCALA: 1:30,000



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica Escuela Profesional de Ingeniería Geológica		
Asesor	Mgt. Josefina Escalante Gutierrez	
Tesis	Bach. Aguilar Chavez, Yuri Yusai	
	Bach. Caceres Quispe, Jhos Majid	
DATUM	WGS 84	ZONA 18L
ESCALA	1:30 000	
M-03		

Fuente: ZEE - MINAM GEO GPS PERU

MAPA GEOMORFOLOGICO LOCAL



Leyenda

Zona_Estudio

APVs

GEOMORFOLOG LOCAL

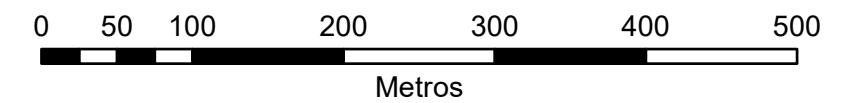
CIMA DE MONTAÑA

HOMBRO DE MONTAÑA

LADERA DE MONTAÑA

FALDA DE MONTAÑA

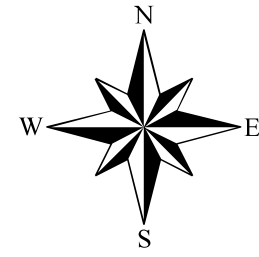
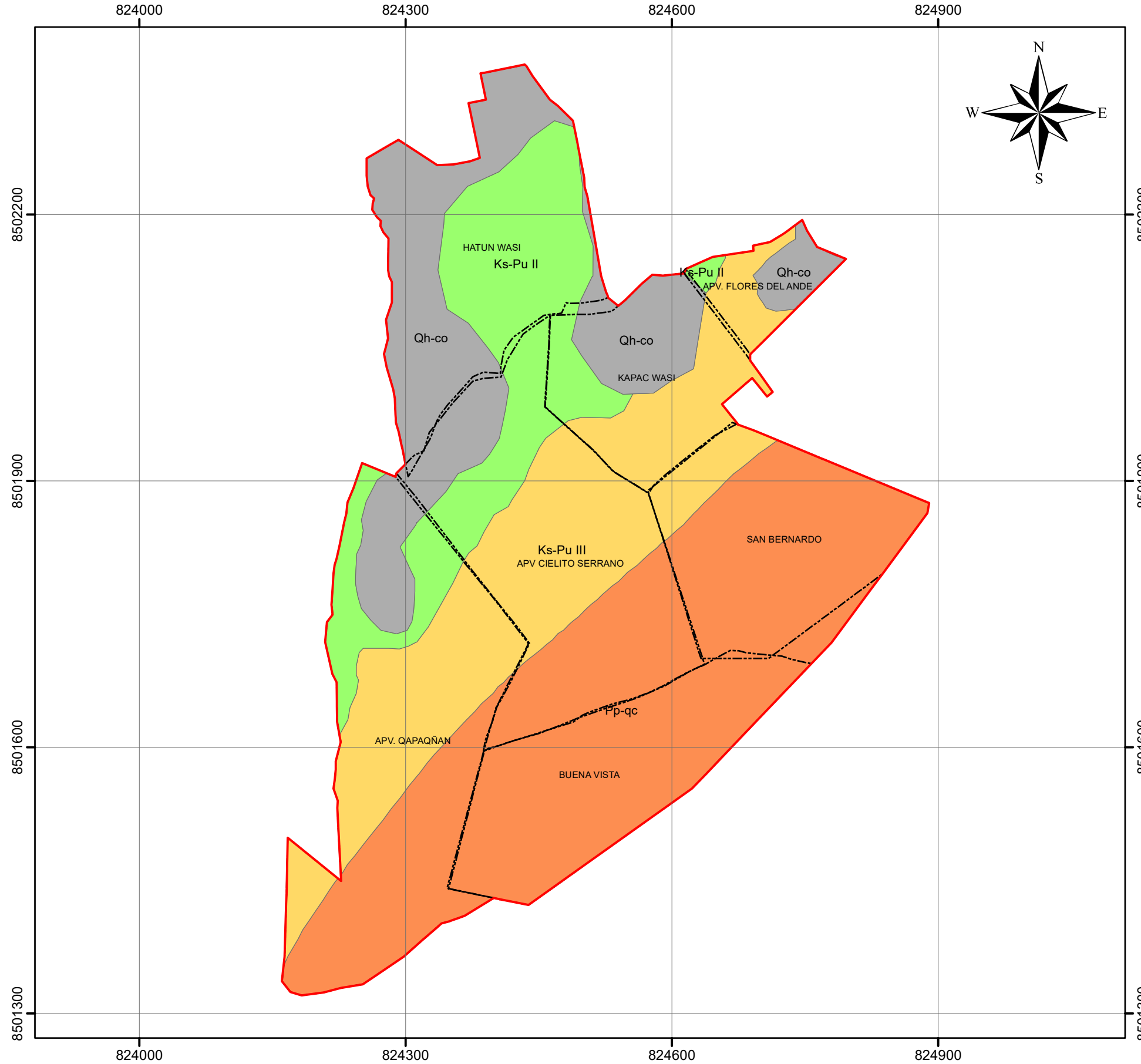
Esc: 1 = 5,000



	Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco					
	Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica					
	Escuela Profesional de Ingeniería Geológica					
Tesis de Investigación						
MAPA GEOMORFOLOGICO LOCAL						
Asesor	Mgt. Josefina Escalante Gutierrez					M-04
Tesis	Bach. Aguilar Chavez, Yuri Yusai					
	Bach. Caceres Quispe, Jhos Majid					
DATUM	WGS 84	ZONA	18L	ESCALA	1:5 000	

Fuente: Elaboracion Propia

MAPA GEOLOGICO LOCAL



Leyenda

Zona_Estudio

APVs

Geologia Local

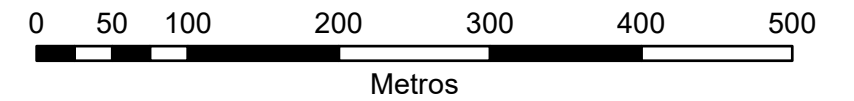
Ks-Pu II (Fm. Puquin II)

Ks-Pu III (Fm. Puquin III)

Pp-qc (Fm. Quilque)

Qh-co (Dep. Coluviales)

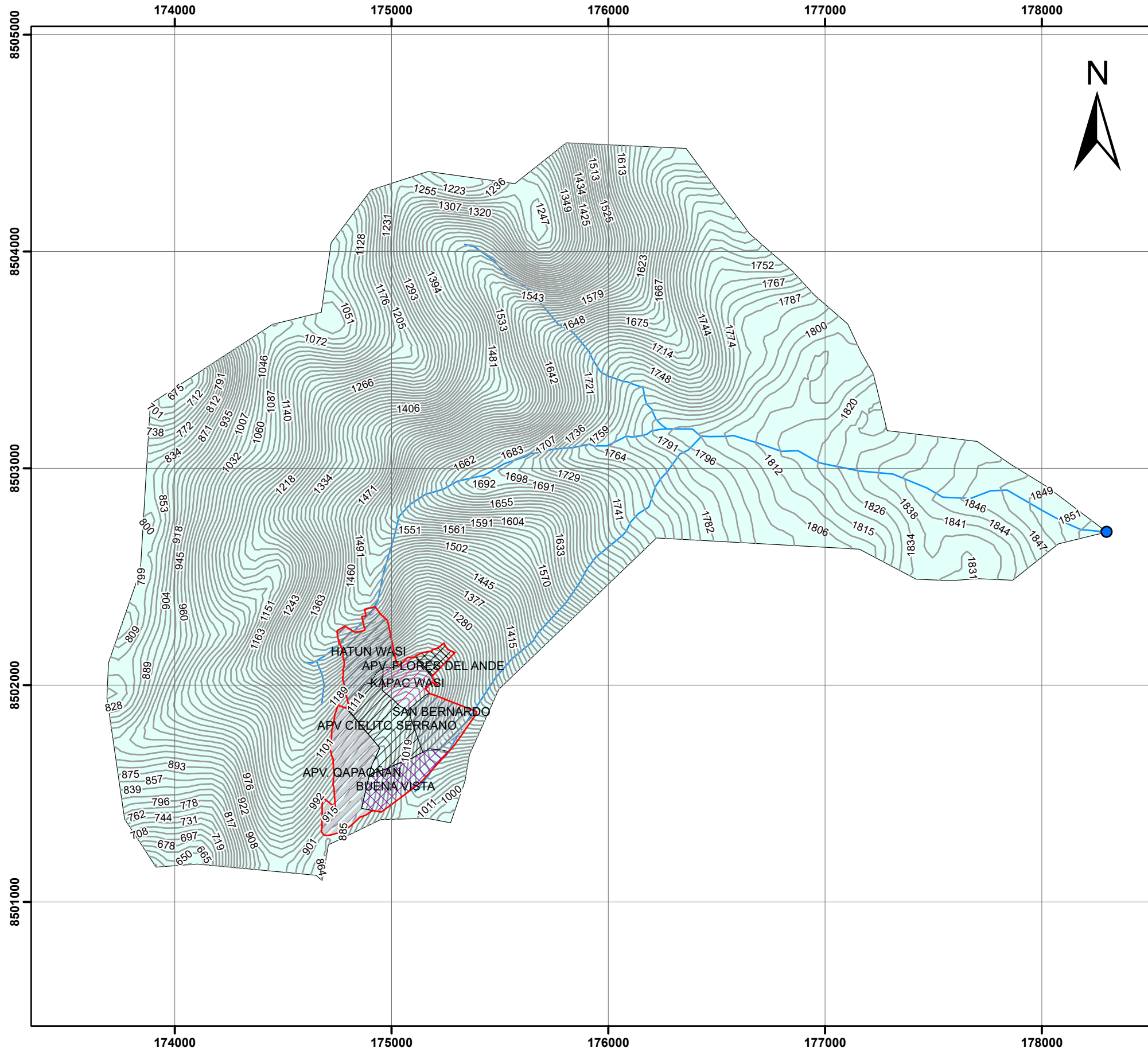
Esc: 1 = 5,000



	Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco					
	Facultad de Ingenieria Geologica, Minas y Metalurgica					
	Escuela Profesional de Ingenieria Geologica					
Tesis de Investigacion						
MAPA GEOLOGICO LOCAL						
Asesor	Mgt. Josefina Escalante Gutierrez					M-05
Tesisistas	Bach. Aguilar Chavez, Yuri Yusai					
	Bach. Caceres Quispe, Jhos Majid					
DATUM	WGS 84	ZONA	18L	ESCALA	1:5 000	

Fuente: Evaluacion Borde Urbano - SGOT - CUSCO

CUENCA HIDROGRAFICA



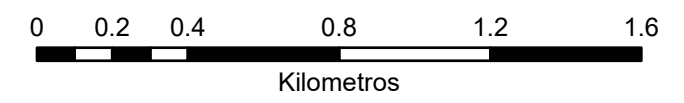
LEYENDA


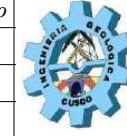
- Zona de Estudio
- Desfogue
- Drenaje
- Curvas Nivel

APVs

- APV CIELITO SERRANO
- APV. FLORES DEL ANDE
- APV. QAPAQÑAN
- BUENA VISTA
- HATUN WASI
- KAPAC WASI
- SAN BERNARDO

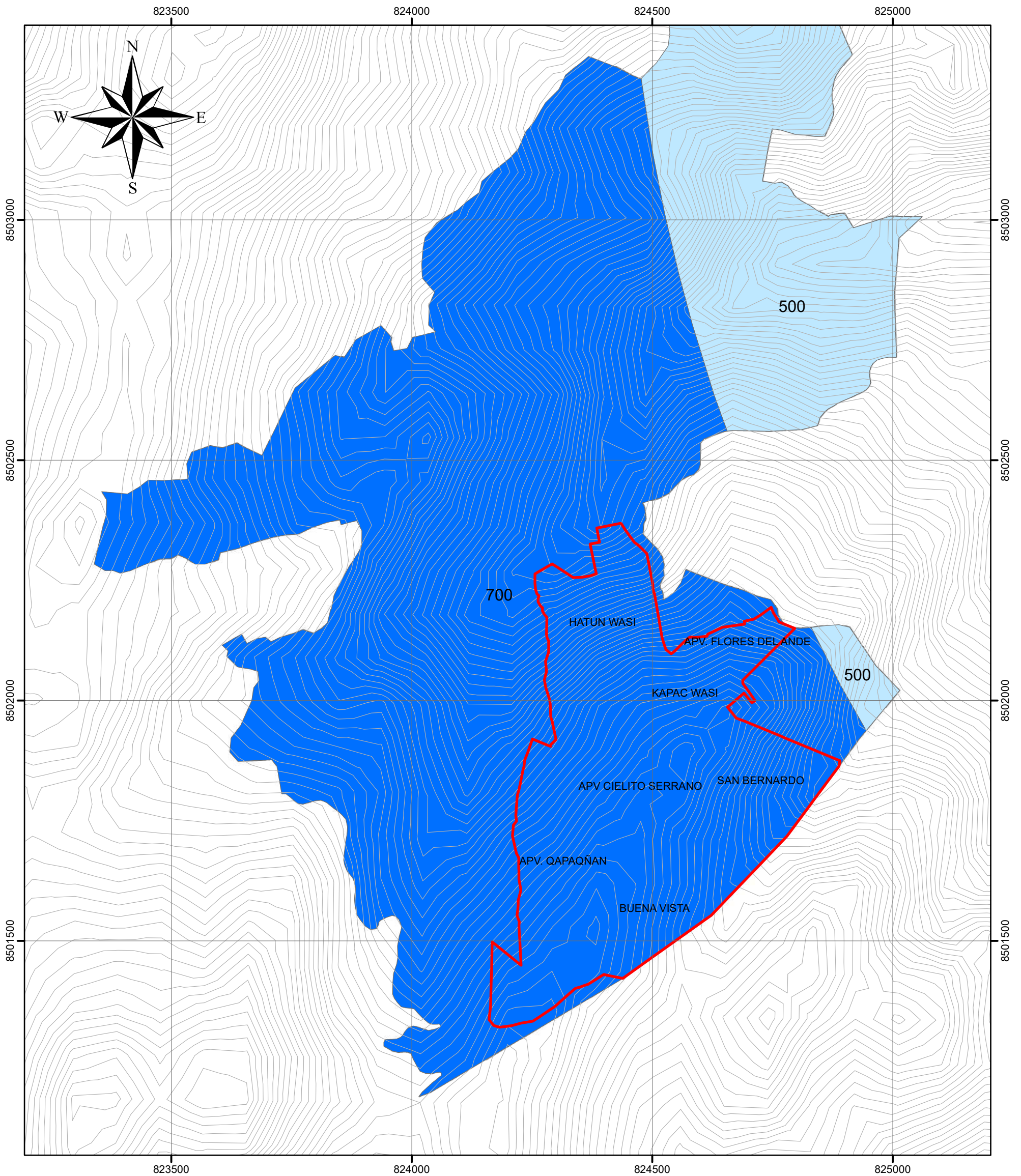
ESCALA: 1:20,000



	Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco					
	Facultad de Ingenieria Geologica, Minas y Metalurgia					
	Escuela Profesional de Ingenieria Geologica					
Tesis de Investigacion						
MAPA DE CUENCA HIDROGRAFICA						
Asesor	Mgt. Josefina Escalante Gutierrez					M-06
Tesisistas	Bach. Aguilar Chavez, Yuri Yusai					
	Bach. Caceres Quispe, Jhos Majid					
DATUM	WGS 84	ZONA	18L	ESCALA	1:20 000	

Fuente: Elaboracion Propia

MAPA DE PRECIPITACION MEDIA



0 50 100 200 300 400 500



Metros

Escala 1:8,000

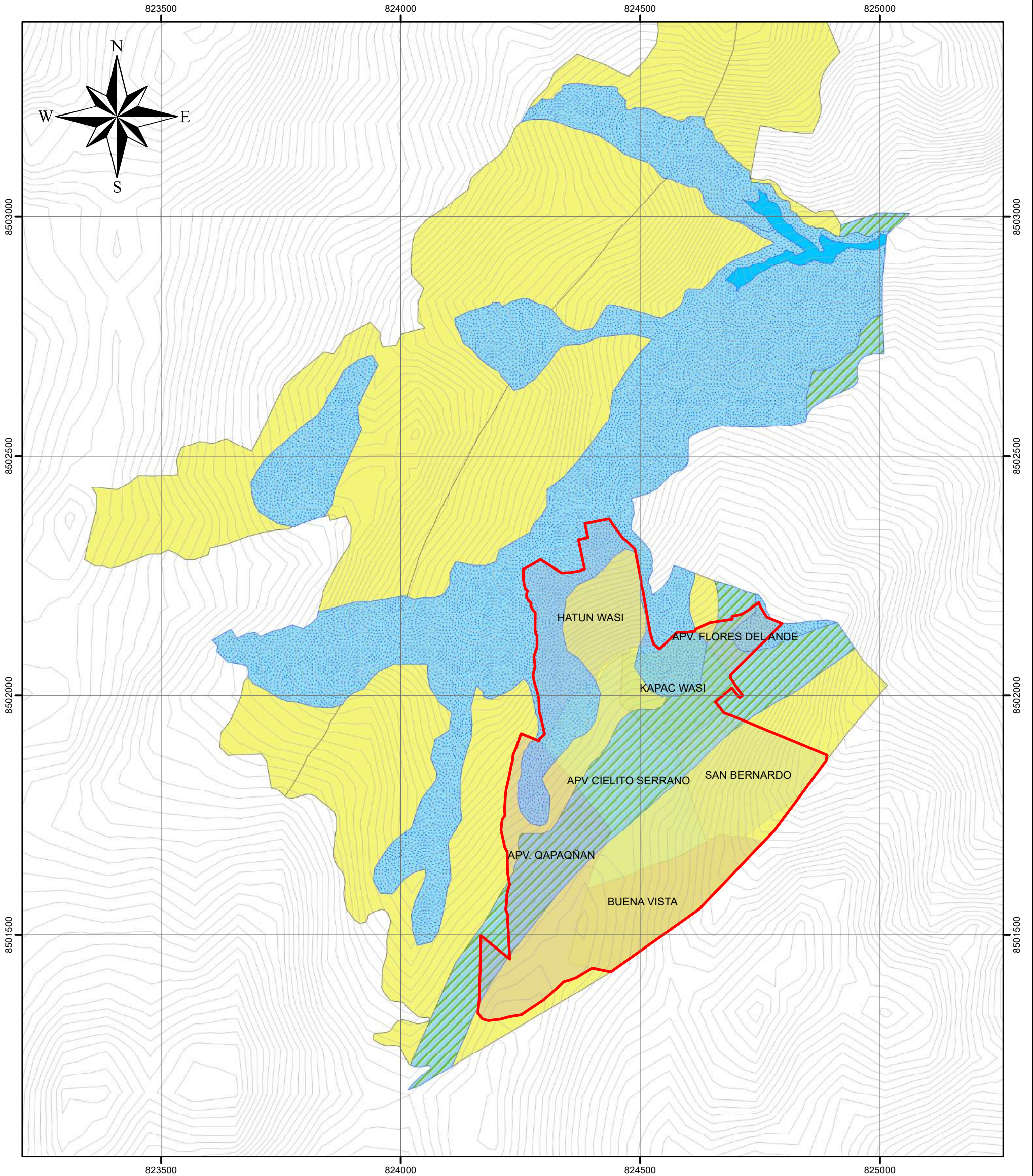
Fuente; Elaboracion Propia

LEYENDA	
	Zona_Estudio
	CURVAS_DE_NIVEL_5M
	500(mm/año)
	700(mm/año)
	APV CIELITO SERRANO
	APV. FLORES DEL ANDE
	APV. QAPAQÑAN
	BUENA VISTA
	HATUN WASI
	KAPAC WASI
	SAN BERNARDO

	Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco					
	Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica					
	Escuela Profesional de Ingeniería Geológica					
Tesis de Investigación						
MAPA DE PRECIPITACIONES MEDIA						
Asesor	Mgt. Josefina Escalante Gutierrez					
Tesisistas	Bach. Aguilar Chavez, Yuri Yusai					
	Bach. Caceres Quispe, Jhos Majid					
DATUM	WGS 84	ZONA	18L	ESCALA	1:8 000	

M-07

MAPA HIDROGEOLOGICO



0 62.5125 250 375 500



Metros

ESCALA: 1:8,000

Fuente: Elaboracion Propia

LEYENDA	
	Zona_Estudio
	CURVAS DE NIVEL (5m)
	Acuífero Poroso No consolidado
	Acuífero Fisurado Sedimentario
	Acuitardo Poroso No consolidado
	Acuitardo Sedimentario
	APV
	APV CIELITO SERRANO
	APV. FLORES DEL ANDE
	APV. QAPAQÑAN
	BUENA VISTA
	HATUN WASI
	KAPAC WASI
	SAN BERNARDO



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica

Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

Tesis de Investigación

MAPA HIDROGEOLOGICO

Asesor

Mgt. Josefina Escalante Gutierrez

Tesistas

Bach. Aguilar Chavez, Yuri Yusai

Bach. Caceres Quispe, Jhos Majid

DATUM

WGS 84

ZONA

18L

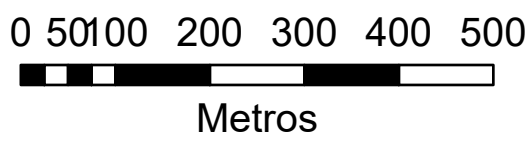
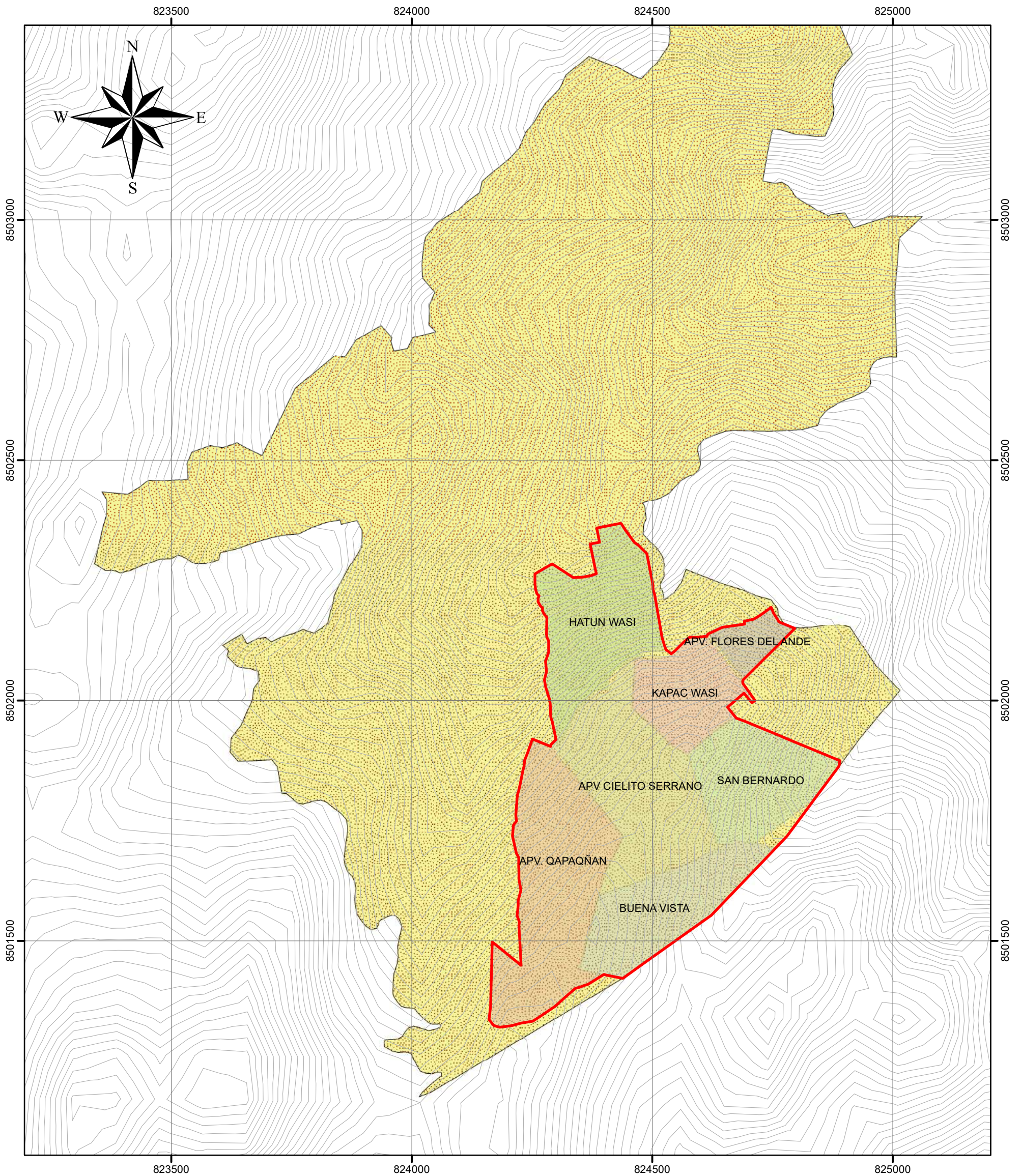
ESCALA

1:8 000



M-08

MAPA DE SISMICIDAD



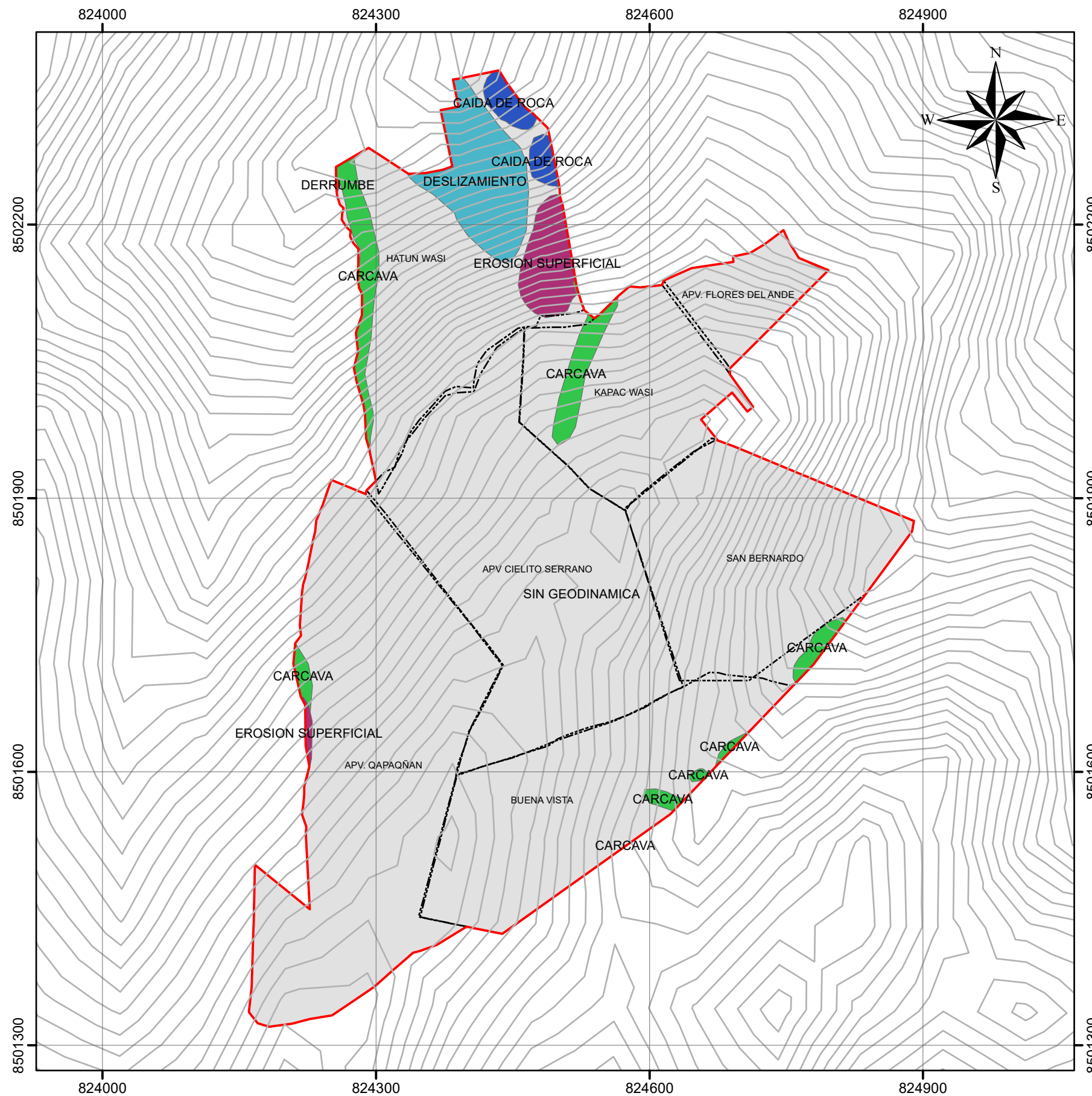
Escala: 1:8,000

Fuente: Geo GPS Peru- Zonificación Sísmica

LEYENDA	
	Zona_Estudio
	CURVAS_DE_NIVEL_5M
	>0.45 m/s(Mod-Fuerte)
-	
APVs Sector Quilque	
	APV. FLORES DEL ANDE
	APV. QAPAQÑAN
	BUENA VISTA
	HATUN WASI
	KAPAC WASI
	APV. CIELITO SERRANO
	SAN BERNARDO

	Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco				
	Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalurgia				
	Escuela Profesional de Ingeniería Geológica				
Tesis de Investigación					
MAPA DE SISMICIDAD					
Asesor	Mgt. Josefina Escalante Gutierrez				M-09
Tesistas	Bach. Aguilar Chavez, Yuri Yusai				
	Bach. Caceres Quispe, Jhos Majid				
DATUM	WGS 84	ZONA	18L	ESCALA	1:8 000

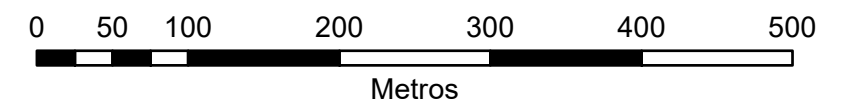
MAPA GEODINAMICO



LEYENDA

- CURVAS_DE_NIVEL_5M
 - Zona_Estudio
 - APVs
- ### Fenomen Geodinamicos
- CAIDA DE ROCA
 - CARCAVA
 - DERRUMBE
 - DESLIZAMIENTO
 - EROSION SUPERFICIAL
 - SIN GEODINAMICA

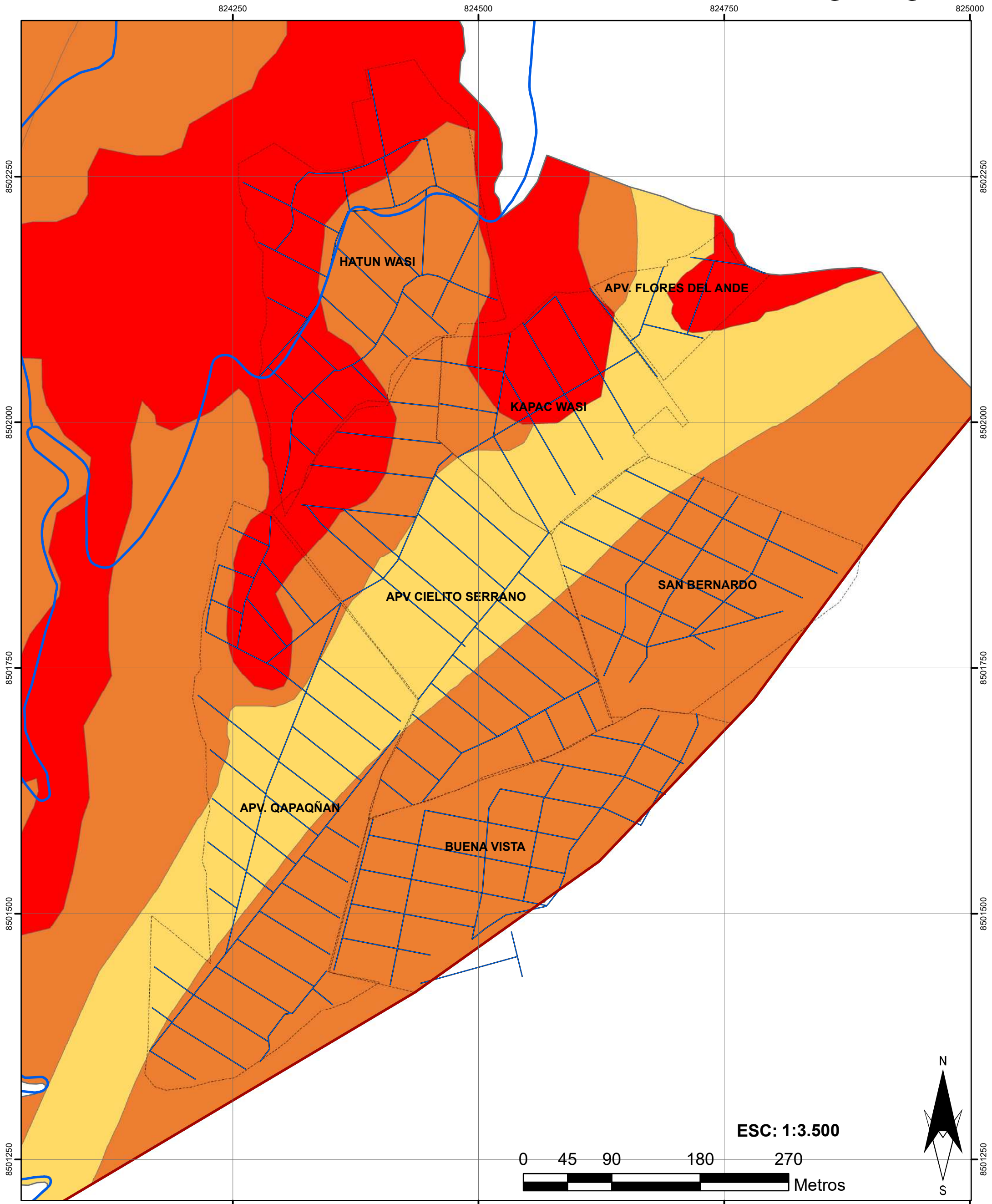
ESCALA: 1 = 5,000



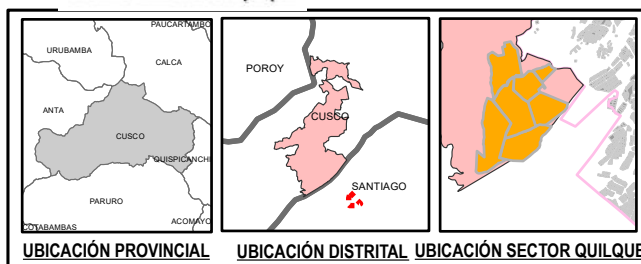
	Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco					
	Facultad de Ingenieria Geologica, Minas y Metalurgica					
	Escuela Profesional de Ingenieria Geologica					
	Tesis de Investigacion					
	MAPA GEODINAMICO					
Asesor	Mgt. Josefina Escalante Gutierrez					M-10
Tesis	Bach. Aguilar Chavez, Yuri Yusai					
	Bach. Caceres Quispe, Jhos Majid					
DATUM	WGS 84	ZONA	18L	ESCALA	1:5 000	

Fuente: Elaboracion Propia

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD GEOLOGICO - SECTOR QUILQUE



Fuente: Elaboración propia



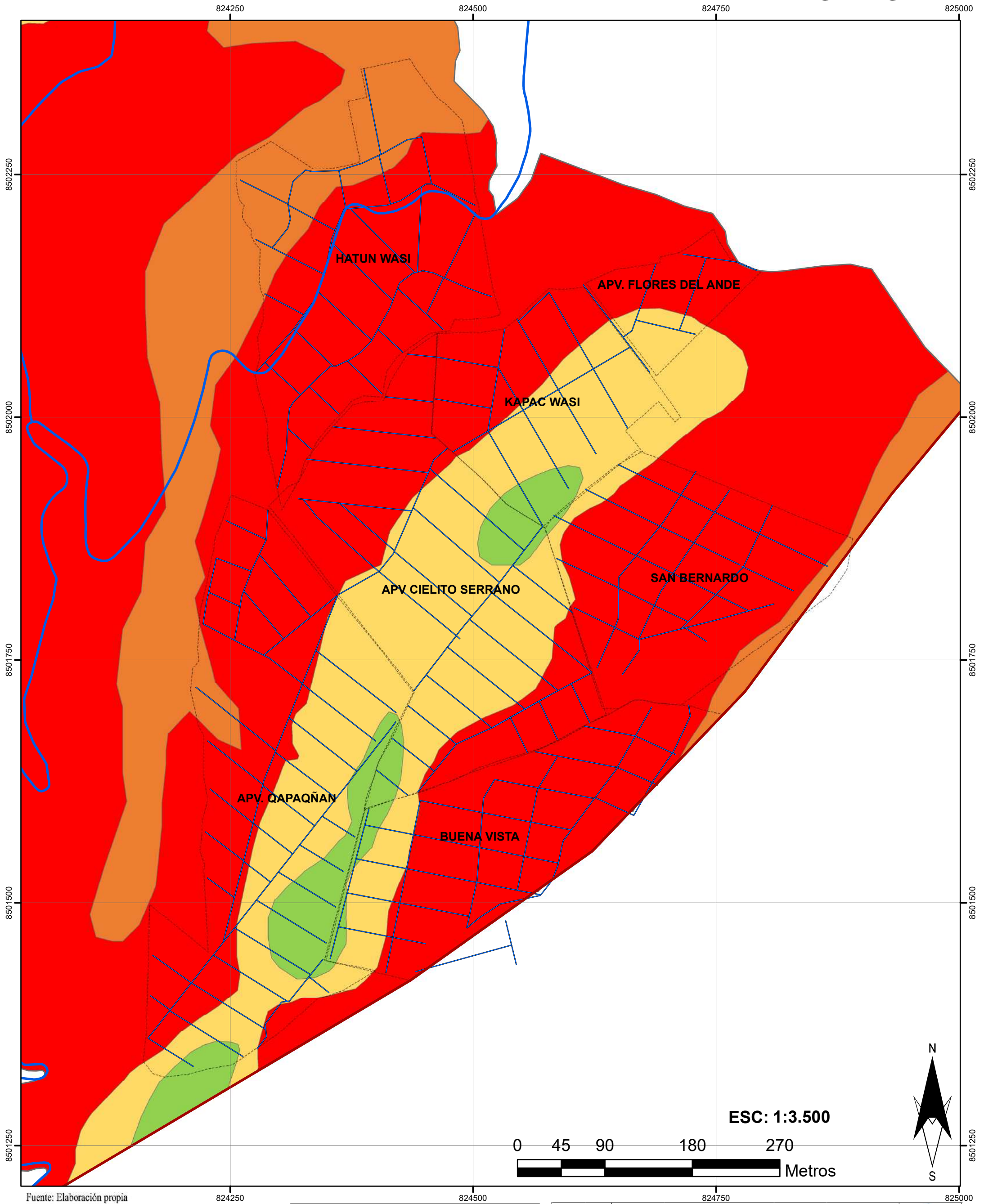
LEYENDA GENERAL

■ CENTROS POBLADOS	GRADO SUSCEPTIBILIDAD
— RED VIAL VECINAL	ALTO (Ks-Pu II, Pp-Qc)
— LIMITES DISTRITALES	MEDIO (Ks-Pu III)
— AMBITO FINAL	MUY ALTO (Qh-FI, Qh-co, Qho-an)
○ APV	

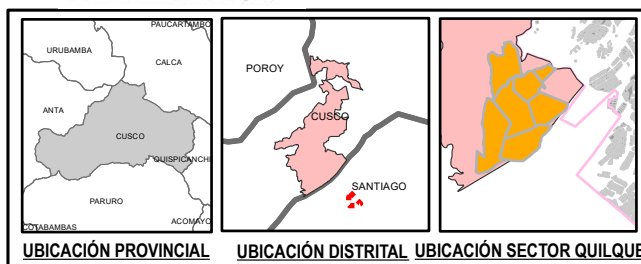
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica Escuela Profesional de Ingeniería Geológica Tesis de Investigación					
MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD GEOLOGICO - SECTOR QUILQUE					
Asesor	Mgt. Josefina Escalante Gutierrez				
Tesistas	Aguilar Chavez, Yuri Yusai Caceres Quispe, Jhos Majid				
DATUM	WGS 84	ZONA	19L	ESCALA	1/3500

S-01

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD GEOMORFOLOGIA - SECTOR QUILQUE



Fuente: Elaboración propia

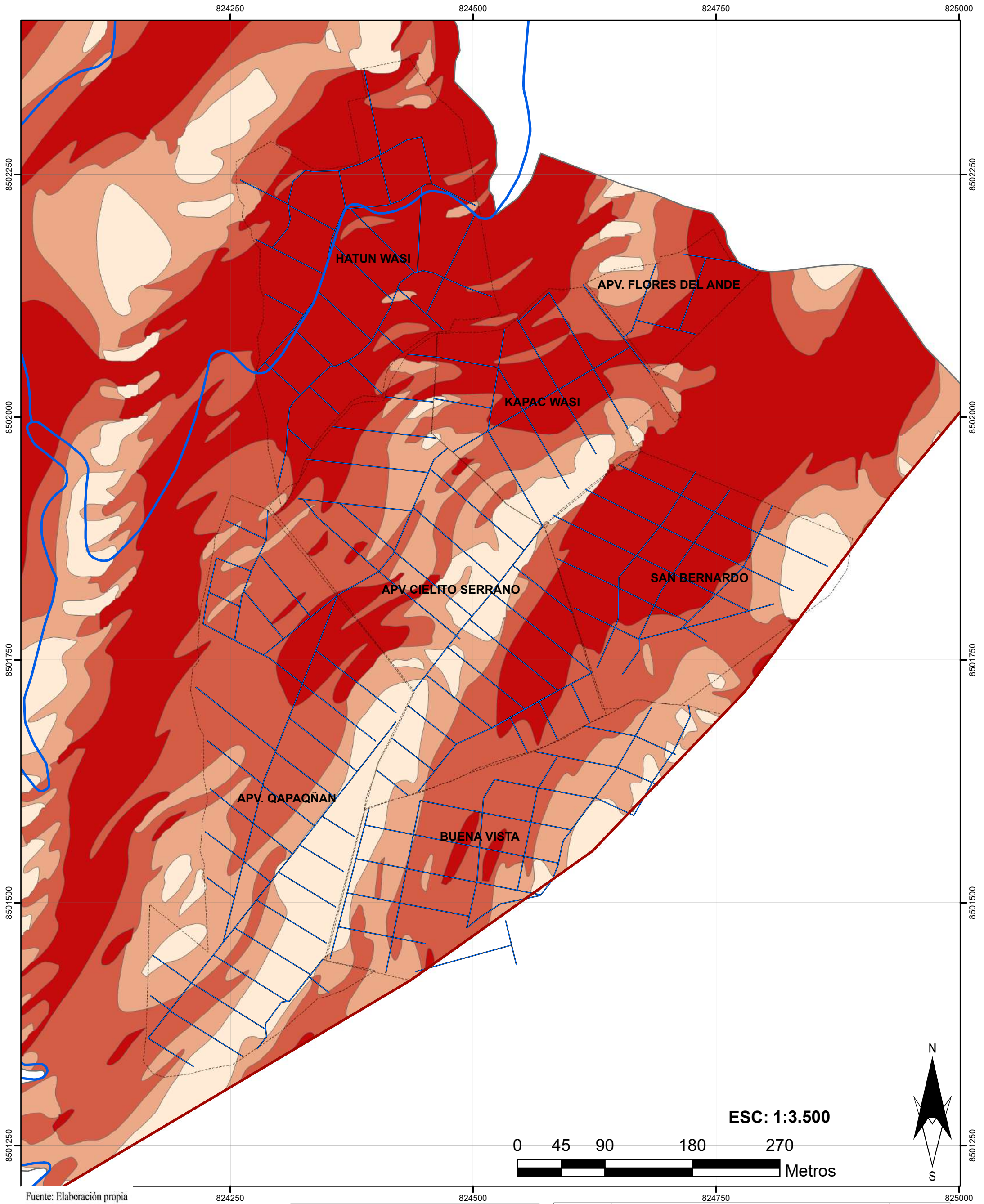


LEYENDA GENERAL	
■	CENTROS POBLADOS
—	RED VIAL VECINAL
---	LIMITES DISTRITALES
□	AMBITO FINAL
○	APV
GRADO SUSCEPTIBILIDAD	
■	Alto (Falda de montaña)
■	Bajo (Cima de montaña)
■	Medio (Hombro de montaña)
■	Muy Alto (Ladera de montaña)

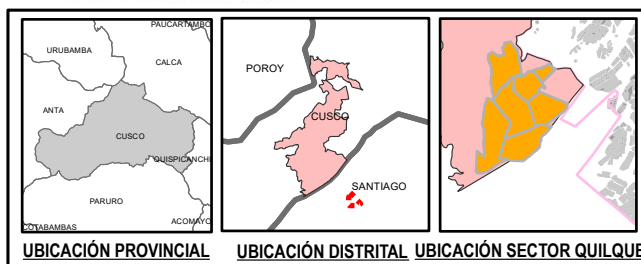
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica				
	Escuela Profesional de Ingeniería Geológica				
Tesis de Investigación					
MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD GEOMORFOLOGIA - SECTOR QUILQUE					
Asesor	Mgt. Josefina Escalante Gutierrez				
Tesisistas	Aguilar Chavez, Yuri Yusai				
	Caceres Quispe, Jhos Majid				
DATUM	WGS 84	ZONA	19L	ESCALA	1/3500

S-02

MAPA DE FACTOR PENDIENTES - SECTOR QUILQUE



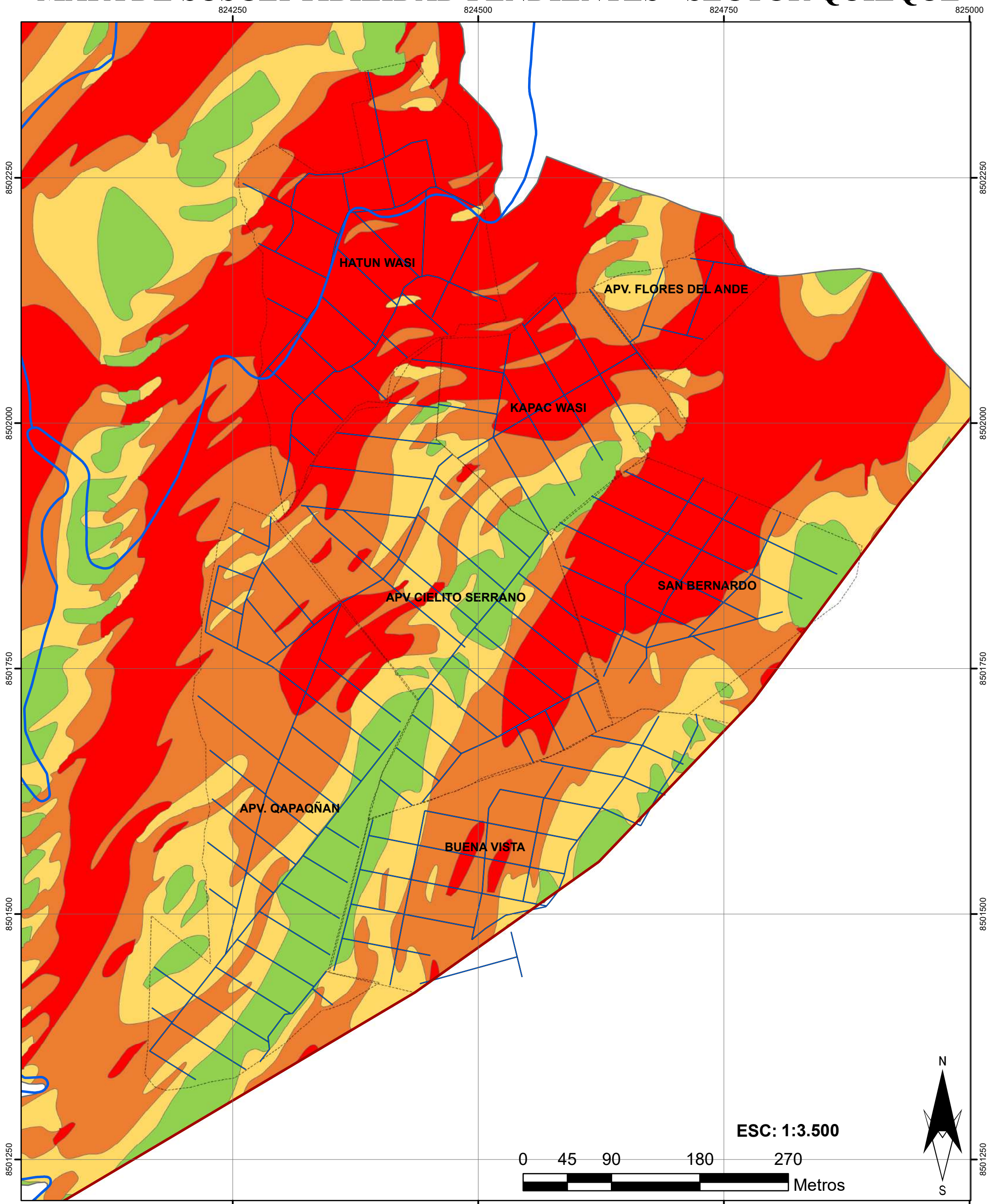
Fuente: Elaboración propia



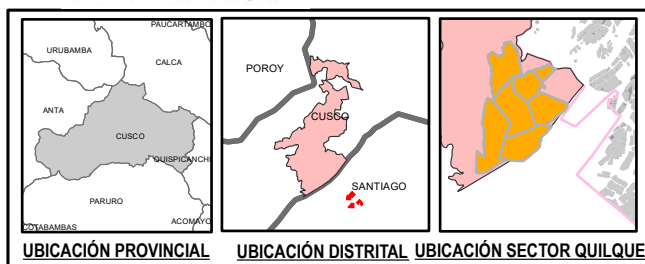
LEYENDA GENERAL	
■	CENTROS POBLADOS
—	RED VIAL VECINAL
—	LIMITES DISTRITALES
—	AMBITO FINAL
—	APV
PENDIENTES	
RANGO	
■	0°-10°
■	10°-15°
■	15°-20°
■	>20°

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica				
	Escuela Profesional de Ingeniería Geológica				
MAPA DE FACTOR PENDIENTES - SECTOR QUILQUE					
Asesor	Mgt. Josefina Escalante Gutierrez				
Tesistas	Aguilar Chavez, Yuri Yusai Caceres Quispe, Jhos Majid				
DATUM	WGS 84	ZONA	19L	ESCALA	1/3500
					S-03

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD PENDIENTES - SECTOR QUILQUE



Fuente: Elaboración propia



LEYENDA GENERAL

- CENTROS POBLADOS
 - RED VIAL VECINAL
 - LIMITES DISTRITALES
 - AMBITO FINAL
 - APV
- GRADO SUSCEPTIBILIDAD**
- Bajo 0°-14°
 - Medio 15°-34°
 - Alto 34°-45°
 - Muy alto >45°



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalurgia
 Escuela Profesional de Ingeniería Geológica
 Tesis de Investigación



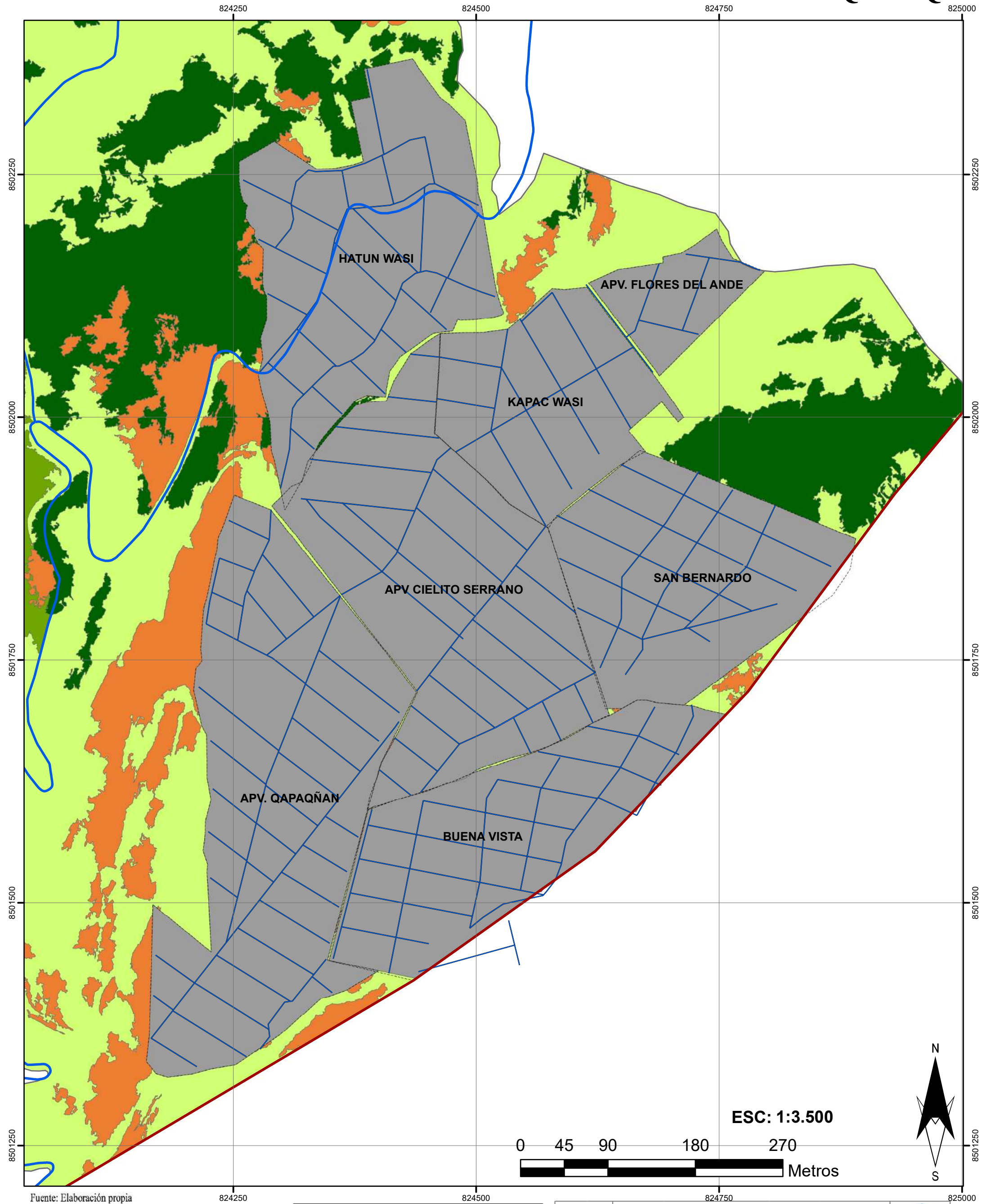
MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD PENDIENTES - SECTOR QUILQUE

Asesor: Mgt. Josefina Escalante Gutierrez
 Tesistas: Aguilar Chavez, Yuri Yusai
 Caceres Quispe, Jhos Majid

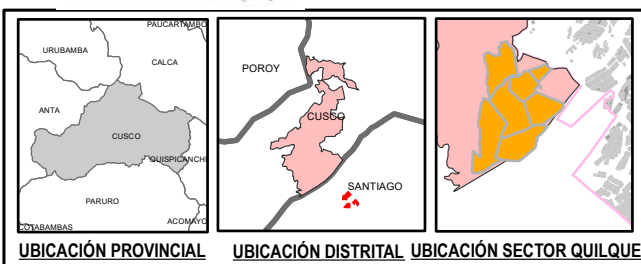
S-04

DATUM: WGS 84 ZONA: 19L ESCALA: 1/3500

MAPA DE FACTOR COBERTURA VEGETAL - SECTOR QUILQUE



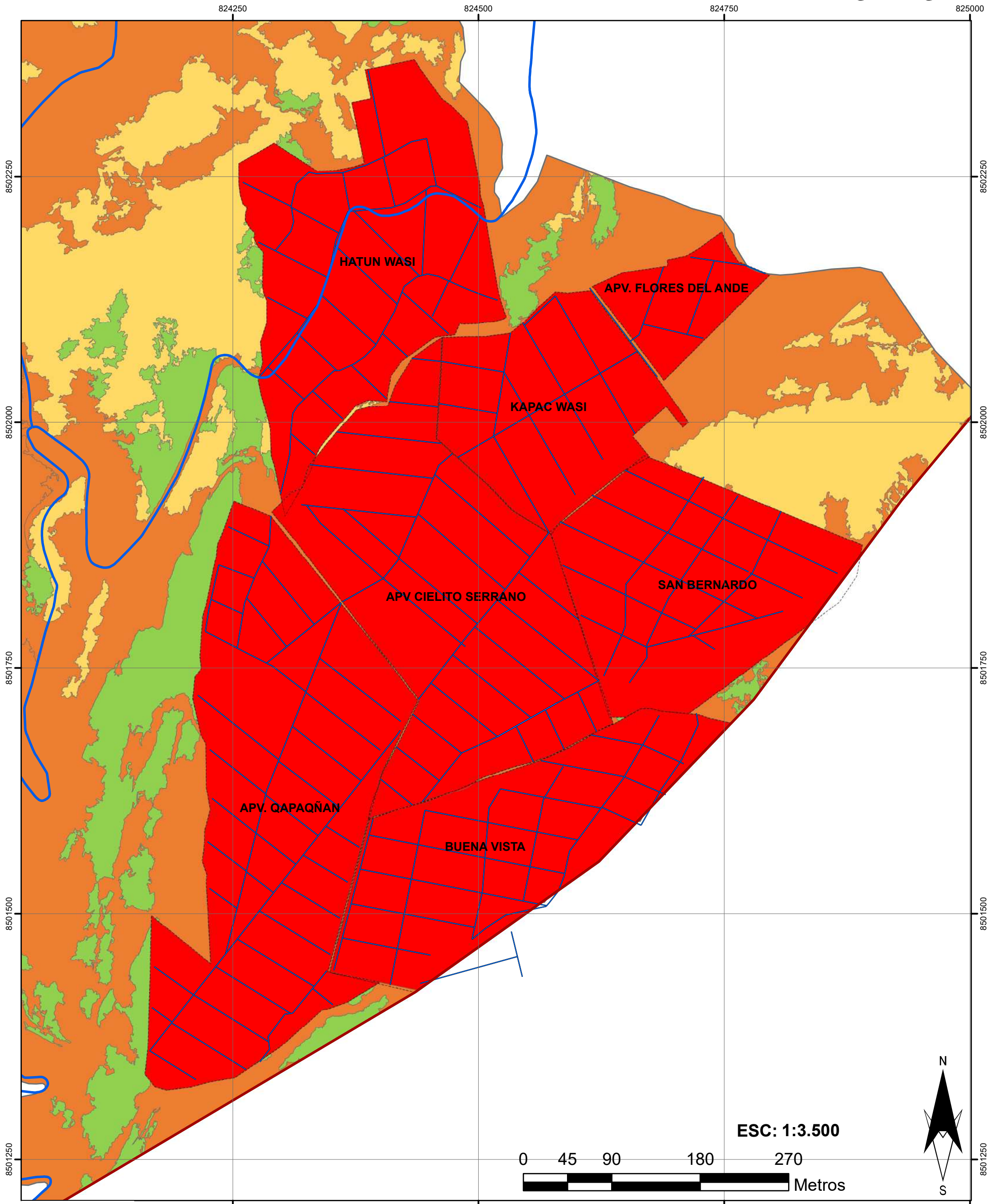
Fuente: Elaboración propia



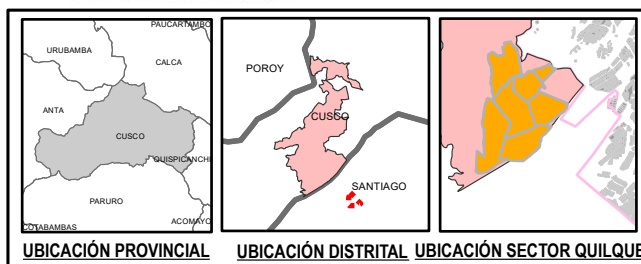
LEYENDA GENERAL	
■ CENTROS POBLADOS	Tipo de Cobertura
— RED VIAL VECINAL	■ ARBOREA
— LIMITES DISTRITALES	■ MATORRAL
— AMBITO FINAL	■ PASTIZAL
○ APV	■ Zona Agrícola
	■ Zona Urbana

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica				
	Escuela Profesional de Ingeniería Geológica				
Tesis de Investigación					
MAPA DE FACTOR COBERTURA VEGETAL - SECTOR QUILQUE					
Asesor	Mgt. Josefina Escalante Gutierrez				S-05
Tesistas	Aguilar Chavez, Yuri Yusai Caceres Quispe, Jhos Majid				
DATUM	WGS 84	ZONA	19L	ESCALA	

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD COBERTURA VEGETAL - SECTOR QUILQUE



Fuente: Elaboración propia



LEYENDA GENERAL

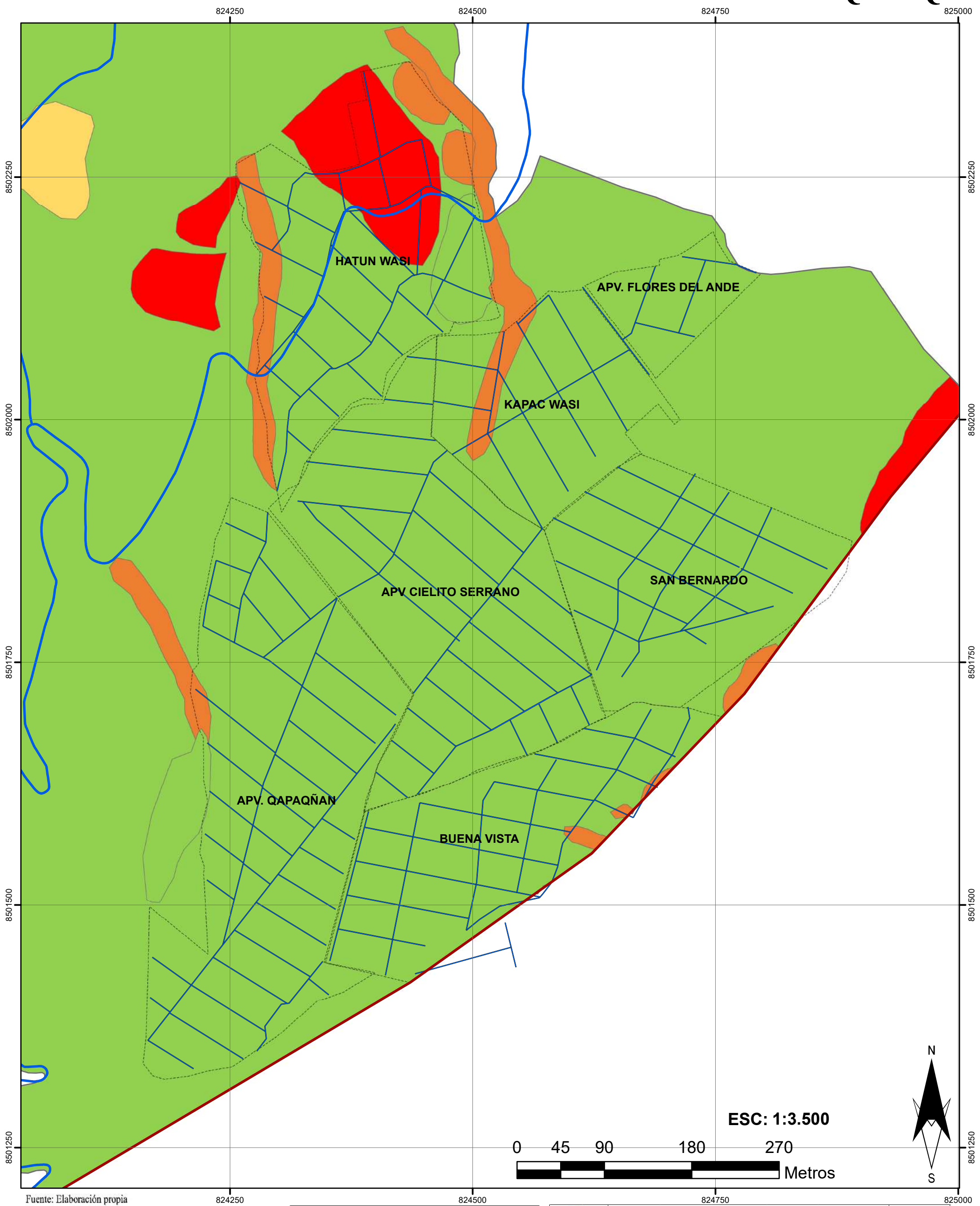
- CENTROS_POBLADOS
- RED VIAL VECINAL
- LIMITES DISTRITALES
- AMBITO_FINAL
- APV

GRADO SUSCEPTIBILIDAD

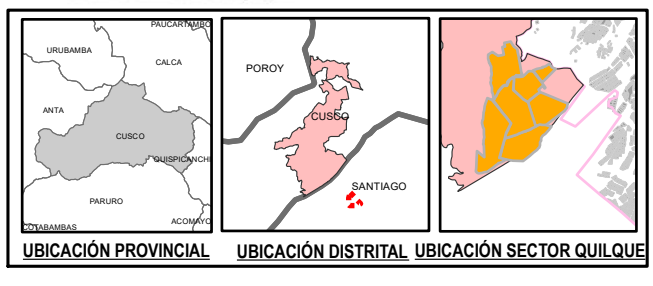
- Bajo (Matorral, Herbazal)
- Medio (Arborea)
- Alto (Pastizal)
- Muy Alto (Zona Urbana)

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalurgia Escuela Profesional de Ingeniería Geológica Tesis de Investigación				
		MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD COBERTURA VEGETAL - SECTOR QUILQUE				
		Asesor	Mgt. Josefina Escalante Gutierrez			
Tesistas	Aguilar Chavez, Yuri Yusai Caceres Quispe, Jhos Majid			S-06		
DATUM	WGS 84	ZONA	19L		ESCALA	1/3500

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD GEODINAMICA - SECTOR QUILQUE



Fuente: Elaboración propia



LEYENDA GENERAL

- CENTROS POBLADOS
- RED VIAL VECINAL
- LIMITES DISTRITALES
- AMBITO FINAL
- APV

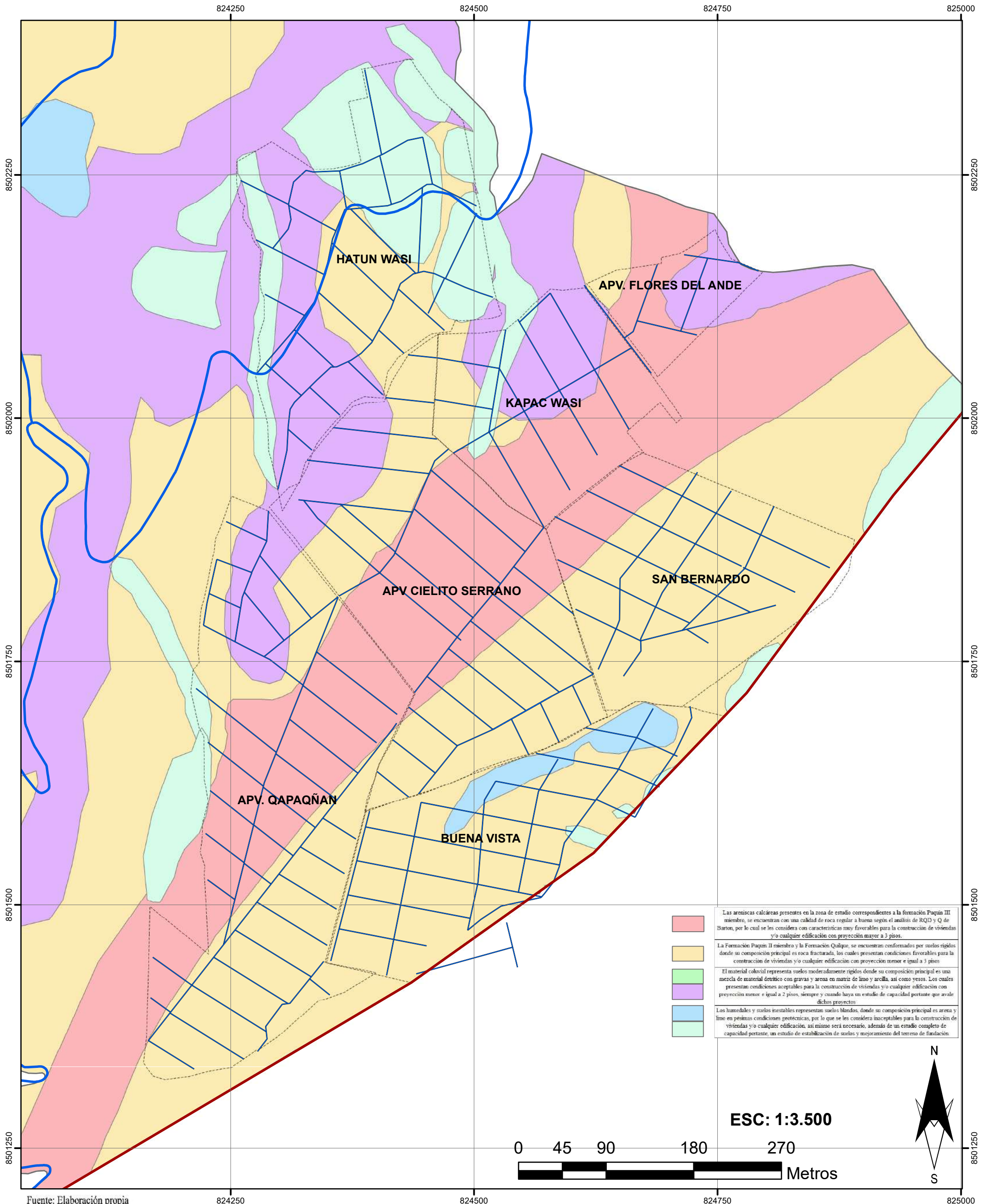
GRADO SUSCEPTIBILIDAD

- Bajo (Sin geodinámica, Erosión Superficial)
- Medio (Erosión Fluvial, Reptación)
- Alto (Carcavamiento, Caída de material)
- Muy Alto (Deslizamientos, Derrumbes)

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica				
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica					
Tesis de Investigación					
MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD GEODINAMICA - SECTOR QUILQUE					
Asesor	Mgt. Josefina Escalante Gutierrez				
Tesisistas	Aguilar Chavez, Yuri Yusai				
	Caceres Quispe, Jhos Majid				
DATUM	WGS 84	ZONA	19L	ESCALA	1/3500

S-07

MAPA DE FACTOR GEOTECNIA - SECTOR QUILQUE



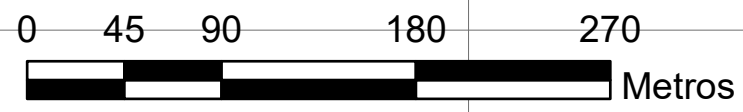
Las areniscas calcáreas presentes en la zona de estudio correspondientes a la formación Paqun III miembro, se encuentran con una calidad de roca regular a buena según el análisis de RQD y Q de Barton, por lo cual se les considera con características muy favorables para la construcción de viviendas y/o cualquier edificación con proyección mayor a 3 pisos.

La Formación Paqun II miembro y la Formación Quilque, se encuentran conformados por suelos rígidos donde su composición principal es roca fracturada, los cuales presentan condiciones favorables para la construcción de viviendas y/o cualquier edificación con proyección menor e igual a 3 pisos.

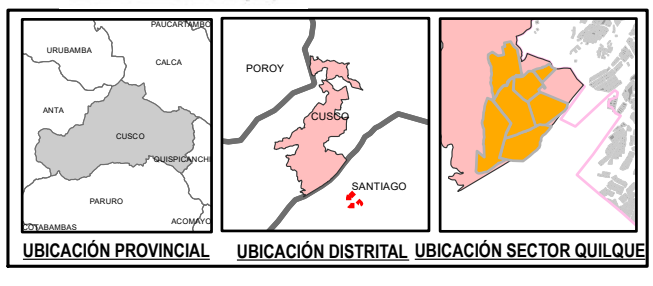
El material coluvial representa suelos moderadamente rígidos donde su composición principal es una mezcla de material detrítico con gravas y arena en matriz de limo y arcilla, así como yesos. Los cuales presentan condiciones aceptables para la construcción de viviendas y/o cualquier edificación con proyección menor e igual a 2 pisos, siempre y cuando haya un estudio de capacidad portante que avale dichos proyectos.

Las humedales y suelos inestables representan suelos blandos, donde su composición principal es arena y limo en peñimas condiciones geotécnicas, por lo que se les considera inaceptables para la construcción de viviendas y/o cualquier edificación, así mismo será necesario, además de un estudio completo de capacidad portante, un estudio de estabilización de suelos y mejoramiento del terreno de fundación.

ESC: 1:3.500



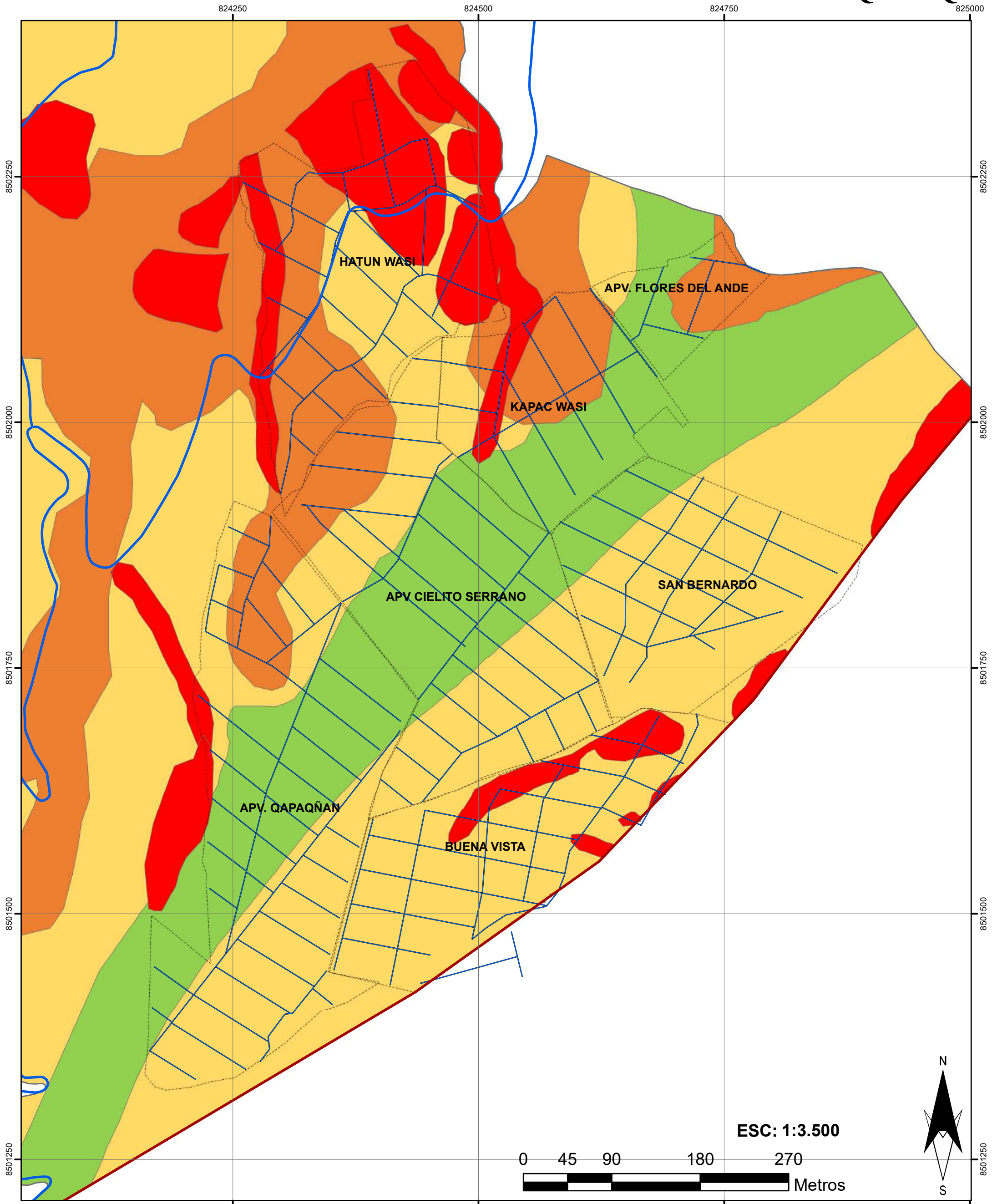
Fuente: Elaboración propia



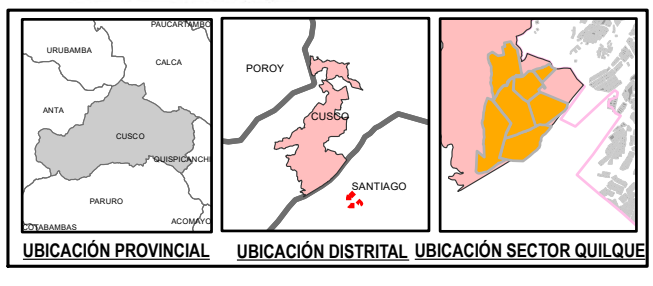
LEYENDA GENERAL	
■ CENTROS_POBLADOS	SUELO GEOTECNICO
— RED VIAL VECINAL	Roca
— LIMITES DISTRITALES	Suelos Antropicos, Suelos de relleno
— AMBITO_FINAL	Suelos Blandos
○ APV	Suelos Moderadamente Rígidos
	Suelos Rígidos
	Suelos especiales, inestables

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL DEL CUSCO				
	Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalurgia				
	Escuela Profesional de Ingeniería Geológica				
Tesis de Investigación					
MAPA DE FACTOR GEOTECNIA - SECTOR QUILQUE					
Asesor	Mgt. Josefina Escalante Gutierrez				S-08
Tesisistas	Aguilar Chavez, Yuri Yusai				
	Caceres Quispe, Jhos Majid				
DATUM	WGS 84	ZONA	19L	ESCALA	1/3500

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD GEOTECNICA - SECTOR QUILQUE



Fuente: Elaboración propia



LEYENDA GENERAL

- CENTROS POBLADOS
- RED VIAL VECINAL
- LIMITES DISTRITALES
- AMBITO FINAL
- APV

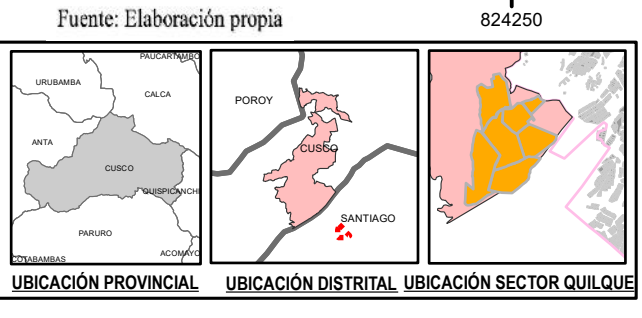
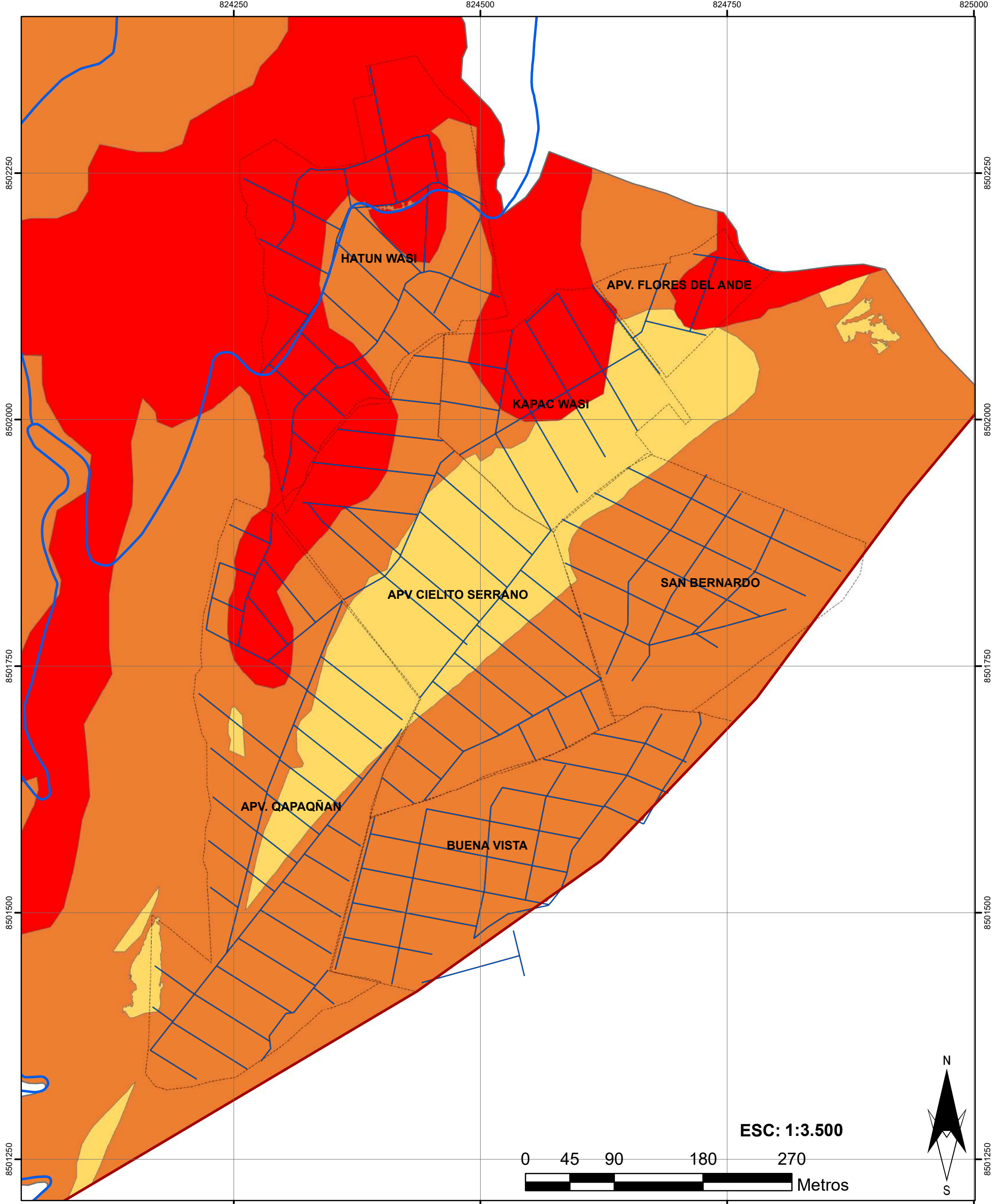
GRADO SUSCEPTIBILIDAD

- BAJO (Roca)
- MEDIO (Suelo Rígidos)
- ALTO (Suelos Moderadamente Rígidos)
- MUY ALTO (Suelos Blandos, Inestables, Zonas de relleno)

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica Escuela Profesional de Ingeniería Geológica Tesis de Investigación				
	MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD GEOTECNICA - SECTOR QUILQUE				
	Asesor	Mgt. Josefina Escalante Gutierrez			
Tesistas	Aguilar Chavez, Yuri Yusai Caceres Quispe, Jhos Majid				
DATUM	WGS 84	ZONA	19L	ESCALA	1/3500

S-09

MAPA DE PELIGROS POR PRECIPITACION - SECTOR QUILQUE



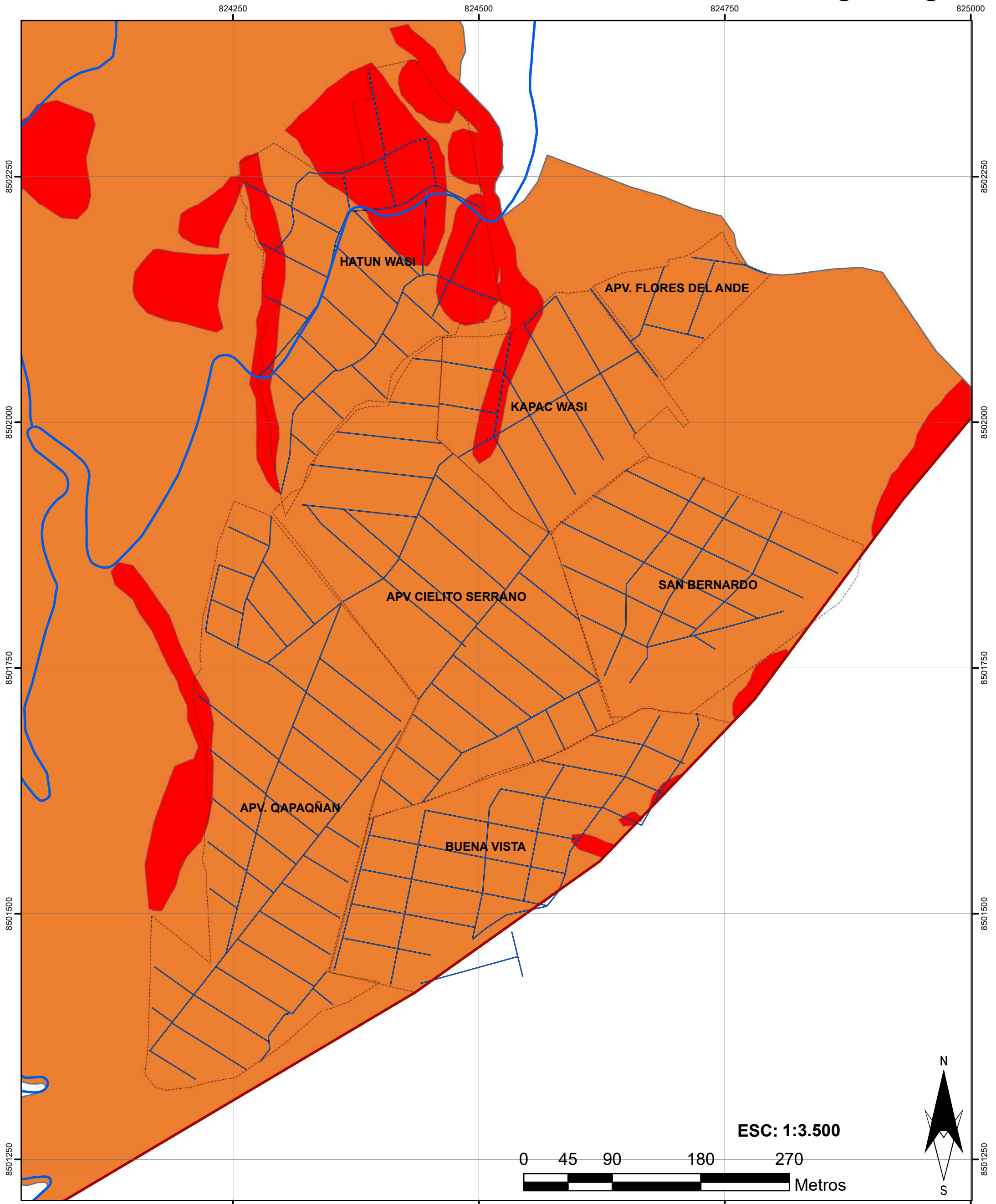
LEYENDA GENERAL

■ CENTROS POBLADOS	PELIGRO DE REM. EN MASA POR PRECIPITACION NIVEL
— RED VIAL VECINAL	■ MEDIO
— LIMITES DISTRITALES	■ ALTO
— AMBITO FINAL	■ MUY ALTO
○ APV	

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO				
	Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica				
	Escuela Profesional de Ingeniería Geológica				
MAPA DE PELIGROS POR PRECIPITACION - SECTOR QUILQUE					
Asesor	Mgt. Josefina Escalante Gutierrez				
Tesis	Aguilar Chavez, Yuri Yusai				
	Caceres Quispe, Jhos Majid				
DATUM	WGS 84	ZONA	19L	ESCALA	1/3500

S-10

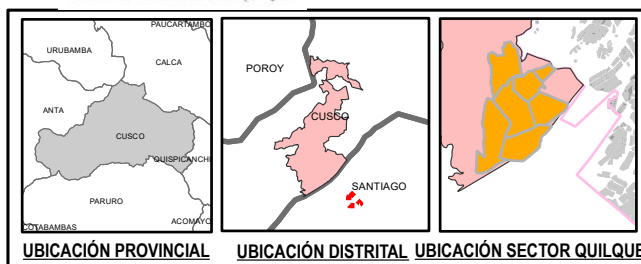
MAPA DE PELIGROS POR SISMICIDAD - SECTOR QUILQUE



ESC: 1:3.500



Fuente: Elaboración propia



LEYENDA GENERAL

- | | |
|-----------------------|---------------------------------|
| ■ CENTROS_POBLADOS | PELIGRO POR REM. EN MASA |
| — RED VIAL VECINAL | POR SISMICIDAD |
| — LIMITES DISTRITALES | NIVEL |
| — AMBITO_FINAL | ALTO |
| ○ APV | MUY ALTO |



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalurgia
 Escuela Profesional de Ingeniería Geológica
 Tesis de Investigación



MAPA DE PELIGROS POR SISMICIDAD - SECTOR QUILQUE

Asesor: Mgt. Josefina Escalante Gutierrez

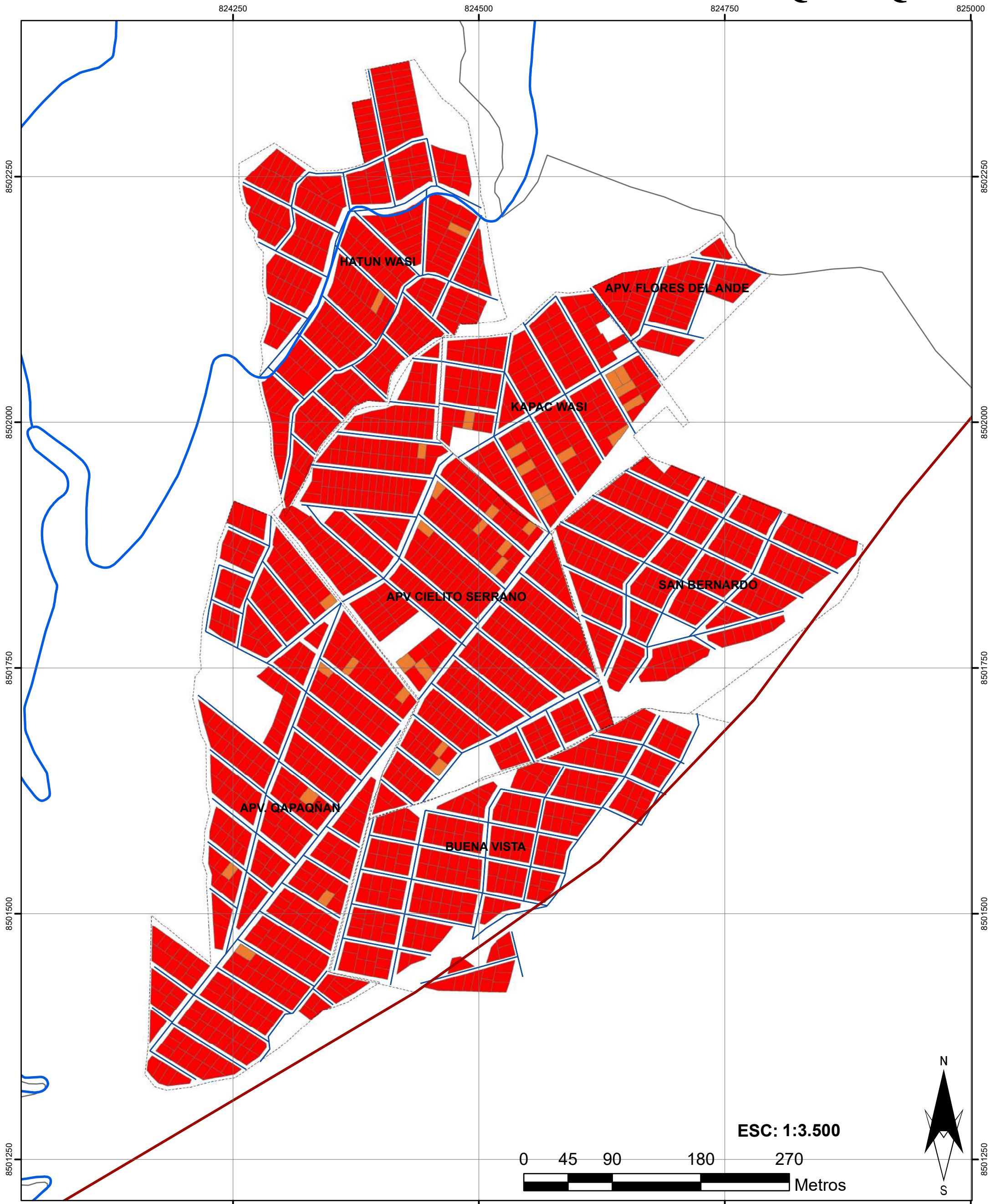
Tesistas: Aguilar Chavez, Yuri Yusai

Caceres Quispe, Jhos Majid

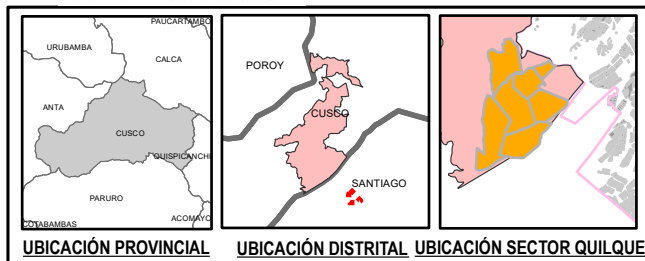
DATUM: WGS 84 ZONA: 19L ESCALA: 1/3500

S-11

MAPA DE VULNERABILIDAD - SECTOR QUILQUE



Fuente: Elaboración propia



LEYENDA GENERAL

- | | |
|-----------------------|--------------------------------|
| ■ CENTROS POBLADOS | NIVEL DE VULNERABILIDAD |
| — RED VIAL VECINAL | |
| — LIMITES DISTRITALES | ■ ALTO |
| — AMBITO FINAL | ■ MUY ALTO |
| ○ APV | |



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica

Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

Tesis de Investigación

MAPA DE VULNERABILIDAD - SECTOR QUILQUE

Asesor

Mgt. Josefina Escalante Gutierrez

Tesistas

Aguilar Chavez, Yuri Yusai

Caceres Quispe, Jhos Majid

DATUM

WGS 84

ZONA

19L

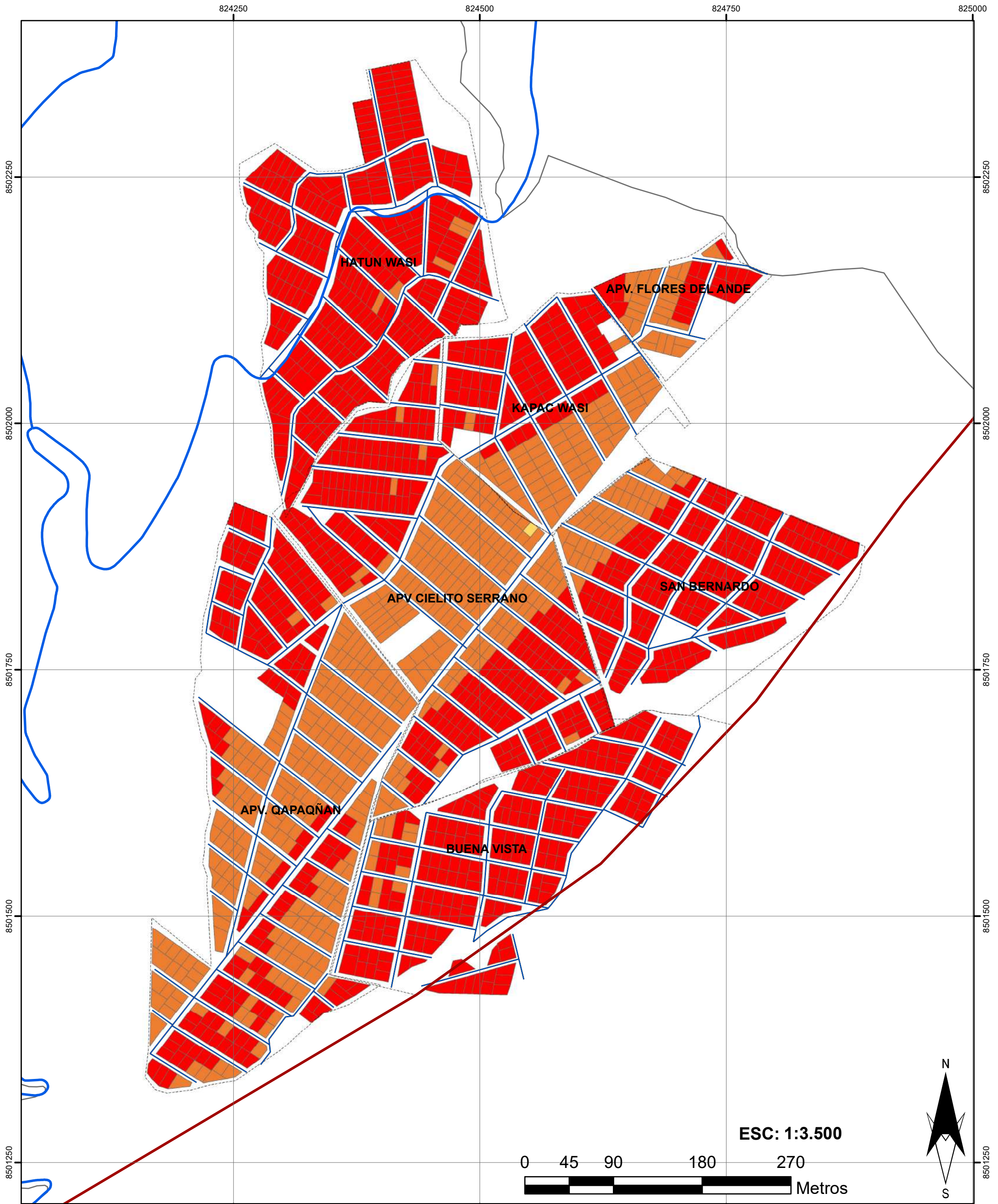
ESCALA

1/3500

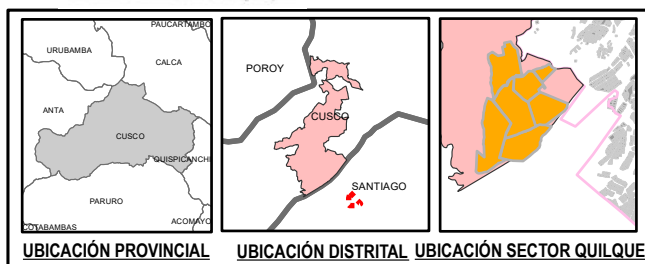


S-12

MAPA DE RIESGOS - SECTOR QUILQUE



Fuente: Elaboración propia



LEYENDA GENERAL

- | | |
|-----------------------|-------------------|
| ■ CENTROS POBLADOS | ■ NIVEL DE RIESGO |
| — RED VIAL VECINAL | ■ ALTO |
| — LIMITES DISTRITALES | ■ MEDIO |
| — AMBITO FINAL | ■ MUY ALTO |
| ○ APV | |



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica

Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

Tesis de Investigación

MAPA DE RIESGOS - SECTOR QUILQUE

Asesor: Mgt. Josefina Escalante Gutierrez

Tesistas: Aguilar Chavez, Yuri Yusai

Caceres Quispe, Jhos Majid

DATUM: WGS 84

ZONA: 19L

ESCALA: 1/3500



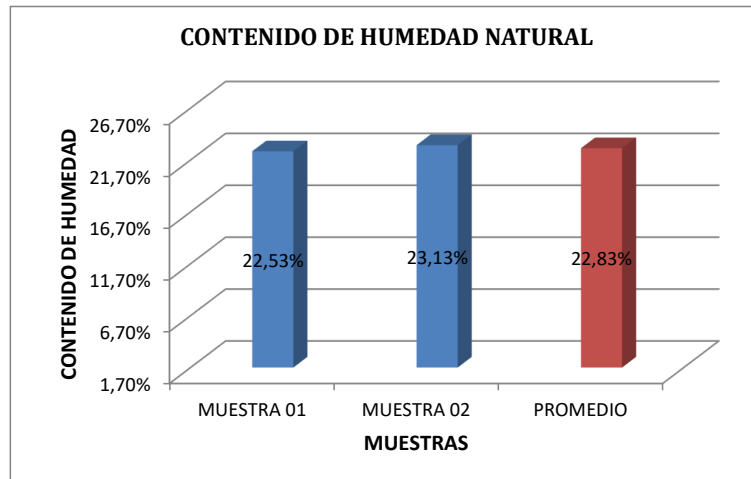
S-13

ANEXO 2

PROYECTOS GEOLOGICOS Y CIVILES G&C -LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION			
Pillao Matao, San Jeronimo - Cusco - Cusco			
DATOS DEL PROYECTO			
PROYECTO:	"Evaluación del Riesgo Geológico para la adecuada expansión del borde urbano en el sector Quilque, Distrito- Cusco – Cusco, 2020"		
SOLICITANTE:	Bach. Yuri Yusai Aguilar Chavez Bach. Jhos Majid Caceres Quispe	ENSAYADO POR :	Y.Y.A.C / J.M.C.Q
		ING. RESPONSABLE	
UBICACIÓN:	CUSCO - Sector Quilque	FECHA :	04/12/2021
DATOS DE LA MUESTRA			
Material:	Suelo de la Formaciones Puquin II - Quilque		
Ubicación de Mue	Sector Quilque	Progresiva:	-
Profundidad:	-		
Cantera:	-		

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (MTC E 108, Basado en la Norma ASTM D-2216)

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02
Peso de Capsula (gr)	43,93	45,89
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	356,46	404,9
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	298,99	337,46
Peso del Agua (gr)	57,47	67,44
Peso de la Muestra Seca (gr)	255,06	291,57
Contenido de Humedad	22,53%	23,13%



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 22,83%


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
 CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO
 Ing. Jonathan Alexander Molina Loiza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 223827

PROYECTOS GEOLOGICOS Y CIVILES G&C

-LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION

Pillao Matao, San Jeronimo - Cusco - Cusco

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	"Evaluación del Riesgo Geológico para la adecuada expansión del borde urbano en el sector Quilque, Distrito- Cusco - Cusco, 2020"		
SOLICITANTE:	Bach. Yuri Yusai Aguilar Chavez	ENSAYADO POR :	Y.Y.A.C / J.M.C.Q
	Bach. Jhos Majid Caceres Quispe	ING. RESPONSABLE :	
UBICACIÓN:	CUSCO - Sector Quilque	FECHA :	04/12/2021

DATOS DE LA MUESTRA

Material:	Suelo de la Formaciones Paquín II - Quilque		
Ubicación de Muestra:	Sector Quilque	Progresiva:	-
Profundidad:	-		
Cantera:	-		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107, Basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T-88

MATERIAL NO LAVADO
Peso total de la muestra = 6.928,00 gr
Peso de la fracción no lavada = 0,00 gr
Peso de la fracción para lavado = 6928,00 gr

FRACCIÓN DE MATERIAL LAVADO
Peso de la fracción antes del lavado = 6928,00 gr
Peso de la fracción después de lavar = 6496,00 gr
% de la fracción lavada = 100,00%

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO EN FRACCIÓN LAVADA	CORRECCIÓN EN FRACCIÓN LAVADA	% RETENIDO CORREGIDO EN FRACCIÓN LAVADA	% RETENIDO CORREGIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	100	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
3"	75	1072,92	16,52%	0,03%	16,55%	15,52%	15,52%	84,48%
2"	50	406,60	6,26%	0,01%	6,27%	5,88%	21,40%	78,60%
1½"	37,5	275,44	4,24%	0,01%	4,25%	3,98%	25,38%	74,62%
1"	25	392,51	6,04%	0,01%	6,05%	5,68%	31,06%	68,94%
¾"	19	468,08	7,21%	0,02%	7,22%	6,77%	37,83%	62,17%
¾"	9,5	1151,21	17,72%	0,04%	17,76%	16,65%	54,48%	45,52%
Nº 4	4,75	1015,81	15,64%	0,03%	15,67%	14,69%	69,18%	30,82%
Nº 10	2	901,31	13,87%	0,03%	13,90%	13,04%	82,21%	17,79%
Nº 20	0,850	461,15	7,10%	0,01%	7,11%	6,67%	88,88%	11,12%
Nº 40	0,425	159,73	2,46%	0,01%	2,46%	2,31%	91,19%	8,81%
Nº 60	0,250	81,64	1,26%	0,00%	1,26%	1,18%	92,38%	7,62%
Nº 140	0,106	75,28	1,16%	0,00%	1,16%	1,09%	93,46%	6,54%
Nº 200	0,075	15,68	0,24%	0,00%	0,24%	0,23%	93,69%	6,31%
Cazuela	-	5,08	0,08%	0,00%	0,08%	0,07%	93,76%	-
Lavado	-	432,00	-	-	-	6,24%	100,00%	-
Fracción Retenida en Lavado		6482,44	99,79%	0,21%	100,00%	93,76%		
Total		6914,44	%Error = 0,21% Ok!			100,00%		

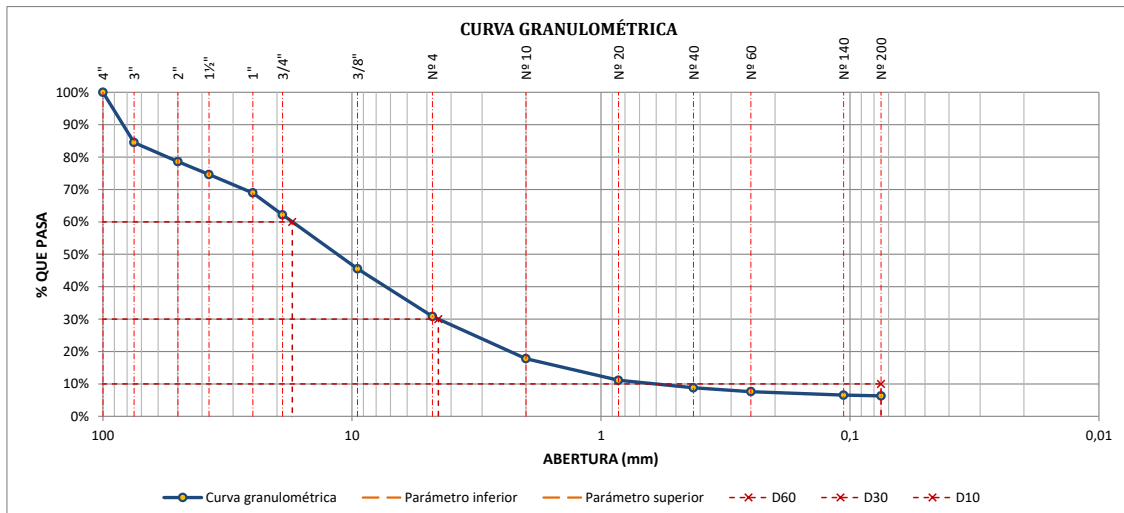
Gradación:

TAMIZ Nº	LIM. INFERIOR	LIM. SUPERIOR
2" (50 mm)	#N/D	#N/D
1½" (37,5 mm)	#N/D	#N/D
1" (25 mm)	#N/D	#N/D
¾" (19 mm)	#N/D	#N/D
¾" (9,5 mm)	#N/D	#N/D
Nº 4 (4,75 mm)	#N/D	#N/D
Nº 10 (2 mm)	#N/D	#N/D
Nº 40 (0,425 mm)	#N/D	#N/D
Nº 200 (0,075 mm)	#N/D	#N/D

Fracciones de Grava, Arena y Finos de la Muestra

% de grava (Retiene Tamiz Nº 4) = 69,18%
 % de arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) = 24,51%
 % de finos (Pasa Tamiz Nº 200) = 6,31%
Total = 100,00%

Fracción Gruesa
 % de grava = 73,84%
 % de arena = 26,16%
Total = 100,00%



Tamaño Máximo Absoluto = 4"

Tamaño Máximo Nominal = 3"

D60 = 17,36 mm
 D30 = 4,50 mm
 D10 = 0,075 mm

Cu = 231,47
 Cc = 15,535

ING. Jonathan Alexander Molina Loiza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 223827

PROYECTOS GEOLÓGICOS Y CIVILES G&C

-LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION

Pillao Matao, San Jeronimo - Cusco - Cusco

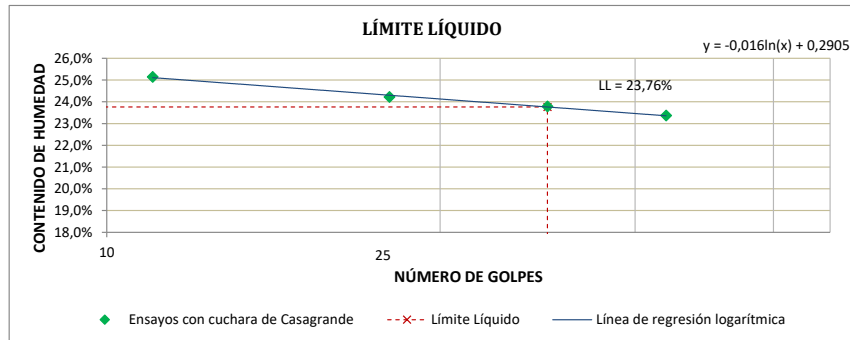
DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	"Evaluación del Riesgo Geológico para la adecuada expansión del borde urbano en el sector Quilque, Distrito- Cusco – Cusco, 2020"		
SOLICITANTE:	Bach. Yuri Yusai Aguilar Chavez Bach. Jhos Majid Caceres Quispe	ENSAYADO POR : ING. RESPONSABLE :	Y.Y.A.C / J.M.C.Q
UBICACIÓN:	CUSCO - Sector Quilque	FECHA :	04/12/2021
DATOS DE LA MUESTRA			
Material:	Suelo de la Formaciones Puquin II - Quilque		
Ubicación de Muestra:	Sector Quilque	Progresiva:	
Profundidad:	-		
Cantera:	-		

LÍMITE LÍQUIDO

MTC E 110, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-89

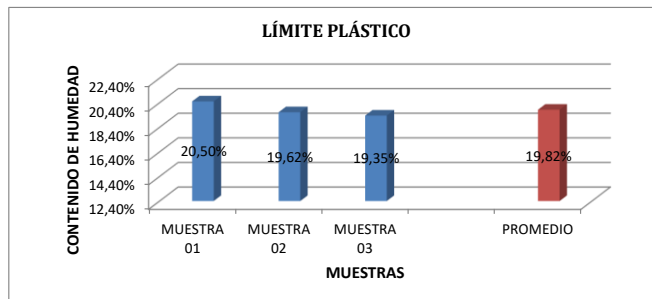
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04
Número de Golpes	32	25	18	11
Peso de Capsula (gr)	16,21	16,08	15,65	16,43
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	34,00	36,32	33,70	35,74
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	30,63	32,43	30,18	31,86
Peso del Agua (gr)	3,37	3,89	3,52	3,88
Peso de la Muestra Seca (gr)	14,42	16,35	14,53	15,43
Contenido de Humedad	23,37%	23,79%	24,23%	25,15%



LÍMITE PLÁSTICO

MTC E 111, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-90

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	22,97	28,98	23,21
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	28,26	35,26	29,44
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	27,36	34,23	28,43
Peso del Agua (gr)	0,90	1,03	1,01
Peso de la Muestra Seca (gr)	4,39	5,25	5,22
Contenido de Humedad	20,50%	19,62%	19,35%



LÍMITE LÍQUIDO = 23,76%
LÍMITE PLÁSTICO = 19,82%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD = 3,94%


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
 CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO
 Ing. Jonathan Alexander Molina Loayza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 223827

PROYECTOS GEOLOGICOS Y CIVILES G&C

-LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION

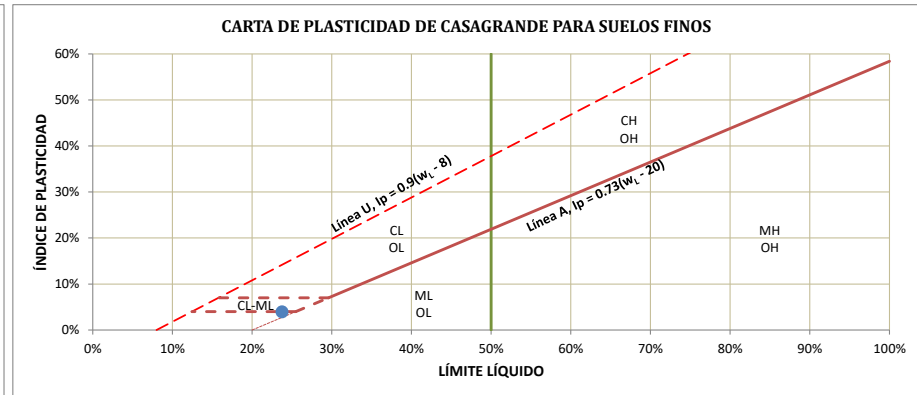
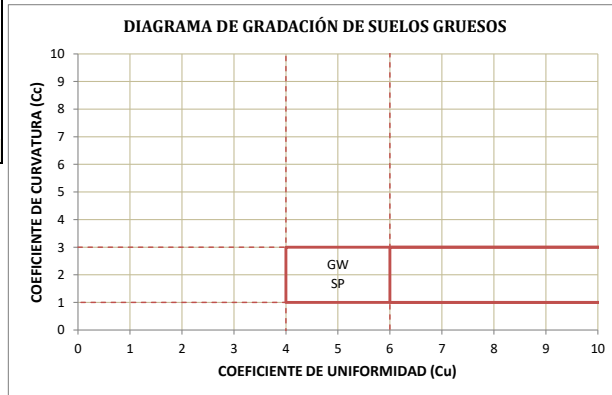
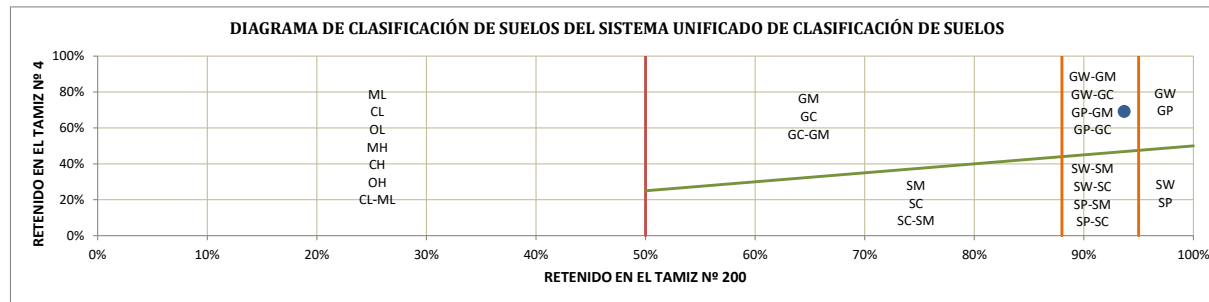
Pillao Matao, San Jeronimo - Cusco - Cusco

DATOS DEL PROYECTO			
PROYECTO	“Evaluación del Riesgo Geológico para la adecuada expansión del borde urbano en el sector Quilque, Distrito- Cusco – Cusco, 2020”		
SOLICITANTE:	Bach. Yuri Yusai Aguilar Chavez Bach. Jhos Majid Caceres Quispe	ENSAYADO POR :	Y.Y.A.C / J.M.C.Q
		ING. RESPONSABLE :	
UBICACIÓN	CUSCO	FECHA :	04/12/2021
DATOS DE LA MUESTRA			
Material:	Suelo de la Formaciones Puquín II - Quilque		
Ubicación de Muestra:	Sector Quilque	Progresiva:	-
Profundidad:	-		
Cantera:	-		

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)

ASTM D-2487

DATOS PARA CLASIFICACIÓN
De Granulometría
% de Gruesos = 93,69%
% de Finos = 6,31%
Total = 100,00%
% de Grava = 69,18%
% de Arena = 24,51%
Total = 93,69%
Fracción Gruesa
% de Grava = 73,84%
% de Arena = 26,16%
Total = 100,00%
Coefficientes
Cu = 231,47
Cc = 15,535
De Límites de Consistencia
LL = 23,76%
LP = 19,82%
IP = 3,94%
Otros Datos
Tipo = Inorgánico



GP - GM = Grava mal graduada con limo y arena

El Equipo ideal de Compactación que recomienda la ASTM para este tipo de suelo es: Tractor tipo oruga, rodillo de neumáticos, rodillo con ruedas de acero, rodillo de pata de cabra



PROYECTOS GEOLOGICOS Y CIVILES G&C

-LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION

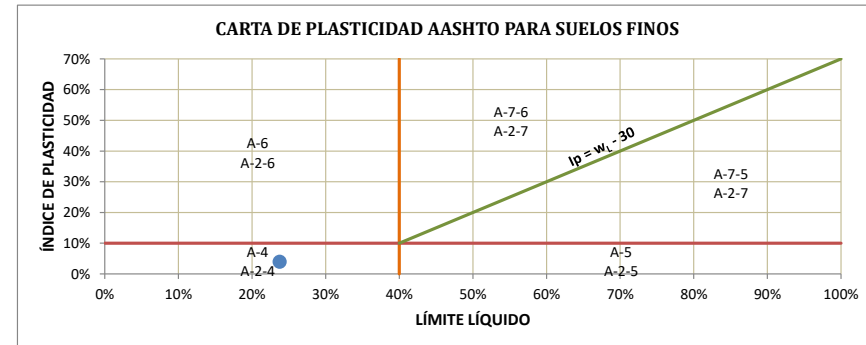
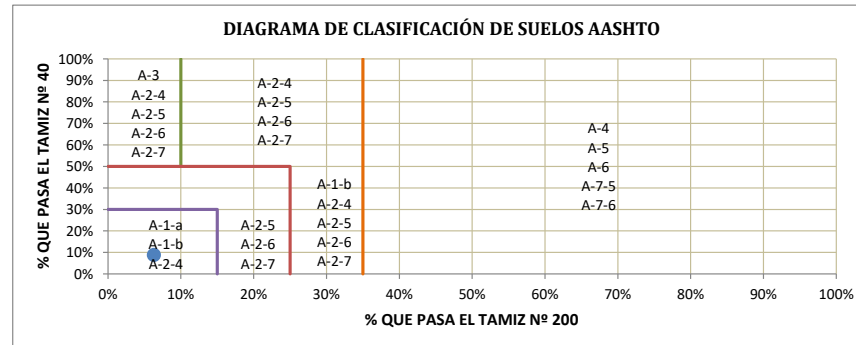
Pillao Matao, San Jeronimo - Cusco - Cusco

DATOS DEL PROYECTO			
PROYECTO :	“Evaluación del Riesgo Geológico para la adecuada expansión del borde urbano en el sector Quilque, Distrito- Cusco – Cusco, 2020”		
SOLICITANTE:	Bach. Yuri Yusai Aguilar Chavez	Bach. ENSAYADO POR :	Y.Y.AC/J.M.C.Q
	Jhos Majid Caceres Quispe	ING. RESPONSABLE :	
UBICACIÓN :	CUSCO	FECHA :	04/12/2021
DATOS DE LA MUESTRA			
Material:	Suelo de la Formaciones Puquin II - Quilque		
Ubicación de Muestra:	Sector Quilque	Progresiva:	-
Profundidad:	-		
Cantera:	-		

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASHTO

AASHTO M-145

DATOS PARA CLASIFICACIÓN		
De Granulometría	De Límites de Consistencia	Otros Datos
% que pasa el tamiz Nº 10 = 17,79%	LL = 23,76%	Tipo = Inorgánico
% que pasa el tamiz Nº 40 = 8,81%	LP = 19,82%	
% que pasa el tamiz Nº 200 = 6,31%	IP = 3,94%	



CÁLCULO DEL ÍNDICE DE GRUPO	
F = 6,31	F = Porcentaje de partículas sólidas que pasan el tamiz Nº 200
w _L = 23,76	w _L = Límite líquido
Ip = 3,94	Ip = Índice de plasticidad

a = F - 35	a = -28,69	a = 0,00
b = F - 15	b = -8,69	b = 0,00
c = w _L - 40	c = -16,24	c = 0,00
d = Ip - 10	d = -6,06	d = 0,00

$IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd$
$IG = 0$

A-1-a (0) = Principalmente gravas con o sin partículas finas de granulometrías bien definidas

El Equipo ideal de Compactación que recomienda la AASHTO para este tipo de suelo es: Rodillo Liso y Rodillo Vibratorio



PROYECTOS GEOLOGICOS Y CIVILES G&C

-LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION

Pillao Matao, San Jeronimo - Cusco - Cusco

DATOS DEL PROYECTO

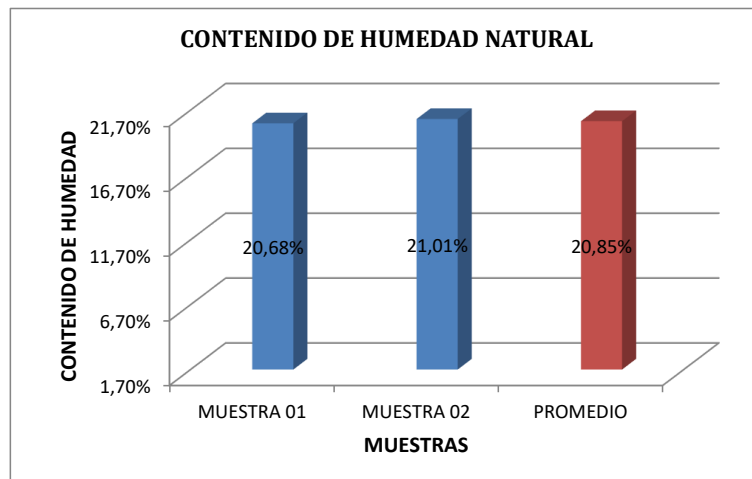
PROYECTO:	"Evaluación del Riesgo Geológico para la adecuada expansión del borde urbano en el sector Quilque, Distrito- Cusco – Cusco, 2020"		
SOLICITANTE:	Bach. Yuri Yusai Aguilar Chavez Bach. Jhos Majid Caceres Quispe	ENSAYADO POR :	Y.Y.A.C / J.M.C.Q
		ING. RESPONSABLE	
UBICACIÓN:	CUSCO - Sector Quilque	FECHA :	04/12/2021

DATOS DE LA MUESTRA

Material:	Suelo Coluvial - Detritos con gravas y arena		
Ubicación de Mue	Sector Quilque	Progresiva:	-
Profundidad:	-		
Cantera:	-		

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (MTC E 108, Basado en la Norma ASTM D-2216)

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02
Peso de Capsula (gr)	48,77	46,99
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	404,58	398,25
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	343,61	337,26
Peso del Agua (gr)	60,97	60,99
Peso de la Muestra Seca (gr)	294,84	290,27
Contenido de Humedad	20,68%	21,01%



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 20,85%

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO

[Firma]

Ing. Jonathan Alexander Molina Loiza
INGENIERO CIVIL
CIP 223927

PROYECTOS GEOLOGICOS Y CIVILES G&C

-LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION

Pillao Matao, San Jeronimo - Cusco - Cusco

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	"Evaluación del Riesgo Geológico para la adecuada expansión del borde urbano en el sector Quilque, Distrito- Cusco - Cusco, 2020"		
SOLICITANTE:	Bach. Yuri Yusai Aguilar Chavez	ENSAYADO POR :	Y.Y.A.C / J.M.C.Q
	Bach. Jhos Majid Caceres Quispe	ING. RESPONSABLE :	
UBICACIÓN:	CUSCO - Sector Quilque	FECHA :	04/12/2021

DATOS DE LA MUESTRA

Material:	Suelo Coluvial - Detritos con gravas y arena		
Ubicación de Muestra:	Sector Quilque	Progresiva:	-
Profundidad:	-		
Cantera:	-		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107, Basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T-88

MATERIAL NO LAVADO
Peso total de la muestra = 11.169,00 gr
Peso de la fracción no lavada = 0,00 gr
Peso de la fracción para lavado = 11169,00 gr

FRACCIÓN DE MATERIAL LAVADO
Peso de la fracción antes del lavado = 11169,00 gr
Peso de la fracción después de lavar = 10307,00 gr
% de la fracción lavada = 100,00%

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO EN FRACCIÓN LAVADA	CORRECCIÓN EN FRACCIÓN LAVADA	% RETENIDO CORREGIDO EN FRACCIÓN LAVADA	% RETENIDO CORREGIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	100	1325,00	12,86%	0,02%	12,88%	11,88%	11,88%	88,12%
3"	75	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	11,88%	88,12%
2"	50	466,00	4,52%	0,01%	4,53%	4,18%	16,06%	83,94%
1½"	37,5	291,00	2,82%	0,00%	2,83%	2,61%	18,67%	81,33%
1"	25	1240,00	12,03%	0,02%	12,05%	11,12%	29,79%	70,21%
¾"	19	695,00	6,74%	0,01%	6,75%	6,23%	36,02%	63,98%
3/8"	9,5	1645,00	15,96%	0,02%	15,98%	14,75%	50,77%	49,23%
Nº 4	4,75	1098,00	10,65%	0,02%	10,67%	9,85%	60,62%	39,38%
Nº 10	2	957,00	9,28%	0,01%	9,30%	8,58%	69,20%	30,80%
Nº 20	0,850	774,00	7,51%	0,01%	7,52%	6,94%	76,14%	23,86%
Nº 40	0,425	676,00	6,56%	0,01%	6,57%	6,06%	82,20%	17,80%
Nº 60	0,250	640,00	6,21%	0,01%	6,22%	5,74%	87,94%	12,06%
Nº 140	0,106	395,00	3,83%	0,01%	3,84%	3,54%	91,48%	8,52%
Nº 200	0,075	54,00	0,52%	0,00%	0,52%	0,48%	91,97%	8,03%
Cazuela	-	35,00	0,34%	0,00%	0,34%	0,31%	92,28%	-
Lavado	-	862,00	-	-	-	7,72%	100,00%	-
Fracción Retenida en Lavado		10291,00	99,84%	0,16%	100,00%	92,28%		
Total		11153,00	%Error = 0,16% Ok!			100,00%		

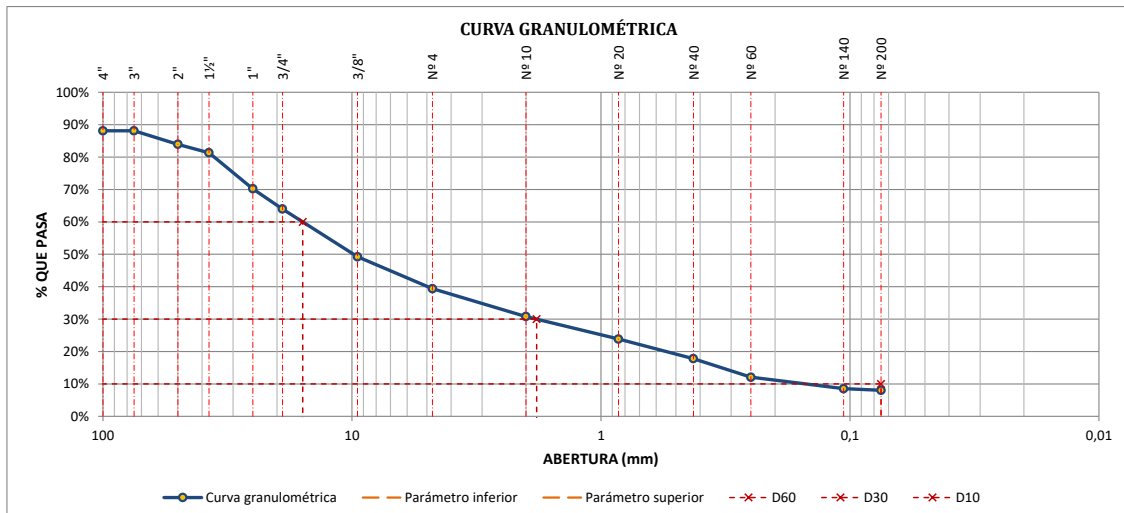
Gradación:

TAMIZ Nº	LIM. INFERIOR	LIM. SUPERIOR
2" (50 mm)	#N/D	#N/D
1½" (37,5 mm)	#N/D	#N/D
1" (25 mm)	#N/D	#N/D
¾" (19 mm)	#N/D	#N/D
3/8" (9,5 mm)	#N/D	#N/D
Nº 4 (4,75 mm)	#N/D	#N/D
Nº 10 (2 mm)	#N/D	#N/D
Nº 40 (0,425 mm)	#N/D	#N/D
Nº 200 (0,075 mm)	#N/D	#N/D

Fracciones de Grava, Arena y Finos de la Muestra

% de grava (Retiene Tamiz Nº 4) = 60,62%
 % de arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) = 31,35%
 % de finos (Pasa Tamiz Nº 200) = 8,03%
 Total: 100,00%

Fracción Gruesa
 % de grava = 65,91%
 % de arena = 34,09%
 Total = 100,00%



Tamaño Máximo Absoluto = 4"

Tamaño Máximo Nominal = 4"

D60 = 15,76 mm
D30 = 1,81 mm
D10 = 0,075 mm

Cu = 210,14
Cc = 2,779

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO
Ing. Jonathan Alejandro Molina Lobiza
INGENIERO CIVIL
CIP 223827

PROYECTOS GEOLÓGICOS Y CIVILES G&C

-LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION

Pillao Matao, San Jeronimo - Cusco - Cusco

DATOS DEL PROYECTO

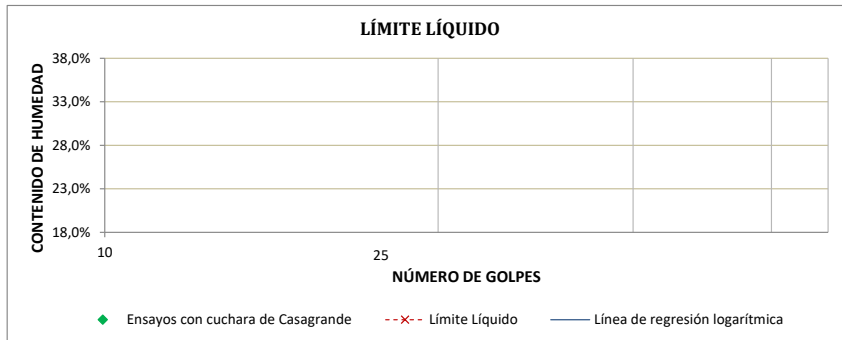
PROYECTO:	"Evaluación del Riesgo Geológico para la adecuada expansión del borde urbano en el sector Quilque, Distrito- Cusco – Cusco, 2020"		
SOLICITANTE:	Bach. Yuri Yusai Aguilar Chavez Bach. Jhos Majid Caceres Quispe	ENSAYADO POR :	Y.Y.A.C / J.M.C.Q
		ING. RESPONSABLE :	
UBICACIÓN:	CUSCO - Sector Quilque	FECHA :	04/12/2021
DATOS DE LA MUESTRA			
Material:	Suelo Coluvial - Detritos con gravas y arena		
Ubicación de Muestra:	Sector Quilque	Progresiva:	
Profundidad:	-		
Cantera:	-		

LÍMITE LÍQUIDO

MTC E 110, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-89

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04
Número de Golpes				
Peso de Capsula (gr)				
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)				
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)				
Peso del Agua (gr)				
Peso de la Muestra Seca (gr)				
Contenido de Humedad				

N.P.

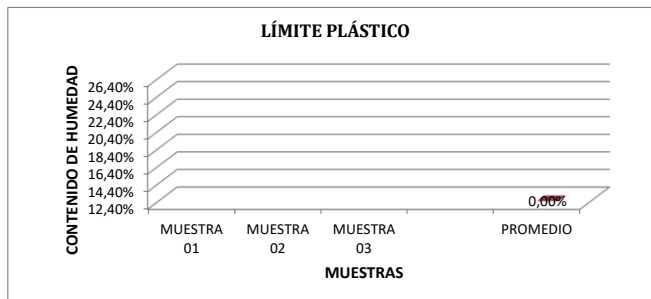


LÍMITE PLÁSTICO

MTC E 111, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-90

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)			
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)			
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)			
Peso del Agua (gr)			
Peso de la Muestra Seca (gr)			
Contenido de Humedad			

N.P.



LÍMITE LÍQUIDO = NO PRESENTA
LÍMITE PLÁSTICO = NO PRESENTA
ÍNDICE DE PLASTICIDAD = NO PLÁSTICO

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
 CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO
 Ing. Jonathan Alexander Molina Loize
 INGENIERO CIVIL
 CIP 223827

PROYECTOS GEOLOGICOS Y CIVILES G&C
-LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION

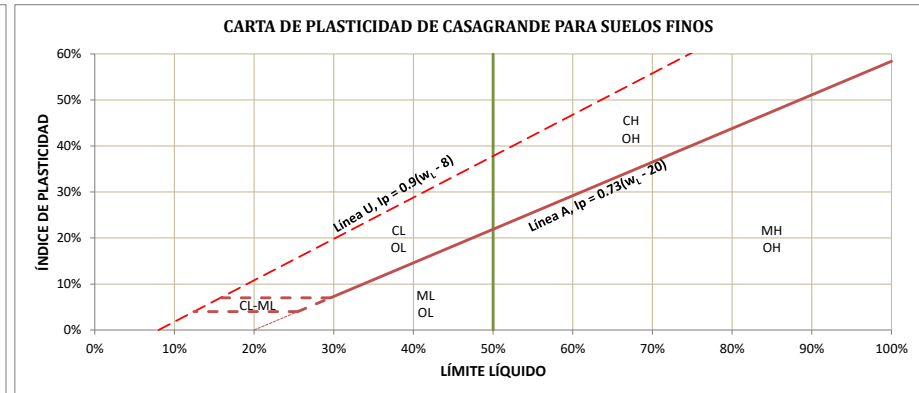
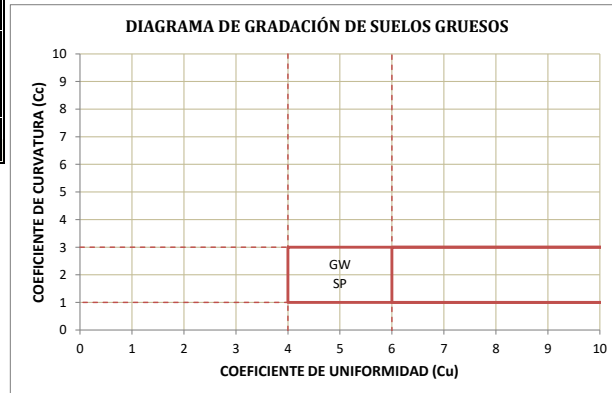
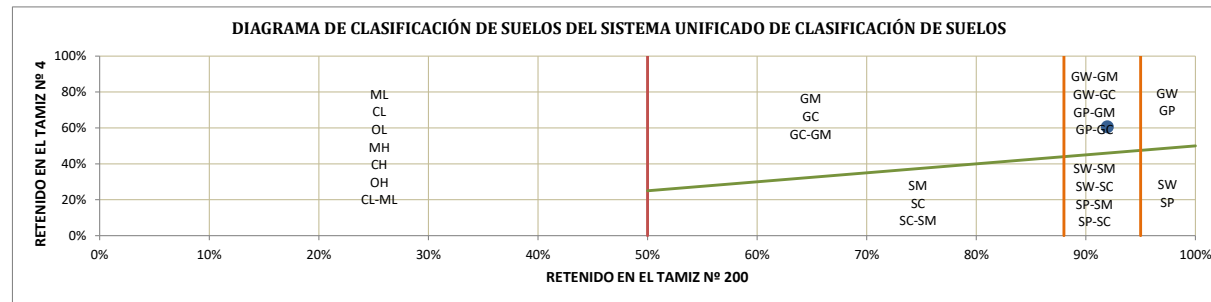
Pillao Matao, San Jeronimo - Cusco - Cusco

DATOS DEL PROYECTO			
PROYECTO	"Evaluación del Riesgo Geológico para la adecuada expansión del borde urbano en el sector Quilque, Distrito- Cusco – Cusco, 2020"		
SOLICITANTE:	Bach. Yuri Yusai Aguilar Chavez Bach. Jhos Majid Caceres Quispe	ENSAYADO POR : ING. RESPONSABLE :	Y.Y.A.C / J.M.C.Q
UBICACIÓN	CUSCO	FECHA :	04/12/2021
DATOS DE LA MUESTRA			
Material:	Suelo Coluvial - Detritos con gravas y arena		
Ubicación de Muestra:	Sector Quilque	Progresiva:	-
Profundidad:	-		
Cantera:	-		

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)

ASTM D-2487

DATOS PARA CLASIFICACIÓN	
De Granulometría	
% de Gruesos =	91,97%
% de Finos =	8,03%
Total =	100,00%
% de Grava =	60,62%
% de Arena =	31,35%
Total =	91,97%
Fracción Gruesa	
% de Grava =	65,91%
% de Arena =	34,09%
Total =	100,00%
Coefficientes	
Cu =	210,14
Cc =	2,779
De Límites de Consistencia	
LL =	NO PRESENTA
LP =	NO PRESENTA
IP =	NO PLÁSTICO
Otros Datos	
Tipo =	Inorgánico



GW - GM = Grava bien graduada con limo y arenosa

El Equipo ideal de Compactación que recomienda la ASTM para este tipo de suelo es: Tractor tipo oruga, rodillo de neumáticos, rodillo con ruedas de acero, rodillo de pata de cabra


COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO
 Ing. Jonathan Alexander Molina Loiza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 223827

PROYECTOS GEOLOGICOS Y CIVILES G&C

-LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION

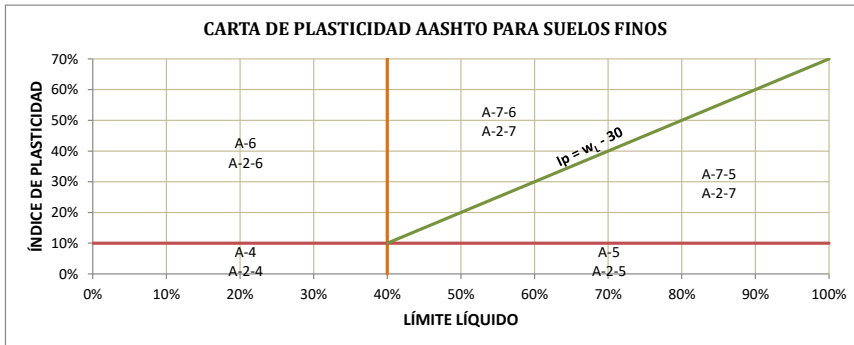
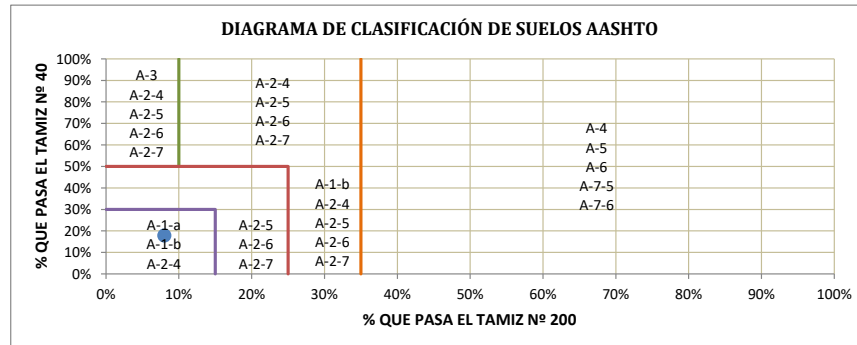
Pillao Matao, San Jeronimo - Cusco - Cusco

DATOS DEL PROYECTO			
PROYECTO :	"Evaluación del Riesgo Geológico para la adecuada expansión del borde urbano en el sector Quilque, Distrito- Cusco – Cusco, 2020"		
SOLICITANTE:	Bach. Yuri Yusai Aguilar Chavez Bach. Jhos Majid Caceres Quispe	ENSAYADO POR : ING. RESPONSABLE :	Y.Y.AC/J.M.C.Q
UBICACIÓN :	CUSCO	FECHA :	04/12/2021
DATOS DE LA MUESTRA			
Material:	Suelo Coluvial - Detritos con gravas y arena		
Ubicación de Muestra:	Sector Quilque	Progresiva:	-
Profundidad:	-		
Cantera:	-		

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASHTO

AASHTO M-145

DATOS PARA CLASIFICACIÓN		
De Granulometría	De Límites de Consistencia	Otros Datos
% que pasa el tamiz Nº 10 = 30,80%	LL = NO PRESENTA	Tipo = Inorgánico
% que pasa el tamiz Nº 40 = 17,80%	LP = NO PRESENTA	
% que pasa el tamiz Nº 200 = 8,03%	IP = NO PLÁSTICO	



CÁLCULO DEL ÍNDICE DE GRUPO	
F = 8,03	F = Porcentaje de partículas sólidas que pasan el tamiz Nº 200
w _L = 0,00	w _L = Límite líquido
Ip = 0,00	Ip = Índice de plasticidad

a = F - 35	a = -26,97	a = 0,00
b = F - 15	b = -6,97	b = 0,00
c = w _L - 40	c = -40,00	c = 0,00
d = Ip - 10	d = -10,00	d = 0,00

$IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd$
$IG = 0$

A-1-a (0) = Principalmente gravas con o sin partículas finas de granulometrías bien definidas

El Equipo ideal de Compactación que recomienda la AASHTO para este tipo de suelo es: Rodillo Liso y Rodillo Vibratorio



PROYECTOS GEOLOGICOS Y CIVILES G&C

-LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION

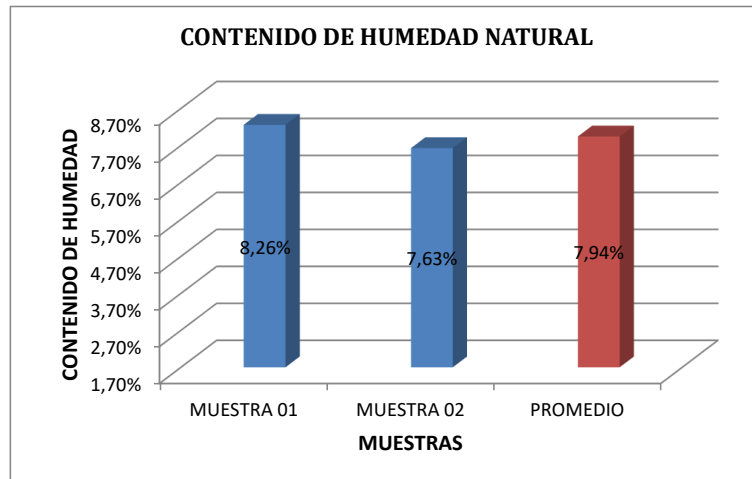
Pillao Matao, San Jeronimo - Cusco - Cusco

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	"Evaluación del Riesgo Geológico para la adecuada expansión del borde urbano en el sector Quilque, Distrito- Cusco – Cusco, 2020"		
SOLICITANTE:	Bach. Yuri Yusai Aguilar Chavez Bach. Jhos Majid Caceres Quispe	ENSAYADO POR :	Y.Y.A.C / J.M.C.Q
		ING. RESPONSABLE	
UBICACIÓN:	CUSCO - Sector Quilque	FECHA :	04/12/2021
DATOS DE LA MUESTRA			
Material:	Suelo Inestable de carcava		
Ubicación de Mue	Sector Quilque	Progresiva:	-
Profundidad:	-		
Cantera:	-		

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (MTC E 108, Basado en la Norma ASTM D-2216)

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02
Peso de Capsula (gr)	43,39	43,56
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	365,74	371,17
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	341,15	347,95
Peso del Agua (gr)	24,59	23,22
Peso de la Muestra Seca (gr)	297,76	304,39
Contenido de Humedad	8,26%	7,63%



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 7,94%


COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO
Jhonattan Alexander Molina Loiza
Ing. Jhonattan Alexander Molina Loiza
INGENIERO CIVIL
CIP 223827

PROYECTOS GEOLOGICOS Y CIVILES G&C

-LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION

Pillao Matao, San Jeronimo - Cusco - Cusco

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	"Evaluación del Riesgo Geológico para la adecuada expansión del borde urbano en el sector Quilque, Distrito- Cusco - Cusco, 2020"		
SOLICITANTE:	Bach. Yuri Yusai Aguilar Chavez	ENSAYADO POR :	Y.Y.A.C / J.M.C.Q
	Bach. Jhos Majid Caceres Quispe	ING. RESPONSABLE :	
UBICACIÓN:	CUSCO - Sector Quilque	FECHA :	04/12/2021

DATOS DE LA MUESTRA

Material:	Suelo Inestable de carcava		
Ubicación de Muestra:	Sector Quilque	Progresiva:	-
Profundidad:	-		
Cantera:	-		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107, Basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T-88

MATERIAL NO LAVADO
Peso total de la muestra = 473,37 gr
Peso de la fracción no lavada = 0,00 gr
Peso de la fracción para lavado = 473,37 gr

FRACCIÓN DE MATERIAL LAVADO
Peso de la fracción antes del lavado = 473,37 gr
Peso de la fracción después de lavar = 202,94 gr
% de la fracción lavada = 100,00%

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO EN FRACCIÓN LAVADA	CORRECCIÓN EN FRACCIÓN LAVADA	% RETENIDO CORREGIDO EN FRACCIÓN LAVADA	% RETENIDO CORREGIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	100	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
3"	75	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
2"	50	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
1½"	37,5	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
1"	25	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
¾"	19	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
3/8"	9,5	6,79	3,35%	0,00%	3,35%	1,44%	1,44%	98,56%
Nº 4	4,75	8,90	4,39%	0,01%	4,39%	1,88%	3,32%	96,68%
Nº 10	2	2,54	1,25%	0,00%	1,25%	0,54%	3,86%	96,14%
Nº 20	0,850	1,90	0,94%	0,00%	0,94%	0,40%	4,26%	95,74%
Nº 40	0,425	4,07	2,01%	0,00%	2,01%	0,86%	5,12%	94,88%
Nº 60	0,250	21,27	10,48%	0,01%	10,50%	4,50%	9,62%	90,38%
Nº 140	0,106	106,31	52,38%	0,07%	52,46%	22,49%	32,11%	67,89%
Nº 200	0,075	41,17	20,29%	0,03%	20,32%	8,71%	40,82%	59,18%
Cazuela	-	9,70	4,78%	0,01%	4,79%	2,05%	42,87%	-
Lavado	-	270,43	-	-	-	57,13%	100,00%	-
Fracción Retenida en Lavado		202,65	99,86%	0,14%	100,00%	42,87%		
Total		473,08	%Error = 0,14% Ok!			100,00%		

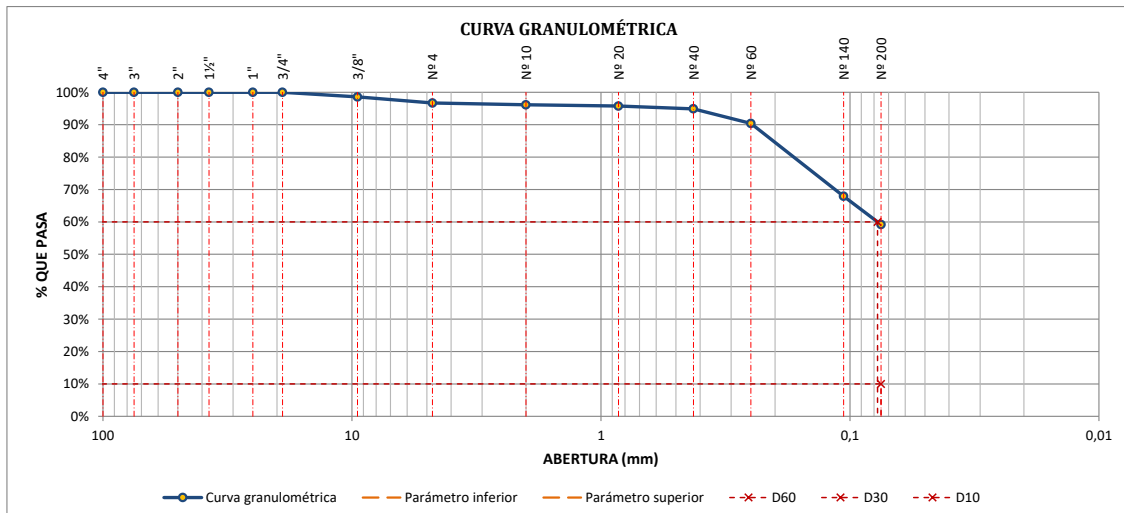
Gradación:

TAMIZ Nº	LIM. INFERIOR	LIM. SUPERIOR
2" (50 mm)	#N/D	#N/D
1½" (37,5 mm)	#N/D	#N/D
1" (25 mm)	#N/D	#N/D
¾" (19 mm)	#N/D	#N/D
3/8" (9,5 mm)	#N/D	#N/D
Nº 4 (4,75 mm)	#N/D	#N/D
Nº 10 (2 mm)	#N/D	#N/D
Nº 40 (0,425 mm)	#N/D	#N/D
Nº 200 (0,075 mm)	#N/D	#N/D

Fracciones de Grava, Arena y Finos de la Muestra

% de grava (Retiene Tamiz Nº 4) = 3,32%
 % de arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) = 37,50%
 % de finos (Pasa Tamiz Nº 200) = 59,18%
 Total: 100,00%

Fracción Gruesa
 % de grava = 8,13%
 % de arena = 91,87%
 Total = 100,00%



Tamaño Máximo Absoluto = 3/4"

Tamaño Máximo Nominal = Nº 40

D60 = 0,08 mm
D30 = -
D10 = 0,075 mm

Cu = 1,03
Cc = #[VALOR!]



PROYECTOS GEOLÓGICOS Y CIVILES G&C

-LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION

Pillao Matao, San Jeronimo - Cusco - Cusco

DATOS DEL PROYECTO

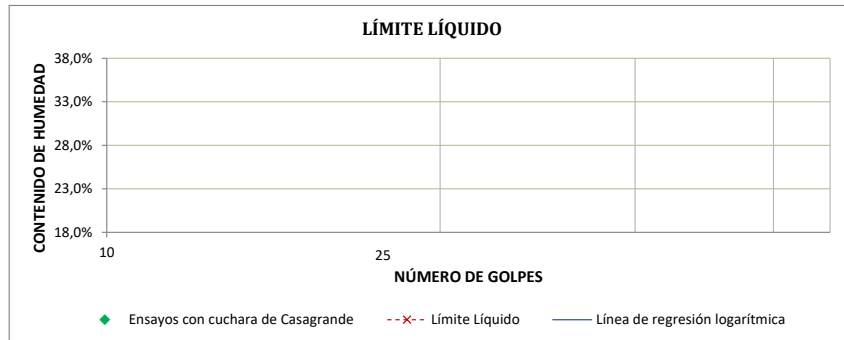
PROYECTO:	"Evaluación del Riesgo Geológico para la adecuada expansión del borde urbano en el sector Quilque, Distrito- Cusco – Cusco, 2020"		
SOLICITANTE:	Bach. Yuri Yusai Aguilar Chavez Bach. Jhos Majid Caceres Quispe	ENSAYADO POR : ING. RESPONSABLE :	Y.Y.A.C / J.M.C.Q
UBICACIÓN:	CUSCO - Sector Quilque	FECHA :	04/12/2021
DATOS DE LA MUESTRA			
Material:	Suelo Inestable de carcava		
Ubicación de Muestra:	Sector Quilque	Progresiva:	
Profundidad:	-		
Cantera:	-		

LÍMITE LÍQUIDO

MTC E 110, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-89

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04
Número de Golpes				
Peso de Capsula (gr)				
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)				
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)				
Peso del Agua (gr)				
Peso de la Muestra Seca (gr)				
Contenido de Humedad				

N.P.



LÍMITE PLÁSTICO

MTC E 111, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-90

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)			
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)			
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)			
Peso del Agua (gr)			
Peso de la Muestra Seca (gr)			
Contenido de Humedad			

N.P.



LÍMITE LÍQUIDO = NO PRESENTA
LÍMITE PLÁSTICO = NO PRESENTA
ÍNDICE DE PLASTICIDAD = NO PLÁSTICO


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
 CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO
 Ing. Jonathan Alexander Molina Loaliza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 223827

PROYECTOS GEOLOGICOS Y CIVILES G&C
-LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION

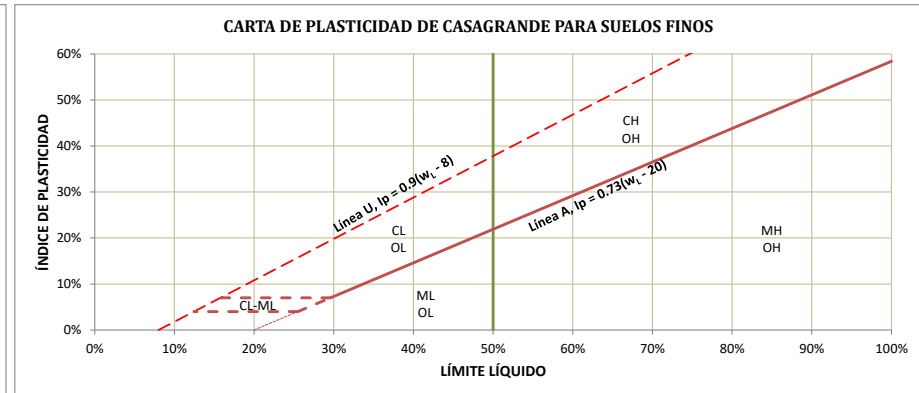
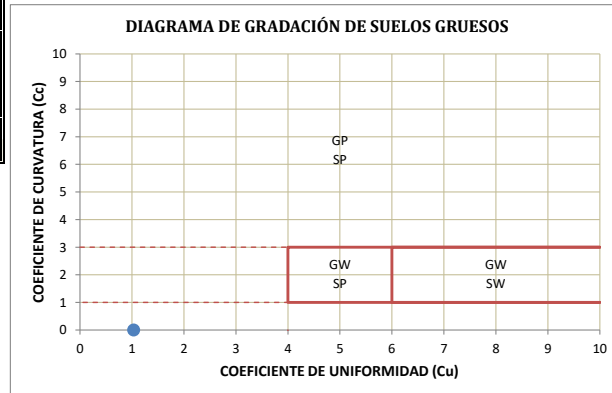
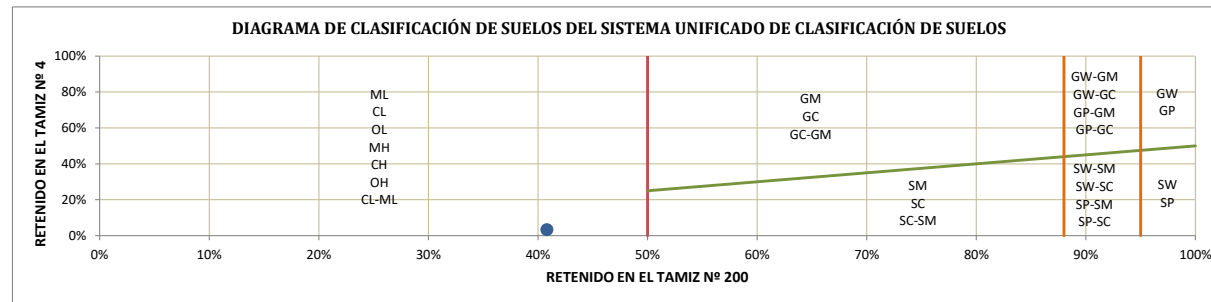
Pillao Matao, San Jeronimo - Cusco - Cusco

DATOS DEL PROYECTO			
PROYECTO	"Evaluación del Riesgo Geológico para la adecuada expansión del borde urbano en el sector Quilque, Distrito- Cusco – Cusco, 2020"		
SOLICITANTE:	Bach. Yuri Yusai Aguilar Chavez Bach. Jhos Majid Caceres Quispe	ENSAYADO POR :	Y.Y.A.C / J.M.C.Q
UBICACIÓN	CUSCO	ING. RESPONSABLE :	
		FECHA :	04/12/2021
DATOS DE LA MUESTRA			
Material:	Suelo Inestable de carcava		
Ubicación de Muestra:	Sector Quilque	Progresiva:	-
Profundidad:	-		
Cantera:	-		

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)

ASTM D-2487

DATOS PARA CLASIFICACIÓN	
De Granulometría	
% de Gruesos =	40,82%
% de Finos =	59,18%
Total =	100,00%
% de Grava =	3,32%
% de Arena =	37,50%
Total =	40,82%
Fracción Gruesa	
% de Grava =	8,13%
% de Arena =	91,87%
Total =	100,00%
Coefficientes	
Cu =	1,03
Cc =	#IVALOR!
De Límites de Consistencia	
LL =	NO PRESENTA
LP =	NO PRESENTA
IP =	NO PLÁSTICO
Otros Datos	
Tipo =	Inorgánico



ML = Limo de baja plasticidad arenoso

El Equipo ideal de Compactación que recomienda la ASTM para este tipo de suelo es: Rodillo de neumáticos, rodillo de pata de cabra


COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO
 Ing. Jonathan Alexander Molina Loiza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 223027

PROYECTOS GEOLOGICOS Y CIVILES G&C

-LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION

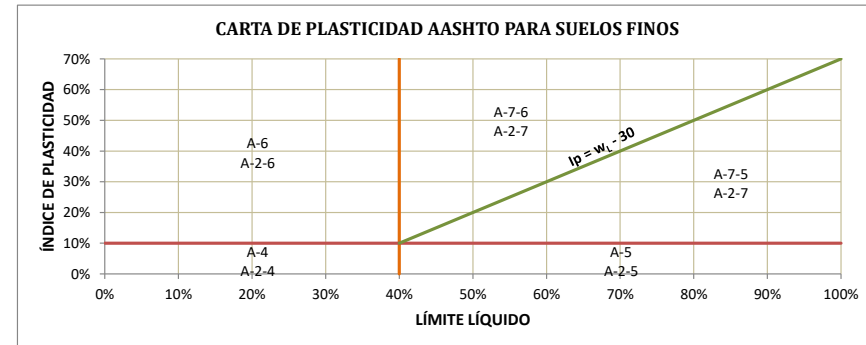
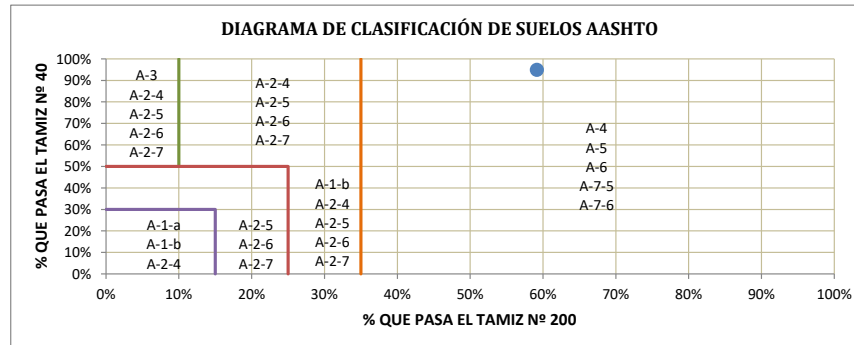
Pillao Matao, San Jeronimo - Cusco - Cusco

DATOS DEL PROYECTO			
PROYECTO :	“Evaluación del Riesgo Geológico para la adecuada expansión del borde urbano en el sector Quilque, Distrito- Cusco – Cusco, 2020”		
SOLICITANTE:	Bach. Yuri Yusai Aguilar Chavez Bach. Jhos Majid Caceres Quispe	ENSAYADO POR :	Y.Y.AC/J.M.C.Q
UBICACIÓN :	CUSCO	ING. RESPONSABLE :	
		FECHA :	04/12/2021
DATOS DE LA MUESTRA			
Material:	Suelo Inestable de carcava		
Ubicación de Muestra:	Sector Quilque	Progresiva:	-
Profundidad:	-		
Cantera:	-		

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASHTO

AASHTO M-145

DATOS PARA CLASIFICACIÓN		
De Granulometría	De Límites de Consistencia	Otros Datos
% que pasa el tamiz Nº 10 = 96,14%	LL = NO PRESENTA	Tipo = Inorgánico
% que pasa el tamiz Nº 40 = 94,88%	LP = NO PRESENTA	
% que pasa el tamiz Nº 200 = 59,18%	IP = NO PLÁSTICO	



CÁLCULO DEL ÍNDICE DE GRUPO	
F = 59,18	F = Porcentaje de partículas sólidas que pasan el tamiz Nº 200
w _L = 0,00	w _L = Límite líquido
Ip = 0,00	Ip = Índice de plasticidad

a = F - 35	a = 24,18	a = 24,18
b = F - 15	b = 44,18	b = 40,00
c = w _L - 40	c = -40,00	c = 0,00
d = Ip - 10	d = -10,00	d = 0,00

$IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd$
IG = 5

A-4 (5) = Principalmente partículas finas limosas
--

El Equipo ideal de Compactación que recomienda la AASHTO para este tipo de suelo es: Rodillo Neumático, Liso y Pata de Cabra



PROYECTOS GEOLOGICOS Y CIVILES G&C

-LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION

Pillao Matao, San Jeronimo - Cusco - Cusco

DATOS DEL PROYECTO

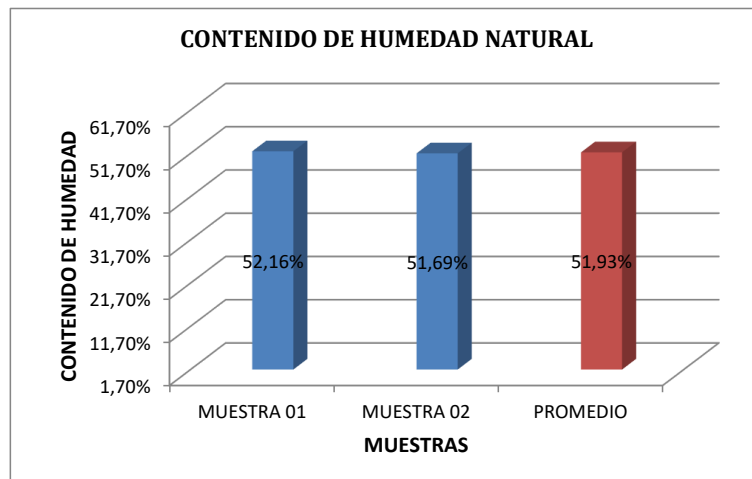
PROYECTO:	"Evaluación del Riesgo Geológico para la adecuada expansión del borde urbano en el sector Quilque, Distrito- Cusco – Cusco, 2020"		
SOLICITANTE:	Bach. Yuri Yusai Aguilar Chavez Bach. Jhos Majid Caceres Quispe	ENSAYADO POR :	Y.Y.A.C / J.M.C.Q
		ING. RESPONSABLE	
UBICACIÓN:	CUSCO - Sector Quilque	FECHA :	04/12/2021

DATOS DE LA MUESTRA

Material:	Suelo de Humedal		
Ubicación de Mue	Sector Quilque	Progresiva:	-
Profundidad:	-		
Cantera:	-		

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (MTC E 108, Basado en la Norma ASTM D-2216)

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02
Peso de Capsula (gr)	48,72	40,54
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	449,59	481,15
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	312,17	331,01
Peso del Agua (gr)	137,42	150,14
Peso de la Muestra Seca (gr)	263,45	290,47
Contenido de Humedad	52,16%	51,69%



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 51,93%

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO
Ing. Jonathan Alexander Molina Loaiza
INGENIERO CIVIL
CIP 223827

PROYECTOS GEOLOGICOS Y CIVILES G&C

-LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION

Pillao Matao, San Jeronimo - Cusco - Cusco

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	"Evaluación del Riesgo Geológico para la adecuada expansión del borde urbano en el sector Quilque, Distrito- Cusco - Cusco, 2020"		
SOLICITANTE:	Bach. Yuri Yusai Aguilar Chavez	ENSAYADO POR :	Y.Y.A.C / J.M.C.Q
	Bach. Jhos Majid Caceres Quispe	ING. RESPONSABLE :	
UBICACIÓN:	CUSCO - Sector Quilque	FECHA :	04/12/2021

DATOS DE LA MUESTRA

Material:	Suelo de Humedal		
Ubicación de Muestra:	Sector Quilque	Progresiva:	-
Profundidad:	-		
Cantera:	-		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107, Basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T-88

MATERIAL NO LAVADO
Peso total de la muestra = 6.133,00 gr
Peso de la fracción no lavada = 0,00 gr
Peso de la fracción para lavado = 6133,00 gr

FRACCIÓN DE MATERIAL LAVADO
Peso de la fracción antes del lavado = 6133,00 gr
Peso de la fracción después de lavar = 3785,00 gr
% de la fracción lavada = 100,00%

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO EN FRACCIÓN LAVADA	CORRECCIÓN EN FRACCIÓN LAVADA	% RETENIDO CORREGIDO EN FRACCIÓN LAVADA	% RETENIDO CORREGIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	100	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
3"	75	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
2"	50	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
1½"	37,5	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
1"	25	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
¾"	19	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
3/8"	9,5	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
Nº 4	4,75	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
Nº 10	2	794,00	20,98%	0,01%	20,99%	12,95%	12,95%	87,05%
Nº 20	0,850	662,00	17,49%	0,01%	17,50%	10,80%	23,75%	76,25%
Nº 40	0,425	603,00	15,93%	0,01%	15,94%	9,84%	33,59%	66,41%
Nº 60	0,250	964,00	25,47%	0,01%	25,48%	15,73%	49,32%	50,68%
Nº 140	0,106	643,00	16,99%	0,01%	17,00%	10,49%	59,81%	40,19%
Nº 200	0,075	85,00	2,25%	0,00%	2,25%	1,39%	61,19%	38,81%
Cazuela	-	32,00	0,85%	0,00%	0,85%	0,52%	61,72%	-
Lavado	-	2348,00	-	-	-	38,28%	100,00%	-
Fracción Retenida en Lavado		3783,00	99,95%	0,05%	100,00%	61,72%		
Total		6131,00	%Error = 0,05% Ok!			100,00%		

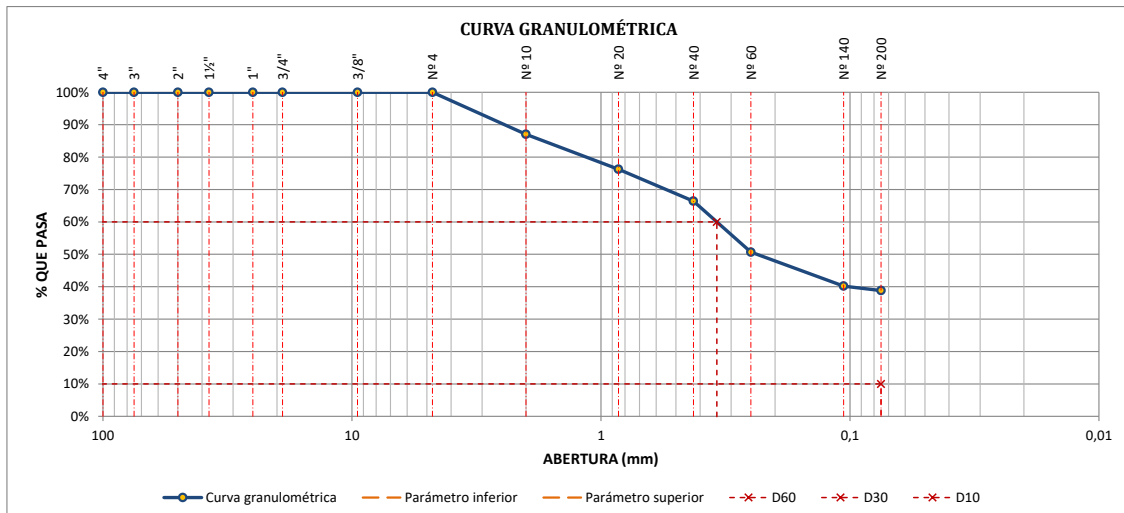
Gradación:

TAMIZ Nº	LIM. INFERIOR	LIM. SUPERIOR
2" (50 mm)	#N/D	#N/D
1½" (37,5 mm)	#N/D	#N/D
1" (25 mm)	#N/D	#N/D
¾" (19 mm)	#N/D	#N/D
3/8" (9,5 mm)	#N/D	#N/D
Nº 4 (4,75 mm)	#N/D	#N/D
Nº 10 (2 mm)	#N/D	#N/D
Nº 40 (0,425 mm)	#N/D	#N/D
Nº 200 (0,075 mm)	#N/D	#N/D

Fracciones de Grava, Arena y Finos de la Muestra

% de grava (Retiene Tamiz Nº 4) = 0,00%
 % de arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) = 61,19%
 % de finos (Pasa Tamiz Nº 200) = 38,81%
 Total: 100,00%

Fracción Gruesa
 % de grava = 0,00%
 % de arena = 100,00%
 Total = 100,00%



Tamaño Máximo Absoluto = Nº 4

Tamaño Máximo Nominal = Nº 10

D60 = 0,34 mm
D30 = -
D10 = 0,075 mm

Cu = 4,56
Cc = #IVALOR!


ING. Jonathan Alexander Molina Loiza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 223827

PROYECTOS GEOLÓGICOS Y CIVILES G&C

-LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION

Pillao Matao, San Jeronimo - Cusco - Cusco

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	"Evaluación del Riesgo Geológico para la adecuada expansión del borde urbano en el sector Quilque, Distrito- Cusco – Cusco, 2020"		
SOLICITANTE:	Bach. Yuri Yusai Aguilar Chavez Bach. Jhos Majid Caceres Quispe	ENSAYADO POR :	Y.Y.A.C / J.M.C.Q
		ING. RESPONSABLE :	
UBICACIÓN:	CUSCO - Sector Quilque	FECHA :	04/12/2021

DATOS DE LA MUESTRA

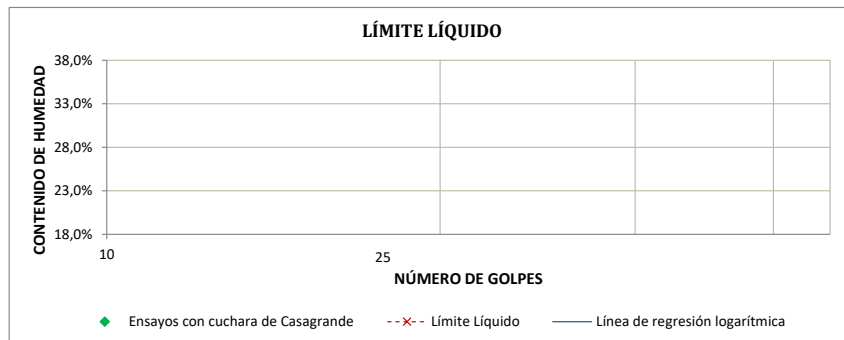
Material:	Suelo de Humedal		
Ubicación de Muestra:	Sector Quilque	Progresiva:	
Profundidad:	-		
Cantera:	-		

LÍMITE LÍQUIDO

MTC E 110, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-89

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04
Número de Golpes				
Peso de Capsula (gr)				
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)				
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)				
Peso del Agua (gr)				
Peso de la Muestra Seca (gr)				
Contenido de Humedad				

N.P.

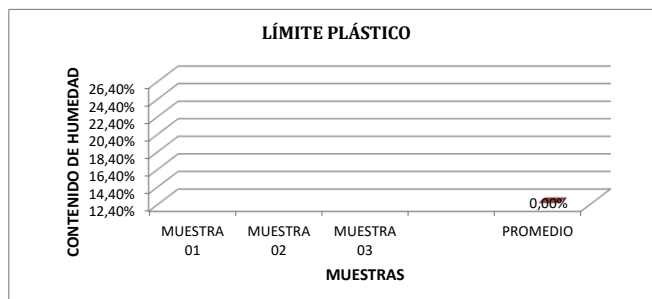


LÍMITE PLÁSTICO

MTC E 111, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-90

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)			
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)			
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)			
Peso del Agua (gr)			
Peso de la Muestra Seca (gr)			
Contenido de Humedad			

N.P.



LÍMITE LÍQUIDO = NO PRESENTA
LÍMITE PLÁSTICO = NO PRESENTA
ÍNDICE DE PLASTICIDAD = NO PLÁSTICO

Ing. Jonathan Alexander Molina Loiza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 223827

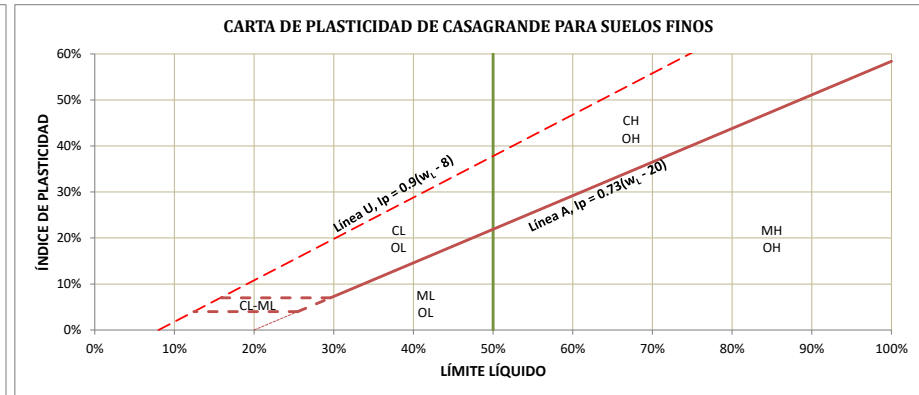
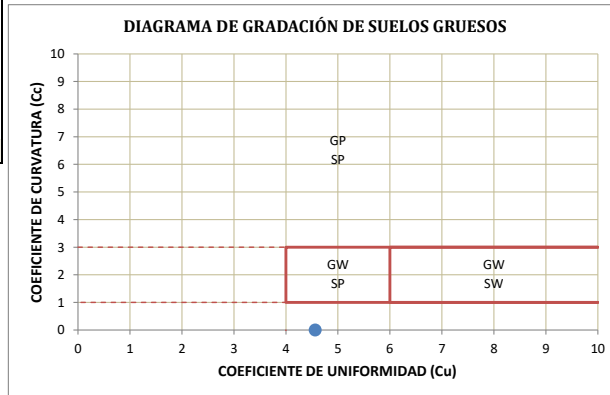
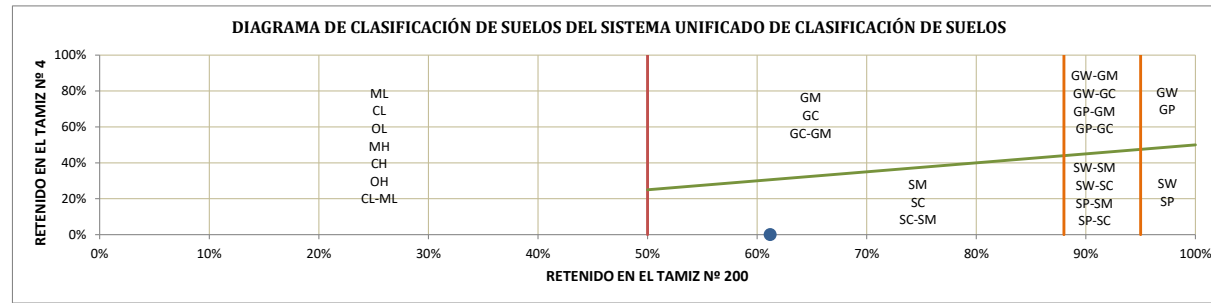
PROYECTOS GEOLOGICOS Y CIVILES G&C
-LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION

Pillao Matao, San Jeronimo - Cusco - Cusco

DATOS DEL PROYECTO			
PROYECTO	"Evaluación del Riesgo Geológico para la adecuada expansión del borde urbano en el sector Quilque, Distrito- Cusco – Cusco, 2020"		
SOLICITANTE:	Bach. Yuri Yusai Aguilar Chavez Bach. Jhos Majid Caceres Quispe	ENSAYADO POR : ING. RESPONSABLE :	Y.Y.A.C / J.M.C.Q
UBICACIÓN	CUSCO	FECHA :	04/12/2021
DATOS DE LA MUESTRA			
Material:	Suelo de Humedal		
Ubicación de Muestra:	Sector Quilque	Progresiva:	-
Profundidad:	-		
Cantera:	-		

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)
ASTM D-2487

DATOS PARA CLASIFICACIÓN	
De Granulometría	
% de Gruesos =	61,19%
% de Finos =	38,81%
Total =	100,00%
% de Grava =	0,00%
% de Arena =	61,19%
Total =	61,19%
Fracción Gruesa	
% de Grava =	0,00%
% de Arena =	100,00%
Total =	100,00%
Coefficientes	
Cu =	4,56
Cc =	# VALOR!
De Límites de Consistencia	
LL =	NO PRESENTA
LP =	NO PRESENTA
IP =	NO PLÁSTICO
Otros Datos	
Tipo =	Inorgánico



SM = Arena lamosa

El Equipo ideal de Compactación que recomienda la ASTM para este tipo de suelo es: Rodillo de neumáticos, rodillo de pata de cabra


COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO
 Ing. Jonathan Alexander Molina Loaiza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 223827

PROYECTOS GEOLOGICOS Y CIVILES G&C

-LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION

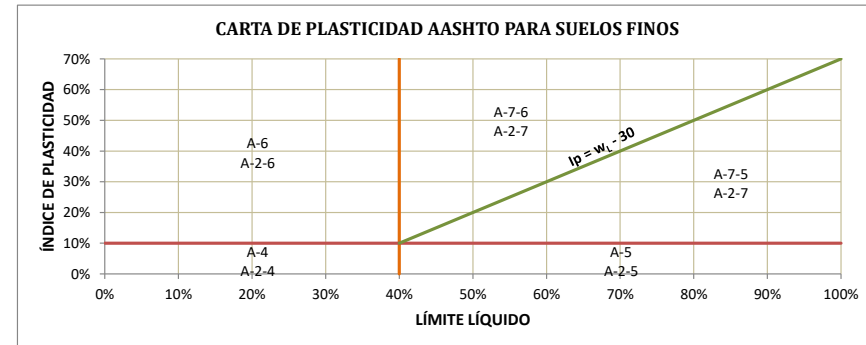
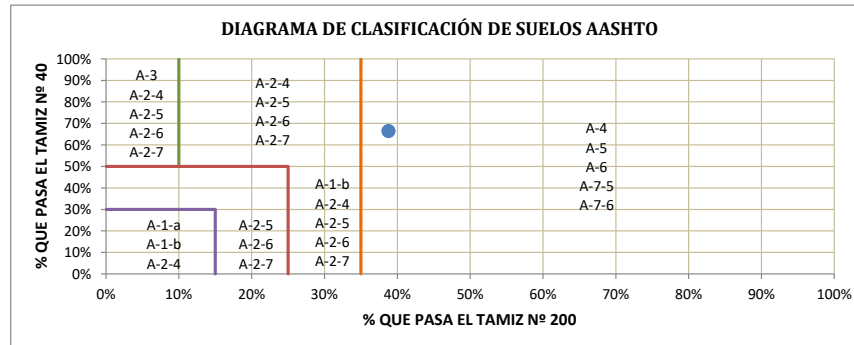
Pillao Matao, San Jeronimo - Cusco - Cusco

DATOS DEL PROYECTO			
PROYECTO :	“Evaluación del Riesgo Geológico para la adecuada expansión del borde urbano en el sector Quilque, Distrito- Cusco – Cusco, 2020”		
SOLICITANTE:	Bach. Yuri Yusai Aguilar Chavez	Bach.	ENSAYADO POR : Y.Y.A.C./J.M.C.Q
	Jhos Majid Caceres Quispe		ING. RESPONSABLE :
UBICACIÓN :	CUSCO	FECHA :	04/12/2021
DATOS DE LA MUESTRA			
Material:	Suelo de Humedal		
Ubicación de Muestra:	Sector Quilque	Progresiva:	-
Profundidad:	-		
Cantera:	-		

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASHTO

AASHTO M-145

DATOS PARA CLASIFICACIÓN		
De Granulometría	De Límites de Consistencia	Otros Datos
% que pasa el tamiz Nº 10 = 87,05%	LL = NO PRESENTA	Tipo = Inorgánico
% que pasa el tamiz Nº 40 = 66,41%	LP = NO PRESENTA	
% que pasa el tamiz Nº 200 = 38,81%	IP = NO PLÁSTICO	



CÁLCULO DEL ÍNDICE DE GRUPO	
F = 38,81	F = Porcentaje de partículas sólidas que pasan el tamiz Nº 200
w _L = 0,00	w _L = Límite líquido
Ip = 0,00	Ip = Índice de plasticidad

a = F - 35	a = 3,81	a = 3,81
b = F - 15	b = 23,81	b = 23,81
c = w _L - 40	c = -40,00	c = 0,00
d = Ip - 10	d = -10,00	d = 0,00

$IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd$
IG = 1

A-4 (1) = Principalmente partículas finas limosas
--

El Equipo ideal de Compactación que recomienda la AASHTO para este tipo de suelo es: Rodillo Neumático, Liso y Pata de Cabra



ANEXO 3

ANEXO N° 05

Método Multicriterio

Proceso de análisis jerárquico

Para la ponderación de los criterios, sub criterios y descriptores se utilizó el Proceso de Análisis Jerárquico el cual es un método multicriterio que permite incorporar criterios cuantitativos (infraestructura expuesta, pérdidas humanas, económicas, etc.) y cualitativos (programas de capacitación, creación y/o aplicación de la normatividad, etc.) que son considerados en la Gestión del Riesgo de Desastres. La matriz que se forma es una matriz cuadrada es decir el mismo número de filas y columnas.

La notación matemática sería: $A = A_{ij}$

Para el cálculo de los pesos ponderados:

Primero: Se construye la matriz de comparaciones pareadas, el que mostraría la comparación entre criterios, sub criterios y/o descriptores según el caso de interés. En el caso de ponderación de criterios esta matriz nos permite determinar la importancia de un criterio respecto a otro, lo que nos servirá posteriormente para la ponderación de criterios.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Sumamos verticalmente los elementos de cada columna. Así se obtienen los valores:

$$v_1, v_2, \dots, v_n = \sum_{i=1}^n a_i$$

Segundo: Construimos la matriz de comparaciones normalizada. El cual se obtiene de dividir cada elemento de matriz entre la suma obtenida, para conseguir:

$$A_{NORMALIZADA} = \begin{pmatrix} 1/v_1 & a_{12}/v_2 & \dots & a_{1n}/v_n \\ a_{21}/v_1 & 1/v_2 & \dots & a_{2n}/v_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1}/v_1 & a_{n2}/v_2 & \dots & 1/v_n \end{pmatrix}$$

Tercero: El siguiente paso consiste en obtener el vector prioridad el cual nos mostrará los pesos ponderados de cada criterio a partir de la matriz normalizada:

Para ello se calcula el vector columna:

$$\mathbf{p} = \begin{pmatrix} \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{1j} \\ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{2j} \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{nj} \end{pmatrix}$$

Y se obtiene el vector de prioridades de los criterios:

$$\mathbf{p} = \begin{pmatrix} p_{c11} \\ p_{c12} \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ p_{c1n} \end{pmatrix}$$

Se debe indicar que la suma de los elementos del vector prioridad debe ser igual a 1.

$$\sum_{i=1}^n p_{ci} = p_{c11} + p_{c12} + \dots + p_{c1n} = 1$$

Para el cálculo de la Relación de Consistencia (RC)

Se pasa a la verificación de la posible existencia de consistencia entre los juicios expresados.

Primero: Multiplicar cada valor de la primera columna de la matriz de comparación pareada por la prioridad relativa del primer elemento que se considera y así sucesivamente. Se deben sumar los valores sobre las filas para obtener un vector de valores, denominado Vector Suma Ponderada (VSP).

$$\begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} p_{c11} \\ p_{c12} \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ p_{c1n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} VSP_{11} \\ VSP_{12} \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ VSP_{1n} \end{pmatrix}$$

Segundo: Dividir los elementos del vector de suma ponderada entre el correspondiente valor de prioridad para cada uno de los criterios:

$$\begin{aligned} VSP_{11} / p_{C11} &= \lambda_1 \\ VSP_{12} / p_{C12} &= \lambda_2 \\ &\dots \\ &\dots \\ &\dots \\ VSP_{1n} / p_{C1n} &= \lambda_n \end{aligned}$$

Tercero: Posteriormente se determina la lambda máxima λ_{max}

$$\lambda_{max} = (\lambda_1 + \lambda_{12} + \dots + \lambda_n) / n$$

Esto nos permite hallar el índice de consistencia

Cuarto: Calcular el Índice de Consistencia (IC):

$$IC = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$$

Esto nos permite hallar la relación de consistencia de la matriz para verificar si las decisiones fueron adecuadas.

Quinto: Determinar la Relación de Consistencia (RC);

$$RC = IC / IA$$

Donde IA es el Índice Aleatorio de una Matriz de Comparaciones Pareadas, generada, como su nombre sugiere, de forma aleatoria.

Los valores del Índice Aleatorio para los diferentes "n", obtenidos mediante la simulación de 100,000 matrices (Aguarón y Moreno-Jiménez, 2001), son:

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570	1.583	1.595

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

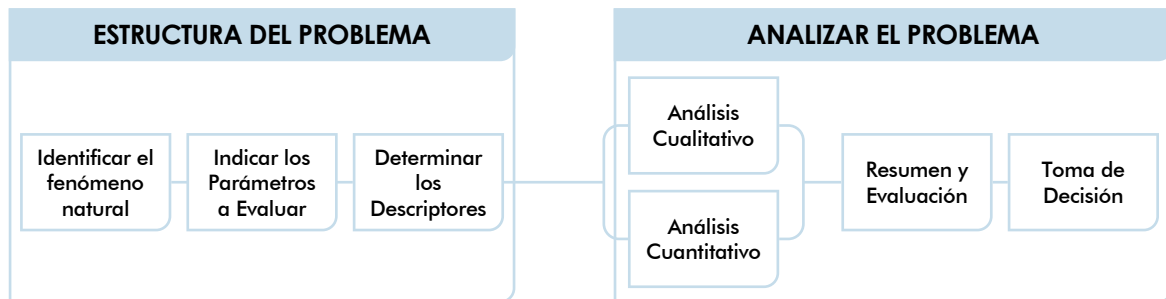
ANEXO N° 06

Proceso de Análisis Jerárquico

1. Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ)

Este método fue desarrollado por el matemático Thomas L. Saaty (1980) diseñado para resolver problemas complejos de criterios múltiples, mediante la construcción de un modelo jerárquico, que le permite a los actores (tomadores de decisiones) estructurar el problema de forma visual.

GRÁFICA: Flujo metodológico a seguir para la toma de decisiones



Adaptado: Toskano (2005)

Permite combinar lo objetivo, tangible y racional de la ciencia clásica con lo subjetivo, intangible y emocional del comportamiento humano. En este sentido, se puede conseguir un tratamiento objetivo de lo subjetivo (Keeney, 1992). El punto central del PAJ es el proceso de asignar ponderación a los parámetros y descriptores relacionados con una decisión y la calificación final de las diferentes alternativas respecto de los criterios seleccionados.

Para la estimación del valor de la importancia relativa de cada uno de los indicadores se recurre a una metodología de comparación de pares, en este caso se empleó el PAJ (Saaty, 1990) por sus ventajas, flexibilidad y por la facilidad de involucrar a todos los actores en el proceso de decisión (Garfi et al., 2011), la escala es la que se muestra a continuación:

ESCALA DE SAATY

ESCALA NUMERICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo más importante que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante o preferido que el segundo.
5	Más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo.
1/5	Menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo.
1/7	Mucho menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/9	Absolutamente o muchísimo	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Fuente: Saaty (1980)

Para obtener estos ponderados son necesarios respuestas (numéricas o verbales) a una serie de preguntas que comparan dos parámetros o dos descriptores a una serie de preguntas

Toskano (2005) presenta algunas de las ventajas del PAJ frente a otros métodos de Decisión Multicriterio y son:

- Presenta un sustento matemático;
- Permite desglosar y analizar un problema por partes;
- Permite medir criterios cuantitativos y cualitativos mediante una escala común;
- Incluir la participación de equipos multidisciplinarios y generar un consenso;
- Permite verificar el índice de consistencia (IC) y hacer las correcciones, si fuere el caso;
- Generar una síntesis y dar la posibilidad de realizar análisis de sensibilidad;
- Ser de fácil uso y permitir que su solución se pueda complementar con métodos matemáticos de optimización.

Aplicaciones usuales del PAJ:

Planificación Estratégica	Formulación de Políticas
Planificación Territorial	Gestión Ambiental
Planificación por Escenarios	Análisis Costo - Beneficio
Evaluación de Planes	Formulación de Estrategias de Mercado
Optimización de Procesos	Asignación de Recursos, etc.

1. PONDERACIÓN DE LOS PARÁMETROS DESCRIPTORES: CASO DE SISMO

PASO 1: Parámetros. Se identifican los parámetros que permitan caracterizar el fenómeno sísmico. En función del número de parámetros identificados tendremos el número de filas y columnas de la matriz de ponderación (matriz cuadrada).

- Magnitud
- Intensidad
- Aceleración Natural del Suelo

PARAMETRO	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleracion del suelo
Magnitud de sismo			
Intensidad de sismo			
Aceleración natural del suelo			

PASO 2: Matriz de Comparación de Pares. Se realiza la comparación de pares para la determinación de la importancia relativa usando la escala de Saaty.

PARAMETRO	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleracion natural del suelo
Magnitud de sismo	1.00		
Intensidad de sismo		1.00	
Aceleración natural del suelo			1.00

La comparación de dos parámetros de igual magnitud nos dará la unidad (1 : igual importancia).

PARAMETRO	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleracion natural del suelo
Magnitud de sismo	1.00	1/3	
Intensidad de sismo	3.00	1.00	
Aceleración natural del suelo			1.00

La intensidad es 3 veces más importante que la magnitud (moderadamente más importante)

magnitud es 3 veces menos importante que la intensidad (moderadamente menos importante)

PARAMETRO	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleracion natural del suelo
Magnitud de sismo	1.00	1/3	5.00
Intensidad de sismo	3.00	1.00	
Aceleración natural del suelo	1/5		1.00

La aceleración natural del suelo es 5 veces menos importante que la magnitud (menos importante)

La magnitud es 5 veces más importante que la aceleración natural del suelo (menos importante)

PARAMETRO	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleracion natural del suelo
Magnitud de sismo	1.00	1/3	5.00
Intensidad de sismo	3.00	1.00	7.00
Aceleración natural del suelo	1/5	1/7	1.00

La aceleración natural del suelo es 7 veces menos importante que la intensidad (mucho menos importante)

La intensidad es 7 veces más importante que la aceleración natural del suelo (mucho más importante)

Terminada la comparación de pares tenemos la Matriz terminada.

PARAMETRO	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleracion natural del suelo
Magnitud de sismo	1.00	1/3	5.00
Intensidad de sismo	3.00	1.00	7.00
Aceleración natural del suelo	1/5	1/7	1.00

PASO 3: Los valores de la matriz deben estar en decimales para una facilidad en el cálculo de la ponderación. Se suma cada columna de la matriz para obtener la inversa de las sumas totales.

PARAMETRO	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleracion natural del suelo
Magnitud de sismo	1.00	0.33	5.00
Intensidad de sismo	3.00	1.00	7.00
Aceleración natural del suelo	0.20	0.14	1.00
suma	4.200	1.476	13.000
1/suma	0.238	0.677	0.077

PASO 4: Matriz de Normalización. Se elabora la matriz multiplicando la inversa de las sumas totales por cada elemento de su columna correspondiente.

PARAMETRO	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleracion natural del suelo
Magnitud de sismo	1.00	0.33	5.00
Intensidad de sismo	3.00	1.00	7.00
Aceleración natural del suelo	0.20	0.14	1.00
suma	4.200	1.476	13.000
1/suma	0.238	0.677	0.077

$$0.238 \times 1.00 = 0.238$$

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

PARAMETRO	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleracion natural del suelo
Magnitud de sismo	0.238	0.226	0.385
Intensidad de sismo	0.714	0.677	0.538
Aceleración natural del suelo	0.048	0.097	0.077

PASO 5: Se determina el vector priorización (ponderación), mediante la suma promedio de cada fila. Debe cumplir que la suma de cada columna debe ser igual a la unidad.

PARAMETRO	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleración natural del suelo	VECTOR PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)
Magnitud de sismo	0.238	0.226	0.385	0.283
Intensidad de sismo	0.714	0.677	0.538	0.643
Aceleración natural del suelo	0.048	0.097	0.077	0.074
	1.000	1.000	1.000	1.000

$$(0.238 + 0.226 + 0.385) / 3 = 0.283La$$

Indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

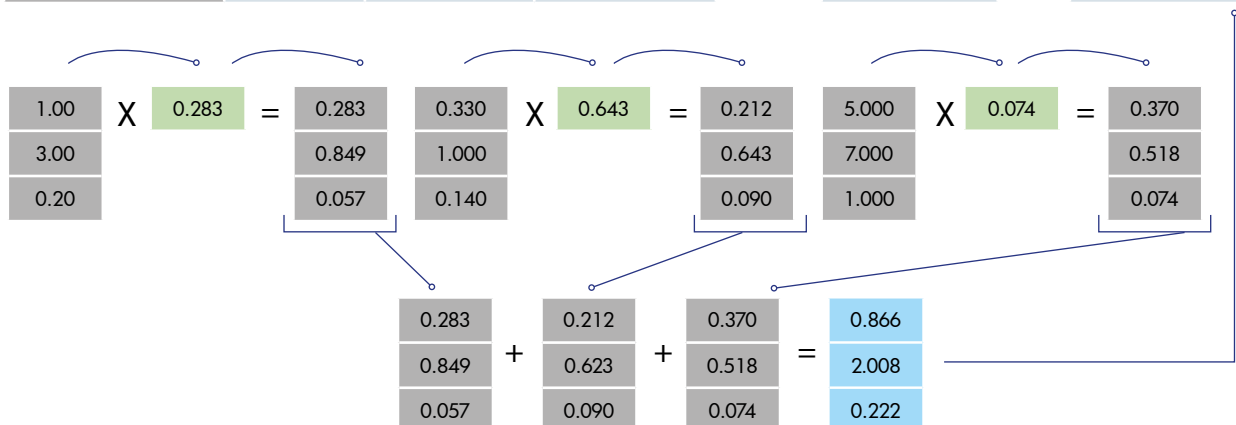
	VECTOR PRIORIZACIÓN (Ponderación)	PORCENTAJE
Magnitud de sismo	0.238	28.30%
Intensidad de sismo	0.643	64.30%
Aceleración natural del suelo	0.074	7.40%

Cálculo de la Relación de Consistencia (RC)

Este coeficiente debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada.

Paso 1: Hallando el Vector Suma Ponderada. Se obtiene por una multiplicación de matrices.

PARAMETRO	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleración natural del suelo		Vector Priorización (Ponderación)	Vector Suma Ponderada
Magnitud de sismo	1.00	0.33	5.00	X	0.283	0.866
Intensidad de sismo	3.00	1.00	7.00		0.643	2.008
Aceleración natural del suelo	0.20	0.14	1.00		0.074	0.222



Paso 2: Hallando λ_{\max} Se determina al dividir los valores del Vector Suma ponderada y el Vector de Priorización.

Vector Suma Ponderada	÷	Vector Priorización (Ponderación)	=	λ_{\max}
0.866		0.283		3.060
2.008		0.643		3.123
0.222		0.074		3.000

$$\lambda_{\max} = \frac{3.060+3.123+3.000}{3} = 3.061$$

Paso 3: Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = \frac{3.061-3}{3-1} = 0.0305$$

Paso 4: Hallando la relación de Consistencia (RC)

$$RC = \frac{IC}{IA} = \frac{0.0305}{0.525} = 0.058$$

Nota: Los Valores del Índice Aleatorio (IA) para los diferentes "n", obtenidos mediante la simulación de 100,000 matrices (Aguarón y Moreno – Jiménez, 2001), son:

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570	1.583	1.595

2. PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO MAGNITUD DE SISMO.

PASO 1: Descriptores. Se identifican los descriptores del parámetro magnitud. Los descriptores se ordenan en forma descendente del más desfavorable al menos desfavorable. En función del número de descriptores tendremos el número de filas y columnas de la matriz de ponderación (matriz cuadrada).

- Mayor a 8.0: Grandes terremotos
- 6.0 a 7.9: sismo mayor
- 4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad
- 3.5 a 4.4: Sentido por mucha gente
- Menor a 3.4: No es sentido en general pero es registrado por sismógrafos

DESCRIPTORES	Mayor a 8.0: Grandes terremotos	6.0 a 7.9: sismo mayor	4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad	3.5 a 4.4: Sentido por mucha gente	Menor a 3.4: No es sentido en general pero es registrado por sismógrafos
Mayor a 8.0: Grandes terremotos.	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
6.0 a 7.9: Sismo mayor.	1/3	1.00	3.00	5.00	7.00
4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad.	1/5	1/3	1.00	3.00	5.00
3.5 a 4.4: Sentido por mucha gente.	1/7	1/5	1/3	1.00	3.00
Menor a 3.4: No es sentido en general pero es registrado por sismógrafos.	1/9	1/7	1/5	1/3	1.00

PASO 2: Los valores de la matriz deben estar en decimales para una facilidad en el cálculo de la ponderación. Se suma cada columna de la matriz para obtener la inversa de las sumas totales.

DESCRIPTORES	Mayor a 8.0: Grandes terremotos	6.0 a 7.9: sismo mayor	4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad	3.5 a 4.4: Sentido por mucha gente	Menor a 3.4: No es sentido en general pero es registrado por sismógrafos
Mayor a 8.0: Grandes terremotos.	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
6.0 a 7.9: Sismo mayor.	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad.	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
3.5 a 4.4: Sentido por mucha gente.	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Menor a 3.4: No es sentido en general pero es registrado por sismógrafos.	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
suma	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/ Suma	0.56	0.21	0.10	0.6	0.04

PASO 3: Matriz de Normalización. Se elabora la matriz multiplicando la inversa de las sumas totales por cada elemento de su columna correspondiente. Debe cumplir que la suma de cada columna debe ser igual a la unidad.

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

DESCRIPTORES	Mayor a 8.0: Grandes terremotos	6.0 a 7.9: sismo mayor	4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad	3.5 a 4.4: Sentido por mucha gente	Menor a 3.4: No es sentido en general pero es registrado por sismógrafos	VECTOR PRIORIZACION (PONDERACIÓN)
Mayor a 8.0: Grandes terremotos.	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
6.0 a 7.9: Sismo mayor.	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad.	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
3.5 a 4.4: Sentido por mucha gente.	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Menor a 3.4: No es sentido en general pero es registrado por sismógrafos.	0.062	0.031	0.021	0.020	0.40	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

$$(0.560 + 0.642 + 0.524 + 0.429 + 0.360) / 5 = 0.503$$

Indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

	VECTOR PRIORIZACION (PONDERACIÓN)	PORCENTAJE
Mayor a 8.0: Grandes terremotos.	0.503	50.30%
6.0 a 7.9: Sismo mayor.	0.260	26.00%
4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad.	0.134	13.40%
3.5 a 4.4: Sentido por mucha gente.	0.068	6.80%
Menor a 3.4: No es sentido en general pero es registrado por sismógrafos.	0.035	3.50%

Cálculo de la Relación de Consistencia (RC)

Este coeficiente debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada.

Paso 1: Hallando el Vector Suma Ponderada. Se obtiene por una multiplicación de matrices.

DESCRIPTORES	Mayor a 8.0: Grandes terremotos	6.0 a 7.9: sismo mayor	4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad	3.5 a 4.4: Sentido por mucha gente	Menor a 3.4: No es sentido en general pero es registrado por sismógrafos	X VECTOR PRIORIZACION (PONDERACIÓN)	= VECTOR SUMA PONDERADA
Mayor a 8.0: Grandes terremotos.	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00	0.503	2.743
6.0 a 7.9: Sismo mayor.	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00	0.260	1.414
4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad.	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00	0.134	0.599
3.5 a 4.4: Sentido por mucha gente.	0.14	0.20	0.35	1.00	3.00	0.068	0.341
Menor a 3.4: No es sentido en general pero es registrado por sismógrafos.	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00	0.035	1.777

Paso 2: Hallando λ_{max} Se determina al dividir los valores del Vector Suma ponderada y el Vector de Priorización.

VECTOR SUMA PONDERADA	÷	VECTOR PRIORIZACION (PONDERACIÓN)	=	λ_{max}
2.743		0.503		5.453
1.414		0.260		5.438
0.599		0.134		5.216
0.341		0.068		5.015
1.777		0.035		5.057

$$\lambda_{max} = \frac{5.453 + 5.438 + 5.216 + 5.015 + 5.057}{5} = 5.2358$$

Paso 3: Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$RC = \frac{5.2358-5}{5-1} = 0.058$$

Paso 4: Hallando la relación de Consistencia (RC)

$$RC = \frac{IC}{IA} = \frac{0.058}{1.115} = 0.052$$

NOTA: Los Valores del Índice Aleatorio (IA) para los diferentes "n", obtenidos mediante la simulación de 100,000 matrices (Aguarón y Moreno – Jiménez, 2001), son:

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570	1.583	1.595

3. CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

PARÁMETRO		MAGNITUD DE SISMO	PESO PONDERADO: 0.283	
DESCRPTORES	S1	Mayor a 8.0: Grandes terremotos	PS1	0.503
	S2	6.0 a 7.9: Sismo mayor	PS2	0.260
	S3	4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad	PS3	0.134
	S4	3.5 a 4.4: Sentido por mucha gente	PS4	0.068
	S5	Menor a 3.4: No es sentido generalmente pero es registrado por sismógrafos	PS5	0.035

Fuente: Escala de Richter - IGP

Donde:

S1, S2, S3, S4 y S5: Descriptores del parámetro MAGNITUD DE SISMO

PS1, PS2, PS3, PS4 y PS5: Pesos ponderados de los descriptores

