

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS PROFESIONAL

CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DEL CENTRO
POBLADO DE TINYAYOC- SAN MARCOS

Para optar el Título Profesional de:
INGENIERO GEÓLOGO

Presentado por:

Bach. Diana Milagros García Silva

Asesor:

Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani

CAJAMARCA- PERÚ

-2022-

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi alma mater por haberme permitido formarme en sus aulas y a todos los docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica por compartir todo su conocimiento con nosotros. En especial a mi asesor el Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani por su apoyo.

A mis padres por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, por haberme dado la oportunidad de tener una educación en el transcurso de mi vida y sobre todo por ser un excelente ejemplo a seguir.

DEDICATORIA

A mis padres Abel y Eslinda, a mis hermanos Hugo y Lorena; quienes me han apoyado a realizar mis metas siendo mi soporte y compañía durante todo este periodo de estudio. A mi hija Danna Sofía por ser mi principal motivo para ser feliz. A mis amigos incondicionales Julia, Liz y José por su apoyo infinito.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE FOTOS.....	xi
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	xvi
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xvii
RESUMEN	xviii
ABSTRACT	xix
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	3
2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS	3
2.1.1 Antecedentes Internacionales	3
2.1.2 Antecedentes Nacionales	3
2.1.3 Antecedentes Locales	4
2.2 BASES TEÓRICAS	4
2.2.1 Geomorfología	4
2.2.2 Las Fuerzas Internas y los relieves iniciales	5
2.2.3 Procesos Endógenos	5
2.2.3.1 Orogénesis	5
2.2.3.2 Estructuras de las rocas en cordillera de plegamiento.....	6
2.2.4 Los agentes geomorfológicos y los procesos morfodinámicos	8
2.2.5 Procesos de degradación o denudacionales.....	9
2.2.5.1 Meteorización de las rocas	10
2.2.5.2 Remoción en masa.....	10

	Pág.
2.2.5.3 Erosión.....	10
2.2.6 Procesos de agradación	11
2.2.6.1 Sedimentación coluvial	11
2.2.6.2 Sedimentación diluvial	12
2.2.6.3 sedimentación aluvial o fluvial.....	12
2.2.7 Jerarquización Geomorfológica	12
2.2.8 Fundamentos de la Cartografía Geomorfológica	13
2.2.8.1 Morfología.....	13
2.2.8.2 Morfografía	13
2.2.8.3 Morfometría.....	15
2.2.8.4 Morfodinámica	17
2.2.8.5 Morfogénesis	18
2.2.9 Clasificación y Categorización Geomorfológica	21
2.2.10 Nomenclatura, colores y simbología de los mapas geomorfológicos.....	21
2.2.10.1 Definición de los colores para los polígonos.....	21
2.2.11 Perfiles morfométricos	22
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	23
 CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	 25
 3.1 UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	 25
3.1.1 Geográfica	25
3.1.2 Política	25
3.1.3 Accesibilidad	25
3.1.4 Clima.....	26
3.1.5 Vegetación	26
3.2 PROCEDIMIENTOS.....	27
3.2.1 Etapa de pre campo.....	27
3.2.2 Etapa de campo	27

	Pág.
3.2.3 Etapa de gabinete	27
3.2.4 Metodología.....	27
3.2.4.1 Tipo, nivel, diseño y método de la investigación	28
3.2.4.2 Población de estudio.....	28
3.2.4.3 Muestra.....	28
3.2.4.4 Unidad de análisis	29
3.2.5 Identificación de variables.....	29
3.2.6 Técnicas	29
3.2.7 Equipos y materiales.	29
3.2.7.1 Equipos.....	29
3.2.7.2 Materiales	29
3.3 GEOLOGÍA LOCAL.....	30
3.3.1 Mesozoico	30
3.3.1.1 Formación Inca (Ki – In).....	30
3.3.1.2 Grupo Crisnejas	31
3.3.1.3 Grupo Pulluicana	32
3.3.1.4 Grupo Quilquiñan - Mujarrún	32
3.3.1.5 Formación Cajamarca (Ks – ca).....	33
3.3.2 Rocas ígneas	33
3.3.2.1 Diorita (Pi- di)	33
3.3.3 Cuaternario.....	34
3.3.3.1 Depósitos aluviales (Qh – al)	34
3.3.3.2 Depósitos Coluvio – Aluviales (Qh – co/al)	34
3.4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	35
3.4.1 Estructuras continuas	35
3.4.2 Estructuras discontinuas	35
3.5 GEOMORFOLOGÍA	37
3.5.1 Unidades por procesos Estructural.....	37

	Pág.
3.5.1.1 Escarpe Estructural	37
3.5.1.2 Flancos.....	37
3.5.1.3 Cerro.....	40
3.5.2 Unidades por procesos denudativos.....	40
3.5.2.1 Laderas denudacionales.....	40
3.5.2.2 Lomas	42
3.5.2.3 Colinas.....	42
3.5.2.4 Deslizamientos	43
3.5.2.5 Planicie	45
3.5.2.6 Altiplanicie	45
3.5.3 Unidades por procesos Fluviales	46
3.5.3.1 Terrazas aluviales	46
3.5.3.2 Cauces actuales.....	47
3.5.3.3 Llanura de inundación	47
3.5.3.4 Abanico aluvial.....	49
3.5.3.5 Valles.....	49
3.5.3.6 Manantiales	50
3.5.4 Unidades por procesos Kársticos	51
3.5.4.1 Ladera ondulada kárstica.....	51
3.5.4.2 Carren o Lenar.....	52
3.5.4.3 Sumidero	53
3.5.4.4 Dolinas.....	53
3.5.5 Unidades por procesos Volcánicos.....	54
3.5.5.1 Fingers	54
3.5.5.2 Domo	54
3.5.5.3 Cono volcánico.....	55
3.5.6 Unidades Geomorfológicas por procesos Antropogénicas.....	55
3.5.6.1 Construcciones	56

	Pág.
3.6 TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	56
3.6.1 Análisis morfométrico	56
3.6.1.1 Pendiente de la superficie	56
3.6.1.2 Forma de la superficie	56
3.6.2 Análisis morfogenético	60
3.6.2.1 Análisis de procesos de geodinámica interna	60
3.6.2.2 Análisis de procesos de geodinámica externa	62
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	63
4.1 CONTEXTO MORFOMÉTRICO	63
4.2 CONTEXTO MORFOMÉTRICO	63
4.2.1 Modelo evolutivo.....	65
4.1.2 Ambientes morfogenéticos.....	68
4.3 CONTRASTACIÓN DE HIPOTESIS	
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
5.1 CONCLUSIONES	79
5.2 RECOMENDACIONES	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
ANEXOS	83

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 1. Agentes y Procesos Geomorfológicos Exógenos	9
Tabla N° 2. Clases o Atributos y sus ejemplos del perfil de la topografía.....	14
Tabla N° 3. Índices de contraste de relieve.	15
Tabla N° 4. Índices de Inclinación de laderas.	15
Tabla N° 5. Formas de la Ladera.....	16
Tabla N° 6. Clasificación de Fenómenos de Remoción en Masas.....	17
Tabla N° 7. Relación de procesos geodinámicos y unidades geomorfológicas.	18
Tabla N° 8. Colores establecidos para los polígonos de las unidades geomorfológicas.....	22
Tabla N° 9. Coordenadas UTM-WGS84 de los vértices de zona de investigación.	25
Tabla N° 10. Accesibilidad al Centro Poblado de Tinyayoc.....	26
Tabla N° 11. Inclinación de las superficies en el Centro Poblado de Tinyayoc.	61
Tabla N° 12. Área ocupada por cada tipo de Ambiente	70
Tabla N° 13. Simbología y área de Unidades Geomorfológicas estructurales.....	71
Tabla N° 14. Simbología y área de Unidades Geomorfológicas Denudacionales.	72
Tabla N° 15. Simbología y área de Unidades Geomorfológicas Fluviales.	73
Tabla N° 16. Simbología y área de Unidades Geomorfológicas Kársticas.	74
Tabla N° 17. Simbología y área de Unidades Geomorfológicas volcánicas.	75
Tabla N° 18. Simbología y área de Unidades Geomorfológicas antrópicas.	76
Tabla N° 19. Unidades geomorfológicas según el ambiente morfogenético del Centro Poblado Tinyayoc.	77

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura N° 1.	Plegamientos. (Villota, 2005).	7
Figura N° 2.	Sistemas de pliegues. (Villota, 2005).....	7
Figura N° 3.	Homoclinales con sus partes constitutivas. (Villota, 2005).	7
Figura N° 4.	Ejemplos de altillanuras degradadas (Villota, 2005).	11
Figura N° 5.	Esquema de Jerarquización Geomorfológica. (Velásquez et al., 2014).....	13
Figura N° 6.	Clases o Atributos de un perfil topográfico (Zinck, 2012).	14
Figura N°7.	Perfil Esquemático del Ambiente Estructural, mostrando las unidades morfoestructurales (Robertson y Jaramillo, 2013).....	19
Figura N°8.	Perfil esquemático de laderas estructurales y denudacionales de edad relativa variable. (Robertson y Jaramillo, 2013).	20
Figura N° 9.	Perfil esquemático de Ambiente Fluvial, con sus respectivas unidades (Robertson y Jaramillo, 2013).....	21
Figura N°10.	Perfiles morfométricos (Centeno, 2008)	23
Figura N° 11.	(a) Análisis estereográfico típico de pliegue cilíndrico y charnelas angulares (b) Proyección estereográfica de flancos	59
Figura N° 12.	(a)Análisis estereográfico de falla inversa (b)Análisis estereográfico de falla normal.....	60
Figura N° 13.	Agentes y procesos geomorfológicos exógenos del área de investigación.	60
Figura N° 14.	Área respecto a la pendiente de la superficie.	65
Figura N° 15.	Modelo 3D del área de investigación, de tipos de pendientes	66
Figura N° 16.	Modelo 3D del área de investigación, de unidades litoestratigráficas...	68

	Pág.
Figura N° 17. Modelo 3D del área de investigación, donde muestra su relieve terrestre actual.	69
Figura N° 18. Área ocupada por tipo ambiente morfogenético.	69
Figura N° 19. Área de Unidades Geomorfológicas Estructurales.	72
Figura N° 20. Área de Unidades Geomorfológicas Denudacionales.	73
Figura N° 21. Área de Unidades Geomorfológicas Fluviales.	74
Figura N° 22. Área de Unidades Geomorfológicas Kársticas.	75
Figura N° 23. Área de Unidades Geomorfológicas Volcánicas.	76
Figura N° 24. Área de Unidad Geomorfológica Antrópica.	76
Figura N° 25. Modelo 3D del área de investigación, donde muestra unidades geomorfológicas según los ambientes morfogenéticos.	78
Figura N° 26. Modelo 3D del área de investigación, las unidades geomorfológicas según los ambientes morfogenéticos.	79

ÍNDICE DE FOTOS

	Pág.
Foto N° 1. Vista de pastos, ichu y quinales ubicados al noroeste del Centro Poblado de Tinyayoc (Coordenadas UTM 822426E, 9202034 N).....	26
Foto N° 2. Estratos de areniscas y limolitas, ubicado en flanco SO del sinclinal de Tinyayoc (Coordenadas UTM 825950E, 9203826N).....	30
Foto N° 3. Superficie de color amarillento producto de alteración de las calizas de la Fm. Chúlec (Coordenadas UTM 825660 E, 9204106 N).	31
Foto N° 4. Estratos delgados de calizas macizas, pertenecientes a la Fm. Pariatambo (Coordenadas UTM 825422 E, 9202885 N).....	31
Foto N° 5. Vista de los estratos de calizas macizas formando farallones resistentes a la erosión. (Coordenadas UTM 822639 E, 9202160N).....	32
Foto N° 6. Estratos delgados de calizas nodulares con una textura de grano sostenido (packstone) (Coordenadas UTM 822473 E, 9201650 N).	32
Foto N° 7. Estratos gruesos y duros generando barrancos de paredes inaccesibles. (Coordenadas UTM 822613 E, 9200311N).	33
Foto N° 8. Vista del aforamiento de rocas dioríticas en el eje del anticlinal La Ramada. (Coordenadas UTM 821829 E, 9203712 N).	33
Foto N° 9. Vista de depósitos aluviales al SE del Centro Poblado Tinyayoc. (Coordenadas UTM 827126 E, 9202958 N).....	34
Foto N° 10. Vista de depósitos coluvio -aluviales al SO del Centro Poblado Tinyayoc. (Coordenadas UTM 822486E, 9201759 N).....	34
Foto N° 11. Se observa el trazo de los ejes de los diferentes tipos de plegamiento que abarca el área de investigación. (Coordenadas UTM 823408E, 9203166N).	35
Foto N° 12. (a) Sistema formado por 2 familias de diaclasas en plano de estrato de la Formación Yumagual. (b) Venas de calcita en forma de simple, en echelon la Fm. Yumagual.	35

Foto N° 13.	Fallas inversas en el flanco NE del anticlinal La Ramada, en Fm. Yumagual. (Coordenadas UTM 822855 E, 9203524N).	36
Foto N° 14.	(a) Plano de falla inversa, en la Fm. Yumagual, (b) Plano de falla normal en la Fm. Yumagual.....	37
Foto N° 15.	Vista del plano del flanco elevado de una falla normal, con una inclinación de hasta 70°. (Coordenadas UTM 825263 E, 9203201 N). ...	38
Foto N° 16.	Vista de flancos en rocas sedimentarias del anticlinal La Ramada y sinclinal Hornambo. (Coordenadas UTM 823383 E, 9202768N).	38
Foto N° 17.	Vista de flancos NE del anticlinal La Ramada en la Fm. Quilquiñan – Mujarrum (Coordenadas UTM 822067 E, 9201752 N).....	39
Foto N° 18.	Cerro de Tandayoc en rocas sedimentarias de la Fm. Quilquiñan – Mujarrum, situadas a SO del anticlinal de la Ramada. (Coordenadas UTM 822462 E, 9201052 N).	39
Foto N° 19.	Cerro Tragadero que conforman flancos en la Fm. Quilquiñan – Mujarrum. (Coordenadas UTM 821298 E, 9203684N).....	39
Foto N° 20.	Vista del cerro Tullumpe en calizas de la Fm. Yumagual, ubicada en el flanco SO del sinclinal Hornambo. (Coordenadas UTM 823215 E, 9203924 N).	40
Foto N° 21.	Vista de Cerro el Vaquero se encuentra al NE del anticlinal Nuevo San Pedro. (Coordenadas UTM 826746 E, 9201525 N).	40
Foto N° 22.	Vista de cerro con pendientes mayores a 25° a más, ubicada al NE del sinclinal Hornambo. (Coordenadas UTM 823827 E, 9202342 N).	41
Foto N° 23.	Vista de cerro conformada de rocas sedimentarias de la Fm. Yumagual, (Coordenadas UTM 823827 E, 9202342 N).....	41
Foto N° 24.	Vista de ángulos de inclinación de laderas denudacionales de la localidad de Hornambo. (824694 E, 9203744 N).	42
Foto N° 25.	Vista de ángulos de inclinación de laderas denudacionales de la localidad de Nuevo San Pedro (Coordenadas UTM 825991 E, 9201798 N).	42

	Pág.
Foto N° 26. Vista de ángulos de inclinación de laderas denudacionales de la localidad de Nuevo San Pedro. (Coordenadas UTM 825991 E, 9201798 N).	42
Foto N° 27. Lomas en rocas sedimentarias de la Fm. Yumagual, en el caserío de la Ramada. (Coordenadas UTM 822813 E, 9202547 N).	43
Foto N° 28. Lomas en rocas sedimentarias de la Fm. Yumagual, en el caserío de la Ramada. (Coordenadas UTM 822813 E, 9202547 N).	43
Foto N° 29. Colina en rocas sedimentarias correspondiente a la Fm. Inca (Coordenadas UTM 826680 E, 9204240 N).	44
Foto N° 30. Colina en calizas de la Fm. Chúlec, cuyas laderas están expuestas a procesos de erosión. (Coordenadas UTM 825579 E, 9203004 N).	44
Foto N° 31. Vista de deslizamiento inactivo favorecida la pendiente escarpada (Coordenadas UTM 825731 E, 9203176 N).	45
Foto N° 32. Deslizamiento activo producto de la saturación de agua en material no consolidado (823068 E, 9202841 N).	45
Foto N° 33. Deslizamiento mayor activo, conformada por un escarpe principal y el cuerpo de material no consolidado (Coordenadas UTM 826930 E, 9201797N).	45
Foto N° 34. Vista de planicie modernamente baja situada en la parte alta de la localidad de Hornambo. (Coordenadas UTM 825194 E, 9203947N).	46
Foto N° 35. Vista de altiplanicie modernamente empinada al SO del Centro Poblado de Tinyayoc. (Coordenadas UTM 826192E, 9202562.N).	46
Foto N° 36. Terraza de erosión al margen izquierdo aguas debajo de la quebrada La Ramada. (Coordenadas UTM 825656 E, 9202906N).	47
Foto N° 37. Terraza de acumulación al margen izquierdo aguas abajo de la quebrada La Collpa. (Coordenadas UTM 825947 E, 9203337N).	47
Foto N° 38. Cauce permanente de la Quebrada La Ramada con dirección es SO – NE. (Coordenadas UTM 823408 E, 9203169N).	48

	Pág.
Foto N° 39. Vista de llanura de inundación aledaño a la quebrada La Ramada, ubicado al NO del Centro Poblado de Tinyayoc. (Coordenadas UTM 823362 E, 9203114N).....	49
Foto N° 40. Vista de llanura de inundación ubicado en el caserío El Hornambo. (Coordenadas UTM 825348 E, 9203499N).....	49
Foto N° 41. Vista de llanura de inundación aledaño a la quebrada La Ramada. (Coordenadas UTM 823113 E, 9202641N).....	49
Foto N° 42. Vista del abanico aluvial en el Centro Poblado de Tinyayoc. (Coordenadas UTM 825589 E, 9202770 N).....	50
Foto N° 43. Vista del valle fluvial del Centro Poblado Tinyayoc (Coordenadas UTM 826623 E, 9203381 N).....	50
Foto N° 44. Vista valle en U localizado al SO del Centro Poblado de Tinyayoc (Coordenadas UTM 822789 E, 9200274 N).....	51
Foto N° 45. Vista del manantial “Las Maximinas” en rocas sedimentarias de la Fm. Quilquiñan – Mujarrum(Coordenadas UTM 821602 E, 9202736 N).....	51
Foto N° 46. Vista del manantial “Los Aujeros” en rocas dioríticas, con estrucutra (Coordenadas UTM 821602 E, 9202736 N).	52
Foto N° 47. Manantial “La Putaga” en rocas sedimentarias de la Fm. Quilquiñan – Mujarrum. (Coordenadas UTM 823873 E, 9203847 N).	52
Foto N° 48. Vista de ladera ondulada kárstica en Fm. Quilquiñan – Mujarrum (Coordenadas UTM 823873 E, 9203847 N).....	53
Foto N° 49. Vista de superficies con presencia de " carren " o "lenar", en la Fm. Yumagual. (Coordenadas UTM 824075 E, 9202060N).	53
Foto N° 50. Vista de sumidero ubicado en el eje del sinclinal Hornambo. (Coordenadas UTM 824067 E, 9204032 N).....	54
Foto N° 51. Dolina formada sobre rocas calcáreas de la Fm. Yumagual (Coordenadas UTM 822769 E, 9201549 N).....	54

	Pág.
Foto N° 52. Vista de fingers de composición diorítica, ubicado al No del anticlinal La Ramada (Coordenadas UTM 821829 E, 9203712 N).....	55
Foto N° 53. Vista de domo en rocas dioríticas. (Coordenadas UTM 823642 E, 9201624 N).	56
Foto N° 54. Vista de cono volcánico, ubicado al NO del anticlinal La Ramada. (Coordenadas UTM 821959 E, 9203380 N).....	56
Foto N° 55. Vista de construcciones en el Centro Poblado de Tinyayoc asentado en Fm. Chúlec (Coordenadas UTM 825869 E, 9203074N).	57
Foto N° 56. Vista de la actividad Humana en el Centro Poblado de Tinyayoc (Coordenadas UTM 825869 E, 9203074N).....	57

ÍNDICE DE IMÁGENES

	Pág.
Imagen N° 1. Corte morfométrico A-A'	58
Imagen N° 2. Corte morfométrico B-B'	59
Imagen N° 3. Corte morfométrico C-C'	60

LISTA DE ABREVIATURAS

ITC	:	International Institute for GeoInformation Science and Earth Observation (Instituto Internacional de Ciencias de la Geoinformación y Observación de la Tierra).
D	:	Denudativo
V	:	Volcánico
S	:	Estructural
F	:	Fluvial y deltaico
Fm.	:	Formación
K	:	Kárstico
M	:	Marino y costero:
G	:	Glaciar
E	:	Eólico
A	:	Antropogénico
SO	:	Suroeste
NE	:	Noreste
NO	:	Noroeste
SE	:	Sureste
Ha	:	Hectárea
Gis	:	Sistemas de Información Geográfica
CAD	:	Computer Aided Design
C.P.	:	Centro Poblado

RESUMEN

La investigación se realizó en el Centro Poblado de Tinyayoc, en el distrito de José Sabogal, provincia de San Marcos, al sureste de la ciudad de Cajamarca. Consiste en el cartografiado en un plano topográfico de un Modelo digital de elevaciones base, se procesó con el software ArcGis 10.5 y se obtuvo un mapa analítico aplicando las metodologías de Carbajal, siendo el objetivo principal la Caracterización geomorfológica del Centro Poblado de Tinyayoc. Se realizó un análisis morfogenético para determinar los factores que influyeron en la configuración actual: evaluando los procesos de geodinámicos internos tales como la formación estructuras continuas (plegamientos), estructuras discontinuas (diaclasas y fallas), y el ascenso de cuerpos intrusivos, dando como resultado Unidades Geomorfológicas de Ambiente Estructural y de Ambiente Volcánico. Asimismo, se evaluó de procesos geodinámicos externos, dado por procesos de degradación o denudacionales tales como la meteorización de roca, remoción de masas, erosión (fluvial e hídrica) y por procesos de agradación tales como la sedimentación aluvial y coluvial; dando como resultado las Unidades Geomorfológicas de Ambiente Denudacional, Kárstico, Fluvial y Antrópico. Se realizó un análisis morfométrico elaborando tres cortes morfométricos; partiendo de la captura fotográfica, que mediante trazos de segmentos continuos sobre el contorno de la geoforma se determinó su tipo. Los resultados se plasmaron en el plano geomorfológico a escala 1:15 000, definido por los seis ambientes morfogenéticos antes mencionados y las veintiseis Unidades Geomorfológicas que conforman el Centro Poblado de Tinyayoc.

Palabras claves: Morfogénesis, Morfometría y Unidad geomorfológica

ABSTRACT

The research was carried out in the Populated Center of Tinyayoc, in the district of Jose Sabogal, province of San Marcos, southeast of the city of Cajamarca. It consists of the mapping on a topographic plan of a digital Model of base elevations, it was processed with the ArcGIS 10.5 software and an analytical map was obtained applying the Carbajal methodologies, the main objective being the geomorphological characterization of the Populated Center of Tinyayoc. An analysis was performed morphogenetic to determine the factors that influenced the current settings: assessing the processes of geodinámicos internal such as the formation continuous structures (folds), structures, discontinuous (joints and faults), and the rise of bodies intrusive, resulting in Units Geomorphological Environment and Structural Environment Volcanic. Likewise, it was evaluated of external geodynamic processes, given by degradation or denudational processes such as rock weathering, mass removal, erosion (fluvial and hydric) and by processes of sedimentation such as alluvial and colluvial sedimentation; resulting in the Geomorphological Units of Denudational, Karst, Fluvial and Anthropic Environment. A morphometric analysis was carried out by making three morphometric cuts; starting from the photographic capture, which by means of continuous segment strokes on the contour of the geoform, its type was determined. The results were reflected in the geomorphological plan at a scale of 1:15 000, defined by the six morphogenic environments mentioned above and the twenty-six Geomorphological Units that make up the Populated Center of Tinyayoc.

Key words: Morphogenesis, Morphometry and Geomorphological unit.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La caracterización geomorfológica es una herramienta para la implementación de programas de uso y manejo del territorio, planificación geográfica integral, evaluación de paisajes y escenarios de riesgos en las regiones. En el Centro Poblado de Tinyayoc de la provincia de San Marcos, donde han ido sucediendo numerosas modificaciones en su relieve, producto de procesos geológicos tanto endógenos como exógenos; dando lugar al actual modelo geomorfológico con una configuración de distintas unidades geomorfológicas. Realizar una caracterización geomorfológica, que consiste en la descripción de las unidades geomorfológicas; contribuye a un conocimiento de la geomorfología a nivel local, aportando un adecuado marco de conocimiento que facilite el análisis de las otras disciplinas; a partir de ello se plantea la siguiente interrogante: ¿Cómo es la caracterización geomorfológica del Centro Poblado de Tinyayoc, San Marcos?, por el cual se plantea la siguiente hipótesis : Las características geomorfológicas, se relacionan con los factores litológicos, morfológicos y ambientes de formación en el tiempo geológico; también, las unidades geomorfológicas presentes en el Centro Poblado de Tinyayoc; definidas por los agentes geológicos endógenos y exógenos (que producen meteorización y erosión), dando lugar al actual modelado geomorfológico.

La justificación de la investigación es, que los estudios de geomorfología a nivel local, son escasos, en tal sentido este trabajo tiene por finalidad contribuir a un conocimiento de las Unidades Geomorfológicas del Centro Poblado de Tinyayoc; para tal propósito se han tomado en cuenta las características morfoevolutivas que dieron origen a dichas unidades, como el resultado de un balance morfodinámico denudativo y constructivo efectuando el ciclo geomorfológico de los procesos diagenéticos erosivos proporcionando información actualizada para investigaciones posteriores y aportando nuevos datos que ayudaran a comprender la morfodinámica actual. Respecto a la delimitación espacial, abarca 17 km² del Centro Poblado de Tinyayoc, distrito de Sabogal.

Como objetivo general se ha tomado en cuenta: Caracterizar geomorfológicamente del Centro Poblado de Tinyayoc de la provincia de San Marcos. Y como objetivos específicos son: Identificar y describir las Unidades Geomorfológicas, Realizar un plano geomorfológico, Analizar la superficie mediante la elaboración de Perfiles Morfométricos.

Los contenidos de los capítulos se describen a continuación:

Capítulo II. Que corresponde al marco teórico, en los antecedentes internacionales, nacionales y locales, teorías y definición de términos referentes al tema de investigación.

Capítulo III. Materiales y Métodos, se considera la ubicación, accesibilidad, clima y vegetación y los procedimientos, tratamiento, contexto Geológico y contexto Geomorfológico.

Capítulo IV. Análisis y Discusión de Resultados; se describe, explica y se discuten los resultados en función a la morfometría, morfogénesis y discusión de resultados.

Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones, de acuerdo a los resultados obtenidos y considerando los objetivos propuestos se determina las conclusiones, asimismo se plantean algunas recomendaciones.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS

2.1.1 Antecedentes Internacionales

CARVAJAL (2004), en su estudio: Propuesta Metodológica para el Desarrollo de la Cartografía Geomorfológica para la Zonificación Geomecánica, se trata de un enfoque apropiado y sistemático para la elaboración de mapas geomorfológicos, con énfasis en la zonificación geomorfológica, mediante el uso e interpretación de imágenes espaciales (imágenes satelitales) y fotografía aérea.

ESPINOZA (2017), en su investigación: Caracterización Geomorfológica para la Estimación General de Riesgo de Inundación en el Municipio de Tlacotalpan Veracruz. Realiza la representación de rasgos geomorfológicos de la comunidad de Tlacotalpan Veracruz; se descubrirá sobre la base de la simetría y la morfología dicha comunidad para determinar las características estructurales del relieve y sobre esa base comprender el sistema de relaciones espaciales coexistentes.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

CASTRO (2010), en su investigación: Proyecto de Zonificación Ecológica y Económica en la región de Amazonas. Menciona que las estructuras de relieve de la Amazonía están conformadas por procesos endógenos y exógenos. Los mismos se han dado para caracterizar los rasgos geomorfológicos de la región.

FERNÁNDEZ (2011), en su estudio de la geomorfología de la región nororiental de la ciudad de Cajamarca, describe la influencia de las formas del relieve por fuerzas internas y externas, resultado de agentes modeladores como el agua, el viento, el clima y factores biológicos que construyen la topografía actual, en la cual se distingue diferentes unidades geomorfológicas, exhibiendo una pendiente horizontal.

2.1.3 Antecedentes Locales

ALCÁNTARA (2015), en su tesis de pregrado: Caracterización Geomorfológica de la zona Shaullo Grande, Llacanora – Cajamarca. Se concluye que la morfología de Shaullo Grande está estrechamente relacionada con la litología, también se menciona que el área de Shaullo Grande se caracteriza por formas de origen estructural, denudacionales y fluviales.

VERGARA (2017), en la tesis de pregrado: Caracterización de las unidades geomorfológicas en el distrito de Jesús - Cajamarca. Se concluye que las unidades geomorfológicas de origen estructural dadas a partir de pliegues (sinclinales, sinclinales) y fallas normales. Los procesos de erosión afectan a las rocas silicoclásticas y calcáreas, descarbonizándolas y depositándolas, formando unidades geomorfológicas de origen denudacional.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Geomorfología

La geomorfología es la ciencia del estudio del paisaje terrestre.

La geomorfología tiene por objeto:

- a. La descripción de las formas del terreno.
- b. La explicación de su génesis, o sea, de su origen y evolución a través del tiempo geológico.
- c. La definición de la naturaleza y distribución de los materiales que constituyen las geoformas.
- d. La clasificación de los paisajes, principalmente con base en su morfología, origen y composición.
- e. La explicación y descripción de los agentes y procesos geomorfológicos modeladores. (Villota,2005).

Según Bloom (1973), para el estudio de la geomorfología, se debe asumir en contexto que “paisajes compuestos por rocas, constituidos por las fuerzas internas de la tierra, que actúan en el tiempo geológico, en presencia de vida. Paisajes formada por la acción de las rocas sobre la atmósfera y el agua corriente, a través de una energía solar; evolución manifestada a través de procesos de degradación y acumulación o sedimentación”.

2.2.2 Las Fuerzas Internas y los relieves iniciales

Las fuerzas internas de la tierra se consideran la manifestación de la energía y la materia dentro de la tierra. Poco se sabe sobre sus orígenes, pero su comportamiento se conoce por los cambios que hacen o son capaces de hacer en la disposición de los materiales rocosos de la corteza, conocidos colectivamente como Tectodinámica. De estas fuerzas depende la formación de ciertas rocas (ígneas y metamórficas) (Villota, 2005).

2.2.3 Procesos Endógenos

Las dinámicas tectónicas son las responsables de la formación en las rocas y la creación de relieves positivos o negativos a través de los llamados procesos endógenos, entre los que destacan:

- a. Orogénesis o serie de procesos en el origen de una cordillera: plegamiento y/o fractura, levantamiento y hundimiento de macizos rocosos.
- b. Fragmentación y deriva de continentes (tectónica de placas)
- c. Fondo marino que se extiende desde los "valles del rift".
- d. El volcanismo, proceso que da origen a rocas y de relieves determinados.
- e. Los movimientos sísmicos.
- f. La intrusión magmática y el metamorfismo de rocas.

2.2.3.1 Orogénesis

La formación de montañas requiere el uso de enormes fuerzas capaces de plegar y deformar las rocas de las montañas terrestres. Actualmente se conoce con bastante exactitud el conjunto de estos procesos orogénicos, pero se desconoce la causa y el origen de las fuerzas responsables de los mismos.

Pero sea cual sea la fuerza, todas las llamadas montañas plegadas exhiben una historia evolutiva, desde la formación del material que constituye su estructura, hasta la denudación y destrucción, pasando por etapas de deformación y orogenia. Es decir, completan el ciclo orogénico (Salvat et al., 1975).

Un ciclo orogénico completo incluye los siguientes períodos:

- a. La sedimentación se produce en megacuencas oceánicas largas y estrechas llamadas geosinclinales, ubicados en los márgenes continentales.
- b. Durante el período orogénico intervinieron fuerzas internas a través del proceso de deformación y plegamiento del material acumulado en la depresión, produciendo la estructura y topografía de nuevas montañas.
- c. En la denudación, los relieves originados en el periodo anterior son intensamente afectados por los procesos externos de degradación que los transformaran en una cuasillanura.

2.2.3.2 Estructuras de las rocas en cordillera de plegamiento.

El espesor de los estratos de rocas sedimentarias es aproximadamente horizontal en su estado original, pero las masas rocosas están sujetas a deformaciones elásticas, plásticas y de ruptura debido a procesos endógenos que afectan la corteza (Van Sleen y Goosen, 1974).

La deformación elástica no siempre produce efectos visibles, en cambio la deformación plástica da lugar a estructuras plegadas en las rocas sedimentarias y metamórficas, y estructuras tales como clivaje de flujo en las rocas ígneas. (Villota, 2005). La deformación por ruptura produce fallas, diaclasas y ciertos tipos de clivaje en todo tipo de rocas.

Pliegues

Los pliegues de las rocas sedimentarias constan de dos elementos estructurales: el anticlinal o segmento convexo y el sinclinal o segmento cóncavo (Figura 01); ambos presentan buzamiento doble, divergente y convergente, respectivamente a partir de sus ejes.

Otras estructuras determinadas por plegamiento son:

- a. Anticlinorio: cuando un conjunto de pliegues se arquea hacia arriba (Figura 02).
- b. Sinclinorio: cuando un conjunto de pliegues se dobla hacia abajo, como es el caso del altiplano de Bogotá.
- c. Domo: Anticlinal elíptico cuyas capas buzan en todas direcciones desde el tope de estructura hacia su base.

- d. Cuneta: sinclinal cerrado con sus estratos buzando hacia un punto central, desde los bordes.
- e. Homoclinal: pliegue parcialmente degradado, con los estratos buzando en una sola dirección. En estos se distinguen: una pendiente de buzamiento estructural y una contrapendiente o escarpe o pendiente erosional (Figura 03). (Villota,2005).

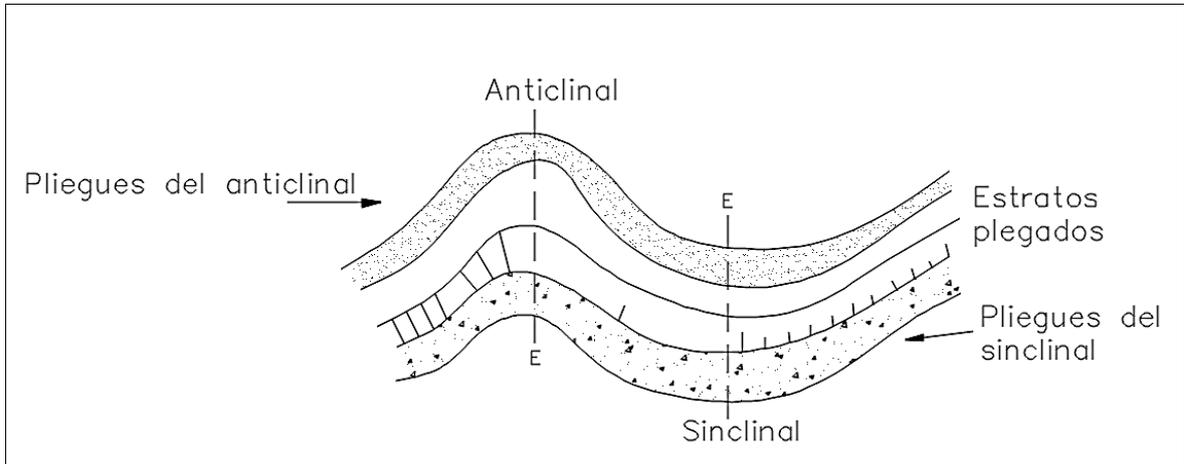


Figura N° 1. Plegamientos. (Villota, 2005).

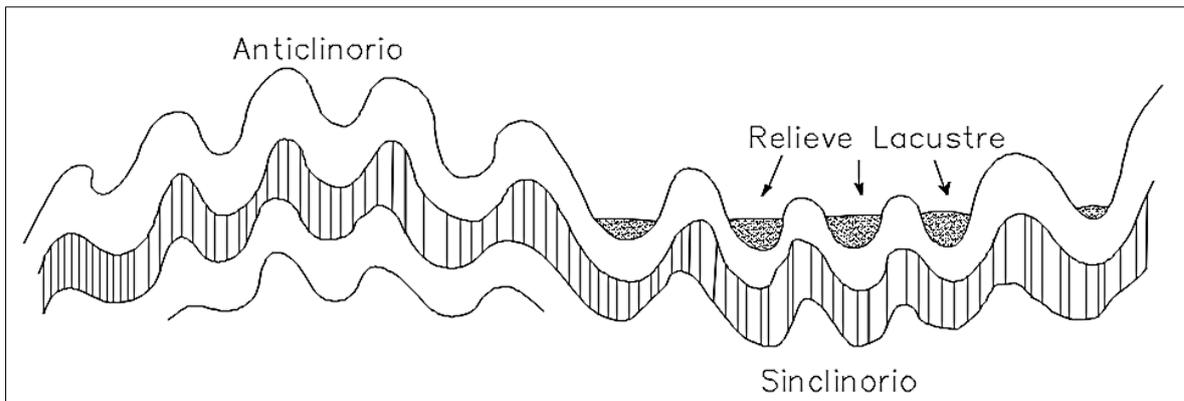


Figura N° 2. Sistemas de pliegues. (Villota, 2005).

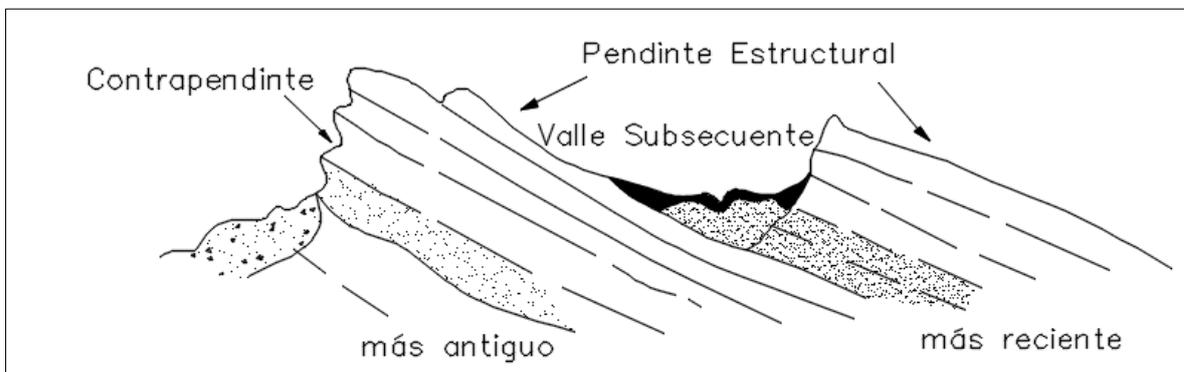


Figura N° 3. Homoclinales con sus partes constitutivas. (Villota, 2005).

Fracturas

Las deformaciones por ruptura de las rocas se pueden dividir en dos tipos:

- a. Fallas: ruptura en la corteza terrestre que acompaña al desplazamiento vertical, horizontal o combinado de un bloque o capa. Ciertas características identificadas por fallas a veces se pueden identificar a partir de fotografías aéreas y otras imágenes de sensores remotos, ya sea por falta de homogeneidad topográfica repentina o por la repetición de la misma forma topográfica en diferentes ubicaciones a un lado de la falla o al otro; en estratificación, tonos fotográficos, vegetación y/o patrones de drenaje. Las fallas a menudo ocurren en el contacto de materiales geológicos de diferentes propiedades.

- b. Diaclasas: Planos divisorios verticales, inclinados u horizontales de casi todas las rocas, producidos por tensión o torsión. Las juntas a menudo controlan los patrones de drenaje, formando sistemas angulares o rectangulares. Cabe señalar que el diaclasamiento es considerado como el comienzo de meteorización mecánica de rocas. (Villota,2005).

2.2.4 Los agentes geomorfológicos y los procesos morfodinámicos

A todo elemento natural móvil capaz de erosionar, transportar y depositar los productos incoherentes de la meteorización se conocen como agentes geomorfológicos y de la sedimentación, siendo los más importantes: el agua de lluvias y de escorrentía, las olas, el viento.

Estos factores son los responsables directos de la mayoría de los procesos geomorfológicos exógenos que afectan a la superficie terrestre, ya sea a través de la degradación o la construcción de nuevos paisajes. (Villota,2005).

Tabla N° 1. Agentes y procesos geomorfológicos exógenos.

Fuerza o Agente	Proceso Geomorfológico	
	Denudativo	Constructivo
Agua, hielo, temperatura	Meteorización de las rocas.	Principios de formación de suelos.
Gravedad, movimientos sísmicos	Remoción de masas.	Sedimentación coluvial.
Lluvia	Erosión pluvial.	Sedimentación coluvial.
Gravedad + agua del suelo.	Remoción torrencial. Flujos de lodo y escombros.	Sedimentación diluvial.
Escorrentía	Erosión fluvial.	Sedimentación aluvial.
Oleaje, corrientes costeras, mareas.	Erosión marina o lacustre.	Sedimentación marina o lacustre.
Nieve y hielo en movimiento (glaciar).	Erosión glaciaria.	Sedimentación glaciaria.
Viento.	Erosión eólica.	Sedimentación eólica.
Hombre	Degradación antrópica.	Conservación y recuperación.

Fuente: Tomado de Villota (2005)

2.2.5 Procesos de degradación o denudacionales

La denudación se refiere a la meteorización del macizo rocoso continental expuesto y el regolito resultante, debido a la acción combinada de la fuerza de desplazamiento y factores geomorfológicos, lo que resulta en la transformación y reducción gradual de la superficie.

La denudación tiene un sentido más amplio que el de erosión, ya que abarca todos los procesos que conducen a la degradación y reducción del relieve inicial, a saber: meteorización de rocas, remoción de masa y diversas formas de erosión. (Villota,2005).

2.2.5.1 Meteorización de las rocas

La meteorización implica la desintegración y desintegración de rocas cohesivas y no cohesivas en productos solubles e insolubles, algunos de los cuales se proponen para formar minerales secundarios de complejidad variable. Lo anteriormente se manifiesta en procesos físicos, químicos y biológicos actuando ya sea en o adyacente a la superficie terrestre. (Hardy, 1970).

2.2.5.2 Remoción en masa

Abarca el conjunto de procesos denudativos relacionados con la deformación del terreno y el desplazamiento o transposición más o menos rápida y localizada de diferentes volúmenes de suelo, de mantos completos de meteorización, incluyendo material de suelo, detritos y bloques y masas rocosas, cuesta abajo, por incidencia de las fuerzas de desplazamiento (gravedad, movimientos sísmicos), a veces con participación mayor o menor del agua, del hielo y otros agentes. (Villota,2005).

2.2.5.3 Erosión

Erosión es un término amplio a las diversas maneras como los agentes móviles (agua, viento, glaciares) desprenden y transportan los productos de meteorización y de la sedimentación, produciendo pérdida de materiales en la superficie de la corteza terrestre.

A la erosión geológica se debe la mayor parte del modelado actual del relieve, el cual se reconoce en primera instancia sobre diferentes de la superficie terrestre por las características morfológicas de los patrones de drenaje, cuya forma, densidad, profundidad de disección y uniformidad dependen de factores litológicos, estructurales, topográficos y climáticos. (Villota,2005).

Altillanura o Altiplanicie

Cuando se trata de altillanuras, la profundización del lecho del río es tan pronunciada como la topografía resultante. Aquí, también, el sistema fluvial sigue un patrón detrítico, con fragmentos que son más uniformes en longitud y profundidad, pero varían en su densidad y la forma y anchura de sus desvíos, dependiendo de materiales algo consistentes y permeables como arena, grava, escombros volcánicos, etc.

En todos los casos, pero a diferentes ritmos, el avance de la denudación se muestra una topografía montañosa típica en la madurez temprana (Fig. 6a). En la madurez tardía, el paisaje se vuelve montañoso con picos estrechos y concordantes. (Fig. 6b), luego, el nivel del agua entre los ríos disminuye, se redondean y forman una superficie montañosa, y finalmente una suave ondulación, a lo que se le denomina penillanura. (Villota,2005).

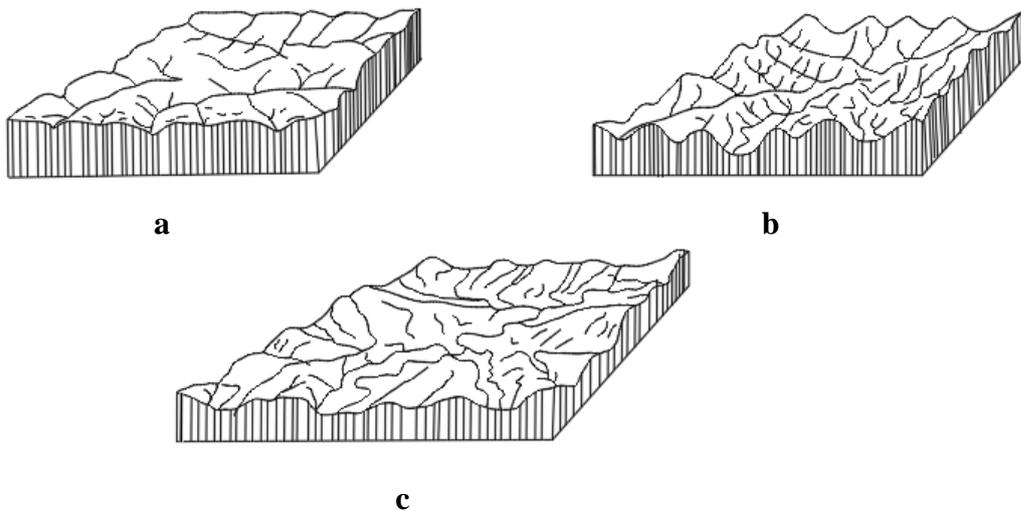


Figura N° 4. Ejemplos de altillanuras degradadas (Villota, 2005).

2.2.6 Procesos de agradación

La acumulación incluye un conjunto de procesos de formación de formas terrestres determinados por fuerzas de desplazamiento y factores de movimiento, tales como: agua de escorrentía, glaciares, deriva costera y corrientes de marea, viento, a través de la depositación de materiales sólidos que tienden a la denudación de mayor relieve autoinducida de la superficie de la Tierra. materia producida. (Villota,2005).

2.2.6.1 Sedimentación coluvial

El proceso de acumulación de materiales heterogéneos (partículas de suelo y escombros) de diversos tamaños en la base de las laderas de montañas, cerros, cerros y acantilados a partir de aquellos fenómenos de remoción de materiales que producen traslocación de escombros por gravedad y gravedad del agua, por ejemplo: flujo de suelo, deslizamiento de tierra, (Selvy, 1987).

2.2.6.2 Sedimentación diluvial

Este proceso de acumulación ocurre cuando uno o más flujos continuos de lodo o detritos se detienen debido a una variedad de factores. Por tanto, su morfología y composición son, entre otras cosas: Fluidez, volumen y/o orden de capas del lodo de la naturaleza y condición del material afectado, las características topográficas de la ubicación de esos depósitos. (Villota,2005).

2.2.6.3 sedimentación aluvial o fluvial

Este proceso de acumulación ocurre cuando uno o más flujos continuos de lodo o escombros se detienen debido a una variedad de factores. Por tanto, su morfología y composición son, entre otras cosas: Fluidez, volumen y/o orden de capas del lodo. Depósitos de limo, la naturaleza y condición del material afectado, las características topográficas de la ubicación de esos depósitos. (Villota,2005).

2.2.7 Jerarquización Geomorfológica

Para levantamientos geomorfológicos de las corrientes oceánicas consta de tres actividades estrechamente relacionadas, a saber: la erosión, el transporte y la deposición, que en realidad son tres etapas de una sola actividad. La jerarquía del Instituto Internacional de Ciencias de la Información Geográfica y Observación de la Tierra (ITC, por sus siglas en inglés) se encuentra en el ITC Geomorphic Survey System, elaborado por Verstappen & Van Zuidam (1981) y adoptado por Carvajal (2004-2008) morfogenéticos

Esto vincula la escala de trabajo con la jerarquía geomorfológica, donde la jerarquía más regional busca representar el origen de la forma del relieve y el entorno geomorfológico asociado, mientras que la jerarquía más detallada muestra los efectos de las manifestaciones morfológicas, los procesos morfodinámicos, la litología y ambientes morfogenéticos (Velásquez et al., 2014).

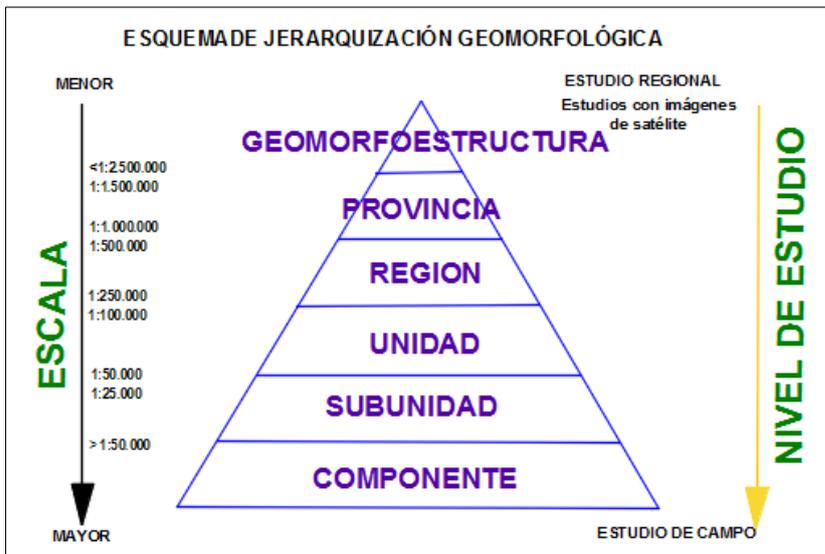


Figura N° 5. Esquema de Jerarquización Geomorfológica (Velásquez et al., 2014).

2.2.8 Fundamentos de la Cartografía Geomorfológica

La geomorfología involucra y relaciona al paisaje con los procesos que le dieron origen y sus condiciones ambientales. Por lo tanto, para lograr una descripción y caracterización adecuada es necesario representarla y transmitirla en forma gráfica o de mapas. Para lograr una adecuada cartografía geomorfológica se deben incluir tres aspectos Principales: (Huertas, et al, 2004).

2.2.8.1 Morfología.

Aquí se incluye los atributos morfométricos y morfográficos se aplican principalmente al componente externo de la geofoma, son esencialmente descriptivos, y pueden ser extraídos de documentos de sensoramiento remoto o derivados de modelos digitales de elevación. (Velásquez et al., 2014).

2.2.8.2 Morfografía

Corresponde a aspectos relacionados con la geometría y se describe en términos de adjetivos descriptivos y representativos. Las propiedades morfológicas son de naturaleza descriptiva. Describen la geometría de formas geométricas en términos topográficos y planimétricos. Se utilizan corrientemente para identificación automatizada de ciertos rasgos de las geofomas a partir de Modelo Digital de Elevaciones (Velásquez et al., 2014).

Topografía

A menudo se utilizan para identificar automáticamente ciertas características de accidentes geográficos a partir de modelos digitales de elevación. La topografía se refiere a la sección transversal de un terreno. Se puede visualizar en 2D a través de cortes de terreno o contornos de terreno y en 3D a través de modelos de terreno 3D o formas de terreno (Figura6). Este rasgo característico es especialmente importante en áreas inclinadas. Los atributos de forma del terreno se usan a nivel de paisaje, mientras que los atributos de perfil de terreno se usan a nivel de relieve (Zinck, 2012).

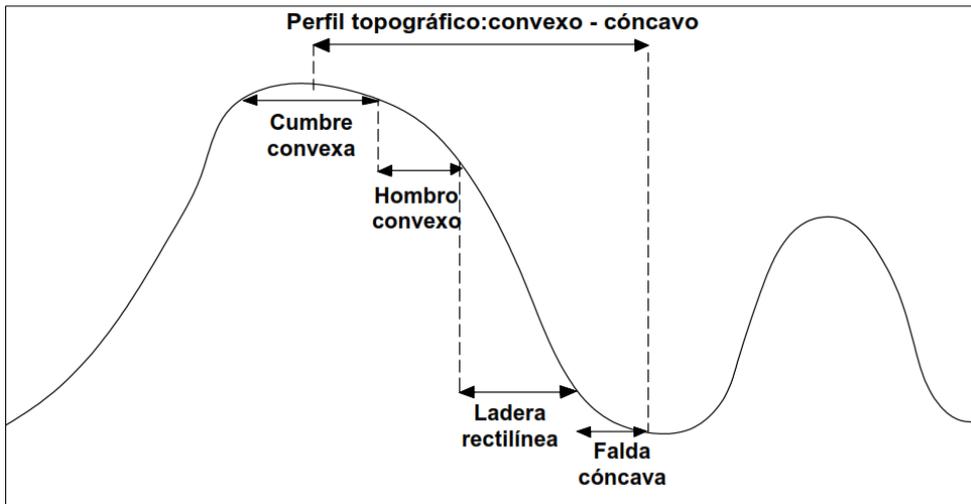


Figura N° 6. Clases o Atributos de un perfil topográfico (Zinck, 2012).

Tabla N° 2. Clases o Atributos y sus ejemplos del perfil de la topografía.

Clases	Ejemplos
Plano	mesa, terraza
Cóncavo	cubeta, falda de vertiente
Convexo	albardón, hombro de vertiente
Convexo-cóncavo	complejo de facetas de vertiente
Convexo-rectilíneo-cóncavo	complejo de facetas de vertiente
Rectilíneo	Ladera
Con peldaños intermedios	complejo de facetas de vertiente
Con afloramientos rocosos	complejo de facetas de vertiente
Con escarpe rocoso	complejo de facetas de vertiente, cuesta
Disimétrico	loma, hogback
Irregular	Vertiente

2.2.8.3 Morfometría

Consiste en aspectos cuantitativos desde el punto de vista de la longitud, la superficie, la forma y la inclinación. Esta comparación también se incluye de acuerdo con la relación geométrica entre diferentes posiciones espaciales. La morfometría cuantifica las características topográficas como la longitud de la pendiente, el ángulo de la pendiente y la altura de la pendiente, mientras que al mismo tiempo determina la distribución de la pendiente (de suave a empinada, pendiente, cóncava y convexa) (de suave a empinada, pendiente, cóncava y convexa). (Carvajal, et al., 2004).

Tabla N° 3. Índices de contraste de relieve.

Intervalos de Altura	Descripción del Relieve	Resistencia relativa del material
< 50m	Muy Bajo	Material muy blando y erosionable
50-250m	Bajo	Blando erosionable
250-500m	Moderado	Moderadamente blando y erosión
500-1000m	Alto	Resistente y erosión moderada
1000-2500m	Muy Alto	Muy resistente y erosión baja
>2500m	Extremadamente Alto	Extremadamente resistente y erosión muy baja

Fuente: Tomado de Carvajal, Cortez & Calderón (2004)

Pendiente de la superficie

La pendiente es el ángulo que forma la forma de ladera o el terreno con respecto a la horizontal. La elección del intervalo de pendiente puede tener en cuenta la distribución espacial de la pendiente que, según la escala del mapa definida, representa mejor la forma del terreno.

En general, la inclinación de pendiente está relacionada con el tipo de material que conforma la unidad morfológica y la susceptibilidad de esa unidad al movimiento de la masa (Carvajal, 2012).

Tabla N° 4. Rango de pendientes asociadas a las unidades morfogénicas.

Unidades morfogénicas	Pendiente
Planicies	0°-8°
Lomadas	8° - 20°
Laderas	20° - 50°
Escarpas	> 50°

Fuente: Tomado de Rodríguez (2016)

Forma de la superficie

La forma de la pendiente se puede dividir en recto, cóncava, convexa, ondulada, irregular o escalonada y compleja. Esta expresión de pendiente refleja la uniformidad de la resistencia del material, así como la presencia o control de estructuras geológicas. (Carvajal, 2012).

Tabla N° 5. Formas de la superficie.

Clase	Características del Material	Fenómenos de remoción en masas asociados
Recta	Alta resistencia y disposición estructural a favor de la pendiente	Movimiento Traslacional
Cóncava	Material blando y disposición estructural no diferenciada.	Deslizamiento Rotacional
Convexa	Material blando y disposición estructural casi horizontal.	Predomina Meteorización y erosión. Pequeños
Irregular o escalonada	Material con resistencia variada. Disposición estructural en contra de la pendiente.	Caída de Bloques. Erosión Diferencial.
Compleja	Mezcla de materiales	Deslizamiento Complejas

Fuente: Tomado de Carvajal (2012)

2.2.8.4 Morfodinámica

La morfodinámica es la parte de la geomorfología que se ocupa de los procesos geodinámicos externos (principalmente la denudación), tanto antiguos como recientes que han modelado y continúan modelando el relieve y son los responsables del estado actual de las geoformas o Unidades de terreno actuales.

Todos los elementos móviles determinados por las fuerzas de cambio, capaces de obtener, transportar y depositar los productos provenientes de la meteorización y de la sedimentación, se conocen como agentes morfodinámicos, siendo los más importantes: la escorrentía del agua lluvia, las olas, corrientes costeras y de mareas; los glaciares y el viento. A estos factores de cambio se pueden agregar los animales y el hombre.

Estos agentes son los responsables directos de la mayoría de los procesos geomorfológicos exógenos que afectan la superficie terrestre, ya sea degradándola o bien construyendo nuevos paisajes. (Acosta et al.,2001)

Clasificación de Fenómenos de Remoción en Masas.

Tabla N° 6. Clasificación de Fenómenos de Remoción en Masas.

TIPO DE MOVIMIENTO			TIPO DE MATERIAL ASOCIADO		
			ROCA	SUELO DE INGENIERÍA	
				Predominante grueso	Predominante Fino
Caídas			Rocas resistentes	Detritos	Tierra
Volcamientos			Rocas muy inclinadas	Detritos	Tierra
Deslizamientos	Rotacional	Pocas unidades	Hundimiento de roca		Hundimiento de detritos
			Deslizamiento de bloques de roca	Deslizamiento de bloques de detritos	Deslizamiento de bloques de tierras
	Traslacional	Muchas unidades	Deslizamiento de rocas	Deslizamiento de detritos	Deslizamiento de tierras
Propagación Lateral			Roca	Detritos	Tierras
Flujos			Flujo de roca	De detritos	De tierras
				(Reptación de suelo)	
REPTAMIENTO (Áreas de gran extensión)			(Reptación profundo)	(Reptación de suelo)	
COMPUESTOS O MULTIPLES: Combinación de dos o más de los tipos anteriores.					

Fuente: Tomado de Carvajal (2012)

2.2.8.5 Morfogénesis

El agua, el viento y el hielo son agentes morfogénéticos que causa erosión o deposición de acuerdo a las condiciones ambientales prevalecientes. Las geoformas resultantes son generalmente más homogéneas que las geoformas controladas por la estructura interna. Por esta razón, muchas de las geoformas originadas por agente externos pueden ser clasificadas a nivel de forma de terreno (Zinck, 2012).

Tabla N° 7. Relación de procesos geodinámicos y unidades geomorfológicas.

PROCESOS GEODINÁMICOS (AGENTES)	AMBIENTE MORFOGENÉTICO	PROCESO MORFOGENÉTICO	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS MAYORES	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS MENORES
INTERNOS (Endógenos) Deriva continental Tectónica de placas	ESTRUCTURAL	Magmatismo (intrusión Volcanismo) Tectonismo: Compresión, plegamiento, fallamiento. Sísmicos	Cadenas montañosas (Cordilleras) Altillanuras (Llanos orientales) Piedemonte	Gravens, Horst Valles Sinclinales Laderas Estructurales Anticlinales Piedemonte Cordilleranos Escarpes, laderas irregulares Montaña de pliegue Escarpes de Falla
EXTERNOS (Exógenos) Agua, Hielo, Viento, Gravedad, fenómenos meteorológicos, Corrientes Fluviales y Marinas, Lluvias	DENUDATIVO (Marino, Fluvial, Glaciar, Eólico, Lacustre, antrópico). (Degradacional)	Meteorización Erosión: fluvial, glaciar, hídrica y marina. Fenómenos de Remoción en Masa.	Valles Intramontanos Altiplanicies Planicies Marinas	Planicies, Colinas, mesetas y laderas denudadas Valles con cañones pronunciados Valles amplios antiguos Valles aluviales
	AGRADACIONAL (Marino, Fluvial, Glaciar, Eólico, Lacustre).	Formación de: Suelos Depósitos (Residuales; coluviales, aluviales, glaciares, fluvio glaciales, marinos, lacustres).	Llanuras aluviales; Sabanas Llanuras costeras Llanuras Lagunares Campos de duna	Cerros de deyección Abanicos aluviales Abanicos Glaciar y Fluvio glaciares Llanuras de inundación Espigas Planos Aluviales Terrazas
	Antrópico	Actividad Humana y/o Biológica	Planicies Antrópicas	Planos de relleno Excavaciones superficiales Rellenos de detritos

Fuente: Tomado de Carvajal (2004)

Ambiente Morfoestructural

Conciene a geoformas producidos por la dinámica del interior de la Tierra, especialmente los asociados a pliegues y fallas. El ambiente tectónico corresponde al área dominada por bloques tectónicos de rocas sedimentarias plegadas y macizos ígneo-metamórficos, y otros ambientes no presentaran geoformas. En este caso, tanto la litología como la estructura deformada de la roca influyen en la anatomía única de los bloques de levantamiento y plegamiento. Mientras que el grado de plegamiento de las rocas sedimentarias favorece geoformas geológicas específicas, como mesetas y crestas tectónicas, las tendencias a gran escala en las rocas metamórficas ígneas tienden a formar crestas con pendientes y patrones de drenaje similares basados en sistemas de diaclasas y fallas geológicas.

Por estas razones, los criterios de clasificación se agrupan principalmente por las diferencias litológicas y el control estructural de los pliegues y fallas presentes en la zona de levantamiento. Las tres geoformas clásicas están representadas por pliegues de rocas sedimentarias basadas en formaciones rocosas competentes, mesetas, crestas (pendientes estructurales) y pendientes inclinadas (Robertson y Jaramillo, 2013).

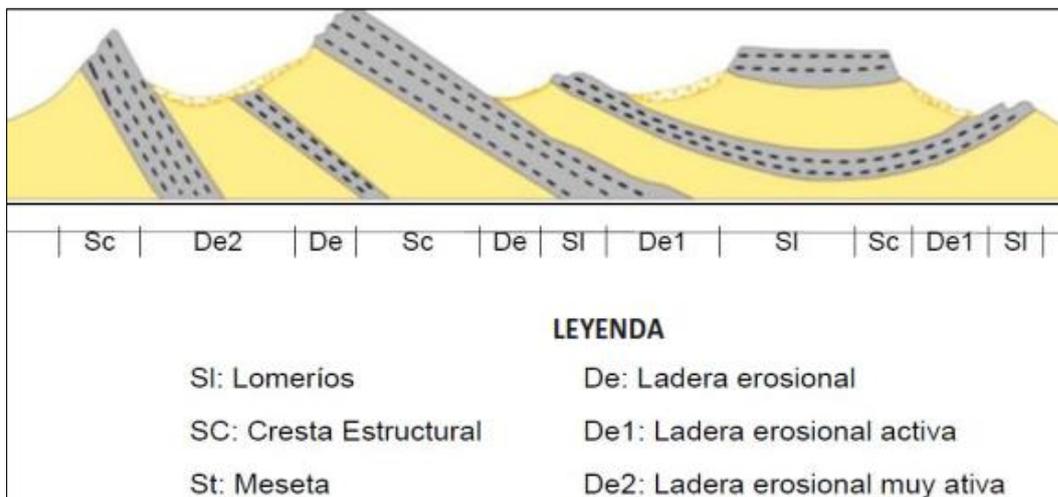


Figura N° 7. Perfil Esquemático del Ambiente Estructural, mostrando las unidades morfoestructurales (Robertson y Jaramillo, 2013).

Ambiente Denudacional

Determinado por la actividad principal del proceso de erosión hidráulica y el fenómeno de transposición o remoción en masa de geoformas preexistentes. La disección del paisaje por procesos exógenos se manifiesta como procesos de erosión hidráulica y gravitacional o una combinación de ambos.

En climas secos, las formas de erosión asociadas a la disección y la pérdida de suelo producen fenómenos de erosión laminar, cárcavas y barrancos. Por otro lado, las condiciones húmedas favorecen la meteorización del subsuelo y el movimiento gravitatorio, así como los deslizamientos de tierra, el suelo y los flujos de escombros. Sin duda, estos dos procesos interactúan para producir innumerables combinaciones (Robertson y Jaramillo, 2013).

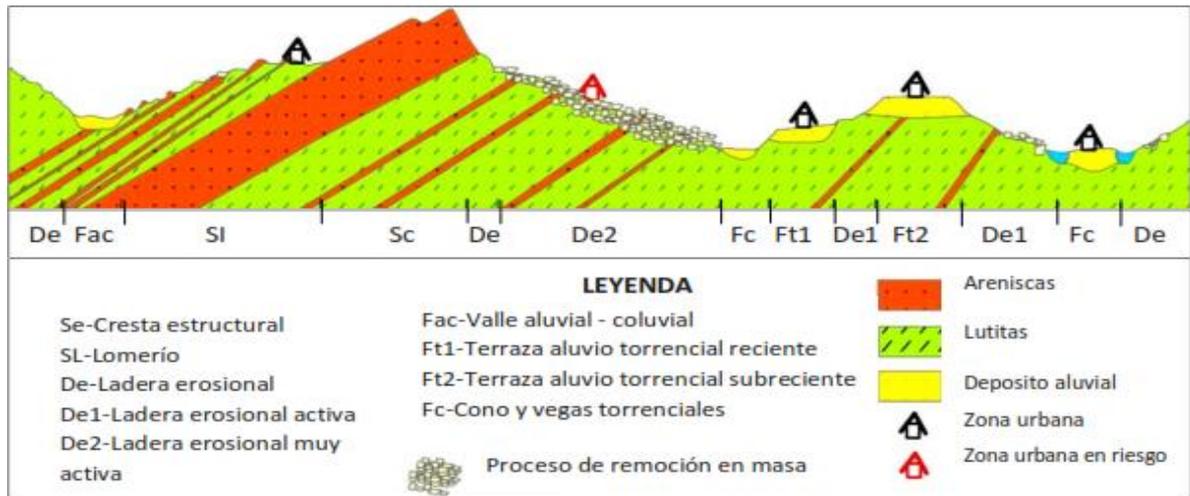


Figura N° 8. Perfil esquemático con laderas estructurales y denudacionales de edad relativa variable.. (Robertson y Jaramillo, 2013).

Ambiente Fluvial

Este ambiente es principalmente la acción de las corrientes de agua y el transporte de sedimentos en la superficie terrestre. Los ríos son los encargados de transportar sus cargas líquidas y sólidas a lo largo del sistema fluvial, produciéndose procesos de erosión y acumulación en función de su pendiente, caudal y carga de sedimentos.

Estos procesos conducen a la formación de las formas características del sistema fluvial, principalmente abanicos de piedemonte, diques aluviales, llanuras aluviales, terrazas aluviales y llanura de inundación. La composición de los sedimentos varía ampliamente para formaciones geológicas anteriores, y estos aspectos pueden analizarse para reconstruir el ambiente de acumulación. (Robertson y Jaramillo, 2013).

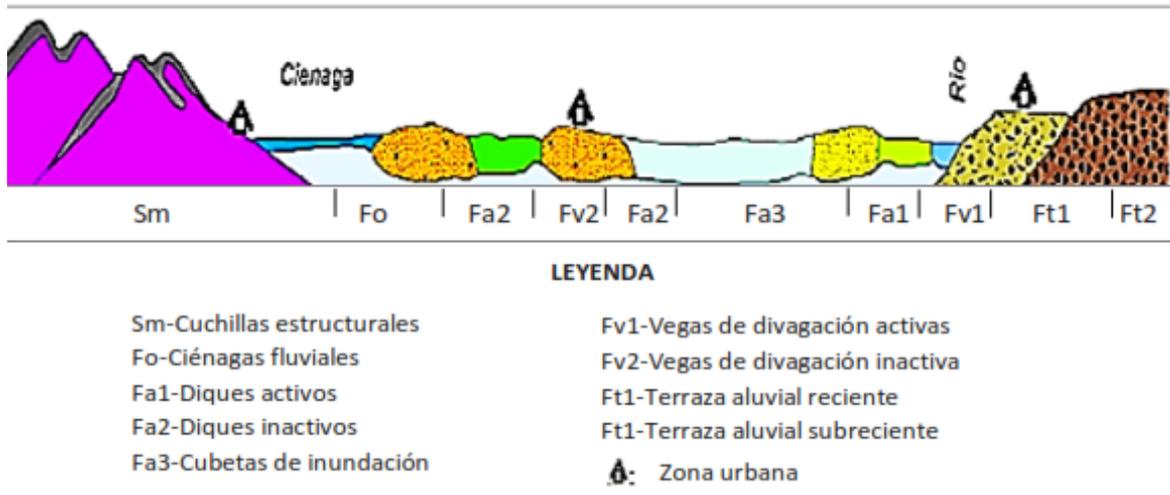


Figura N° 9. Perfil esquemático de Ambiente Fluvial con sus respectivas unidades (Robertson y Jaramillo, 2013).

2.2.9 Clasificación y Categorización Geomorfológica

Para la Nomenclatura o Notación, se propone usar abreviatura de hasta 6 caracteres; el primero en mayúscula. El primero y segundo carácter se utilizan para identificar el ambiente morfogenético principal ej: (Denudativo: D, Volcánico: V, Estructural: S, Fluvial y deltaico: F, Kárstico: K, Marino y costero: M, Glacial: G, Eólico: E, Antropogénico: A). Se utilizan en el tercero y cuarto carácter letras adicionales que especifican las iniciales del nombre de la geoforma típica de cada ambiente morfogenético. (Carvajal, 2004).

2.2.10 Nomenclatura, colores y simbología de los mapas geomorfológicos

Para desarrollar los colores de los polígonos que componen la unidad geomórfica se utiliza como base la paleta geolshd ARC/INFO que se utiliza actualmente en Ingeominas. Los colores de los polígonos de las unidades geomórficas se definen según su correspondiente morfología y morfogénesis tal y como propone (Carvajal, 2004),

2.2.10.1 Definición de los Colores para los Polígonos

Para desarrollar los colores de los polígonos que componen la unidad geomórfica se utiliza como base la paleta geolshd ARC/INFO que se utiliza actualmente en Ingeominas. Los colores de los polígonos de las unidades geomórficas se definen según su correspondiente morfología y morfogénesis tal y como propone (Carvajal, 2004).

Tabla N° 8. Colores establecidos para los polígonos de las unidades geomorfológicas.

Unidad de mapeo por génesis de las Geoformas	Color
Formas de Origen Estructural	Púrpura
Formas de Origen Volcánico	Rojo
Formas de Origen Denudativo	Marrón
Formas de Origen Fluvial	Azul
Formas de Origen Lacustre/Marino	Verde
Formas de Origen Glaciar/Periglaciar	Grisés
Formas de Origen Eólico	Amarillo
Formas de Origen Kárstico	Naranja
Formas de Origen Antropogénico/Biológico	Tramas en Negro

Fuente: Carvajal (2004)

2.2.11 Perfiles Morfométricos

Los perfiles y los mapas topográficos son descripciones continuas de la superficie terrestre. Los procedimientos de clasificación territorial requieren que se subdivide en partes con ciertas características comunes. La morfometría subdivide dos documentos (mapa de sección y mapa topográfico) en áreas con un sentido de pendiente uniforme y pendiente contenida en múltiples rangos. (Centeno ,2008).

1. Análisis de perfiles topográficos: Creación y uso de perfiles morfológicos de medida.

- a. Definición de segmentos de perfil y clasificación por rango de gradiente.
- b. La definición de límites entre segmentos de transición es la siguiente:
 - Forma del tránsito (cambio o progresivo y ruptura o neto).
- c. Relación entre segmentos adyacentes (cambios cóncavos, convexos o mixtos, según la pendiente de los dos segmentos separados).
- d. Análisis de la geometría de los segmentos:
 - Análisis de la pendiente: Rectilíneo o de pendiente constante y De pendiente variable (Convexo y Cóncavo)
 - Desarrollo del segmento (longitud del segmento)
 - Energía del relieve de los segmentos
- e. Tipos del segmento (fondo, cima, estabilización o tránsito).
- f. Puntos neutros y sentido de la inclinación.
- g. Secuencias continuas.

2. Análisis de superficie (por mapa topográfico o perfil de morfometría continua): Mapa morfológico. (Centeno ,2008).

- Tipos de superficie
- Según pendiente (Planos o de pendiente constante, Cóncavos y Convexos.)
- Según trazado: Plano convergente y Plano divergente.

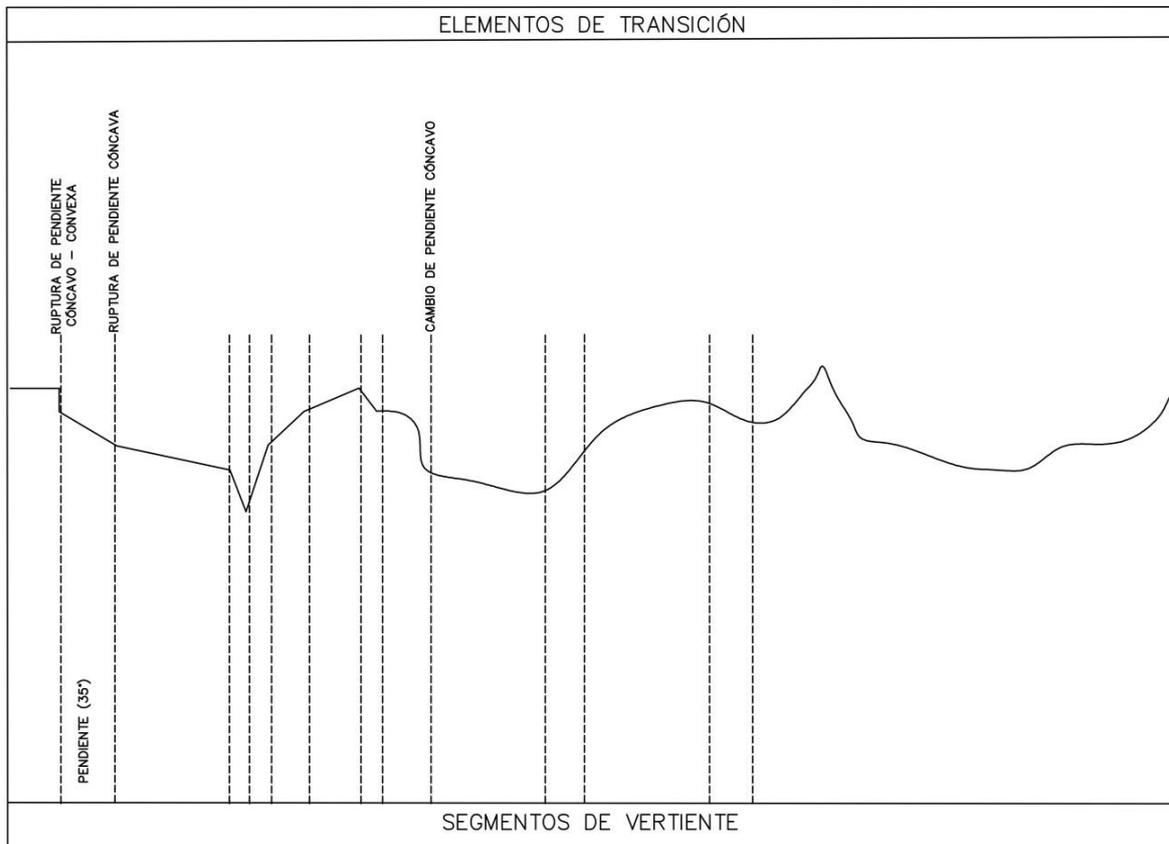


Figura N° 10. Perfiles morfométricos (Centeno, 2008).

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Denudación: Se refiere a la meteorización de las masas de rocas continentales expuestas y al desgaste del regolito resultante, por acción combinada de las fuerzas de desplazamiento y de los agentes geomorfológicos, con la consecuente remodelada y paulatina reducción de la superficie terrestre (Jiménes, 1983).

La Agradación: Comprende el conjunto de procesos geomorfológicos constructivos determinados tanto por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía, los glaciares, el viento, los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie terrestre, mediante la deposición de los materiales sólidos resultantes de la denudación de relieves elevados, ocasionada por ellos mismos (Jiménes, 1983).

La Ladera: Término descriptivo usado en geomorfología para designar los terrenos inclinados de una cadena montañosa, o para las pendientes de cualquier tipo de elevación de terreno (Dávila, 2011).

El Relieve: Son las múltiples formas que presenta la superficie del globo terrestre, debido a los factores erosivos y sedimentarios, así como a los tectónicos, a lo que también se denomina paisaje o geoforma, los relieves se refieren tanto a las geoformas emersas o continentales como las sumersas o fondos marinos y lacustres. Las formas del relieve tienden a explicarse según las siguientes teorías: diastrófica, magmática, tectónica, catastrófica, actualismo, geodinámica externa. Como se puede ver, se tiene procesos formativos de paisajes de orígenes externos o exógenos y de orígenes internos o endógenos (Dávila, 2011).

La Colina: Es una elevación natural del terreno con desniveles mayores a 100 m, cuyas laderas se inclinan en promedio con valores superiores a 16% de pendiente (Jiménes, 1983).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1 Geográfica

El área de investigación se encuentra ubicada geográficamente en el norte de Perú y al noreste de la ciudad de San Marcos, con un área de 17 Km² perteneciente a la zona 17S cuyas coordenadas UTM-WGS84 de sus vértices se describen en la tabla N° 9.

Tabla N° 9. Coordenadas UTM-WGS84 de los vértices de la zona de investigación.

Coordenadas del área de investigación		
Vértice	Latitud	Longitud
1	9201238	821497
2	9204270	821521
3	9204286	827196
4	9201238	827212

3.1.2 Política

Políticamente la investigación se encuentra en el Centro Poblado de Tinyayoc. Distrito de José Sabogal, Provincia de San Marcos en la Región de Cajamarca.

3.1.3 Accesibilidad

El acceso se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Cajamarca a la provincia de San Marcos con una distancia de 70 km. Luego de ello se recorre una distancia de 55 km al distrito de José Sabogal para posteriormente recorrer 12 km más hacia el Centro poblado de Tinyayoc (Tabla N° 10).

Tabla N° 10. Accesibilidad al Centro Poblado de Tinyayoc.

Ruta	Distancia	Tipo de vía	Tiempo
Cajamarca – San Marcos	70 km	Asfaltada	1 hora y 30 min
San Marcos – José Gálvez	55 km	Afirmada	2 horas
José Gálvez – Centro Poblado Tinyayoc	12 km	Afirmada	30 minutos

3.1.4 Clima

El clima en el Centro Poblado de Tinyayoc se puede clasificar durante el día, como seco, templado - soleado y frío. El enfriamiento es fuerte durante las noches claras, lo que ocurre sobre todo en los meses secos, en los cuales aumenta la incidencia de heladas. La máxima temperatura mensual es de 22.2°C y la mínima es de 4.9 °C. (SENAMHI, 2020).

3.1.5 Vegetación

El área de investigación presenta una vegetación variada: quinales, ichu, entre otros. El uso de la tierra se desarrolla una agricultura temporal (en época de lluvia), además de ser utilizadas para la alimentación del ganado.



Foto N° 1. Vista de pastos, ichu y quinales ubicados al noroeste del Centro Poblado de Tinyayoc (Coordenadas UTM 822426E, 9202034 N).

3.2 PROCEDIMIENTOS

3.2.1 Etapa de pre campo

En esta etapa se realizó la compilación, selección y revisión bibliográfica de informes, tesis y trabajos anteriores referentes a la geología y geomorfología geología de la provincia de San Marcos.

Se realizó un análisis de imágenes satelitales del área de investigación, para la interpretación de estructuras geológicas y vías de acceso.

3.2.2 Etapa de campo

Con salidas al área de investigación de acuerdo a lo establecido cronograma, realizando un reconocimiento del área de estudio y un trazado de los primeros límites en el delineamiento de las principales unidades geomorfológicas. Análisis de los planos topográficos y el mapa geológico para conocer más acerca de la relación entre las formas del terreno, la litología y procesos asociados.

3.2.3 Etapa de gabinete

Consistió básicamente en el procesamiento de la información obtenida en campo, rumbos, buzamientos, identificación de litología, identificación de estructuras, etc., serán posteriormente plasmados en el plano topográfico, para la elaboración detallada de un plano geológico, geomorfológico, perfiles morfométricos y modelo evolutivo.

Además, en el caso de los planos y los perfiles se utilizarán los softwares AutoCAD 2018 y ArcGis 10.5. Para el caso del modelo evolutivo se realizó perfiles geológicos los cuales fueron procesados en el software Leapfrog Geo 6.0, previo a ello se realizó un análisis de procesos de geodinámica interna para el cual se utilizó los softwares Stereonet, FaultKin.

3.2.4 Metodología

La investigación es descriptiva, el método que se utilizó fue realizar una revisión bibliográfica referente a la geología y geomorfología en los aspectos generales y concernientes al área de estudio, también la consulta de materiales cartográficos e imágenes de satélite que apoyará en la elaboración y la interpretación del área.

La elaboración de planos de pendientes, que ayudará en la elaboración y lectura del plano geomorfológico, asimismo se realizó un modelo evolutivo que proporcionará información sobre la morfogénesis del relieve actual y para finalizar, la elaboración del plano geomorfológico que sirve tanto como base para análisis resultantes en cuanto la síntesis de los resultados de la investigación.

3.2.4.1 Tipo, nivel, diseño y método de la investigación

Tipo de la investigación

El tipo de la investigación según el objetivo es aplicado porque el problema está establecido y reconocido por lo cual se utiliza esta investigación para solventar preguntas específicas, es exploratoria y descriptiva, porque implica observar y describir las características geomorfológicas en el tiempo porque se realizó el estudio en un único momento.

Nivel de investigación

La investigación es exploratoria y descriptiva, la cual consiste en identificar y describir las unidades geomorfológicas del Centro Poblado Tinyayoc.

Diseño de investigación

El diseño de investigación es de campo puesto que la recolección de datos fue obtenida directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna.

Método de investigación

El método utilizado es inductivo –deductivo porque a partir de datos particulares obtenidos de las unidades geomorfológicas para la caracterización geomorfológica del Centro Poblado Tinyayoc, para su mejor entendimiento se resume en el Cuadro 1.

Cuadro N° 1. Se sintetiza los tipos de investigación utilizada en la presente investigación.

Tipos de investigación	
Según su objetivo	Aplicada
Según el nivel de profundización del objetivo	Exploratoria y descriptiva
Según su naturaleza	Cualitativa a cuantitativa
Según el grado de manipulación de variables	No experimental
Según el periodo	Transversal en el tiempo

Fuente: Adaptado de Rojas (2015)

3.2.4.2 Población de estudio

Área de 17 km² del Centro Poblado de Tinyayoc -San Marcos.

3.2.4.3 Muestra

La Morfometría, morfogénesis y la litología del centro poblado Tinyayoc-San Marcos.

3.2.4.4 Unidad de análisis

Características de las unidades geomorfológicas como colinas, terrazas, laderas entre otros.

3.2.5 Identificación de variables

Independientes:

Morfometría: Descripción cuantitativa de las características del terreno como longitud, ángulo de inclinación y altura.

Morfogénesis: Referido al origen de las diferentes formas de configuración de las geoformas actuales.

Litología: Reconocimiento macroscópico de rocas y minerales.

Dependientes:

Geomorfología: Descripción de unidades geomorfológicas.

3.2.6 Técnicas

Las técnicas que se emplearán para la recolección de datos serán el análisis documental, la observación, y la medición en campo; mientras que los instrumentos estarán constituidos por fichas para la descripción geomorfológica, de litología además de formatos y tablas para toma de datos de rumbo y buzamiento.

3.2.7 Equipos y materiales

3.2.7.1 Equipos

GPS navegador: se utilizó para la ubicación espacial de los estratos de donde se ha extraído la roca; a través de sus coordenadas en el sistema UTM-WGS84.

Lupa de 30x: para reconocer los componentes de los sedimentos y rocas.

Protactor: para cartografiar las unidades geomorfológicas.

Picota de Geólogo: para obtener muestras frescas de rocas de los estratos.

Flexómetro: para mediar algunas geoformas.

3.2.7.2 Materiales

Plano geológico: del cuadrángulo geológico de San Marcos (1/10 000) obtenidos de la Carta Geológica Nacional del INGEMMET.

Libreta de campo: se utilizó para la anotación de puntos, coordenadas, datos y medidas.

Lápiz, lapiceros y marcadores: se utilizó para el cartografiado geológico y anotaciones de datos.

3.3.1 GEOLOGÍA LOCAL

3.3.1 Mesozoico

3.3.1.1 Formación Inca (Ki – In):

Se encuentran afloramientos en los cortes de la carretera situado en el flanco SO del sinclinal de Tinyayoc. Consta de una secuencia de areniscas de grano medio a fino con limolitas, fuertemente fracturada y alterada por acción del tectonismo de la zona resultando en superficie un matiz amarillento (Foto N° 2), su espesor promedio es de ± 150 m.

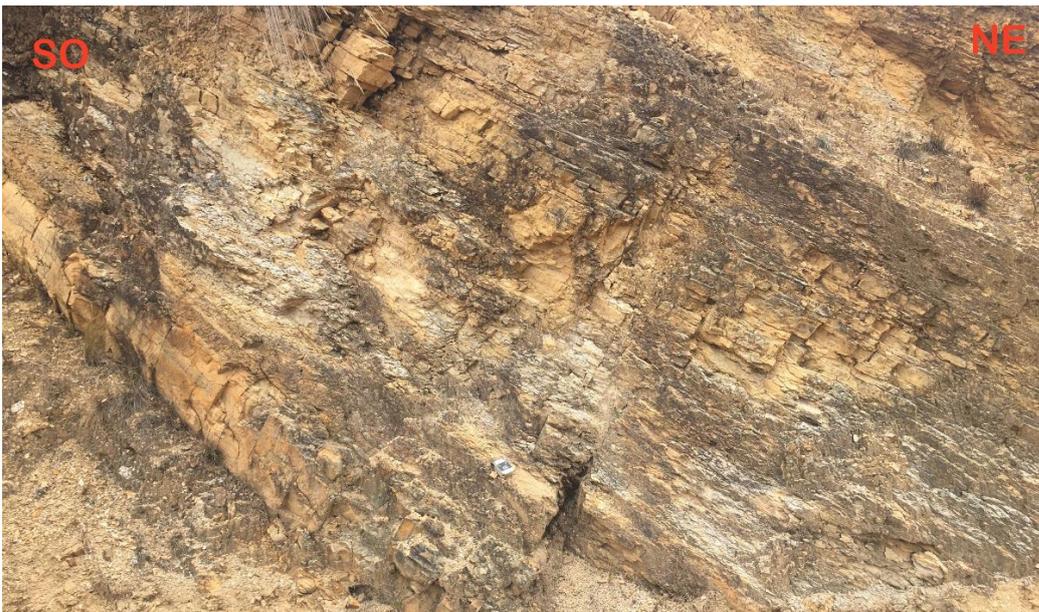


Foto N° 2. Estratos de areniscas y limolitas, ubicado en flanco SO del sinclinal de Tinyayoc (Coordenadas UTM 825950E, 9203826N).

3.3.1.2 Grupo Crisnejas

Formación Chúlec (Ki - chu):

Consta de una secuencia de calizas nodulares, lutitas calcáreas y margas, por efectos de meteorización adquiere un color crema o gris amarillento (Foto N° 3).

Como los estratos de la Formación Chúlec son mayormente blandos, la topografía que se desarrolla es de lomadas de pendientes suaves que se distingue claramente en el Centro Poblado de Tinyayoc, con un espesor promedio de ± 250 m.



Foto N° 3. Superficie de color amarillento producto de alteración de las calizas de la Fm. Chúlec (Coordenadas UTM 825660 E, 9204106 N).

Formación Pariatambo (Ki - pa):

Los afloramientos de esta unidad se presentan en el flanco SE del sinclinal de Hornambo, se caracteriza por calizas macizas (mudsotne), tiene un color gris - pardo, su espesor promedio es de ± 200 m.



Foto N° 4. Estratos delgados de calizas macizas, pertenecientes a la Fm. Pariatambo (Coordenadas UTM 825422 E, 9202885 N).

3.3.1.3 Grupo Pulluicana

Formación Yumagual (Ks - yu):

Constituido principalmente por calizas y en menor proporción por margas y limolitas, con espesores promedio ± 600 m. Las calizas son grisáceas, bastante compactas, las que se presentan en capas medianas, nodulares o regularmente estratificadas.



Foto N° 5. Vista de los estratos de calizas macizas formando farallones resistentes a la erosión. (Coordenadas UTM 822639 E, 9202160N).

3.3.1.4 Grupo Quilquiñan - Mujarrún (Ks – qm):

Constituido por lutitas arenosas y margas intercaladas con estratos calizas nodulares. Se distingue en el flanco SO del Anticlinal de la Ramada suprayace concordante a la Formación Yumagual (Grupo Pulluicana) e infrayace a la Formación Cajamarca. Su espesor promedio es de ± 500 m.



Foto N° 6. Estratos delgados de calizas nodulares con una textura de grano sostenido (packstone) (Coordenadas UTM 822473 E, 9201650 N).

3.3.1.5 Formación Cajamarca (Ks – ca):

Consiste de calizas macizas de color gris a pardo claro, con estratos delgados de lutitas y margas de los mismos colores. Dichas calizas exhiben una topografía kárstica con presencia de lenares que carecen vegetación. Su espesor promedio es de $\pm 600\text{m}$.



Foto N° 7. Estratos gruesos y duros generando barrancos de paredes inaccesibles. (Coordenadas UTM 822613 E, 9200311N).

3.3.2 Rocas ígneas

3.3.2.1 Diorita (Pi- di)

Constituye un porcentaje reducido con respecto a las rocas sedimentarias que se desarrolla eje del anticlinal de la Ramada a manera que el cuerpo diorítico (Foto N° 8), se distingue por presenta un color gris blanquecino, de textura cristalina fanerítica, está conformada por principalmente por plagioclasa y en menor cantidad contiene biotita, hornblenda y cuarzo.



Foto N° 8. Vista del aforamiento de rocas dioríticas en el eje del anticlinal La Ramada. (Coordenadas UTM 821829 E, 9203712 N).

3.3.3 Cuaternario

3.3.3.1 Depósitos aluviales (Qh – al)

Son materiales transportados y depositados por el agua. Su tamaño varía desde la arcilla hasta las gravas gruesas, cantos y bloques. Se encuentran en las partes bajas de las quebradas La Ramada, La Collpa , Vaquero y Coriconga del área de investigación.



Foto N° 9. Vista de depósitos aluviales al SE del Centro Poblado Tinyayoc. (Coordenadas UTM 827126 E, 9202958 N).

3.3.3.2 Depósitos Coluvio – Aluviales (Qh – co/al)

Formada por acumulaciones de gravas y bloques angulosos a subangulosos, con matriz areno-limosa, de compactados a sueltos, localizados en la parte baja y media de las laderas del valle de La Ramada.



Foto N° 10. Vista de depósitos coluvio -aluviales al SO del Centro Poblado Tinyayoc. (Coordenadas UTM 822486E, 9201759 N).

3.4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

3.4.1 Estructuras continuas

Las estructuras continuas en el área de investigación están conformadas por 4 plegamientos: Anticlinal La Ramada, Sinclinal Hornambo, Anticlinal Nuevo San Pedro y Sinclinal Tinyayoc (ver Foto N° 11). Estos pliegues presentan flancos orientados al NE y SO.

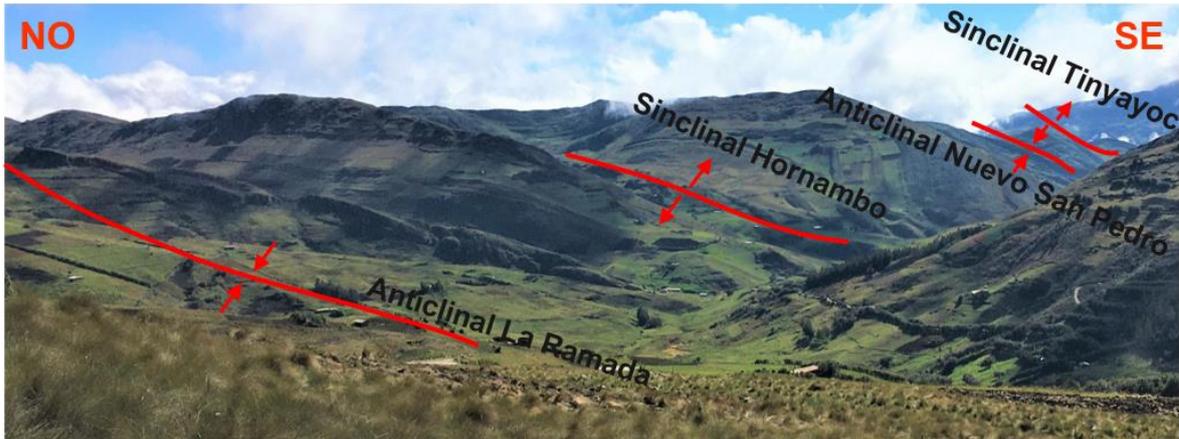


Foto N° 11. Se observa el trazo de los ejes de los diferentes tipos de plegamiento que abarca el área de investigación. (Coordenadas UTM 823408 E, 9203166N).

3.4.2 Estructuras discontinuas

En el área de investigación las estructuras discontinuas están constituidas por fracturas de extensión y fallas. Las fracturas de extensión están constituidas por 4 familias de diaclasas que forman sistemas pseudo conjugadas. Además, se presentan venas rellenas de calcita en forma de echelon simple, como se observa en la Foto N° 12.

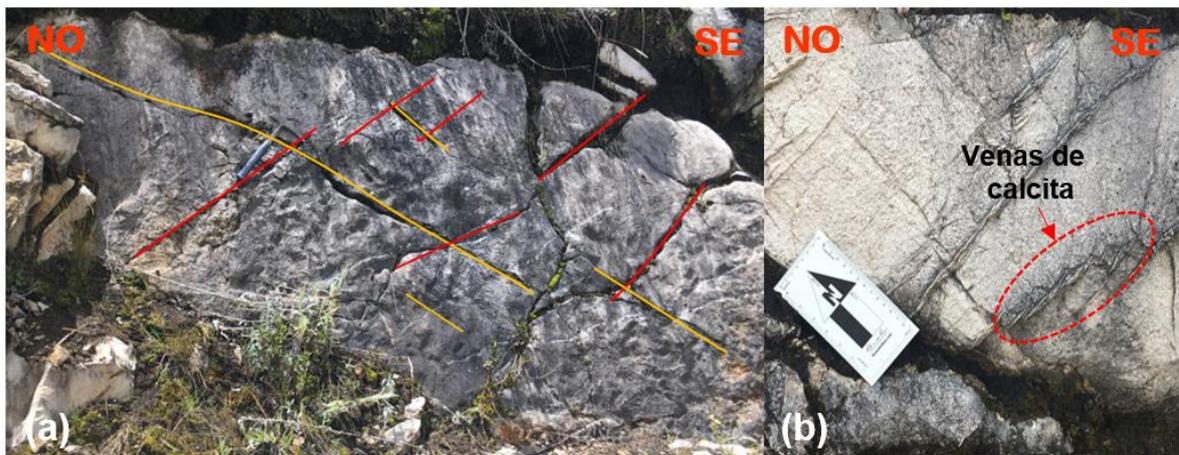


Foto N° 12. (a) Sistema formado por 2 familias de diaclasas en plano de estrato de la Formación Yumagual. (b) Venas de calcita en forma de echelon simple, en la Formación Yumagual.

Las fallas que se identificaron en el área de investigación son de orientaciones NW-SE, SW-NE y W-E. Las fallas de orientaciones NW-SE son del tipo inversa, estas fallas disminuyen el espesor de los flancos de los plegamientos (Foto N° 13), especialmente en el flanco NE del anticlinal La Ramada constituidas por estratos de calizas de la Formación Yumagual. También se identificó indicadores cinemáticos de estas fallas por la presencia de planos de fallas y de su Rake.

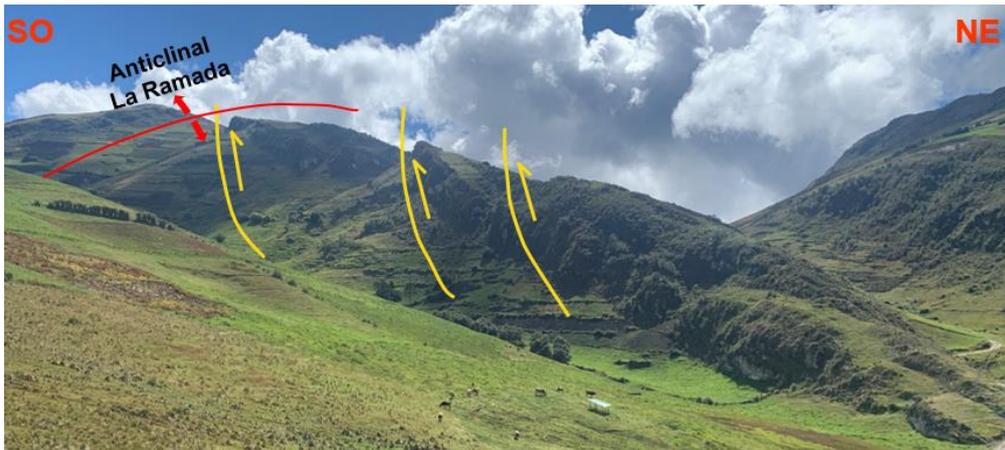


Foto N° 13. Fallas inversas en el flanco NE del anticlinal La Ramada, en Fm. Yumagual. (Coordenadas UTM 822855 E, 9203524N).

Las fallas de orientaciones SW-NE y W-E son del tipo normal, la cual se consideran que fueron posteriores a las fallas inversas y las que generaron el ascenso de los cuerpos intrusivos diorítico que afloran en el área de investigación, al igual que las fallas inversas también se identificaron indicadores cinemáticos que nos proporciona sus sentidos de deslizamiento (Foto N° 14).



Foto N° 14. (a) Plano de falla inversa, en la Fm. Yumagual, (b) Plano de falla normal en la Fm. Yumagual.

3.5 GEOMORFOLOGÍA

Después del procesamiento e interpretación del DEM (Modelos Digitales de Elevación) y recolección de datos de campo, en relación con el mapa geomorfológico se representa siguientes ambientes geomorfológicos dominantes: Estructural, Denudativo, Kárstico, volcánico, Fluvial y Antrópico.

3.5.1 Unidades por procesos Estructural

3.5.1.1 Escarpe Estructural

Ladera abrupta de altura es variable, tiene una orientación de noroeste a suroeste desde el Centro Poblado de Tinyayoc hasta el caserío de la Ramada, presenta una inclinación de hasta 70° y una altura aproximadamente de aproximadamente de 50m y una extensión de 2.0 Km de longitud.



Foto N° 15. Vista del plano del flanco elevado de una falla normal, con una inclinación de hasta 70° . (Coordenadas UTM 825263 E, 9203201 N).

3.5.1.2 Flancos

El contexto general, se encuentra conformada de alineamientos alargados, su asociación litológica es principalmente sedimentaria. Se encuentra afectada por procesos de meteorización superficial en grado moderado del anticlinal La Ramada y del sinclinal Hornambo (Foto N° 16). En la investigación de estudio presentan pendiente que varían en desde fuerte ($15-25^\circ$) a muy escarpada ($> 45^\circ$), los cuales se detalla en las siguientes fotos.



Foto N° 16. Vista de flancos en rocas sedimentarias del anticlinal La Ramada y sinclinal Hornambo. (Coordenadas UTM 823383 E, 9202768N).



Foto N° 17. Vista de flancos NE del anticlinal La Ramada en la Fm. Quilquiñan – Mujarrum (Coordenadas UTM 822067 E, 9201752 N).



Foto N° 18. Cerro de Tandayoc en rocas sedimentarias de la Fm. Quilquiñan – Mujarrum, situadas a SO del anticlinal de la Ramada. (Coordenadas UTM 822462 E, 9201052 N).



Foto N° 19. Vista del cerro Tragadero que conforman flancos en rocas sedimentarias de la Fm. Quilquiñan – Mujarrum. (Coordenadas UTM 821298 E, 9203684N).



Foto N° 20. Vista del cerro Tullumpe en calizas de la Fm. Yumagual, ubicada en el flanco SO del sinclinal Hornambo. (Coordenadas UTM 823215 E, 9203924 N).

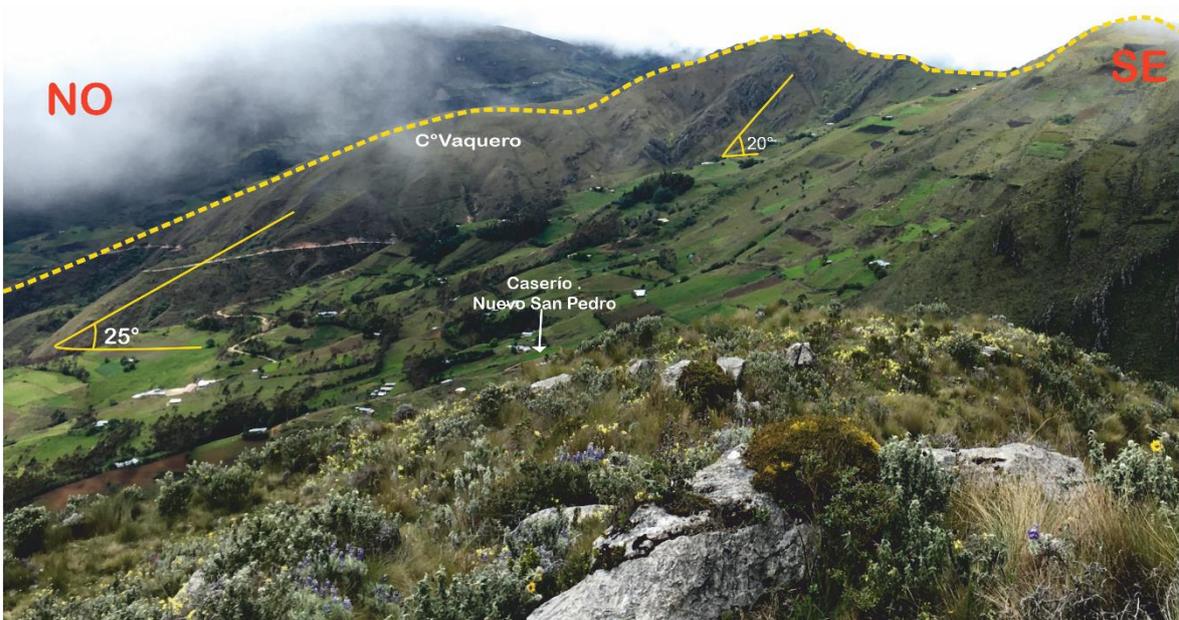


Foto N° 21. Vista de Cerro el Vaquero, se encuentra al NE del anticlinal Nuevo San Pedro. (Coordenadas UTM 826746 E, 9201525 N).

3.5.1.3 Cerro

Trata de una elevación de terreno, cuyas laderas presentan una inclinación mayor a 25° a más y divergen en todas direcciones a partir de la cima relativamente estrecha, siendo su base aproximadamente circular y litológicamente están constituidas por rocas sedimentarias de la Fm. Yumagual.



Foto N° 22. Vista de cerro con pendientes mayores a 25° a más, ubicada al NE del sinclinal Hornambo. (Coordenadas UTM 823827 E, 9202342 N).



Foto N° 23. Vista de cerro conformada de rocas sedimentarias de la Fm. Yumagual, (Coordenadas UTM 823827 E, 9202342 N).

3.5.2 Unidades por procesos denudativos

3.5.2.1 Laderas denudacionales

La topografía existente presenta inclinaciones considerables, que varían desde 20° hasta 40° , producto de los procesos exógenos ocasionando que tengan de moderada a alta susceptibilidad erosiva. Dependiendo de las zonas, las laderas pueden permitir o no el desarrollo de vegetación. Si ésta existe es porque existe un factor que permite absorber el agua permitiendo mayor estabilidad de terreno.

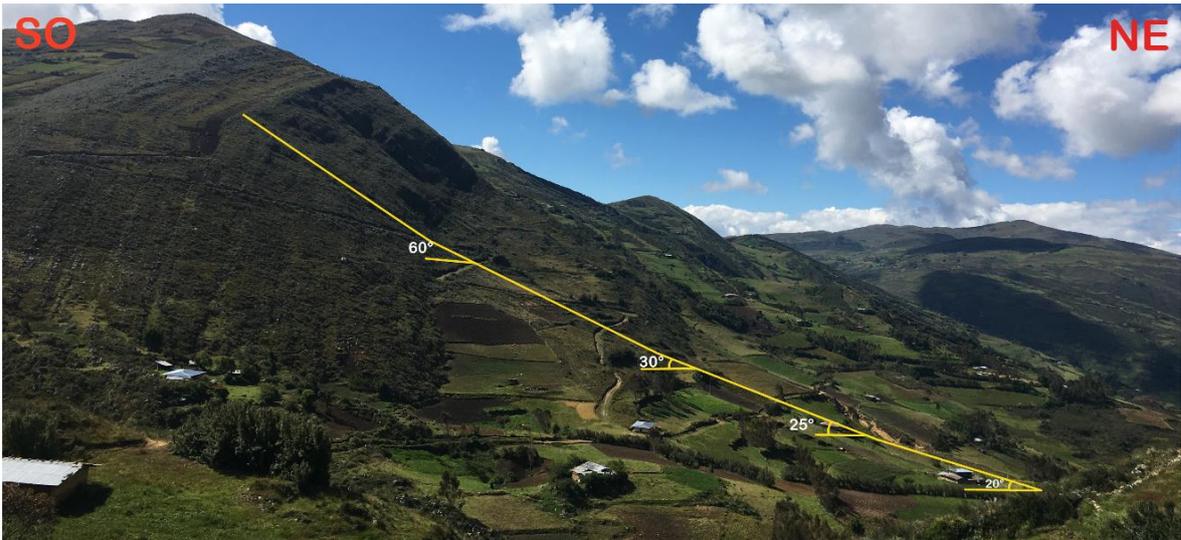


Foto N° 24. Vista de ángulos de inclinación de laderas denudacionales de la localidad de Hornambo. (Coordenadas UTM 824694 E, 9203744 N).

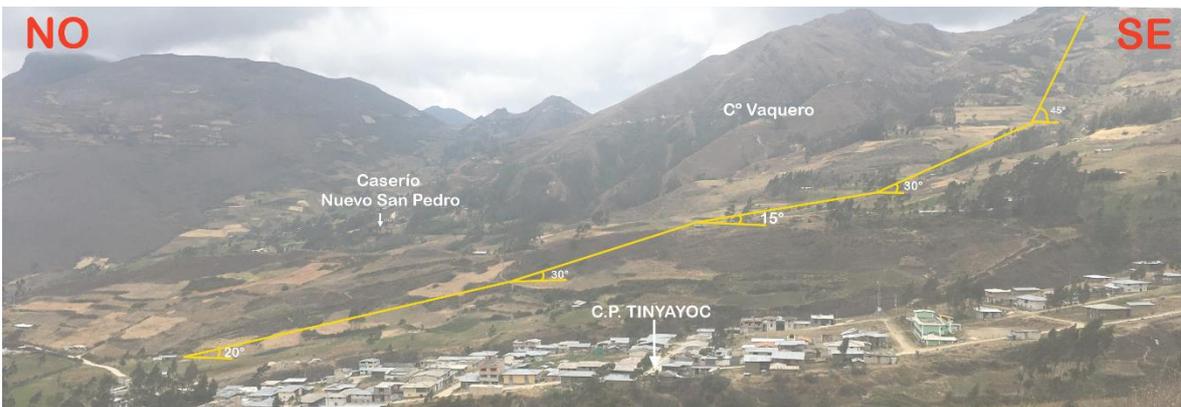


Foto N° 25. Vista de ángulos de inclinación de laderas denudacionales donde se encuentran asentadas parte de la localidad de Nuevo San Pedro. (Coordenadas UTM 825991 E, 9201798 N).



Foto N° 26. Vista de ángulos de inclinación de laderas denudacionales donde se encuentran la localidad de Nuevo San Pedro. (Coordenadas UTM 825991 E, 9201798 N).

3.5.2.2 Lomas

Están conformadas por pequeños afloramientos de rocas sedimentarias, de altura relativa menores a los 50 metros, con una configuración de sus laderas de pendientes de rango de 8° a 20° , ya que han sido reducidas por procesos denudativos. Geodinámicamente se asocian a la ocurrencia de procesos pequeños deslizamientos por saturación de agua a orillas de quebrada La Ramada.

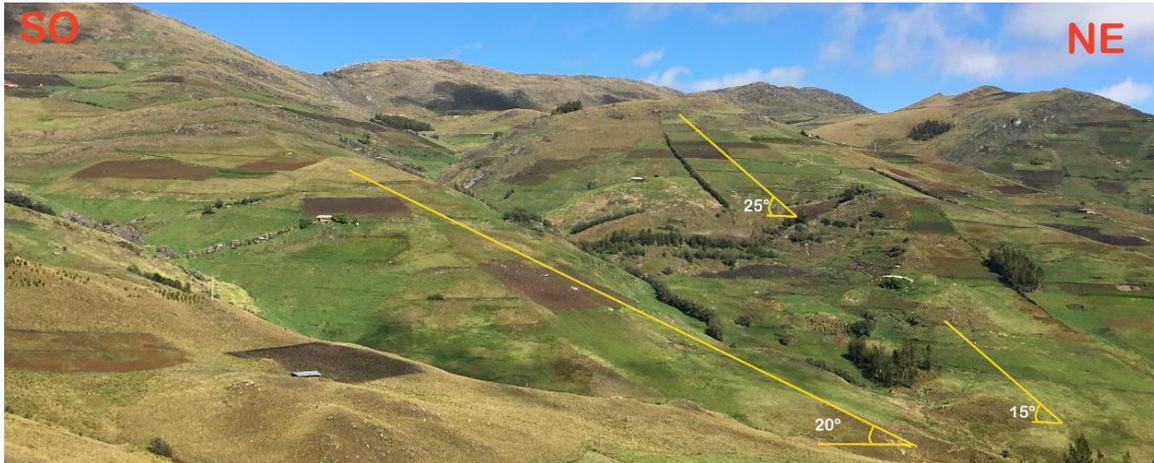


Foto N° 27. Lomas en rocas sedimentarias de la Fm. Yumagual, en el caserío de la Ramada. (Coordenadas UTM 822813 E, 9202547 N).

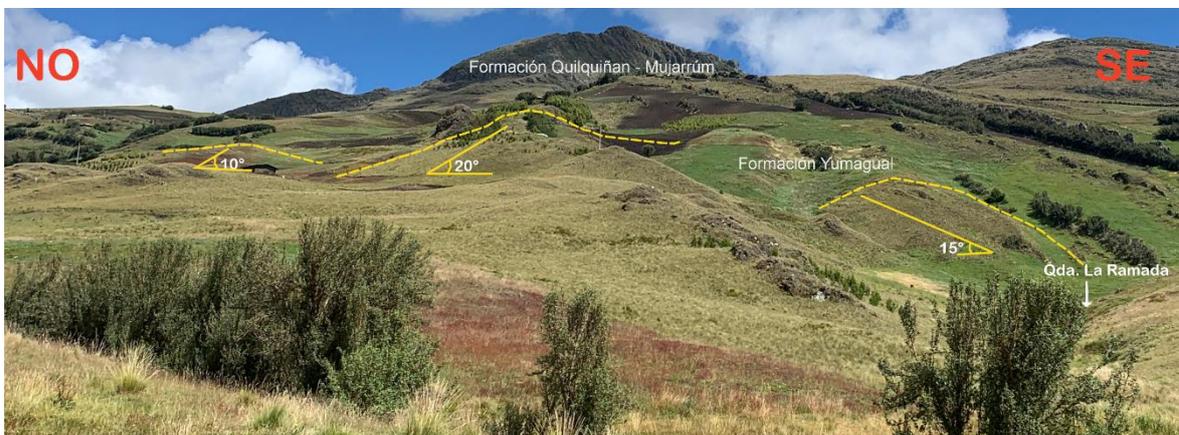


Foto N° 28. Lomas en rocas sedimentarias de la Fm. Yumagual, en el caserío de la Ramada. (Coordenadas UTM 822813 E, 9202547 N).

3.5.2.3 Colinas

Las colinas son elevaciones de terreno menores a 100 metros, donde las cimas son estrechas y agudas hasta amplias y redondeadas, con una base aproximadamente circular y laderas que divergen en todas las direcciones a partir de las cimas con pendientes hasta 45° . Éstas ocupan una cantidad considerable en el área de estudio específicamente en los caseríos de La Ramada y el Centro Poblado de Tinyayoc.



Foto N° 29. Colina en rocas sedimentarias correspondiente a la Fm. Inca en el Centro Poblado de Tinyayoc. (Coordenadas UTM 826680 E, 9204240 N).



Foto N° 30. Colina en calizas de la Fm. Chúlec, cuyas laderas están expuestas a procesos de erosión. (Coordenadas UTM 825579 E, 9203004 N).

3.5.2.4 Deslizamientos

En el Centro Poblado son producto de la interacción de factores como las fuerzas gravitatorias, la inestabilidad del terreno, la litología, la presencia de agua y la permeabilidad del terreno, los mismos que interactúan y conllevan a que los suelos y las rocas sean desplazados pendientes abajo. Estos deslizamientos los encontramos en las partes altas en terrenos o depósitos coluviales con presencia de agua, la presencia de material no consolidado y la topografía fuertemente disectado, conllevan a encontrar deslizamientos activos e inactivos.

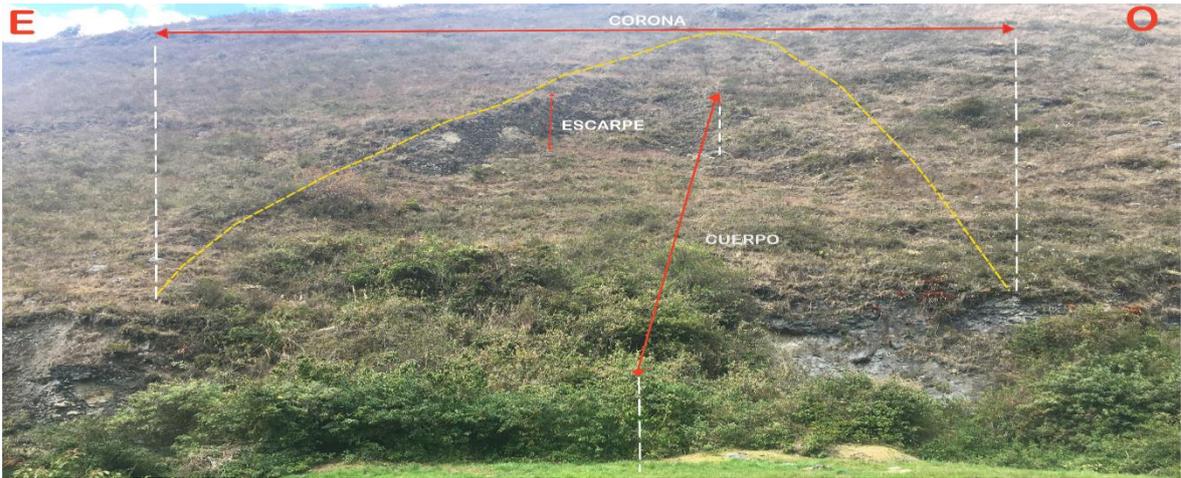


Foto N° 31. Vista de deslizamiento inactivo favorecida la pendiente escarpada producto de procesos denudacionales intensos. (Coordenadas UTM 825731 E, 9203176 N).

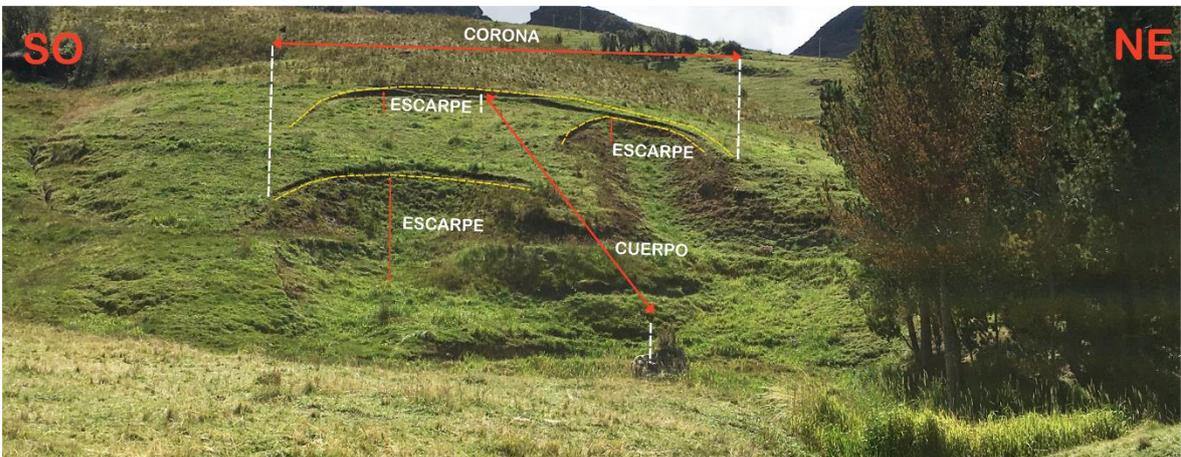


Foto N° 32. Deslizamiento activo producto de la saturación de agua en material no consolidado, ubicado al margen de la quebrada. (Coordenadas UTM 823068 E, 9202841 N).



Foto N° 33. Deslizamiento mayor activo el cual está conformada por un escarpe principal y el cuerpo de material no consolidado (Coordenadas UTM 826930 E, 9201797N).

3.5.2.5 Planicie

Esta unidad geomorfológica constituye a una porción de terreno plana, no confinada que se caracteriza por tener pendientes que fluctúa en un rango de los 0° al 5°. En la zona de estudio se encuentra al Noroeste del Centro Poblado de Tinyayoc.



Foto N° 34. Vista de planicie modernamente baja situada en la parte alta de la localidad de Hornambo. (Coordenadas UTM 825194 E, 9203947N).

3.5.2.6 Altiplanicie

Corresponden a superficies de terreno relativamente elevados, presentan ondulaciones más pronunciadas, limitada por lo menos en un lado por una caída brusca (escarpe) a terrenos más bajos.



Foto N° 35. Vista de altiplanicie modernamente empinada al SO de la localidad de Tinyayoc. (Coordenadas UTM 826192E, 9202562.N).

3.5.3 Unidades por procesos Fluviales

3.5.3.1 Terrazas aluviales

Superficies planas o débilmente inclinadas, generalmente estrecha y alargada al margen de las quebradas La Ramada y La Collpa, su altura se determina por la diferencia vertical entre una parte no alterada por acumulación posterior o por erosión y el nivel de la quebrada.

En el área de estudios se diferenciaron dos tipos de terrazas tanto erosivas como de acumulación. La primera se trata del modelado de la roca por las quebradas preexistente a la fase de acumulación (Foto N° 36) y el segundo está constituida por sedimentos de un mismo ciclo de acumulación, con un grosor superior a los cortes erosivos posteriores (Foto N° 37).



Foto N° 36. Terraza de erosión al margen izquierdo aguas debajo de la quebrada La Ramada. (Coordenadas UTM 825656 E, 9202906N).



Foto N° 37. Terraza de acumulación al margen izquierdo aguas abajo de la quebrada La Collpa. (Coordenadas UTM 825947 E, 9203337N).

3.5.3.2 Cauces actuales

Los cauces son superficies ocupadas por una corriente de agua los cuales pueden ser tanto actuales como antiguos, con formas que varían desde trazos rectos a curvilíneos y desde muy anchos hasta pequeños afluentes.

Los arroyos y quebradas que tienen una orientación NO respecto al Centro Poblado de Tinyayoc, las cuales van a dar origen al río Molino y cuyos afluentes pertenecen a la Intercuenca Alto Marañón IV. Dicho río desemboca en el río Marañón que llega al océano Atlántico a través del río Amazonas.



Foto N° 38. Cauce permanente de la Quebrada La Ramada con dirección es SO – NE. (Coordenadas UTM 823408 E, 9203169N).

3.5.3.3 Llanura de inundación

Las llanuras de inundación son áreas de superficie adyacentes a ríos o riachuelos, sujetas a inundaciones recurrentes. Constan de una pendiente menor a 5°, litológicamente está conformadas por sedimentos de diferentes granulometrías como arenas, arcilla y limos, en épocas de estiaje el cauce del río aumenta por lo que las llanuras son inundadas y depositándose los clastos, gravas, arcillas y arenas en el Centro Poblado de Tinyayoc.



Foto N° 39. Vista de llanura de inundación aledaño a la quebrada La Ramada, ubicado al NO del Centro Poblado de Tinyayoc. (Coordenadas UTM 823362 E, 9203114N).



Foto N° 40 Vista de llanura de inundación ubicado en el caserío El Hornambo (Coordenadas UTM 825348 E, 9203499N).

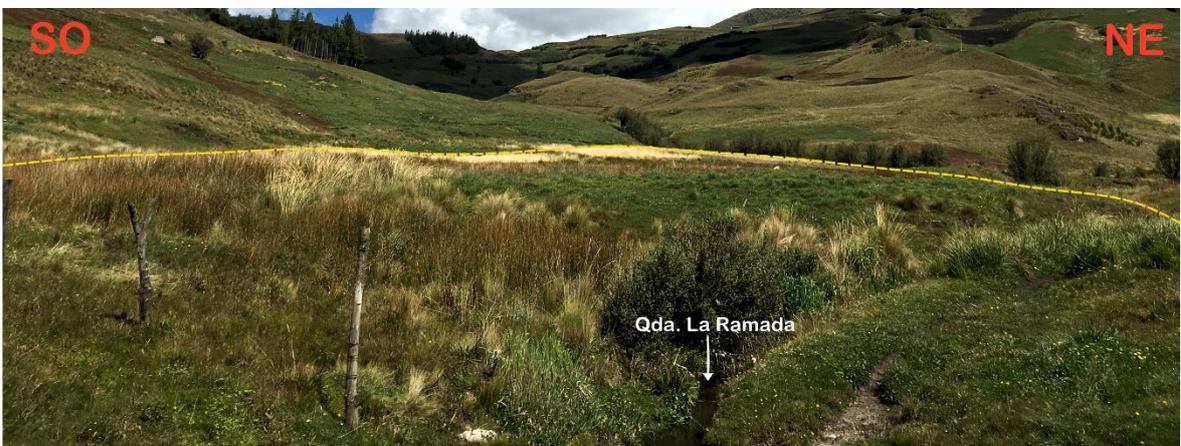


Foto N° 41. Vista de llanura de inundación aledaño a la quebrada La Ramada, ubicado al NO del Centro Poblado de Tinyayoc. (Coordenadas UTM 823113 E, 9202641N).

3.5.3.4 Abanico aluvial

Es una forma de acumulación con aspecto de cono recostado, inclinado, con el ápice hacia arriba. Su perfil longitudinal es cóncavo mientras que el transversal es convexo (Foto N°42). En el área de estudio se identificaron 3 abanicos aluviales de diferentes dimensiones.



Foto N° 42. Vista del abanico aluvial en el Centro Poblado de Tinayoc. (Coordenadas UTM 825589 E, 9202770 N).

3.5.3.5 Valles

Valle fluvial

El valle fluvial se ha originado por la acción de las aguas de escurrimiento en la superficie terrestre, sin influencia principal de otros procesos exógenos (kársticos, glaciares, etc.). Se encuentra al NE del Centro Poblado de Tinayoc (Foto N° 43), por la cual discurren las quebradas La Ramada y La Collpa.



Foto N° 43. Vista del valle fluvial del Centro Poblado Tinayoc (Coordenadas UTM 826623 E, 9203381 N).

Valle en U

El valle consta de laderas de pendiente fuerte y fondo nivelado y ancho; en perfil transversal presenta la forma de la letra correspondiente. En el Centro Poblado de Tinyayoc se encuentra al SO de la localidad.



Foto N° 44. Vista valle en U localizado al SO del Centro Poblado de Tinyayoc (Coordenadas UTM 822789 E, 9200274 N).

3.5.3.6 Manantiales

Los manantiales son la fuente de aguas subterráneas con más fácil acceso, en cuanto a su captación y aprovechamiento. La existencia de manantiales y su caudal dependerán de la geología, de la estacionalidad y volumen de las precipitaciones y de la frecuencia de infiltración (recarga del acuífero) de las lluvias y aguas superficiales en la corteza terrestre.



Foto N° 45 Vista del manantial “Las Maximinas” en rocas sedimentarias de la Fm. Quilquiñan – Mujarrum (Coordenadas UTM 821602 E, 9202736 N).



Foto N° 46. Vista del manantial “Los Aujeros” en rocas diotíticas, con estrucutra (Coordenadas UTM 821602 E, 9202736 N).



Foto N° 47. Vista del manantial “La Putaga” en rocas sedimentarias de la Fm. Quilquiñan – Mujarrum captada, ubicado al NO del Centro Poblado Tinyayoc (Coordenadas UTM 823873 E, 9203847 N).

3.5.4 Unidades por procesos Kársticos

3.5.4.1 Ladera ondulada kárstica

Esta unidad geomorfológica de laderas onduladas kársticas tiene una morfología alomada y de pendientes de fuertes a moderadas, caracterizándose por sus laderas irregulares. Al NO del Centro Poblado de Tinyayoc, específicamente en el caserío El Hornambo se cartografió dichas laderas donde se encontraron un sumidero y el manantial “La Putaga”.



Foto N° 48. Vista de ladera ondulada kárstica en rocas sedimentarias de la Fm. Quilquiñan – Mujarrum captada, ubicado al NO del Centro Poblado de Tinyayoc (Coordenadas UTM 823873 E, 9203847 N).

3.5.4.2 Carren o Lenar

Se presentan, generalmente, como un conjunto de pequeñas acanaladuras o surcos estrechos separadas por crestas, a menudo agudas; o bien por orificios tubulares, "nidos de abejas" etc. Aparecen normalmente en superficies más o menos inclinadas y ausentes de vegetación.



Foto N° 49. Vista de superficies con presencia de " carren " o "lenar", en la Fm. Yumagual. (Coordenadas UTM 824075 E, 9202060N).

3.5.4.3 Sumidero

El sumidero es un conducto vertical o de fuerte inclinación, que en teoría comunica aguas de la superficie y el subsuelo identificada en calizas de la formación Yumagual -Mujarrun, ubicado en el eje del sinclinal Hornambo. (Foto N° 34).

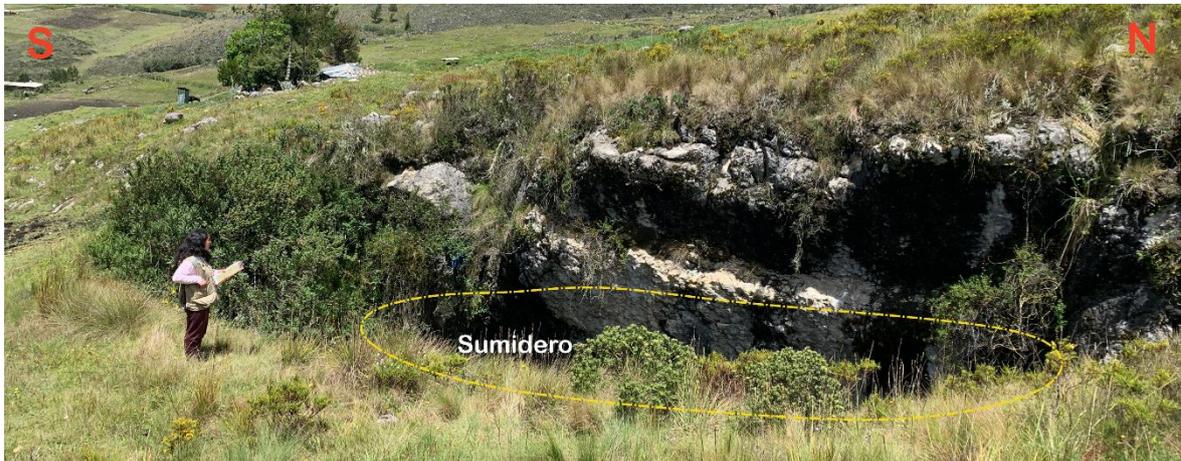


Foto N° 50. Vista de sumidero ubicado en el eje del sinclinal Hornambo. (Coordenadas UTM 824067 E, 9204032 N).

3.5.4.4 Dolinas

Consta de depresiones semi circulares o elípticas que se forman por disolución (y consiguiente pérdida de volumen) en su fase inicial, a partir de la intersección de diaclasas, generalmente a favor de los planos de estratificación, produciéndose un proceso en cadena de infiltración- disolución. Las dolinas encontradas en Tinyayoc son de dimensiones 2 a 7 m aproximadamente y están rellenas en su centro por arcillas de descalcificación.

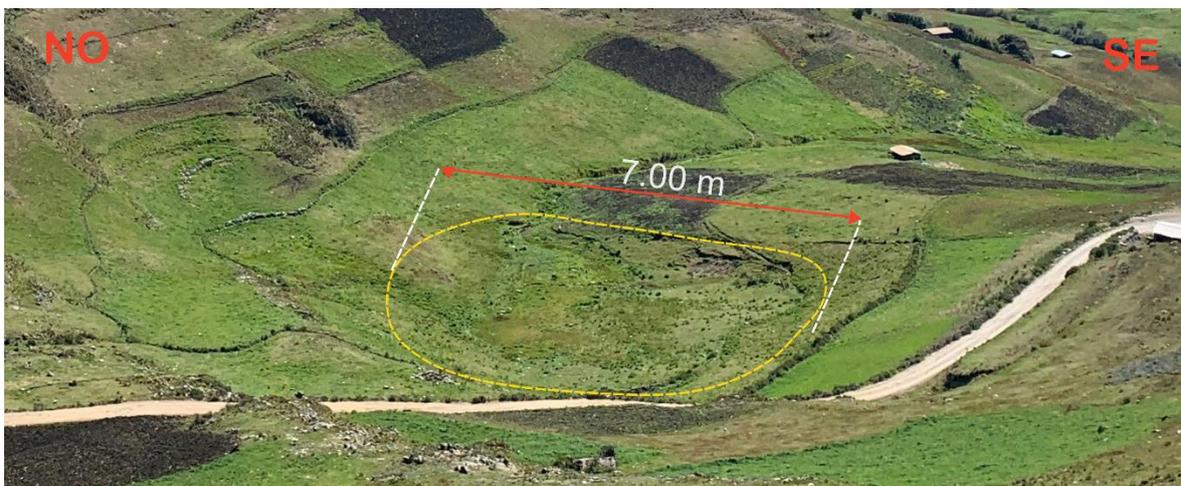


Foto N° 51. Dolina formada sobre rocas sedimentarias de la Formación Yumagual con una dimensión aproximadamente de 7.00 m. (Coordenadas UTM 822769 E, 9201549 N).

3.5.5 Unidades por procesos Volcánico

Definido para las geformas generadas tanto por la intrusión como por la extrusión de materiales fundidos procedentes del interior de la tierra.

3.5.5.1 Fingers

Presenta un relieve residual que se produce por afloramientos de materiales de mayor dureza como por ejemplo la diorita. Cuando se produce la meteorización, estos materiales tienen mayor resistencia que los de su alrededor, de modo que no han sufrido desplazamiento resultando en este caso una morfología de “dedos o fingers” de 5 metros de altura aproximadamente.



Foto N° 52. Vista de fingers de composición diorítica, ubicado al No del anticlinal La Ramada (Coordenadas UTM 821829 E, 9203712 N).

3.5.5.2 Domo

Consta de una elevación en forma de arco redondeado, más o menos isométrica, con pendientes de inclinadas a muy inclinadas, de laderas irregulares y de origen no exógeno. Su génesis se asocia a una intrusión ascenso de magma que no alcanza la superficie donde su emplazamiento se da en el interior de la corteza y aprovechando zonas de debilidad o discontinuidades quedan expuestos por efectos de tectonismo y erosión.



Foto N° 53. Vista de domo en rocas dioríticas. (Coordenadas UTM 823642 E, 9201624 N).

3.5.5.3 Cono volcánico

Estructura que se origina por acumulación de material volcánico. de pendientes fuertes a moderadas las cuales son producto de la acción de procesos exógenos. En el Centro Poblado de Tinyayoc está ubicado al NO del anticlinal La Ramada.



Foto N° 54. Vista de cono volcánico, ubicado al NO del anticlinal La Ramada. (Coordenadas UTM 821959 E, 9203380 N).

3.5.6 Unidades Geomorfológicas por procesos Antropogénicas

3.5.6.1 Construcciones

Las unidades geomorfológicas provocadas por la actividad humana tienen una influencia en el desarrollo natural que puede ser directa (modelado del terreno) e indirecta, acelerando los procesos geomorfológicos o provocando la aparición de otros nuevos.

En el Centro Poblado de Tinyayoc se puede identificar cómo modificación provocada por la actividad humana son las construcciones realizados en la localidad (Foto N° 55).



Foto N° 55. Vista de construcciones en el Centro Poblado de Tinyayoc asentado en rocas sedimentarias de la Fm. Chúlec (Coordenadas UTM 825869 E, 9203074N).

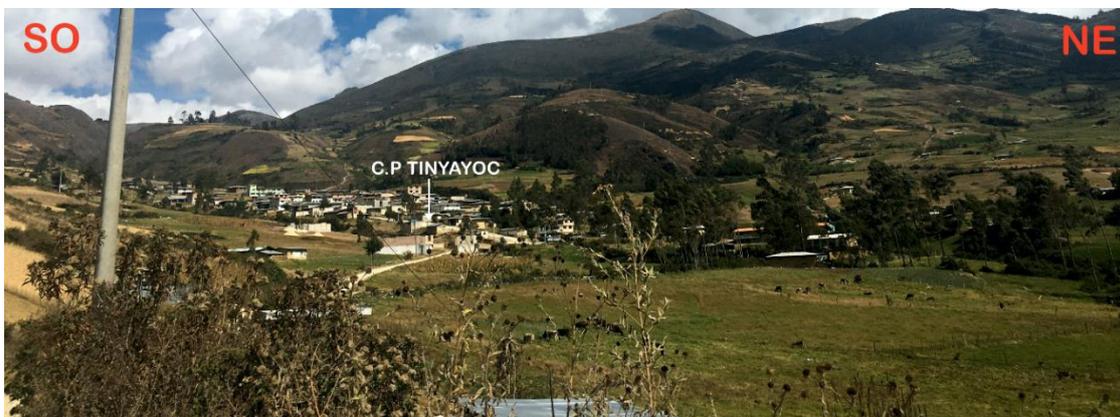


Foto N° 56. Vista de la actividad Humana en el Centro Poblado de Tinyayoc (Coordenadas UTM 825869 E, 9203074N).

3.6 TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

3.6.1 Análisis morfométrico

3.6.1.1 Pendiente de la superficie

El análisis de las pendientes de las unidades geomorfológicas del Centro Poblado de Tinyayoc se elaboró a través del software Arc Gis 10.5. Para dicha elaboración se descargó una imagen Aster que fue procesada y con la herramienta Slope, donde se obtuvieron las pendientes.

Luego de ello se realizó una clasificación de rangos dando a la definición de las pendientes de acuerdo a Rodríguez (2016), la cual se muestra en la tabla N° 4. Finalmente se obtuvo como resultado el plano de pendiente (P-02).

Tabla N° 11. Rango de pendientes asociadas a las unidades morfogénicas.

Unidades morfogénicas	Pendiente	Área (has)
Planicies	0°-8°	33.04
Lomadas	8° - 20°	103.67
Laderas	20° - 50°	139.83
Escarpas	> 50°	100.76

Fuente: Adaptado de Rodríguez (2016)

3.6.1.2 Forma de la superficie

Para el análisis de las formas de las unidades geomorfológicas, se realizó en el software AutoCAD 2018, elaborando tres secciones morfométricas; partiendo de la captura fotográfica, que mediante trazos de segmentos continuos sobre el contorno de la geoforma se determinó su tipo.

Se elaboraron 03 cortes de morfométricos los cuales fueron trazados en el plano geomorfológico (P-05) : A-A´ al SO del Centro Poblado de Tinyayoc (Imagen N° 1), B-B´ con dirección del NO-SE Tinayoc (Imagen N° 2) y C-C´ con dirección N-S Tinayoc (Imagen N° 3).

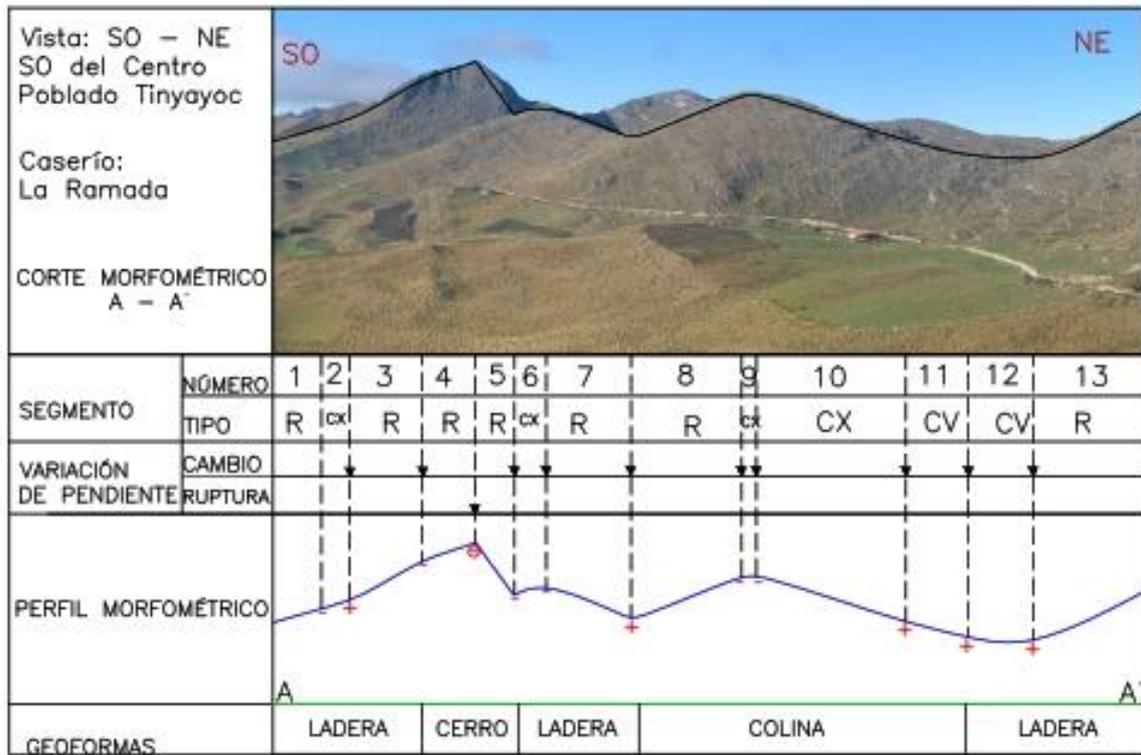


Imagen N° 1. Corte morfométrico A-A' al SO del Centro Poblado.

Se observa 13 segmentos e los cuales: 07 son segmentos Rectilíneos, indicando que a lo largo de la inclinación de la pendiente no ha sufrido cambios considerables producto a la erosión. 02 son segmentos cóncavos presentes en aquellas porciones de terreno inclinado de pendiente progresivamente creciente en altura y 04 convexos presentes en las porciones de terreno que tienen una pendiente progresivamente descendente con la altura. Respecto a la variación de la pendiente se observa 10 cambios porque el punto de inflexión entre dos segmentos y 01 rupturas porque si existe un punto de inflexión neto. Además de 01 punto neutro indicando que los puntos más altos de las geoformas a lo largo de corte morfométrico.

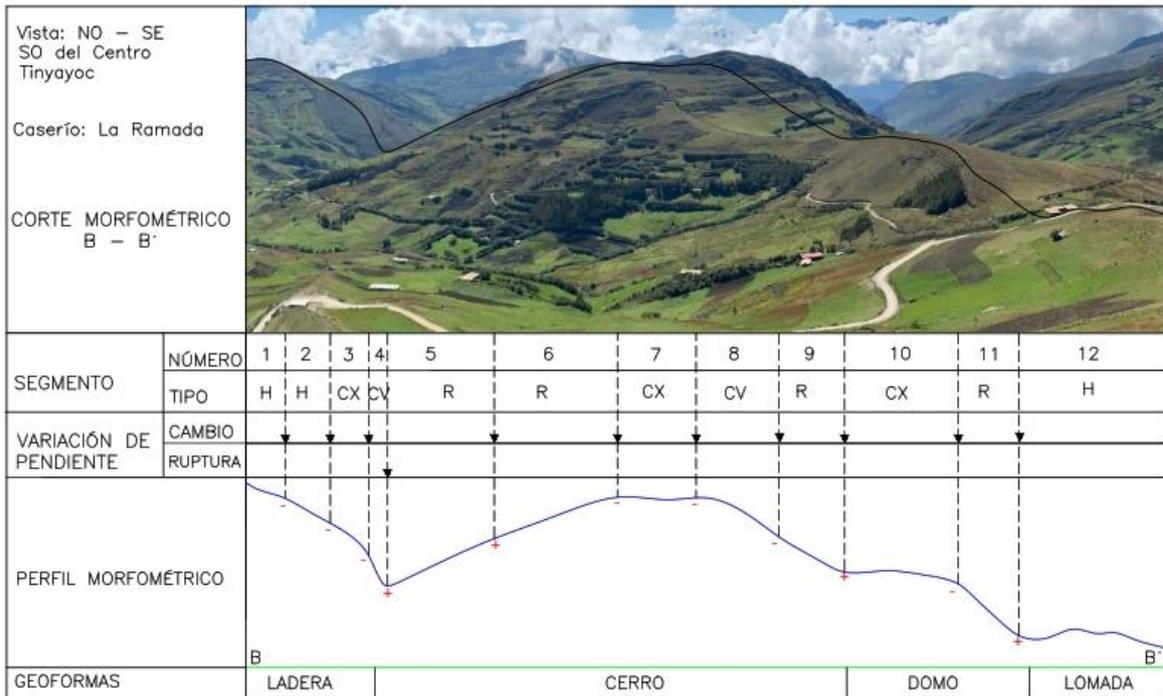


Imagen N° 2. Corte morfométrico B-B'.

Se observa 12 segmentos de los cuales: 04 son segmentos Rectilíneos, indicando que a lo largo de la inclinación de la pendiente no ha sufrido cambios considerables producto a la erosión. 02 son segmentos cóncavos presentes en aquellas porciones de terreno inclinado de pendiente progresivamente creciente en altura y 03 convexos presentes en las porciones de terreno que tienen una pendiente progresivamente descendente con la altura. 03 son segmentos horizontales indicando que parte de la geoforma ha sufrido una erosión homogénea. Respecto a la variación de la pendiente se observa 10 cambios porque el punto de inflexión entre dos segmentos y 01 rupturas porque si existe un punto de inflexión neto. Además de 02 puntos neutros indicando que los puntos más altos de las geoformas a lo largo de corte morfométrico.

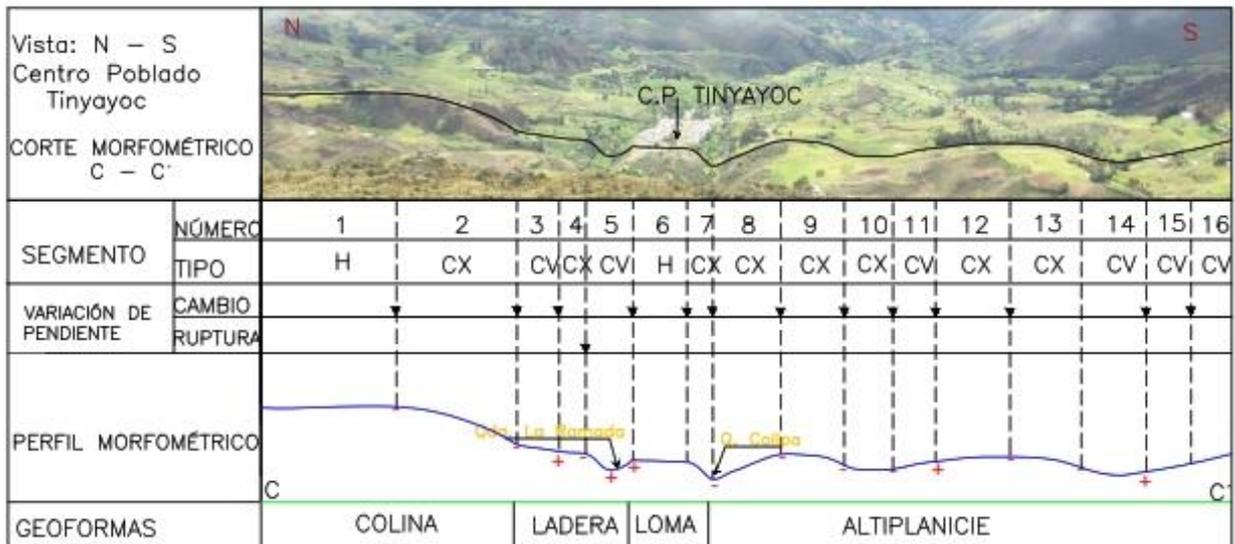


Imagen N° 3. Corte morfométrico C-C'.

Se observa 16 segmentos de los cuales: 07 son segmentos horizontales indicando que parte de la geoforma ha sufrido una erosión homogénea, 05 son segmentos cóncavos presentes en aquellas porciones de terreno inclinado de pendiente progresivamente creciente en altura y 08 convexos presentes en las porciones de terreno que tienen una pendiente progresivamente descendente con la altura. Respecto a la variación de la pendiente se observa 08 cambios porque el punto de inflexión entre dos segmentos y 05 rupturas porque si existe un de inflexión neto.

3.6.2 Análisis morfogenético

La morfología del relieve se debe a los procesos geomorfológicos endógenos y exógenos. Los procesos endógenos están relacionados a la geodinámica interna, tales como la formación de estructuras continuas (plegamientos), estructuras discontinuas (diaclasas y fallas), y el ascenso de cuerpos intrusivos. Por otro lado, los procesos exógenos dados por procesos de degradación o denudacionales tales como la meteorización de roca, remoción de masas, erosión (fluvial e hídrica) y por procesos de agradación tales como la sedimentación aluvial y coluvial.

3.6.2.1 Análisis de procesos de geodinámica interna

En el área de investigación hubo esfuerzos tectónicos compresionales que provocaron la deformación de las rocas carbonatadas, que fueron un factor condicionante para modelar el ambiente estructural que se presenta, por lo cual se hizo análisis estereográficos de los plegamientos y de las fallas, como se describe a continuación:

Para el análisis estereográfico de los plegamientos se desarrolló en el software Stereonet, donde los polos de los planos de estratificación se generan alrededor del círculo mayor y en dos concentraciones máximas, la cual nos indica que la geometría de los pliegues es cilíndrica con flancos planares y charnelas angulares; el círculo mayor tiene una inclinación hacia SE, por ello los plegamientos presenta una vergencia hacia el NO; y la orientación de los esfuerzos compresionales que provocaron los plegamientos viene a ser paralelo al círculo mayor, en este caso el esfuerzo compresivo σ_1 presentaría una orientación de SO - NE como se muestra en la Figura N° 11.

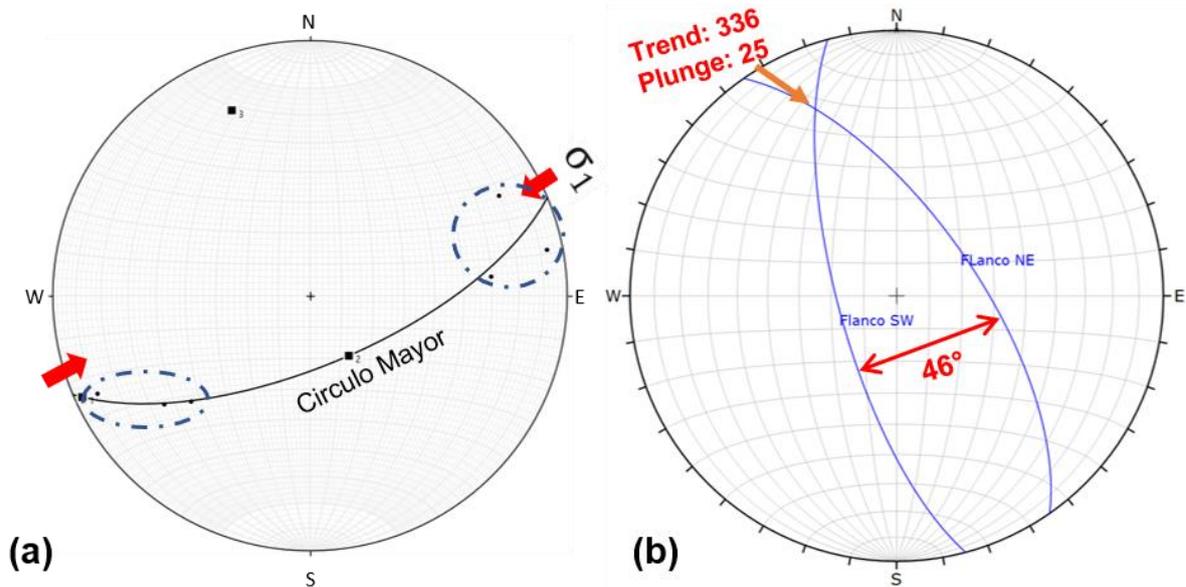


Figura N° 11.(a) Análisis estereográfico típico de un pliegue cilíndrico de flancos planares y charnelas angulares (b) Proyección estereográfica de los flancos.

El análisis estereográfico de las fallas se desarrolló en el software FaultKin, con datos de planos de fallas, indicadores cinemáticos y rake obtenidos en campo. Estos análisis nos indicaron el trend y plunge de los paleoesfuerzos, así como las zonas de compresión y tensión de la deformación. Además, se determinó dos esfuerzos compresionales con diferentes orientaciones, la cual se estableció como σ_1 y σ'_1 (ver Figura N° 12), siendo σ_1 el primer evento de esfuerzos compresionales (SO - NE) que provocaron el plegamiento de las rocas carbonatadas e inmediatamente las fallas inversas, y siendo σ'_1 el segundo evento de esfuerzos compresionales (NO - SE) que provocaron un fallamiento normal, que sirvieron de conducto para el ascenso de los cuerpos intrusivos.

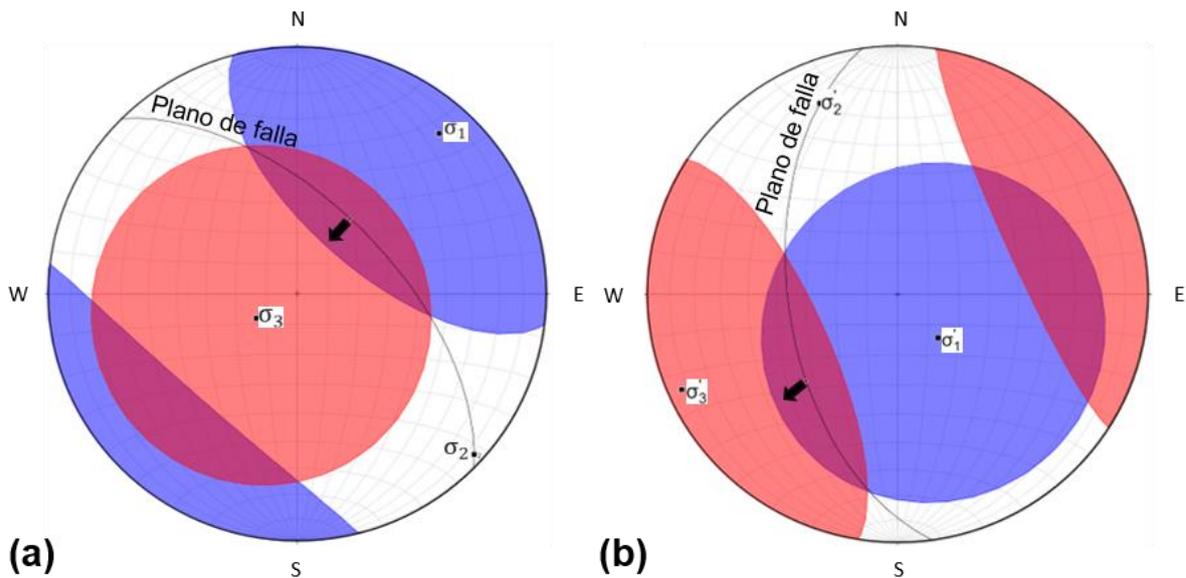


Figura N° 12. (a) Análisis estereográfico de falla inversa (b) Análisis estereográfico de falla normal.

3.6.2.2 Análisis de procesos de geodinámica externa

En el área de investigación los procesos exógenos predominantes son denudativo y agradacional, como a continuación se describe en la tabla N° 13:

Figura N° 13. Agentes y procesos geomorfológicos exógenos del área de investigación.

Fuerza o Agente	Proceso Geomorfológico	
	Denudativo	Agradacional
Agua, hielo, temperatura	Meteorización de las rocas.	Principios de formación de suelos.
Gravedad, movimientos sísmicos	Remoción de masas.	Sedimentación coluvial.
Lluvia	Erosión pluvial.	Sedimentación coluvial.
Gravedad + agua del suelo.	Remoción torrencial.	Sedimentación deluvial.
Escorrentía	Erosión fluvial.	Sedimentación aluvial.

Fuente: Adaptado de Villota (2015)

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Este capítulo contiene tres apartados. El primer y el segundo apartado conforman en si la geomorfología del área de investigación, donde se determina el contexto morfogenético (modelo evolutivo y ambientes morfogenéticos) y el contexto morfométrico (forma de la superficie según su pendiente); explicando atreves de un modelo 3D del área de investigación, elaborado en el software Leapfrog 4.0. Y el tercer apartado se describe la contrastación de la hipótesis.

4.1. CONTEXTO MORFOMÉTRICO

La mayor cantidad de terreno de las unidades morfogenéticas asociadas a la pendiente ocupa es de 139.83 hectáreas que corresponde a escarpas que varía entre 20°-50°. Y la menor área que ocupa es de 33.04 hectáreas que pertenece a planicies (Figura N° 14). Y en la Figura N° 19 se ilustra en tres dimensiones las pendientes de la superficie.

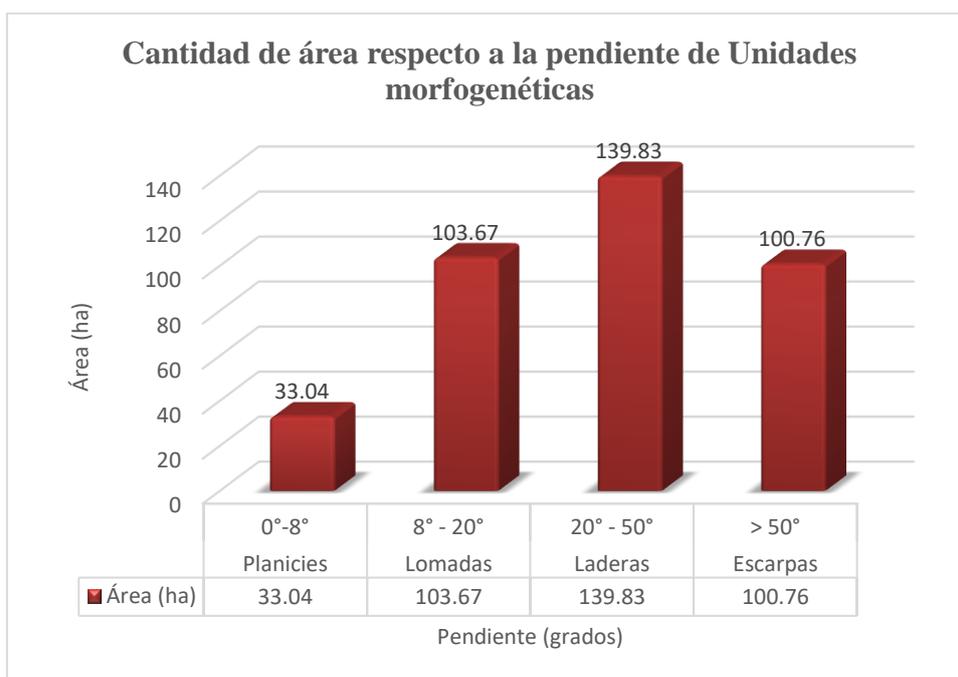


Figura N° 14. Área respecto a la pendiente de la superficie.

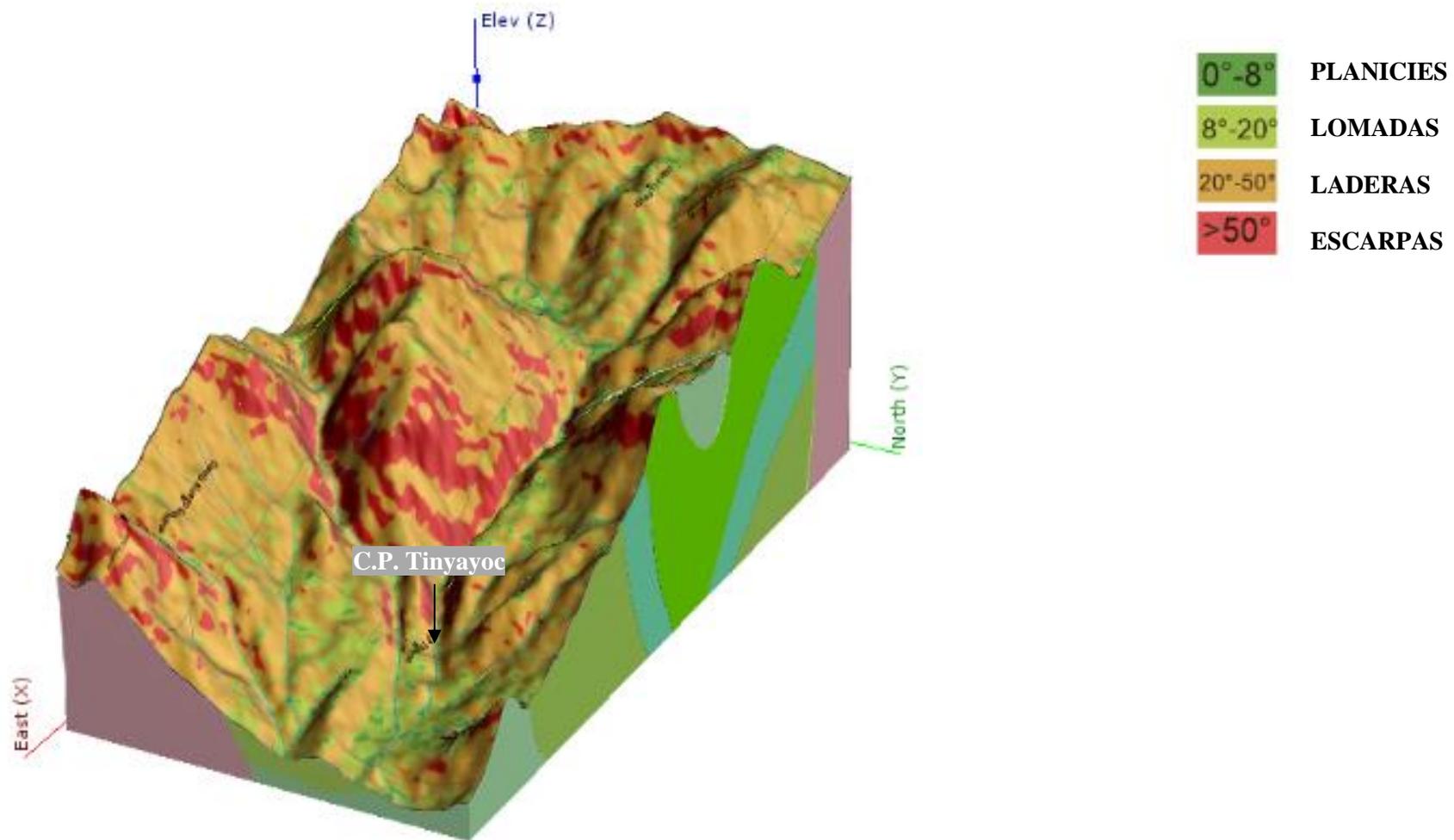


Figura N° 15. Modelo 3D del área de investigación, donde muestra sus tipos de pendientes.

4.2 CONTEXTO MORFOGENÉTICO

4.2.1. Modelo evolutivo

Se inicia con la sedimentación de las rocas cretácicas, que posteriormente se deformaron en el transcurso de la fase tectónica inca I, II y II; formando plegamientos apretados con vergencia hacia el NO y fallas inversas, producto de esfuerzos tectónicos (σ_1) con orientación SO – NE.

Posteriormente en la fase tectónica inca IV ocurrió esfuerzos tectónicos con un giro de orientación antihorario respecto σ_1 , estos esfuerzos lo denominamos “ σ_1' ” con orientación de NO – SE provocaron un fallamiento normal y zonas de dilatación, la cual sirvieron de conducto para el ascenso de los cuerpos intrusivos y emplazarse principalmente en las charnelas de los pliegues cerca de la superficie terrestre.

Luego en la fase tectónica quechua con esfuerzos siguieron los eventos tectónicos con esfuerzos de SO - NE, provocando un levantamiento en la cordillera que se vio reflejada en un incremento de las pendientes, por lo que las quebradas incisionan más profundamente su cauce, como es el caso de las quebradas La Ramada y La Collpa.

Finalmente, en el pleistoceno y holoceno, por proceso geomorfológicos externos dados por agentes erosivos tales como el agua, temperatura, lluvia, hielo, escorrentías y viento, dan lugar a la geología y relieve terrestre actual, como se observa en la siguiente Figura N° 14 y 15.

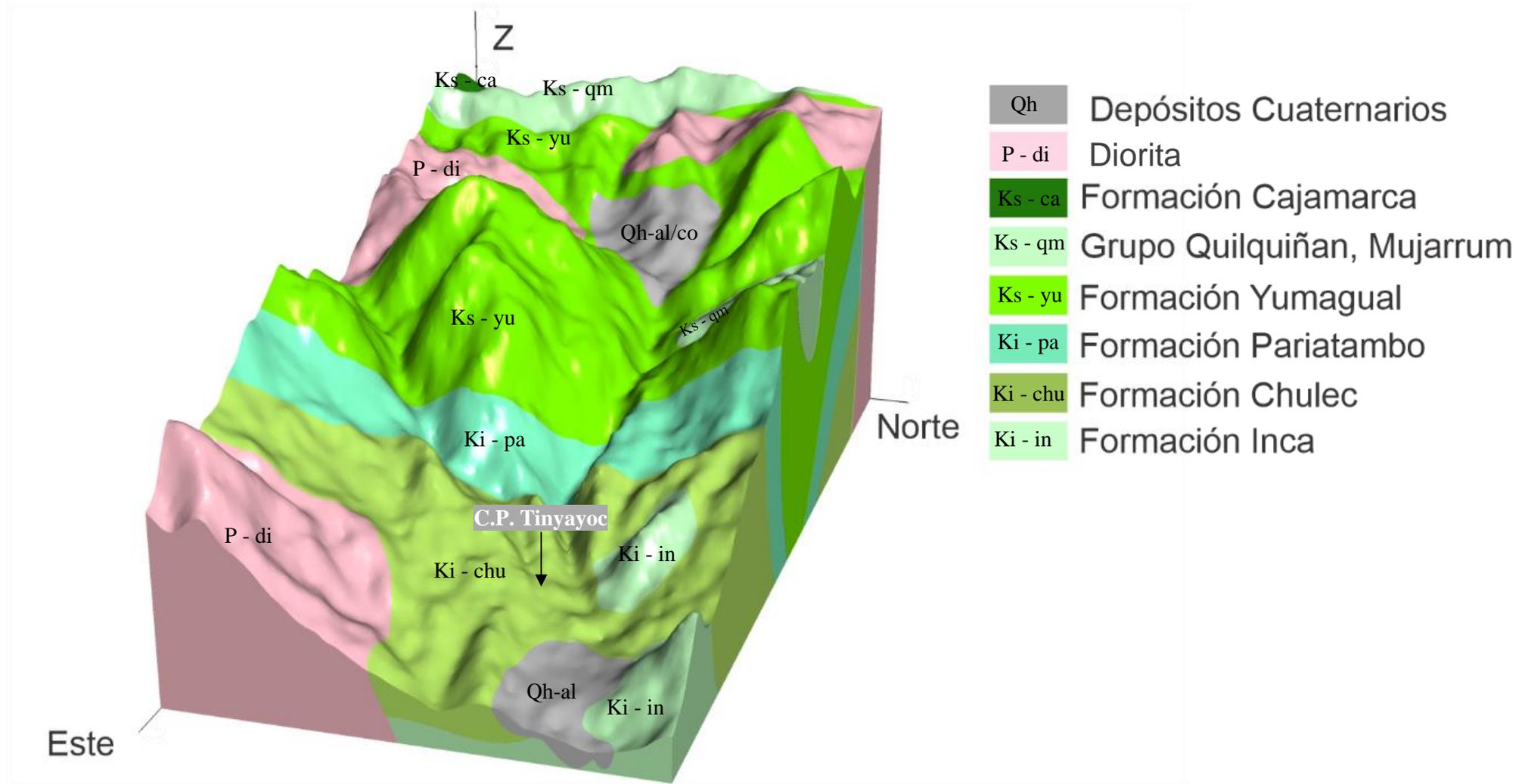


Figura N° 16. Modelo 3D del área de investigación, donde muestra sus unidades litoestratigráficas.

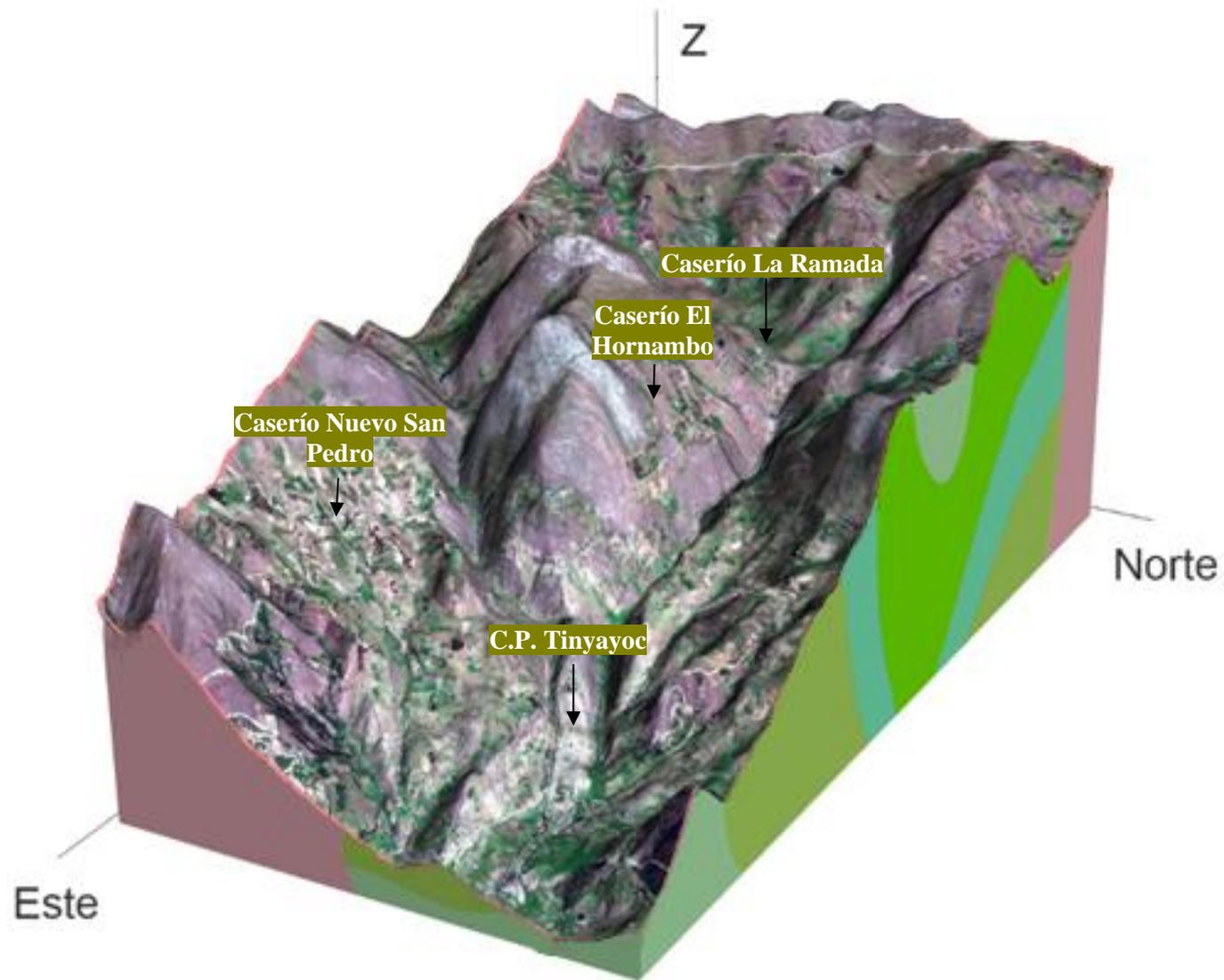


Figura N° 17. Modelo 3D del área de investigación, donde muestra su relieve terrestre actual.

4.1.2. Ambientes morfogenéticos

El relieve actual del Centro Poblado Tinyayoc, está dada por unidades geomorfológicas las cuales han sufrido modificaciones debido a los procesos endógenos, que dan lugar a un ambiente de las unidades estructural y volcánicos; asimismo se ha dado procesos exógenos que dan lugar a los ambientes denudativo, fluvial, kársticos y antrópicos. En la siguiente Figura N° 16 se ilustra en tres dimensiones las unidades geomorfológicas según ambientes morfogenéticos.

El ambiente estructural ocupa un área de 620.26 hectáreas siendo así la de mayor área debido a que las unidades geomorfológicas han sido dadas por anticlinales y sinclinales producto de procesos geodinámicos internos. El ambiente volcánico tiene un área de 163.22 hectáreas dado por domos, cono volcánico y fingers.

El ambiente denudativo ocupa un área de 548.65 hectáreas el cual ha modificado el actual relieve producto de los procesos de erosión, meteorización y remoción de masas. El ambiente fluvial ocupa 204.93 hectáreas en cual se identificaron terrazas (tanto de erosión y de acumulación), valles, cauces, manantiales y planicies de inundación.

El ambiente kárstico ocupa un área de 82.42 hectáreas siendo así la de menor área donde se identificaron superficies por disolución un paisaje kárstico con manifestaciones como laderas onduladas kársticas, leñares, sumineros y dolinas. El ambiente Antrópico ocupa un área de 16.81 hectáreas siendo así la de menor área donde se asienta el Centro Poblado Tinyayoc. (Tabla N° 12).

Tabla N° 12. Área ocupada por cada tipo de Ambiente

Tipo de Ambiente Morfogenético	Área (ha)	Porcentaje (%)
Ambiente estructural	620.26	36.49
Ambiente Denudacional	548.65	32.27
Ambiente Volcánico	204.93	12.05
Ambiente Fluvial	226.93	13.35
Ambiente Kárstico	82.42	4.85
Ambiente Antrópico	16.81	0.99

El ambiente estructural ocupa el 37% siendo así el de mayor porcentaje, mientras que el ambiente antrópico corresponde tan solo el 0.99 % siendo el de menor porcentaje respecto a la delimitación espacial de la investigación que es de 1700 hectáreas. (Figura N° 17).

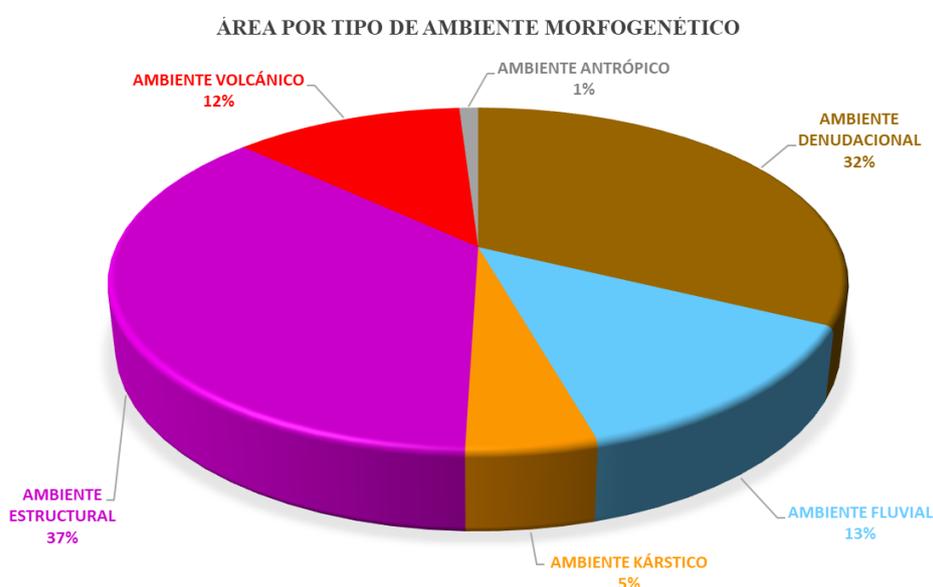


Figura N° 18. Área ocupada por tipo ambiente morfogénico.

Las unidades geomorfológicas presentes en el Centro Poblado de Tinyayoc, han sufrido modificaciones debido a los procesos endógenos, el cual configura actualmente el ambiente de las unidades estructurales y Volcánicos; otro proceso muy importante son los factores exógenos, que dan una configuración actualmente a los ambientes denudacional, fluvial, kárstico y Antrópico.

Las unidades geomorfológicas identificadas en el área de estudio según el ambiente de formación son: Escarpes estructurales, flancos y cerro dados por procesos geodinámicos internos tales como anticlinales y sinclinales pertenecientes a un ambiente estructural.

Tabla N° 13. Simbología y área de Unidades Geomorfológicas estructurales.

Ambiente Morfogénico	Unidad Geomorfológica	Simbología	Área (Ha)
Estructural	Escarpes estructurales	See	30.00
	Flancos	Sfl	310.00
	Cerro	Sce	280.26

Fuente: Adaptado de Carvajal (2004)

La Unidad Geomorfológica estructural de mayor área son los flancos, que gran parte lo encontramos en el Caserío de La Ramada, ubicado al SO del Centro Poblado de Tinyayoc; y la de menor área es el escarpe estructural ver la figura N° 21.

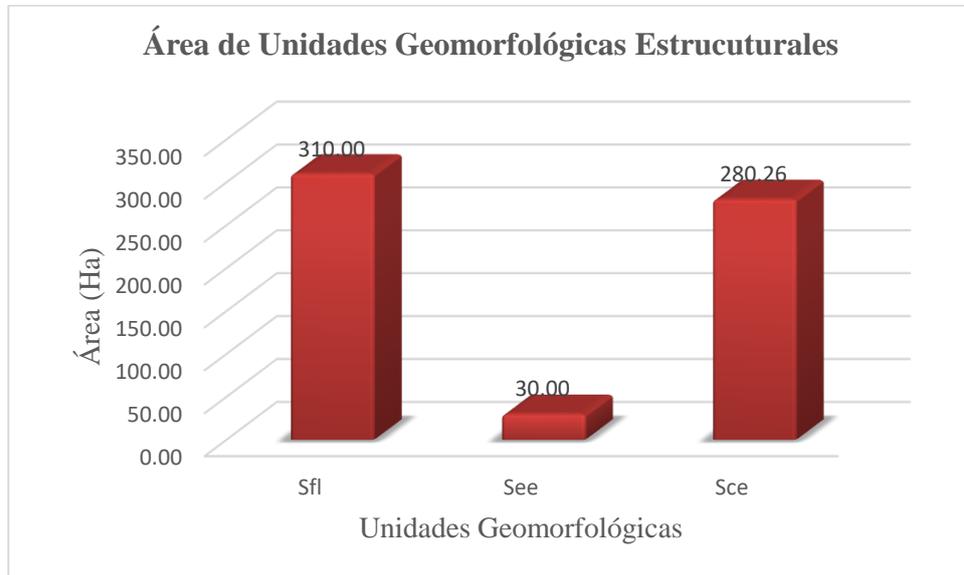


Figura N° 19. Área de Unidades Geomorfológicas estructurales.

El ambiente denudativo dado por procesos de erosión, meteorización y remoción de masas dan a lugar a laderas denudacionales, lomas, colinas, deslizamientos, planicies y altiplanicie.

Tabla N° 14. Simbología y área de Unidades Geomorfológicas Denudacionales.

Ambiente Morfogenético	Unidad Geomorfológica	Simbología	Área (Ha)
Denudacional	Laderas denudacionales	Dla	160.14
	Lomas	Sfl	150.57
	Colinas	Sme	149.93
	Deslizamientos inactivos	Ddi	0.002
	Deslizamientos activos	Dda	0.009
	Planicie	Dpl	10.10
	Altiplanicie	Dal	77.90

Fuente: Adaptado de Carvajal (2004)

La Unidad Geomorfológica denudacional de mayor área son las laderas denudacionales, que gran parte lo encontramos en el Caserío de Nuevo San Pedro, ubicado al SE del Centro Poblado de Tinyayoc; seguido de las lomas y la de menor área son los deslizamientos tanto activos como inactivos ver la figura N° 21.

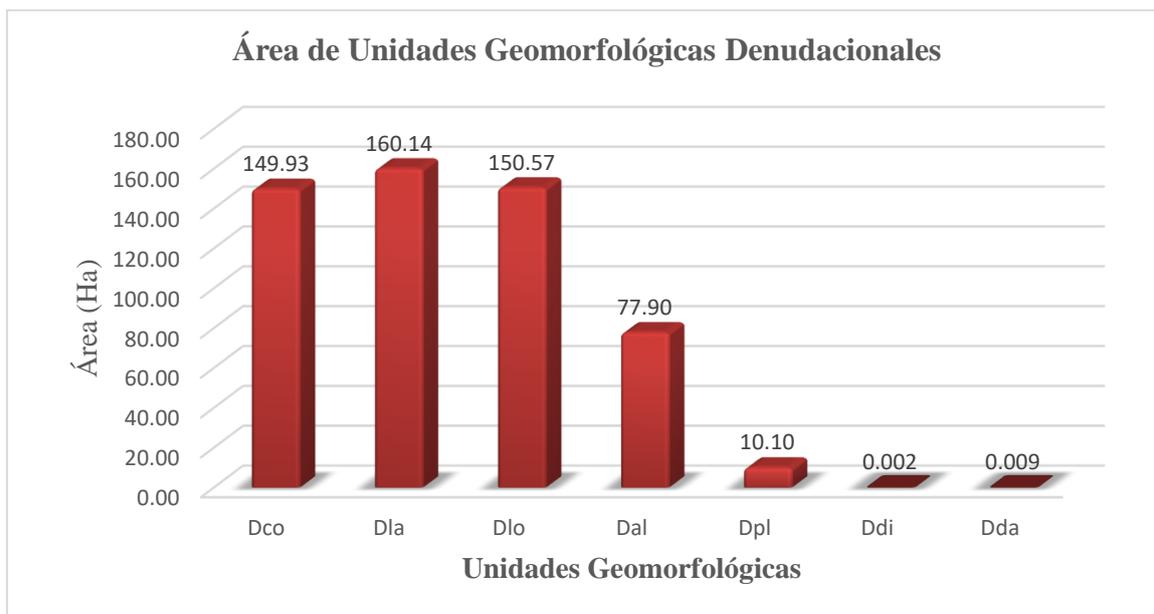


Figura N° 20. Área de Unidades Geomorfológicas Denudacionales.

En el ambiente fluvial terrazas fluviales tanto de erosión y como de acumulación, abanico aluvial, cauces actuales, llanura de inundación, valles y manantiales.

Tabla N° 15. Simbología y área de Unidades Geomorfológicas Fluviales.

Ambiente Morfogenético	Unidad Geomorfológica	Simbología	Área (Ha)
Fluvial	Terrazas de acumulación	Fta	1.28
	Terrazas de erosión	Fte	21.5
	Abanico aluvial	Fal	41.49
	Cauces actuales	Fca	65.49
	Llanura de inundación	Flli	6.18
	Valle fluvial	Fvf	71.54
	Valle en U	FVu	19.45
	Manantiales	Fma	0.0048

Fuente: Adaptado de Carvajal (2004)

La Unidad Geomorfológica fluvial de mayor área es el valle fluvial, donde discurren las quebradas La Ramada y La Collpa; y la de menor área son los manantiales ver la figura N° 20.

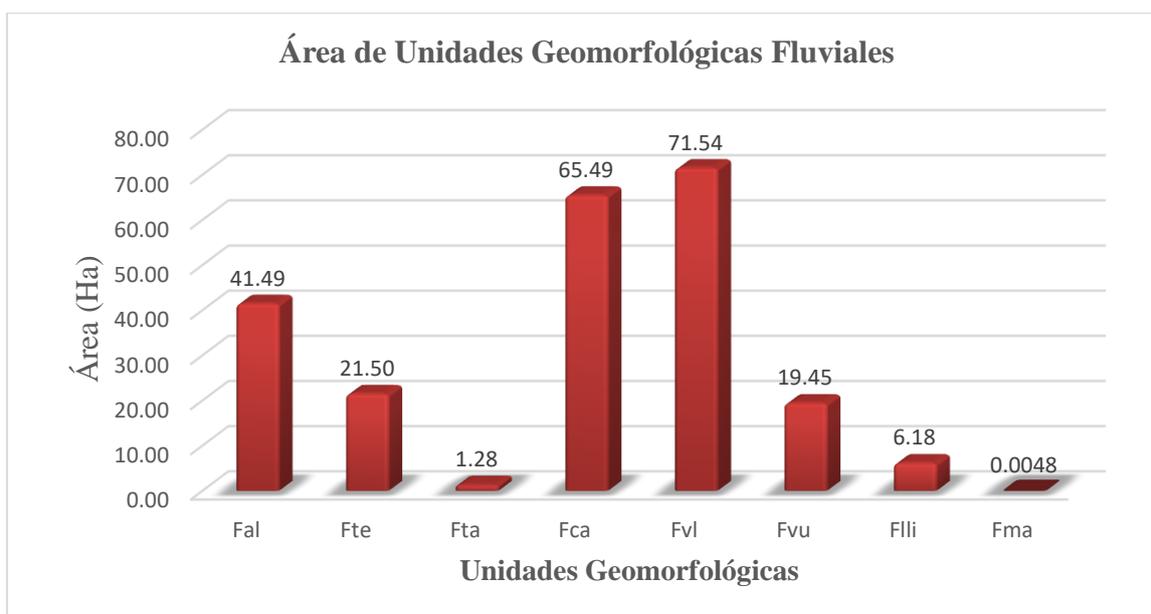


Figura N° 21. Área de Unidades Geomorfológicas Fluviales.

En el ambiente kárstico se identificaron superficies por disolución como laderas onduladas kársticas, lenares, sumidero y dolinas.

Tabla N° 16. Simbología y área de Unidades Geomorfológicas Kársticas.

Ambiente Morfogenético	Unidad Geomorfológica	Simbología	Área (Ha)
Kárstico	Laderas onduladas kársticas	Klo	52.68
	Lenares	Kl	29.73
	Sumidero	Ks	0.005
	Dolina	Kd	0.0033

Fuente: Adaptado de Carvajal (2004)

La Unidad Geomorfológica kárstica de mayor área son las laderas onduladas kársticas, que gran parte lo encontramos en el Caserío de El Hornambo y la de menor área es las dolinas ver la figura N° 23.

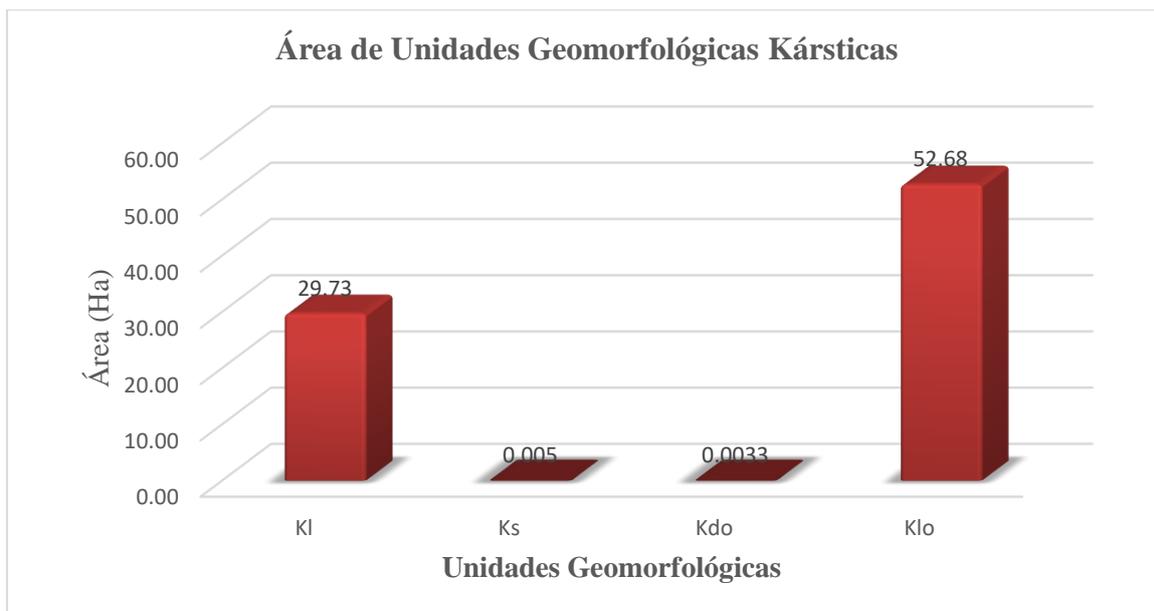


Figura N° 22. Área de Unidades Geomorfológicas Kársticas.

Asimismo, ha dado lugar al ambiente volcánico de mayor área está conformado de domos observadas en superficies expuestas.

Tabla N° 17. Simbología y área de Unidades Geomorfológicas volcánicas.

Ambiente Morfogenético	Unidad Geomorfológica	Simbología	Área (Ha)
Volcánico	Domo	Vsd	195.31
	Cono volcánico	Vcv	9.089
	Fingers	Vf	0.002

Fuente: Adaptado de Carvajal (2004)

Las Unidades Geomorfológicas volcánicas está dada por domos cuya mayor superficie expuesta se encuentra en el Caserío de La Ramada, ubicado al SO del Centro Poblado de Tinyayoc; ver la figura N° 23.

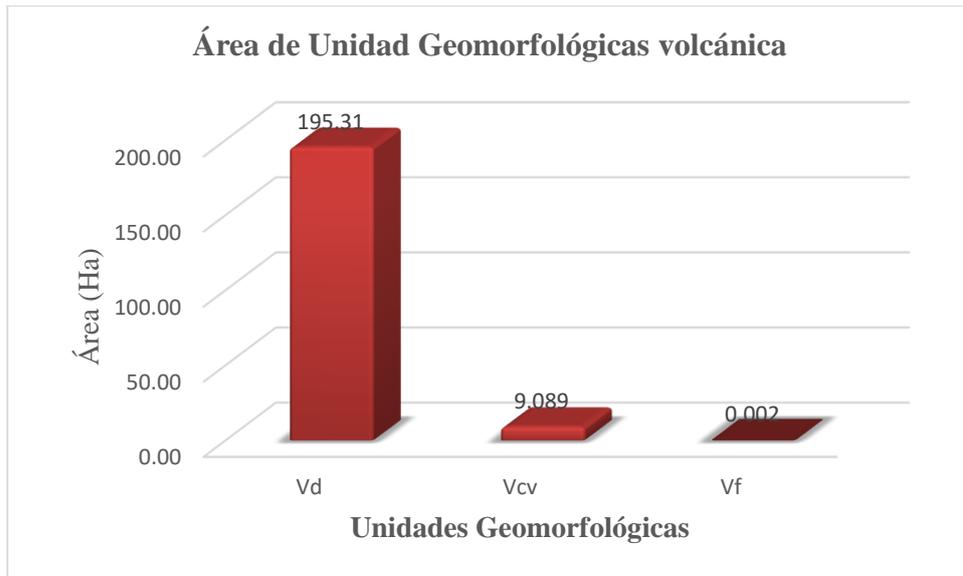


Figura N° 23. Área de Unidades Geomorfológicas Volcánicas.

En el ambiente antrópico se identificó una zona de construcción donde se asienta el Centro Poblado de Tinyayoc.

Tabla N° 18. Simbología y área de Unidades Geomorfológicas antrópicas.

Ambiente Morfogenético	Unidad Geomorfológica	Simbología	Área (Ha)
Antrópico	Construcciones	Ac	16.81

Fuente: Adaptado de Carvajal (2004)

La Unidad Geomorfológica antrópica es la construcción cuya mayor superficie expuesta en el mismo Centro Poblado de Tinyayoc; ver la figura N° 24.

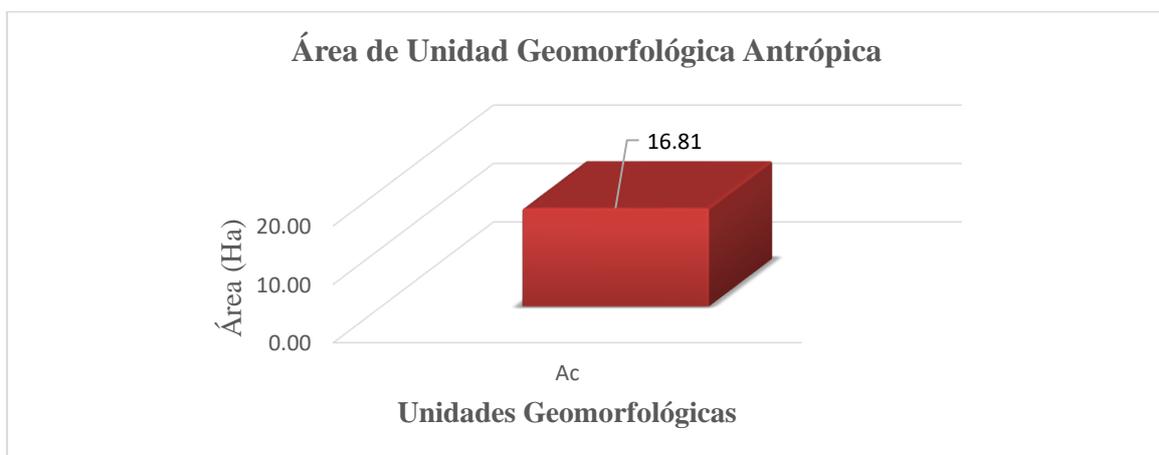


Figura N° 24. Área de Unidad Geomorfológica Antrópica.

Tabla N° 19. Unidades geomorfológicas según el ambiente morfogenético del Centro Poblado Tinyayoc.

Ambiente morfogenético	Área (Ha)		Unidad geomorfológica	Simbología	Procesos
Estructural	620.26	30.00	Escarpe estructural	See	Erosivo
		310.00	Flancos	Sfl	Erosivo
		280.26	Cerro	Sce	Erosivo
Denudacional	548.65	160.14	Laderas denudacionales	Dla	Erosivo
		150.57	Lomas	Dlo	Erosivo
		149.93	Colinas	Dco	Erosivo
		0.002	Deslizamientos inactivos	Ddi	Gravitacional
		0.009	Deslizamientos activos	Dda	Gravitacional
		10.10	Planicie	Dpl	Erosión
		77.90	Altiplanicie	Dal	Erosión
Fluvial	226.93	1.28	Terrazas de acumulación	Fta	Acumulación
		21.5	Terrazas de erosión	Fte	Erosión
		41.49	Abanico aluvial	Fal	Acumulación
		65.49	Cauces actuales	Fca	Acumulación
		6.18	Llanura de inundación	Flli	Inundación
		71.54	Valle fluvial	Fvf	Erosión
		19.45	Valle en U	FVu	Erosión
		0.0048	Manantiales	Fma	Inundación
Kárstico	82.42	52.68	Laderas onduladas kársticas	Klo	Disolución
		29.73	Lenares	Kl	Disolución
		0.005	Sumidero	Ks	Disolución
		0.0033	Dolina	Kd	Disolución
Vólcanico	204.93	264.4	Domo	Vd	Intrusión
		9.09	Cono Volcánico	Vcv	Extrusión
		0.002	Fingers	Vf	Extrusión
Antrópico	16.81	16.81	Construcciones	Ac	Erosivo

Fuente: Adaptado de Carvajal (2004)

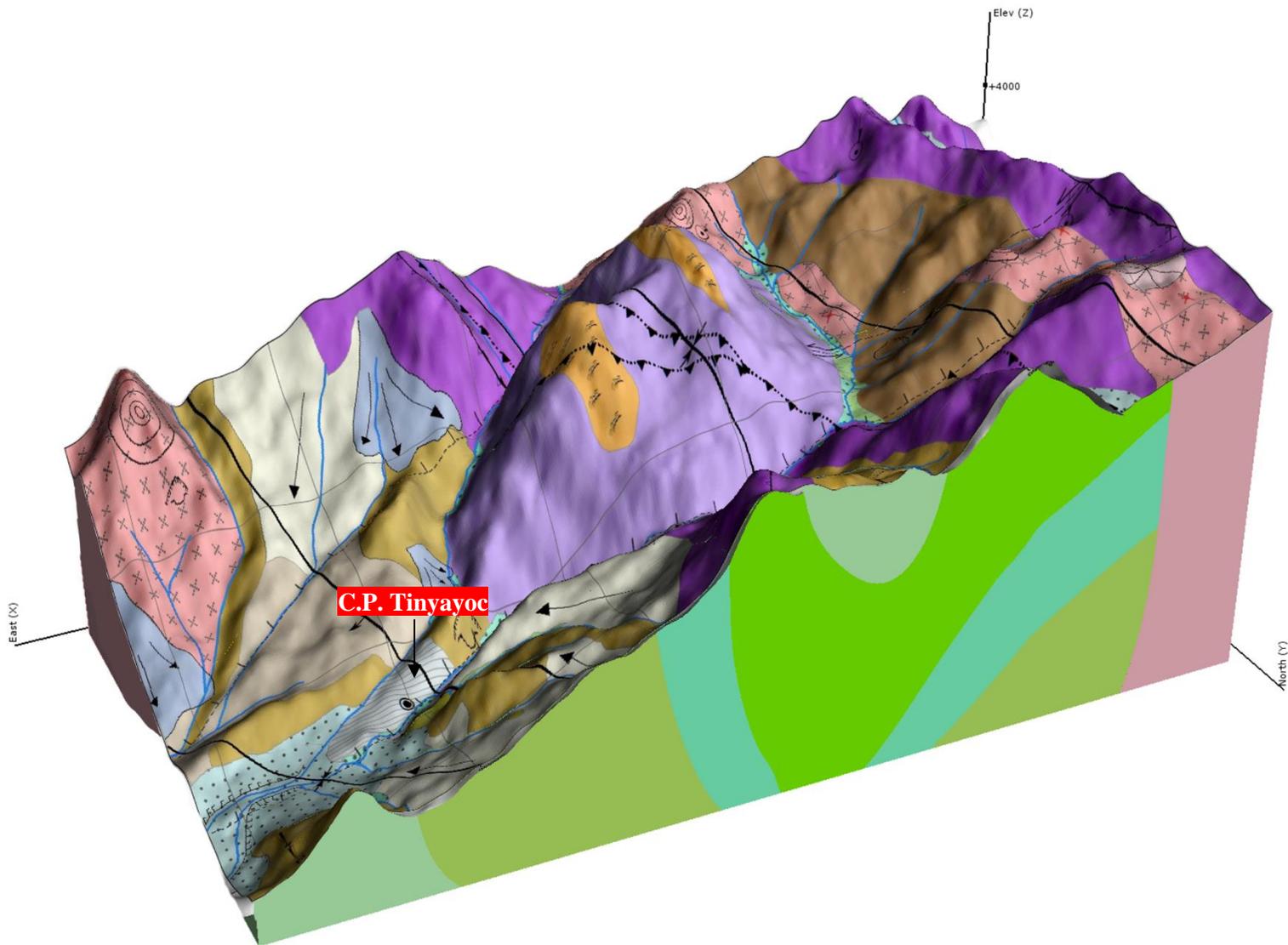


Figura N° 25. Modelo 3D del área de investigación, donde muestra unidades geomorfológicas según los ambientes morfogenéticos.

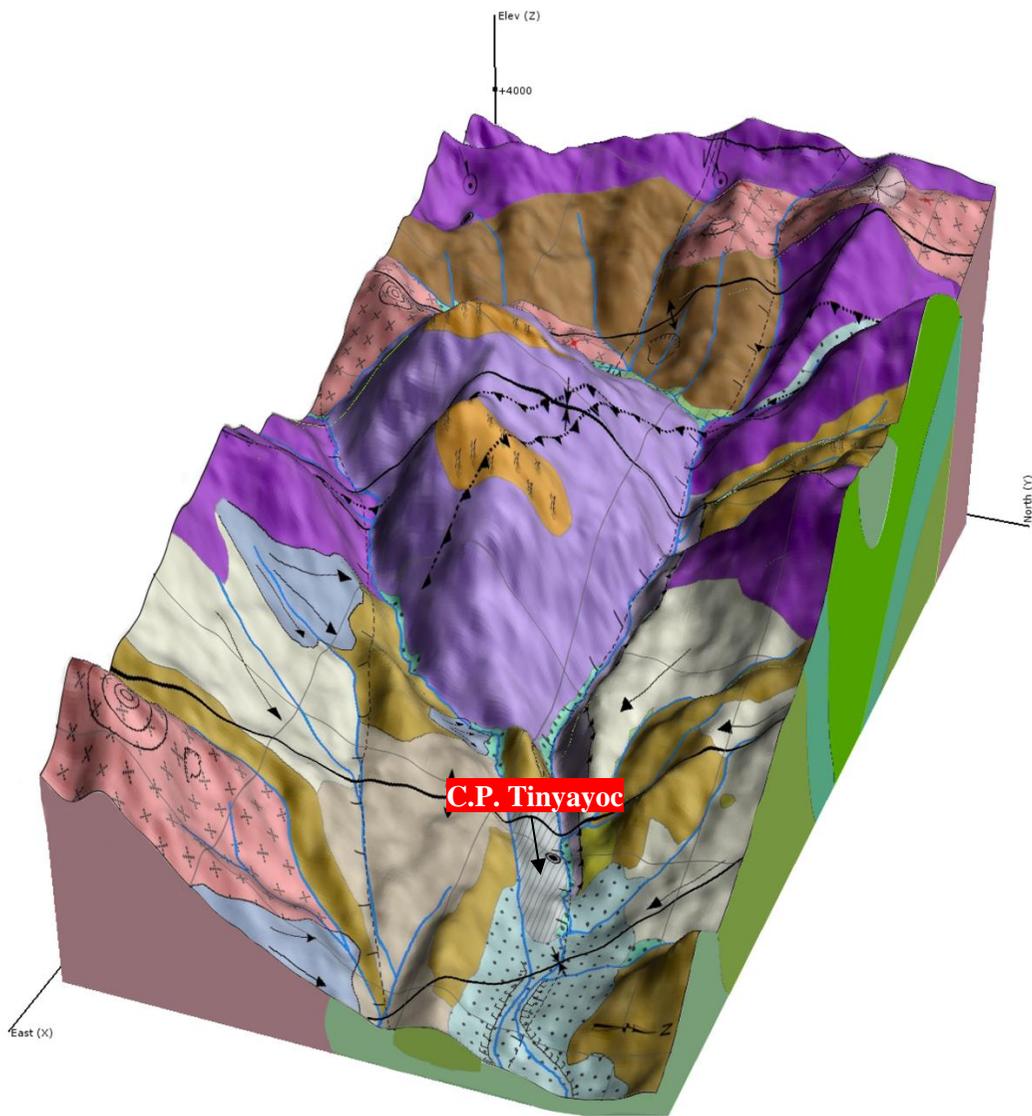


Figura N° 26. Modelo 3D del área de investigación, donde muestra las unidades geomorfológicas según los ambientes morfogenéticos.

4.3. CONTRASTACIÓN DE HIPOTESIS

Se ha corroborado con la investigación que las características geomorfológicas se relacionan con los factores litológicos, morfológicos y morfogenéticos en el tiempo geológico específicamente desde cretácico inferior al superior y Cuaternario. Las unidades geomorfológicas ubicados en Centro Poblado de Tinyayoc; es el resultado de los procesos endógenos relacionados a la geodinámica interna, tales como la formación estructuras continuas (plegamientos), estructuras discontinuas (diaclasas y fallas), y el ascenso de cuerpos intrusivos. Asimismo, los procesos exógenos dado por procesos de degradación o denudacionales tales como la meteorización de roca, remoción de masas, erosión (fluvial e hídrica) y por procesos de agradación tales como la sedimentación aluvial y coluvial, dando lugar al actual modelado geomorfológico, validando así la hipótesis inicial.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

La caracterización geomorfológica del Centro Poblado De Tinyayoc se determinó: Con el contexto morfogenético, donde explica los procesos endógenos y exógenos que actuaron para la formación de los ambientes estructural, Denudacional, Volcánico, Fluvial, Kárstico y Antrópico.

El análisis de la superficie se desarrolló mediante la elaboración de tres perfiles morfométricos, las cuales representan la tipología de terreno, determinado principalmente por cerros, colinas pertenecientes a los flancos, lomas y laderas.

Las unidades geomorfológicas más representativas según el ambiente de formación fueron: flancos y Cerro dados por anticlinales y sinclinales pertenecientes a un ambiente estructural. El ambiente volcánico conformado por domos y cono volcánico. El ambiente denudativo está dado por laderas denudacionales, lomas y colinas. En el ambiente fluvial conformado valle fluvial, cauces y abanico aluvial. Siendo en el ambiente kárstico las laderas ondulas kársticas lo más representativo. Finalmente, el ambiente Antrópico conformado solo por las construcciones en el Centro Poblado de Tinyayoc.

Se elaboró el plano geomorfológico, resultado del cartografiado de las unidades geomorfológicas según su ambiente de formación, aplicando la metodología de Carvajal.

5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda considerar los mapas geomorfológicos en el ordenamiento territorial, en la planeación geográfica integral, en la evaluación de paisajes y en escenarios relacionados con riesgos naturales y antrópicos.

Se sugiere la estandarización de códigos de colores y nomenclatura geomorfológica para que sirva de guía en la elaboración de mapas geomorfológicos a nivel nacional.

Realizar estudios de actualización a escala 1/ 50 000 del mapa geomorfológico a nivel nacional.

Se recomienda realizar un estudio petro – mineralógico para determinar ocurrencia de mineralización en la zona de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÁNTARA, E; 2015. Caracterización Geomorfológica de la zona Shaullo Grande, Llacanora – Cajamarca, 2015. Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Geólogo de la Universidad Nacional de Cajamarca. 46,47,48 p.

CASTRO, W;2010. Proyecto Zonificación Ecológica y Económica del departamento de Amazonas. Perú.31p.

CARVAJAL, H; 2004. Propuesta Metodológica para el Desarrollo de la Cartografía Geomorfológica para la Zonificación Geomecánica. Volumen I. Capítulo de geomorfología. INGEOMINAS. Bogotá.122,147p.

CARVAJAL, H; 2012. Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia. Bogotá: INGEOMINAS.25,27,57-83p.

CENTENO, J; 2008. Comparación y Relaciones del Terreno. Perú. 51-61p.

DÁVILA, J; 2011.Diccionario Geológico. INGEMET. Perú. 121,345p.

ESPINOZA, L; 2017. Caracterización Geomorfológica para la Estimación General de Riesgo de Inundación en el Municipio de Tlacotalpan Veracruz. México. 71p.

FERNÁNDEZ, N; 2011. En su estudio de la Geomorfología de la zona NE de la ciudad de Cajamarca.67p.

GUTIÉRREZ, M; 2001. Geomorfología Climática. Barcelona.89p.

JIMÉNES, J; 1983. Geomorfología General (Vol. II). Madrid. España.125,232p.

LUGO, J; 2011.Diccionario Geomorfológico. México.275,410p.

ROBERTSON, D; JARAMILLO, O;2013. Guía Metodológica para la Elaboración de Mapas Geomorfológicos a Escala 1: 10 000. Bogotá.87,93,102p.

RODRÍGUEZ, R. (2016). Método de Investigación Geológico-Geotécnico para el Análisis de Inestabilidad de Laderas por Deslizamientos. Zona Ronquillo-Corisorgona. Cajamarca-Perú. Lima, Perú. Tesis de Maestría en Geología-Mención Geotecnia. UNMSM.

VILLOTA, H; 2005. Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. Bogotá.1,16-17,20-23,29p

VERGARA, L ; 2017. Caracterización de las unidades geomorfológicas en el distrito de Jesús, Cajamarca. Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Geólogo de la Universidad Nacional de Cajamarca. 92-95p.

ZINCK, J; 2012. Geopedologia: Elementos de la geomorfología para estudios de suelos y riesgos naturales. ITC Special Lecture Notes Series. Colombia. 90p

ANEXOS

A. PLANOS

Plano 01: Plano de ubicación

Plano 02: Plano topográfico (Modelo digital de elevaciones)

Plano 03: Plano de Unidades Morfogenéticas.

Plano 04: Plano Geológico – Estructural

Plano 05: Plano Geomorfológico -Estructural

B. CORTES MORFOMÉTRICOS

Cortes morfométricos: A-A', B-B', C-C'

C. SECCIONES

Secciones longitudinales con dirección S45°E: B1, B2, B3, B4, B5.

Secciones transversales con dirección N45°E: A1, A2, A3, A4, A5.