

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Profesional de Ingeniería Geológica



**TESIS**

**ESTRATIGRAFÍA DE LAS FORMACIONES, CARHUÁZ Y FARRAT EN  
EL CENTRO POBLADO HUAMBOCANCHANA BAJA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO GEÓLOGO**

**AUTOR:**

**Bach. Huaripata Cueva Edgar**

**ASESOR:**

**Dr. Quispe Mamani Crispín Zenón**

**Cajamarca - Perú**

**2025**

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

### - FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador : Edgar Huaripata Cueva
2. DNI : 47951536
3. Escuela Profesional : Ingeniería Geológica
4. Asesor : Crispín Zenón Quispe Mamani
5. Facultad : Ingeniería

#### 5. Grado académico o título profesional

- Bachiller       Título profesional       Segunda especialidad  
 Maestro       Doctor

#### 6. Tipo de Investigación:

- Tesis       Trabajo de investigación       Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico

#### 7. Título de Trabajo de Investigación: ESTRATIGRAFÍA DE LAS FORMACIONES, CARHUÁZ Y FARRAT EN EL CENTRO POBLADO HUAMBOCANCHANA BAJA.

8. Fecha de evaluación : 16 de octubre de 2025

9. Software antiplagio:  TURNITIN       URKUND (OURIGINAL) (\*)

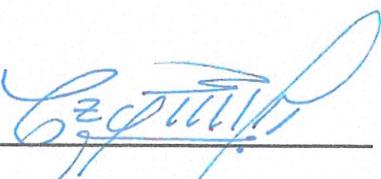
10. Porcentaje de Informe de Similitud : 11%

11. Código Documento : trn: oid: 3117: 513942184

#### 12. Resultado de la Evaluación de Similitud:

- APROBADO  PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión : 17 de octubre de 2025

 <b>FIRMA DEL ASESOR</b> Nombres y Apellidos: Crispín Zenón Quispe Mamani	 FIRMA DIGITAL Firmado digitalmente por: BAZAN DIAZ Laura Sofia FAU 20148258601 soft Motivo: En señal de conformidad Fecha: 17/10/2025 08:28:30-0500
DNI : 29243825	<b>UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI</b>

\* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



# Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

## FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



### ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : *ESTRATIGRAFÍA DE LAS FORMACIONES, CARHUÁZ Y FARRAT EN EL CENTRO POBLADO HUAMBOCANCHA BAJA.*

ASESOR : *Dr. Ing. Crispín Zenón Quispe Mamani.*

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0699-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 27 de octubre de 2024, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **treinta y un días del mes de octubre de 2025**, siendo las ocho horas (08:00 a.m.) en el Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica (Ambiente 4J - 210), de la Facultad de Ingeniería se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique.  
Vocal : M.Cs. Ing. Roberto Severino Gonzales Yana.  
Secretario : M.Cs. Ing. Víctor Ausberto Arapa Vilca.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada *ESTRATIGRAFÍA DE LAS FORMACIONES, CARHUÁZ Y FARRAT EN EL CENTRO POBLADO HUAMBOCANCHA BAJA*, presentado por el Bachiller en Ingeniería Geológica *EDGAR HUARIPATA CUEVA*, asesorado por el Dr. Ing. Crispín Zenón Quispe Mamani, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA : ..... 04 PTS.

EVALUACIÓN PÚBLICA : ..... 11 PTS.

EVALUACIÓN FINAL : ..... 15 PTS ..... QUINCE ..... (En letras)

En consecuencia, se lo declara ..... con el calificativo de ..... con quintuplicado.

Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique.  
Presidente

M.Cs. Ing. Víctor Ausberto Arapa Vilca.  
Secretario

M.Cs. Ing. Roberto Severino Gonzales Yana.  
Vocal

Dr. Ing. Crispín Zenón Quispe Mamani.  
Asesor

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, fuente inagotable de fortaleza, sabiduría y esperanza.

A mis docentes, por su dedicación, entrega y compromiso con la formación académica. Su guía y enseñanzas han sido clave para adquirir los conocimientos y herramientas que hoy me permiten alcanzar esta meta. A la EPIG y de manera especial a mi asesor Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani por su orientación y soporte brindado para la culminación de la presente tesis.

## **DEDICATORIA**

A mis padres, quienes han sido mi principal soporte, por sus valiosos consejos, por su comprensión en los momentos difíciles, por cada sacrificio y, sobre todo, por creer siempre en mí.

A mi familia, que son los que han contribuido a mi crecimiento personal, académico y profesional.

## CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTO .....	ii
DEDICATORIA.....	iii
CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xii
RESUMEN .....	xiii
ABSTRAC .....	xiv
CAPÍTULO I .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO II .....	3
MARCO TEÓRICO .....	3
2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
2.1.1 <b>Antecedentes internacionales</b> .....	3
2.1.2 <b>Antecedentes nacionales</b> .....	3
2.1.3 <b>Antecedentes locales</b> .....	4
2.2 BASES TEÓRICAS .....	6
2.2.1 <b>Estratigrafía</b> .....	6
2.2.2 <b>Sedimentología</b> .....	8
2.2.3 <b>Estratificación</b> .....	11
2.2.4 <b>Estrato</b> .....	14
2.2.5 <b>Estructuras sedimentarias</b> .....	20
2.2.6 <b>Columnas estratigráficas</b> .....	30
2.2.7 <b>Clasificación de las Areniscas</b> .....	31
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	38

	Pág.
CAPÍTULO III .....	40
MATERIALES Y MÉTODOS .....	40
3.1 UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	40
3.1.1 Ubicación geográfica .....	40
3.1.2 Ubicación política .....	40
3.1.3 Accesibilidad.....	40
3.1.4 Clima.....	41
3.1.5 Precipitación .....	42
3.2 PROCEDIMIENTO .....	42
3.2.1 Metodología.....	43
3.2.2 Identificación de variables .....	45
3.2.3 Técnicas .....	47
3.2.4 Instrumentos y equipos .....	47
3.3 GEOLOGÍA LOCAL .....	51
3.3.1 Grupo goyllarisquizga .....	51
3.3.2 Depósitos recientes del cuaternario .....	54
3.4 EXTRATIGRAFÍA LOCAL.....	59
3.4.1 Estratigrafía de la Formación Carhuáz E-1.....	59
3.4.2 Estratigrafía de la Formación Carhuáz E-2.....	63
3.4.3 Estratigrafía de la Formación Farrat E-3.....	68
3.4.4 Estratigrafía de la Formación Farrat E-4.....	71
3.5 LITOLOGÍA.....	74
3.5.1 Litología de la Formación Carhuáz .....	74
3.5.2 Litología de la Formación Farrat .....	89

	Pág.
CAPÍTULO IV .....	98
4.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	98
4.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	104
CAPÍTULO V .....	106
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	106
5.1. CONCLUSIONES .....	106
5.2. RECOMENDACIONES.....	107
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	108
ANEXOS .....	111
ANEXO N°1: ÁLBUM FOTOGRÁFICO .....	112
ANEXO N°2: DATOS DE CAMPO .....	118
ANEXO N°3: PLANOS .....	150
ANEXO N°4: COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS .....	154

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Zonación teórica de un delta.....	8
Figura 2. Llanura deltaica, Frente deltaico y Prodelta de un delta .....	9
Figura 3. Sucesión sedimentaria ideal de un delta dominado por la acción de las olas.....	10
Figura 4. Sucesión sedimentaria ideal de un delta dominado por las mareas .....	11
Figura 5. Tipos más simples de geometrías de estratos.....	13
Figura 6. Tipos de superficies de estratificación.....	14
Figura 7. Rasgos de los estratos y medidas de la estratificación.....	15
Figura 8. Método de medida con la vara de Jacob. ....	16
Figura 9. Medida de espesores de estratos inclinados. ....	17
Figura 10. Medida con vara de Jacob en capas inclinadas.....	17
Figura 11. Medida de espesor teniendo como dato el buzamiento y pendiente. ....	18
Figura 12. Geometría de estratos según continuidad y variación lateral. ....	19
Figura 13. Tipos de asociaciones de estratos.....	20
Figura 14. Estratificación horizontal y laminación paralela.....	21
Figura 15. Clasificación de la Estratificación Sesionada de canal (izquierda) y estratificación Sesgada planar (derecha). ....	22
Figura 16. Tipos de Estratificación Flaser.....	22
Figura 17. Tipos de Estratificación lenticular.....	23
Figura 18. Estratificación Gradual.....	23
Figura 19. Tipos de gradación y características del flujo que las origina.....	25
Figura 20. Proceso de las estructuras de carga (load cast) .....	25
Figura 21. Formación de los Ripples Mark.....	26
Figura 22. Clasificación de areniscas.....	33
Figura 23. Diagrama triangular.....	35
Figura 24. Representación de la roca del ejemplo en el diagrama triangular.....	36
Figura 25. Clasificación textural de areniscas.....	37

	Pág.
Figura 26. Accesibilidad al área de estudio.....	41
Figura 27. Técnicas de recolección de datos.....	47
Figura 28. Ubicación de la Formación Carhuáz y Farrat en la columna estratigráfica de la región Cajamarca. ....	52
Figura 29. Estratos de la Formación Carhúaz en la falda del cerro La Shicuana.....	53
Figura 30. Afloramiento de la Formación Farrat en la margen derecha de Río Grande.....	54
Figura 31. Depósito cuaternario.....	55
Figura 32. Depósito cuaternario.....	56
Figura 33. Deposito aluvial en la margen derecha aguas abajo del Rio Porcón. ....	57
Figura 34. Depósito cuaternario de origen fluvial en la margen de Río Grande. ....	58
Figura 35. Afloramiento de la Fm. Carhuáz en corte de carretera. ....	59
Figura 36. Muestra de mano de la Fm. Carhuáz.....	60
Figura 37. Estratificación paralela en el corte de carretera en la Fm. Carhuáz. ....	61
Figura 38. Estratificación sesgada planar en el corte de carretera en la Fm. Carhuáz.....	62
Figura 39. Estratificación Flaser en afloramiento de la Fm. Carhuáz.....	63
Figura 40. Afloramiento de la Fm. Carhuáz en la parte baja del Cerro Shicuana. ....	64
Figura 41. Muestra de mano de la Fm. Carhuáz.....	64
Figura 42. Estratificación paralela de la Fm. Carhuáz.....	66
Figura 43. Estratificación sesgada de la Fm. Carhuáz.....	67
Figura 44. Estratificación tabular de la Fm. Carhuáz. ....	67
Figura 45. Muestra de mano de la Formación Farrat.....	68
Figura 46. Estratificación sesgada de la Fm. Farrat.....	70
Figura 47. Estratificación paralela de la Fm. Farrat.....	70
Figura 48. Estructura de carga (load Mark) en la Fm. Farrat. ....	71
Figura 49. Afloramiento de la Fm. Farrat en el cerro Songoles.....	72
Figura 50. Estratificación paralela en la Fm. Farrat.....	73

	Pág.
Figura 51. Estratificación sesgada presente en la Fm. Farrat.....	74
Figura 52. Clasificación de la muestra según Pettijohn: Cuarzoarenita.....	76
Figura 53. Clasificación de la muestra según Pettijohn: Arenita feldespática .....	78
Figura 54. Clasificación de la muestra según Pettijohn: Grauvaca feldespática.....	79
Figura 55. Clasificación de la muestra según Pettijohn: Arenita feldespática.....	81
Figura 56. Clasificación de la muestra según Pettijohn: Limolita arenosa .....	82
Figura 57. Clasificación de la muestra según Folk: Limolita arenosa .....	83
Figura 58. Clasificación de la muestra según Pettijohn: Arcillolita.....	84
Figura 59. Clasificación de la muestra según Folk: Arcillolita.....	85
Figura 60. Clasificación de la muestra según Pettijohn: Lodolita arenosa .....	86
Figura 61. Clasificación de la muestra según Folk: Lodolita arenosa .....	87
Figura 62. Clasificación de la muestra según Pettijohn: Arcillolita arenosa .....	88
Figura 63. Clasificación de la muestra según Folk: Arcillolita arenosa .....	89
Figura 64. Clasificación de la muestra según Pettijohn: Cuarzoarenita.....	91
Figura 65. Clasificación de la muestra según Pettijohn: Sublitarenita .....	92
Figura 66. Clasificación de la muestra según Pettijohn: Cuarzoarenita.....	94
Figura 67. Clasificación de la muestra según Pettijohn: Sublitarenita.....	95
Figura 68. Clasificación de la muestra según Pettijohn: Familia de las arcillitas. ....	97
Figura 69. Clasificación de la muestra según Folk: Limolita. ....	97

**Pág.**

Figura 70. Vista panorámica de Fm. Ca y Fm. Fa en el Cerro Shicuana.....	113
Figura 71. Plegamiento en la Fm. Farrat en el Cerro Songoles.....	113
Figura 72. Afloramiento de conglomerado en la Quebrada Qarqash.....	114
Figura 73. Vista de erosión biológica. ....	114
Figura 74. Estratos paralelos de arenisca en la falda del Cerro Songoles.....	115
Figura 75. Afloramiento de estratos irregulares potentes de areniscas de la Fm. Farrat. ....	115
Figura 76. Depósitos volcánicos al este del Cerro Yacupacha. ....	116
Figura 77. Afloramiento de la Fm. Farrat en corte de carretera en la parte alta del Cerro Songoles. ....	116
Figura 78. Vista de afloramiento de estratos tabulares paralelos de la Fm. Farrat a la parte alta del Cerro Songoles. ....	117

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Estructuras sedimentarias de deposición comunes.	28
Tabla 2. Estructuras sedimentarias de erosión comunes y sus procesos de formación.....	29
Tabla 3. Estructuras comunes pre sedimentarias y sus procesos de formación. ....	29
Tabla 4. Estructuras comunes sin- sedimentarias y post-sedimentarias y sus procesos de formación. ....	30
Tabla 5. Valores correspondientes a cada tipo de roca, tomando en cuenta la clasificación de Pettijohn et al. (1987). ....	34
Tabla 6. Vértices del área de investigación .....	40
Tabla 7. Metodología de la investigación.....	44
Tabla 8. Variables de la Investigación .....	46
Tabla 9. Características de la muestra N°1. ....	76
Tabla 10. Características de la muestra N°2. ....	77
Tabla 11. Características de la muestra N°3. ....	79
Tabla 12. Características de la muestra N°4. ....	80
Tabla 13. Características de la muestra N°5. ....	82
Tabla 14. Características de la muestra N°6. ....	84
Tabla 15. Características de la muestra N°7. ....	86
Tabla 16. Características de la muestra N°8. ....	88
Tabla 17. Características de la muestra N°1. ....	90
Tabla 18. Características de la muestra N°2. ....	92
Tabla 19. Características de la muestra N°3. ....	93
Tabla 20. Características de la muestra N°4. ....	95
Tabla 21. Características de la muestra N°5. ....	96

## LISTA DE ABREVIATURAS

Dr.	: Doctor
Bach.	: Bachiller
Fig.	: Figura
Fm.	: Formación
Fm. Ca	: Formación Carhuáz
Fm. Fa	: Formación Farrat
Q-al	: Cuaternario aluvial
Q-FI	: Cuaternario fluvial
Q-Co	: Cuaternario coluvial
GPS	: Global Positioning System
UTM	: Universal Transversal de Mercator
m.s.n.m	: Metros sobre el nivel del mar
Pág.	: Página
E	: Este
W	: Oeste
N	: Norte
S	: Sur
NE	: Nor Este
NW	: Nor Oeste
SE	: Sur Este
SW	: Sur Oeste
INGEMMET	: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
et al.	: Otros autores adicionales

## RESUMEN

En el Centro Poblado de Huambocancha Baja, Cajamarca, hay poca información sobre las Formaciones Carhuáz y Farrat, lo que dificulta conocer cómo se depositaron y cómo evolucionaron durante el Cretácico Inferior. Por ello, se planteó la necesidad de estudiar estas formaciones para determinar sus características estratigráficas y ambientales. El objetivo de la investigación fue determinar la estratigrafía de las Formaciones Carhuáz y Farrat, identificando texturas y estructuras sedimentarias, interpretando los ambientes de formación y elaborando las columnas litoestratigráficas. Se realizó un estudio descriptivo con enfoque perceptual–comprehensivo, mediante observación y medición directa de los afloramientos, complementado con etapas de gabinete y campo. Los datos se procesaron con Excel, ArcGIS 10.3 y Strater para elaborar planos y columnas litoestratigráficas. Los resultados muestran que la hipótesis de un ambiente regresivo es parcialmente válida: la pureza silícea de la Farrat y los tonos rojizos de la Carhuáz, pero también se dan por reciclaje sedimentario, meteorización y alteración diagenética. La Formación Carhuáz está formada por areniscas cuarzosas, limolitas y arcillolitas finas, con estratificación paralela, sesgada y laminación flaser, propias de ambientes lacustres y mareales; la Farrat presenta cuarzoarenitas de grano medio a grueso, bien seleccionadas, con estructuras de alta energía, típicas de sistemas deltaicos y litorales. Se concluye que las diferencias entre ambas formaciones reflejan la interacción de procesos sedimentarios, diagenéticos y tectónicos, mostrando una evolución de ambientes lacustres profundos hacia sistemas deltaicos y litorales, controlada por fluctuaciones del nivel del mar y subsidencia regional.

**Palabras Clave:** Estratigrafía, facies sedimentaria, textura, estructura sedimentaria, Ambiente de deposición, Formación Carhuáz, Formación Farrat.

## ABSTRAC

In the Centro Poblado of Huambocancha Baja, Cajamarca, there is little information about the Carhuáz and Farrat Formations, which makes it difficult to know how they were deposited and how they evolved during the Lower Cretaceous. Therefore, the need arose to study these formations to determine their stratigraphic and environmental characteristics. The objective of the research was to determine the stratigraphy of the Carhuáz and Farrat Formations, identifying textures and sedimentary structures, interpreting the formation environments, and elaborating lithostratigraphic columns. A descriptive study with a perceptual–comprehensive approach was carried out, through direct observation and measurement of the outcrops, complemented with cabinet and field stages. The data were processed using Excel, ArcGIS 10.3, and Strater to elaborate maps and lithostratigraphic columns. The results show that the hypothesis of a regressive environment is partially valid: the silica purity of the Farrat and the reddish tones of the Carhuáz are also explained by sedimentary recycling, weathering, and diagenetic alteration. The Carhuáz Formation is composed of quartz sandstones, siltstones, and fine claystones, with parallel, cross, and flaser bedding, typical of lacustrine and tidal environments; the Farrat Formation presents medium- to coarse-grained quartzarenites, well-sorted, with high-energy structures typical of deltaic and coastal systems. It is concluded that the differences between both formations reflect the interaction of sedimentary, diagenetic, and tectonic processes, showing an evolution from deep lacustrine environments to deltaic and coastal systems, controlled by sea-level fluctuations and regional subsidence.

**Keywords:** Stratigraphy, sedimentary facies, texture, sedimentary structure, depositional environment, Carhuáz Formation, Farrat Formation.

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

Los conocimientos de la sedimentología y la estratigrafía son importantes en las formaciones cretácicas, ya que nos brinda información de cómo se formaron en la superficie terrestre desde hace millones de años y gracias a estos conocimientos se puede reconstruir el tipo de ambiente de deposición de cada sedimento existente, además de ello, nos permite dar una interpretación lógica de la historia geológica en el pasado y el proceso evolutivo por el cual pasaron los estratos.

Carhuáz, y Farrat, son formaciones del Período Cretácico inferior y en el Centro Poblado de Huambocancha Baja, es poca la información que se tiene de dichas formaciones, por ello se realiza un estudio sedimentológico y estratigráfico a detalle a nivel local, por lo que es importante el estudio para conocer mejor las características sedimentológicas y estratigráficas, así como también las estructuras sedimentarias y sus características petrológicas, estos datos del estudio e interpretación servirán para levantar y realizar las columnas estratigráficas a detalle.

Con respecto al planteamiento del problema se ha formulado la siguiente incógnita. ¿Cuáles son las características estratigráficas de las Formaciones, Carhuáz y Farrat en el Centro Poblado Huambocancha Baja?

Como hipótesis, se propone que La estratigrafía de las Formaciones Carhuáz y Farrat, se debe a que el ambiente es de origen regresivo, por ello que existe granos de sílice en la composición de las rocas, además la Formación Carhuáz contiene más material terroso a comparación de la Formación Farrat, debido a la proximidad a la superficie, dando así una coloración oxidada a las rocas de esta formación. Sin embargo, la Formación Farrat es más limpia, es decir; tiene gran porcentaje de sílice, la roca tiene una coloración blanquecina.

Esta investigación servirá como fuente de información para futuros estudios que amplíen el conocimiento estratigráfico del área. La delimitación espacial comprende los afloramientos superficiales de ambas formaciones en un área

aproximada de cuatro hectáreas en los cortes de carretera del Centro Poblado Huambocancha Baja, y la delimitación temporal abarca desde septiembre de 2024 hasta agosto de 2025. Los alcances de la investigación incluyen el análisis detallado de las características sedimentológicas, estratigráficas y petrológicas de las Formaciones Carhuáz y Farrat, permitiendo la elaboración de columnas litoestratigráficas y la interpretación de los ambientes de formación, enfocándose únicamente en los afloramientos superficiales accesibles dentro del área de estudio, sin incluir análisis químicos profundos ni estudios paleontológicos.

El objetivo general es determinar la estratigrafía de las Formaciones Carhuáz y Farrat, con objetivos específicos que incluyen identificar texturas y estructuras sedimentarias, interpretar el ambiente de formación y elaborar columnas litoestratigráficas.

La investigación se estructura en cinco capítulos, en el Capítulo I: Introducción, donde se presenta el contexto y los objetivos del estudio, en el Capítulo II: Marco teórico, que incluye antecedentes locales y nacionales, conceptos clave y definiciones técnicas respecto al tema, en el Capítulo III: se describe las generalidades del área de estudio, abarcando aspectos hidrológicos, geológicos, estructurales y metodológicos (como se va a obtener la información de campo los materiales y métodos). En el Capítulo IV: Análisis y discusión de resultados, organizados según los objetivos planteados; y finalmente en el Capítulo V: Conclusiones, recomendaciones y referencias bibliográficas que fueron citadas en la presente investigación.

## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

### 2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1.1 Antecedentes internacionales

Ortega (2018), en su investigación sobre la petrografía y estratigrafía de la Formación Lo Prado, estudió esta unidad geológica en el sector de Cuesta Lo Prado (33°27'-33°30'S) de la Cordillera de la Costa de Chile central, donde presenta su desarrollo más característico. La formación está constituida principalmente por areniscas oscuras de grano fino a grueso, limolitas bien estratificadas, capas lenticulares de caliza y bancos conglomerádicos, intercaladas con tobas arenosas, brechas tobíferas y lavas andesíticas, incluyendo algunas del tipo ocoíta. Inicialmente se asignó una edad del Cretácico Inferior basada en el registro fósil de *Holcoptychites neuquensis* encontrado en el sector sur del área de estudio, aunque posteriormente se precisó su edad al intervalo Berriasiano-Valanginiano.

García (2016), en su estudio estratigráfico de la sección superior de la Formación Lomas de la Virgen, analizó este paquete de rocas sedimentarias clásticas que aflora en el escarpe de la sierra Los Filos del Treinta y Cinco (también denominado Cordón de la Virgen), ubicado al oeste de La Paz, Baja California Sur. La unidad, cuyo nombre proviene de la localidad homónima cercana al km 34.5 de la carretera transpeninsular, presenta un espesor aproximado de 480 metros y yace en contacto concordante sobre el Grupo Comondú del Mioceno inferior, formado por el arco volcánico activo en el noroeste de México durante ese periodo. Los análisis estratigráficos permitieron establecer que la edad de la Formación Lomas de la Virgen abarca desde el Mioceno inferior tardío hasta el Mioceno medio.

#### 2.1.2 Antecedentes nacionales

Jacay (2018), en su estudio sobre la evolución de facies mareales en el frente deltaico del Delta del Goyllarisquizga (Cretácico Inferior), determinó que la potente secuencia siliciclastica desarrollada en la región de las altiplanicies

corresponde a un sistema de llanura deltaica, caracterizado por el predominio de facies fluviales y de llanura mareal (tidal).

Ayala (2015), en su investigación sobre sedimentología, estratigrafía y tectónica de la cuenca Puquio (Ayacucho), analizó la unidad estratigráfica miocena Puquio, cuyas características sedimentológicas y estructurales aportan valiosa información sobre la evolución tectonosedimentaria neógena de los Andes Occidentales. El estudio se centró en demostrar la existencia e implicancias geodinámicas de una cuenca intracontinental a través del análisis de la Formación Puquio, empleando metodologías como cartografía geológica, levantamiento de columnas estratigráficas.

### **2.1.3 Antecedentes locales**

Saavedra (2019), en su tesis, “Estratigrafía de las Formaciones Santa, Carhuáz y Farrat en el caserío de Shaullo Chico del distrito Baños del Inca”, determina las características de los estratos, elaborando columnas para cada Formación, para la Formación Santa elaboró una columna en la parte techo en 60 m para la cual afirma estar cubierta por depósitos cuaternarios y el resto de afloramiento; para las dos últimas Formaciones realizó columnas estratigráficas una levantada en la base de la Formación y otra en el techo, afirmando que en la parte central se encuentra cubierta por depósitos cuaternarios, así mismo realizó la descompactación de las Formaciones determinando que la Formación Santa se redujo 47.93% de su espesor inicial, bajando su porosidad en 85.11% de porosidad inicial; la Formación Carhuáz redujo su espesor en 27.6% de su espesor inicial, bajando también su porosidad en 82.98% de su porosidad inicial; en la Formación Farrat se redujo su espesor en 27.06% de su espesor inicial, bajando también su porosidad 79.55% de su porosidad inicial.

Balcazar (2019), en sus tesis “Sedimentología y Estratigrafía de la Formación Carhuáz en el Distrito de la Encañada”, realizó el análisis y descripción de los estratos, identificando secuencias, facies y estructuras sedimentarias; en la cual afirma que la sedimentación que dio origen a esta unidad es completamente detrítica, presentando un dominio de arcillolitas y limolitas en su base.

Duran (2018), en su tesis, "Estratigrafía de las Formaciones Santa, Carhuáz y Farrat en el Caserío de Shaullo Chico del distrito Baños del Inca", los resultados que obtuvo con este estudio es que Las Formaciones del Cretácico Inferior como Carhuáz, Farrat poseen las mismas características a lo largo de toda la zona, solo en la Formación Inca, es donde observa algunos cambios específicos de espesor, fósiles y litología los cuales identificó en su zona de estudio.

Bardales (2014), en su tesis "Análisis Estructural de las Secuencias Cretáceas de los Baños del Inca y Alrededores, Cajamarca - Perú", realizó un estudio integral de las estructuras tectónicas en esta zona mediante un enfoque multiescalar. A escala macroestructural, empleó imágenes aéreas, datos satelitales, modelos digitales del terreno y visualizaciones 3D para identificar lineamientos, fallas y relieve plegados. Complementariamente, a escala mesoestructural recopiló datos de campo como fallas, diaclasas, superficies de estratificación y estrías. El análisis incluyó la determinación de paleoesfuerzos mediante los programas Tectonics FP y T-tecto, análisis tensorial, evaluación geométrica de pliegues e interpretación de los mecanismos de deformación.

Lagos & Quispe (2006), en su investigación presentada en el XIII Congreso Peruano de Geología, realizaron un análisis de las cuencas sedimentarias ubicadas en los alrededores de las localidades de Baños del Inca, Cruz Blanca y Otuzco (distrito de Cajamarca). El estudio se enfocó particularmente en evaluar la dinámica de la Cuenca Occidental, específicamente en los procesos de relleno sedimentario ocurridos entre el Berriásiano-Valanginiano (Cretácico Inferior) y el Santoniano-Campaniano (Cretácico Superior); por tanto, describen los fósiles y rocas que pertenecen a la Formación Santa y Carhuáz de edad del Cretácico Inferior, hallados en las localidades de San Marcos y Cajamarca, determinando su edad y las condiciones de deposición.

## 2.2 BASES TEÓRICAS

### 2.2.1 Estratigrafía

Disciplina geológica dedicada al estudio e interpretación de las rocas sedimentarias estratificadas, abarcando su identificación, descripción, secuenciación vertical y horizontal, cartografía y correlación de unidades estratigráficas. (Weller, 1960). Vera, amplía esta definición, señalando que esta ciencia ha evolucionado para integrar conocimientos multidisciplinarios que permiten interpretar no solo las características litológicas sino también los ambientes sedimentarios asociados a estas formaciones rocosas, (Vera, 1994).

Precisa que la estratigrafía no solo trata de una sucesión y correlaciones cronológicas originales de los estratos, sino también de su forma, distribución, composición litológica, contenido fósil, propiedades geoquímicas y geofísicas, es decir de todas las características, propiedades y atributos de las rocas como estratos, de la interpretación de su ambiente de formación o modo de origen y de su historia geológica. (Hedberg & Hollis, 1980).

#### 2.2.1.1 PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA ESTRATIGRAFÍA

Los principios básicos de la estratigrafía, fundamentales para interpretar las rocas sedimentarias, incluyen: el Principio de Superposición: planteado por Steno y desarrollado por Lehmann, que establece que en una secuencia no deformada los estratos inferiores son más antiguos que los superiores; el Principio de Horizontalidad Original (Steno), que indica que los sedimentos se depositan inicialmente en capas horizontales; el Principio de Continuidad Lateral, que señala que los estratos se extienden hasta encontrar límites físicos; el Principio de Sucesión Faunística planteado por Smith en 1799, clave para la datación relativa mediante fósiles; el Principio de Relaciones Cortantes, que determina que cualquier estructura que corte estratos es más joven que estos; el Principio de Inclusión, donde los fragmentos incluidos en una roca son más antiguos que ella; el Uniformitarismo -Emitido por Hutton y desarrollado por Lyell, que asume que los procesos geológicos actuales explican los del pasado; y el Principio de Discordancia, que identifica interrupciones en el registro geológico.

Estos principios permiten reconstruir historias geológicas, aunque pueden verse afectados por deformaciones tectónicas o eventos posteriores a la deposición. Sin embargo, hay que considerar que deformaciones tectónicas, metamorfismo o intrusiones magmáticas pueden modificar estos arreglos originales.

**Principio de la horizontalidad.** Este principio indica que los estratos tienden a depositarse en forma horizontal a la superficie de sedimentación. Los sedimentos que son removidos por los agentes de transporte (agua, hielo, viento, etc.) y luego depositados en una superficie, temporal o definitiva, están regidas por las leyes de la gravedad de la tierra. Por lo tanto, tienden a depositarse en forma horizontal.

**Principio de la superposición.** Geológicamente, se puede afirmar que: en un conjunto de capas sedimentarias superpuestas en forma paralela (en polaridad normal), las superiores son más jóvenes que las inferiores.

**Principio de la concordancia.** Explica que los estratos superpuestos cuyas superficies limitantes son paralelas (sin discordancia) y transicionales, indican continuidad, en el proceso sedimentario que los originó.

**Principio de la discordancia.** Según el cual cuando los estratos están separados por una superficie de erosión, este, indica que hubo diferentes condiciones en el tiempo de la deposición.

**Principio de la sucesión.** Indica que una roca ígnea plutónica (roca intrusiva) es más moderna que las rocas a las cuales instruye. Cabe indicar que las rocas ígneas no cumplen la ley de la superposición estratigráfica.

**Principio de la sucesión faunística.** Los fósiles de flora y fauna, que se ubican, en algunos estratos, pertenecen a la época en que, estos, se formaron y sirven para calcular su edad relativa y determinar las características del ambiente sedimentario en el cual estos se depositaron; así, por ejemplo, del estudio de fósiles podemos obtener datos de la temperatura de las aguas, salinidad, profundidad en donde habitaron. (Vera, 1984).

## 2.2.2 Sedimentología

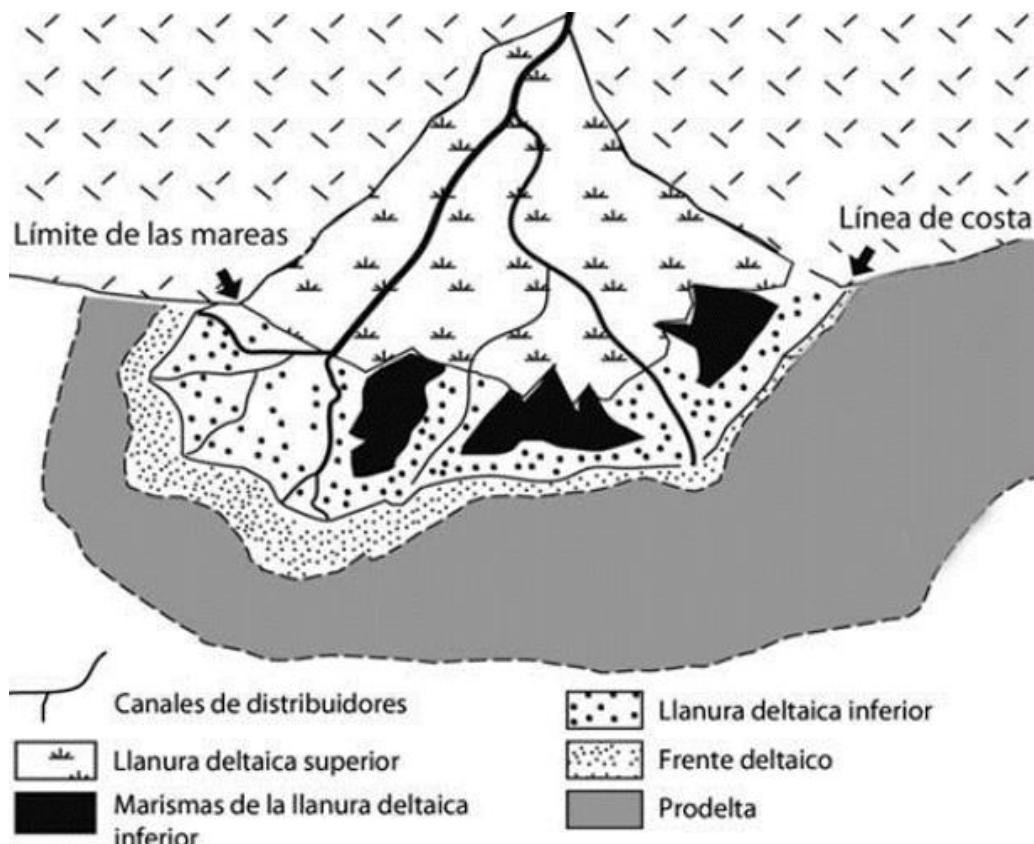
Rama de la Geología que se encarga de estudiar los procesos de formación, transporte y deposición de material que se acumula como sedimento en ambientes continentales y marinos formando rocas sedimentarias. Trata de interpretar y reconstruir los ambientes sedimentarios del pasado, (Arche, 2010).

### 2.2.2.1 Sedimentología en ambientes deltaicos

#### Deltas

Sistemas deposicionales costeros donde los sedimentos fluviales superan la capacidad de redistribución de los procesos marinos (oleaje, mareas) (Bhattacharya, 2006). Se forman en la transición continente-océano cuando:

- La carga sedimentaria fluvial > energía de dispersión marina
- Existe subsidencia para acomodar los sedimentos
- Hay fluctuaciones eustáticas favorables.



## Partes de un Delta

Un sistema deltaico típico presenta tres zonas morfológicas principales. El plano deltaico superior (topset) corresponde al dominio fluvial, caracterizado por canales distributarios y llanuras de inundación que acumulan sedimentos gruesos (Coleman & Wright, 1975). El frente deltaico (foreset) muestra pendientes entre 5-25° donde predominan procesos de progradación mediante avalanchas de granos que generan estratificación cruzada a gran escala. Finalmente, el prodelta (bottomset) representa el ambiente marino somero con sedimentos finos (limolitas) y depósitos turbidíticos intercalados (Galloway, 1975). Esta zonación vertical refleja la disminución progresiva de la energía del medio.

- Plano deltaico superior (topset): Dominio fluvial con canales distributarios y llanuras de inundación (Coleman & Wright, 1975)
- Frente deltaico (foreset): Zona de pendiente pronunciada (5°-25°) con progradación de arenas y limos
- Prodelta (bottomset): Ambiente marino somero con depósitos de limolitas y eventos turbidíticos (Galloway, 1975)

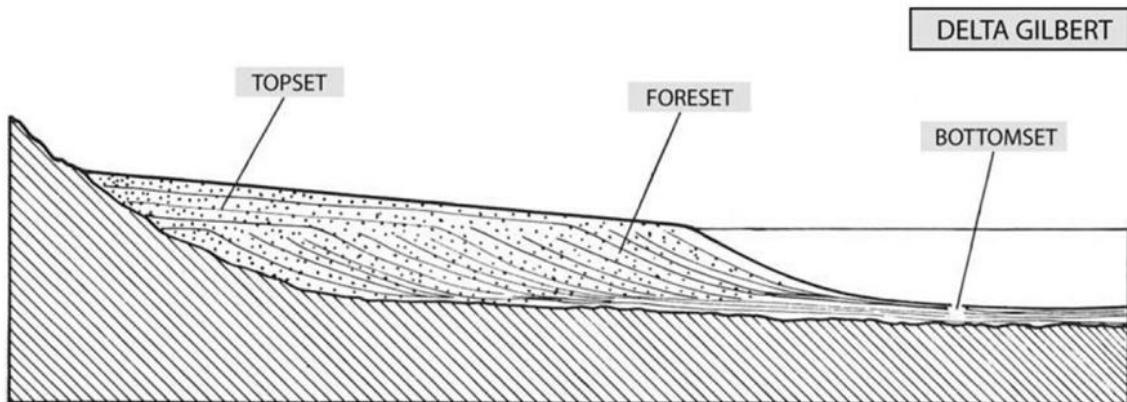


Figura 2. Llanura deltaica, Frente deltaico y Prodelta de un delta.  
Fuente: Arche, (2010)

## Sedimentación en Deltas Dominados por la Acción de las Olas.

Cuando la energía del oleaje supera el 70% de la redistribución sedimentaria, se desarrollan deltas elongados paralelos a la línea de costa. Boyd et al. (1992) describen cómo las olas reorganizan los sedimentos fluviales formando barreras litorales, playas y crestas de playa bien estratificadas. Los depósitos característicos incluyen arenas con estratificación planar de alto ángulo (15°-25°), rizaduras oscilatorias y abundantes fragmentos de conchas. El delta del Nilo muestra esta morfología, donde las corrientes longitudinales redistribuyen los sedimentos a lo largo de más de 200 km de costa. Estos sistemas suelen presentar menor progradación que los fluvio-dominados debido a la eficiente dispersión marina.

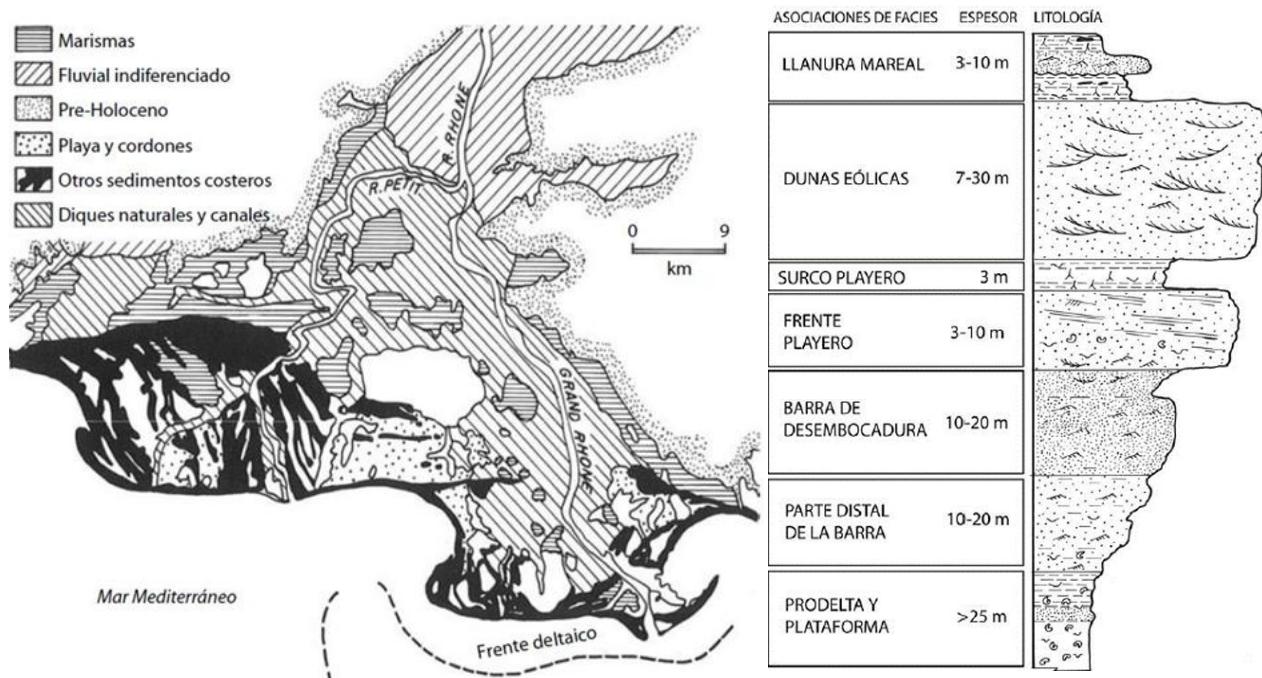


Figura 3. Sucesión sedimentaria ideal de un delta dominado por la acción de las olas.  
Fuente: Coleman y Wright, (1975).

## Deltas Dominados por la Acción de las Mareas

En áreas con amplitudes de marea superiores a 3 m, las corrientes de flujo y reflujo controlan la arquitectura deltaica. Dalrymple et al. (2003) identifican canales estuarinos con barras laterales migratorias que generan estructuras de reactivación ("herringbone cross-bedding") como rasgo diagnóstico. La sedimentología combina arenas con estratificación cruzada de doble dirección, limolitas ricas en materia orgánica y extensa bioturbación (icnofósiles Skolithos y Ophiomorpha). El delta del Ganges-Brahmaputra ilustra este tipo, donde las mareas redistribuyen los sedimentos formando una red de canales de marea que se extienden decenas de kilómetros tierra adentro

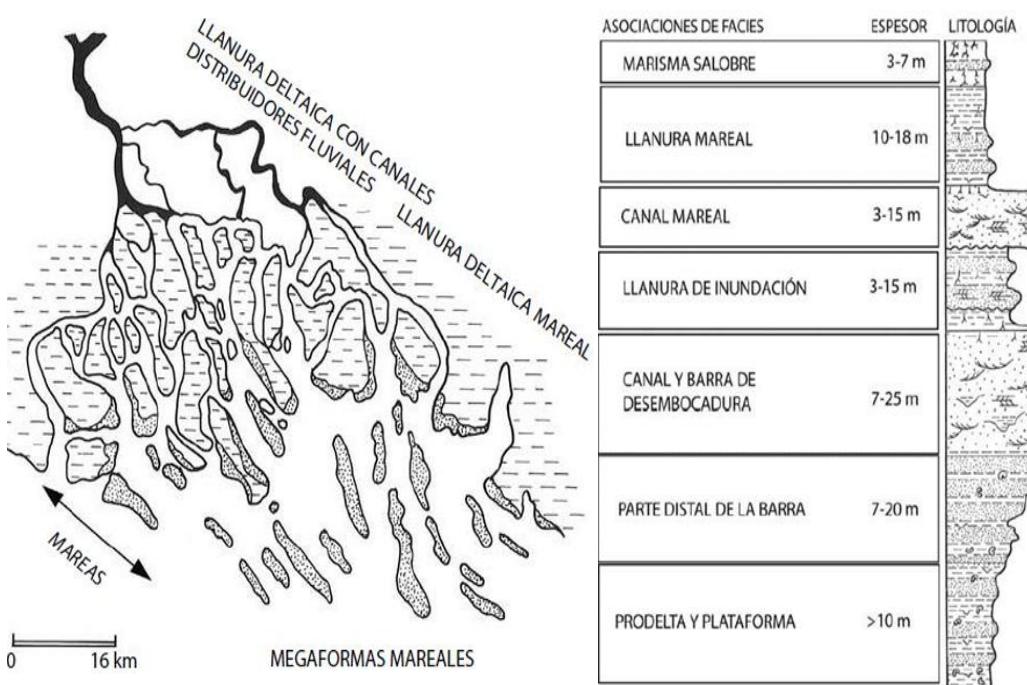


Figura 4. Sucesión sedimentaria ideal de un delta dominado por las mareas  
Fuente: Coleman y Wright, (1975).

### 2.2.3 Estratificación

Corresponde a la disposición característica de los estratos, resultante de procesos sedimentarios que responden a dos factores principales: interrupciones en la deposición (periodos de no-deposición o sedimentación extremadamente lenta que generan superficies estratigráficas particulares como discordancias menores) y variaciones en las condiciones sedimentarias. Estas últimas incluyen modificaciones en la fuente de aporte de sedimentos o alteraciones en las

condiciones de la cuenca, como fluctuaciones en la energía del medio (que afectan la textura sedimentaria), cambios en la litología de los materiales precipitados, variaciones en las condiciones redox y fluctuaciones en la productividad biológica, (Vera, 1994).

### **2.2.3.1 TIPOS DE ESTRATIFICACIÓN**

Vera (1994) clasifica los tipos de estratificación considerando dos criterios fundamentales: la geometría interna de los estratos individuales, que incluye características como espesor, continuidad lateral y morfología de las superficies de estratificación; y las propiedades distintivas de las asociaciones estratigráficas, analizando la sucesión vertical y lateral de estratos, así como las variaciones en composición, textura y estructuras sedimentarias que reflejan cambios ambientales o dinámicas de deposición. Según su geometría desde el techo a muro tenemos:

- Estratos tabulares. Cuando las dos superficies de estratificación (techo y muro) son planas y paralelas entre sí.
- Estratos irregulares, con muro erosivo. Son estratos con gran extensión lateral, con un muro irregular y un techo plano, por lo que su espesor varía.
- Estratos acanalados. Con escasa extensión lateral y espesor muy variable, con una geometría interna semejante a la de la sección de un canal.
- Estratos en forma de cuña. Se trata de estratos limitados por superficies planas no paralelas entre sí, que terminan lateralmente por pérdida progresiva de espesor.
- Estratos lenticulares. Son discontinuos con el muro plano y el techo convexo. Una variante de estos son los estratos con forma biconvexa.
- De corrientes o de olas.

Estratos ondulados. Se caracterizan por ser continuos con muro plano y techo ondulado, con estructuras de rizaduras.

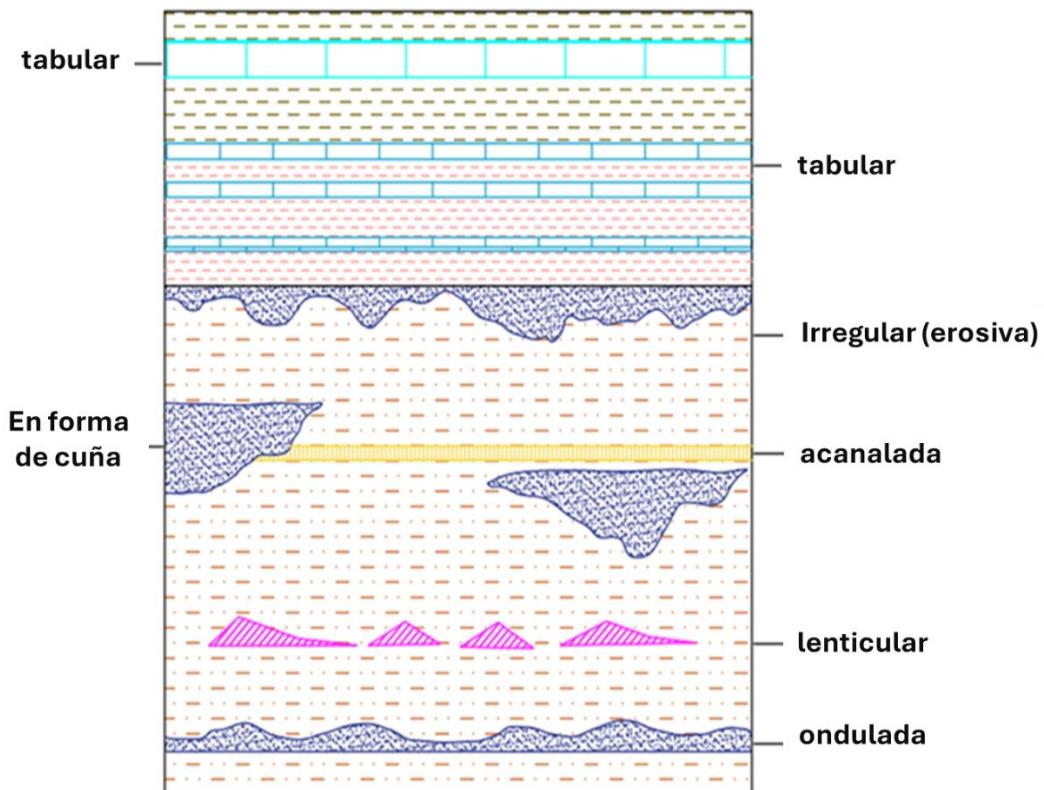


Figura 5. Tipos más simples de geometrías de estratos  
 Fuente: Vera, (1994)

### 2.2.3.2 TIPOS DE SUPERFICIES DE ESTRATIFICACIÓN.

Desde un punto de vista geométrico se diferencian varios tipos de superficies de estratificación. Un primer tipo son las superficies planas y el segundo las superficies irregulares que muestran un marcado carácter erosivo. De acuerdo con los rasgos geométricos de detalle de la propia superficie se pueden reconocer: superficies con estructuras de corrientes, superficies con pistas de organismos, superficies con estructuras de carga, superficies onduladas como en el caso de techos de estratos con estructuras de rizaduras, superficies bioturbadas afectadas por la acción de organismos que destruyen parcialmente la estructura interna del estrato y superficies nodulosas con una disposición en grumos o nódulos, especialmente visible en el techo de ciertos estratos (Vera, 1994).

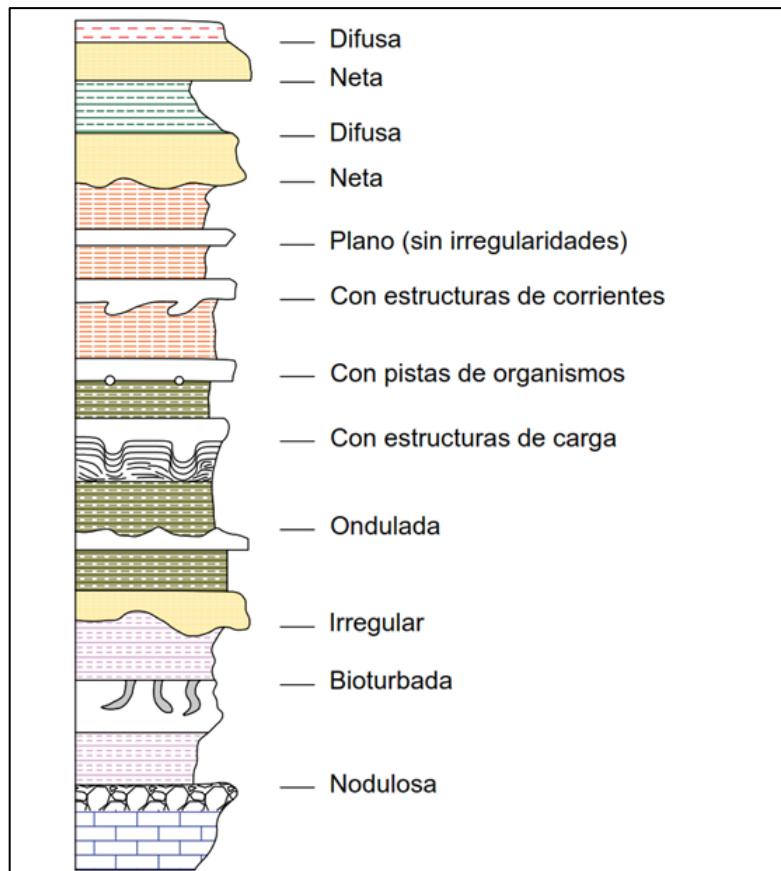


Figura 6. Tipos de superficies de estratificación.

Fuente: Vera, (1994)

#### 2.2.4 Estrato

El concepto de estrato, inicialmente formulado por Steno en el siglo XVII, lo describe como una capa rocosa o sedimentaria delimitada por superficies horizontales con continuidad lateral, representando una unidad temporal de deposición. (Vera, 1994), redefine este concepto como un cuerpo tabular de roca o sedimento de composición homogénea o gradual, depositado durante un intervalo temporal específico, cuyos límites inferiores y superiores pueden presentar contactos netos o transicionales con los materiales adyacentes.

#### 2.2.4.1 Medición de estratos.

Los estratos se depositan generalmente subhorizontales pero se presentan en la naturaleza con posiciones geométricas muy diversas, debido a deformaciones posteriores, especialmente a básculamiento y plegamiento.

Para expresar la posición espacial de un estrato o de una superficie de estratificación se recurren a dos medidas: la dirección y el buzamiento (figura 7). Se llama dirección de un estrato al ángulo que forma la línea horizontal contenida en el estrato (línea de dirección) con la coordenada geográfica nortesur, situadas ambas rectas en el mismo plano horizontal. Se expresa en grados medidos en el sentido de las agujas del reloj desde el norte. En las capas horizontales no se puede medir, ya que todas las líneas que se pueden trazar en el estrato están situadas en el plano horizontal. Se llama buzamiento al valor del diedro formado por el plano de la estratificación y el plano horizontal. En la práctica se recurre a medir el ángulo que forma la línea de máxima pendiente del estrato (la perpendicular a la línea de dirección) con su proyección en el plano horizontal. Se expresa en grados (desde 0 a 90°) y puesto que con el mismo valor numérico puede haber dos casos diferentes se añade una coordenada que indique hacia donde se hunde el plano. (Vera, 1994).

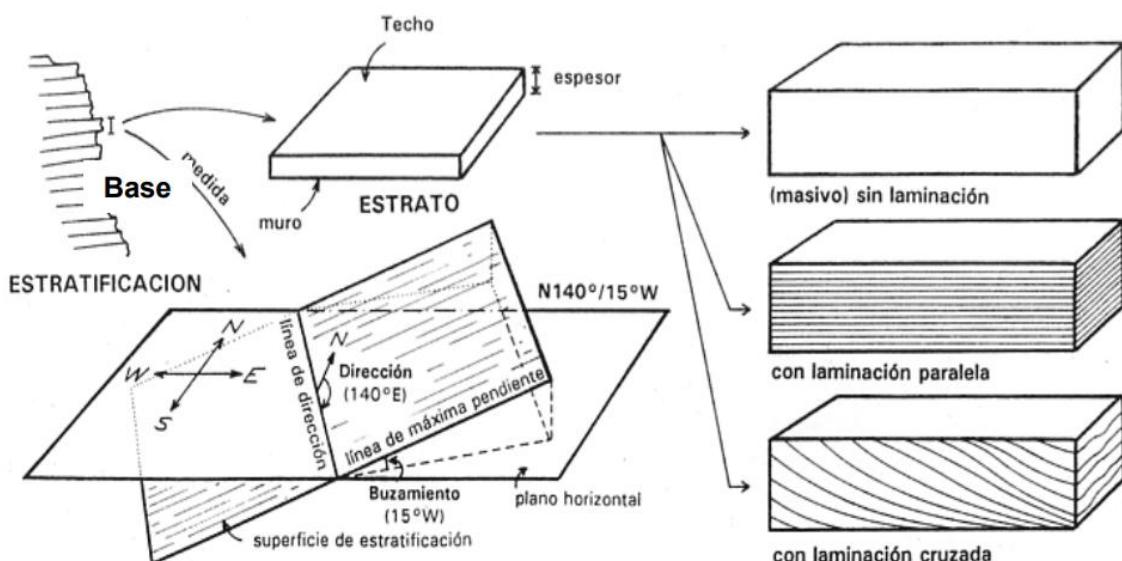


Figura 7. Rasgos de los estratos y medidas de la estratificación.

Nota. Para un estrato concreto se marcan: el techo, el muro, el espesor, los posibles ordenamientos internos y la medida de su posición espacial.

Fuente: Vera, (1994)

#### 2.2.4.2 Medida de espesores.

Se realiza usualmente mediante medidas parciales de los estratos y conjunto de estratos que forman la unidad. Las medidas realizadas en los casos más simples son de espesor total de la unidad, mientras que en otros casos de estudios más detallados se miden los espesores de todos los estratos que la forman para poder hacer estudios estadísticos de los mismos. Al mismo tiempo observa las características litológicas y dispositivos texturales granocrecientes o granodecrescentes.

El caso más simple de elaborar una sección estratigráfica y medida de espesores es el que se realiza en áreas con capas horizontales. Entre esta área se cumple rigurosamente el principio de la superposición por lo que para ver las litologías más antiguas hay que ir al punto topográficamente más bajo de la región.

A partir de ahí se inicia la elaboración y medida de espesores. Esta medida se puede realizar con un altímetro de precisión o con cinta métrica, en este último caso haciendo las medidas con una cinta completamente vertical llamada "Vara de Jacob" (cuando los estratos están inclinados), es un bastón de 1.5 metros de altura. (Vera, 1994).

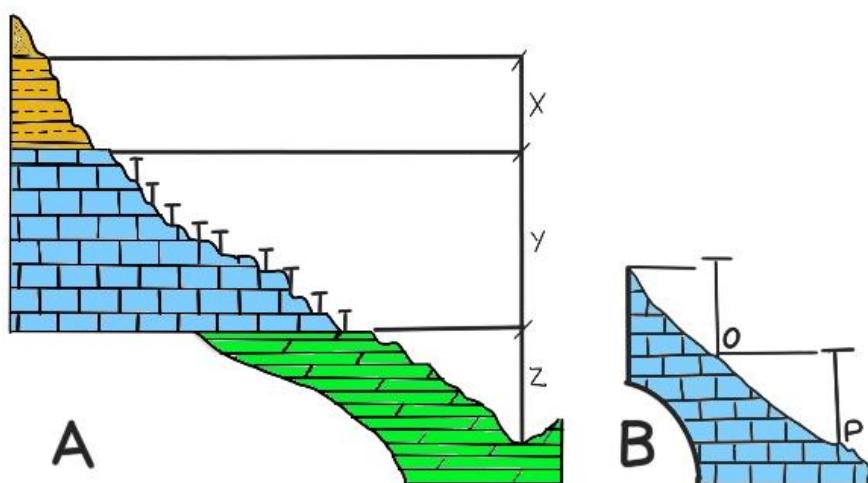


Figura 8. Método de medida con la vara de Jacob.

Nota. (A) Medida horizontal (X, Y, Z: Unidades litoestratigráficas). (B) Detalle de medida con la vara de Jacob en capas horizontales (P, Q, 1.5m que es la altura de la vara de Jacob)  
Fuente: Vera, (1994)

En la elaboración de secciones estratigráficas en áreas de capas plegadas la medida de espesores presenta más dificultad. La primera se resuelve colocando el instrumento de medida (cinta métrica o Vara de Jacob) perpendicularmente a las superficies de estratificación.

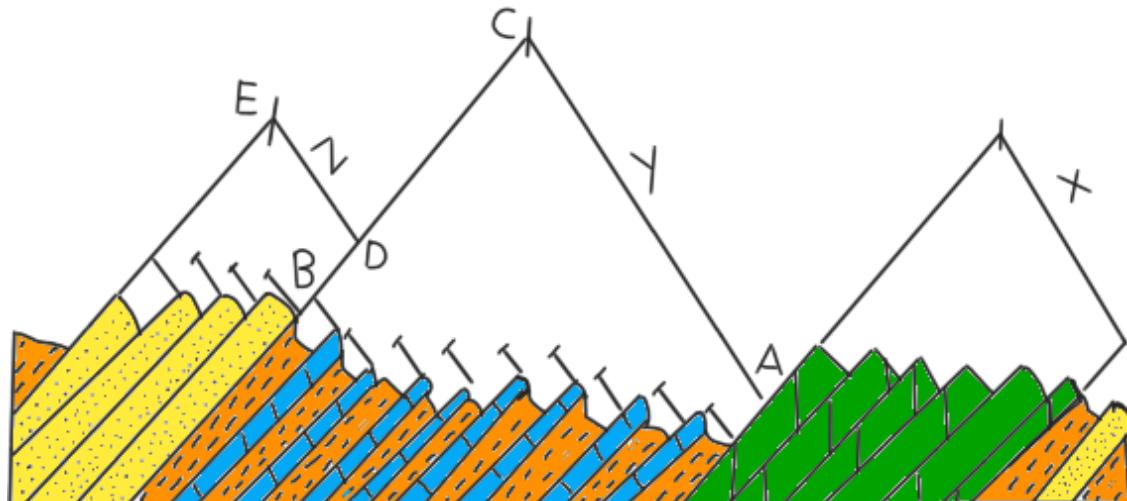


Figura 9. Medida de espesores de estratos inclinados.

Nota. Medida de espesores de estratos inclinados mediante medidas parciales sucesivas (X, Y, Z).

Fuente: Vera, (1994)

Controlando la dirección y buzamiento con medidas constantes y usando la Vara de Jacob.

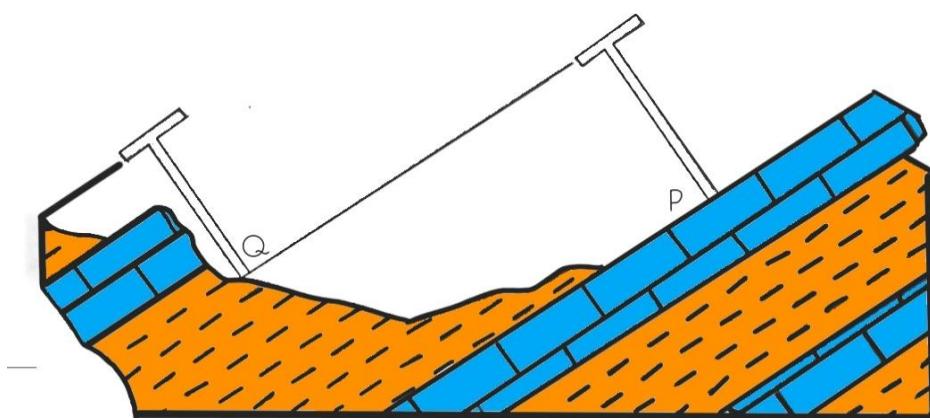


Figura 10. Medida con vara de Jacob en capas inclinadas.

Fuente: Vera, (1994)

Para calcular el espesor ( $A - C$ ) es necesario conocer el buzamiento ( $\alpha$ ) en la (figura 11) e inclinación de la línea A – B ( $\beta$ ). La resolución se hace trigonométricamente:

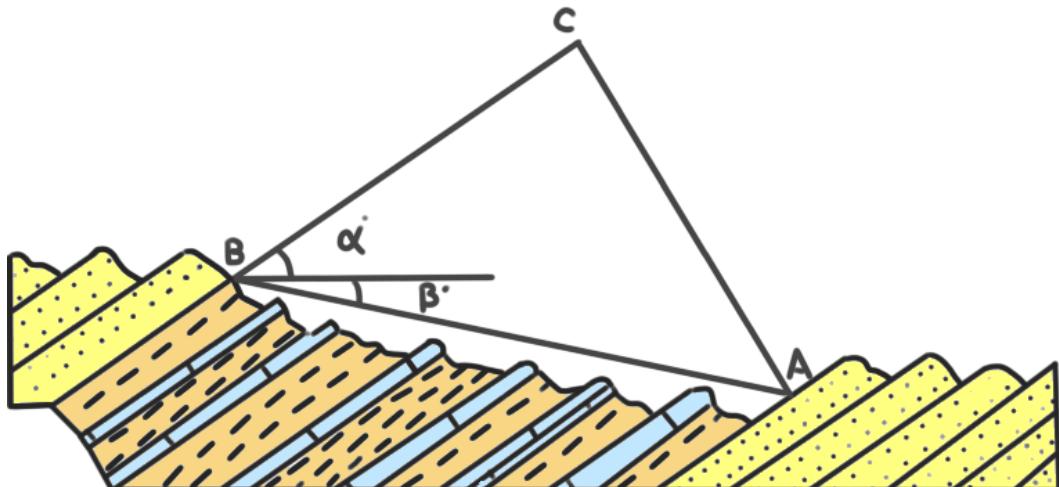


Figura 11. Medida de espesor teniendo como dato el buzamiento y pendiente.  
Fuente: Vera, (1994)

#### 2.2.4.3 Geometría de los estratos.

**Estratos tabulares:** Cuando las dos superficies de estratificación son planas y paralelas entre sí.

**Estratos irregulares:** Tienen la base erosiva (irregular) y un techo plano, con un espesor variable.

**Estratos en forma de cuña:** Están limitados por superficies planas no paralelas entre sí, lateralmente terminan con pérdida progresiva de espesor.

**Estratos acanalados:** presentan un espesor muy variable, con una geometría interna que semeja el relleno de un canal.

**Estratos lenticulares:** Son discontinuos con la base plana y el techo convexo.

**Estratos ondulados:** Son continuos con base plana y techo ondulado.

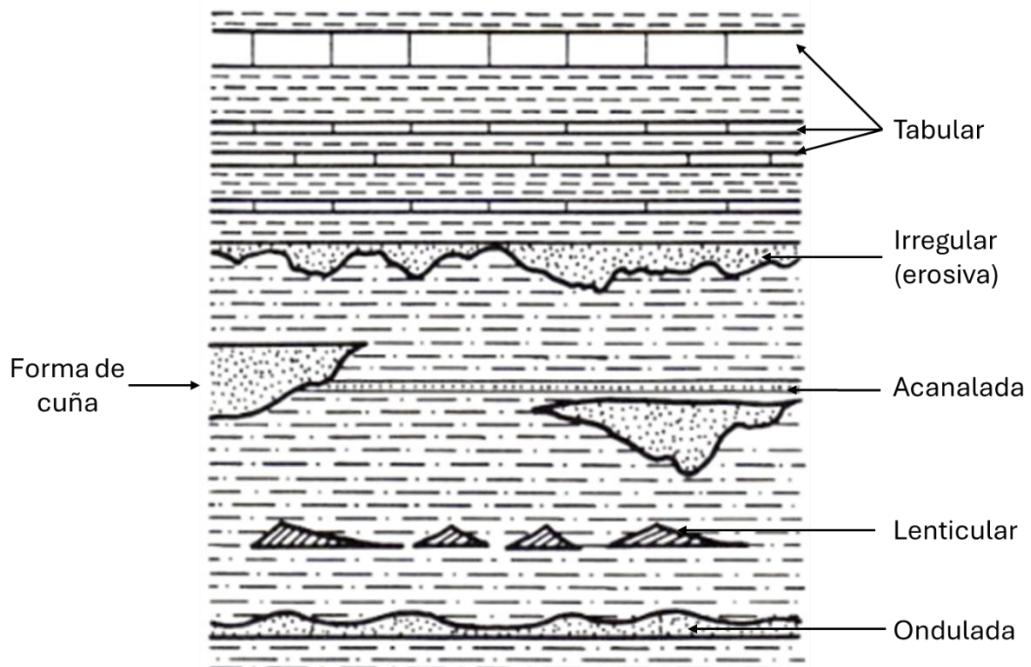


Figura 12. Geometría de estratos según continuidad y variación lateral.  
Fuente: Vera, (1994)

#### 2.2.4.4 Asociaciones de estratos.

Cuando se analizan conjuntos de estratos superpuestos se pueden realizar diversas clasificaciones basadas en criterios de tipo descriptivo, que en gran parte representan diversos tipos genéticos. Vera, (1994).

- **Uniforme:** Los espesores de los estratos sucesivos tienen todos unos valores análogos, con un valor real muy cercano a la media estadística de todo el conjunto.
- **Aleatorio o de Espesor Variable:** Los espesores de los diferentes estratos superpuestos son muy variables y no presentan ninguna ordenación definida.
- **Estrato creciente:** Los espesores tienen una ordenación en lotes de estratos con valores de espesores crecientes hacia el techo, dentro de cada lote (secuencia negativa).
- **Estrato decreciente:** Contrario al anterior, con disminución de los espesores de los estratos hacia el techo en cada lote (secuencia positiva).

- **En Haces:** Los espesores de los estratos se distribuyen por lotes de estratos de espesores uniformes dentro de cada lote y diferentes entre lotes.

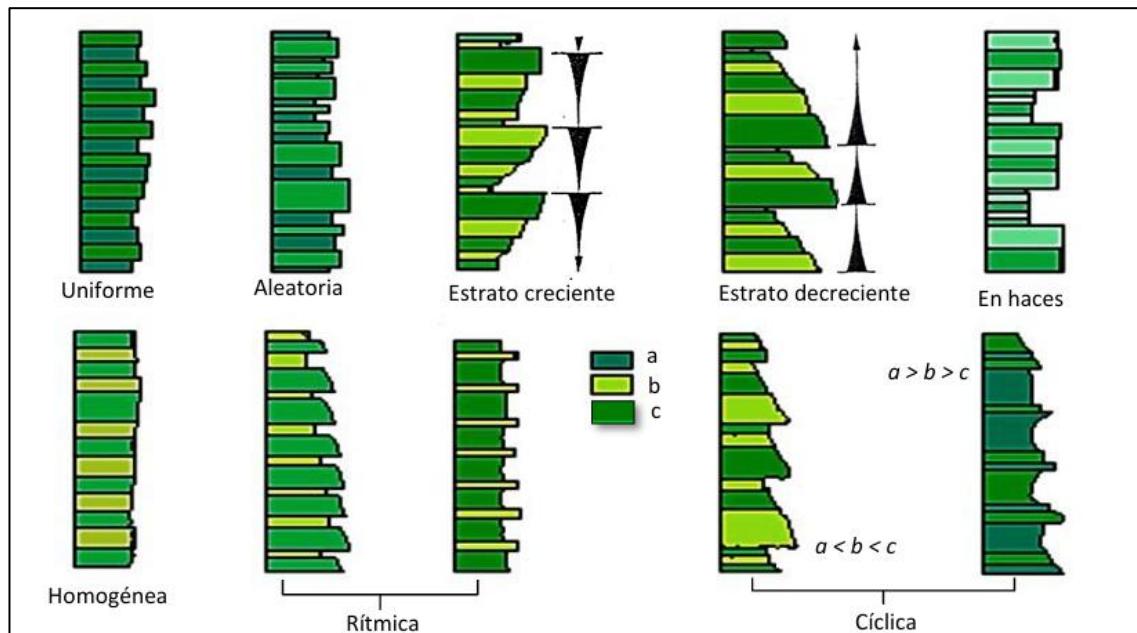


Figura 13. Tipos de asociaciones de estratos.

Fuente: Vera, (1994).

## 2.2.5 Estructuras sedimentarias

Disposición geométrica que adquieren los sedimentos durante los procesos de sedimentación, o en una etapa posterior muy próxima a su deposición (Cheel, 2005). Es por esto que las estructuras sedimentarias brindan valiosa información sobre los procesos mecánicos, químicos y biológicos que actuaron durante su acumulación, y durante el tiempo que estos sedimentos se encontraban en la superficie o cerca de ella (Pettijohn, 1957).

Por lo tanto, el análisis de las estructuras sedimentarias resulta fundamental, ya que permite inferir los mecanismos de transporte, las condiciones del flujo (ya sea turbulento o laminar, de alta o baja energía, unidireccional o bidireccional), la dirección de migración de los sedimentos, las características del sustrato, las condiciones paleoambientales, la polaridad de los estratos y su geometría.

## 2.2.5.1 Estructuras de Ordenamiento Interno

### 2.2.5.1.1 Estratificación paralela

La presencia de estratos paralelos sugiere comúnmente un ambiente de deposición en medio acuoso con condiciones de baja energía, donde predominan procesos sedimentarios estables. No obstante, McKee y Weir (1953) demuestran que esta estructura también puede formarse en ambientes de alto régimen energético, aunque en estos casos se caracteriza por una granulometría significativamente más gruesa, reflejando la mayor capacidad de transporte del medio.

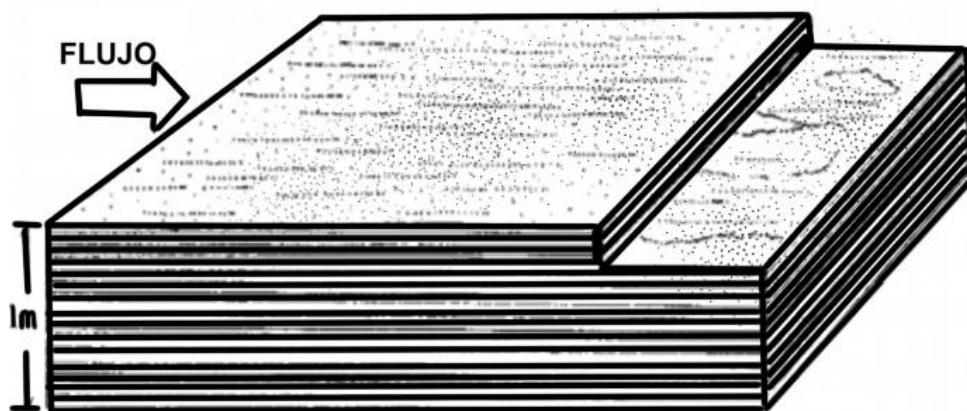


Figura 14. Estratificación horizontal y laminación paralela.

Nota. Formadas por transporte masivo de granos en fondo plano superior con régimen de flujo, alto.

Fuente: Harms, (1975)

### 2.2.5.1.2 Estratificación sesgada

La estratificación sesgada se caracteriza por la disposición de láminas sedimentarias en ángulos oblicuos (generalmente  $<30^\circ$ ) o formas cóncavas respecto a los planos de estratificación principal. Según McKee y Weir (1953), este fenómeno presenta un continuo de escalas: desde la laminación cruzada (a pequeña escala, observable en ripple marks) hasta la estratificación sesgada (a gran escala, visible en macroformas como dunas o deltas). Su génesis está asociada a procesos de migración de formas de fondo en ambientes dinámicos, como: frentes deltaicos en zonas de progradación marina, sistemas dunares

eólicos o subacuáticos, canales fluviales, y pequeñas rizaduras en zonas de flujo unidireccional o bidireccional.

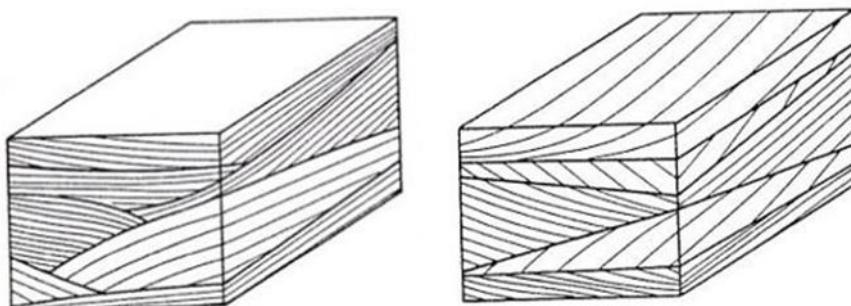


Figura 15. Clasificación de la Estratificación Sesgada de canal (izquierda) y estratificación Sesgada planar (derecha).

Fuente: McKee & Weir, (1953)

#### 2.2.5.1.3 Estratificación Flaser

Son lentes de lodo en una matriz de arena, se debe a condiciones variables en forma cíclica tanto del régimen hidráulico como del aporte de estos dos materiales (Balcázar, 2019).

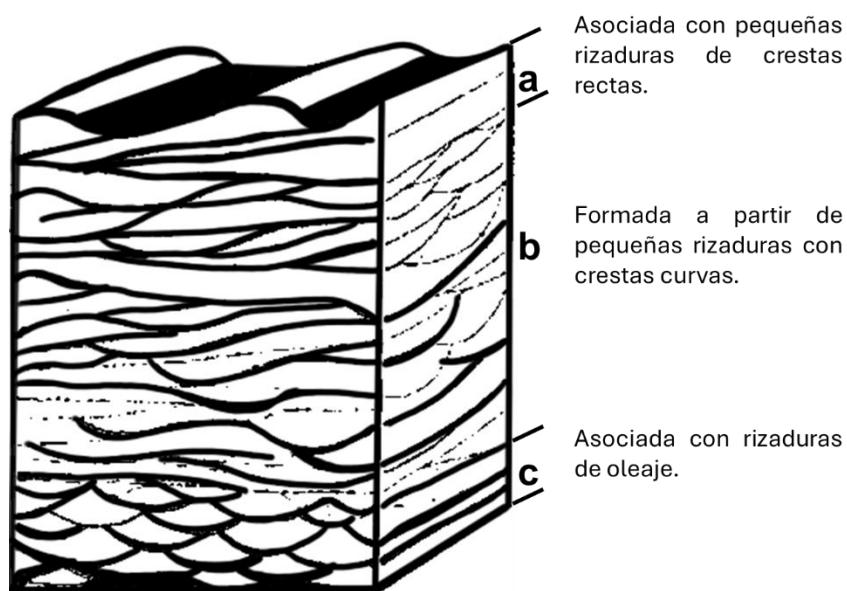


Figura 16. Tipos de Estratificación Flaser.  
Fuente: Caballero, (2015)

#### 2.2.5.1.4 Estratificación lenticular

Son lentes de arena en una matriz de lodo; se debe a condiciones variables en forma cíclica tanto del régimen hidráulico como del aporte de estos dos materiales (Balcázar, 2019).

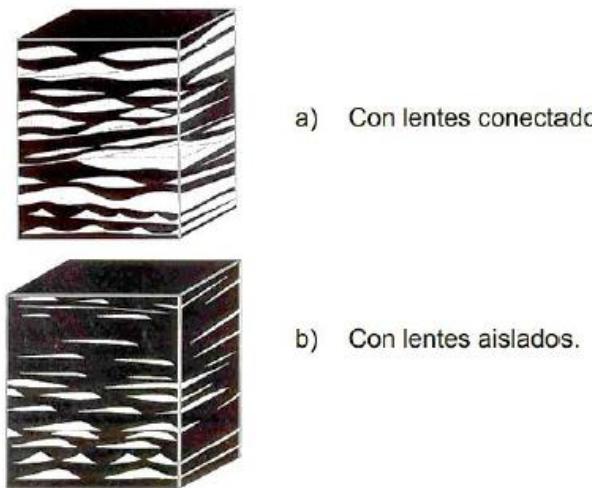


Figura 17. Tipos de Estratificación lenticular.  
Fuente: Caballero, (2015)

#### 2.2.5.1.5 Estratificación gradada

La estratificación gradada es una estructura sedimentaria caracterizada por una variación granulométrica progresiva dentro de un estrato individual, donde el tamaño de partícula disminuye gradualmente desde la base (material más grueso) hacia el techo (material más fino). Este patrón, descrito por Krumbein y Sloss (1969), resulta principalmente de procesos de decantación por pérdida de energía en corrientes transportadoras de sedimentos en suspensión.

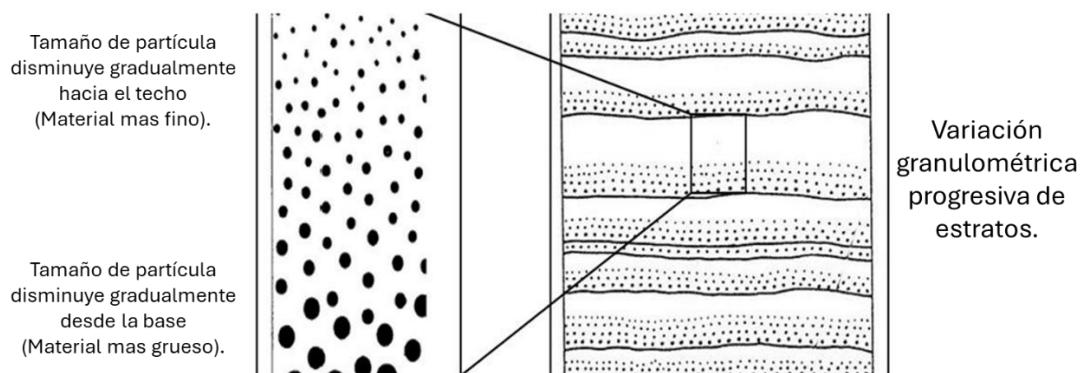


Figura 18. Estratificación Gradual  
Fuente: Krumbein & Sloss, (1969)

La velocidad de sedimentación de las partículas en un fluido depende del tamaño de la partícula, de su diferencia de densidad con el fluido y de la viscosidad del fluido, relación conocida como Ley de Stock. Es por esta situación que el tamaño de grano en una capa es usualmente variable (Bailey, 1930), y muchas capas muestran, desde la base al techo, patrones decrecientes en el tamaño de grano (gradación normal), un paulatino incremento del tamaño de grano (gradación inversa), o un estrato que muestra gradación inversa-normal (Fig. 19).

### **Gradación normal**

Es la forma de gradación más común, caracterizada por la acumulación de partículas gruesas en la base y finas hacia el techo del estrato. Este patrón se genera durante la deposición de flujos en declive: a medida que el flujo pierde velocidad, las partículas más grandes y pesadas sedimentan primero, seguidas por las más finas. La gradación normal es típica de depósitos originados por corrientes turbidíticas y por corrientes tormentosas. (Gaibor, 2019).

### **Gradación Inversa**

Este tipo de arreglo es frecuente durante etapas de aceleración de corrientes de densidad, donde la concentración de partículas y la capacidad de transporte como carga de lecho de poblaciones granulométricas de mayor tamaño se incrementa hacia el techo del estrato, (Branney y Kokelaar, 1992; 2002) (Figura 19).

Esto puede ocurrir a través de un estrato o en los primeros centímetros de la base del estrato, seguido por gradación normal.

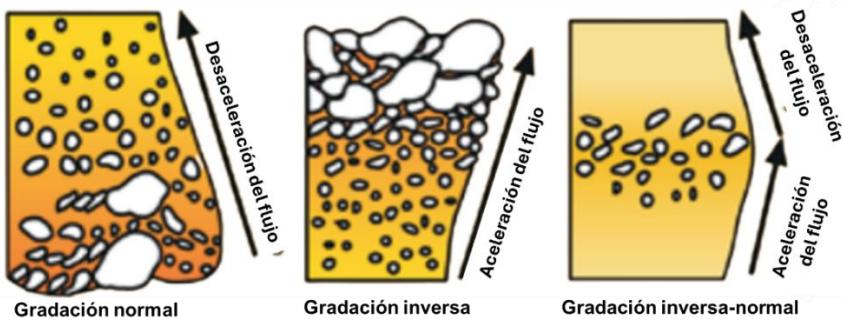


Figura 19. Tipos de gradación y características del flujo que las origina.  
Fuente: Nemec, (1990)

### 2.2.5.2 Estructuras de Deformación

#### Estructuras de carga (load marck)

Las estructuras de deformación se originan por procesos no tectónicos post sedimentarios ya que actúan en las primeras etapas de compactación del depósito. Aparecen como relieves de forma irregular que sobresalen del muro de los estratos, en especial de areniscas. Su génesis es la respuesta a "inestabilidades gravitacionales" originadas por el depósito de sedimentos relativamente densos sobre otros de menor densidad. (Krumbein & Sloss, 1969).

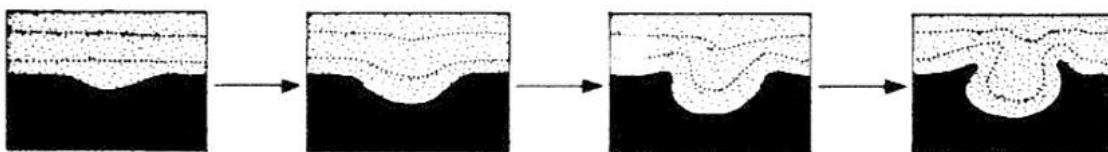


Figura 20. Proceso de las estructuras de carga (load marck/load cast)  
Fuente: Krumbein & Sloss, (1969)

### 2.2.5.3 Estructuras de Corriente

#### Marcas de flauta (flute marks)

Estructuras de erosión formadas por corrientes turbulentas que generan surcos alargados y asimétricos en la dirección del flujo. Su preservación es poco común en limolitas debido a su alta susceptibilidad a la erosión, siendo más frecuente observar sus contramoldes (casts) en la base de estratos arenáceos suprayacentes. (Krumbein & Sloss, 1969) Constituyen excelentes indicadores de: Polaridad estratigráfica (techo/muro) Dirección y sentido de paleocorrientes.

## Grietas de desecación (mud cracks)

Estructuras de contracción que se desarrollan en sedimentos arcillosos debido a la pérdida de agua por evaporación. Presentan un patrón poligonal característico y son útiles para: Determinar polaridad estratigráfica, identificar ambientes subaéreos o someros y reconstruir condiciones paleoclimáticas. Su distribución típica incluye llanuras de inundación fluviales, márgenes lacustres y zonas intermareales superiores (Krumbein & Sloss, 1969).

## Rizaduras (ripple marks)

Morfologías bedforms generadas por: Corrientes unidireccionales de baja energía y Acción oscilatoria del oleaje. Presentan crestas paralelas a la dirección perpendicular al flujo y muestran una evolución morfológica según la energía: Crestas rectilíneas (flujos de baja velocidad), crestas sinuosas (mayor energía) y formas linguloides (flujos más intensos). Su análisis permite interpretar: Dirección de paleocorrientes, Régimen hidrodinámico y profundidad del ambiente sedimentario (Krumbein & Sloss, 1969).

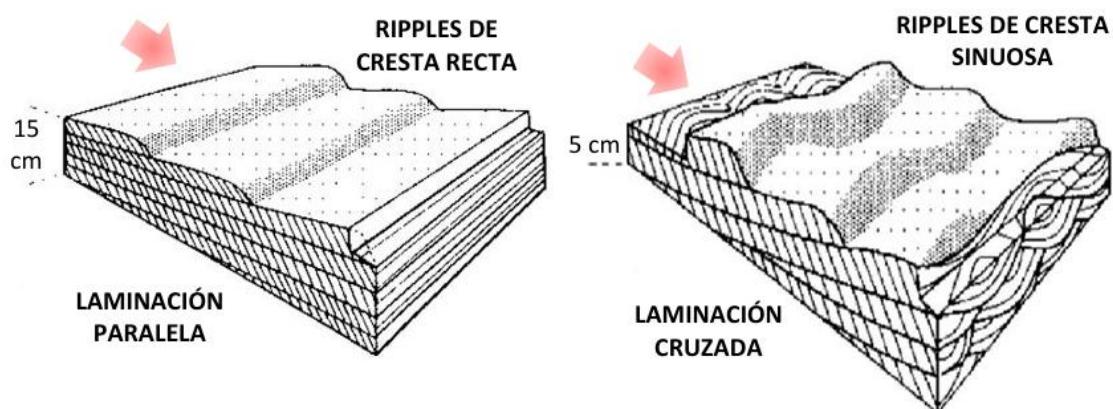


Figura 21. Formación de los Ripples Mark  
Fuente: Krumbein & Sloss, (1969)

#### **2.2.5.4 Estructuras sedimentarias según su génesis**

Las estructuras sedimentarias son rasgos morfológicos presentes en las rocas sedimentarias que proporcionan información clave sobre los procesos de formación, el ambiente deposicional y las condiciones post-deposicionales. Según su génesis, pueden clasificarse en tres grupos principales:

##### **Estructuras Primarias (Sin-deposicionales)**

Se forman durante la sedimentación, por procesos físicos, químicos o biológicos en el momento del depósito.

- Ripples (ondulaciones).
- Estratificación sesgada.
- Grietas de desecación.
- Marcas de oleaje.
- Huellas de organismos (bioturbación).

##### **Estructuras Secundarias (Post-deposicionales):**

Se generan inmediatamente después de la depositación, antes de la litificación, por deformación, compactación o escape de fluidos.

- Moldes de carga
- Laminación convoluta
- Pseudonódulos.

##### **Estructuras Diagenéticas:**

Se desarrollan durante o después de la litificación, por procesos químicos o físicos asociados a la compactación, cementación o alteración de la roca.

- Estilolitos (surcos por disolución química).
- Nódulos (ej. pirita, sílex).
- Concreciones.

Tabla 1. Estructuras sedimentarias de deposición comunes.

Estructura sedimentaria	Características	Procesos
Laminación	La continuidad, la variación, el color	La variación en la compactación.
Estratificación	Continuidad, repeticiones, variación de espesor	Condiciones variables
Gradación	Normal o inversa	Corrientes crecientes y decrecientes
Olas formando ondulaciones	Tridimensional, escalada o no. Asociado a otras estructuras	Olas
Corrientes formando ondulaciones	Tridimensional, estructuras asociadas, paleocorrientes	Corrientes unidireccionales
Ondas de impacto	Tamaño, la orientación	Eólico
Estratificación lenticular	Ola o corriente que forma ripples. Cambios verticales y si es parte de	Fluctuación entre las corrientes de transporte y
Estratificación flaser	un afinado o engrosamiento, tendencia hacia arriba.	depositación sedimentación a partir de suspensión
Líneas de corriente	Proporciona una medida directa de paleocorriente.	Régimen de flujo superior.
Laminación planar	La continuidad, la naturaleza (Composición o tamaño de grano), presencia de líneas de corriente.	Transporte por corrientes u olas (régimen de flujo superior o inferior)
Laminación sesgada	Estructura sedimentaria resultante de corriente u olas. Se interrumpe por una superficie erosional	Desaparición de las olas o corrientes que forman la ondulación
Grietas de desecación	Paleosuelos y otra evidencia de la exposición subaérea	Exposición subaérea

Fuente: Tomado de Coe, (2010)

Tabla 2. Estructuras sedimentarias de erosión comunes y sus procesos de formación.

Estructura	Características a observar	Procesos
Flute casts	Orientación ofrece dirección paleocorriente	Remolinos turbulentos de una corriente turbia
Tool marks incluyendo a groove cast	Orientación de algunos proporciona dirección paleocorriente	Características producidas por la erosión y el arrastre de clastos más grandes por las corrientes.
Scours	Possible asociación con superficie de erosión	La erosión de las corrientes o las olas.
Canales	Se evidencia a lo largo hasta el nivel-base, posible cambio de marino a fluvial o incisión submarina.	La erosión a gran escala a partir del flujo.

Fuente: Tomado de Coe, (2010)

Tabla 3. Estructuras comunes pre sedimentarias y sus procesos de formación.

Estructura	Características	Procesos
<b>Estructuras pre sedimentarias</b>		
Nódulos (antes de diagénesis)	Los nódulos antes de la diagénesis son ovoides y las láminas - estratos se vuelven poco a poco más separados cerca al centro del nódulo.	Los cambios en la química del agua intersticial unos pocos centímetros a metros debajo de la interfaz sedimento –agua.
Deformación, laminación convoluta	Medida, cualquier sentido de dirección de movimiento, sea posible la erosión	Alta velocidad de sedimentación, cambio en la presión del agua intersticial o terremotos u otra perturbación estructural.
Slumps y slides	Estructuras de carga (load casts)	Estructuras de evacuación de agua, formadas donde la tasa de sedimentación es alta,
Estructuras almohadilladas (ball and pillow)	Características de deshidratación	

Fuente: Tomado de Coe, (2010)

Tabla 4. Estructuras comunes sin- sedimentarias y post- sedimentarias y sus procesos de formación.

Estructura	Características	Procesos
Estructuras durante la sedimentación		
Nódulos (post- diagénesis)	El tamaño, composición. Los nódulos post- diagénesis tienen alta esfericidad. Ellos a menudo preservan otra sedimentación.	Los cambios en la química del agua intersticial de 10cm a 10m debajo de la interfaz sedimento- agua.
Estructuras post- sedimentación		
Anillos de liesegang	Otra evidencia de la diagénesis	Última etapa de circulación del fluido intersticial.
Dendritas		
Estructuras por presión de solución (ejemplo Estilolitas)	Se extienden lateral y verticalmente.	Sedimentos compactados y movimiento de fluidos. Su presencia depende de la química de los depósitos sedimentarios y el agua de poros, así como la cantidad de presión

Fuente: Tomado de Coe, (2010)

## 2.2.6 Columnas estratigráficas

Una columna estratigráfica es un modelo bidimensional que representa la disposición vertical de las capas rocosas (estratos) en un área determinada, reflejando su orden de deposición, propiedades litológicas y relaciones temporales. Con el propósito de sintetizar información geológica para interpretar ambientes deposicionales, historia sedimentaria, correlaciones regionales y eventos tectónicos o paleoclimáticos. Los componentes de la columna estratigráfica son:

- Escala vertical: Representa el espesor real (métrica o porcentual).
- Símbolos litológicos: Patrones estandarizados para rocas (ej. areniscas, limolitas, calizas).
- Contactos estratigráficos: Líneas que indican transiciones (concordantes, discordantes, erosivos).

- Fósiles guía y estructuras sedimentarias (ej. estratificación sesgada, bioturbación).

Hay que considerar las limitaciones y consideraciones de sesgos de exposición, en cuanto hubiese afloramientos incompletos o que estén cubiertos por vegetación y la variabilidad diagenética que son alteraciones post deposicionales que modifican la litología original. ICS, (2023).

### 2.2.7 Clasificación de las Areniscas

Un aspecto crucial en la elaboración de un sistema de clasificación para las areniscas es la selección adecuada de los criterios que lo fundamentarán. En este tipo de rocas, diversos autores han propuesto múltiples enfoques, basados en un conjunto relativamente amplio de parámetros, tales como la composición de los clastos, el porcentaje de cemento o matriz, el grado de alteración y las estructuras sedimentarias, entre otros (Krynine, 1948). Cabe destacar que ninguno de estos trabajos ha considerado todos estos parámetros de forma simultánea (Scasso, 1997). En la práctica, sin embargo, dos características de las areniscas han demostrado ser especialmente útiles para su clasificación (Pettijohn et al., 1987; Folk, 1974).

• **Composición de los clastos:** se utiliza como un indicador de la procedencia. Aunque su significado pueda parecer evidente, es importante destacar que la composición química de los clastos no depende exclusivamente del área fuente. Durante el transporte prolongado, pueden producirse modificaciones significativas en su composición, incluyendo la eliminación selectiva de ciertos componentes. Estos cambios pueden deberse, entre otros factores, a los mecanismos de sedimentación y erosión que actúan sobre los materiales en tránsito.

• **Porcentaje de matriz:** ha sido considerado en diversas clasificaciones como un indicador del grado de fluidez de las corrientes que depositaron las areniscas. En este sentido, aquellas con bajos porcentajes de matriz suelen interpretarse como resultado de corrientes altamente fluidas, mientras que las que presentan un contenido significativo de material intersticial reflejarían la acción de corrientes más viscosas.

Teniendo en cuenta estos dos criterios fundamentales, numerosos autores han propuesto distintos sistemas de clasificación. Entre ellos destacan Pettijohn et al. (1987), quienes desarrollaron el método de clasificación adoptado en el presente estudio.

#### **2.2.7.1 Clasificación según Pettijohn (1987).**

Como base para su clasificación, los autores Pettijohn et al. (1987) consideran cuatro componentes principales: tres de carácter composicional, cuarzo, feldespato y fragmentos de roca, y uno relacionado con el contenido de matriz detrítica.

En su estudio, Pettijohn et al. (1987) realizan un análisis crítico de las nomenclaturas previamente utilizadas, abordando la precedencia de los términos y su uso original. A partir de ello, proponen una terminología que guarda similitudes con la planteada por Folk (1980).

La clasificación desarrollada por Pettijohn et al. (1987) se representa mediante tres diagramas triangulares, mostrados en la figura 22. Los dos primeros triángulos corresponden a diferentes familias de areniscas, mientras que el tercero está destinado a las limolitas, un tipo de roca sedimentaria clástica que no forma parte de las areniscas.

Las areniscas se clasifican en dos familias:

- Familia de Arenitas: Se ubican en la clasificación de (Pettijohn et al., 1987), con porcentaje de matriz menor al 15 % y está subdividida en cinco tipos de arenitas: arenita cuarzosa (cuarzoarenita), arenita lítica (litarenita), sublitarenita, arenita feldespática (arcosa) y subarcosa.
- Familia de Grauvacas: son rocas con más del 15 % de matriz y menos del 75 % de matriz detrítica y en general con menos del 75 % de cuarzo. De acuerdo a la composición, las grauvacas se dividen o se clasifican en grauvaca cuarzosa (cuarzovaca), grauvaca feldespática y grauvaca lítica.

### 2.2.7.1.1 Procedimiento para utilizar la clasificación de Pettijohn, Potter y Siever 1987

En la clasificación de (Pettijohn et al. 1987), la matriz define el tipo de triángulo a utilizar, es decir, si la matriz es menor que 15 %, la roca que se está clasificando pertenece a la familia de las arenitas que conforman el primer triángulo; si la matriz está comprendida entre 15 % y 75 %, la roca pertenece a la familia de las grauvacas y, finalmente, si la matriz es mayor que 75 %, la roca pertenece a las arcillitas. El tamaño de grano de la roca que se esté clasificando, ya sea arenita o grauvaca, define si la misma es de arena muy gruesa, arena gruesa, arena media, arena fina y arena muy fina. Para determinar si un tipo de roca pertenece a uno de los cinco tipos de arenitas o si pertenece a uno de los tres tipos de grauvaca se debe realizar un análisis que depende de los componentes de clastos, los cuales están integrados por: porcentaje de cuarzo, porcentaje de feldespatos y porcentaje de fragmentación de roca. Cabe destacar, que estos 3 porcentajes deben totalizar un 100 %, indiferentemente del caso.

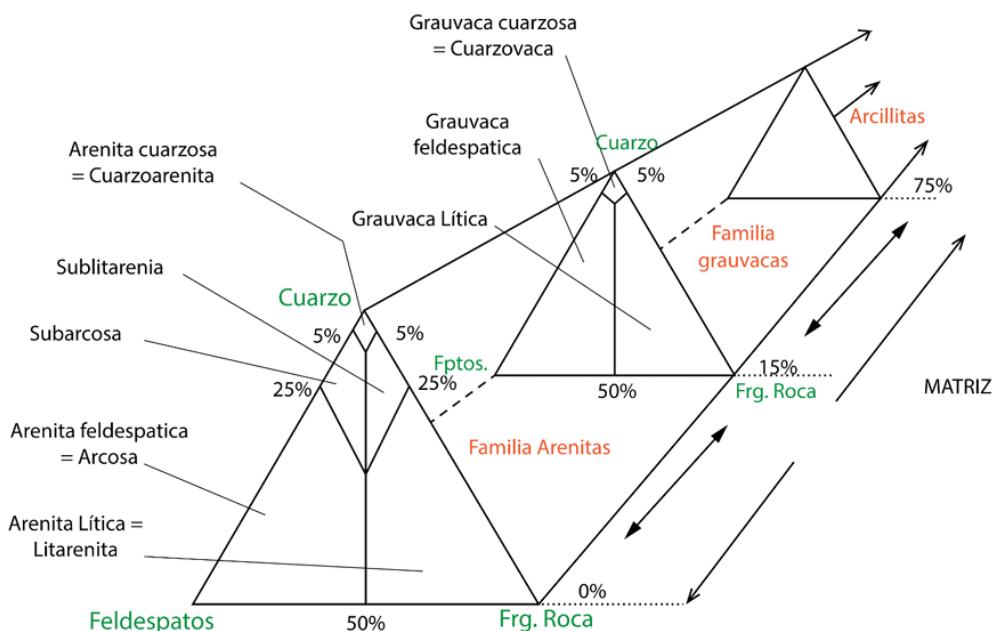


Figura 22. Clasificación de areniscas  
Fuente: Tomado de Pettijohn, (1987)

A continuación, en la tabla 5 se muestra un resumen de dicha interpretación, la cual muestra cada uno de los tipos de roca, el intervalo de porcentaje de matriz, los intervalos de porcentaje de cuarzo, porcentaje de feldespato y porcentaje de

fragmentación de roca, que puede tener cada una de las arenitas, grauvacas y arcillitas.

Tabla 5. Valores correspondientes a cada tipo de roca, tomando en cuenta la clasificación de Pettijohn et al. (1987).

<b>Tipo de familia</b>	<b>Tipo de roca</b>	<b>Cuarzo (%)</b>	<b>Feldespatos (%)</b>	<b>Fragmentos de roca (%)</b>	<b>Matríz (%)</b>
ARENITAS	Cuarzoarenita	C > 90	0 < F < 5	0 < Fr < 5	
	Sublitarenita	50 < C < 95	0 < F < 25	5 < Fr < 25	
	Subarcosa	50 < C < 95	5 < F < 25	0 < Fr < 25	
	Arcosa	0 < C < 75	25 < F < 100	0 < Fr < 50	Matriz < 15
	Litarenita	0 < C < 75	0 < F < 50	25 < Fr < 100	
GRAUVACAS	Cuarzovaca	C > 90	0 < F < 5	0 < Fr < 5	
	Grauvaca feldespática	0 < C < 95	5 < F < 100	0 < Fr < 50	15 < Matriz < 75
	Grauvaca lítica	0 < C < 95	0 < F < 50	5 < Fr < 100	
ARCILLITAS	Arcillitas				Matriz > 75

Como se mencionó, el método dispone de 3 triángulos. Los dos primeros triángulos tendrán en cada una de sus aristas un componente, como se puede observar en la figura 22. La figura 23 muestra un diagrama triangular en el que cada vértice del triángulo corresponde al 100 % del componente, y por tanto el 0 % de los otros dos. El componente A es el cuarzo, el componente B es el feldespato y el componente C es el fragmento de roca. Cada arista es un diagrama binario de los dos componentes que figuren en sus extremos, y obviamente con el 0 % del tercer componente (el vértice opuesto). Cada punto del interior representa tres valores de porcentajes que son directamente proporcionales a las distancias de las aristas opuestas al vértice. Además, pueden observarse ciertas divisiones horizontales y oblicuas, las cuales tienen el objetivo de facilitar la ubicación de una roca en el diagrama, es decir, sirven únicamente como referencia.

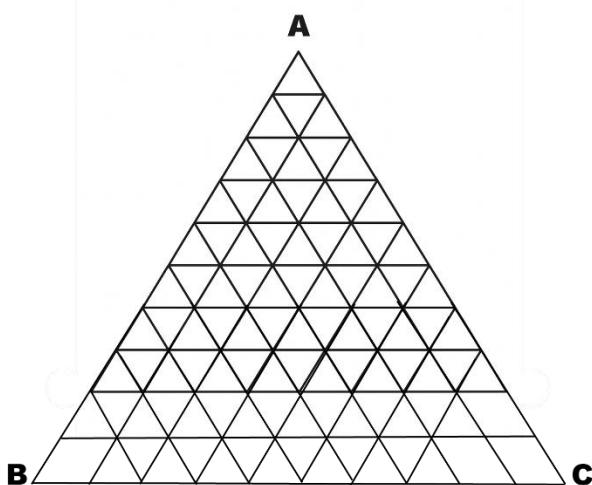


Figura 23. Diagrama triangular.

En la figura 23, las divisiones antes mencionadas representan referencias múltiplos de 10, ya que la distancia de un vértice a la arista opuesta ha sido dividida en 10 partes iguales, y por sus valores se han trazado paralelas a dicha arista. De este modo, el triángulo queda dividido en 100 triángulos equiláteros menores, dentro de los cuales los márgenes de variación de A, B y C, son del 10 %. Para cada punto de unión de tres rectas, la suma de los tres porcentajes (A, B y C) es siempre 100. En cada unión, dependiendo de la parte del triángulo donde se encuentre, se define el tipo de roca.

### **Ejemplo de clasificación de areniscas**

Para una sección fina de roca que está siendo observada en el microscopio, se tiene que sus componentes de clastos están determinados por los siguientes valores:

- % Cuarzo total: 89
- % Fragmentos de roca: 3
- % Feldespatos: 8
- % Matriz: 20

El primer dato que se debe evaluar es el porcentaje de matriz, que en este caso es de 20 %. Por ello, de la figura 22 y tabla 5, se tiene que el triángulo correspondiente es el de la familia de las grauvacas. Luego se procede a

determinar el tipo de grauvaca de acuerdo a los valores que presentan sus componentes (cuarzo, feldespato, fragmentos de roca).

El porcentaje de cuarzo, que corresponde al vértice A de la figura 24, se representa en líneas paralelas al lado opuesto, es decir, el lado conformado por las aristas B y C. El porcentaje de feldespato, que corresponde al vértice B, se representa en líneas paralelas al lado opuesto, es decir, al lado definido por los vértices A y C. Finalmente, el porcentaje de fragmentos de roca, que corresponde al vértice C, se representa en líneas paralelas al lado opuesto conformado por los vértices A y B.

En la figura 24, la línea punteada horizontal representa el 89 % de cuarzo, la línea punteada paralela a la arista AB representa el 3 % de fragmentos de roca, mientras que la línea punteada restante representa el 8 % de feldespato. El punto de intersección de las tres líneas punteadas pertenece a la región identificada como “grauvaca feldespática”, y, por lo tanto, el tipo de roca que se está clasificando se identifica como una grauvaca feldespática.

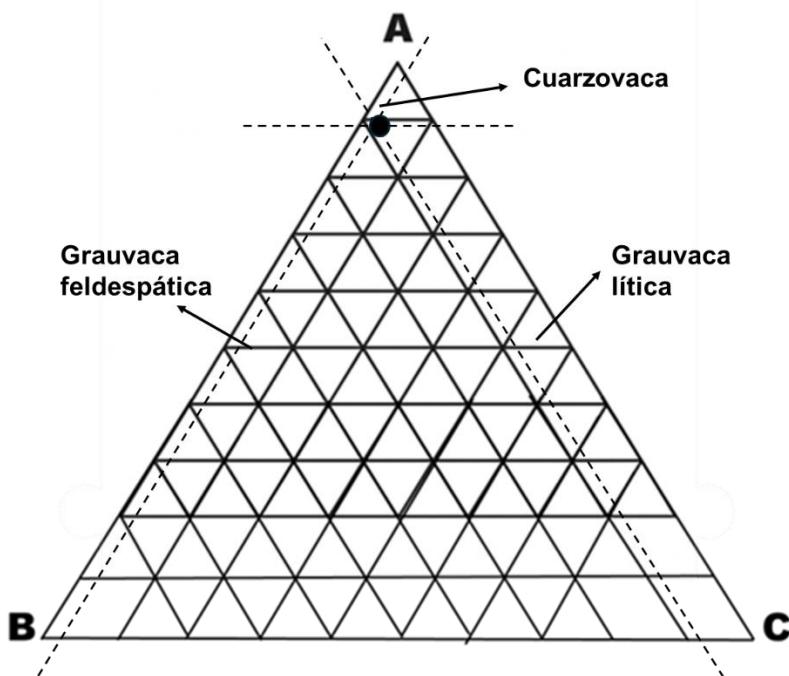


Figura 24. Representación de la roca del ejemplo en el diagrama triangular.

## 2.2.7.2 Clasificación de las Areniscas Según Folk (1974)

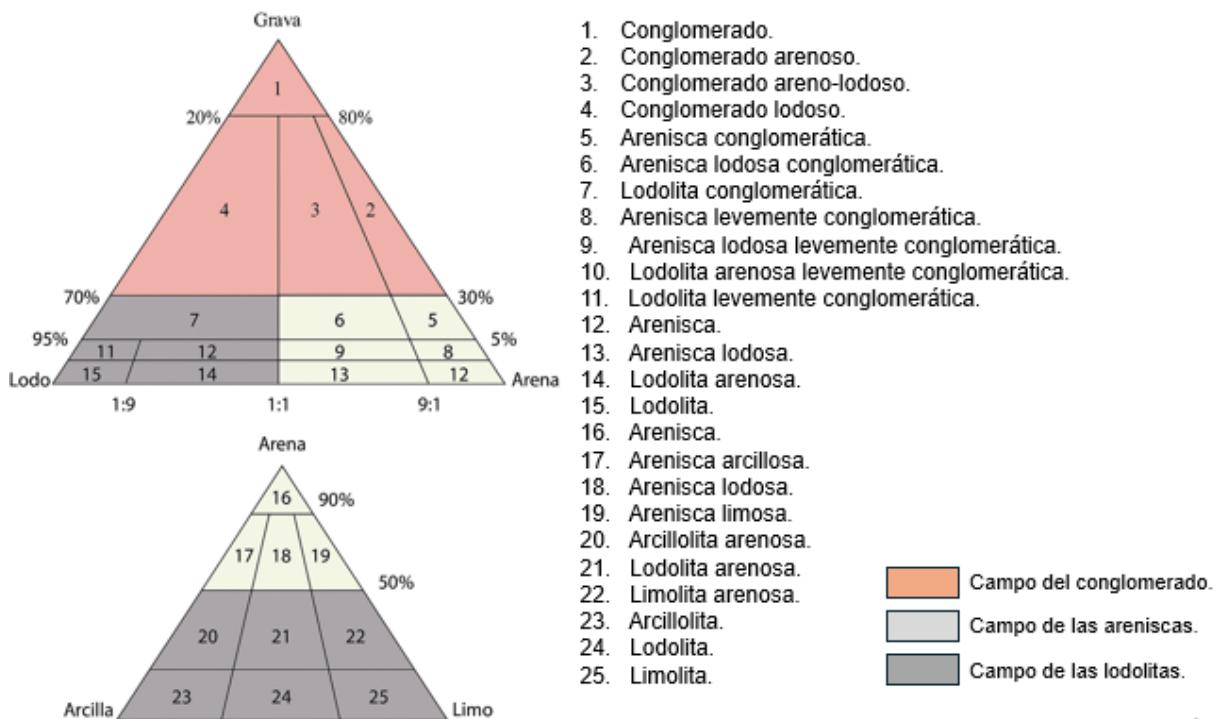


Figura 25. Clasificación textural de areniscas.

Fuente: Folk, (1974)

## 2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

**Cuenca sedimentaria:** Región cóncava de la corteza terrestre limitada por arcos estructurales o cadenas montañosas, donde se produce la acumulación de materiales fragmentarios o la precipitación de sustancias disueltas en las aguas que cubre la mencionada región. (Dávila, 2011).

**Sedimento:** material fragmentario originado por la erosión y/o alteración de las rocas preexistentes susceptible de ser transportado y depositado en los fondos marinos, fondos lacustres y depresiones continentales. (Dávila, 2011).

**Superficie de estratificación:** superficie que separa dos estratos consecutivos de una secuencia sedimentaria. (Dávila, 2011).

**Ambiente sedimentario:** Conjunto de factores que permiten la depositación de sedimentos y que por procesos posteriores dará como resultado un cuerpo de rocas definibles. (Piscote 2014).

**Estructuras sedimentarias:** Son la disposición geométrica de los elementos que constituyen un sedimento. Son una cualidad importante de las rocas sedimentarias que permiten deducir los procesos, las condiciones de depósito, la dirección de las corrientes y los estratos que les dieron origen. Se forman a través de procesos físicos y/o químicos (inorgánicos) antes, durante y después del depósito (Reineck, 1975).

**Facies sedimentarias:** Conjuntos de características litológicas, estructurales y paleontológicas de un cuerpo sedimentario, que reflejan la interacción de procesos físicos, químicos y biológicos en un ambiente de sedimentación determinado. (Boggs, 1987).

**Sucesión Estratigráfica:** Se trata de estudiar los materiales del estrato, la delimitación de la unidad, ordenación temporal, a fin de levantar una serie estratigráfica de los estratos de la localidad, lo más exacta posible. La ordenación temporal se lleva a cabo colocando los más antiguos abajo y los más modernos arriba. (Dávila 2011).

**Transgresión:** Movimiento horizontal tierra adentro de la línea de costas o como un avance o extensión del mar sobre áreas en las que anteriormente había

depósito (o erosión) continental debido a una elevación brusca del nivel relativo del mar. (Vera, 1994).

**Regresión:** Movimiento horizontal mar adentro de las líneas de costa o como un avance o extensión de áreas con depósitos costero y/o continental sobre áreas anteriormente ocupadas por el mar debido a un descenso brusco del nivel relativo del mar. (Vera, 1994).

**Secuencia:** Sucesión de acontecimientos realizados en el tiempo y en el espacio los cuales se manifiestan por los rasgos dejados en el paisaje. Ej. secuencia estratigráfica, secuencia de acontecimientos tectónicos, etc. (Dávila 2011).

**Intervalo:** Es un cuerpo de estratos, comprendido entre dos niveles estratigráficos guía. Un intervalo geocronológico es el lapso que media entre dos sucesos geológicos. (Hedberg & Hollis, 1980).

**Nomenclatura estratigráfica:** Se refiere a los nombres propios dados a unidades estratigráficas determinadas: por ejemplo, Formación Carhuáz, Formación Farrat. (Hedberg & Hollis, 1980).

**Ciclo eustático:** Intervalo de tiempo en el cual ocurrió una subida y una bajada del nivel del mar. El reconocimiento de los ciclos eustáticos implica el poder diferenciar los ciclos debido a factores locales y regionales (especialmente de origen tectónico) de los globales. (Oyarzún, 2009).

**Depósito:** Asentamiento de las partículas en movimiento (suspensión de la acción de transporte) debido a un cambio de velocidad en el medio de transporte. De acuerdo al tamaño de las partículas y la velocidad de transporte, algunas partículas se depositan primero en tanto que otras pueden continuar en movimiento. (Dávila, J. 2011).

**Acumulación:** Formación de capas debido a eventos sucesivos de depósito. El depósito y acumulación ocurre en diferentes sitios, ambientes y medios. (Dávila, J. 2011).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### **3.1 UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1 Ubicación geográfica**

El área se encuentra entre los 2760 y 3080 msnm, y está delimitada por los siguientes vértices UTM (Zona 17S, Datum WGS 84).

Tabla 6. Vértices del área de investigación

<b>Vértices</b>	<b>E</b>	<b>N</b>
V1	771400	9214700
V2	775500	9214700
V3	775500	9210000
V4	771400	9210000

##### **3.1.2 Ubicación política**

El área de estudio se localiza en la Sierra Norte del Perú, específicamente en el departamento de Cajamarca, provincia de Cajamarca, distrito de Cajamarca, en el centro poblado de Huambocancha Baja. (Ver anexo N° 3 / P-01).

El tiempo de realización de la investigación corresponde al periodo comprendido entre septiembre de 2024 y agosto de 2025, durante el cual se llevaron a cabo las actividades de campo, gabinete, análisis y elaboración de resultados.

##### **3.1.3 Accesibilidad**

El área de estudio, ubicada en Huambocancha Baja (distrito, provincia y departamento de Cajamarca), es accesible por vía terrestre desde la ciudad de Cajamarca. Se toma la carretera Cajamarca–Porcón hasta llegar al km 2 aproximadamente de la carretera asfaltada, hasta el km 4, a la que se puede recorrer en vehículo; el trayecto toma entre 10 a 20 minutos, para luego recorrer el área de estudio caminando mediante trochas y senderos locales.



Figura 26. Accesibilidad al área de estudio.  
Fuente: Google maps, (2025).

### 3.1.4 Clima

La región presenta un régimen climático bimodal caracterizado por dos estaciones bien diferenciadas: una estación lluviosa de diciembre a marzo, y una estación seca prolongada de abril a noviembre. Según datos del SENAMHI (2025), el rango térmico anual oscila entre 0°C (mínima absoluta) y 13°C (máxima promedio), estableciendo una temperatura media anual de 8°C. Las variaciones interanuales se atribuyen a fenómenos de variabilidad climática como El Niño-Oscilación Sur (ENSO). Este patrón climático condiciona procesos geomorfológicos y edáficos en la zona, especialmente durante episodios extremos. (SENAMHI, 2025).

### 3.1.5 Precipitación

La mayor parte de la precipitación se concentra en la estación lluviosa, de diciembre a marzo, periodo en el cual se registra aproximadamente el 85% del total anual. Febrero y marzo destacan como los meses más húmedos, con una precipitación máxima promedio de 618.8 mm en dicho periodo. En contraste, durante la estación seca, que comprende de abril a noviembre, las precipitaciones mensuales promedio son de solo 51.6 mm, generando condiciones de escorrentía superficial intensa durante los episodios pluviales extremos. (SENAMHI, 2025).

## 3.2 PROCEDIMIENTO

El estudio del análisis estratigráfico y sedimentológico de las Formaciones Carhuáz y Farrat en el Centro Poblado Huambocancha Baja, se realizó en tres etapas:

**Etapa de gabinete.** Esta etapa consistió en la revisión de toda la información existente de trabajos realizados sobre el área de estudio. Se realizó una revisión y análisis minucioso sobre las técnicas aplicadas para la medición de unidades estratigráficas. La información recolectada fue ordenada, procesada e interpretada, poniendo principal énfasis en la información concerniente a la estratigrafía y sedimentología, conceptos que sirven como base teórica del presente estudio. Se realizó la elaboración de los planos topográficos, geológicos e imágenes satelitales referentes al área de estudio. Se determinaron los instrumentos a utilizar; así como también la metodología a seguir para la realización de la investigación.

**Etapa de campo.** Se realizó un reconocimiento general del área de estudio, seguido del análisis de los estratos, identificando estructuras sedimentarias (internas, techo, piso), facies sedimentarias, el tipo de geometría y asociación de los estratos y tipo de litología. Se tomaron medidas como: rumbo y buzamiento de los estratos, con su respectiva toma de coordenadas con el GPS en el sistema UTM. Datum: WGS 84, también se midió el espesor de la secuencia estratigráfica de la Formación Carhuáz, señalando los niveles donde cambia su carácter

(litología, color, facies, etc.). Finalmente se efectuó el procesamiento inicial de la información registrada representándola en una columna estratigráfica y perfil geológico, para su posterior interpretación.

**Etapa de gabinete final.** Se realizó el procesamiento e interpretación de la información obtenida en campo, y la elaboración del estudio estratigráfico de las zonas de estudio. Para el procesamiento de los datos, se empleó el software ArcGIS 10.4 para la elaboración de los diversos planos, y el software Strater para la elaboración de las columnas estratigráficas. Posteriormente, se efectuó el análisis y la descripción macroscópica y microscópicas de las muestras de mano (litología, textura, tamaño de grano, composición de granos) utilizando el equipo Q-scope DIGITAL MICROSCOPE con un aumento de 63.05 X. Finalmente, esta etapa comprendió la redacción final de la tesis, para su presentación y sustentación.

### **3.2.1 Metodología**

En esta sección se detalla la metodología empleada en el desarrollo de la investigación, considerando la población de estudio, la muestra, la unidad de análisis, así como las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de datos.

#### **Tipo de la Investigación**

La investigación es descriptiva – comparativa, ya que se describe las características de campo para hacer una comparación según su tipo de litología y sus cambios de facies.

#### **Nivel de la Investigación**

Es correlativa – explicativa, porque nos permite determinar la relación y correspondencia estratigráfica que existe, para luego explicar en qué condiciones se originaron.

#### **Diseño de la Investigación**

El diseño de la presente investigación es no experimental, ya que se observarán los fenómenos en su contexto natural, sin realizar manipulación alguna de las variables independientes. Asimismo, corresponde a un diseño transversal, dado

que la recolección de datos se efectuará en un solo momento en el tiempo, con el propósito de analizar las variables en un punto específico del proceso investigativo.

### **Naturaleza/modo de la investigación.**

La naturaleza del estudio es de aspecto cualitativos; porque, se fundamenta en la obtención de datos mediante la observación directa de las características de los estratos, sus estructuras, texturas y litologías presentes en las formaciones geológicas estudiadas.

### **Finalidad de la investigación.**

La finalidad de la investigación es aplicativa (aplicada) ya que el propósito principal es utilizar el conocimiento adquirido para generar soluciones prácticas y útiles en la realidad.

Tabla 7. Metodología de la investigación.

Criterio	Metodología
Tipo	Descriptiva-Comparativa
Nivel	Correlativa – Explicativa
Diseño	No experimental
Naturaleza/modo	Cualitativa
Finalidad	Aplicativa

Fuente: Tomado de Supo, (2016).

#### **3.2.1.1 Población de estudio**

La población de estudio está constituida por el conjunto total de afloramientos geológicos pertenecientes a las Formaciones Carhuáz y Farrat, ubicados en el ámbito del Centro Poblado de Huambocancha Baja, región Cajamarca. Esta población comprende todas las unidades estratigráficas expuestas en superficie que presentan características litológicas, sedimentológicas y estructurales relevantes para el análisis estratigráfico.

### **3.2.1.2 Muestra**

La muestra se conformó por cuatro afloramientos seleccionados de manera intencional, en función de su representatividad geológica, accesibilidad y estado de exposición. Estos puntos fueron escogidos por ofrecer secciones estratigráficas bien preservadas, con contactos definidos y suficiente desarrollo vertical y lateral para permitir una descripción detallada. En cada uno de los afloramientos se realizaron actividades de descripción litológica, elaboración de columnas estratigráficas, recolección de muestras de roca y registro fotográfico, con el objetivo de analizar e interpretar las secuencias sedimentarias y sus relaciones estratigráficas.

### **3.2.1.3 Unidad de análisis**

La unidad de análisis está conformada por las características que integran las Formaciones Carhuáz y Farrat, evaluadas a través de sus características litológicas, texturas sedimentarias, estructuras sedimentarias, facies sedimentarias, secuencia litológica, tiempo cronoestratigráfico. Estas unidades se analizaron a partir de los datos obtenidos en campo, con el propósito de interpretar su evolución sedimentaria y su correlación dentro del marco geológico local.

## **3.2.2 Identificación de variables**

En el presente estudio estratigráfico de las Formaciones Carhuáz y Farrat, desarrollado en el Centro Poblado de Huambocancha Baja, se han definido las siguientes variables:

### **Variable independiente:**

Está constituida por las características geológicas y estratigráficas de las Formaciones Carhuáz y Farrat, tales como la litología, textura, color, estructuras sedimentarias, facies sedimentaria, espesor de los estratos, relaciones de contacto y disposición secuencial. Estas características son observables en los afloramientos y representan los factores que condicionan la interpretación geológica.

**Variable dependiente:**

Corresponde al análisis de la estratigrafía, que comprende la interpretación del ambiente de sedimentación y la reconstrucción estratigráfica regional de las formaciones estudiadas. Esta variable depende directamente del análisis de los rasgos geológicos identificados en campo, ya que estos permiten inferir los procesos deposicionales, la dinámica paleoambiental y la evolución geológica del área.

Tabla 8. Variables de la Investigación

Variables Independientes	Variable dependiente
Litología	
Textura sedimentaria	
Estructura sedimentaria	
Facies sedimentaria	Estratigrafía
Secuencia litológica	
Tiempo cronoestratigráfico	

### 3.2.3 Técnicas

Basado en la metodología y herramientas usadas se estructura el siguiente esquema para las técnicas empleadas en la recolección de datos.

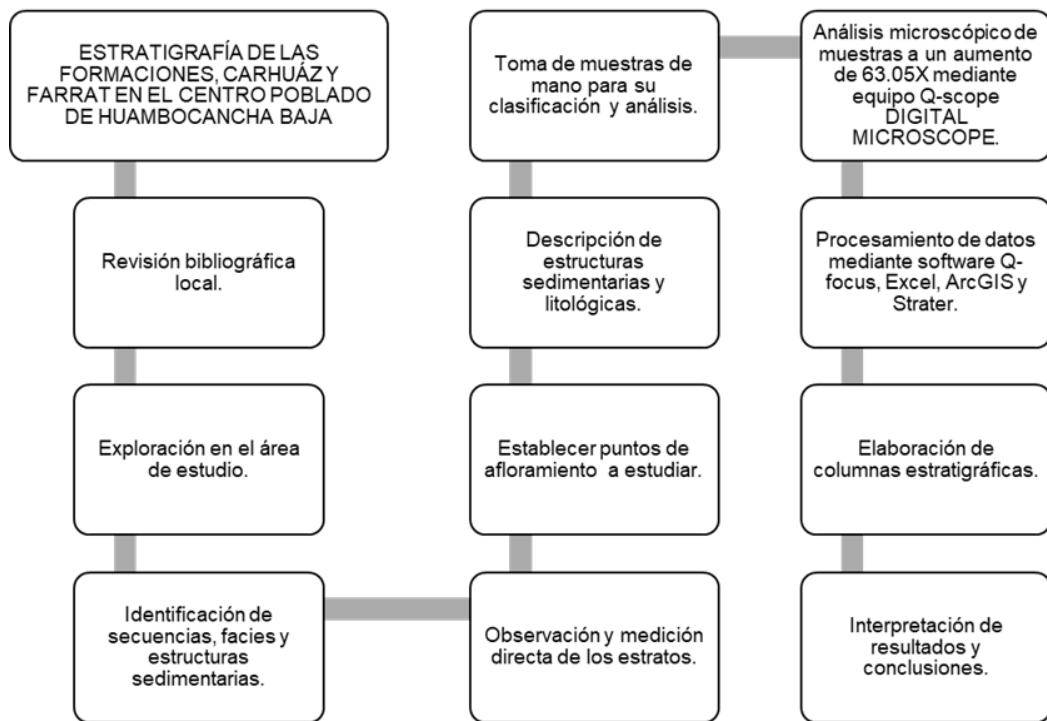


Figura 27. Técnicas de recolección de datos.

### 3.2.4 Instrumentos y equipos

Los equipos y materiales empleados durante el desarrollo de la presente tesis se detallan a continuación:

#### Instrumentos

Libreta de campo: Sirve para registrar observaciones directas del terreno, descripciones de capas, coordenadas, dibujos, y cualquier dato relevante recogido *in situ*.

Formatos de descripción petrográfica: Permiten estandarizar la información sobre las características de las rocas (textura, composición, color, estructura, etc.), facilitando la comparación y análisis de las muestras.

Papel Bond A4: Se utilizará para imprimir planos, cuadros de datos, esquemas estratigráficos o redactar informes preliminares o finales del estudio.

Plano geológico: Empleado como una herramienta fundamental durante las salidas a campo para la ubicación de unidades litológicas, la identificación preliminar de contactos estratigráficos y el reconocimiento de estructuras geológicas previamente cartografiadas en la zona de estudio. Su uso facilitó la orientación en el terreno y permitió comparar y validar las observaciones directas con la información geológica existente.

Plano satelital: El plano satelital fue utilizado como herramienta de apoyo para la ubicación geográfica precisa de los afloramientos y la planificación del recorrido en campo. Permitió identificar accesos, relieves, drenajes y límites geológicos visibles desde imágenes aéreas, facilitando la orientación y la selección de puntos de observación. Asimismo, fue útil para marcar coordenadas georreferenciadas de los sitios de interés y para comparar las observaciones directas con la disposición espacial de las unidades estratigráficas visibles en el entorno. Su uso contribuyó a mejorar la eficiencia del levantamiento geológico y la exactitud en la representación de datos en el plano final.

Memoria USB: para almacenamiento de todos los recursos bibliográficos digitales necesarios que sirvan de apoyo.

Lápiz portaminas, Lapicero tinta indeleble, colores: Estos materiales serán utilizados durante el cartografiado geológico, anotaciones técnicas en el cuaderno de campo, y la diferenciación visual de unidades litológicas y estructuras en los esquemas y columnas estratigráficas correspondientes a las Formaciones Carhuáz y Farrat.

Protactor: Este instrumento será utilizado como herramienta auxiliar durante las salidas de campo para la medición y representación de ángulos entre planos geológicos, como estratos, fracturas, vetas y otras estructuras sedimentarias observadas en los afloramientos. Asimismo, facilitó la elaboración columnas estratigráficas, permitiendo representar con mayor precisión la inclinación de los estratos y la orientación relativa de estructuras en los registros de campo.

## Equipos

Brújula Brunton 5006 Lm.: Para medir rumbos y buzamientos de capas.

GPS Navegador Garmin Map64s: Para la ubicación precisa de puntos de muestreo y observación.

Cámara fotográfica Nikon 12 Mppx Zoom óptico 10X: Para el registro fotográfico de afloramientos y estructuras.

Impresora láser EPSON L375: Para la impresión de informe, planos y columnas estratigráficas.

Picota de geólogo: Herramienta complementaria durante el trabajo de campo para remover material suelto, limpiar superficies de afloramientos y exponer contactos estratigráficos o estructuras sedimentarias que se encontraban parcialmente cubiertos por suelo, vegetación o alteración superficial. Su uso facilitó una mejor observación de las características litológicas y texturales de las unidades geológicas en estudio, permitiendo obtener descripciones más precisas y detalladas de las Formaciones Carhuáz y Farrat en el área de Huambocancha Baja.

Tablero: Utilizado como soporte físico para la toma de notas, registro de columnas estratigráficas y llenado de fichas técnicas durante el trabajo en campo. Su estructura rígida permitirá trabajar de manera cómoda y ordenada en condiciones de terreno irregular, facilitando la escritura y el dibujo en el cuaderno de campo o en hojas sueltas. Además, servirá para organizar los materiales auxiliares como fichas de observación y planos, contribuyendo a una mayor eficiencia y precisión.

Flexómetro de 5m: Utilizado para la medición precisa del espesor de estratos y estructuras sedimentarias expuestas en afloramientos de menor altura o en superficies de detalle. Su portabilidad y precisión será ideal para registrar espesores litológicos en columnas estratigráficas de escala reducida.

Wincha de 50m: Empleada en la medición de secciones estratigráficas extensas a lo largo de los afloramientos. Su longitud permitirá obtener medidas continuas y registrar la disposición y relación espacial de las unidades litológicas en campo.

Lupa 63.05X: Utilizada para la observación preliminar de la textura, color, tamaño y forma de los granos en las muestras de roca recogidas en campo. Facilitó la identificación visual de componentes minerales y estructuras sedimentarias microscópicas.

Lápiz rayador de dureza: Para realizar ensayos de rayado directo sobre las muestras de roca, con el fin de determinar de forma aproximada la dureza del mineral y apoyar la identificación de litologías mediante pruebas físicas simples. Este instrumento fue útil especialmente para distinguir entre minerales de apariencia similar.

Laptop: La computadora portátil fue empleada para el registro, sistematización y respaldo digital de los datos recolectados en campo, así como para la visualización de planos geológicos y satelitales georreferenciados. Además, permitió organizar fichas técnicas, fotografías, y columnas estratigráficas preliminares, contribuyendo al procesamiento temprano de la información y a la planificación de recorridos subsiguientes.

Bolsas herméticas: Utilizadas para la recolección, conservación y transporte seguro de muestras de roca, protegiéndolas de la humedad, contaminación y pérdida de material. Asimismo, facilitaron el etiquetado individual de cada muestra, asegurando su correcta identificación posterior en gabinete.

Lentes de protección: Fueron empleados como medida de seguridad personal durante el uso de la picota, previniendo posibles lesiones oculares por proyección de fragmentos de roca durante el muestreo.

Guantes: Proporcionaron protección mecánica a las manos durante las tareas de muestreo, manipulación de herramientas, remoción de rocas y contacto con superficies abrasivas o punzantes, garantizando mayor seguridad en el trabajo.

Zapatos de seguridad: Se utilizaron para proteger los pies de impactos, cortaduras o accidentes en zonas de difícil acceso, suelos irregulares o con presencia de material rocoso suelto. Además, ofrecieron estabilidad y soporte durante el desplazamiento en terreno accidentado.

### **3.3 GEOLOGÍA LOCAL**

En el área de estudio afloran predominantemente formaciones silicoclásticas del Cretácico Inferior, correspondientes al Grupo Goyllarisquizga, entre las cuales se encuentran la Formación Carhuáz (Fm. Ca) y la Formación Farrat (Fm. Fa). Además, se identifican afloramientos de rocas volcánicas del Neógeno-Mioceno, asociadas a la Formación Huambos, junto con la presencia de cuerpos subvolcánicos, lo que evidencia una evolución geológica compleja caracterizada por eventos sedimentarios, transgresivos y volcánicos en la región.

#### **3.3.1 Grupo goyllarisquizga**

El Grupo Goyllarisquizga corresponde a una importante unidad litoestratigráfica del Cretácico Inferior (Sistema Cretácico), ubicada dentro del contexto geológico del Mesozoico peruano. Este grupo está constituido por una secuencia sedimentaria predominantemente siliciclastica, cuya acumulación se asocia a ambientes de depósito continentales, transicionales y marinos someros, vinculados a la evolución de cuencas de antepaís durante la orogenia andina temprana.

El Grupo Goyllarisquizga se encuentra representado por una potente columna de depósitos arenosos, cuarcíticos, limolíticos y en menor proporción calizos, y se subdivide por las Formaciones Chimú, Santa, Carhuáz y Farrat. A continuación, se detallan dos de sus unidades más representativas: Carhuáz y Farrat las cuales son el objeto de estudio en esta investigación.

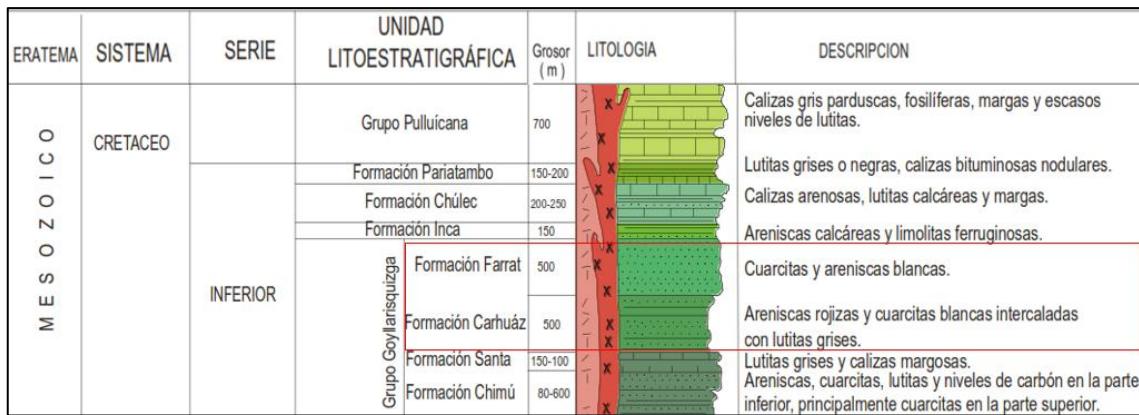


Figura 28. Ubicación de la Formación Carhuáz y Farrat en la columna estratigráfica de la región Cajamarca.

Fuente. INGEMMET, (2007)

### 3.3.1.1 Formación Carhuáz (Fm- ca)

La Formación Carhuáz presenta un espesor promedio de 500 metros y está constituida principalmente por areniscas de color rojizo de grano fino a medio con intercalaciones de arcillolitas y limolitas.

Las características texturales y composicionales de estas rocas sugieren un ambiente de sedimentación transicional a continental, probablemente asociado a sistemas fluviales con influencia marina.

La presencia de capas alternantes de limolitas y arcillolitas indica variaciones en la energía del medio sedimentario, que podrían estar relacionadas con pulsos tectónicos o cambios eustáticos del nivel del mar. Su coloración rojiza sugiere condiciones de oxidación atmosférica durante parte de su depósito o diagénesis posterior.

En nuestra área de estudio específicamente aflora en la parte inferior del cerro la Shicuana constituida por areniscas cuarzosas de grano fino con intercalación de limolitas de color gris; así mismo, aflora en el sector sureste de Puruay Chico, constituida por un paquete sedimentario de areniscas de grano fino con tonalidades gris-violáceas, gris-verdosas y gris-rojizas, que alternan con secuencias de arcillitas y limoarcillitas en estratificación paralela.



Figura 29. Estratos de la Formación Carhúaz en la falda del cerro La Shicuana.  
E: 772122 N: 9213142 C: 2902.

### 3.3.1.2 Formación Farrat (Fm- fa)

Consiste en una secuencia de areniscas cuarzosas de granulometría media a gruesa, con un espesor promedio de 500 metros. Esta Formación presenta relaciones estratigráficas concordantes, suprayaciendo a la Formación Carhuáz e infrayaciendo a la Formación Inca.

Estructuralmente, forma parte del núcleo del Sinclinal Huambocancha (ver anexo N°3/P-02), donde hacia el noreste exhibe deformación compresiva con desarrollo de pliegues de escala métrica a decamétrica (anticlinales y sinclinales asociados a fases tectónicas andinas). La composición cuarzosa y espesor constante reflejan un ambiente estable con aportes detríticos maduros, vinculados a sistemas deltaicos someros y entornos litorales.



Figura 30. Afloramiento de la Formación Farrat en la margen derecha de Río Grande.  
E:773428.576 N: 9213692.818 C: 2866.

### 3.3.2 Depósitos recientes del cuaternario

#### 3.3.2.1 Depósitos coluviales (Qh–Co)

En el centro poblado de Huambocancha Baja, los depósitos coluviales constituyen una unidad geomorfológica y litológica significativa, asociada principalmente a la dinámica gravitacional y al modelado de las laderas. Estos depósitos se localizan en las zonas de contacto entre las laderas medias y bajas de los cerros circundantes, especialmente en las estribaciones de los cerros Shicuana, Songoles, Cajamarcorco y Yacupacha (Ver anexo 3 / Plano 3).

Los depósitos coluviales están compuestos por una mezcla heterométrica de fragmentos de roca angulosos a subangulosos, arcillas, limos y material arenoso, producto de la meteorización mecánica de las formaciones geológicas subyacentes (principalmente Carhuáz y Farrat) y de procesos de remoción en masa como reptación, deslizamientos superficiales y caídas de rocas. Su espesor varía entre 0.5 m y 2.5 m, dependiendo de la pendiente, la vegetación y la actividad tectónica local.

Desde el punto de vista geotécnico, estos materiales presentan una compactación baja a media, y una estructura suelta que los hace susceptibles a procesos de erosión hídrica y desestabilización, especialmente durante la temporada de lluvias.

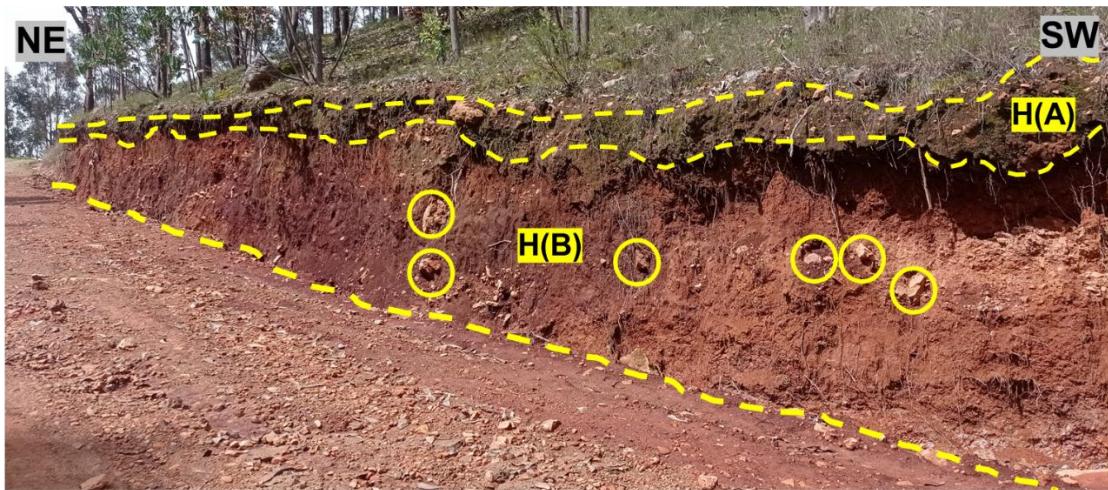


Figura 31. Depósito cuaternario.

Nota. Perfil de suelo a lo largo de una trocha escasamente transitada ubicada al NW de la parte media-inferior del cerro Shicuana en una zona de pendiente moderada. Se observa dos horizontes en la cual el horizonte B está acompañada de fragmentos de roca alterada subredondeada E:772175 N: 9212946 C: 2970.

En la parte superior del perfil se identifica un horizonte orgánico superficial (A), de color oscuro y textura moderadamente fina, con presencia de raíces finas y restos vegetales en descomposición. Este horizonte está directamente asociado a la cobertura vegetal existente.

Por debajo, se desarrolla un horizonte subsuperficial (B) de coloración rojo intenso a marrón rojizo, con textura franco-arcillosa, típico de procesos de laterización o acumulación de óxidos de hierro y aluminio. Este horizonte presenta fragmentos de roca alterada subredondeada, estructura granular débil y evidencia de lixiviación de materiales finos desde horizontes superiores.



Figura 32. Depósito cuaternario.

Nota. Material cuaternario ubicado en la parte inferior del cerro Shicuana, al lado izquierdo de la carretera Cajamarca-Bambamarca, en una zona de baja pendiente. E: 773241 N: 9212085 C: 2806.

En la parte superior del perfil se identifica un horizonte orgánico superficial (A) con un espesor relativamente delgado de 20-30 cm aproximadamente de color oscuro a pardo de textura arcillosa. Este horizonte está directamente asociado a la cobertura vegetal existente. El horizonte (B) de coloración rojiza a marrón rojizo con un espesor mayor a los 30 cm, con textura franco-arcillosa; finalmente, por debajo, se desarrolla el horizonte (C) de coloración rojizo claro a anaranjado con un espesor de 3 m aproximadamente, con tonalidades más heterogéneas y textura más gruesa.

### 3.3.2.2 Depósitos Aluviales (Qh- al)

Los depósitos aluviales del centro poblado de Huambocancha Baja se desarrollan principalmente a lo largo del cauce del río Porcón y río Grande y sus afluentes menores, conformando una planicie aluvial activa y sectores de terrazas fluviales (Ver anexo 3 / Plano 3). Estos depósitos son el resultado de procesos de transporte y sedimentación fluvial, influenciados por la dinámica estacional de las precipitaciones y la morfología del valle.

Litológicamente, los depósitos aluviales están compuestos por materiales de granulometría variable, que incluyen gravas subangulosas a subredondeadas, arenas gruesas a finas, limos y, en menor proporción, arcillas. Presentan una estratificación mal definida en las zonas de depósito más reciente y una mejor organización en las terrazas aluviales, lo que evidencia distintos pulsos de sedimentación; estos sedimentos se caracterizan por su textura suelta, buena permeabilidad y escasa consolidación. En general, el espesor de estos depósitos varía entre 1 y 4 metros, siendo más importante en las zonas planas y cercanas al cauce principal.

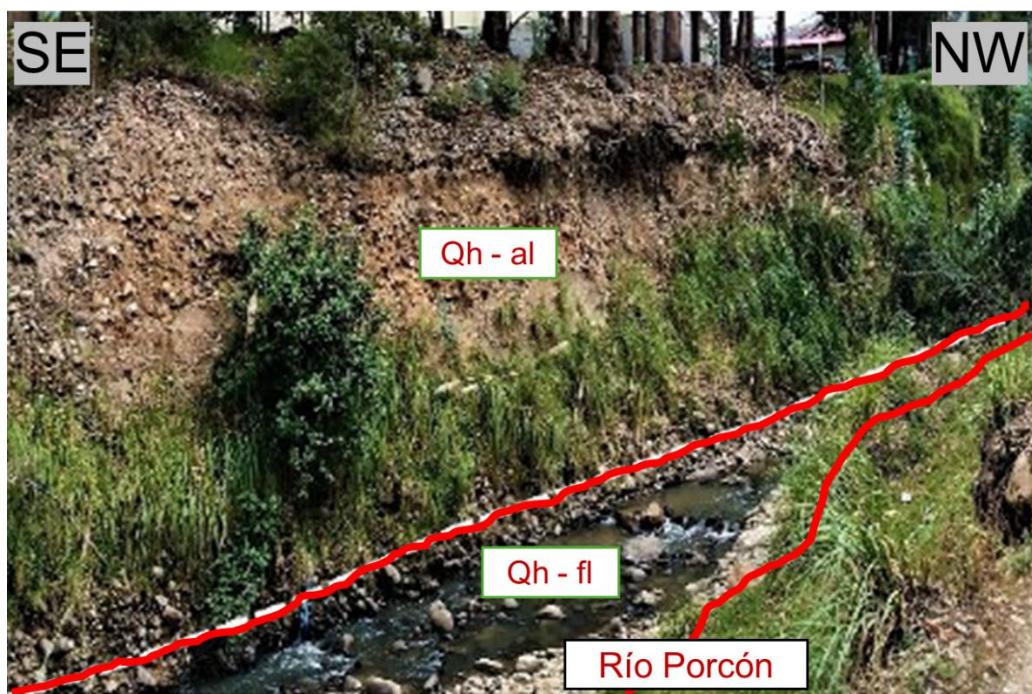


Figura 33. Depósito aluvial en la margen derecha aguas abajo del Río Porcón.  
N: 9213037.512 E: 772956.561 Cota: 2783.890

### 3.3.2.3 Depósitos fluviales (Qh- fl)

Los depósitos fluviales constituyen una unidad sedimentaria importante, desarrollada principalmente en la planicie de inundación y en las terrazas bajas asociadas al río Porcón y río Grande. Estos depósitos son el resultado de procesos de transporte y sedimentación vinculados al régimen estacional del sistema fluvial local, condicionado por la topografía, el clima y la geología regional (Ver anexo 3 / Plano 3).

Litológicamente, los depósitos fluviales están compuestos por una secuencia heterométrica de materiales detríticos, que incluyen gravas subredondeadas a subangulosas, arenas gruesas a finas, limos y arcillas en menor proporción. Su disposición estratigráfica varía de acuerdo con la energía del flujo: en los sectores más cercanos al cauce predominan gravas y arenas gruesas mal seleccionadas, mientras que en zonas de menor energía se acumulan materiales finos como limos y arcillas.



Figura 34. Depósito cuaternario de origen fluvial en la margen de Río Grande.

Nota. A) gravas y arenas gruesas mal seleccionadas, B) Gravas de menor tamaño con mayor presencia de arenas y poca presencia de limos y arcillas, mientras que en la zona de menor energía (c) se acumulan materiales finos como limos y arcillas. E: 773478 N: 9213733 C: 2799.

### 3.4 EXTRATIGRAFÍA LOCAL

#### 3.4.1 Estratigrafía de la Formación Carhuáz E-1

Esta formación aflora en diversos sectores de ladera media a alta, siendo visible principalmente en cortes de carretera y en quebradas que permiten una adecuada observación de la estratigrafía local. La medición estratigráfica se realizó de forma directa sobre los estratos aflorantes, empleando un flexómetro de 10 metros para el registro de espesores y una picota para la extracción de muestras de mano con superficies frescas. Dichas muestras fueron esenciales para la identificación de características petrográficas, tales como la granulometría, el tipo de cemento y las estructuras sedimentarias presentes.



Figura 35. Afloramiento de la Fm. Carhuáz en corte de carretera.  
E: 773514.177 N: 9211418.834 C: 2761.5

El afloramiento se encuentra expuesto en un corte de carretera en el sector occidental de Huambocancha Baja, con una excelente visibilidad lateral y vertical de las unidades estratificadas. El talud presenta una altura aproximada de 14.5 a 15 metros y permite una lectura detallada de la disposición de los estratos, lo que lo convierte en un punto clave para el levantamiento de la columna estratigráfica la cual se efectuó en sentido ascendente, desde la base hacia el techo de la secuencia, asegurando una lectura precisa de las relaciones entre las capas.

El afloramiento muestra una sucesión de estratos sedimentarios con un ángulo de inclinación entre 37° y 40° y en parte estratos casi horizontales. Se observa

una alternancia de niveles de areniscas de grano medio a fino, de coloración marrón claro a rojiza, intercaladas con limolitas y arcillolitas grisáceas, en capas tabulares de espesor centimétrico a decimétrico. Algunas capas presentan estratificación paralela y laminar, así como trazas de estructuras sedimentarias como gradación normal y laminación ondulosa.

En la parte inferior del afloramiento, se distingue un conjunto de niveles más claros y homogéneos, relacionados con facies más pelíticas (arcillolitas o limolitas finas), mientras que hacia la parte media y superior se desarrollan bancos más gruesos, masivos y ferruginizados, que sugieren pulsos de mayor energía en el ambiente depositacional. La presencia de fracturas subparalelas a la estratificación es evidente en varias capas, y se asocian a procesos de formación frágil post-deposición.

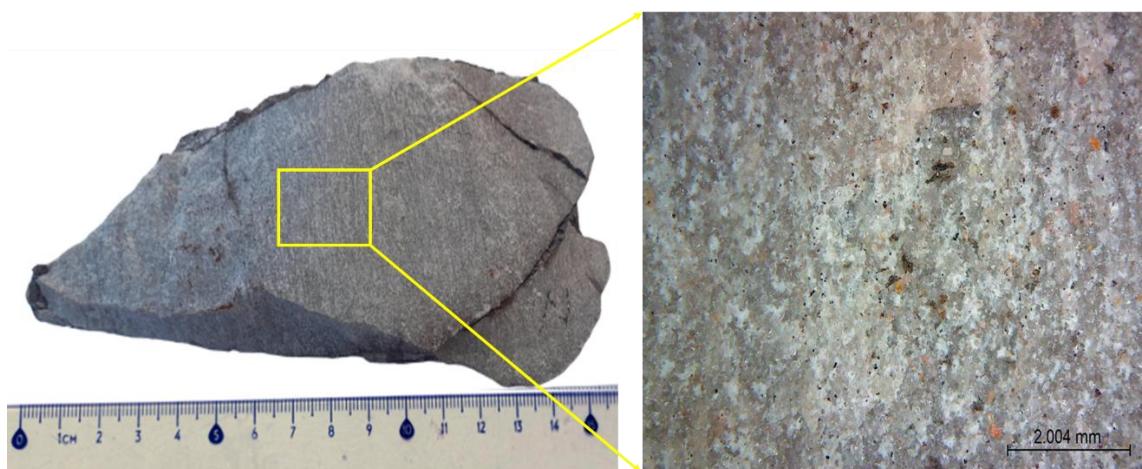


Figura 36. Muestra de mano de la Fm. Carhuáz.

Nota. La imagen muestra una sección de roca de la Fm. Carhuáz observada a un aumento de 63.05x, con una escala de 2.004 mm. E: 773514 N: 9211418 C: 2761.

La muestra presenta un aspecto masivo con una coloración gris azulada y textura fina, con grano bien compacto y matriz abundante. Predomina el cuarzo con tonos blanquesinos a gris claro y bordes subangulosos, junto con feldespatos color claro y algunos granos rosados.

### 3.4.1.1 Estructuras Sedimentarias De La Formación Carhuáz E-1

**Estratificación Paralela:** La estratificación paralela consiste en láminas delgadas y planas dispuestas de forma paralela entre sí y al plano de estratificación. Se forma en ambientes de baja energía, donde la sedimentación ocurre de manera tranquila y uniforme, permitiendo que las partículas se depositen en capas horizontales, esta estructura se encuentra en las limolitas y arcillolitas, donde las condiciones de sedimentación fueron tranquilas, como en ambientes marinos someros o lagunares, permitiendo la formación de láminas finas y paralelas de limo y arcilla.



Figura 37. Estratificación paralela en el corte de carretera en la Fm. Carhuáz.  
E: 773511 N: 9211423 C: 2761.

**Estratificación Sesgada** La estratificación sesgada se caracteriza por la disposición de láminas internas inclinadas respecto al plano principal de estratificación. Esta estructura se forma por la migración de ondulaciones (ripples) o dunas en ambientes con corrientes unidireccionales, como ríos o ambientes marinos someros. Indica la dirección del flujo y es típica de ambientes de alta energía. La estructura está presente en las areniscas rojizas ferruginosas de grano fino, indicando procesos de corriente o migración de dunas subacuáticas, en un ambiente de mayor energía. Las inclinaciones internas reflejan la dirección del flujo que transportaba el sedimento.

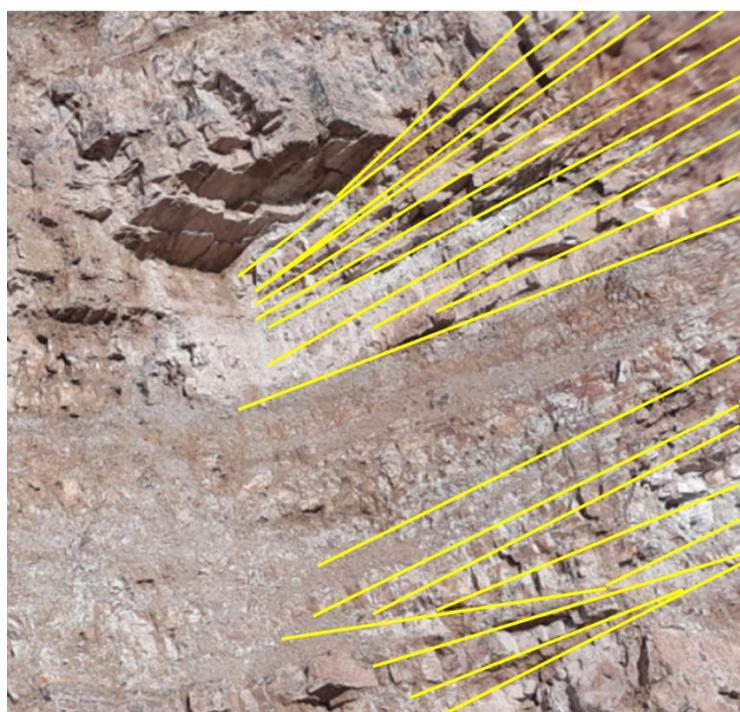


Figura 38. Estratificación sesgada planar en el corte de carretera en la Fm. Carhuáz.  
E: 773511.6 N: 9211424 C: 2761.

**Estratificación Flaser.** En algunos niveles del afloramiento, se identificó estratificación flaser, caracterizada por delgadas intercalaciones de limos

arcillosos dentro de capas de areniscas finas. Esta estructura indica condiciones de depósito con energía variable, asociadas a un ambiente fluvio-deltaico con influencia estacional, en concordancia con las características sedimentológicas de la Formación Carhuáz.



Figura 39. Estratificación Flaser en afloramiento de la Fm. Carhuáz.  
E: 773509 N: 9211421 C: 2761.

### 3.4.2 Estratigrafía de la Formación Carhuáz E-2

El afloramiento se encuentra ubicado en un corte de carretera no asfaltada, con orientación general NW–SE y presenta una altura aproximada de 5.5 a 6 metros que permite una lectura detallada de la disposición de los estratos y una excelente visibilidad de estructuras internas y geometría estratigráfica, facilitando su interpretación sedimentológica y estructural.



Figura 40. Afloramiento de la Fm. Carhuáz en la parte baja del Cerro Shicuana.  
E: 772117 N: 9213135 C: 2879.

La secuencia está compuesta predominantemente por areniscas de grano fino, con tonalidades rojizas a amarillentas, indicativas de procesos de oxidación. Las capas están dispuestas en estratos tabulares y bien definidos, con un espesor variable entre 5 y 76 cm. La inclinación de los estratos está comprendida entre los 40° a 43° NE.



Figura 41. Muestra de mano de la Fm. Carhuáz.  
Nota. La imagen muestra una sección de roca de la Formación Carhuáz observada a un aumento de 63.05x, con una escala de 2.004 mm..  
E: 772116 N: 9213134 C: 2879.

La muestra presenta una coloración rojiza, con una mezcla de granos de tonos grises y rojizos, y una textura fina, con una matriz compacta y homogénea. En su composición predominan granos subangulosos a subredondeados de cuarzo (tonos blanquecinos a gris claros), junto con fragmentos de feldespato (tonos claros a rosados) y minerales opacos o ferromagnesianos (tonos oscuros).

En cuanto a su grado de consolidación, las areniscas se presentan moderadamente cementadas, con una matriz silícea que le otorga poca resistencia a la meteorización, por ende, muestran fracturamiento en la mayor parte de los afloramientos.

Para el levantamiento de la columna estratigráfica, el registro se realizó en sentido ascendente, desde la base hacia el techo del afloramiento. En la base del talud se identifican predominantemente estratos de pelitas (limolitas y arcillolitas), con espesores que varían entre 1 cm y 98 cm. Estos niveles representan fases de menor energía en el ambiente de depósito.

Hacia la parte media, se observa un predominio de areniscas de grano fino, de tonalidades rojiza a amarillenta, con espesores que oscilan entre 5 cm y 76 cm. Estas capas muestran contactos irregulares y en algunos casos estructuras sedimentarias internas como laminación paralela y estratificación sesgada, lo que indica condiciones de mayor energía.

Finalmente, en el techo del afloramiento se desarrollan estratos altamente fracturados de areniscas rojizas, con intercalaciones de limolitas y arcillolitas altamente meteorizadas.

Esta sucesión litológica muestra una clara tendencia granocreciente hacia el techo (gradación normal), propia de ambientes asociados a depósitos turbidíticos, característicos de la Formación Carhuaz. Esta disposición indica una disminución progresiva de la energía del flujo sedimentario durante el proceso de sedimentación.

### 3.4.2.1 Estructuras sedimentarias de la Formación Carhuáz E-2

Se observan estructuras sedimentarias internas, como estratificación y laminación paralela a la parte de la base, y estratificación irregular y de carga a la parte del techo del afloramiento.

**Estratificación paralela.** El afloramiento mostrado corresponde a un conjunto de estratos sedimentarios con disposición paralela, la cual es interpretada como producto de sedimentación en condiciones de energía relativamente constante.

Cada capa presenta un espesor comprendido entre 7 a 76 cm, y está compuesta por areniscas de grano fino de color rojizo a amarillento.

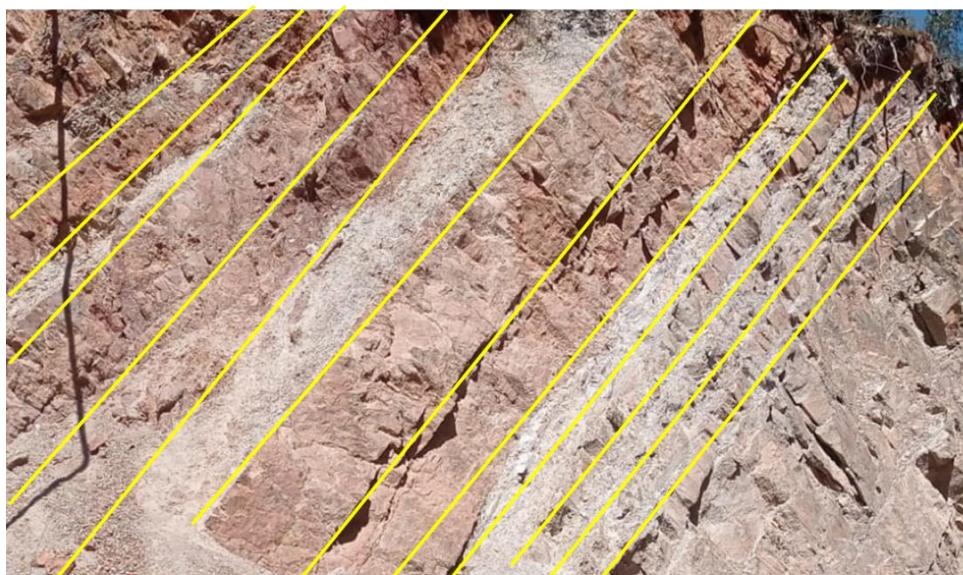


Figura 42. Estratificación paralela de la Fm. Carhuáz.  
E: 772117 N: 9213136 C: 2879.

**Estratificación sesgada.** Capas sedimentarias inclinadas respecto a la horizontal. Estratos de espesor medio a delgado, alternando entre niveles más competentes con areniscas y niveles más finos de limolitas y arcillolitas. El contacto entre capas está bien definidos y marcados por diferencias en color y textura, lo que sugiere cambios en las condiciones de sedimentación.



Figura 43. Estratificación sesgada de la Fm. Carhuáz.  
E: 772112 N: 9213132 C: 2879.5

**Estratificación tabular.** Capas sedimentarias de limolitas (A) y arcillolitas (B) de espesores delgados alternando con estratos de areniscas altamente fracturadas.

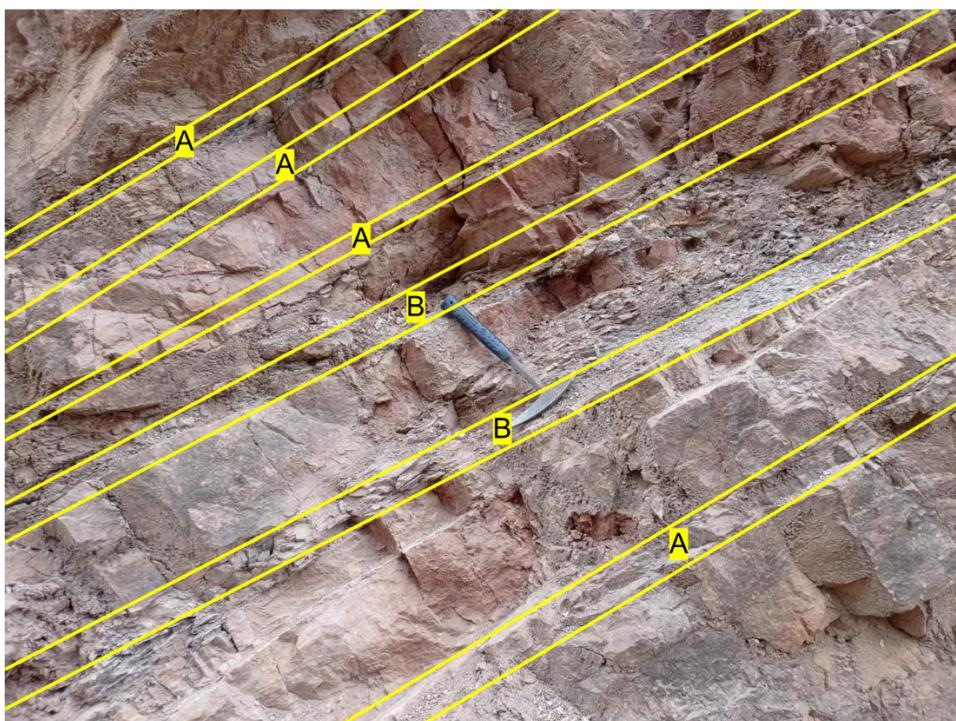


Figura 44. Estratificación tabular de la Fm. Carhuáz.  
E: 772120 N: 9213139 C: 2878.70

### 3.4.3 Estratigrafía de la Formación Farrat E-3

El afloramiento se encuentra ubicado en un corte natural con orientación general SE–NW y presenta una altura aproximada de 11.5 a 12 metros que permite una lectura detallada de la disposición de los estratos y una excelente visibilidad de estructuras internas y geometría estratigráfica, facilitando su interpretación sedimentológica y estructural.

La secuencia está compuesta predominantemente por areniscas cuarzosas de grano medio, con tonalidades rojizas a rosadas, indicativas de procesos de oxidación. Las capas están dispuestas en estratos tabulares y bien definidos, con un espesor variable entre 7 y 48 cm. La inclinación de los estratos está comprendida entre los 58° a 60° SW. Algunos estratos presentan contactos netos y erosivos, evidenciando eventos de alta energía durante la deposición.

También se identifican fracturas diagonales con orientación oblicua a la estratificación principal, posiblemente relacionadas a esfuerzos tectónicos compresivos posteriores a la deposición. Estas fracturas no presentan relleno evidente, pero algunas muestran oxidación marginal, lo cual sugiere exposición prolongada a meteorización superficial.

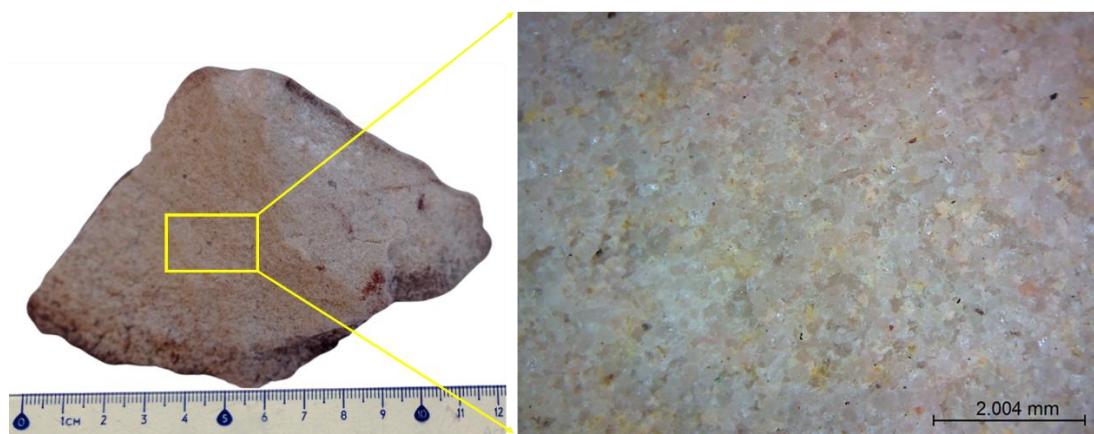


Figura 45. Muestra de mano de la Formación Farrat.  
Nota. Muestra de mano, parte base, de la Formación Farrat, correspondiente a una arenisca blanquecina de grano medio, observada con lupa a un aumento de 63.05X.  
E: 773428 N: 9213692 C: 2866.

Para el levantamiento de la columna estratigráfica, el registro se realizó en sentido ascendente, desde la base hacia el techo del afloramiento. En la base del talud se identifican predominantemente estratos de pelitas (limolitas y arcillolitas), con espesores que varían entre 0.8 cm y 12 cm, dispuestos en capas delgadas y de geometría tabular. Estos niveles representan fases de menor energía en el ambiente de depósito.

Hacia la parte media del perfil, se observa un predominio de areniscas de grano medio a grueso, de tonalidades grisáceas, con espesores que oscilan entre 8 cm y 62 cm. Estas capas muestran contactos netos y en algunos casos estructuras sedimentarias internas como laminación paralela y estratificación entrecruzada, lo que indica condiciones de mayor energía y posibles depósitos de canal.

Finalmente, en el techo del afloramiento se desarrollan estratos masivos de areniscas gris-amarillentas, con espesores considerablemente mayores, que van desde 86 cm hasta 2.17 metros. Estos niveles sugieren una mayor estabilidad en el sistema de transporte y sedimentación, asociada probablemente a canales principales o fases de progradación fluvial.

Esta sucesión litológica refleja una tendencia coarsening-upward (granodecreciente hacia la base), característica de ambientes de sedimentación fluvial, donde se alternan fases de decantación fina con pulsos de mayor energía fluvial.

### 3.4.3.1 Estructuras sedimentarias de la Formación Farrat E3

Se observan estructuras sedimentarias internas, como estratificación cruzada de bajo ángulo y laminación paralela, que sugieren procesos de sedimentación en un ambiente de corrientes fluviales entrelazadas (braided rivers).

**Estratificación Sesgada.** La presencia de areniscas de grano medio de tonalidad blanquecina, intercaladas con areniscas rojizas con presencia de óxidos de hierro, sugiere condiciones de corriente que han generado estratificación sesgada. Estas características son indicativas de ambientes fluviales o deltaicos donde la energía del agua permite la formación de estructuras inclinadas dentro de los estratos.



Figura 46. Estratificación sesgada de la Fm. Farrat.  
E: 773428.5 N: 9213692.7 C: 2866

**Estratificación paralela.** El afloramiento mostrado corresponde a un conjunto de estratos sedimentarios con disposición paralela, la cual es interpretada como producto de sedimentación en condiciones de energía relativamente constante.

Cada capa presenta un espesor promedio de 22 a 45 cm, y está compuesta por areniscas de grano medio de color blanquecino.



Figura 47. Estratificación paralela de la Fm. Farrat.  
E: 773438 N: 9213703 C: 2809.

**Estructura de carga** En el afloramiento se observan estructuras de carga (load mark) en la base de capas de arenisca media a gruesa, las cuales se hunden en niveles subyacentes más pelíticos. Estas estructuras evidencian una inestabilidad deposicional inmediata posterior a la sedimentación, típica de ambientes fluvio-deltaicos activos.



Figura 48. Estructura de carga (load Mark) en la Fm. Farrat.  
E: 773427 N: 9213691 C: 2866.

### 3.4.4 Estratigrafía de la Formación Farrat E-4

Esta formación aflora en el cerro denominado Songoles y el cerro Yacupacha, siendo visible en afloramientos y en quebradas que permiten una adecuada observación de la estratigrafía local. La medición estratigráfica también se realizó de forma directa sobre los estratos aflorantes, empleando un flexómetro de 10 metros para el registro de espesores y una picota para la extracción de muestras de mano con superficies frescas. Dichas muestras fueron esenciales para la identificación de características petrográficas, tales como la granulometría, el tipo de cemento y las estructuras sedimentarias presentes.



Figura 49. Afloramiento de la Fm. Farrat en el cerro Songoles.  
E: 773530 N: 9213341 C: 2819.

El afloramiento se encuentra expuesto naturalmente en los Cerros Songoles y Yacupacha, presenta una altura aproximada de 200 metros y permite una lectura detallada de la disposición de los estratos, lo que lo convierte en un punto clave para el levantamiento de la columna estratigráfica la cual se efectuó en sentido ascendente, desde la base hacia el techo de la secuencia, asegurando una lectura precisa de las relaciones entre las capas.

El afloramiento muestra una sucesión de estratos sedimentarios con una alternancia de niveles de areniscas de grano medio a grueso, de coloración gris a gris amarillenta, intercaladas con limolitas y arcillolitas grisáceas, en capas tabulares de espesor centimétrico.

En la parte superior del afloramiento, se distingue un conjunto de niveles más claros y homogéneos, relacionados con facies más pelíticas (arcillolitas y limolitas finas), mientras que hacia la parte media e inferior se desarrollan bancos más gruesos y masivos que sugieren pulsos de mayor energía en el ambiente depositacional.

En cuanto a su grado de consolidación, las areniscas están más cementadas, con una matriz silícea que le otorga cierta resistencia a la meteorización, aunque muestran fracturamiento asociado a estructuras tectónicas locales.

### 3.4.4.1 Estructuras sedimentarias de la Formación Farrat E-4

**Estratificación paralela.** El afloramiento mostrado corresponde a un conjunto de estratos sedimentarios con disposición paralela, la cual es interpretada como producto de sedimentación en condiciones de energía relativamente constante.

Cada capa presenta un espesor promedio de 8 a 25 cm, y está compuesta por areniscas gruesas de color blanquecinas.

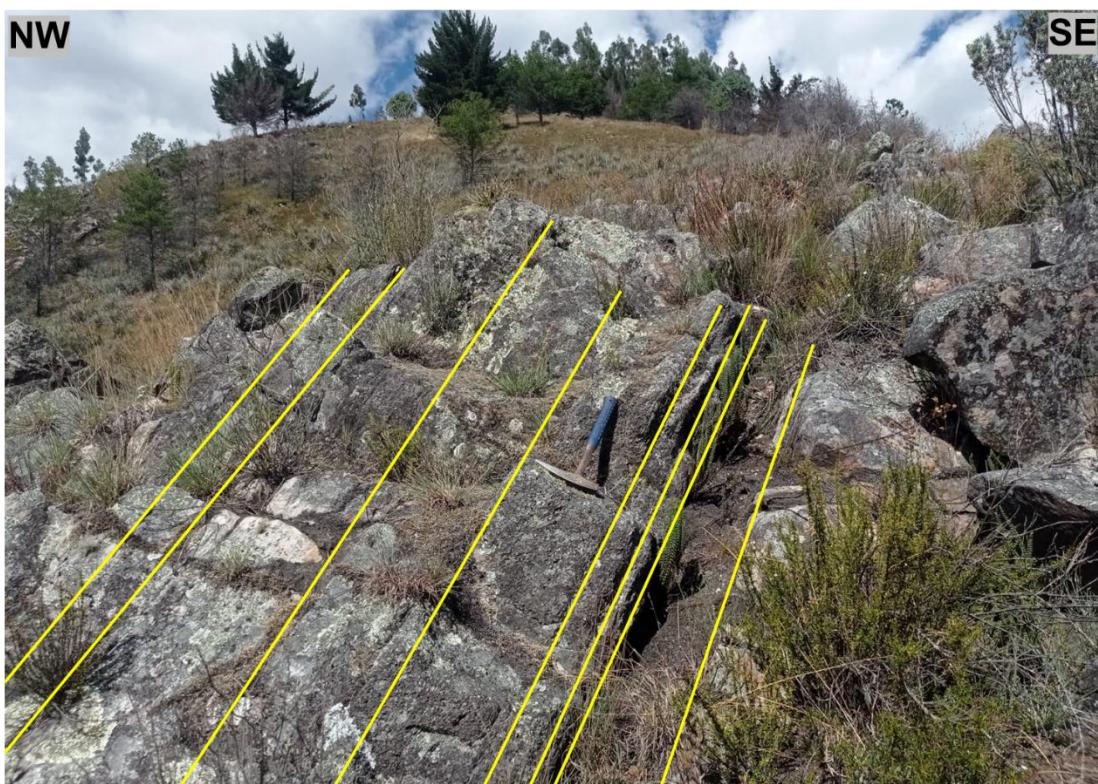


Figura 50. Estratificación paralela en la Fm. Farrat.  
E: 773532 N: 9213343 C: 2951.

**Estratificación sesgada.** Los estratos se encuentran intensamente fracturados y dispuestos en bloques de geometría subangulosa a angulosa. Asimismo, se identifican estratos de arenisca con estructuras acanaladas, cuyos espacios interestratales están parcialmente llenados por material limolítico y depósitos cuaternarios.



Figura 51. Estratificación sesgada presente en la Fm. Farrat.  
E: 773741 N: 9213769 C: 2818.

### 3.5 LITOLOGÍA

#### 3.5.1 Litología de la Formación Carhuáz

La Formación Carhuáz aflora de manera parcial en el corte de la carretera asfaltada de Huambocancha Baja, aproximadamente en el kilómetro 2 (E-1), y también en la parte media-inferior del cerro Shicuana (E-2). En ambas localidades, su exposición está limitada debido a la cobertura por depósitos cuaternarios coluviales y aluviales, lo cual restringe su observación continua.

Litológicamente, la unidad está compuesta por una sucesión de estratos alternantes de areniscas, limolitas y arcillolitas, que presentan una variedad de tonalidades que van desde el gris claro hasta el rojizo pálido. Estas rocas muestran una estratificación bien definida, con estructuras sedimentarias internas que sugieren un ambiente de depósito predominantemente fluvial con eventos de baja y media energía.

La determinación de los porcentajes de los componentes minerales en las muestras fue realizada a nivel microscópico, utilizando el equipo Q-scpe digital microscope con aumento de 63.05X. La clasificación litológica de las rocas clásticas se llevó a cabo mediante el uso de los diagramas triangulares propuestos por Folk (1974) y Pettijohn (1987).

A continuación, se describen algunas muestras representativas recolectadas en los puntos de observación mencionados, las cuales permiten establecer los rasgos litológicos y composicionales característicos de esta unidad. Esta información servirá como base para la definición de las secuencias estratigráficas locales que componen la Formación Carhuáz en el área de estudio.

### **Cuarzoarenita**

Esta roca, de tonalidad grisácea a rojiza, fue identificada en campo mediante la clasificación de Pettijohn, a partir del análisis de una muestra de mano fresca. La composición mineralógica revela un contenido de matriz inferior al 15 %; por ende, se ubica dentro de la familia de las arenitas. Su textura está dominada por granos de cuarzo bien seleccionados, cementados por sílice, y presenta una coloración rojiza atribuida a la presencia de óxidos de hierro, que generan variaciones cromáticas características. Esta información, junto con la observación de su granulometría y estructura, permite confirmar su carácter como una arenisca cuarzosa submadura, de granos subangulosos a subredondeados.

Tabla 9. Características de la muestra N°1.

MUESTRA: N°1		
COORDENADAS		
ESTE	NORTE	COTA
773513.137	9211417.814	2761.5
		
DESCRIPCIÓN		
<p>Los componentes predominantes identificados son:</p> <p><b>Cuarzo:</b> subredondeado de tonalidades claras (blanco a gris), con brillo vítreo. Representa el mayor porcentaje (95%).</p> <p><b>Feldespatos:</b> 1%</p> <p><b>Fragmentos líticos:</b> oscuros y opacos, con forma irregular (4%).</p> <p><b>Matriz fina:</b> 3% de tonalidad gris parduzca, llenando intersticios.</p>		
CLASIFICACIÓN SEGÚN PETTIJOHN: CUARZOARENITA		

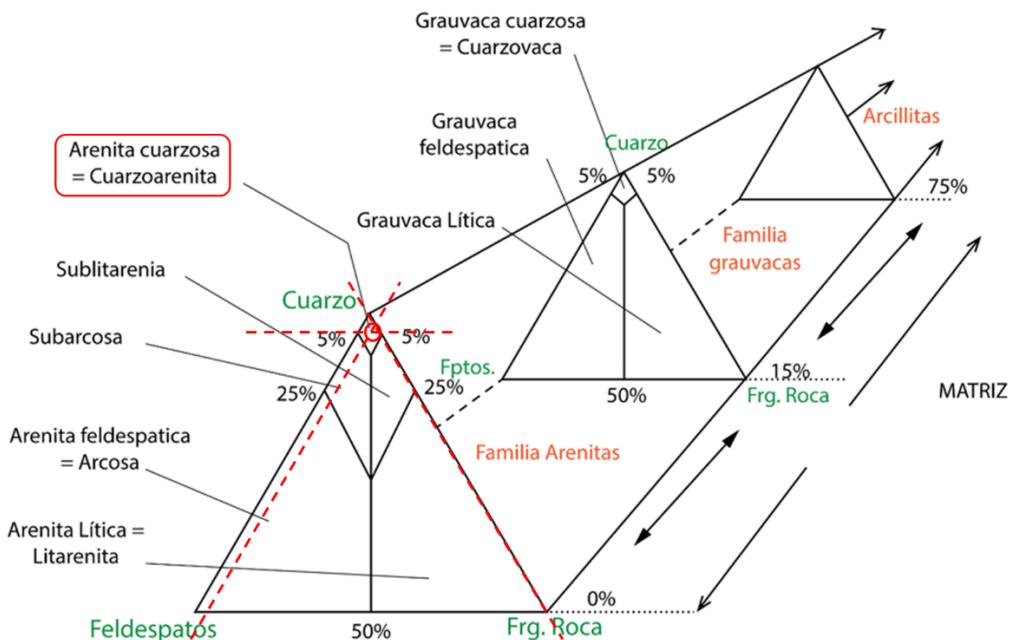
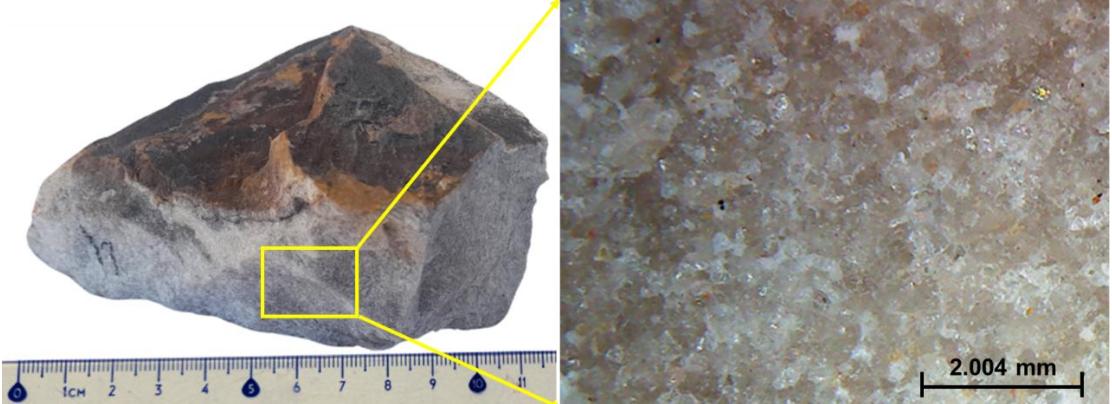


Figura 52. Clasificación de la muestra según Pettijohn: Cuarzoarenita.

## Arenita feldespática

Esta roca, de tonalidad rojiza, fue identificada en campo mediante la clasificación de Pettijohn, a partir del análisis de una muestra de mano fresca. La composición mineralógica reveló un contenido de matriz inferior al 15 % por la que se le considera dentro de la familia de las arenitas, según el triángulo de clasificación correspondiente. Su textura clástica está dominada por granos de tamaño medio cementados por sílice, y presenta una coloración rojiza atribuida a la presencia de óxidos de hierro, que generan variaciones cromáticas características. Esta información, junto con la observación de su granulometría y estructura, permite confirmar su carácter como una Arenita feldespática.

Tabla 10. Características de la muestra N° 2.

MUESTRA: N°2		
COORDENADAS		
ESTE	NORTE	COTA
773158.812	9211533.055	2930.6
		2.004 mm
DESCRIPCIÓN		
Su composición mineralógica: <b>Cuarzo:</b> 70 %, de forma subangulosa, con brillo vítreo y granos homogéneos. <b>Feldespatos:</b> 26%, granos claros, angulosos, poco alterados. <b>Fragmentos líticos:</b> 4%, pequeños clastos oscuros dispersos, poco notorios. <b>Matriz o cemento:</b> 3%, de tonalidad blanquecina y presencia de cemento silíceo.		
CLASIFICACIÓN SEGÚN PETTIJOHN: Arenita feldespática.		

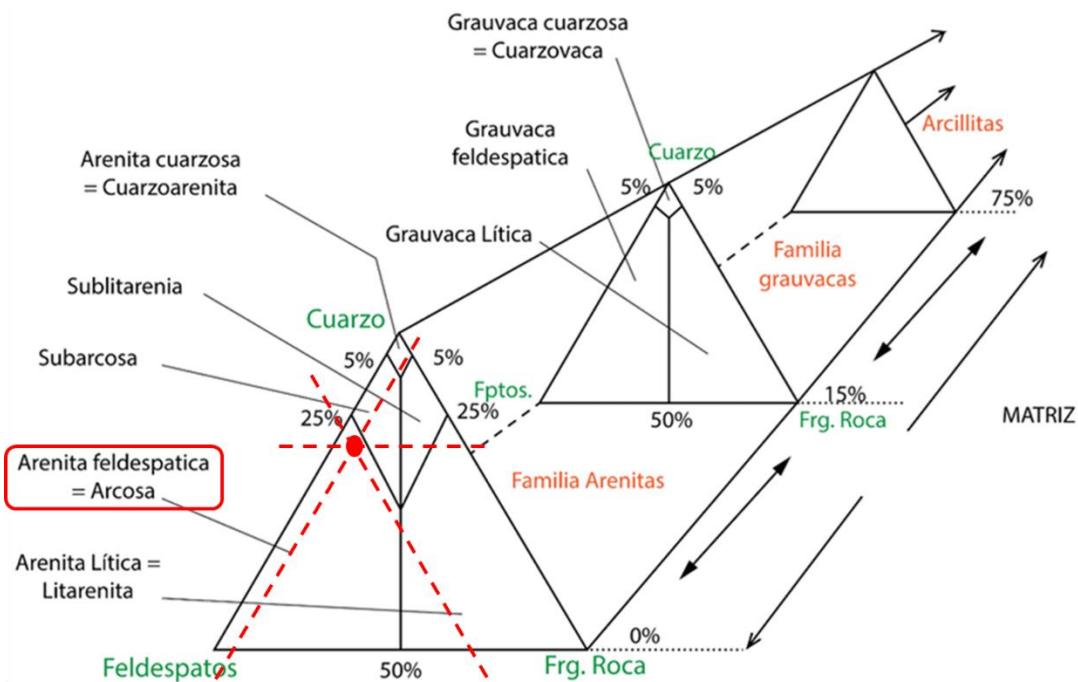
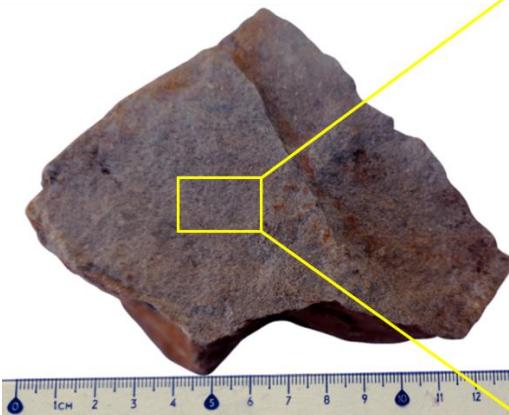


Figura 53. Clasificación de la muestra según Pettijohn: Arenita feldespática.

### Grauvaca feldespática

La muestra presenta una roca de textura clástica, con granos de arena de tamaño fina a media, bien cementados, está compuesta principalmente por granos de cuarzo subanguloso (60%) de tonos blanquecinos, acompañados de fragmentos líticos oscuros y cantidades menores de feldespatos alterados de tono blanquecino. La matriz representa mayor al 15 % del total, con presencia de minerales finos como limos y arcillas. La coloración general es gris claro a pardo, con moteado rojizo producto de óxidos de hierro con impregnación o cementación parcial. Esta información, junto con la observación de su granulometría y estructura, permite confirmar su carácter como una grauvaca feldespática.

Tabla 11. Características de la muestra N°3.

MUESTRA: N°3		
COORDENADAS		
ESTE	NORTE	COTA
772122.12	9213141.14	2902.6
		
		2.004 mm
DESCRIPCIÓN		
<p>Su composición mineralógica:</p> <p><b>Cuarzo:</b> 60 %, de forma subangulosa, tono blanquecino.</p> <p><b>Feldespatos:</b> 30 %, granos claros, angulosos, alterados.</p> <p><b>Fragmentos líticos:</b> 10%, pequeños clastos oscuros dispersos.</p> <p><b>Matriz o cemento:</b> &gt;15% de tonalidad blanquecina.</p>		

CLASIFICACIÓN SEGÚN PETTIJOHN: GRAUVACA FELDESPÁTICA

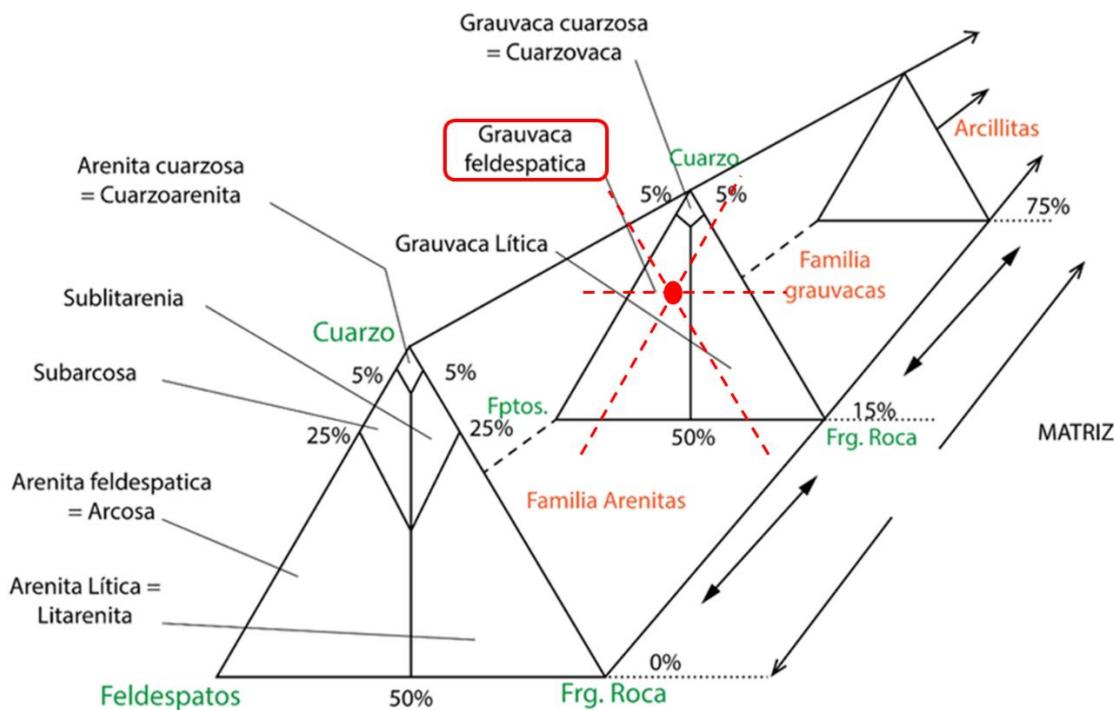
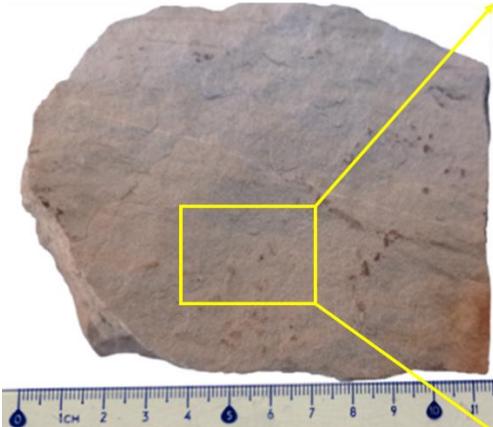
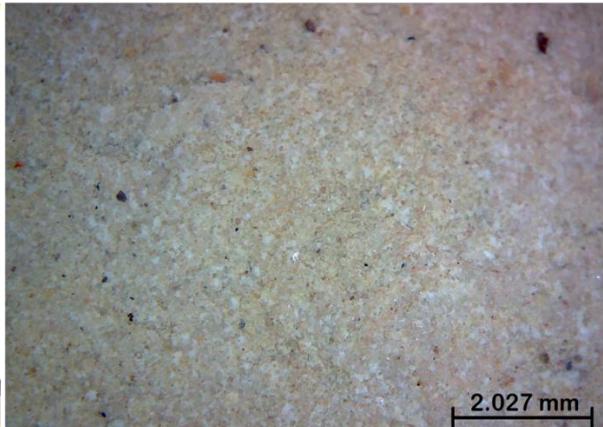


Figura 54. Clasificación de la muestra según Pettijohn: Grauvaca feldespática.

## Arenita feldespática

La muestra presenta una roca de textura clástica homogénea, con granos de arena de tamaño fina cementados, está compuesta principalmente por granos de cuarzo subanguloso (65 %) de tonos blanquecinos, acompañados de fragmentos líticos (5%) oscuros y feldespatos (30%) alterados de tono blanquecino. La matriz representa menos del 15 % del total indicando que la roca es más limpia que lodosa, por ende, se la clasifica dentro de la familia de las arenitas. La coloración general es gris claro. Esta información, junto con la observación de su granulometría y estructura, permite confirmar su carácter como una Arenita feldespática (Arcosa).

Tabla 12. Características de la muestra N°4.

MUESTRA: N°4		
COORDENADAS		
ESTE	NORTE	COTA
773513.112	9211416.624	2761.5
		
DESCRIPCIÓN		
Su composición mineralógica: <b>Cuarzo:</b> 65 %, de forma subanguloso. <b>Feldespatos:</b> 30%, granos claros, angulosos, poco alterados. <b>Fragmentos líticos:</b> 5%, pequeños clastos oscuros dispersos. <b>Matriz o cemento:</b> 12% de tonalidad blanquecina.		
CLASIFICACIÓN SEGÚN PETTIJOHN: ARENITA FELDESPÁTICA		

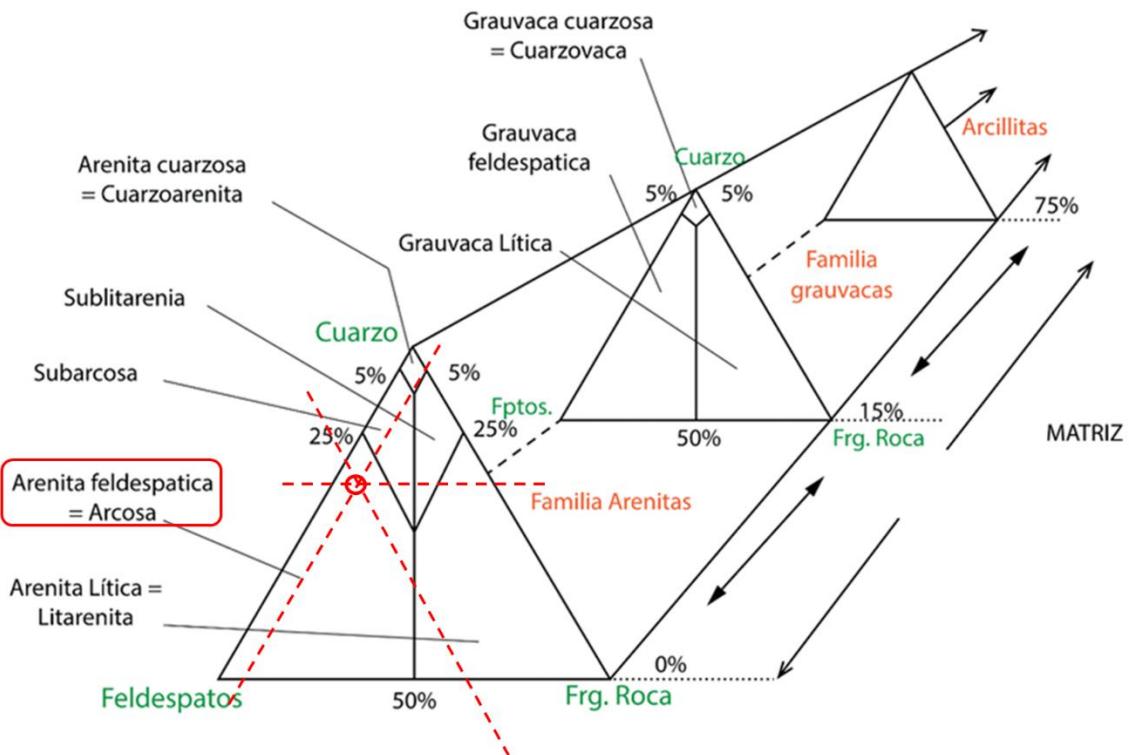
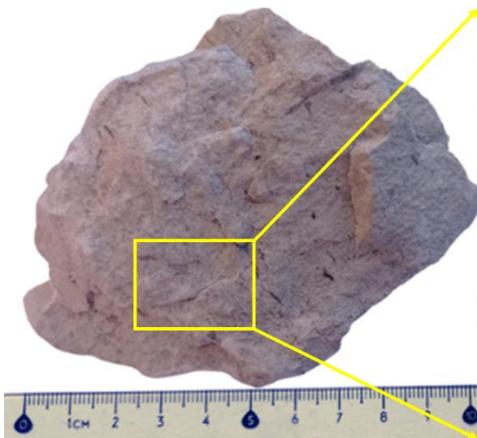
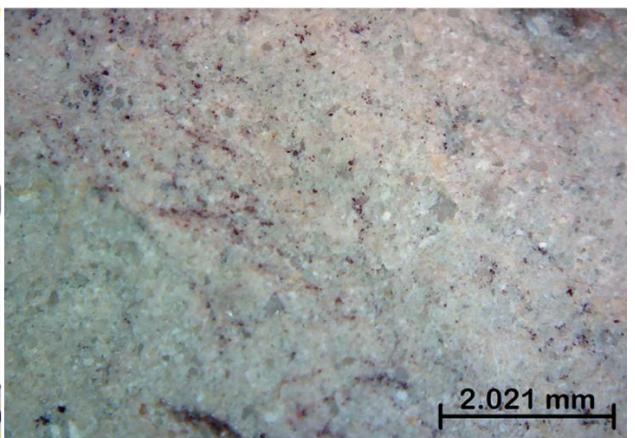


Figura 55. Clasificación de la muestra según Pettijohn: Arenita feldespática

### Limolita arenosa

Esta roca fue clasificada utilizando el sistema propuesto por Pettijohn, a partir del análisis directo de una muestra de mano. Se determinó que presenta un porcentaje de matriz superior al 75 %, lo que permite ubicarla dentro del campo de las arcillitas. Para su identificación también se consideraron características distintivas como su textura fina, con predominio de granos de limo y una proporción menor de arena y su fractura irregular, propias de sedimentos depositados en ambientes de baja energía.

Tabla 13. Características de la muestra N°5.

MUESTRA: N°5		
COORDENADAS		
ESTE	NORTE	COTA
773513.112	9211416.624	2761.5
		
DESCRIPCIÓN		
<p>Muestra de color gris claro, de aspecto homogéneo y textura muy fina (microclástica), que evidencia un alto grado de compactación, al tacto, más arenosa o rugosa que la lodolita. Presenta una estructura masiva, sin laminación visible, lo que sugiere condiciones de deposición de baja energía. La matriz representa más del 75 % del volumen total, con un 25% de arena, con predominio del limo (65%)sobre la fracción arcillosa (10 %).</p>		
CLASIFICACIÓN SEGÚN PETTIJOHN: LIMOLITA ARENOSA		

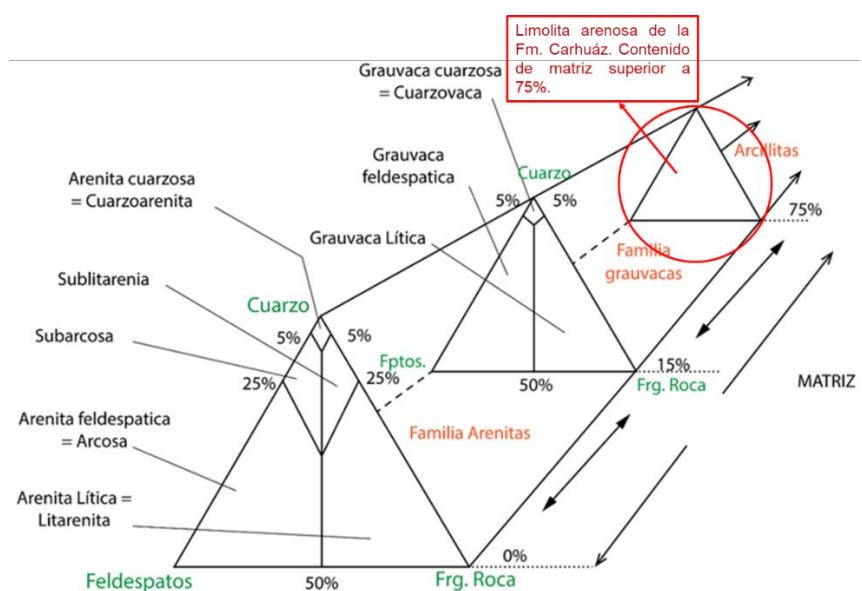


Figura 56. Clasificación de la muestra según Pettijohn: Limolita arenosa.

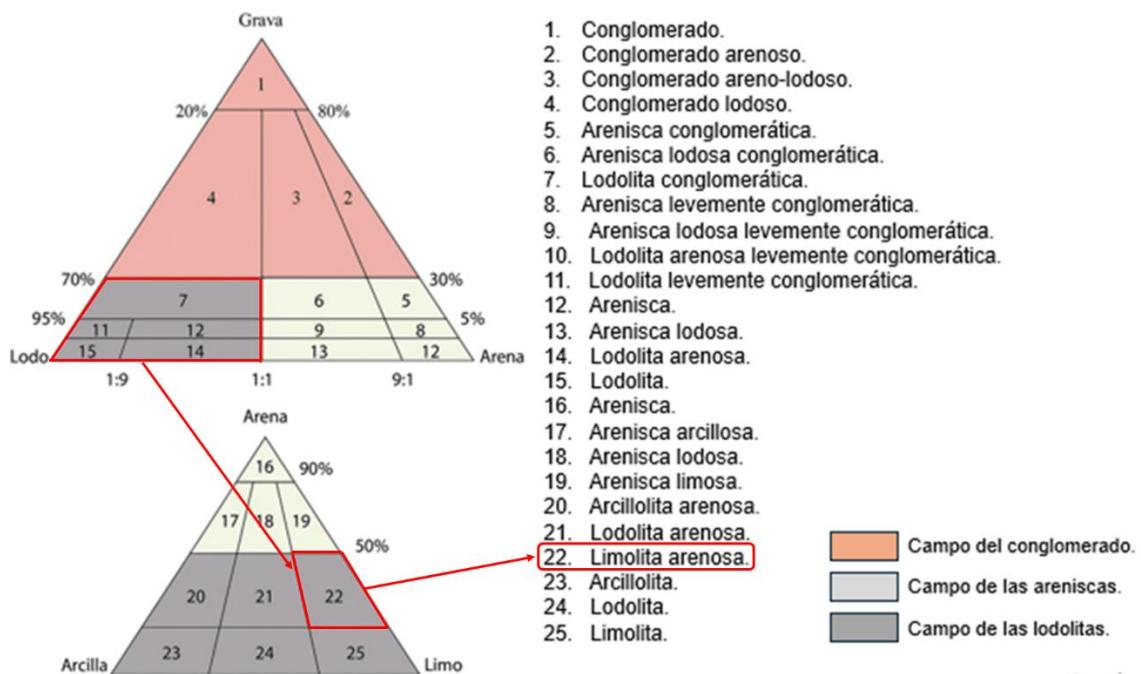


Figura 57. Clasificación de la muestra según Folk: Limolita arenosa.

### Arcillolita.

Se identifica arcillolita de color rojizo a pardo, con textura masiva y compacta, de grano fino. Presenta una estructura laminada con planos de estratificación fina.

En corte fresco, se observa una matriz arcillosa homogénea. El ambiente de depósito interpretado para esta unidad corresponde a un medio marino profundo, asociado a una plataforma externa o cuenca deltaica, donde se acumularon finos sedimentos arcillosos en condiciones de baja energía.

Tabla 14. Características de la muestra N°6.

MUESTRA: N°6		
COORDENADAS		
ESTE	NORTE	COTA
772117.114	9213134.914	2879.143
		
DESCRIPCIÓN		
<p>Muestra de color rojizo, de aspecto homogéneo y textura fina (microclástica) suave al tacto (por alto contenido de arcilla), evidencia un alto grado de compactación. La matriz representa más del 75 % del volumen total, con un 10% de arena, con predominio de arcilla (85%)sobre la fracción limosa (5%).</p>		
CLASIFICACIÓN SEGÚN PETTIJOHN: ARCILLOLITA		

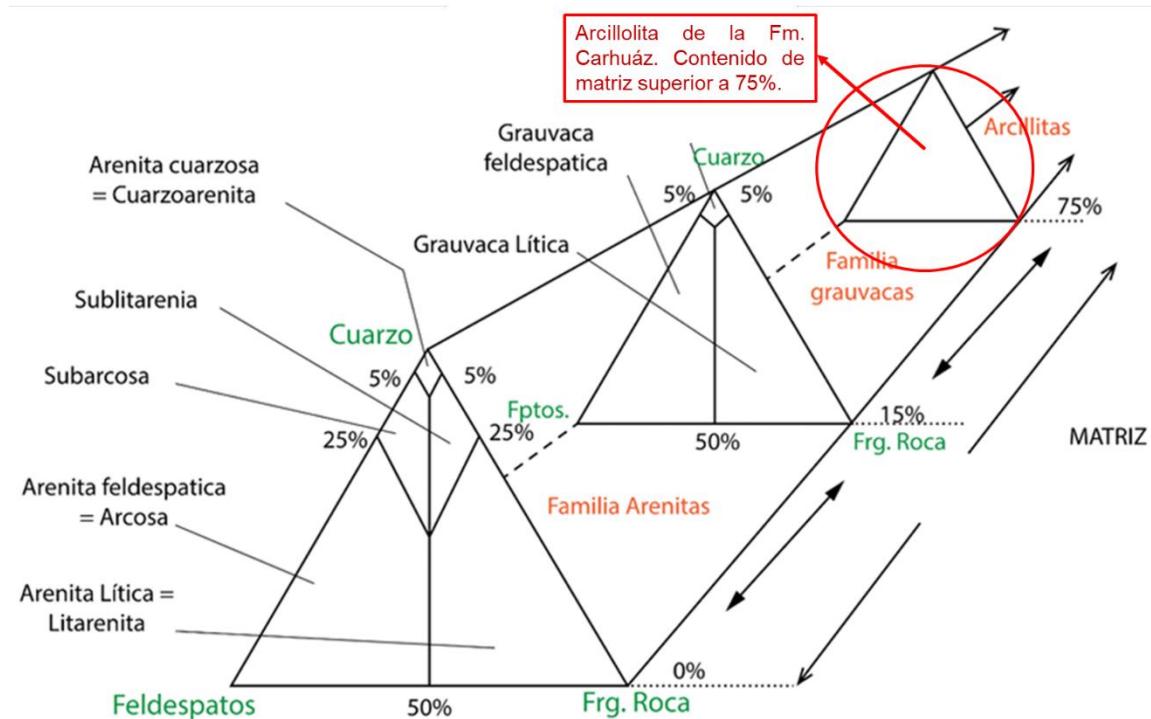


Figura 58. Clasificación de la muestra según Pettijohn: Arcillolita.

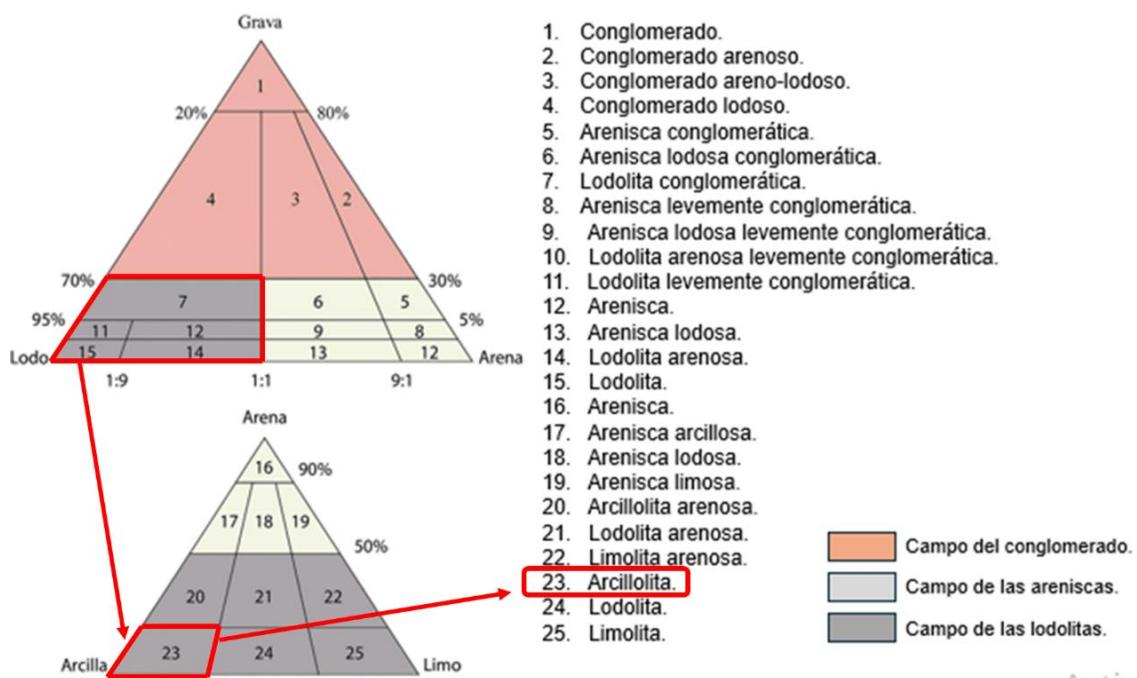
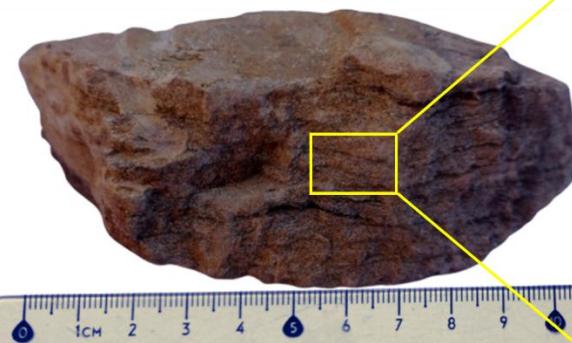


Figura 59. Clasificación de la muestra según Folk: Arcillolita.

### Lodoíta arenosa

Se identifica lodoíta arenosa de color rojizo a pardo, con textura masiva y compacta, de grano fino compuesta predominantemente por una mezcla de limo y arcilla, con una proporción de arena fina. Contiene más limo y arena, por lo que es menos plástica y más granular. Se interpreta como producto de la sedimentación en ambientes de baja energía.

Tabla 15. Características de la muestra N°7.

MUESTRA: N°7		
COORDENADAS		
ESTE	NORTE	COTA
772115.220	9213132.143	2880.012
		
DESCRIPCIÓN		
<p>Muestra de color rojizo y textura fina (microclástica), que evidencia un alto grado de meteorización en la parte del techo de la Formación. La matriz representa más del 70 % del volumen total, con un 10% de arena, con predominio de limo (50%)sobre la fracción arcillosa (40%).</p>		
CLASIFICACIÓN SEGÚN PETTIJOHN: LODOLITA ARENOSA		

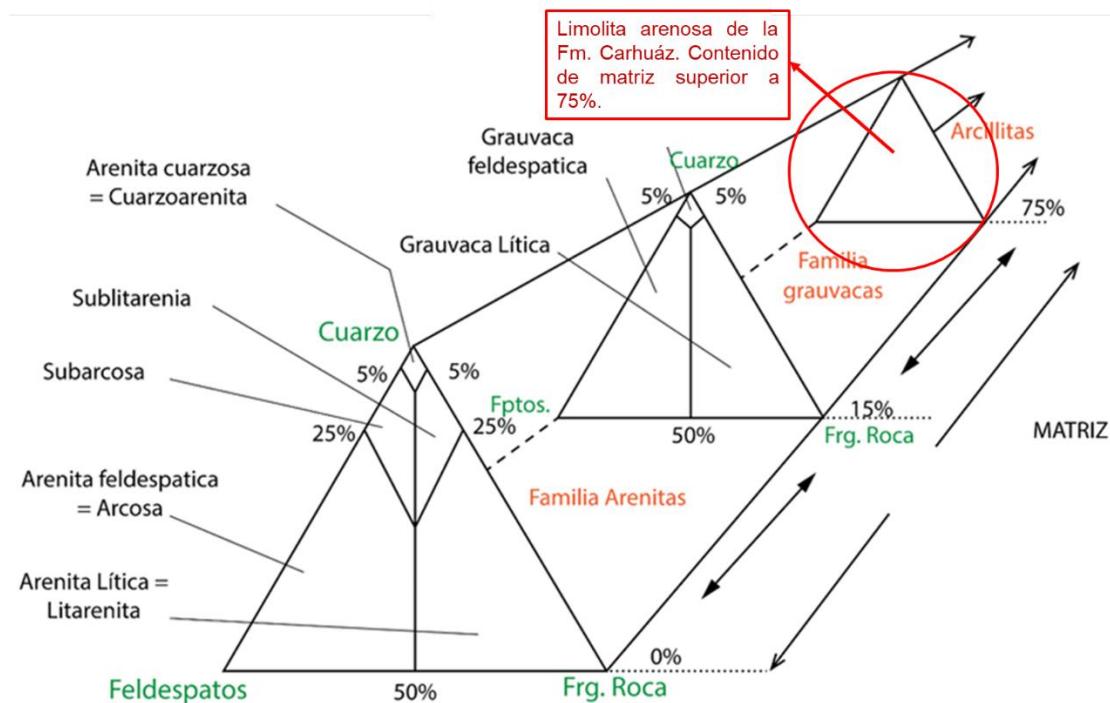


Figura 60. Clasificación de la muestra según Pettijohn: Lodolita arenosa.

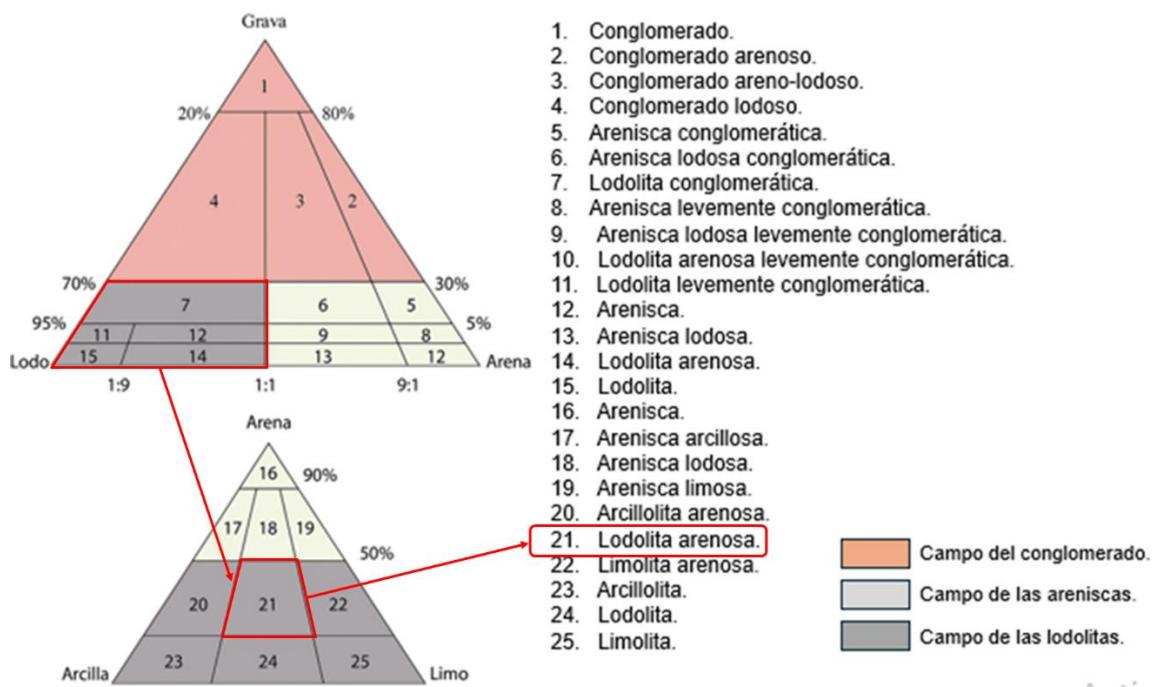
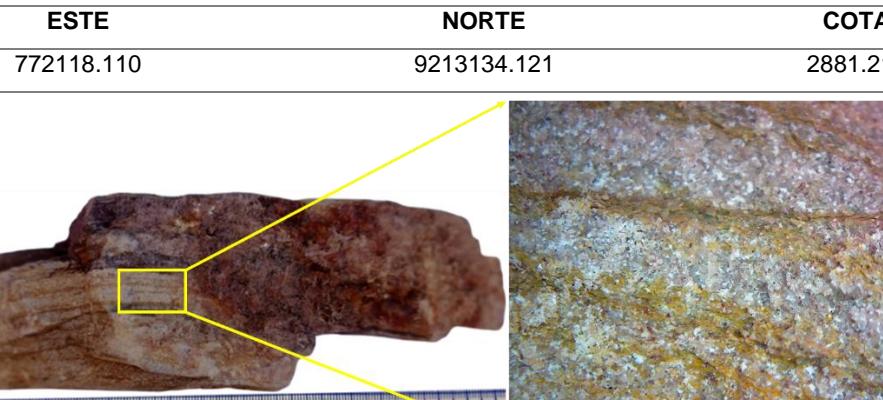


Figura 61. Clasificación de la muestra según Folk: Lodolita arenosa.

### Arcillolita arenosa

Se identifica arcillolita arenosa de color rojizo y amarillento, con textura masiva de grano fino, su cementación es moderada a alta, lo que le confiere una mayor compactación y menor porosidad que las lodosas. Ambiente de sedimentación muy tranquilos, como lagunas, planicies mareales o zonas distales de deltas, donde predominan procesos de decantación fina con leves aportes de arena transportados por suspensión o corrientes de baja energía.

Tabla 16. Características de la muestra N°8.

MUESTRA: N°8		
COORDENADAS		
ESTE	NORTE	COTA
772118.110	9213134.121	2881.211
		

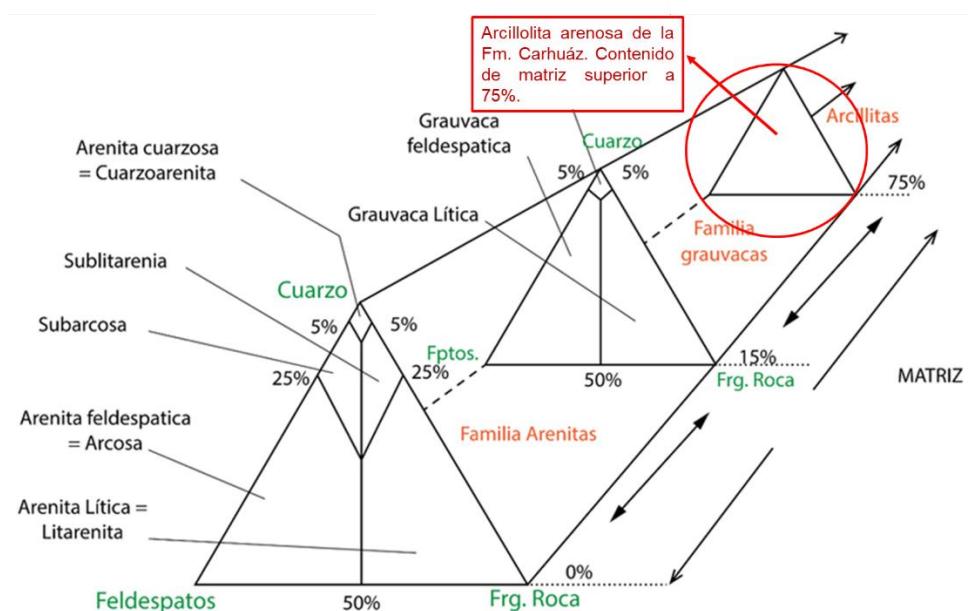


Figura 62. Clasificación de la muestra según Pettijohn: Arcillolita arenosa.

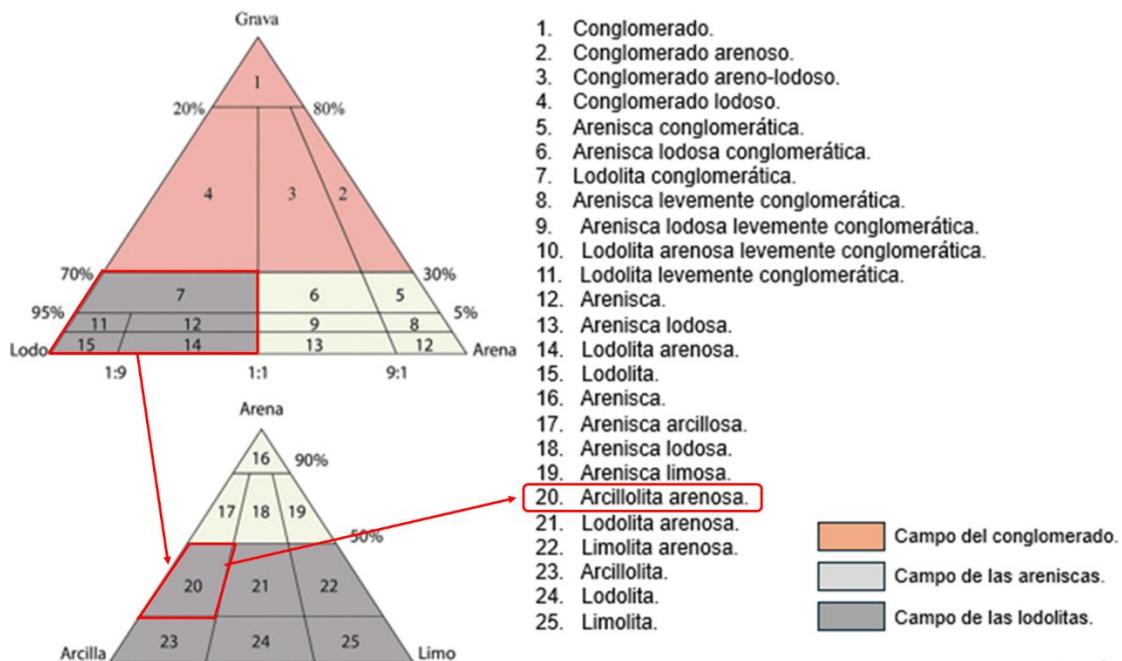


Figura 63. Clasificación de la muestra según Folk: Arcillolita arenosa.

### 3.5.2 Litología de la Formación Farrat

La Formación Farrat, en la zona de estudio, presenta una litología dominada en su base por areniscas cuarzosas de grano fino generalmente son de color blanquecino, con ocasionales matices rojizos aportados por óxidos de hierro, intercaladas con estratos de limolitas de tonalidades gris verdosa y gris rojiza. Esta asociación sugiere condiciones de sedimentación variables, con alternancia entre periodos de mayor y menor energía. En la parte media, la formación está compuesta por areniscas blanquecinas de grano medio, caracterizadas por su buen grado de selección y cementación silícea. Hacia el contacto superior con la Formación Inca, se identificaron areniscas cuarzosas de grano grueso, con diámetros entre 1 y 2 mm, algunas con clastos subredondeados y superficies oxidadas, lo que sugiere un cambio abrupto en la energía del medio deposicional.

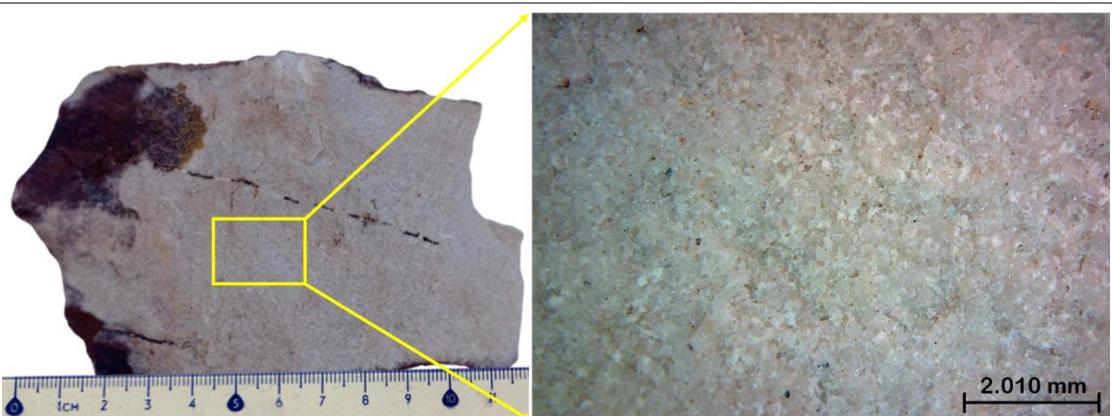
La presencia de estructuras sedimentarias como laminación paralela, estratificación sesgada y geometrías tabulares e irregulares, así como la tendencia granodecreciente hacia el techo, indican una evolución progresiva del ambiente, desde un sistema fluvial entrelazado hacia uno de tipo aluvial.

A continuación, se describen algunas muestras representativas recolectadas en los puntos de observación mencionados, las cuales permiten establecer los rasgos litológicos y compositionales característicos de esta unidad. Esta información servirá como base para la definición de las secuencias estratigráficas locales que componen la Formación Farrat en el área de estudio.

### Arenita cuarzosa

Esta roca, de tonalidad grasácea, fue clasificada en campo utilizando el sistema propuesto por Pettijohn, mediante el análisis de una muestra de mano. Se determinó que posee un contenido de matriz inferior al 15 %, lo que permite ubicarla dentro del campo de la familia de las arenitas, según el triángulo de clasificación correspondiente. Su composición está dominada por granos de cuarzo bien seleccionados y cementados principalmente por sílice.

Tabla 17. Características de la muestra N°1.

MUESTRA: N°1		
COORDENADAS		
ESTE	NORTE	COTA
773731	9213809	2773
		2.010 mm
DESCRIPCIÓN		
<p>Los componentes predominantes identificados son:</p> <p><b>Cuarzo:</b> subredondeado a anguloso (96%) de tonalidades blanco a gris, con brillo vítreo.</p> <p><b>Fragmentos líticos:</b> oscuros y opacos, con forma irregular (3%).</p> <p><b>Feldespatos:</b> 1%</p> <p><b>Matriz fina:</b> 7% de tonalidad gris parduzca, rellenando intersticios.</p>		
CLASIFICACIÓN SEGÚN PETTIJOHN: CUARZOARENITA		

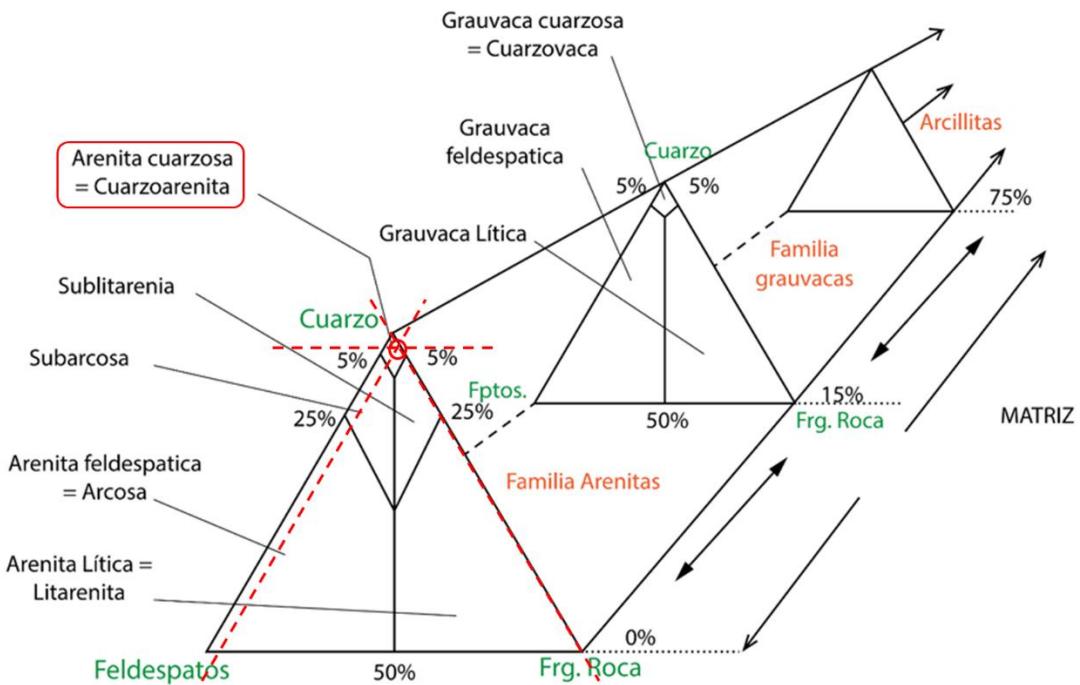
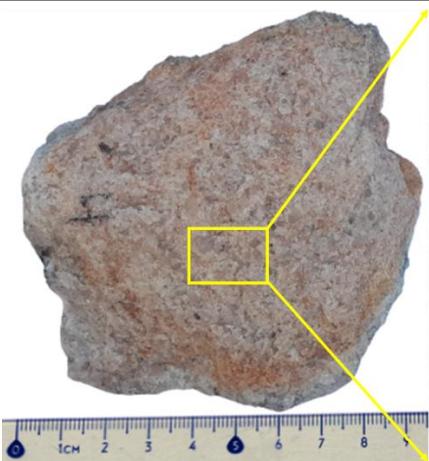
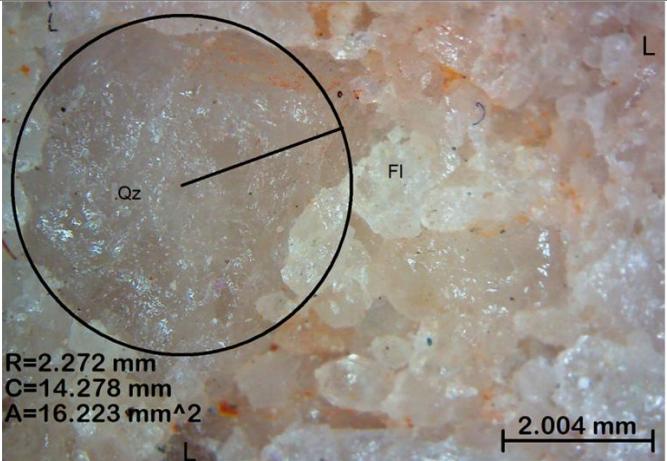


Figura 64. Clasificación de la muestra según Pettijohn: Cuarzoarenita.

### Sublitarenita

Esta roca, de tonalidad gris a amarillenta de grano grueso, fue clasificada en campo utilizando el sistema propuesto por Pettijohn, mediante el análisis de una muestra de mano. Se determinó que posee un contenido de matriz inferior al 15 %, con contenido de feldespatos de 1%, fragmentos líticos de 7% y contenido de cuarzo de 92%. Su composición está dominada por granos de cuarzo bien seleccionados y cementados principalmente por sílice.

Tabla 18. Características de la muestra N°2.

MUESTRA: N°2		
COORDENADAS		
ESTE	NORTE	COTA
773740	9213742	2873
		
DESCRIPCIÓN		
<p>Los componentes predominantes identificados son:</p> <p><b>Cuarzo:</b> de tonalidades gris a amarillentas, con brillo vítreo (92%).</p> <p><b>Feldespatos:</b> 1%.</p> <p><b>Fragmentos líticos:</b> oscuros y opacos (7%).</p> <p><b>Matriz fina:</b> 2% de tonalidad gris amarillenta, llenando intersticios.</p>		
CLASIFICACIÓN SEGÚN PETTIJOHN: SUBLITARENITA		

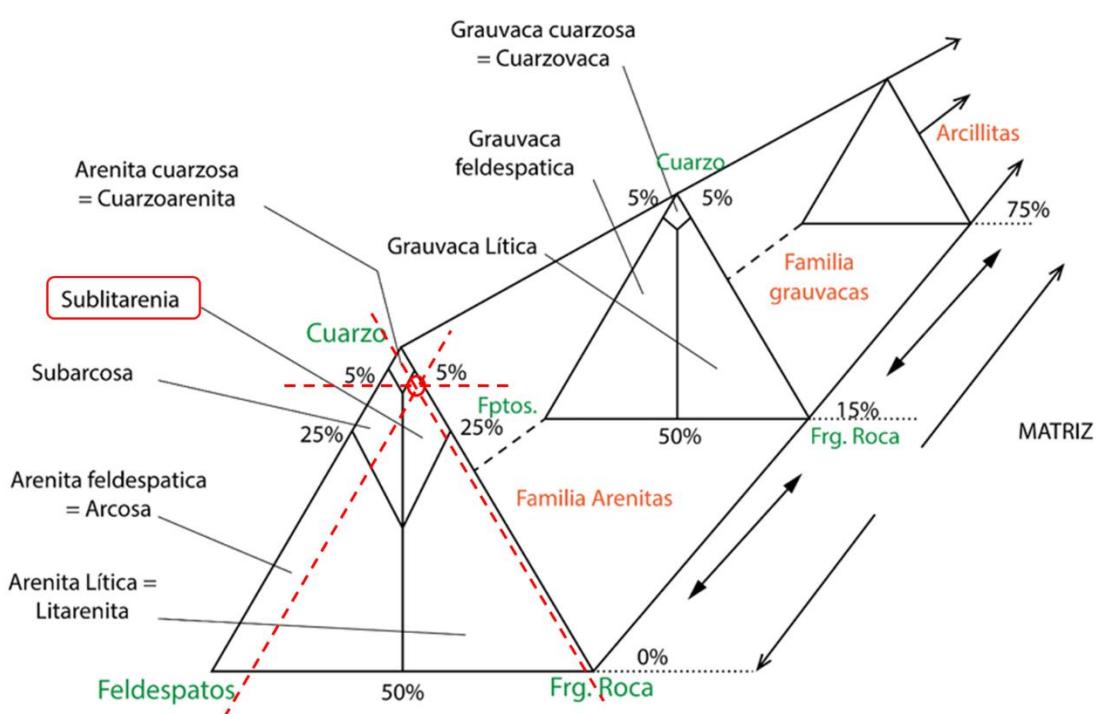
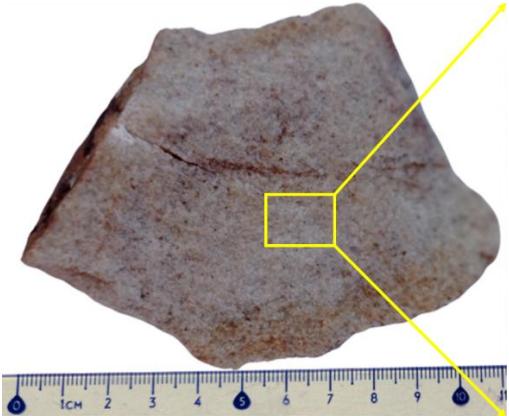


Figura 65. Clasificación de la muestra según Pettijohn: Sublitarenita.

## Cuarzoarenita

Esta roca, de tonalidad gris a rojiza de grano grueso, fue clasificada en campo utilizando el sistema propuesto por Pettijohn, mediante el análisis de una muestra de mano. Se determinó que posee un contenido de matriz inferior al 15 %, feldespatos 1 %, fragmentos líticos 4% y contenido de cuarzo 95%. Su composición está dominada por granos de cuarzo bien seleccionados y cementados principalmente por sílice.

Tabla 19. Características de la muestra N°3.

MUESTRA: N°3		
COORDENADAS		
ESTE	NORTE	COTA
773562	9213761	2801
		
DESCRIPCIÓN		
Los componentes predominantes identificados son: <b>Cuarzo:</b> de tonalidades gris a rojiza, con brillo vítreo (95%). <b>Fragmentos líticos:</b> oscuros y opacos (4%). <b>Feldespatos:</b> cristales claros 1%. <b>Matriz fina:</b> 3% de tonalidad gris amarillenta, llenando intersticios.		
CLASIFICACIÓN SEGÚN PETTIJOHN: CUARZOARENITA		

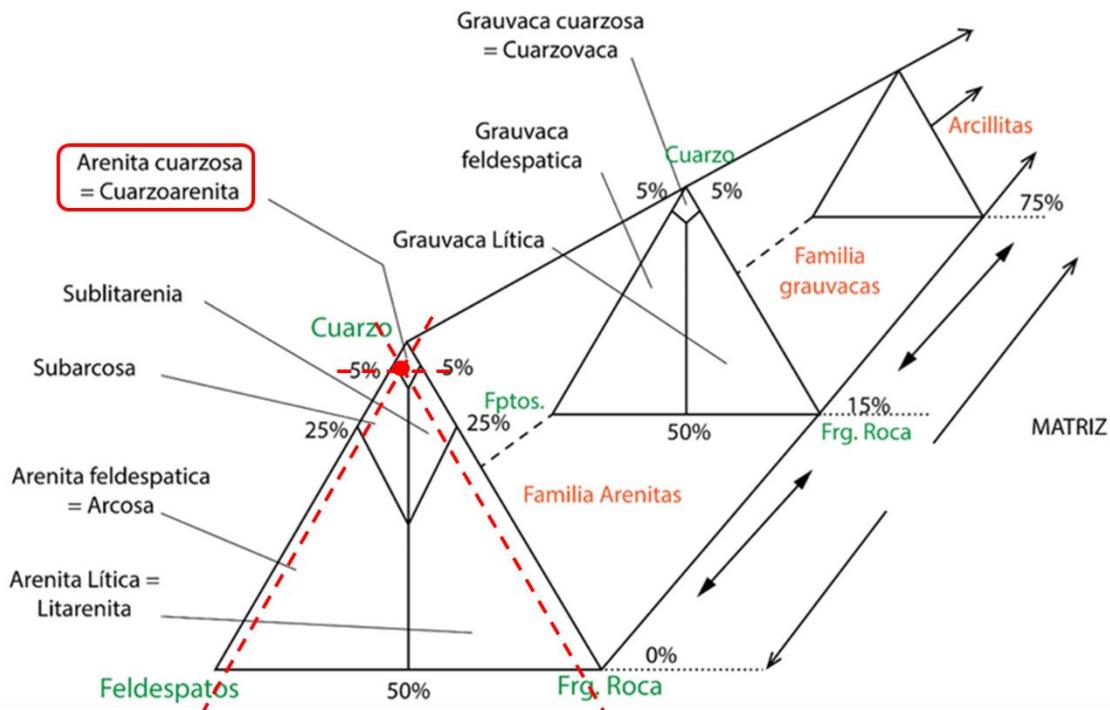


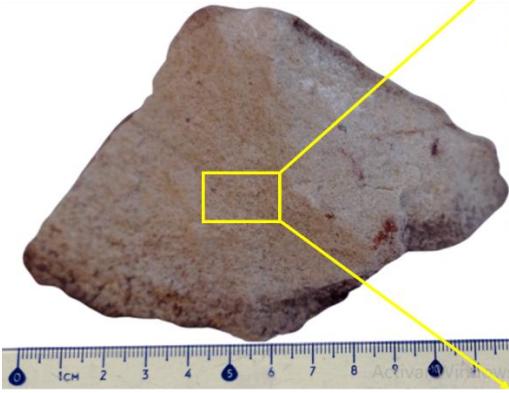
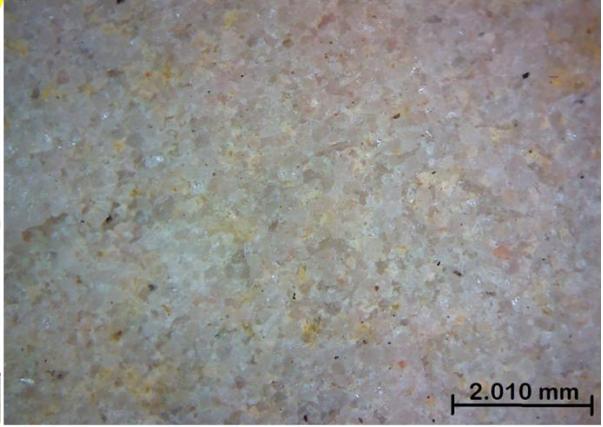
Figura 66. Clasificación de la muestra según Pettijohn: Cuarzoarenita.

### Sublitarenita

Esta muestra de tonalidad rojiza a amarillenta de grano medio subangulosa a subredondeada, indica un grado variable de transporte y desgaste, presenta un 5% de matriz (partículas finas como arcilla), feldespatos (2%) y contiene un 8% de fragmentos líticos. Predominan los granos de cuarzo (90%) lo que permite clasificarla como una sublitarenita.

La abundancia de cuarzo y la moderada presencia de fragmentos líticos reflejan una madurez composicional intermedia, asociada a un ambiente sedimentario de energía media a moderada, donde los procesos de transporte y retrabajo fueron suficientes para eliminar parte de los componentes inestables, pero sin alcanzar el grado de pureza de una cuarzoarenita.

Tabla 20. Características de la muestra N°4.

MUESTRA: N°4		
COORDENADAS		
ESTE	NORTE	COTA
773593	9213786	2803
		
DESCRIPCIÓN		
<p>Los componentes predominantes identificados son:</p> <p><b>Cuarzo:</b> de tonalidades rojiza a amarillenta, con brillo vítreo (90%).</p> <p><b>Feldespatos:</b> cristales claros (2%).</p> <p><b>Fragmentos líticos:</b> oscuros y opacos (8%).</p> <p><b>Matriz fina:</b> 5% de tonalidad amarillenta.</p>		

CLASIFICACIÓN SEGÚN PETTIJOHN: SUBLITARENITA

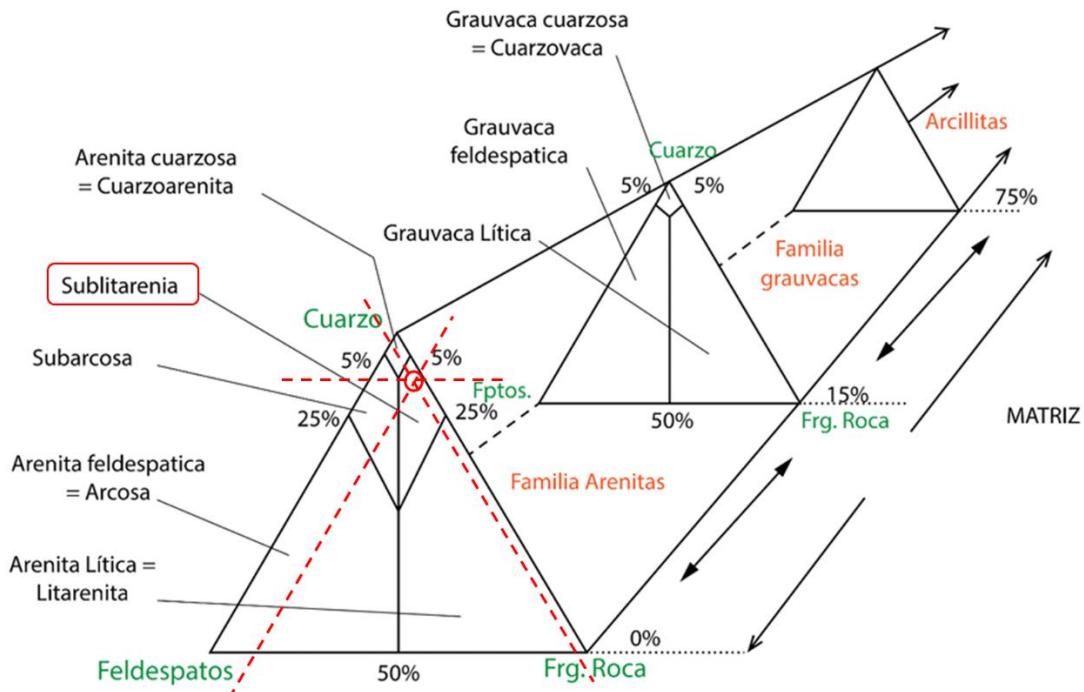
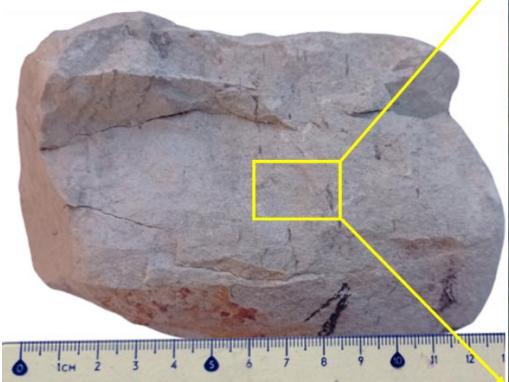
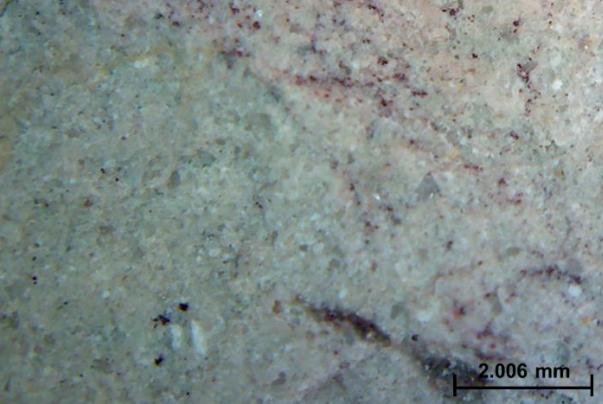


Figura 67. Clasificación de la muestra según Pettijohn: Sublitarenita.

## **Limolita**

La limolita en la Formación Farrat se localiza principalmente hacia el techo de la secuencia estratigráfica. Su identificación se realizó en campo utilizando la clasificación de Pettijohn, a partir del análisis de una muestra de mano fresca. Se determinó que presenta un contenido de matriz superior al 75 %, lo que permite clasificarla dentro de la familia de las arcillitas. Esta roca se caracteriza por su textura fina, coloración que varía entre gris verdosa y gris rojiza, y su aspecto compacto, lo que indica un ambiente de sedimentación de baja energía, posiblemente asociado a llanuras de inundación o ambientes lacustres.

Tabla 21. Características de la muestra N°5.

<b>MUESTRA: N°5</b>		
<b>COORDENADAS</b>		
<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>COTA</b>
773773	9213472	2998
		
<b>DESCRIPCIÓN</b>		
Muestra de grano fino con textura homogénea y compacta. Presenta un color gris claro, fractura terrosa y superficie mate. Su dureza es baja, y al tacto se siente ligeramente áspera. La matriz representa el 80 % del volumen total, con un 7% de arena, con predominio de limo (92%)sobre la fracción arcillosa (3%).		
<b>CLASIFICACIÓN SEGÚN PETTIJOHN: LIMOLITA</b>		

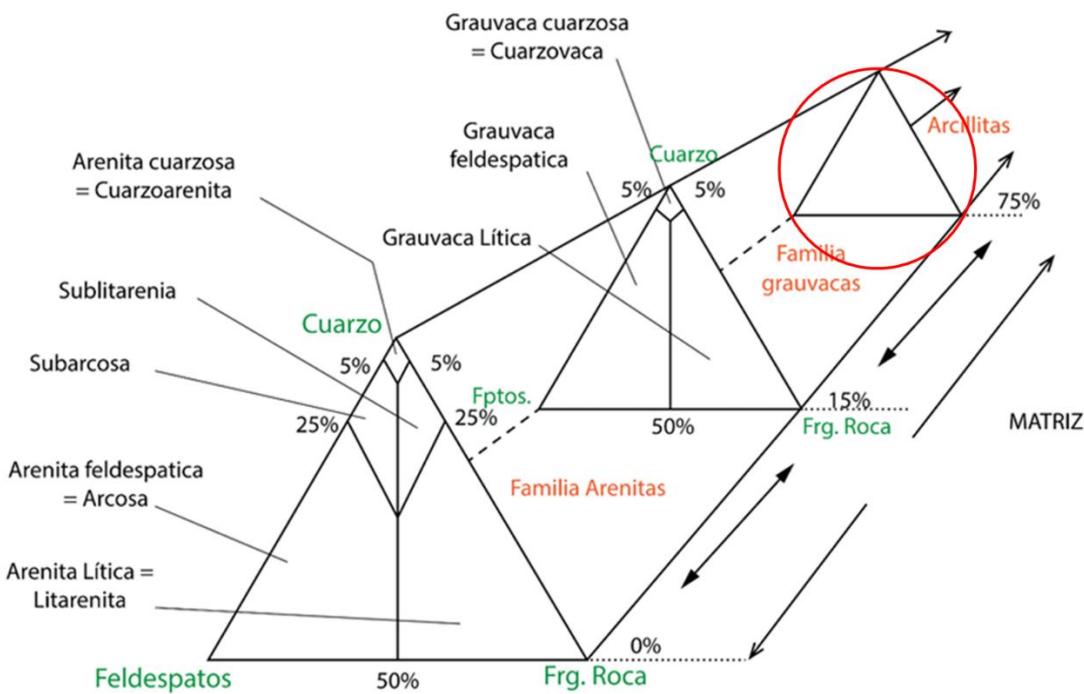


Figura 68. Clasificación de la muestra según Pettijohn: Familia de las arcillitas.

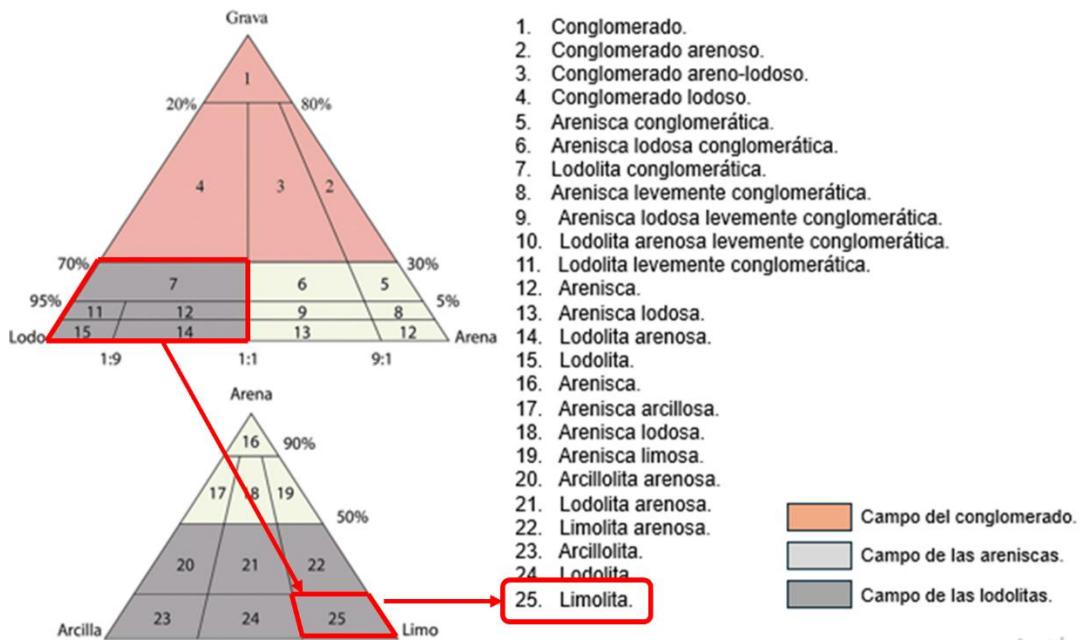


Figura 69. Clasificación de la muestra según Folk: Limolita.

## CAPÍTULO IV

### 4.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El estudio estratigráfico de las formaciones Carhuáz y Farrat en el Centro Poblado de Huambocancha Baja, Cajamarca, ha permitido caracterizar detalladamente la secuencia sedimentaria del Cretácico Inferior en esta región, evidenciando una compleja interacción de procesos sedimentarios y tectónicos.

A continuación, se presenta el análisis e interpretación de los datos obtenidos en campo, así como la discusión de los resultados, en función de los objetivos planteados inicialmente y considerando también la información proveniente de literatura científica previa.

La Formación Carhuáz se compone principalmente de arcillolitas grises, limolitas y areniscas finas a medias, dispuestas en intercalaciones rítmicas con espesores variables. La presencia de laminación paralela y estratificación sesgada refleja una dinámica deposicional controlada por procesos de baja energía en su base, con un progresivo incremento hacia condiciones de mayor energía en la parte media y superior.

Estas características son consistentes con lo señalado por Balcázar (2019), quien identificó en la Formación Carhuáz un predominio de sedimentación detrítica con arcillolitas y limolitas en la base. Asimismo, la oxidación observada en algunos niveles (colores rojizos y pardos) coincide con lo reportado por Saavedra (2019), quien documenta una pérdida de porosidad y compactación significativa, favoreciendo procesos de alteración diagenética.

La identificación de facies como arcillolitas grises y pardas, limolitas y areniscas de grano fino a medio refleja variaciones en la energía y condiciones ambientales durante la deposición de la Formación Carhuáz. Estas variaciones pueden estar asociadas a fluctuaciones en el nivel del agua y cambios en la dinámica de aporte clástico, tal como también se ha observado en estudios locales de las Formaciones Carhuáz y Farrat (Saavedra, 2019; Balcázar, 2019; Durán, 2018). La alternancia entre facies finas y arenosas sugiere episodios de reactivación

sedimentaria, posiblemente vinculados a eventos tectónicos regionales que afectaron la cuenca de Cajamarca (Bardales, 2014; Lagos & Quispe, 2006).

El ambiente de formación de la Formación Carhuáz se vincula a un sistema marino somero–transicional, caracterizado por una fuerte influencia terrígena durante el Cretácico Inferior, es decir, en este período geológico, los sedimentos depositados provenían principalmente del continente (de tierra firme) y no del ambiente marino. Esta interpretación es coherente con lo señalado por Balcázar (2019), quien afirmó que la sedimentación de esta unidad es de naturaleza completamente detrítica, lo que refleja un aporte clástico constante desde áreas continentales adyacentes.

De acuerdo con Saavedra (2019) y Durán (2018), la Formación Carhuáz mantiene rasgos estratigráficos homogéneos en toda la región, lo que sugiere un patrón de deposición estable dentro de la Cuenca Occidental. Dicho patrón responde a los procesos de relleno sedimentario descritos por Lagos y Quispe (2006), quienes plantean que durante el intervalo Berriasiano–Valanginiano los depósitos de esta cuenca estuvieron controlados por ambientes marinos y transicionales con predominio de acumulación siliciclástica.

En el ámbito nacional, Jacay (2018) identificó en el Delta del Goyllarisquizga la presencia de sistemas fluviales y mareales que influyeron en la construcción de ambientes transicionales durante el Cretácico Inferior. Este modelo guarda relación con el origen de la Formación Carhuáz, cuya dinámica deposicional puede vincularse a la interacción de aportes continentales y condiciones marinas someras.

En conjunto, los antecedentes respaldan que la Formación Carhuáz corresponde a un ambiente de deposición marino somero–transicional, condicionado por un aporte constante de sedimentos siliciclásticos y enmarcado en un contexto de regresión marina durante el Cretácico Inferior.

El análisis de las dos estaciones estratigráficas, con un espesor total aproximado de 94 metros, permite describir la variabilidad litológica y sedimentaria de la Formación Carhuáz en el área de estudio:

En la estación estratigráfica N°1 se encuentra conformada por intercalaciones de arcillolitas de color gris oscuro y limolitas grises, que presentan laminación moderada en estratos con espesores que varían entre 1 y 54 cm. Estas se alternan con areniscas de grano fino a medio, de tonalidades grisáceas a rojizas, dispuestas en estratos de 4 a 84 cm de espesor, los cuales exhiben estratificación paralela bien definida. Por ende, La alternancia de arcillolitas gris oscuro y limolitas con laminación moderada, junto a areniscas finas a medias grisáceas y rojizas con estratificación paralela bien definida, concuerda con lo descrito por Balcázar (2019), quien señala que la sedimentación de la Formación Carhuáz es completamente detrítica, con un claro dominio de arcillolitas y limolitas en su base. En la estación estratigráfica N°2 se encuentra conformada por intercalaciones de arcillolitas de color pardos y limolitas grises amarillentas a verdosas, que presentan laminación moderada en estratos con espesores que varían entre 0.5 y 5 cm. Estas se alternan con areniscas de grano medio, de tonalidades grisáceas, dispuestas en estratos de 6 a 34 cm de espesor, los cuales exhiben estratificación paralela bien definida. Por ende, la presencia de arcillolitas pardas y limolitas amarillentas con laminación fina, intercaladas con areniscas de grano medio y estratificación paralela, puede vincularse a procesos de oxidación y a diferencias en la fuente sedimentaria, lo que coincide con las observaciones de Saavedra (2019) y Durán (2018), quienes señalan que la Formación Carhuáz mantiene homogeneidad estratigráfica en la región, aunque con evidencias de variaciones locales asociadas al ambiente de deposición.

La Formación Farrat presenta características sedimentarias propias de un ambiente litoral a deltaico, lo que se refleja en las texturas y estructuras observadas en campo. La predominancia de areniscas cuarzosas de grano medio a grueso, con una alta madurez textural y composicional (más del 90% de cuarzo). Este rasgo coincide con lo señalado por Jacay (2018) en el Delta del Goyllarisquizga, donde describe depósitos de frente deltaico con predominio de arenas y un marcado proceso de retrabajo y selección prolongada. En el caso de Farrat, la presencia de estas areniscas confirma un transporte de larga distancia y un reciclaje sedimentario que refuerzan su origen en un ambiente litoral a deltaico.

Las intercalaciones de limolitas y microconglomerados aportan variabilidad granulométrica y textural a la secuencia, evidenciando fluctuaciones en la energía del sistema deposicional y episodios de mayor aporte clástico grueso. Esta característica es similar a lo descrito por Saavedra (2019) en sus columnas estratigráficas de Carhuáz y Farrat, donde también reporta la alternancia de niveles de distinta granulometría como parte de la dinámica natural de la cuenca.

Las estructuras sedimentarias predominantes, como la estratificación paralela y sesgada, son típicas de ambientes fluviales y deltaicos, donde la dinámica de corrientes unidireccionales genera depósitos organizados en canales y barras. Estos rasgos concuerdan con lo descrito por Lagos & Quispe (2006) en los rellenos deltaicos de la Cuenca Occidental durante el Cretácico Inferior.

La combinación de areniscas cuarzosas intercaladas con limolitas confirma que la Formación Farrat se desarrolló en un ambiente litoral a deltaico. Este tipo de ambientes se caracteriza por sistemas de barras y canales dominados por facies arenosas, lo cual refleja condiciones de mayor energía y un aporte clástico más constante en comparación con la Formación Carhuáz.

Esta interpretación se relaciona con lo documentado por Jacay (2018), quien identificó en el Cretácico Inferior la presencia de ambientes deltaicos y mareales asociados a depósitos siliciclásticos gruesos. Asimismo, la homogeneidad litológica reportada por Saavedra (2019) y Durán (2018) para la Formación Farrat refuerza la idea de un ambiente transicional más estable, donde los procesos de sedimentación se mantuvieron relativamente uniformes a lo largo del tiempo.

De acuerdo con Lagos & Quispe (2006), los depósitos arenosos vinculados a la dinámica regresiva de la Cuenca Occidental durante el Cretácico Inferior evidencian la misma tendencia observada en la Farrat, lo que sugiere que esta formación forma parte de un sistema regional de relleno sedimentario controlado por procesos regresivos.

En conjunto, la Formación Farrat corresponde a un ambiente litoral-deltaico, caracterizado por areniscas cuarzosas limpias y sedimentación estable, vinculada a la dinámica regresiva de la cuenca y al aporte constante de sedimentos siliciclásticos.

El estudio en dos estaciones estratigráficas con un espesor total aproximado de 140 metros permite caracterizar la variabilidad litológica y sedimentaria de la Formación Farrat:

En la estación estratigráfica N°3 se observa una secuencia dominada por areniscas de grano medio, grisáceas, con estratos que varían entre 9 cm y 2.17 m de espesor, predominando la estratificación paralela. La escasa presencia de limolitas y arcillolitas, manifestada como láminas delgadas menores a 0.5 cm, indica condiciones sedimentarias dominadas por procesos de alta energía con episodios puntuales de sedimentación fina. Este patrón coincide con lo señalado por Balcázar (2019), quien describe a la Formación Farrat como compuesta mayoritariamente por areniscas cuarzosas, reflejando condiciones de sedimentación más limpias y de alta energía.

En la estación estratigráfica N°4 la unidad está constituida por areniscas de grano medio a grueso, con estratos de 8 cm a 1.30 m, también con estratificación paralela predominante. En la base, las limolitas y arcillolitas son escasas y delgadas (<0.6 cm), pero hacia la parte superior del Cerro Songoles, estas facies adquieren mayor desarrollo, formando estratos de hasta 40 cm, lo que indica un aumento en la sedimentación fina y posiblemente una transición hacia ambientes más someros o con mayor influencia lacustre o de aguas tranquilas. Este tipo de secuencia confirma la homogeneidad litológica descrita por Saavedra (2019) y Durán (2018), quienes reportan que la Formación Farrat está caracterizada por su mayor pureza arenosa y una menor variabilidad composicional respecto a la Formación Carhuáz.

La Formación Farrat comienza en su base con una alternancia rítmica de areniscas de grano fino y de grano medio, cuyos estratos delgados (0,40 –1 m) se mantienen constantes a lo largo de los primeros 50 m. A continuación, se observa un tramo de aproximadamente 20 m dominado por areniscas de grano medio, seguido de niveles oxidados de tonalidad rojiza intercalados con areniscas de grano medio, tal como se representa en la columna litoestratigráfica de la base (Anexo 4 – Columna N°5, N°6, N°7). Hacia el techo de esta unidad afloran delgadas láminas de limolita, preludio de la parte superior de la Formación Farrat, donde se alternan areniscas de grano grueso y medio, evidenciando un patrón de granodecreciente de cara al contacto con la Formación Inca (Anexo 4 – Columna N°8). En conjunto, esta secuencia refleja un régimen deposicional que evoluciona desde flujos de energía moderada en la base, con pulsos oxidativos intermedios, hasta episodios de mayor energía en el techo. Estas características concuerdan con la descripción de Lagos & Quispe (2006), quienes sostienen que durante el Berriasiano–Valanginiano se desarrollaron sistemas costeros y marinos someros con fuerte aporte clástico. A nivel local, Jacay (2018) relaciona este tipo de sucesiones arenosas con depósitos transicionales de tipo deltaico y fluvial-mareal, donde el aporte de sedimentos cuarzosos es dominante.

Su sedimentación presenta características de mayor madurez textural y una marcada estratigrafía secuencial, evidenciando gradaciones inversas y normales que sugieren fluctuaciones en el nivel del mar o en la dinámica tectosedimentaria local.

## 4.2.CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La hipótesis plantea que la estratigrafía de las Formaciones Carhuáz y Farrat responde a un ambiente de origen regresivo, explicando la presencia de granos de sílice y las diferencias composicionales y cromáticas entre ambas formaciones. Aunque esta interpretación es razonable, existen aspectos que requieren un análisis más detallado y podrían matizar o contradecir dicha hipótesis:

En primer lugar, estudios regionales en la Cuenca de Cajamarca (García et al., 2018); (Pérez & Ramírez, 2020) indican que la alta proporción de cuarzo en las formaciones Carhuáz y Farrat puede estar vinculada a un proceso de reciclaje sedimentario prolongado, donde los sedimentos han sido erosionados y redepositados múltiples veces. Este proceso favorece la selección de granos más resistentes, como el cuarzo, y explica la madurez textural observada en la Formación Farrat, más que un simple cambio ambiental regresivo.

Asimismo, la coloración oxidada de la Formación Carhuáz, atribuida comúnmente a la proximidad a la superficie, también puede ser resultado de procesos de meteorización intensa en un clima tropical húmedo, común en la región andina (Vargas et al., 2017). La oxidación de minerales ferromagnesianos y la formación de óxidos de hierro generan tonalidades rojizas y amarillentas que no necesariamente reflejan la dinámica sedimentaria original, sino transformaciones posteriores vinculadas a la meteorización y la alteración diagenética.

En lo que respecta a la dinámica sedimentaria y ambiente deposicional, la Formación Farrat, con su coloración blanquecina y alta pureza silícea, está asociada a ambientes deltaicos y litorales con alta energía, donde la selección sedimentaria es más eficiente (según Mendoza & Quispe, 2019). La estratificación paralela, sesgada y laminación observadas en campo apoyan esta interpretación. Sin embargo, la diagénesis puede intensificar la pureza del cuarzo al eliminar materiales menos resistentes.

Finalmente, debe considerarse la influencia tectónica en la estratigrafía, ya que la región de Cajamarca ha experimentado episodios tectónicos andinos que han generado subsidencia y levantamientos diferenciales (Torres et al., 2016). Estos movimientos han modificado la geometría de las cuencas y las condiciones de sedimentación, lo que implica que la estratigrafía actual es producto no solo de cambios eustáticos (regresión/progresión), sino también de la dinámica tectónica local.

En síntesis, la hipótesis planteaba que la estratigrafía de las Formaciones Carhuáz y Farrat refleja un ambiente regresivo, explicando la presencia de sílice y las diferencias composicionales y cromáticas. Los datos de campo y las columnas litoestratigráficas muestran que, si bien la Formación Farrat respalda parcialmente esta interpretación, factores como la meteorización, diagénesis, reciclaje sedimentario y tectónica local también influyen en la disposición y composición de las facies. Por lo tanto, la regresión es un factor relevante pero no exclusivo, confirmando la hipótesis solo de manera parcial.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

El análisis estratigráfico realizado permitió determinar que las Formaciones Carhuaz y Farrat conforman una secuencia volcano–sedimentaria continua del Jurásico superior al Cretácico inferior, representando diferentes etapas de un mismo ciclo transgresivo–regresivo dentro de la evolución de la cuenca de Cajamarca.

Se identificaron las texturas y estructuras sedimentarias más representativas de ambas formaciones. En la Formación Carhuáz predominan limolitas, arcillolitas y areniscas finas a medias, acompañadas de estructuras como estratificación paralela y sesgada. En la Formación Farrat destacan areniscas cuarzosas de grano medio a grueso con alta madurez, además de estructuras sedimentarias como estratificación sesgada, paralela y acanalada.

Se interpretó el ambiente de formación de ambas unidades. La Formación Carhuáz corresponde a un ambiente marino somero-transicional, mientras que la Formación Farrat refleja ambientes litoral-deltaico dinámico.

Se elaboraron columnas litoestratigráficas, a partir de datos de campo en los afloramientos más representativos, las cuales permiten visualizar la variabilidad litológica y sedimentaria de ambas formaciones, respaldando la caracterización del ambiente deposicional y la dinámica estratigráfica observada.

## 5.2. RECOMENDACIONES

Ampliar el análisis estratigráfico de las formaciones suprayacentes e infrayacente a las unidades estudiadas, con el propósito de establecer una correlación litoestratigráfica más completa del Cretáceo, lo que contribuirá a una mejor comprensión de la evolución geológica regional.

Profundizar en el estudio de la tectónica local, incorporando análisis estructurales de fallas, pliegues y sistemas de fracturamiento, con el propósito de evaluar su influencia en la distribución, deformación y preservación de las formaciones Carhuáz y Farrat.

Implementar estudios geofísicos complementarios, especialmente en sectores cubiertos por depósitos cuaternarios, a fin de inferir la continuidad, estructura y composición litológica del subsuelo en áreas donde las formaciones no se encuentran expuestas.

Desarrollar perfiles sedimentológicos que integren la descripción de facies, contactos, estructuras y bioturbación, permitiendo una interpretación más detallada de los procesos deposicionales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvan, A. V. (2018). Elementos arquitecturales de una plataforma siliciclastica antigua: aportes en la definicion paleoambiental de las Formaciones Carhuáz y Farrat (Aptiano, 7°-7° 30' S). Lima, Perú.
- Arche, A. (2010). Sedimentología del proceso físico de la cuenca sedimentaria. Madrid, España: Graficas Blanco. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Balcázar, R. A. (2019). Sedimentología y Estratigrafía de la Formación Carhuáz en el distrito de la Encañada. Cajamarca – Perú. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Bhattacharya, J. (2006). Deltas. SEPM Concepts in Sedimentology. Texas – EE.UU. Department of Geosciences, The University of Texas at Dallas.
- Briones, B. B. (2014). Análisis Estructural de las secuencias cretáceas de los Baños del Inca y alrededores, Cajamarca - Perú. Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Cheel, R. (2005). Introduction to clastic sedimentology. Canadá: Departament of Earth Sciences Ontario University.
- Dávila, J. (2011). Diccionario Geológico, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Lima - Perú: INGEMMET.
- Dunham, R. (1962). Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture. Houston - Texas. Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists.
- Durán, J. (2018). Estudio sedimentológico y estratigráfico de la microcuenca Cochamarca San Marcos Cajamarca - Perú. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Folk, R. (1962). Spectral subdivision of limestone types. Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists 62-84. Texas – EE.UU.

- Folk, R. (1974). Petrología de las Rocas Sedimentarias: Clasificación de las rocas clásticas. Texas: Editorial Hemphill.
- Gaibor, G. (2019). Estudio y Caracterización de la Formación Jama (Pleistoceno Inferior) entre los Cantones de Jama, Canoa y Pedernales. Quito – Ecuador.
- Hedberg, & Hollis. (1980). Guía Estratigráfica Internacional. Barcelona – España.
- Herrera, E. ( 2012). Estudio estratigráfico del cretáceo superior en los alrededores de la ciudad de Cajamarca. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Jacay, J. (2018). Evolución de Facies mareicas en el frente deltaico del Delta del Goyllarisquizga, cretaceo inferior. Lima – Perú.
- Krumbein, W., & Sloss, L. (1969). Estratigrafía y sedimentación. Mexico.
- Krynine, P. (1948). The megascopic study and field classification of sedimentary rocks. Pennsylvania: Journal of Geology.
- Lagos, A., & Quispe, Z. (2012). Caracterización litológica y paleontológica del Cretáceo inferior en Cajamarca: Las formaciones Santa y Carhuáz. Cajamarca – Perú. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Lagos, M. A. (2006). Aportes al Análisis de Cuencas Sedimentarias. Lima: Boletín del XIII Congreso Peruano de Geología.
- Marocco, R. (2009). Introducción a la Estratigrafía Secuencial. Lima: Instituto de Investigación para el Desarrollo.
- Oyarzun, R. (2009). Introducción a la Geología de Minas. Madrid: Ediciones GEMM.
- Petijhon, F. (1970). Rocas Sedimentarias: Clasificación de las rocas clásticas. Buenos Aires: Editorial Universitaria de Buenos Aires.
- Reyes, L. (1980). Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba (Boletín Serie A-N°31). Lima: Estudio realizado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).

Saavedra Vásquez, J. M. (2019). Estratigrafía de las formaciones Santa, Carhuáz y Farrat en el caserío de Shaullo Chico del distrito Baños del Inca. Cajamarca – Perú. Universidad Nacional de Cajamarca.

Scasso, L. (1997). Petrología y Diagénesis de Rocas Clásticas. Argentina: Asociación Argentina de Sedimentología.

Vera, J. (1994). Estratigrafía – Principios y Métodos. Madrid: Rueda S.L.

Weller, J. M. (1960). Stratigraphic Principles and Practice. Nueva York: Harper & Brothers.

## **ANEXOS**

### **ANEXO N°1: ÁLBUM FOTOGRÁFICO**

### **ANEXO N°2: DATOS DE CAMPO**

### **ANEXO N°3: PLANOS**

- 01** Plano de Ubicación
- 02** Plano Geológico
- 03** Plano MDE

### **ANEXO N°4: COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS**

- Columna N° 1.** Estación estratigráfica E1
- Columna N° 2.** Estación estratigráfica E2 / Corte - 1
- Columna N° 3.** Estación estratigráfica E2 / Corte – 2
- Columna N° 4.** Estación estratigráfica E2 / Corte – 3
- Columna N° 5.** Estación estratigráfica E3 / Corte - 1
- Columna N° 6.** Estación estratigráfica E3 / Corte - 2
- Columna N° 7.** Estación estratigráfica E3 / Corte – 3
- Columna N° 8.** Estación estratigráfica E4
- Columna general N° 9.** Estación estratigráfica E1 – E4

**ANEXO N°1:**  
**ÁLBUM**  
**FOTOGRÁFICO**

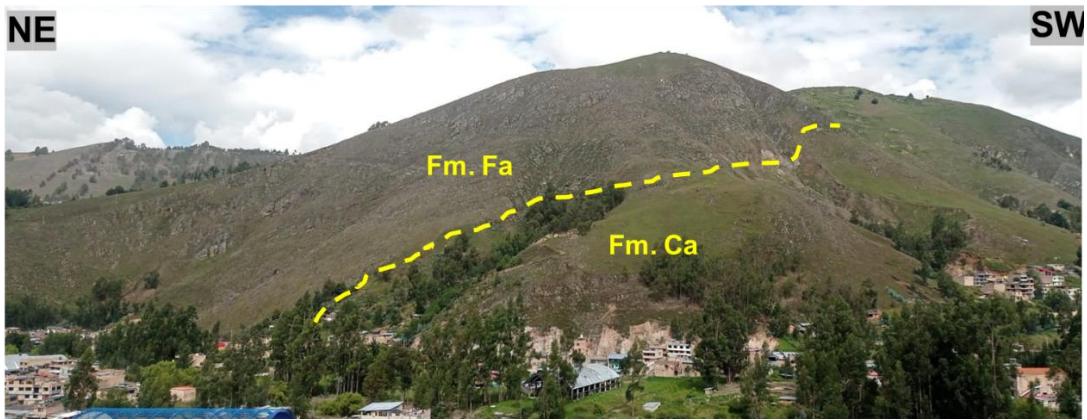


Figura 70. Vista panorámica de Fm. Ca y Fm. Fa en el Cerro Shicuana.  
E: 773158 N: 9211533 C: 2930.

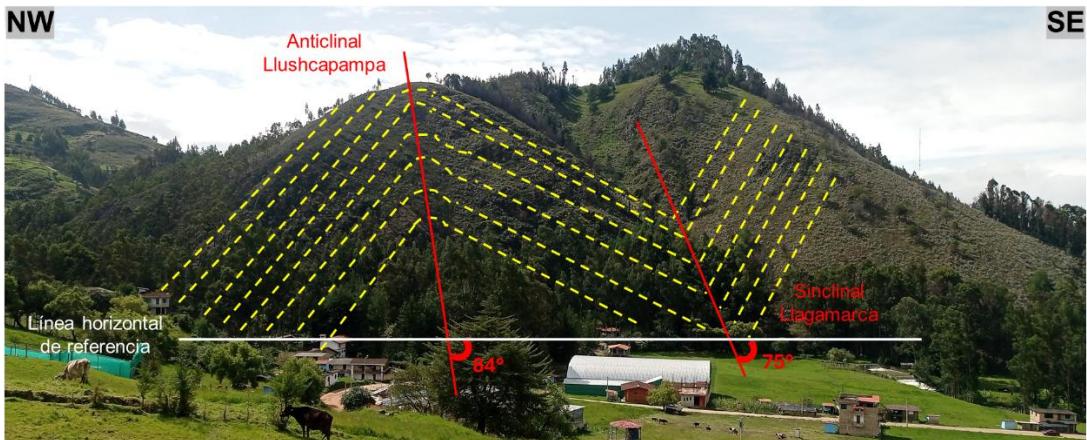


Figura 71. Plegamiento en la Fm. Farrat en el Cerro Songoles.  
E: 773773 N: 9213472 C: 2997.



Figura 72. Afloramiento de conglomerado en la Quebrada Qarqash

Nota. Ubicada en el Cerro Shicuana lo que representaría un nivel de contacto y transición, evidenciando cambios significativos en las condiciones ambientales y tectónicas durante su deposición. E: 772190 N: 9212703 C:2960.7



Figura 73. Vista de erosión biológica.

Nota. En el afloramiento se evidencia un proceso activo de erosión biológica que penetra directamente en las fracturas de la roca siguiendo planos de debilidad y ejerciendo presión mecánica al crecer dentro de las fisuras de la roca, ampliándolas progresivamente y contribuyendo a la desintegración del sustrato rocoso. E: 770434.05 N: 9211168.24 C: 2761.12



Figura 74. Estratos paralelos de arenisca en la falda del Cerro Songoles.  
Parte izquierda del flanco del anticlinal de Llushcapampa. E: 773560 N: 9213760 C: 2801.



Figura 75. Afloramiento de estratos irregulares potentes de areniscas de la Fm. Farrat.  
E:773158.812 N: 9211533.055 C: 2930.6



Figura 76. Depósitos volcánicos al este del Cerro Yacupacha.  
E: 774352.942 N: 9212083.219 C: 2890.7



Figura 77. Afloramiento de la Fm. Farrat en corte de carretera en la parte alta del Cerro Songoles.  
Nota. La muestra es una arcillolita gris oscura con laminación paralela. E: 773774 N: 9213473 C: 2998.



Figura 78. Vista de afloramiento de estratos tabulares paralelos de la Fm. Farrat a la parte alta del Cerro Songoles.

Nota. Se evidencia los granos aflorantes de cuarzo de grano grueso (Fig. A). En la muestra fresca de mano (Fig. B) se observa el contenido de granos de cuarzo de color transparente, clastos de forma subangular a subredondeada, fragmentos líticos y feldespatos, cimentados por una matriz fina de minerales arcillosos.

# **ANEXO N°2:**

## **DATOS DE**

## **CAMPO**

**Datos de campo**

**Estación estratigráfica N°1**

E:773514.177

N:9211418.834

C:2761.5

HOLE ID	UNIDAD GEOLÓGICA	FROM	TO	LITOLOGÍA	INDENT PORCENTAJE	INDENT KEYWORD	INDENT SCALE	DESCRIPCIÓN
C1	Ki - Ca	0,00	0,21	Limolita	40	JAC	10	
C1	Ki - Ca	0,21	0,30	Arenisca	60	JAC	10	
C1	Ki - Ca	0,30	0,42	Limolita	40	JAC	10	
C1	Ki - Ca	0,42	0,60	Arenisca	60	JAC	10	
C1	Ki - Ca	0,60	0,63	Arcillolita	50	JAC	10	
C1	Ki - Ca	0,63	0,89	Arenisca	60	JAC	10	
C1	Ki - Ca	0,89	0,90	Arcillolita	50	JAC	10	
C1	Ki - Ca	0,90	1,29	Arenisca	60	JAC	10	
C1	Ki - Ca	1,29	1,36	Arcillolita	50	JAC	10	
C1	Ki - Ca	1,36	1,44	Limolita	40	JAC	10	
C1	Ki - Ca	1,44	1,45	Arcillolita	50	JAC	10	
C1	Ki - Ca	1,45	2,26	Arenisca	60	JAC	10	
C1	Ki - Ca	2,26	2,53	Limolita	40	JAC	10	
C1	Ki - Ca	2,53	2,83	Arenisca	60	JAC	10	
C1	Ki - Ca	2,83	2,85	Arcillolita	50	JAC	10	
C1	Ki - Ca	2,85	3,19	Arenisca	60	JAC	10	
C1	Ki - Ca	3,19	3,33	Limolita	40	JAC	10	
C1	Ki - Ca	3,33	3,40	Arenisca	60	JAC	10	Areniscas de grano fino de coloración grisácea a amarillenta de estructura tabular intercaladas con arcillolitas grises de estructura laminar.
C1	Ki - Ca	3,40	3,42	Arcillolita	50	JAC	10	
C1	Ki - Ca	3,42	3,46	Arenisca	60	JAC	10	
C1	Ki - Ca	3,46	3,48	Arcillolita	50	JAC	10	
C1	Ki - Ca	3,48	3,59	Arenisca	60	JAC	10	Areniscas de grano fino de coloración grisácea a amarillenta de estructura tabular intercaladas con limolitas grises de estructura tabular irregular.
C1	Ki - Ca	3,59	3,84	Limolita	40	JAC	10	
C1	Ki - Ca	3,84	3,96	Arenisca	60	JAC	10	

<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	3,96	4,20	Limolita	40	JAC	10	
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	4,20	4,43	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	4,43	4,44	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	4,44	6,85	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	6,85	6,86	Limolita	40	JAC	10	Banco de areniscas de grano fino de coloración rojiza con estructura masiva tabular sin contenido de material de relleno entre estratos, con estratos crecientes semihorizontales.
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	6,86	7,50	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	7,50	7,74	Limolita	40	JAC	10	
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	7,74	7,96	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	7,96	8,24	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	8,24	8,36	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	8,36	8,40	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	8,40	8,51	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	8,51	8,54	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	8,54	8,67	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	8,67	8,95	Limolita	40	JAC	10	
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	8,95	9,39	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	9,39	9,41	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	9,41	10,25	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	10,25	10,79	Limolita	40	JAC	10	
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	10,79	13,29	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	13,29	13,32	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	13,32	13,56	Limolita	40	JAC	10	
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	13,56	15,56	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	15,56	16,37	Limolita	40	JAC	10	
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	16,37	16,60	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	16,60	18,10	Limolita	40	JAC	10	

C1	Ki - Ca	18,10	18,31	Arenisca	60	JAC	10
C1	Ki - Ca	18,31	18,36	Limolita	40	JAC	10
C1	Ki - Ca	18,36	18,84	Arenisca	60	JAC	10
C1	Ki - Ca	18,84	18,89	Arcillolita	50	JAC	10
C1	Ki - Ca	18,89	19,21	Limolita	40	JAC	10
C1	Ki - Ca	19,21	19,64	Arenisca	60	JAC	10
C1	Ki - Ca	19,64	19,85	Arcillolita	50	JAC	10
C1	Ki - Ca	19,85	20,52	Arenisca	60	JAC	10
C1	Ki - Ca	20,52	20,55	Arcillolita	50	JAC	10
C1	Ki - Ca	20,55	21,31	Arenisca	60	JAC	10
C1	Ki - Ca	21,31	21,86	Arenisca	60	JAC	10
C1	Ki - Ca	21,86	22,14	Limolita	40	JAC	10
C1	Ki - Ca	22,14	22,21	Arcillolita	50	JAC	10
C1	Ki - Ca	22,21	22,97	Arenisca	60	JAC	10
C1	Ki - Ca	22,97	23,26	Limolita	40	JAC	10
C1	Ki - Ca	23,26	23,29	Arcillolita	50	JAC	10
C1	Ki - Ca	23,29	24,20	Arenisca	60	JAC	10
C1	Ki - Ca	24,20	24,54	Limolita	40	JAC	10
C1	Ki - Ca	24,54	25,11	Arcillolita	50	JAC	10
C1	Ki - Ca	25,11	25,67	Arenisca	60	JAC	10
C1	Ki - Ca	25,67	26,02	Limolita	40	JAC	10
C1	Ki - Ca	26,02	26,06	Arcillolita	50	JAC	10
C1	Ki - Ca	26,06	26,20	Arenisca	60	JAC	10
C1	Ki - Ca	26,20	26,29	Limolita	40	JAC	10
C1	Ki - Ca	26,29	27,46	Arenisca	60	JAC	10
C1	Ki - Ca	27,46	27,57	Limolita	40	JAC	10
C1	Ki - Ca	27,57	27,89	Arenisca	60	JAC	10

<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	27,89	28,68	Limolita	40	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	28,68	29,98	Arenisca	60	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	29,98	30,58	Limolita	40	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	30,58	30,73	Arcillolita	50	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	30,73	31,60	Arenisca	60	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	31,60	31,80	Limolita	40	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	31,80	32,47	Arenisca	60	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	32,47	32,75	Limolita	40	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	32,75	33,17	Arcillolita	50	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	33,17	34,10	Arenisca	60	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	34,10	34,21	Limolita	40	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	34,21	34,93	Arenisca	60	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	34,93	50,48	Arenisca	60	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	50,48	50,91	Limolita	40	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	50,91	36,63	Arenisca	60	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	36,63	36,66	Arcillolita	50	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	36,66	37,38	Arenisca	60	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	37,38	37,78	Limolita	40	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	37,78	39,00	Arenisca	60	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	39,00	39,46	Limolita	40	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	39,46	40,33	Arenisca	60	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	40,33	40,80	Limolita	40	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	40,80	41,60	Arenisca	60	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	41,60	42,29	Limolita	40	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	42,29	43,69	Arenisca	60	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	43,69	43,88	Limolita	40	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	43,88	43,91	Arcillolita	50	JAC	10

<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	43,91	44,43	Arenisca	60	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	44,43	44,57	Arcillolita	50	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	44,57	45,42	Arenisca	60	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	45,42	45,57	Arcillolita	50	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	45,57	46,43	Arenisca	60	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	46,43	47,03	Arcillolita	50	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	47,03	48,42	Arenisca	60	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	48,42	49,09	Limolita	40	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	49,09	50,40	Arenisca	60	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	50,40	50,67	Limolita	40	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	50,67	51,33	Arenisca	60	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	51,33	51,47	Arcillolita	50	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	51,47	51,78	Limolita	40	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	51,78	52,22	Arenisca	60	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	52,22	52,50	Arcillolita	50	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	52,50	53,41	Arenisca	60	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	53,41	54,61	Limolita	40	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	54,61	54,72	Arcillolita	50	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	54,72	55,43	Arenisca	60	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	55,43	56,10	Limolita	40	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	56,10	56,16	Arcillolita	50	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	56,16	57,10	Arenisca	60	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	57,10	57,26	Limolita	40	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	57,26	57,32	Arcillolita	50	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	57,32	58,21	Arenisca	60	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	58,21	58,77	Limolita	40	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	58,77	58,89	Arcillolita	50	JAC	10

Estratos acanalados de areniscas de grano fino de coloración rojiza intercalados con limolitas y arcillolitas meteorizadas.

<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	58,89	60,22	Arenisca	60	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	60,22	60,98	Limolita	40	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	60,98	62,10	Arenisca	60	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	62,10	62,65	Limolita	40	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	62,65	62,76	Arcillolita	50	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	62,76	64,50	Arenisca	60	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	64,50	64,81	Limolita	40	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	64,81	64,82	Arcillolita	50	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	64,82	66,09	Arenisca	60	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	66,09	66,76	Limolita	40	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	66,76	66,88	Arcillolita	50	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	66,88	68,39	Arenisca	60	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	68,39	68,69	Limolita	40	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	68,69	68,74	Arcillolita	50	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	68,74	69,52	Arenisca	60	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	69,52	69,59	Limolita	40	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	69,59	69,61	Arcillolita	50	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	69,61	70,32	Arenisca	60	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	70,32	70,58	Limolita	40	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	70,58	70,98	Arenisca	60	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	70,98	71,09	Arcillolita	50	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	71,09	71,27	Limolita	40	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	71,27	73,38	Arenisca	60	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	73,38	73,50	Limolita	40	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	73,50	73,56	Arcillolita	50	JAC	10
<b>C1</b>	<b>Ki - Ca</b>	73,56	74,26	Arenisca	60	JAC	10

Conjunto de estratos tabulares de areniscas de grano fino, de coloración rojiza, con disposición paralela. Los estratos presentan mayor espesor y variables comprendidos entre los 10 cm y 71 cm. Intercaladas con limolitas de coloración grisácea a amarillenta con espesores comprendida entre los 7 cm a 30 cm y arcillolitas de coloración grisácea con espesores comprendidos entre los 2 cm a 11 cm.

Datos de campo									
Estación estratigráfica N°2									
		E: 772117		N: 9213135		C:2879			
HOLE	UNIDAD	FROM	TO	LITOLOGÍA	INDENT	INDENT	INDENT	DESCRIPCIÓN	
ID	GEOLÓGICA				PERCENTAGE	KEYWORD	SCALE		
C2	Fm - Ca	0,00	0,28	Limolita	40	JAC	10	Conjunto de estratos de areniscas de grano fino, de coloración rojiza, con disposición paralela y estructura tabular. Los estratos presentan espesores variables comprendidos entre los 14 cm y 48 cm. Intercaladas con limolitas de coloración grisácea a amarillenta con espesores comprendida entre los 8cm a 28 cm y arcillolitas de coloración grisácea con espesores comprendidos entre los 1 cm a 12 cm.	
C2	Fm - Ca	0,28	0,51	Arenisca	60	JAC	10		
C2	Fm - Ca	0,51	0,59	Limolita	40	JAC	10		
C2	Fm - Ca	0,59	0,97	Arenisca	60	JAC	10		
C2	Fm - Ca	0,97	1,09	Arcillolita	50	JAC	10		
C2	Fm - Ca	1,09	1,28	Arenisca	60	JAC	10		
C2	Fm - Ca	1,28	1,42	Arenisca	60	JAC	10		
C2	Fm - Ca	1,42	1,54	Limolita	40	JAC	10		
C2	Fm - Ca	1,54	2,02	Arenisca	60	JAC	10		
C2	Fm - Ca	2,02	2,25	Arenisca	60	JAC	10		
C2	Fm - Ca	2,25	2,39	Arenisca	60	JAC	10		
C2	Fm - Ca	2,39	2,45	Arcillolita	50	JAC	10		
C2	Fm - Ca	2,45	2,55	Limolita	40	JAC	10		
C2	Fm - Ca	2,55	2,56	Arcillolita	50	JAC	10		
C2	Fm - Ca	2,56	2,82	Arenisca	60	JAC	10		
C2	Fm - Ca	2,82	2,85	Arcillolita	50	JAC	10		
C2	Fm - Ca	2,85	3,07	Arenisca	60	JAC	10		

<b>C2</b>	Fm - Ca	3,07	3,08	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	3,08	3,33	Limolita	40	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	3,33	3,35	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	3,35	3,49	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	3,49	3,54	Limolita	40	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	3,54	3,62	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	3,62	3,72	Arenisca	60	JAC	10	Conjunto de estratos de areniscas de grano fino, de coloración rojiza altamente meteorizados, con disposición paralela y estructura tabular. Los estratos presentan espesores variables comprendidos entre los 14 cm y 48 cm. Intercaladas con limolitas de coloración grisácea a amarillenta con espesores comprendida entre los 8cm a 28 cm y arcillolitas de coloración grisácea con espesores comprendidos entre los 1 cm a 12 cm. Se logra observar, además, que las diversas fracturas en los diferentes estratos son rellenadas por limolitas.
<b>C2</b>	Fm - Ca	3,72	3,79	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	3,79	3,90	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	3,90	3,92	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	3,92	4,11	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	4,11	4,13	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	4,13	4,37	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	4,37	4,46	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	4,46	4,50	Limolita	40	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	4,50	4,67	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	4,67	4,71	Limolita	40	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	4,71	4,99	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	4,99	5,02	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	5,02	5,23	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	5,23	5,25	Limolita	40	JAC	10	

<b>C2</b>	Fm - Ca	5,25	5,37	Arenisca	60	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	5,37	5,44	Arenisca	60	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	5,44	5,61	Arenisca	60	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	5,61	5,62	Arcillolita	50	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	5,62	5,96	Arenisca	60	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	5,96	5,99	Limolita	40	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	5,99	6,07	Arenisca	60	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	6,07	6,09	Arcillolita	50	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	6,09	6,18	Arenisca	60	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	6,18	6,19	Arcillolita	50	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	6,19	6,31	Arenisca	60	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	6,31	6,33	Limolita	40	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	6,33	6,47	Arenisca	60	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	6,47	6,53	Arcillolita	50	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	6,53	6,76	Limolita	40	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	6,76	6,83	Arenisca	60	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	6,83	7,18	Arenisca	60	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	7,18	7,35	Arenisca	60	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	7,35	7,47	Arenisca	60	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	7,47	7,55	Arenisca	60	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	7,55	7,69	Limolita	40	JAC	10

Conjunto de estratos de areniscas de grano fino, de coloración rojiza altamente meteorizados, con disposición paralela y estructura tabular. Los estratos presentan espesores variables comprendidos entre los 7 cm y 74 cm. Intercaladas con limolitas de coloración grisácea a amarillenta con espesores comprendida entre los 2 cm a 23 cm y arcillolitas de coloración grisácea con

<b>C2</b>	Fm - Ca	7,69	7,76	Arenisca	60	JAC	10	espesores comprendidos entre los 1 cm a 6 cm. Se
<b>C2</b>	Fm - Ca	7,76	8,05	Arenisca	60	JAC	10	logra observar, además, que las diversas fracturas
<b>C2</b>	Fm - Ca	8,05	8,19	Arenisca	60	JAC	10	en los diferentes estratos son rellenadas por
<b>C2</b>	Fm - Ca	8,19	8,28	Arenisca	60	JAC	10	limolitas.
<b>C2</b>	Fm - Ca	8,28	8,40	Limolita	40	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	8,40	8,65	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	8,65	8,86	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	8,86	9,00	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	9,00	9,16	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	9,16	9,35	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	9,35	10,09	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	10,09	10,27	Limolita	40	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	10,27	10,91	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	10,91	11,60	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	11,60	12,16	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	12,16	12,17	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	12,17	12,23	Limolita	40	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	12,23	12,24	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	12,24	12,27	Limolita	40	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	12,27	12,32	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	12,32	12,44	Arenisca	60	JAC	10	

<b>C2</b>	Fm - Ca	12,44	12,52	Limolita	40	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	12,52	12,67	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	12,67	12,73	Limolita	40	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	12,73	12,77	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	12,77	13,24	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	13,24	13,33	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	13,33	13,44	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	13,44	13,47	Limolita	40	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	13,47	13,69	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	13,69	13,83	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	13,83	13,90	Arenisca	60	JAC	10	Conjunto de estratos de areniscas de grano fino, de coloración rojiza altamente meteorizados, con disposición paralela y estructura tabular. Los estratos presentan espesores variables comprendidos entre los 5 cm y 64 cm. Intercaladas con limolitas de coloración grisácea con espesores comprendida entre los 3 cm a 89 cm y arcillolitas de coloración gris oscura con espesores comprendidos entre los 1 cm a 4 cm. Se logra observar, además, que las diversas fracturas en los diferentes estratos son llenadas por limolitas de coloración grisácea altamente meteorizadas.
<b>C2</b>	Fm - Ca	13,90	14,14	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	14,14	14,19	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	14,19	14,27	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	14,27	15,16	Limolita	40	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	15,16	15,29	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	15,29	15,30	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	15,30	15,38	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	15,38	15,39	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	15,39	15,46	Limolita	40	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	15,46	15,47	Arcillolita	50	JAC	10	

<b>C2</b>	Fm - Ca	15,47	15,56	Arenisca	60	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	15,56	15,68	Arenisca	60	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	15,68	15,75	Limolita	40	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	15,75	15,77	Arcillolita	50	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	15,77	15,96	Limolita	40	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	15,96	16,01	Arenisca	60	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	16,01	16,12	Arenisca	60	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	16,12	16,13	Arcillolita	50	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	16,13	16,30	Arenisca	60	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	16,30	16,66	Arenisca	60	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	16,66	16,67	Arcillolita	50	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	16,67	16,90	Limolita	40	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	16,90	16,94	Arcillolita	50	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	16,94	17,38	Arenisca	60	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	17,38	17,40	Arcillolita	50	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	17,40	17,79	Arenisca	60	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	17,79	17,80	Arcillolita	50	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	17,80	17,94	Arenisca	60	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	17,94	17,98	Limolita	40	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	17,98	18,62	Arenisca	60	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	18,62	18,86	Limolita	40	JAC	10

<b>C2</b>	Fm - Ca	18,86	19,35	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	19,35	19,50	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	19,50	19,82	Limolita	40	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	19,82	19,91	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	19,91	20,47	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	20,47	20,52	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	20,52	21,19	Limolita	40	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	21,19	21,48	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	21,48	21,60	Limolita	40	JAC	10	Conjunto de estratos de areniscas de grano fino, de coloración rojiza altamente meteorizados, con disposición paralela y estructura tabular. Los estratos presentan espesores variables comprendidos entre los 12 cm y 76 cm. Intercaladas con limolitas de coloración grisácea con espesores comprendida entre los 2 cm a 98 cm y arcillolitas de coloración gris oscura con espesores comprendidos entre los 1 cm a 18 cm.
<b>C2</b>	Fm - Ca	21,60	21,78	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	21,78	22,10	Limolita	40	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	22,10	22,29	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	22,29	23,27	Limolita	40	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	23,27	23,70	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	23,70	24,05	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	24,05	24,72	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	24,72	24,73	Arcillolita	50	JAC	10	Se logra observar, además, que las diversas fracturas en los diferentes estratos son llenadas por limolitas de coloración grisácea altamente meteorizadas.
<b>C2</b>	Fm - Ca	24,73	25,12	Limolita	40	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	25,12	25,66	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	25,66	25,68	Limolita	40	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	25,68	25,80	Arenisca	60	JAC	10	

<b>C2</b>	Fm - Ca	25,80	25,81	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	25,81	26,57	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	26,57	27,26	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	27,26	27,69	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	27,69	27,91	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	27,91	28,31	Limolita	40	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	28,31	28,43	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	28,43	28,66	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	28,66	28,78	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	28,78	29,12	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	29,12	29,42	Limolita	40	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	29,42	29,60	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	29,60	29,92	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	29,92	30,38	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	30,38	30,69	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	30,69	30,83	Limolita	40	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	30,83	32,03	Cuaternario	25	JAC	10	Se observa una ausencia de estratos atribuida a un proceso erosivo, que afecta una extensión de 1.20 m, la cual ha sido posteriormente rellenada por depósitos cuaternarios.
<b>C2</b>	Fm - Ca	32,03	32,09	Limolita	40	JAC	10	Conjunto de estratos de areniscas de grano fino,
<b>C2</b>	Fm - Ca	32,09	32,46	Arenisca	60	JAC	10	de coloración rojiza altamente meteorizados, con

<b>C2</b>	Fm - Ca	32,46	32,51	Limolita	40	JAC	10	disposición paralela y estructura tabular. Los estratos presentan espesores variables comprendidos entre los 11 cm y 56 cm.
<b>C2</b>	Fm - Ca	32,51	32,95	Arenisca	60	JAC	10	Intercaladas con limolitas de coloración rojiza con espesores comprendida entre los 5 cm a 30 cm y arcillolitas de coloración gris oscura con espesores comprendidos entre los 1 cm a 14 cm. Se logra observar, además, que las diversas fracturas en los diferentes estratos son llenadas por limolitas de coloración rojiza terrosa altamente meteorizadas.
<b>C2</b>	Fm - Ca	32,95	33,26	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	33,26	33,40	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	33,40	33,67	Limolita	40	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	33,67	33,81	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	33,81	34,26	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	34,26	34,37	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	34,37	34,40	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	34,40	34,49	Limolita	40	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	34,49	34,94	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	34,94	35,06	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	35,06	35,32	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	35,32	35,40	Limolita	40	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	35,40	35,52	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	35,52	36,08	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	36,08	36,09	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	36,09	36,52	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	36,52	36,76	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	36,76	36,86	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C2</b>	Fm - Ca	36,86	37,34	Arenisca	60	JAC	10	

<b>C2</b>	Fm - Ca	37,34	37,89	Arenisca	60	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	37,89	38,77	Limolita	40	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	38,77	39,07	Limolita	40	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	39,07	39,49	Arenisca	60	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	39,49	40,03	Arenisca	60	JAC	10
<b>C2</b>	Fm - Ca	40,03	40,19	Arenisca	60	JAC	10

**Datos de campo**

**Estación estratigráfica N°3**

				E: 773428.576	N: 9213692.818		C: 2866.1	
HOLE	UNIDAD	FROM	TO	LITOLOGÍA	INDENT	INDENT	INDENT	DESCRIPCIÓN
ID	GEOLÓGICA				PORCENTAJE	KEYWORD	SCALE	
C3	Fm - Fa	0,00	0,85	Limolita	40	JAC	10	
C3	Fm - Fa	0,85	0,93	Arcillolita	50	JAC	10	
C3	Fm - Fa	0,93	1,25	Arenisca	60	JAC	10	
C3	Fm - Fa	1,25	1,27	Arcillolita	50	JAC	10	
C3	Fm - Fa	1,27	1,41	Arenisca	60	JAC	10	
C3	Fm - Fa	1,41	1,71	Arenisca	60	JAC	10	Conjunto de estratos de areniscas de grano fino, de coloración blanquecina, con disposición paralela y estructura tabular. Los estratos presentan espesores variables entre 8 cm y 54 m, intercaladas con finas capas de limolitas y arcillolitas rellenando los espacios entre estratos. Presencia de cuarzo de grano medio en estratos de areniscas.
C3	Fm - Fa	1,71	1,95	Arenisca	60	JAC	10	
C3	Fm - Fa	1,95	1,99	Arcillolita	50	JAC	10	
C3	Fm - Fa	1,99	2,53	Arenisca	60	JAC	10	
C3	Fm - Fa	2,53	2,96	Arenisca	60	JAC	10	
C3	Fm - Fa	2,96	3,21	Arenisca	60	JAC	10	
C3	Fm - Fa	3,21	3,44	Arenisca	60	JAC	10	
C3	Fm - Fa	3,44	3,48	Arcillolita	50	JAC	10	
C3	Fm - Fa	3,48	3,80	Arenisca	60	JAC	10	
C3	Fm - Fa	3,80	4,20	Arenisca	60	JAC	10	
C3	Fm - Fa	4,20	4,41	Arenisca	60	JAC	10	
C3	Fm - Fa	4,41	4,43	Arcillolita	50	JAC	10	
C3	Fm - Fa	4,43	4,55	Limolita	40	JAC	10	

<b>C3</b>	Fm - Fa	4,55	4,63	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	4,63	4,73	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	4,73	6,53	Limolita	40	JAC	10	Se observa una ausencia de estratos atribuida a un proceso erosivo, que afecta una extensión de 1.80 m, la cual ha sido posteriormente rellenada por limolita.
<b>C3</b>	Fm - Fa	6,53	6,70	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	6,70	6,84	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	6,84	6,96	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	6,96	7,25	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	7,25	7,41	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	7,41	7,64	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	7,64	8,10	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	8,10	8,96	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	8,96	9,12	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	9,12	9,21	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	9,21	11,09	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	11,09	11,36	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	11,36	11,45	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	11,45	11,82	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	11,82	12,71	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	12,71	13,35	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	13,35	13,61	Arenisca	60	JAC	10	

<b>C3</b>	Fm - Fa	13,61	14,02	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	14,02	14,96	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	14,96	15,35	Arenisca	60	JAC	10	Conjunto de estratos de areniscas de grano medio,
<b>C3</b>	Fm - Fa	15,35	16,55	Arenisca	60	JAC	10	de coloración blanquecina, con disposición paralela
<b>C3</b>	Fm - Fa	16,55	16,71	Arenisca	60	JAC	10	y estructura tabular y sesgada. Los estratos
<b>C3</b>	Fm - Fa	16,71	17,20	Arenisca	60	JAC	10	presentan espesores variables entre 6 cm y 1.20 m,
<b>C3</b>	Fm - Fa	17,20	17,38	Arenisca	60	JAC	10	sin evidencia de material de relleno o capas finas
<b>C3</b>	Fm - Fa	17,38	17,45	Arenisca	60	JAC	10	interestratales. Mayor presencia de cuarzo de
<b>C3</b>	Fm - Fa	17,45	17,59	Arenisca	60	JAC	10	grano medio en estrato de areniscas.
<b>C3</b>	Fm - Fa	17,59	17,79	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	17,79	17,90	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	17,90	18,66	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	18,66	19,09	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	19,09	19,15	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	19,15	19,28	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	19,28	19,76	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	19,76	22,16	Limolita	40	JAC	10	Se observa una ausencia de estratos atribuida a un proceso erosivo, que afecta una extensión de 2.40 m, la cual ha sido posteriormente rellenada por limolita.
<b>C3</b>	Fm - Fa	22,16	22,31	Arcillolita	50	JAC	10	Conjunto de estratos de areniscas de grano medio
<b>C3</b>	Fm - Fa	22,31	22,43	Arcillolita	50	JAC	10	poco sementados ya que se desmoronan
<b>C3</b>	Fm - Fa	22,43	22,50	Arenisca	60	JAC	10	fácilmente, de coloración blanquecina, con

<b>C3</b>	Fm - Fa	22,50	22,99	Arenisca	60	JAC	10	disposición paralela y estructura tabular y sesgada.	
<b>C3</b>	Fm - Fa	22,99	23,23	Arenisca	60	JAC	10	Los estratos presentan espesores variables entre 7	
<b>C3</b>	Fm - Fa	23,23	23,59	Arenisca	60	JAC	10	cm y 49 cm, sin evidencia de material de relleno o	
<b>C3</b>	Fm - Fa	23,59	23,73	Arcillolita	50	JAC	10	capas finas interestratales. Mayor presencia de	
<b>C3</b>	Fm - Fa	23,73	23,85	Arcillolita	50	JAC	10	cuarzo de grano de mayor tamaño en estrato de	
<b>C3</b>	Fm - Fa	23,85	24,02	Arcillolita	50	JAC	10	areniscas	
<hr/>									
<b>C3</b>	Fm - Fa	24,02	24,91	Limolita	40	JAC	10	Se observa una ausencia de estratos atribuida a un proceso erosivo, que afecta una extensión de 0.89 cm, la cual ha sido posteriormente rellenada por limolita.	
<b>C3</b>	Fm - Fa	24,91	25,21	Arenisca	60	JAC	10		
<b>C3</b>	Fm - Fa	25,21	25,42	Arenisca	60	JAC	10		
<b>C3</b>	Fm - Fa	25,42	25,98	Arenisca	60	JAC	10		
<b>C3</b>	Fm - Fa	25,98	26,30	Arenisca	60	JAC	10	Conjunto de estratos de areniscas de grano medio	
<b>C3</b>	Fm - Fa	26,30	26,94	Arenisca	60	JAC	10	poco cementados, de coloración blanquecina, con	
<b>C3</b>	Fm - Fa	26,94	27,06	Arenisca	60	JAC	10	disposición paralela y estructura tabular. Los	
<b>C3</b>	Fm - Fa	27,06	27,25	Arenisca	60	JAC	10	estratos presentan espesores variables entre 6 cm	
<b>C3</b>	Fm - Fa	27,25	27,31	Arenisca	60	JAC	10	y 64 cm, sin evidencia de material de relleno o	
<b>C3</b>	Fm - Fa	27,31	27,40	Arenisca	60	JAC	10	capas finas interestratales. Presencia de cuarzo de	
<b>C3</b>	Fm - Fa	27,40	27,51	Arenisca	60	JAC	10	grano de mayor tamaño en estrato de areniscas.	
<b>C3</b>	Fm - Fa	27,51	28,10	Arenisca	60	JAC	10		
<b>C3</b>	Fm - Fa	28,10	28,55	Arenisca	60	JAC	10		
<b>C3</b>	Fm - Fa	28,55	28,78	Arenisca	60	JAC	10		

<b>C3</b>	Fm - Fa	28,78	28,93	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	28,93	29,24	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	29,24	29,44	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	29,44	29,87	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	29,87	29,95	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	29,95	30,09	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	30,09	30,45	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	30,45	30,57	Arcillolita	50	JAC	10	Conjunto de estratos de areniscas de grano medio altamente fracturada con menor presencia de matriz cementante (granos se desmoronan), de coloración blanquecina, con disposición paralela y estructura tabular. Los estratos presentan espesores variables entre 7 cm y 76 cm, sin evidencia de material de relleno o capas finas interestratales. Presencia de cuarzo de grano de mayor tamaño en estrato de areniscas.
<b>C3</b>	Fm - Fa	30,57	31,33	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	31,33	31,86	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	31,86	32,07	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	32,07	32,37	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	32,37	33,02	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	33,02	33,25	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	33,25	33,37	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	33,37	33,61	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	33,61	33,72	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	33,72	33,93	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	33,93	34,25	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	34,25	34,34	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	34,34	34,48	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	34,48	34,64	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	34,64	34,86	Arenisca	60	JAC	10	

<b>C3</b>	Fm - Fa	34,86	35,16	Arenisca	60	JAC	10
<b>C3</b>	Fm - Fa	35,16	35,59	Arenisca	60	JAC	10
<b>C3</b>	Fm - Fa	35,59	35,78	Arenisca	60	JAC	10
<b>C3</b>	Fm - Fa	35,78	35,93	Arenisca	60	JAC	10
<b>C3</b>	Fm - Fa	35,93	36,05	Arenisca	60	JAC	10
<b>C3</b>	Fm - Fa	36,05	36,12	Arenisca	60	JAC	10
<b>C3</b>	Fm - Fa	36,12	36,44	Arenisca	60	JAC	10
<b>C3</b>	Fm - Fa	36,44	36,99	Arenisca	60	JAC	10
<b>C3</b>	Fm - Fa	36,99	37,09	Arenisca	60	JAC	10
<b>C3</b>	Fm - Fa	37,09	37,17	Arenisca	60	JAC	10
<b>C3</b>	Fm - Fa	37,17	37,37	Arenisca	60	JAC	10
<b>C3</b>	Fm - Fa	37,37	37,51	Arenisca	60	JAC	10
<b>C3</b>	Fm - Fa	37,51	37,63	Arcillolita	50	JAC	10
<b>C3</b>	Fm - Fa	37,63	38,17	Limolita	40	JAC	10
<b>C3</b>	Fm - Fa	38,17	38,40	Arenisca	60	JAC	10
<b>C3</b>	Fm - Fa	38,40	39,16	Arenisca	60	JAC	10
<b>C3</b>	Fm - Fa	39,16	39,58	Arenisca	60	JAC	10
<b>C3</b>	Fm - Fa	39,58	39,88	Arenisca	60	JAC	10
<b>C3</b>	Fm - Fa	39,88	40,77	Arenisca	60	JAC	10
<b>C3</b>	Fm - Fa	40,77	41,48	Arenisca	60	JAC	10
<b>C3</b>	Fm - Fa	41,48	41,73	Arenisca	60	JAC	10
<b>C3</b>	Fm - Fa	41,73	42,18	Arenisca	60	JAC	10
<b>C3</b>	Fm - Fa	42,18	42,50	Arenisca	60	JAC	10

Estratos más compactos de arenas blancas de grano mas grueso de geometría irregular y espesores variables.

<b>C3</b>	Fm - Fa	42,50	42,98	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	42,98	43,39	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	43,39	43,48	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	43,48	44,38	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	44,38	44,84	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	44,84	45,05	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	45,05	45,15	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	45,15	45,52	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	45,52	45,64	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	45,64	45,79	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	45,79	45,97	Limolita	40	JAC	10	Ausencia de estratos atribuida a un proceso erosivo, que afecta una extensión de 0.18 cm, la cual ha sido posteriormente rellenada por limolita.
<b>C3</b>	Fm - Fa	45,97	46,13	Arcillolita	50	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	46,13	46,47	Arenisca	60	JAC	10	Conjunto de estratos de areniscas de grano medio poco fracturada, de coloración blanquecina, con
<b>C3</b>	Fm - Fa	46,47	46,53	Arenisca	60	JAC	10	disposición paralela y estructura tabular. Los
<b>C3</b>	Fm - Fa	46,53	46,61	Arenisca	60	JAC	10	estratos presentan espesores variables entre 6 cm
<b>C3</b>	Fm - Fa	46,61	46,83	Arenisca	60	JAC	10	y 92 cm, sin evidencia de material de relleno o
<b>C3</b>	Fm - Fa	46,83	47,20	Arenisca	60	JAC	10	capas finas interestratales. Presencia de cuarzo de
<b>C3</b>	Fm - Fa	47,20	47,36	Arenisca	60	JAC	10	grano de tamaño medio en estrato de areniscas.
<b>C3</b>	Fm - Fa	47,36	47,50	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	47,50	48,28	Arenisca	60	JAC	10	
<b>C3</b>	Fm - Fa	48,28	48,53	Arenisca	60	JAC	10	

<b>C3</b>	Fm - Fa	48,53	48,85	Arenisca	60	JAC	10
<b>C3</b>	Fm - Fa	48,85	48,94	Arenisca	60	JAC	10
<b>C3</b>	Fm - Fa	48,94	49,86	Arenisca	60	JAC	10
<b>C3</b>	Fm - Fa	49,86	50,51	Arenisca	60	JAC	10
<b>C3</b>	Fm - Fa	50,51	50,59	Arenisca	60	JAC	10
<b>C3</b>	Fm - Fa	50,59	50,69	Arenisca	60	JAC	10
<b>C3</b>	Fm - Fa	50,69	51,11	Arenisca	60	JAC	10
<b>C3</b>	Fm - Fa	51,11	51,45	Arenisca	60	JAC	10
<b>C3</b>	Fm - Fa	51,45	51,65	Arenisca	60	JAC	10
<b>C3</b>	Fm - Fa	51,65	51,81	Arenisca	60	JAC	10
<b>C3</b>	Fm - Fa	51,81	52,21	Arenisca	60	JAC	10

Datos de campo								
Estacion estratigráfica N°4								
N° COLUMN	UNIDAD GEOLÓGICA			LITOLOGÍA	INDENT PORCENTAJE	INDENT KEYWORD	INDENT SCALE	DESCRIPCIÓN
		FROM	TO					
C4	Ki - Fa	0,00	0,83	Limolita	40	JAC	10	Se observa estrato alterado de limolita de 83 cm de coloración gris amarillenta.
C4	Ki - Fa	0,83	1,23	Arcillolita	50	JAC	10	
C4	Ki - Fa	1,23	1,53	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki - Fa	1,53	1,92	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki - Fa	1,92	2,10	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki - Fa	2,10	2,40	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki - Fa	2,40	2,65	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki - Fa	2,65	3,17	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki - Fa	3,17	3,25	Arenisca	60	JAC	10	Conjunto de estratos de areniscas de grano
C4	Ki - Fa	3,25	3,60	Arenisca	60	JAC	10	medio, de coloración blanquecina, con
C4	Ki - Fa	3,60	3,80	Arenisca	60	JAC	10	disposición paralela y estructura tabular bien
C4	Ki - Fa	3,80	4,02	Arenisca	60	JAC	10	definida. Los estratos presentan espesores
C4	Ki - Fa	4,02	4,29	Arenisca	60	JAC	10	variables entre 8 y 76 cm, sin evidencia de
C4	Ki - Fa	4,29	4,44	Arenisca	60	JAC	10	material de relleno o capas finas interestratales.
C4	Ki - Fa	4,44	4,69	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki - Fa	4,69	5,45	Arenisca	60	JAC	10	

<b>C4</b>	<b>Ki – Fa</b>	5,45	5,59	Arenisca	60	JAC	10
<b>C4</b>	<b>Ki – Fa</b>	5,59	5,65	Arenisca	60	JAC	10
<b>C4</b>	<b>Ki – Fa</b>	5,65	5,87	Arenisca	60	JAC	10
<b>C4</b>	<b>Ki – Fa</b>	5,87	6,07	Arenisca	60	JAC	10
<b>C4</b>	<b>Ki – Fa</b>	6,07	6,16	Arenisca	60	JAC	10
<b>C4</b>	<b>Ki - Fa</b>	6,16	6,29	Arenisca	60	JAC	10
<b>C4</b>	<b>Ki – Fa</b>	6,29	6,62	Arenisca	60	JAC	10
<b>C4</b>	<b>Ki – Fa</b>	6,62	6,80	Arenisca	60	JAC	10
<b>C4</b>	<b>Ki - Fa</b>	6,80	7,03	Arenisca	60	JAC	10
<b>C4</b>	<b>Ki – Fa</b>	7,03	7,12	Arenisca	60	JAC	10
<b>C4</b>	<b>Ki – Fa</b>	7,12	7,37	Arenisca	60	JAC	10
<b>C4</b>	<b>Ki – Fa</b>	7,37	8,07	Arenisca	60	JAC	10
<b>C4</b>	<b>Ki – Fa</b>	8,07	8,19	Arenisca	60	JAC	10
<b>C4</b>	<b>Ki – Fa</b>	8,19	8,27	Arenisca	60	JAC	10
<b>C4</b>	<b>Ki – Fa</b>	8,27	8,54	Arenisca	60	JAC	10
<b>C4</b>	<b>Ki - Fa</b>	8,54	8,76	Arenisca	60	JAC	10
<b>C4</b>	<b>Ki – Fa</b>	8,76	9,14	Arenisca	60	JAC	10
<b>C4</b>	<b>Ki – Fa</b>	9,14	9,28	Arenisca	60	JAC	10
<b>C4</b>	<b>Ki – Fa</b>	9,28	9,65	Arenisca	60	JAC	10
<b>C4</b>	<b>Ki – Fa</b>	9,65	9,95	Arcillolita	50	JAC	10
<b>C4</b>	<b>Ki – Fa</b>	9,95	20,15	Limolita	40	JAC	10

C4	Ki – Fa	20,15	20,45	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	20,45	20,80	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	20,80	22,10	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	22,10	22,48	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	22,48	22,63	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	22,63	22,85	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	22,85	23,06	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	23,06	23,36	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	23,36	23,56	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	23,56	23,84	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	23,84	24,14	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	24,14	24,33	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	24,33	24,46	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	24,46	24,66	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	24,66	24,76	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	24,76	25,56	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	25,56	25,96	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	25,96	26,17	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	26,17	26,28	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	26,28	26,58	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	26,58	26,73	Arenisca	60	JAC	10	

Se observa una ausencia de estratos atribuida a un proceso erosivo, que afecta una extensión de 10.20 metros, la cual ha sido posteriormente rellenada por limolita.

Conjunto de estratos acanalados de areniscas de grano medio, de coloración blanquecina, con disposición paralela y estructura tabular bien definida. Los estratos presentan espesores variables entre 1 cm y 1.30 m, sin evidencia de material de relleno o capas finas interestratales.

C4	Ki – Fa	26,73	27,01	Arenisca	60	JAC	10
C4	Ki – Fa	27,01	27,35	Arenisca	60	JAC	10
C4	Ki – Fa	27,35	27,45	Arenisca	60	JAC	10
C4	Ki – Fa	27,45	27,85	Arenisca	60	JAC	10
C4	Ki – Fa	27,85	28,18	Arenisca	60	JAC	10
C4	Ki – Fa	28,18	28,53	Arenisca	60	JAC	10
C4	Ki – Fa	28,53	29,53	Arenisca	60	JAC	10
C4	Ki – Fa	29,53	30,23	Arenisca	60	JAC	10
C4	Ki - Fa	30,23	30,38	Arenisca	60	JAC	10
C4	Ki – Fa	30,38	30,84	Arenisca	60	JAC	10
C4	Ki – Fa	30,84	31,34	Arenisca	60	JAC	10
C4	Ki – Fa	31,34	31,64	Arenisca	60	JAC	10
C4	Ki – Fa	31,64	31,89	Arenisca	60	JAC	10
C4	Ki – Fa	31,89	32,09	Arenisca	60	JAC	10
C4	Ki – Fa	32,09	32,30	Arenisca	60	JAC	10
C4	Ki – Fa	32,30	32,45	Arenisca	60	JAC	10
C4	Ki – Fa	32,45	32,75	Arenisca	60	JAC	10
C4	Ki – Fa	32,75	32,85	Arenisca	60	JAC	10
C4	Ki – Fa	32,85	33,00	Arenisca	60	JAC	10
C4	Ki – Fa	33,00	33,50	Arenisca	60	JAC	10
C4	Ki – Fa	33,50	33,61	Arenisca	60	JAC	10

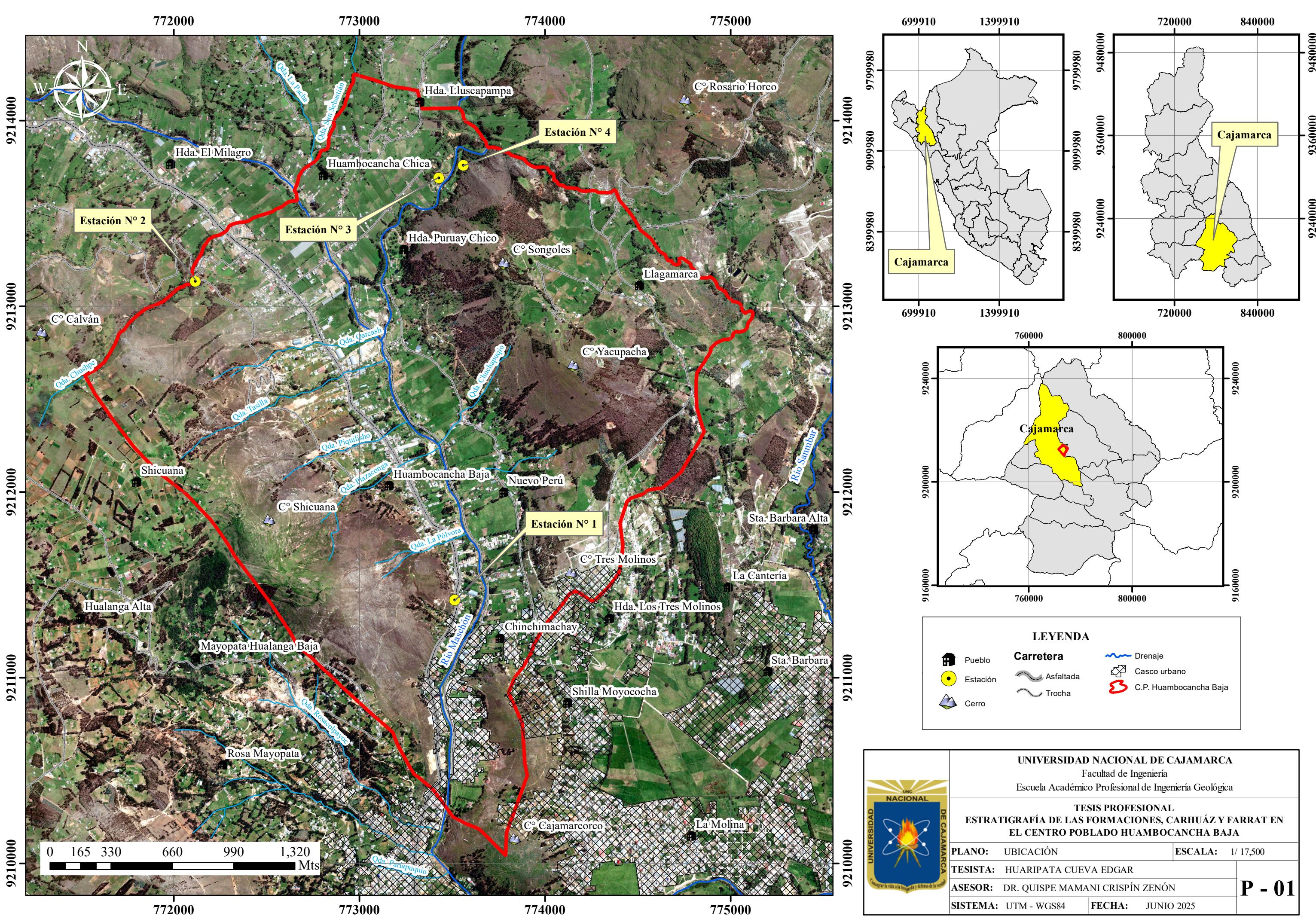
C4	Ki – Fa	33,61	33,71	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	33,71	33,86	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	33,86	34,21	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	34,21	34,69	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	34,69	35,14	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	35,14	35,69	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	35,69	35,90	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	35,90	35,99	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	35,99	36,14	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	36,14	36,37	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	36,37	36,49	Arcillolita	50	JAC	10	
C4	Ki – Fa	36,49	36,75	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	36,75	36,93	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	36,93	45,23	Limolita	40	JAC	10	Se observa una ausencia de estratos atribuida a un proceso erosivo, que afecta una extensión de 8.30 metros, la cual ha sido posteriormente rellenada por limolita.
C4	Ki – Fa	45,23	45,93	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	45,93	46,06	Arenisca	60	JAC	10	Conjunto de estratos de arenas de grano medio, de coloración blanquecina, con disposición paralela y estructura tabular bien definida. Los estratos presentan espesores
C4	Ki – Fa	46,06	46,26	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	46,26	46,65	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	46,65	47,05	Arenisca	60	JAC	10	

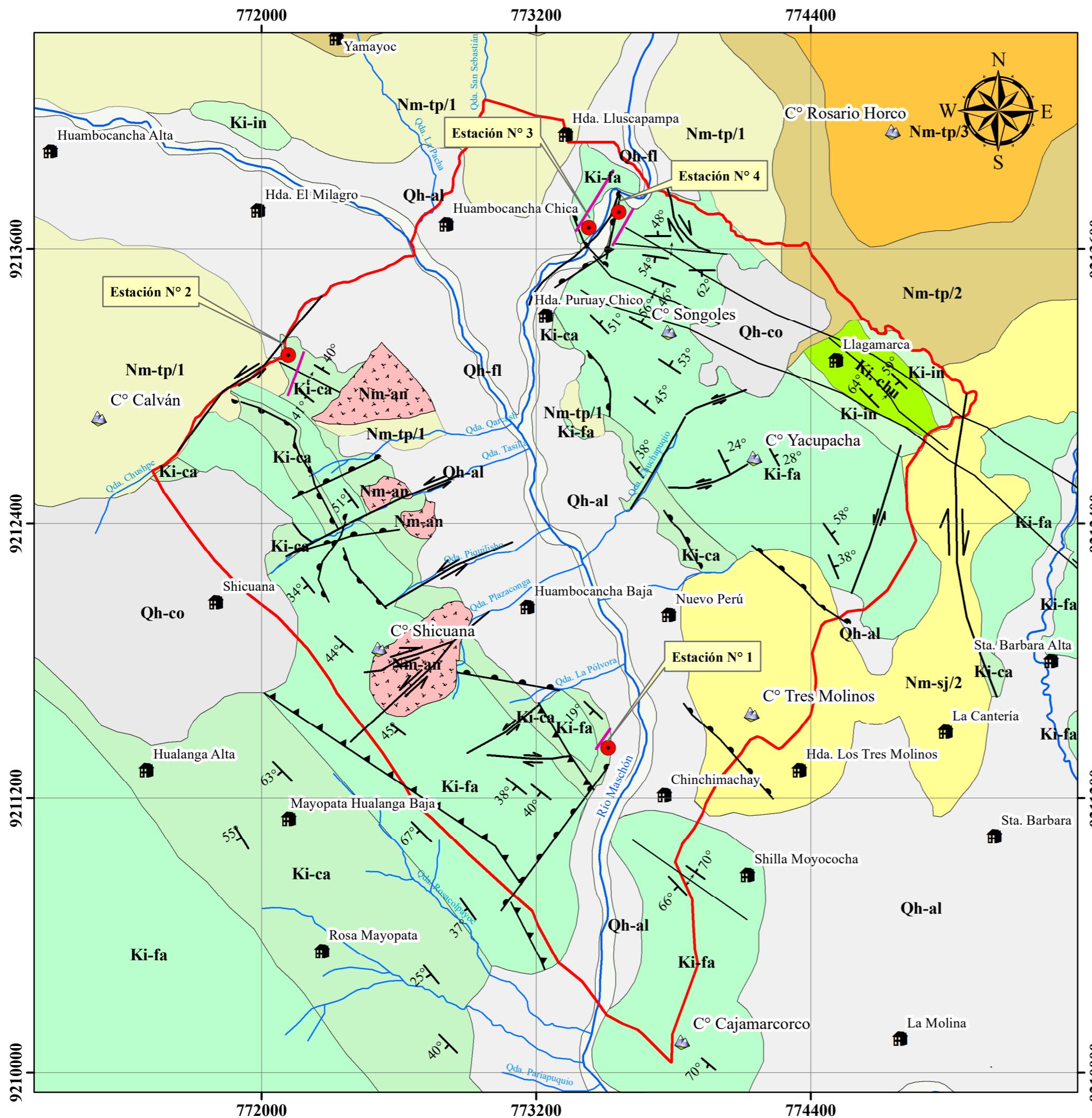
C4	Ki – Fa	47,05	47,69	Arenisca	60	JAC	10	variables entre 11 cm y 70 cm, sin evidencia de material de relleno o capas finas interestratales.
C4	Ki – Fa	47,69	47,80	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	47,80	48,10	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	48,10	48,51	Arcillolita	50	JAC	10	
C4	Ki – Fa	48,51	54,51	Limolita	40	JAC	10	Se observa una ausencia de estratos atribuida a un proceso erosivo, que afecta una extensión de 6 metros, la cual ha sido posteriormente rellenada por limolita.
C4	Ki – Fa	54,51	55,26	Arcillolita	50	JAC	10	
C4	Ki – Fa	55,26	55,68	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	55,68	56,13	Arenisca	60	JAC	10	Conjunto de estratos de areniscas de grano medio, de coloración blanquecina, con disposición paralela y estructura tabular bien definida. Los estratos presentan espesores variables entre 15 cm y 75 cm, sin evidencia de material de relleno o capas finas interestratales.
C4	Ki – Fa	56,13	56,45	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	56,45	56,75	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	56,75	57,18	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	57,18	57,42	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	57,42	57,72	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	57,72	57,92	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	57,92	58,07	Arenisca	60	JAC	10	Se observa una ausencia de estratos atribuida a
C4	Ki – Fa	58,07	58,57	Arcillolita	50	JAC	10	un proceso erosivo, que afecta una extensión de
C4	Ki – Fa	58,57	59,45	Limolita	40	JAC	10	0.88 metros, la cual ha sido posteriormente rellenada por limolita.
C4	Ki – Fa	59,45	59,91	Arcillolita	50	JAC	10	

C4	Ki – Fa	59,91	60,25	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	60,25	60,46	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	60,46	60,69	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	60,69	61,04	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	61,04	61,53	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	61,53	62,18	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	62,18	62,30	Arenisca	60	JAC	10	Conjunto de estratos de areniscas de grano
C4	Ki – Fa	62,30	62,56	Arenisca	60	JAC	10	medio, de coloración blanquecina, con
C4	Ki – Fa	62,56	62,75	Arenisca	60	JAC	10	disposición paralela y estructura tabular bien
C4	Ki – Fa	62,75	63,32	Arenisca	60	JAC	10	definida. Los estratos presentan espesores
C4	Ki – Fa	63,32	63,56	Arenisca	60	JAC	10	variables entre 10 cm y 65 cm, sin evidencia de
C4	Ki – Fa	63,56	63,76	Arenisca	60	JAC	10	material de relleno o capas finas interestratales.
C4	Ki – Fa	63,76	63,86	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	63,86	64,23	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki – Fa	64,23	64,75	Arenisca	60	JAC	10	
C4	Ki - Fa	64,75	65,07	Arenisca	60	JAC	10	

# **ANEXO N°3:**

# **PLANOS**





## SIMBOLOGÍA

	Cerro		Anticlinal
	Pueblo		Falla de Rumbo
	Estación estratigráfica		Falla Normal
	Columna estratigráfica		Falla Inversa
	Buzamiento		Drenaje
	Sinclinal		C.P. Huambocancha Baja

## UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

	Ki-ca		Nm-tp/3
	Ki-fa		Nm-sj/2
	Ki-in		Nm-an
	Ki-chu		Qh-co
	Nm-tp/1		Qh-al
	Nm-tp/2		Qh-fl

ESCALA

1:17.500

0 240 480 960 1,440 1,920 Mts

## Sistema de Coordenadas Proyectadas UTM

Datum Horizontal: WGS 1984

Zona: 17sur



---

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

Facultad de Ingeniería

**TESIS PROFESIONAL**  
**ESTRATIGRAFÍA DE LAS FORMACIONES, CARHUÁZ Y FARRAT EN**  
**EL CENTRO POBLADO HUAMBOCANCHA BAJA**

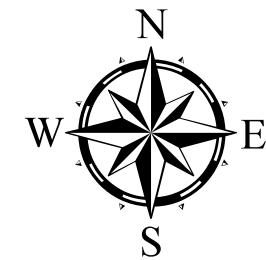
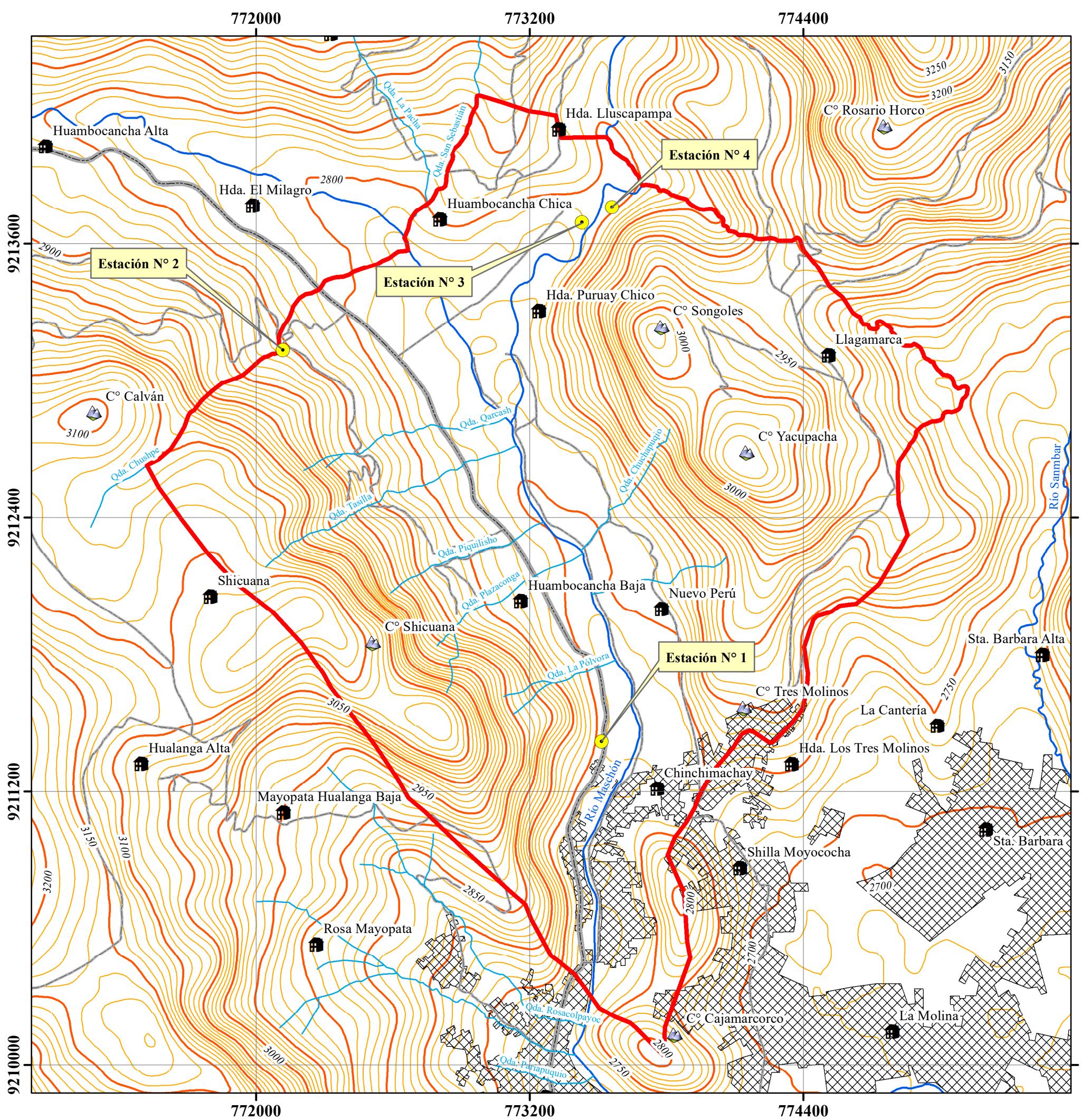
ANO: GEOLÓGICO ESCALA: 1/ 17,500

SISTA: HUARIPATA CUEVA EDGAR

ESQR: DR. QUISPE MAMANI CRISPÍN ZENÓN

UTM - WGS84

P - 02



## LEYENDA

- Pueblo
- Estación
- Cerro
- Drenaje
- Vías
- Asfaltada
- Afirmada
- Casco urbano
- Curvas Mayores
- Curvas Menores
- Centro Poblado Huambocancha Baja

0 200 400 800 1,200 1,600 Mts

Sistema de Coordenadas Proyectadas UTM  
Datum Horizontal: WGS 1984  
Zona: 17sur



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
Facultad de Ingeniería  
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

TESIS PROFESIONAL  
ESTRATIGRAFÍA DE LAS FORMACIONES, CARHUÁZ Y FARRAT EN  
EL CENTRO POBLADO HUAMBOCANCHA BAJA

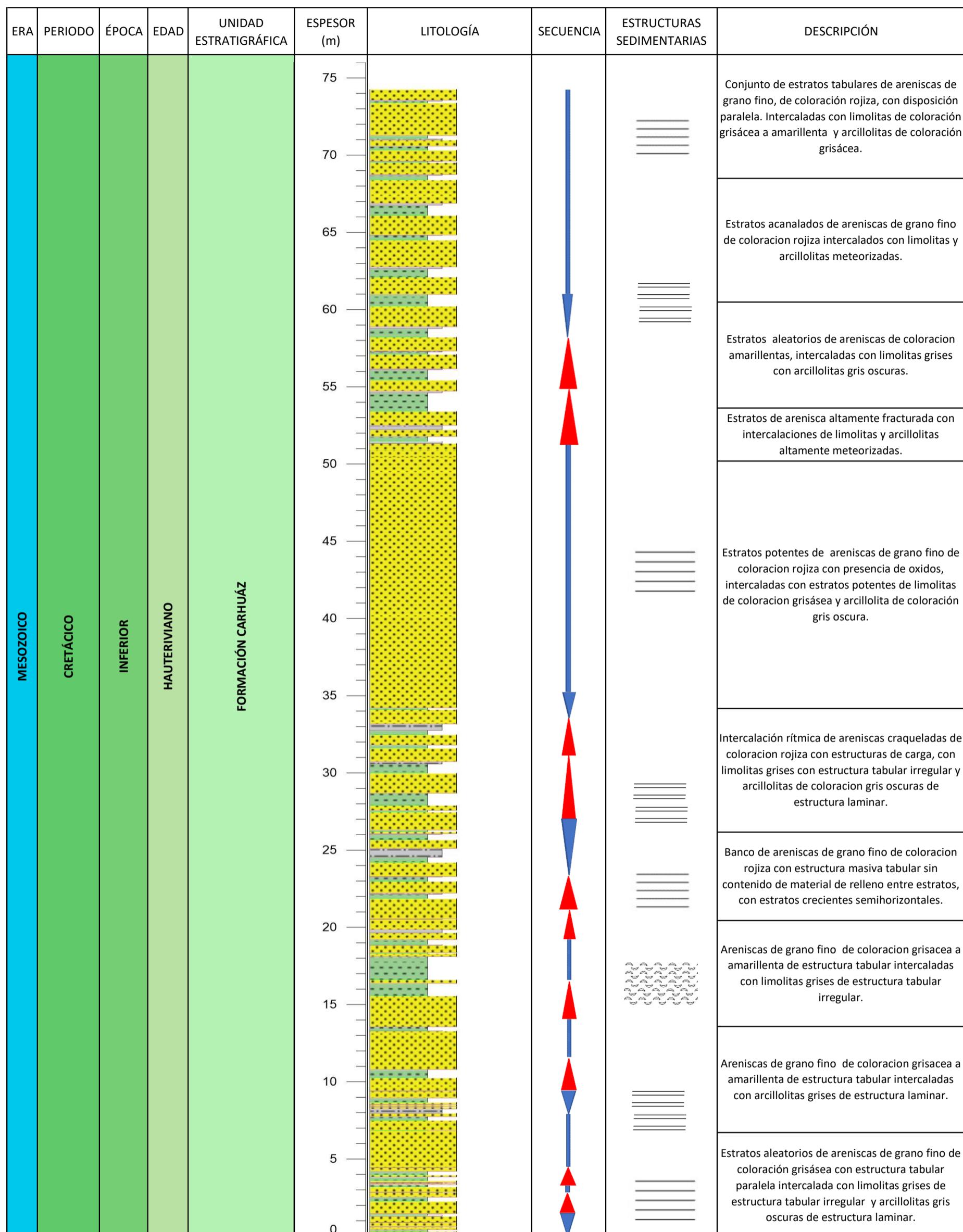
PLANO: MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES ESCALA: 1/17,500  
TESISTA: HUARIPATA CUEVA EDGAR  
ASESOR: DR. QUISPE MAMANI CRISPÍN ZENÓN  
SISTEMA: UTM - WGS84 FECHA: JULIO 2025

P - 03

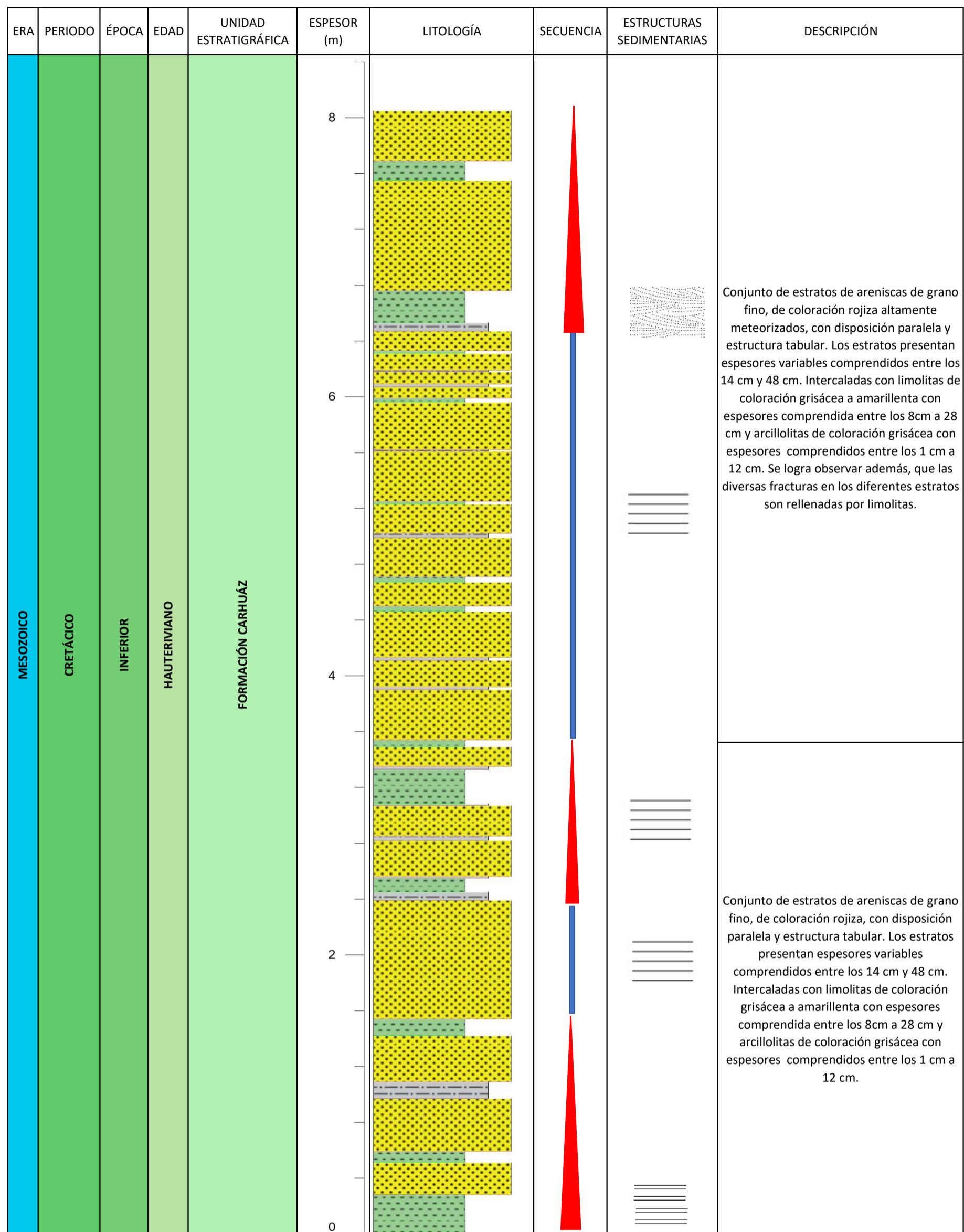
# **ANEXO N°4:**

# **COLUMNAS**

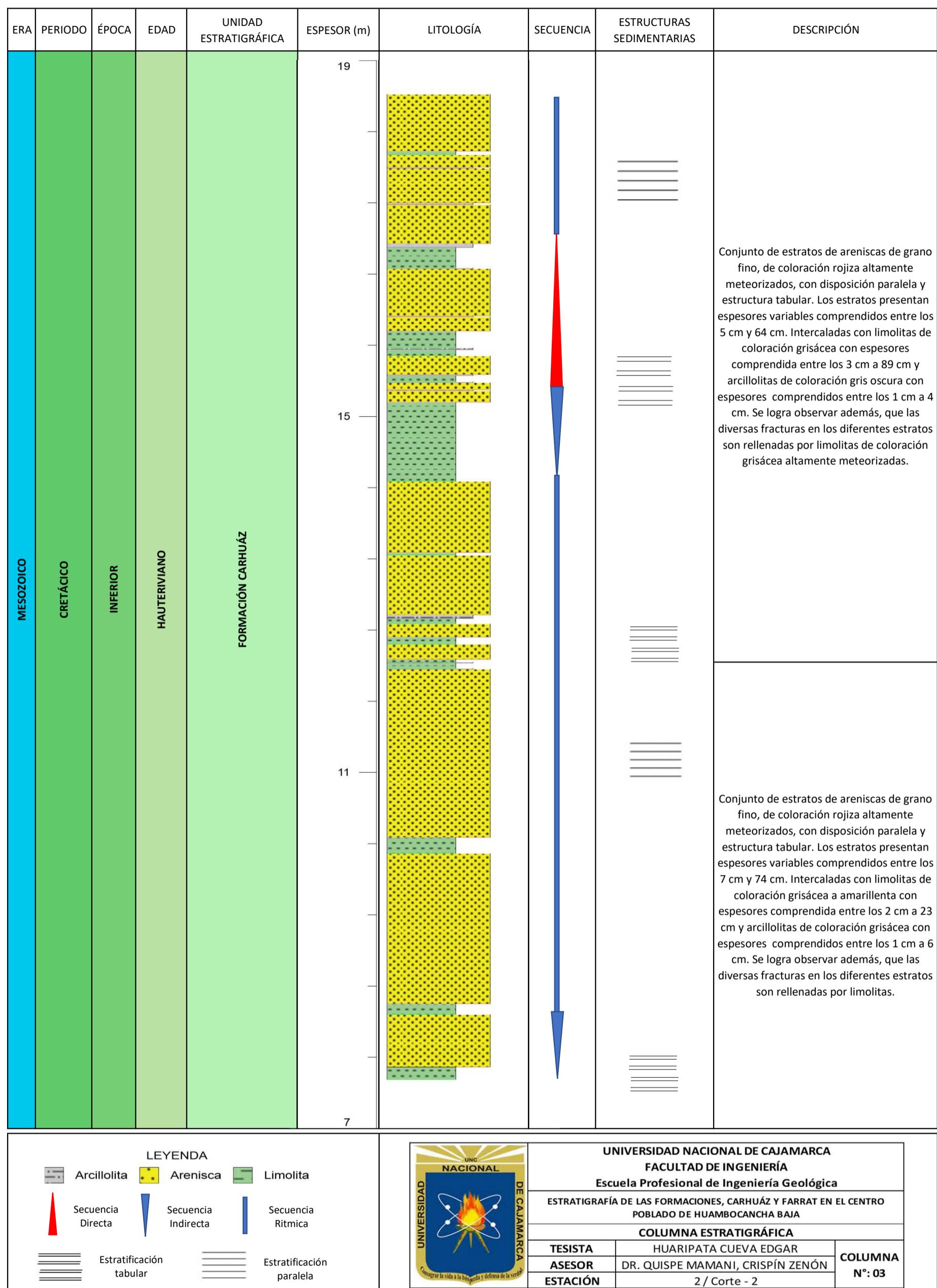
# **ESTRATIGRÁFICAS**

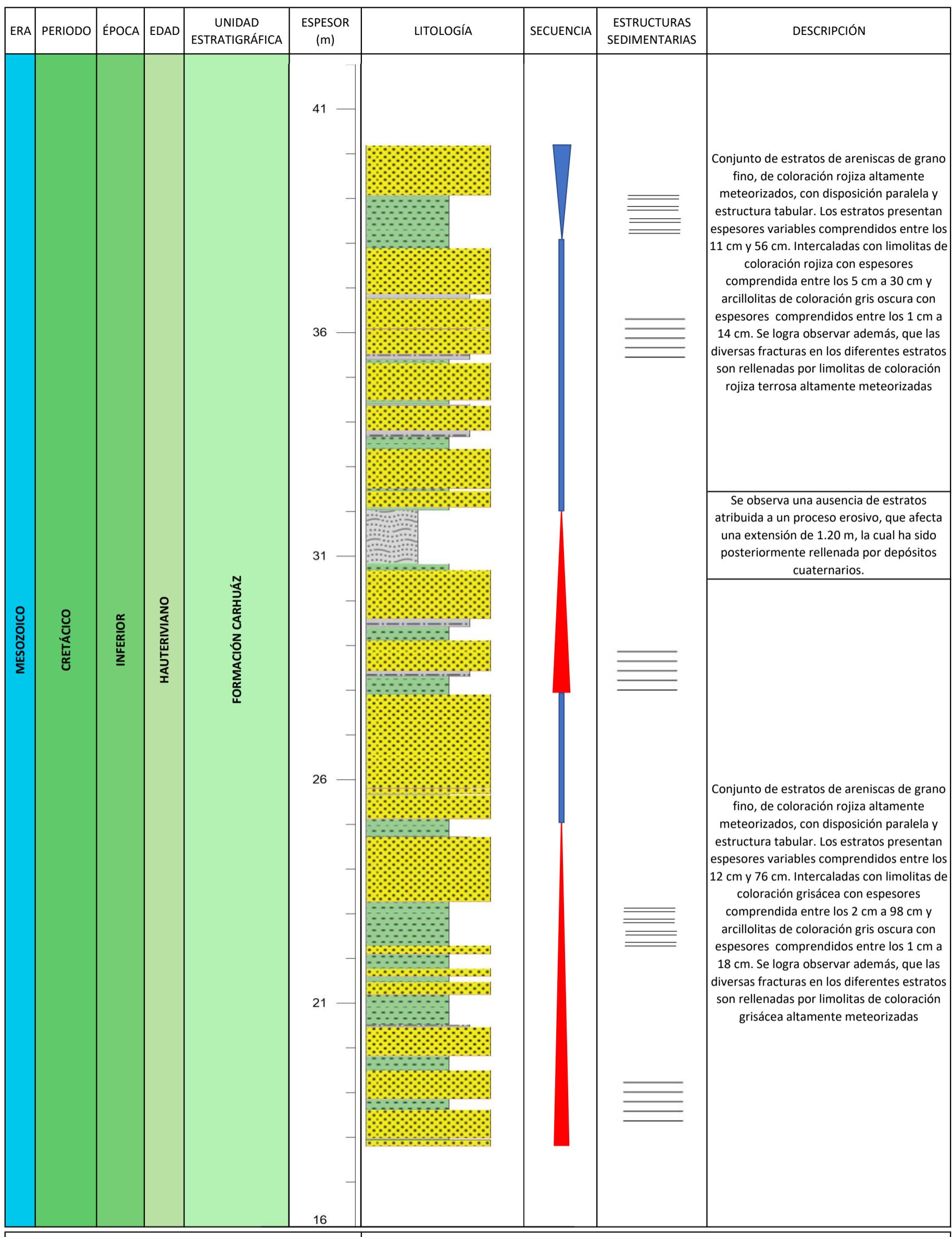


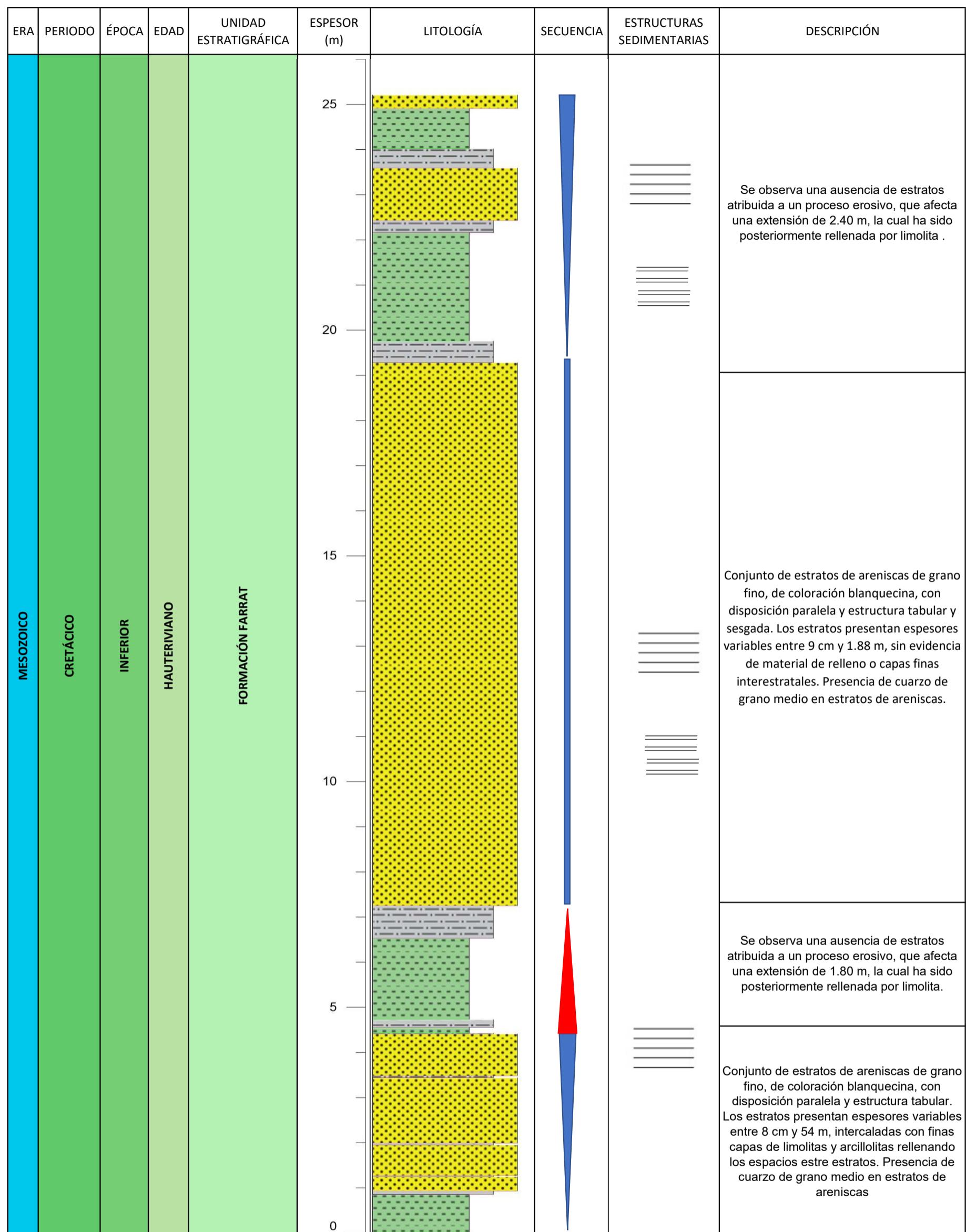
LEYENDA				UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA Escuela Profesional de Ingeniería Geológica	ESTRATIGRAFÍA DE LAS FORMACIONES, CARHUÁZ Y FARRAT EN EL CENTRO Poblado de HUAMBOCANCHA BAJA		COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS	
Arcillolita	Arenisca	Limolita	Secuencia Directa	Secuencia Indirecta	Secuencia Rítmica	TESISTA	HUARIPATA CUEVA EDGAR	
Estructuración tabular	Estructuración paralela	Estructuración Sesgada	Estructuración Flaser			ASESOR	DR. QUISPE MAMANI, CRISPÍN ZENÓN	COLUMNAS N°: 01 E1
						ESTACIÓN	E1	



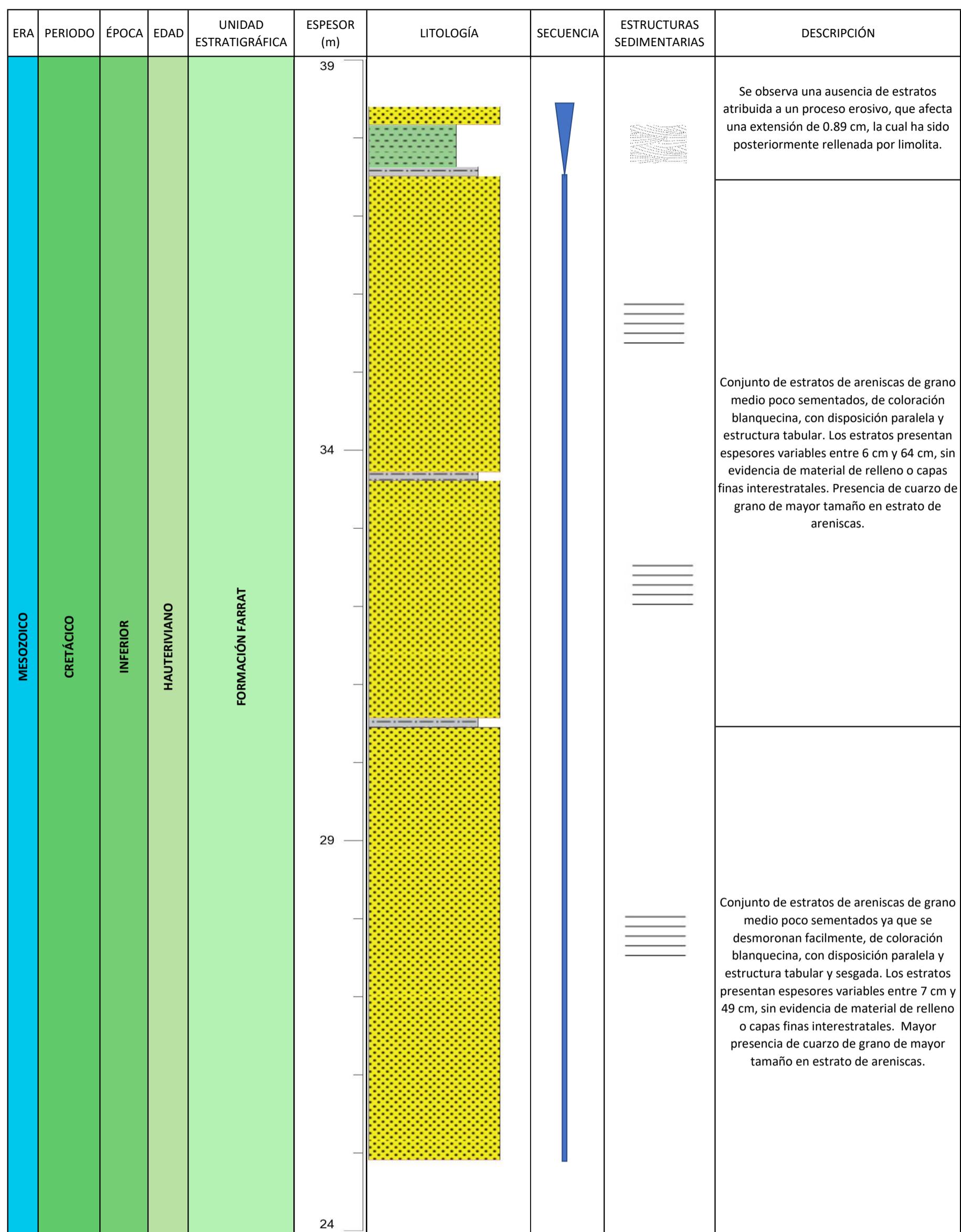
LEYENDA				UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
Arcillolita	Arenisca	Limolita		FACULTAD DE INGENIERÍA	Escuela Profesional de Ingeniería Geológica	
Secuencia Directa	Secuencia Indirecta	Secuencia Rítmica	ESTRATIGRAFÍA DE LAS FORMACIONES, CARHUÁZ Y FARRAT EN EL CENTRO POBLADO DE HUAMBOCANCHA BAJA			
Estratificación tabular	Estratificación paralela	Estratificación Sesgada	TESISTA	HUARIPATA CUEVA EDGAR		COLUMNAS
			ASESOR	DR. QUISPE MAMANI, CRISPÍN ZENÓN		N°: 02
			ESTACIÓN	2 / Corte - 1		

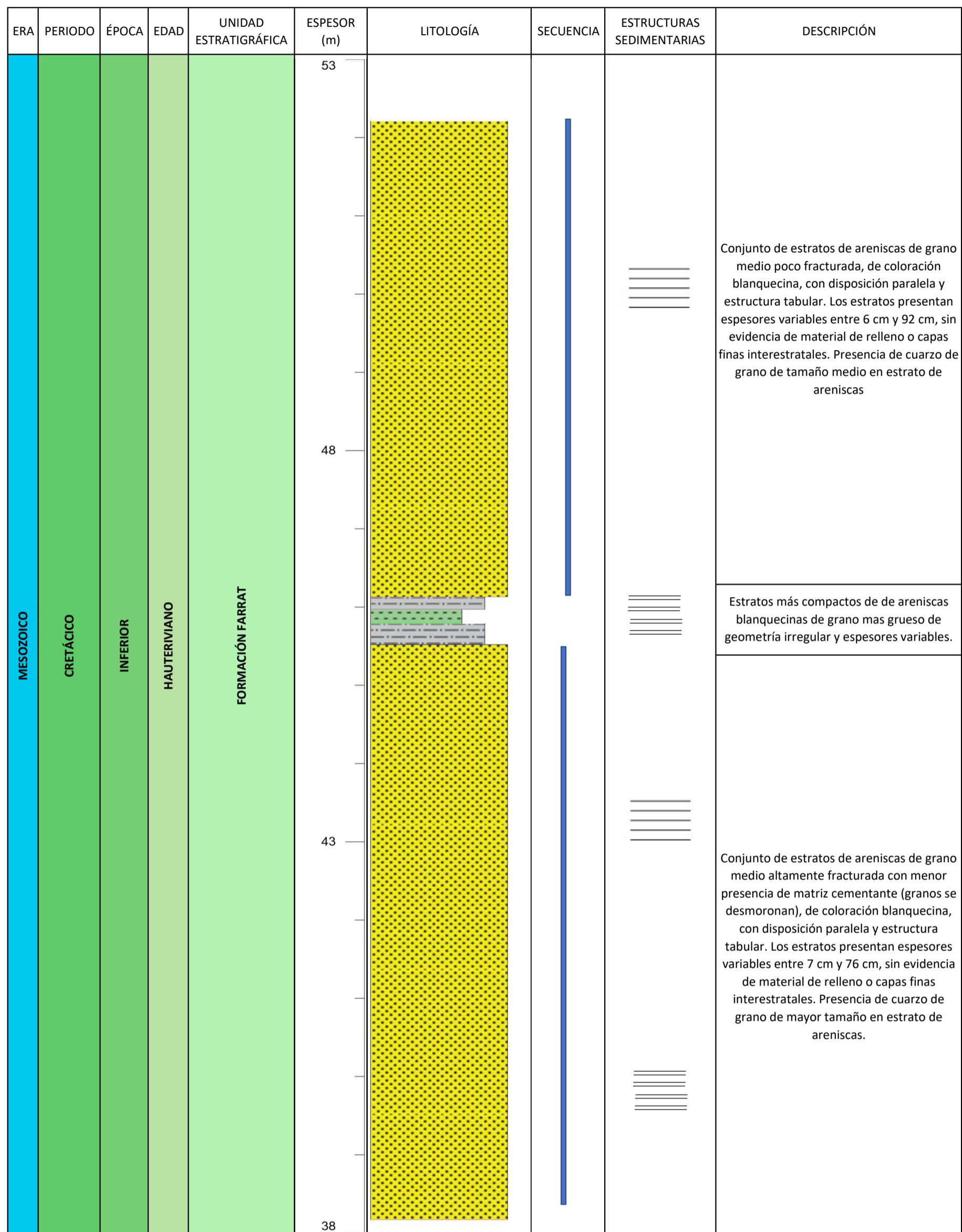






LEYENDA				UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
Arcillolita	Arenisca	Limolita		FACULTAD DE INGENIERÍA		
Secuencia Directa	Secuencia Indirecta	Secuencia Rítmica		Escuela Profesional de Ingeniería Geológica		
Estratificación tabular	Estratificación paralela			ESTRATIGRAFÍA DE LAS FORMACIONES, CARHUÁZ Y FARRAT EN EL CENTRO POBLADO DE HUAMBOCANCHA BAJA		
ESTACIÓN	TESISTA	ASESOR		HUARIPATA CUEVA EDGAR	DR. QUISPE MAMANI, CRISPÍN ZENÓN	COLUMNA N°: 05
				3 / Corte - 1		





LEYENDA				UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
Arcillolita	Arenisca	Limolita		FACULTAD DE INGENIERÍA		
Secuencia Directa	Secuencia Indirecta	Secuencia Ritmica		Escuela Profesional de Ingeniería Geológica		
Estratificación tabular	Estratificación paralela			ESTRATIGRAFÍA DE LAS FORMACIONES, CARHUÁZ Y FARRAT EN EL CENTRO POBLADO DE HUAMBOCANCHA BAJA		
				TESISTA	HUARIPATA CUEVA EDGAR	COLUMNAS N°: 07
				ASESOR	DR. QUISPE MAMANI, CRISPÍN ZENÓN	
				ESTACIÓN	3 / Corte - 3	

