

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



TESIS

**CARACTERIZACIÓN LITO - ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN FARRAT
EN EL CENTRO POBLADO CHUCHUN, DISTRITO DE NAMORA**

Tesis para optar el Título Profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO

Autor:

Bach. Nuñez Jara Jhon Arnold

Asesor:

Dr. Quispe Mamani Crispín Zenón

Cajamarca – Perú

2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador : Jhon Arnold Nuñez Jara
2. DNI : 72625687
3. Escuela Profesional : Ingeniería Geológica
4. Asesor : Crispín Zenón Quispe Mamani
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
1. Título de Trabajo de Investigación: **CARACTERIZACIÓN LITO-ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN FARRAT EN EL CENTRO POBLADO CHUCHUN, DISTRITO DE NAMORA.**
2. Fecha de evaluación : 24 de abril de 2025
3. Software antiplagio: ☒ TURNITIN ☐ URKUND (OURIGINAL) (*)
4. Porcentaje de Informe de Similitud : 7%
5. Código Documento : Oid: 3117:452359832
6. Resultado de la Evaluación de Similitud:
☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión : 25 de abril de 2025

 FIRMA DEL ASESOR Nombres y Apellidos: Crispín Zenón Quispe Mamani DNI : 29243825	 Firmado digitalmente por: BAZAN DIAZ Laura Sofia FAU 20148258601 soft Motivo: En señal de conformidad Fecha: 25/04/2025 13:58:54-0500 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI
---	--

* 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 : *CARACTERIZACIÓN LITO – ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN FARRAT EN EL CENTRO POBLADO CHUCHUN, DISTRITO DE NAMORA*

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

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0193-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 09 de mayo de 2024, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **veintitrés días del mes de mayo 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: *CARACTERIZACIÓN LITO – ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN FARRAT EN EL CENTRO POBLADO CHUCHUN, DISTRITO DE NAMORA*, presentado por el Bachiller en Ingeniería Geológica *JHON ARNOLD NUÑEZ JARA*, 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 *APROBADO* con el calificativo de *Quince* acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las *09.00 a.m.* horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique.
Presidente

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

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

Dr. Ing. Crispín Zenón Quispe Mamani.
Asesor

AGRADECIMIENTO

A mi alma mater, la Universidad Nacional de Cajamarca, por permitirme ser parte de esta maravillosa Escuela Profesional de Ingeniería Geológica.

A mis padres y mis hermanos, por el apoyo y la fuerza que me brindan cada día para poder seguir adelante y lograr mis objetivos.

A mi asesor, el Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani por sus enseñanzas, consejos y apoyo para la elaboración en esta valiosa investigación y a todos mis docentes que me guiaron en mi carrera profesional brindándome todas las enseñanzas para poder ser un buen profesional.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con todo mi corazón a mi mamá Sonia, por ser mi mayor fuente de inspiración y fortaleza. Gracias por tu amor incondicional, por siempre creer en mí y por enseñarme el valor del esfuerzo y la dedicación para poder alcanzar mis metas.

A mi papá José, por hacerme un hombre de bien con sus enseñanzas y su apoyo.

A mis hermanos Tatiana y Francisco, que son mi gran motivo para poder superarme día a día. Este logro es parte de ustedes.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
AGRADECIMIENTO.....	ii
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE FOTOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
LISTA DE ABREVIATURAS.....	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II.....	3
MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Antecedentes Teóricos de la Investigación	3
2.1.1. Internacional	3
2.1.2. Nacional	3
2.1.3. Local	3
2.2. Bases Teóricas	4
2.2.1. Estratigrafía	4
2.2.2. Facies Estratigráficas	5
2.2.2.1. Tipos de facies	6
2.2.2.2. La Ley de Walter	6
2.2.3. Principios de la Estratigrafía.....	8
2.2.3.1. Principio de la horizontalidad original y continuidad lateral de los estratos	8
2.2.3.2. Principio de la superposición de estratos	9
2.2.3.3. Principio del uniformismo o actualismo.....	10
2.2.3.4. Principio de la simultaneidad de eventos	12
2.2.4. Ambiente Sedimentario de Deposición	12
2.2.4.1. Ambiente Deltáico	13
2.2.4.2. Partes de un delta	13
2.2.5. Litoestratigrafía	14
2.2.6. Unidad Litoestratigráfica.....	15
2.2.7. Geometría de las unidades litoestratigráficas.....	16
2.2.7.1. Unidades con techo y muro planos y paralelos	16

	Pág.
2.2.7.2. Unidades con techo plano y muro irregular	16
2.2.7.3. Unidades con techo plano y muro convexo.....	17
2.2.7.4. Unidades con variaciones laterales de espesor	17
2.2.7.5. Unidades con formas especiales	17
2.2.8. Estructuras Sedimentarias	18
2.2.8.1. Estructuras presedimentarias	18
2.2.8.2. Estructuras sinsedimentarias	19
2.2.8.3. Estructuras postsedimentarias	23
2.2.8.4. Texturas Sedimentarias	24
2.2.9. Asociación de los estratos.....	24
2.2.10. Clasificación de Areniscas en Rocas Sedimentarias	25
2.2.10.1. La composición de clastos:	27
2.2.10.2. El porcentaje de matriz:.....	27
2.2.10.3. Familia de Arenitas:.....	27
2.2.10.4. Familia de Grauvacas:	27
2.2.10.5. Procedimiento para utilizar la clasificación de Pettijohn 1973	28
2.3. Definición de términos básicos	30
CAPÍTULO III.....	32
MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
3.1. Ubicación de la Investigación.....	32
3.1.1. Ubicación Geográfica.....	32
3.1.2. Ubicación Política	32
3.1.3. Accesibilidad	32
3.2. Procedimientos	33
3.2.1. Primera: Etapa de Gabinete.....	34
3.2.2. Segunda: Etapa de Campo.....	34
3.2.3. Tercera: Etapa de Gabinete Final	34
3.2.4. Metodología	34
3.2.1.1. Población de estudio	35
3.2.1.2. Muestra	35
3.2.1.3. Unidad de análisis	35
3.2.2. Identificación de variables	35
3.2.3. Técnicas	36
3.2.4. Instrumentos y equipos	36
3.3. GEOLOGÍA LOCAL	37

	Pág.
3.3.1. Formación Farrat	37
3.4. MARCO LITO-ESTRATIGRÁFICO	38
3.4.1. Litología	38
3.4.2. Litoestratigrafía de la Formación Farrat	43
3.4.2.1. Miembro Superior	43
3.4.2.2. Miembro Medio	44
3.4.2.3. Miembro Inferior	45
3.4.3. Litofacies presentes en la Formación Farrat	46
3.4.3.1. Litofacies de llanura deltaica superior	47
3.4.3.2. Litofacies de frente deltaico	49
3.4.3.3. Litofacies de llanura deltaica inferior	52
CAPÍTULO IV.....	54
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	54
4.1. Análisis de resultados.....	54
4.1.1. Caracterización Lito-Estratigráfica de la Formación Farrat	54
4.1.1.1. Columna Lito-Estratigráfica del Miembro superior	54
4.1.1.2. Columna Lito-Estratigráfica del Miembro medio.....	55
4.1.1.3. Columna Lito-Estratigráfica del Miembro Inferior	57
4.2. Contrastación de la Hipótesis.....	58
CAPÍTULO V.....	59
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
5.1. Conclusiones.....	59
5.2. Recomendaciones	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
ANEXOS	63

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Relación entre medio, proceso, facies.....	5
Figura 2: Representación de la Ley o Principio de Walther	6
Figura 3: Relación entre facies, asociaciones de facies y procesos sedimentarios.	7
Figura 4: Representación de horizontalidad de los estratos por acción de la gravedad.	9
Figura 5: Proceso de ordenamiento de los estratos en forma horizontal.	9
Figura 6: A. Serie fuertemente plegada B. Falla inversa	10
Figura 7: Zonación teórica de un delta.	13
Figura 8: Interpretación de la secuencia delta tipo Gilbert	14
Figura 9: Gráfico representativo de rangos de unidades litoestratigráficas.....	15
Figura 10: Formas de las unidades litoestratigráficas	18
Figura 11: Tipos de estructuras de fondo	19
Figura 12: a. Estratificación cruzada planar	20
Figura 13: a) Asociada con pequeñas rizaduras de crestas rectas	21
Figura 14: Estratificación lenticular: a) Con lentes conectados. b) Con lentes aislados. ..	21
Figura 15: Estratificación gradada: A) Normal y B) Inversa.	22
Figura 16: Desplazamiento de una duna	22
Figura 17: Estructura simple concordante de rizadura	23
Figura 18: Símbolos para las estructuras sedimentarias comunes.....	23
Figura 19: Tipos de asociaciones de estratos	25
Figura 20: Clasificación de Areniscas en Rocas Sedimentarias.	26
Figura 21: Clasificación de Di Giulio y Valloni, 1992.	26
Figura 22: Clasificación de las areniscas, modificado de Pettijohn 1973.	28
Figura 23: Accesibilidad al centro poblado Chuchun.....	33
Figura 24: Diagrama esquemático del ambiente de depositación	46
Figura 25: Perfil Geológico representado por Litofacies.	54
Figura 26: Columna Lito-Estratigráfica del miembro superior de la Formación Farrat.	55
Figura 27: Columna Lito-Estratigráfica del miembro medio de la Formación Farrat.	56
Figura 28: Columna Lito-Estratigráfica del miembro inferior de la Formación Farrat.	57

ÍNDICE DE FOTOS

	Pág.
Foto 1: Afloramiento de areniscas de la Formación Farrat.	38
Foto 2: Areniscas con presencia de óxidos de hierro.	39
Foto 3: Areniscas con presencia de óxidos de hierro.	39
Foto 4: Patinas de manganeso presentes en arenisca cuarzosa	40
Foto 5: Mantos de areniscas erosionadas	40
Foto 6: Embolsamiento de manganeso.	41
Foto 7: Areniscas nodulares cubiertas por óxidos de manganeso.	41
Foto 8: Limolita con contenido de arcilla.	42
Foto 9: Arcillas contaminadas con óxidos de hierro.	42
Foto 10: Intercalación de areniscas ferruginosas y lutitas.	43
Foto 11: Afloramiento de areniscas del Miembro Superior de la formación Farrat.	44
Foto 12: Arenisca cuarzosa de grano medio con presencia de óxidos de mn.	44
Foto 13: Afloramiento de areniscas ferruginosas	45
Foto 14: Miembro Inferior de la Formación Farrat	46
Foto 15: Microconglomerado con clastos pequeños desde 4 mm.	47
Foto 16: Estratificación paralela en intercalaciones de limos y areniscas.	48
Foto 17: Estratificación flaser con presencia de óxidos de Fe y Mn.	49
Foto 18: Flute Marks encontrados en estratos de limos.	50
Foto 19: Estratificación gradada normal inversa en areniscas.	51
Foto 20: Estratificación lenticular en areniscas con matriz de óxidos de mn.	52
Foto 21: Estratificación sesgada planar (A) y estratificación sesgada lenticular (B).	53

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Comparación de procesos geológicos.....	11
Tabla 2: Características y gráfico de las cuarzoarenitas	29
Tabla 3: Características y gráfico de las arcosas y subarcosas	29
Tabla 4: Características y gráfico de las litoarenitas y sublitoarenitas.	30
Tabla 5: Coordenadas del área de estudio	32
Tabla 6: Vías de acceso al área de investigación	33
Tabla 7: Método de investigación.....	35
Tabla 8: Variables de la investigación.....	36
Tabla 9: Muestra N° 01 Limolita con contenido de matriz superior al 60 %.	63
Tabla 10: Muestra N°02 Arenisca ferruginosa	64
Tabla 11: Muestra N°03 Arenisca cuarzosa.	65
Tabla 12: Muestra N°04 Óxido de manganeso.....	66
Tabla 13: Muestra N°05 Goethita.....	67
Tabla 14: Muestra N°06 Limonita.....	68
Tabla 15: Muestra N°07 Hematita.....	69
Tabla 16: Muestra N°08 Caolinita.....	70

LISTA DE ABREVIATURAS

Fm	:	Formación
Ki-fa	:	Formación Farrat
Km	:	Kilómetros
m	:	Metros
cm	:	Centímetros
min	:	Minutos
m.s.n.m	:	Metros sobre el nivel del mar
WGS-84	:	World Geodetic System 84 (Sistema Geodésico Mundial 84)
GPS	:	Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global)
UTM	:	Universal Transversal Mercator
Mn	:	Manganeso
Fe	:	Hierro

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el Centro Poblado de Chuchun, centrándose en las características litoestratigráficas que conforman los estratos, que a lo largo de tiempo geológico nos brinda una fuente de información de datos estratigráficos útiles para ampliar nuestro conocimiento, teniendo como objetivo la caracterización litoestratigráfica de la Formación Farrat, que corresponde al Cretácico Inferior, para lo cual se tuvo que llevar a cabo un trabajo de campo que incluyó la recopilación y el análisis de datos de campo que se obtuvieron a través de salidas planificadas que siguieron un cronograma establecido y donde los datos se recopilaron en una variedad de formatos, incluidos registros de campo, columnas estratigráficas, texturas y estructuras sedimentarias, tipos de estratificación y las principales unidades litoestratigráficas presentes, tomando coordenadas para registrar sus características y ubicación geográfica mediante coordenadas UTM y la toma de fotografías, para luego proceder a elaborar la Columna Litoestratigráfica de cada miembro con su respectiva asociación de litofacies que determina la forma en la que fueron depositados en cada miembro de la Formación Farrat y poder realizar el perfil geológico.

Palabras clave: Litoestratigrafía, Formación Farrat, litofacies, texturas y estructuras sedimentarias, sedimentación.

ABSTRACT

The present investigation was carried out in the Chuchun Population Center, focusing on the lithostratigraphic characteristics that make up the strata, which over geological time provides us with a source of information of useful stratigraphic data to expand our knowledge, aiming at lithostratigraphic characterization. of the Farrat Formation, which corresponds to the Lower Cretaceous, for which field work had to be carried out that included the collection and analysis of field data which were obtained through planned outputs that followed an established schedule and where data was collected in a variety of formats, including field logs, stratigraphic columns, sedimentary textures and structures, stratification types and the main lithostratigraphic units present, taking coordinates to record its characteristics and geographical location using UTM coordinates and taking photographs, and then proceed to prepare the Lithostratigraphic Column of each member with its respective lithofacies association that determines the shape of the that were deposited in each member of the Farrat Formation and to be able to carry out the respective geological profile.

Keywords: Lithostratigraphy, Farrat Formation, lithofacies, sedimentary textures and structures, sedimentation.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La Formación Farrat en el centro poblado Chuchun, distrito de Namora, perteneciente al Cretácico Inferior que está conformado por areniscas cuarzosas de grano medio a grueso ya que presentan alto contenido de cuarzo, ubicado en el Aptiano de aproximadamente 113 millones de años, carece de investigaciones a detalle a nivel local, siendo este un motivo para conocer mejor las características estratigráficas así como también las características petrológicas presentes ya que la recopilación e interpretación de estos datos nos servirán para poder realizar la columna estratigráfica a detalle de esta Formación.

Para poder realizar este estudio se recopilara información en la etapa de campo mediante la observación, fichas y tablas de clasificación de rocas, para luego procesarlos; para proseguir con la interpretación de los cambios de facies para poder identificar ambientes y procesos sedimentarios sucedidos en el tiempo Cronoestratigráfico; para realizar la presente investigación se ha formulado el siguiente pregunta: ¿Cuál es la caracterización lito-estratigráfica de la Formación Farrat en el Centro Poblado de Chuchun, distrito de Namora?.

Como hipótesis tenemos que, las características Lito-estratigráficas de la Formación Farrat se evidencian por la depositación en un ambiente sedimentario litoral – deltaico, en litofacies inferior y superior que corresponde a una llanura deltaica, también una asociación de litofacies intermedia de frente deltaico, de edad Barremiano superior – Aptiano inferior a medio.

El presente proyecto de investigación aborda una zona con escasos estudios preliminares, por la cual se realizará una caracterización lito-estratigráfica de la Formación Farrat en el centro poblado Chuchun, distrito de Namora, tomando como base la identificación de las características lito-estratigráficas y ambiente de depositación que pertenece al ambiente litoral deltaico, de la Formación Farrat; y de esta forma, elaborar la columna estratigráfica a detalle plasmando los datos en

fichas y tablas de clasificación de las texturas de las rocas silicoclásticas sedimentarias según Dunham, 1962 (Tomada de Pettijohn, F.J. 1975), en los softwares Estrater y ArcGis. Por lo tanto, este trabajo pretende servir como base de datos para futuros trabajos de investigación en estratigrafía.

El objetivo principal que se pretende plasmar es caracterizar Lito-estratigráficamente la Formación Farrat en el Centro Poblado de Chuchun, distrito de Namora y como objetivos específicos tenemos; determinar las facies y secuencias sedimentarias, identificar las estructuras y texturas sedimentarias, elaborar perfil y columna lito-estratigráfica detallada y, por último, interpretar el ambiente de depositación.

El proyecto de investigación está desarrollado en V capítulos, en el Capítulo I se presenta la introducción al desarrollo de la investigación que abarca desde el contexto del problema , pregunta principal, hipótesis, alcances y objetivos, en el Capítulo II, se desarrolla el marco teórico considerando algunos antecedentes de la investigación entre ellos locales y nacionales e internacionales, bases teóricas, así como también la definición de algunos términos básicos utilizados en la investigación; el Capítulo III corresponde a materiales y métodos, aquí se han descrito algunas generalidades del proyecto, como la ubicación y accesibilidad; además de, la estratigrafía y geología, la metodología para la recopilación de información de campo, los materiales y métodos; el Capítulo IV corresponde a análisis y discusión de resultados, de acuerdo a objetivos planteados y los antecedentes teóricos, así mismo la contrastación de la hipótesis y finalmente el Capítulo V, que corresponde a conclusiones y recomendaciones en el cual establece los propósitos alcanzados en la investigación, se dan a conocer las conclusiones a las cuales se han llegado así como las recomendaciones y referencias bibliográficas usadas en el proyecto de investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Teóricos de la Investigación

2.1.1. Internacional

Barragán, (2004). Estratigrafía Secuencial del Cretácico de la Cuenca Oriente Del Ecuador. En su tesis trata sobre las características estratigráficas de la cuenca Oriente en los periodos comprendidos entre el Aptiano y Maastrichtiano, concluye que durante estos periodos se reflejan drásticos cambios litoestratigráficos como variaciones laterales de facies.

2.1.2. Nacional

Benavides, (1956). En su libro Geología de Cajamarca, describe la Formación Farrat forma como parte del Grupo Goyllarisquizga, que suprayace a la Formación Carhuaz, e infrayace a la Formación Inca. Consta de areniscas cuarzosas blancas de grano medio a grueso, tiene un grosor promedio de 500 m.

Caja & Bazán, (2016). En su artículo científico, “Análisis de Litofacies Silícico-Clásticas de la Formación Farrat en el Distrito de Llacanora – Cajamarca”, determinaron que La Formación Farrat es una unidad litoestratigráfica del Cretácico inferior de edad Barremiano superior – Aptiano inferior a medio, conformada por un conjunto de rocas sedimentarias silícico-clásticas de un ambiente litoral – deltaico.

2.1.3. Local

Serrano, (2017). En su tesis “Estudio estratigráfico secuencial de la Formación Farrat en Shaullo y Puyllucana”, identificó que en la Formación Farrat existen dos gradaciones, una inversa desde la base hasta las tres cuartas partes de la formación y una directa desde este último punto hasta el techo de la formación, las

secuencias son del tipo sub-acuático en un ambiente deltaico, se identificaron 4 facies de acuerdo a su análisis petrográfico. Así mismo determinó que la Formación Farrat presenta una gran abundancia de estructuras sedimentarias, tanto singenéticas como post-genéticas, entre las cuales se encontró estratificación sesgada, laminación planar oblicua, laminación paralela, ripples, estructuras de carga, diques de arena, laminación flaser, estilolitas, burrows (bioturbación).

Moreno, (2019). En su tesis “Facies sedimentarias de las Formaciones Carhuaz y Farrat en los sectores de San Cirilo, Callacpuma – Chilete”. En esta investigación se realizó el estudio las Formaciones Carhuaz y Farrat en los sectores antes mencionados, para ello se realizaron columnas estratigráficas con el fin de poder analizar he identificar, las facies sedimentarias y ambientes de formación. Se determinó que en la Formación Farrat se encontraron facies de areniscas de grano grueso con estratificación sesgada pertenecientes a ambiente deltaico controlado por acción fluvial.

Prado, (2018). En su Tesis “Estudio petromineralógico de las areniscas de la Formación Farrat en la zona de Baños del Inca y Llacanora – Cajamarca”; concluyó que, la columna estratigráfica presenta una secuencia de areniscas cuarzosas (sublitarenitas y cuarzoarenitas) con variación de grano fino a medio, algunos niveles de areniscas limosas y limo areniscas; además de que, la geometría de los estratos es generalmente tabular con laminación paralela y en algunos niveles con laminación sesgada y estratificación sesgada.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Estratigrafía

La Estratigrafía es el estudio e interpretación de todos los procesos registrados que se dan en las sucesiones sedimentarias ya que esto permite conocer la naturaleza y disposición de las rocas que han sido estratificadas como también la correlación de los materiales rocosos depositados en el tiempo Cronoestratigráfico (Vera, 1994).

La estratigrafía no solo abarca la sucesión y relación cronológica, sino que también dentro de esta se puede encontrar la forma, distribución, caracterización litológica,

contenido fósil y propiedades físico – químicas de los estratos para poder interpretar el origen y la historia geológica que presenta (Hedberg, 1980).

La estratigrafía es una ciencia geológica con dos enfoques distintos y complementarios: un enfoque científico dirigido a la disposición temporal y la interpretación de origen de los materiales, y el aplicado que se centra en encontrar los recursos naturales explotables más recientes.

Este enfoque científico y aplicado tiene un doble impacto: por un lado, los avances en el conocimiento científico están impulsando la exploración de nuevas materias primas y, por otro lado, los datos obtenidos durante esas exploraciones proporcionan información invaluable y han contribuido al avance del conocimiento científico (Vera, 1994)

2.2.2. Facies Estratigráficas

El concepto de facies es fundamental en sedimentología, ya que los primeros estudios de rocas sedimentarias antiguas en el siglo XVIII demostraron que todas ellas tienen características como composición, geometría y contenido fósil que permitan clasificarlas en un número limitado de tipos.

Por lo tanto, definiremos a una facies como un grupo de rocas sedimentarias que se pueden identificar y distinguir entre sí por su geometría, litología, estructuras sedimentarias, distribución de paleocorrientes y fósiles (Selley, 1982).

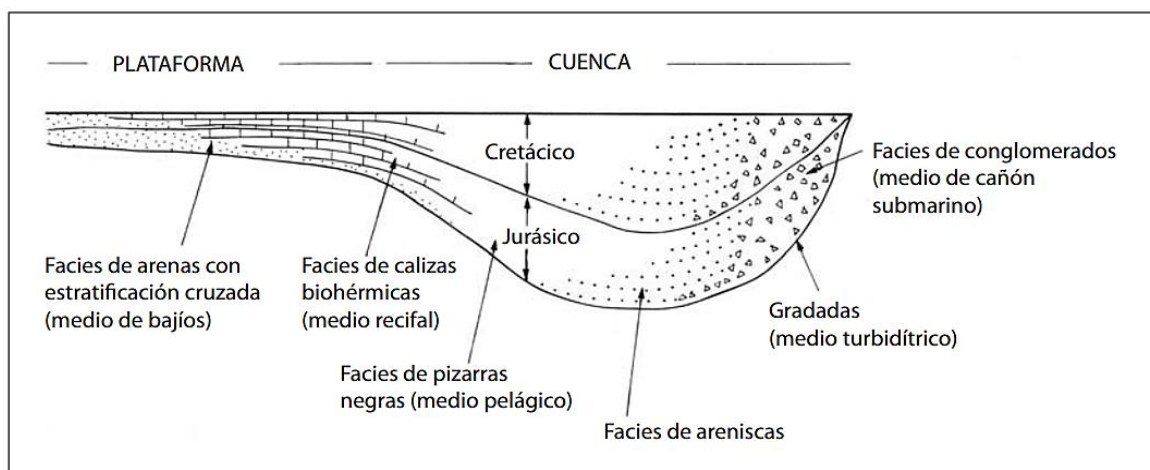


Figura 1: Relación entre medio, proceso, facies y tiempo en una cuenca sedimentaria teórica. Fuente: Modificado de Selley, 1976, Arche, (2010).

2.2.2.1. Tipos de facies

Hay dos tipos de facies descriptivas: litofacies y biofacies. Mientras que las biofacies predominan en su definición debido al contenido de organismos fosilizados (macro y/o microfósiles) y las estructuras orgánicas que contienen, las litofacies son unidades de roca definidas por un conjunto de características físicas como el tamaño de grano, la composición química, las estructuras sedimentarias y tipo de estratigrafía.

Cualquier interpretación sedimentológica debe partir de las facies individuales, que luego deben agruparse en asociaciones de facies que comparten una génesis común, es decir, se entiende que son el resultado de un ambiente o proceso sedimentario específico y claramente definido, muchos medios sedimentarios actualmente tienen asociaciones de facies bien definidas.

La idea básica detrás de la interpretación de las sucesiones de rocas antiguas es que los parámetros de las facies antiguas con orígenes desconocidos pueden compararse con los de los depósitos actuales cuyo ambiente sedimentario se conoce y los procesos que les dieron origen (Arche, 2010).

2.2.2.2. La Ley de Walter

El hecho de que haya un número finito de facies en las sucesiones de rocas llevó rápidamente a la conclusión de que rara vez se asociaban arbitrariamente. Las sucesiones de rocas antiguas y las sucesiones de medios sedimentarios presentes hoy en la superficie de la Tierra fueron comparadas por Walter (1884).

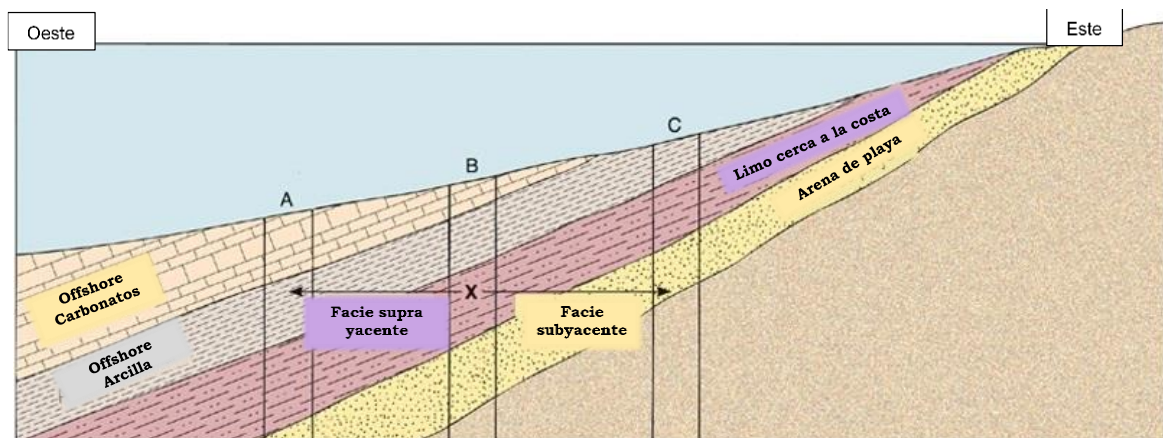


Figura 2: Representación de la Ley o Principio de Walther, que establece que los cambios de facies verticales corresponden a cambios de facies laterales. Se muestra una secuencia transgresiva. Fuente: Tomado de Levin (2005).

Una arenisca con una ondulación solo indica un proceso, deposición de bajo régimen por una corriente que se mueve en una dirección específica; sin embargo, no podemos inferir de él ninguna información sobre la profundidad, la salinidad o el método de depósito.

Pero, si lo examinamos en relación con las facies que se encuentran por encima y por debajo de él, formando una asociación de facies que estaría conformada por dos o más facies ligadas genéticamente y que reflejan la actividad de un proceso o procesos que puede ser muy significativo a un período de tiempo lo suficientemente largo en un entorno específico que dar lugar a depósitos que se registran geológicamente y sus límites son netos o de origen erosivo (Arche, 2010).

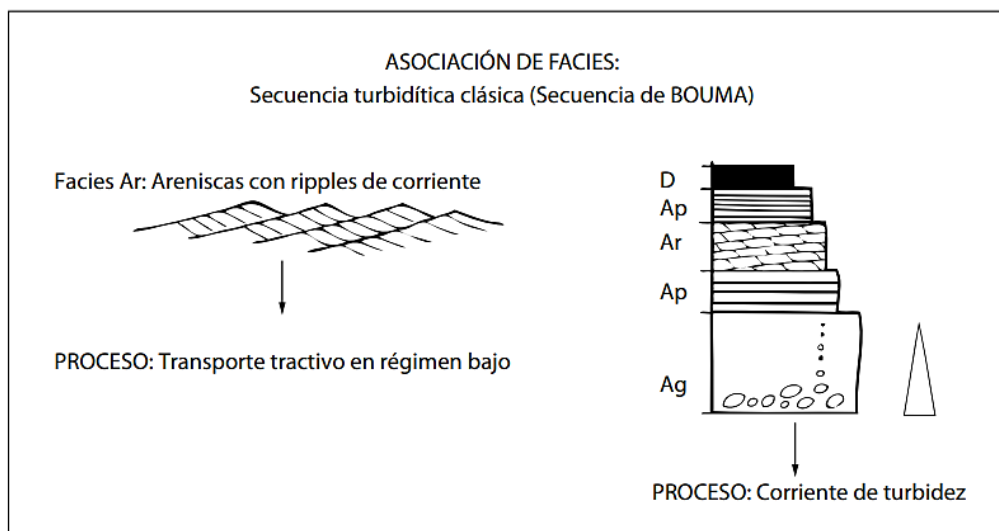


Figura 3: Relación entre facies, asociaciones de facies y procesos sedimentarios.
Fuente: Tomado de Arche, (2010).

Un área de facies, o "faciesbezirk", es una secuencia vertical continua de facies genéticamente relacionadas que está unida por superficies de erosión intraformacionales. Walter hizo hincapié en la importancia de esta ley al afirmar que "los diferentes depósitos de la misma área de facies y, del mismo modo, las rocas de las diferentes áreas de facies se forman uno al lado del otro". Una idea fundamental de inmensa importancia es que sólo las facies y las regiones de facies pueden superponerse sin ruptura alguna, que ahora descubrimos en contigüidad" (Walter, 1894, en Middleton, 1973).

Las facies que se encuentran en una sucesión vertical continua, formada en medios lateralmente adyacentes se conocen como Ley de Walter y sirven como la piedra

angular del análisis de facies. Alternativamente, se pueden usar sucesiones verticales continuas y correlativas para inferir la distribución paleogeográfica de ambientes sedimentarios cercanos (Arche, 2010).

a) Litofacies

Cuando se hace referencia a un grupo de estratos, el término "litofacies" solo se refiere a sus características litológicas, así como a las condiciones físico-químicas que existían en el momento del depósito. Así, por ejemplo, la "caliza oolítica" o la "arenisca glauconítica" son ejemplos de litofacies.

b) Biofacies

El término "biofacies" es el complementario porque describe las condiciones biológicas prevalecientes durante el depósito, así como los aspectos paleontológicos de la formación.

Facies de gasterópodos, facies de carófitos, facies de radiolarios y otros términos son ejemplos de biofacies.

Las litofacies y biofacies combinadas de algunos materiales son simplemente las mismas facies. Dado que los fósiles son un componente natural de la roca, según Hallam (1981), no es necesario separar las facies en lito y biofacies (Vera, 1994).

2.2.3. Principios de la Estratigrafía

La estratigrafía en la aplicación consta de varios principios básicos, los cuales son.

2.2.3.1. Principio de la horizontalidad original y continuidad lateral de los estratos

Según Steno establece que los estratos eran paralelos a la superficie del depósito y horizontales al momento de su depósito (horizontalidad original), y que estaban separados por dos planos que demostraban continuidad lateral.

Recientes estudios sobre la geometría de los estratos, realizados en campo y, en particular, utilizando técnicas de subsuelo, han revelado algunas excepciones a esta regla, donde los estratos se disponen paralelos a las superficies de depósito, pero no necesariamente en forma horizontal, sino con una ligera inclinación. inclinación. original. El uso de este principio ha dado lugar a la noción de que las superficies de estratificación son isócronas en la actualidad (Vera, 1994).

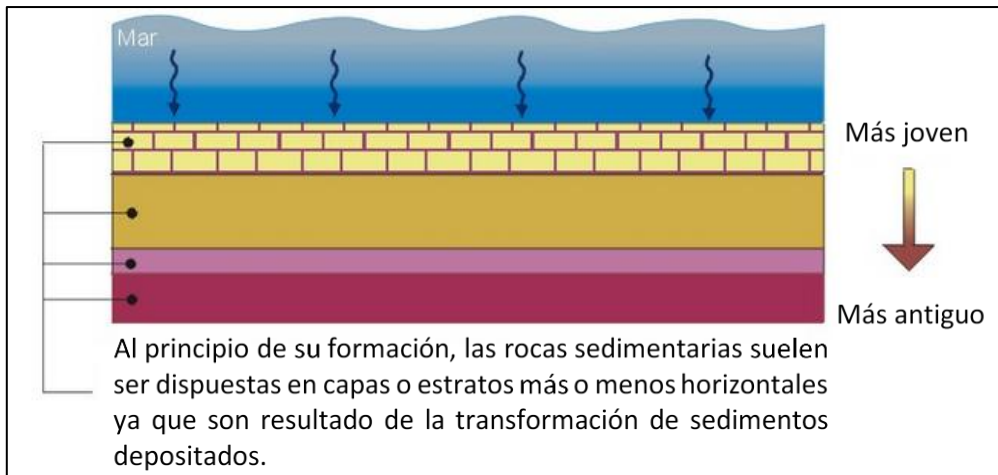


Figura 4: Representación de horizontalidad de los estratos por acción de la gravedad.
Fuente: Tomado de Ruiz, (2019)

Las superficies que definen un estrato se conocen como planos de estratificación, y con frecuencia aparecen estructuras sedimentarias tanto en la base como en la pared de los estratos. (Ruiz, 2019).

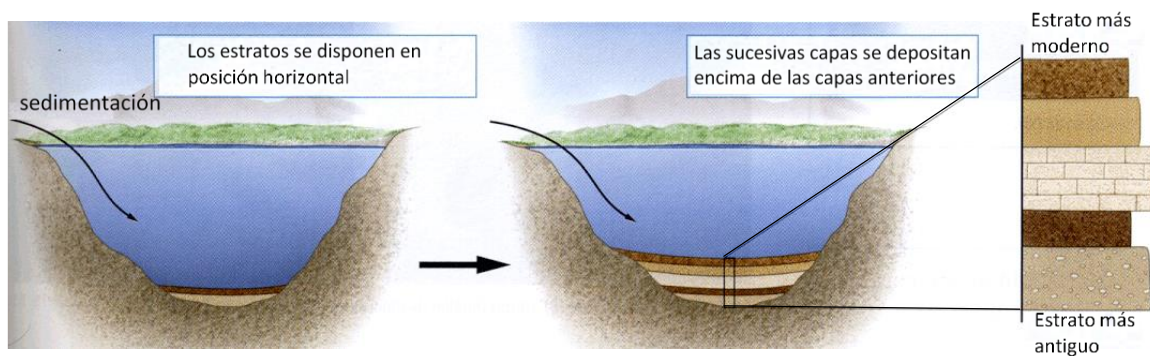


Figura 5: Proceso de ordenamiento de los estratos en forma horizontal.
Fuente: Tomado de Ruiz, (2019).

2.2.3.2. Principio de la superposición de estratos

Fue propuesta por primera vez por Steno (1669) y desarrollada por Lehmann, y establece que, en una sucesión de estratos, los más bajos son los más antiguos y los más altos son los más modernos. La idea es fundamental para el ordenamiento temporal de los estratos subhorizontales (o conjuntos de estratos), y puede usarse para materiales estratificados donde la deformación tectónica después de su deposición no resulta automáticamente en la inversión de los estratos. Hay algunas excepciones a este principio, las cuales siempre están conectadas a discontinuidades que indican etapas de erosión de materiales anteriores y nuevos sedimentos que se depositan en cavidades excavadas dentro de los más antiguos.

Si bien también está respaldado por el uso de criterios de polaridad vertical, este principio se aplica actualmente con frecuencia y sirve como base para los levantamientos de secciones estratigráficas, un método clave en cualquier estudio estratigráfico (Vera, 1994).

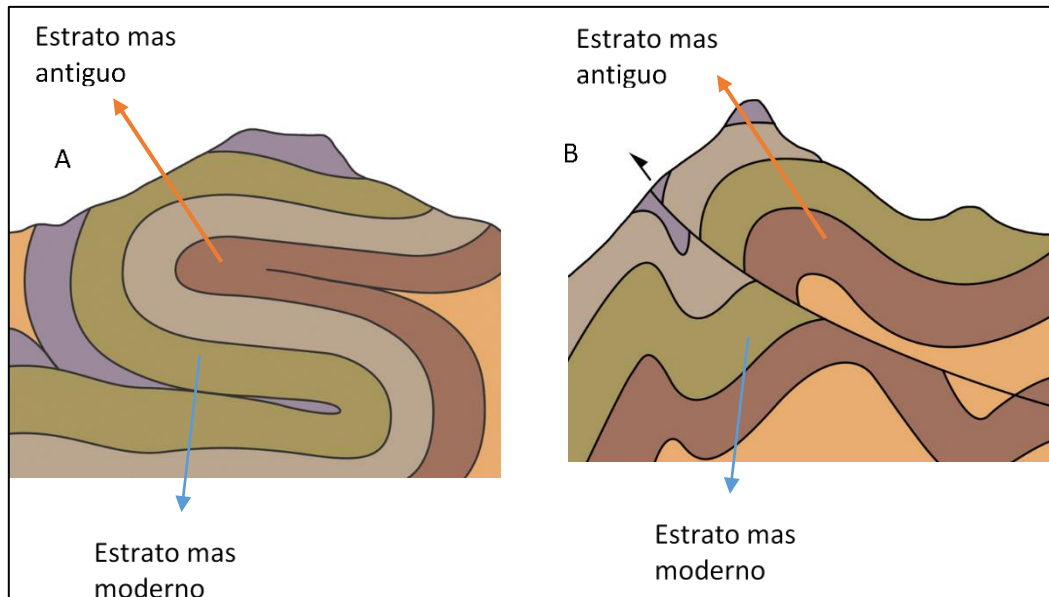


Figura 6: A. Serie fuertemente plegada B. Falla inversa, alterando el orden normal de superposición de los estratos.
Fuente: Tomado de Ruiz, (2019)

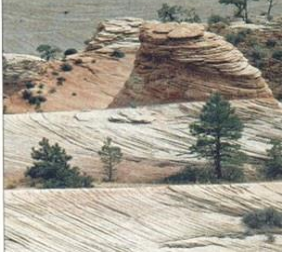
2.2.3.3. Principio del uniformismo o actualismo

Se afirma que los procesos que han ocurrido a lo largo de la historia de la Tierra han sido constantes (uniformismo) y comparables a los que ocurren ahora (actualismo). El desarrollo de la teoría inicial da como resultado su correcta aplicación como método de trabajo con algunos ajustes menores. La primera es tener en cuenta que los procesos no son del todo uniformes, sino que han cambiado de ritmo e intensidad, y que en ellos también está presente un factor irrepetible, como son los organismos que han ido cambiando en una forma lineal (no cíclica) de acuerdo con los principios establecidos en la teoría de la evolución.

Una de las aplicaciones más básicas de este principio es la interpretación de materiales sedimentarios antiguos a través de la comparación con los modernos. De manera similar, muchas interpretaciones estratigráficas se basan en el principio del actualismo, a pesar de utilizar un período de tiempo prolongado (como el Cuaternario) como referencia "actual".

Matthews (1974) reformuló la frase original "el presente es la clave del pasado" para decir "el Cuaternario es la clave del pasado", que es como generalmente se entiende este principio, de esta manera, al estudiar el presente, podemos aprender sobre el pasado y tener una idea de los cambios que han tenido lugar en la Tierra desde su formación.

Tabla 1: Comparación de procesos geológicos que ocurren hoy también ocurrieron en el pasado.

Se muestra la duna de arena actual y los restos de la antigua duna de arena en forma de arenisca.	 Duna de arena actual  Restos de antigua duna de arena
Si la playa se convierte en roca sedimentaria, se convertirá en conglomerado.	 Playa de guijarros  Conglomerados
Por el mismo principio, si la actual playa de arena se vuelve rocosa, se convertirá en arenisca. Por el contrario, mirando la arenisca, se puede estimar que el ambiente sedimentario en ese momento era un ambiente de playa donde se encontraba principalmente arena.	 Playa de arena  Arenisca

Fuente 1: Tomado de Kakao Corp/ Harry Williams, (2017)

2.2.3.4. Principio de la simultaneidad de eventos

El registro estratigráfico contiene hechos importantes que han sido verificados repetidamente, a diferencia de los tres anteriores. Como resultado, este principio, a diferencia de los otros tres, solo se emitió formalmente hace poco más de diez años. La filosofía detrás de esto se conoce como "catastrofismo actualista" o "nuevo uniformismo".

Sin embargo, este principio tiene sus raíces en las teorías de Werner y sus seguidores de finales del siglo XVIII, quienes defendían la contemporaneidad global de los desastres que marcaban los límites de las grandes divisiones geológicas.

De manera similar, las teorías de Cuvier sobre el origen de los depósitos fósiles sirven como precedentes para este principio. Implica reconocer que no solo los fenómenos comunes que observamos hoy, sino también otros fenómenos impredecibles que generalmente ocurren junto con grandes catástrofes que han ocurrido en la naturaleza en el pasado.

Estos sucesos (como cambios climáticos, cambios en el nivel del mar, modificaciones en el campo magnético de la Tierra, terremotos significativos, erupciones volcánicas, etc.) son observables en los estratos de ubicaciones muy diferentes y sirven como un excelente criterio de correlación. ocasionalmente a nivel mundial (Vera, 1994).

2.2.4. Ambiente Sedimentario de Depositación

La Formación Farrat se depositó en un ambiente litoral deltaico, la asociación de litofacies inferior corresponde a una llanura deltaica inferior a nivel de foreshore, depositación de areniscas con estratificación cruzada con óndulas ácueas, luego la cuenca sufre una subsidencia a nivel de un lagoon epicontinental, dentro del shoreface, rico en flora con carácter pantanoso donde se deposita la asociación de litofacies intermedia, litofacies de frente deltaico. Seguido de un levantamiento brusco del continente depositando los microconglomerados y areniscas de la asociación de litofacies superior en una llanura deltaica superior a nivel del backshore (Caja & Bazán, 2016).

2.2.4.1. Ambiente Deltaico

Los deltas son sistemas sedimentarios con geometrías generalmente convexas que sobresalen en una costa frente a la desembocadura de un río y se crean cuando la contribución de sedimentos de este río supera la redistribución de estos sedimentos por procesos marinos como olas, corrientes y mareas.

Un delta necesita un régimen tectónico de subsidencia activo y continuo porque es un depocentro significativo y este régimen casi siempre asegurará la acumulación de sus distintivas sucesiones sedimentarias extremadamente potentes (hasta unos 10 km en algunos casos).

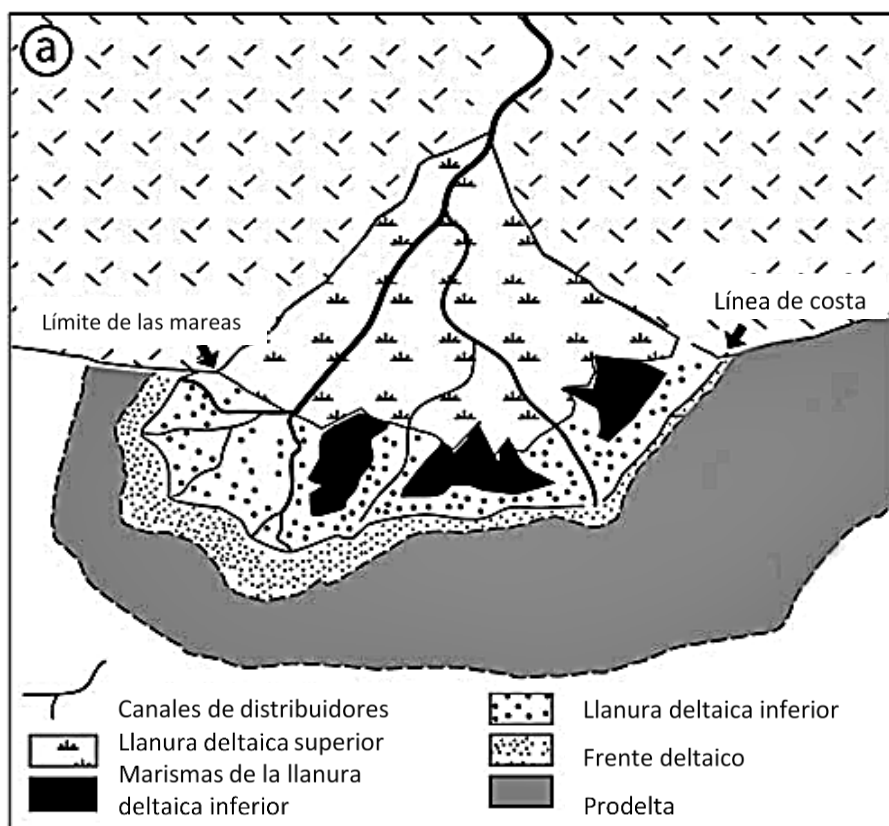


Figura 7: Zonación teórica de un delta.

Fuente: Modificado de Bhattacharya, 2006, tomado de Arche, (2010).

2.2.4.2. Partes de un delta

Todo delta tiene dos partes claramente diferenciadas: una planicie subaérea o llanura deltaica y otra subacuática, las cuales se dividen a su vez en una parte proximal o frente deltaico de fuerte pendiente (1° a 5°) y una distal o prodelta de mucha menor inclinación. Los términos topset, foreset y bottomset se han usado

indistintamente con llanura deltaica, frente deltaico y prodelta según las primeras descripciones de Gilbert (Ciampalani & Firpo, 2015).

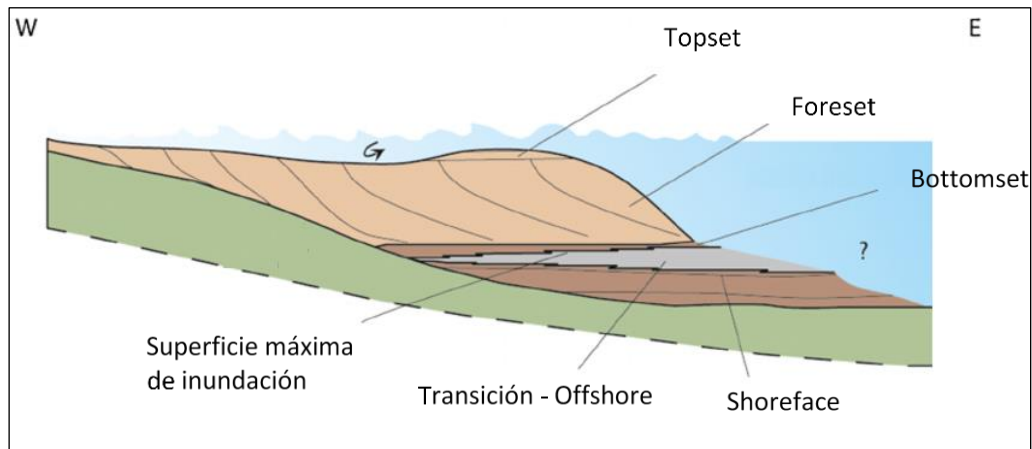


Figura 8: Interpretación de la secuencia delta tipo Gilbert adaptada a las secciones estratigráficas con sus respectivas partes.

Fuente: Tomado y traducido de Ciampalani & Firpo, (2015).

2.2.5. Litoestratigrafía

Una unidad litoestratigráfica se define como un cuerpo de estratos sedimentarios, ígneos extrusivos, metasedimentarios o metavolcánicos que se distingue sobre la base de las características litológicas y la posición estratigráfica (posición en la secuencia de rocas).

La unidad de roca litoestratigráfica más pequeña es la capa, una formación es un conjunto de capas similares. Las formaciones son las unidades fundamentales de la estratigrafía.

Una formación es:

- Litológicamente homogénea (todas las capas son del mismo tipo de roca o un conjunto distintivo de tipos de rocas intercaladas).
- Distinto y diferente de las unidades de roca arriba y abajo.
- Trazable de exposición a exposición, y de suficiente espesor para ser cartografiado.
- Nomenclatura. Las formaciones generalmente reciben el nombre de alguna localidad geográfica donde están particularmente bien expuestas. (Esta localidad se conoce como la sección tipo). Además, para que sea válido, el nombre de una formación debe estar publicado en la literatura geológica (Levin, 2005).

2.2.6. Unidad Litoestratigráfica

Una unidad litoestratigráfica se describe como "un conjunto de estratos que constituyen una unidad, porque están compuestos predominantemente por un tipo litológico particular o una combinación de tipos litológicos, o porque tienen otras características litológicas importantes en común, que sirven para agrupar los estratos", según la Guía Estratigráfica Internacional (Hedberg, 1980).

Dado que las unidades litoestratigráficas son las únicas unidades estratigráficas que se basan únicamente en criterios de observación directa y no en interpretaciones genéticas, pueden considerarse como las unidades estratigráficas más objetivas, y su delimitación implica los menores márgenes de error subjetivos posibles (Vera, 1994).

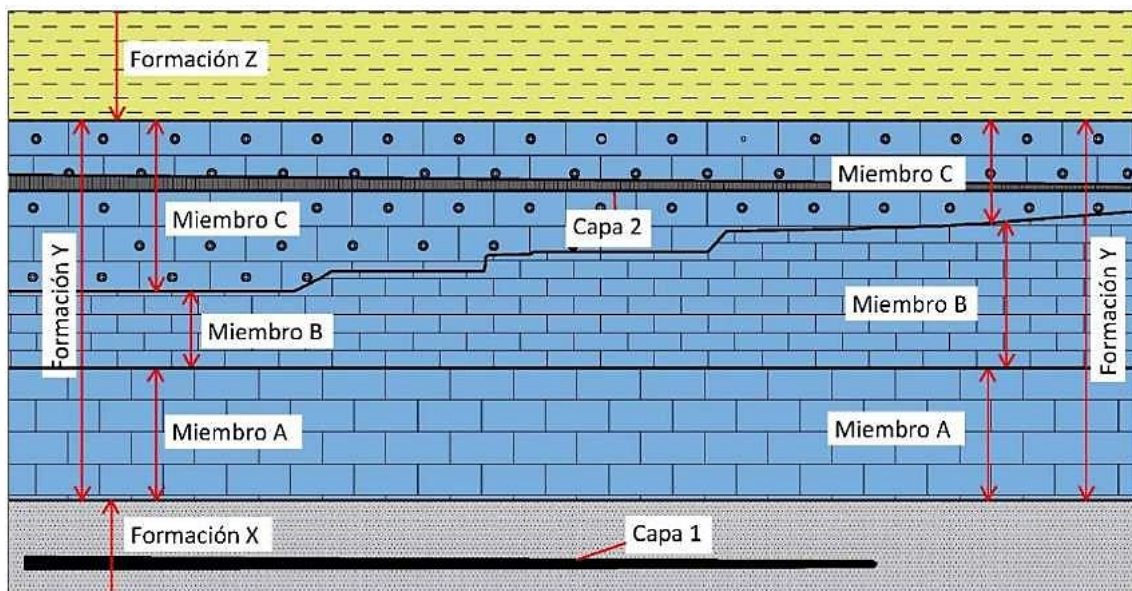


Figura 9: Gráfico representativo de los rangos de unidades litoestratigráficas, representando tres formaciones (X, Y, Z) y en una de ellas (Formación Y) se diferencian tres miembros (A, B, C). Se muestran dos ejemplos de capa: la capa 1 es una unidad litoestratigráfica de rango menor diferenciada directamente dentro de una formación, mientras que la capa 2 es una unidad, del menor rango, dentro de un miembro.

Fuente: Tomado de Vera, (1994)

Según la GEI (1980), la continuidad y extensión de las características litológicas diagnósticas de las unidades litoestratigráficas son los únicos factores que influyen en su distribución geográfica. Para facilitar su identificación en el campo o en el subsuelo, se elegirán los rasgos litológicos más distintivos a la hora de definir las unidades litoestratigráficas (Vera, 1994).

2.2.7. Geometría de las unidades litoestratigráficas

Las geometrías de las unidades litoestratigráficas que se han encontrado en el campo son sumamente diversas. Es necesario contar con secciones de grandes dimensiones y condiciones de observación favorables para poder reconstruir la geometría de la unidad. En el caso de unidades con importante continuidad lateral, Para aumentar el alcance de la información se debe utilizar la correlación (comparación con otras secciones estratigráficas). A partir de los datos de cada sección (espesor y tipo de techo y pared) se puede determinar entonces la geometría de la unidad (Vera, 1994).

2.2.7.1. Unidades con techo y muro planos y paralelos

Esta forma geométrica es indicativa de unidades que casi siempre mantienen su espesor en toda su extensión. Corrales baso sus hallazgos en la relación entre el grosor y la mayor distancia a la que se puede discernir la unidad. (Laminary tabular) fueron establecidos como dos subtipos geométricos por. tal clase Debe haber al menos diez kilómetros de extensión (o una longitud mayor) por cada diez metros de espesor en unidades laminares, que se definen como aquellas en las que la mayor relación distancia-espesor es superior a 1000. Las unidades con datos tabulares son aquellas que una unidad debe tener una longitud superior a 500 m y un espesor de 10 m para tener una relación de longitud a espesor inferior a 1000 y superior a 50.

Son características de medios sedimentarios extensos las plataformas marinas y los ambientes pelágicos tienen fondos uniformes. (Vera, 1994)

2.2.7.2. Unidades con techo plano y muro irregular

Se distinguen por una flagrante desigualdad geométrica entre el techo y la pared, un cambio repentino en las facies en el borde de la pared sugiere que los materiales subyacentes se han erosionado previamente. En cambio, la cubierta presenta un cambio paulatino de aspecto y es plana en medidas litoestratigráficas.

Este tipo de geometría, que tiene un rango limitado, es bastante común en ambientes fluviales, donde se alternan períodos erosivos con los que tienen depósitos. Son más abundantes al principio para las unidades de largo alcance

como las cuencas que han sido rellenadas por sedimentos, donde se inició el proceso de sedimentación sobre un relieve irregular. (Vera, 1994)

2.2.7.3. Unidades con techo plano y muro convexo

Su falta de continuidad lateral los distingue como unidades lenticulares o semilenticulares. Menos de 50 es la correlación entre longitud y grosor. En medios sedimentarios muy reducidos, como pequeños lagos o lagunas, se encuentran frecuentemente en depósitos. (Vera, 1994).

2.2.7.4. Unidades con variaciones laterales de espesor

Este término general se refiere a unidades litoestratigráficas donde hay cambios significativos en el espesor lateralmente, más específicamente donde los espesores se duplican o triplican lateralmente.

El primer tipo son unidades en forma de cuña, que son frecuentes en los bordes de las cuencas sedimentarias y presentan un cambio lateral gradual de espesor que aumenta en una dirección y disminuye en la otra donde el espesor de los depósitos aumenta hacia el interior de la cuenca (sector subsidente) y disminuye hacia el exterior (sector no subsidente), reflejando los límites de la región subsidente.

Las unidades con formas asimétricas y pequeñas variaciones de potencia conforman el segundo tipo.

2.2.7.5. Unidades con formas especiales

Todas las unidades litoestratigráficas descubiertas en el campo con geometría sensible a la forma se incluyen aquí especiales distintivos. Un primer tipo muy básico es el relleno detrítico y paredes claramente erosivas que caracterizan las unidades de relleno de un paleocanal.

Las unidades en forma de montículo, un segundo tipo, se caracterizan por una pared plana y un techo convexo que son típicos de los crecimientos orgánicos (arrecifes). El tercer tipo son las unidades en forma de abanico, que son fáciles de identificar en unidades pequeñas (decámetros) pero mucho más difíciles de identificar en unidades grandes (kilómetros).

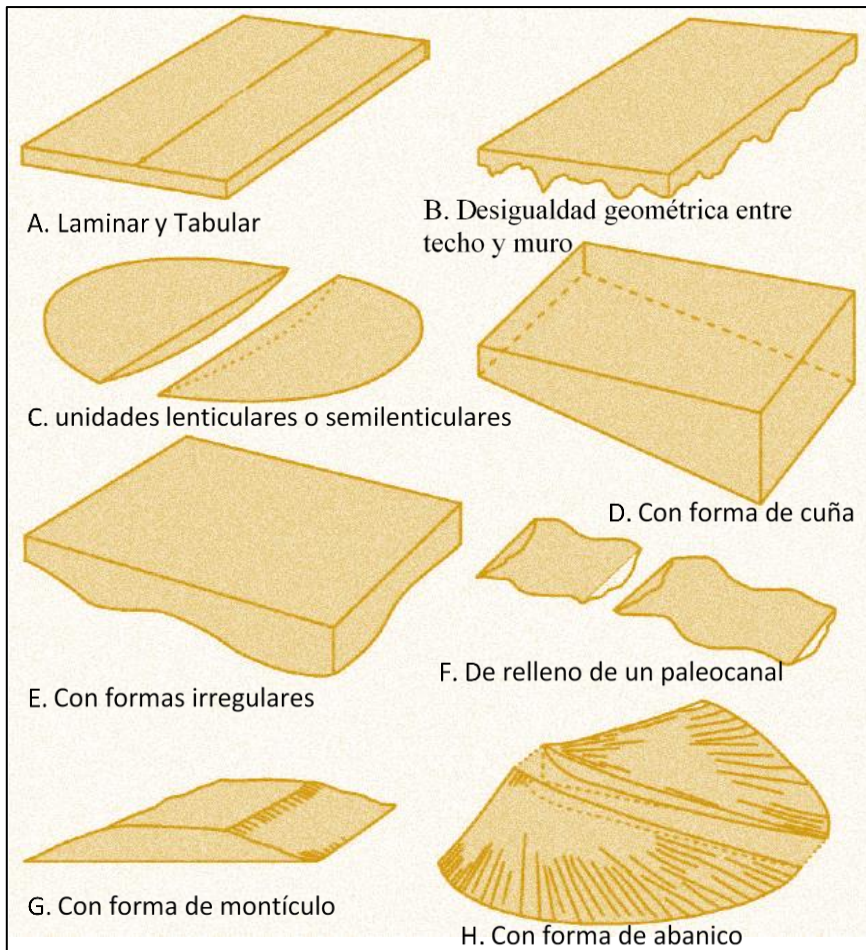


Figura 10: Formas de las unidades litoestratigráficas, deducidas a partir de datos de campo.
Fuente: Modificado de Vera, (1994).

2.2.8. Estructuras Sedimentarias

Las estructuras sedimentarias son el componente clave para comparar los sedimentos antiguos con los medios sedimentarios actuales y se estudian experimentalmente en condiciones controladas, a diferencia de los fósiles o la litología, que siempre se forman in situ y no se pueden transportar ni modificar. Las estructuras sedimentarias pueden dividirse en tres categorías: pre, sin y postsedimentarias.

2.2.8.1. Estructuras presedimentarias

Antes de la deposición de sedimentos, se desarrollan estructuras pre-sedimentarias en el fondo. Por lo tanto, siempre son erosivos y no deben confundirse con los procesos posteriores a la deposición, como los moldes de carga («load-casts») que deforman la base de la capa.

Como suelen ser mucho más fáciles de observar que las estructuras reales, los moldes de la capa superior proporcionan pistas confiables sobre la dirección y/o la dirección de las corrientes que se originan. Este grupo también puede incluir superficies de omisión marina (también conocidas como hardgrounds o las superficies subaéreas con grietas de desecación y/o brechas autógenas. (Arche, 2010).

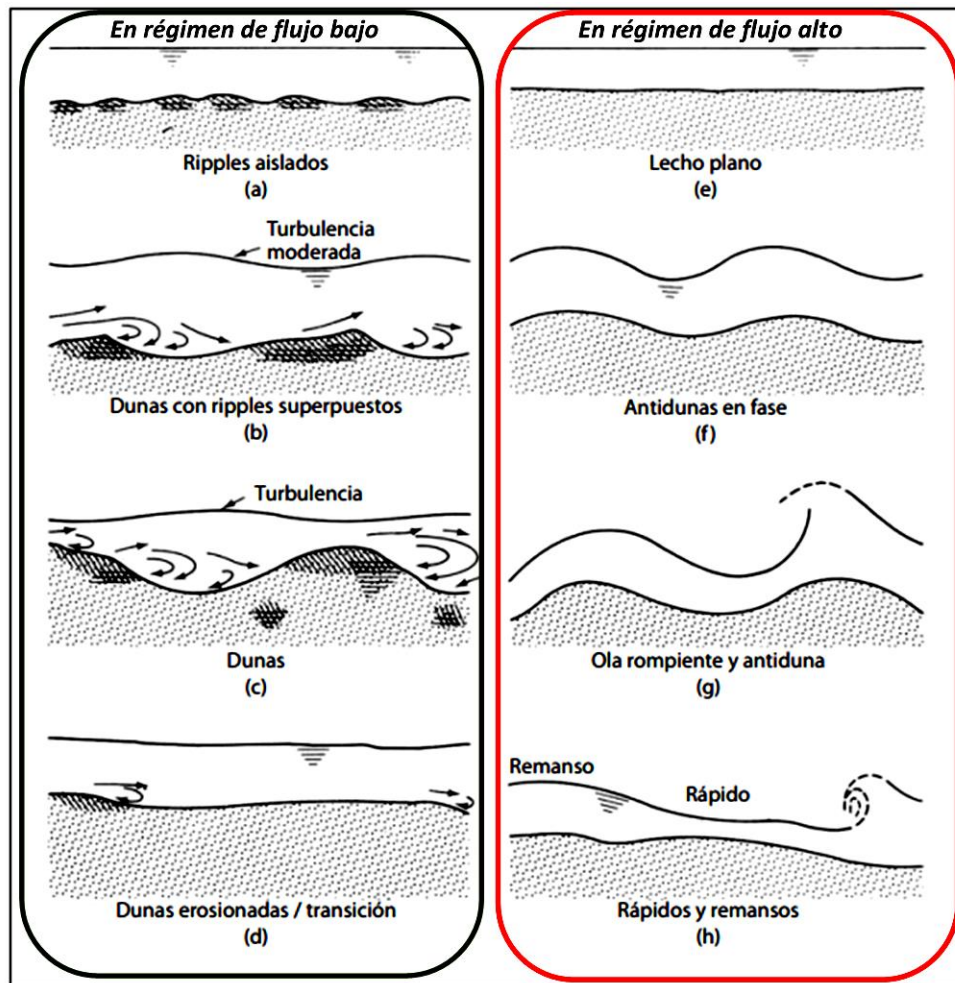


Figura 11: Tipos de estructuras de fondo observadas bajo flujo constante en lechos arenosos de canales naturales.
Fuente: Modificado de Blatt, (1991).

2.2.8.2. Estructuras sinsedimentarias

Hay tres categorías principales de estructuras sin-sedimentarias: estratificación plana, estratificación cruzada con sus variedades ranuradas y planas, y microlaminación ondulada.

Un sedimento granular expuesto a una corriente ascendente forma dunas, capas planas de alta energía, ondulaciones o capas planas y antidunas como resultado de las configuraciones externas que se reflejan en la estructura interna en un orden predecible.

Cabe señalar que la aparición o desaparición de cada tipo depende no solo de la velocidad sino también de la granulometría del sedimento y la profundidad del agua.

Cuando un sedimento fino alcanza la configuración de capas planas de alta energía, un sedimento más grueso seguirá manteniendo la configuración de las dunas para la misma velocidad de la corriente. (Arche, 2010)

Estratificación Sesgada (Cruzada)

La estratificación sesgada se caracteriza por láminas de estratificación cruzada que se sumergen en su mayoría menos de 10° en diferentes direcciones. Cuando se ven desde arriba, muestran protuberancias en forma de cúpula. Las interfaces de los conjuntos son erosivas, por encima de las cuales las láminas corren paralelas o subparalelas a los picos y valles (Caballero, 2010).

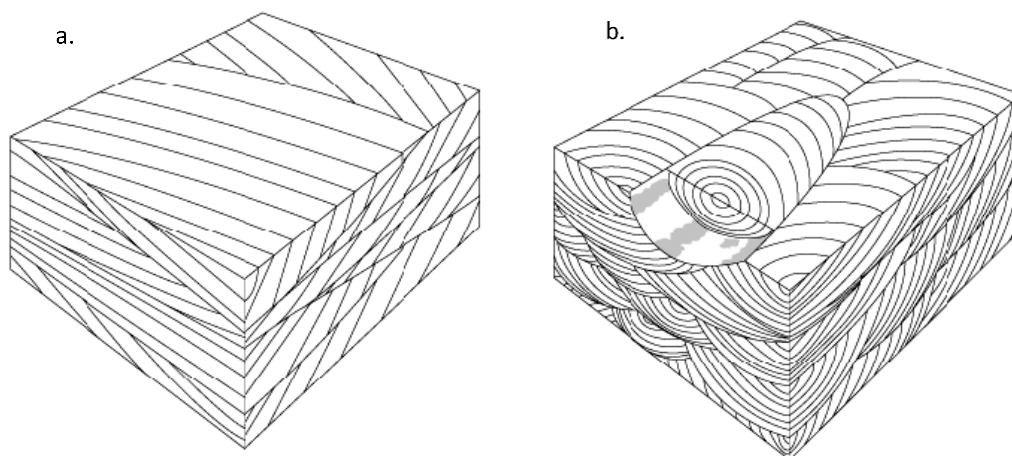


Figura 12: a. Estratificación cruzada planar: tiene ambas superficies de estratificación planas, pueden o no ser paralelas. b. Estratificación cruzada lenticular festoneada: se presenta cuando las superficies de sedimentación son curvas.

Fuente: Tomado de Caballero, (2010).

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.

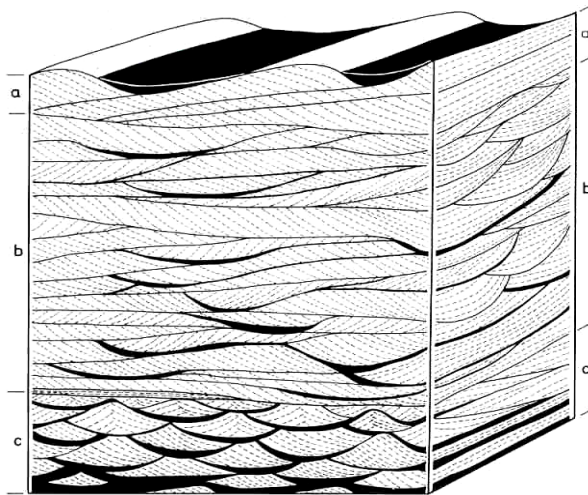


Figura 13: a) Asociada con pequeñas rizaduras de crestas rectas. b) Formada a partir de pequeñas rizaduras con crestas curvas. c) Asociada con rizaduras de oleaje.
Fuente: Tomado de Caballero, (2010).

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.

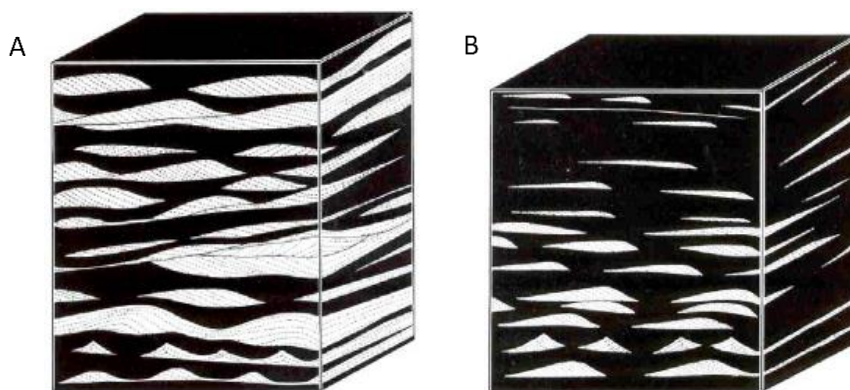


Figura 14: Estratificación lenticular: a) Con lentes conectados. b) Con lentes aislados.
Fuente: Tomado de Caballero, (2010).

Estratificación Gradada

Es la variación ordenada en el tamaño de grano dentro de un mismo estrato.

Se designa como “normal” cuando hacia la base del estrato hay mayor proporción de material grueso, el cual disminuye paulatinamente hacia la cima.

Se llama “inversa” cuando la abundancia de finos es hacia la base y los gruesos hacia la cima.

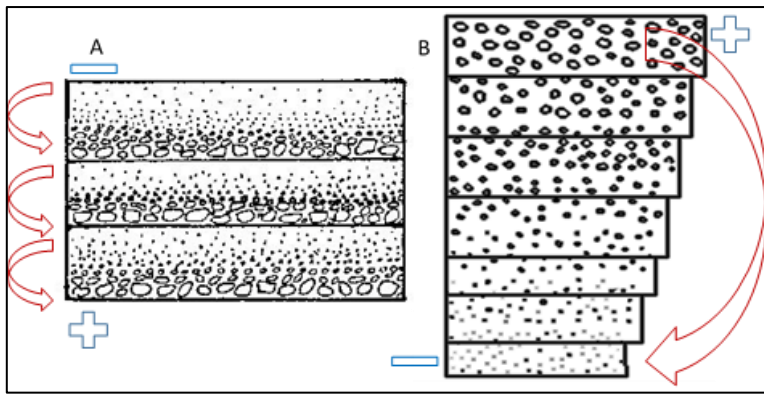


Figura 15: Estratificación gradada: A) Normal y B) Inversa.
Fuente: Modificado de Caballero, (2010).

Rizaduras

Es el tipo de estructuras más común. Se desarrollan con el incremento en la velocidad de flujo (la interacción entre el oleaje y las corrientes o la acción del viento), principalmente en sedimentos del tamaño de arena, calizas o areniscas (Arche, 2010).

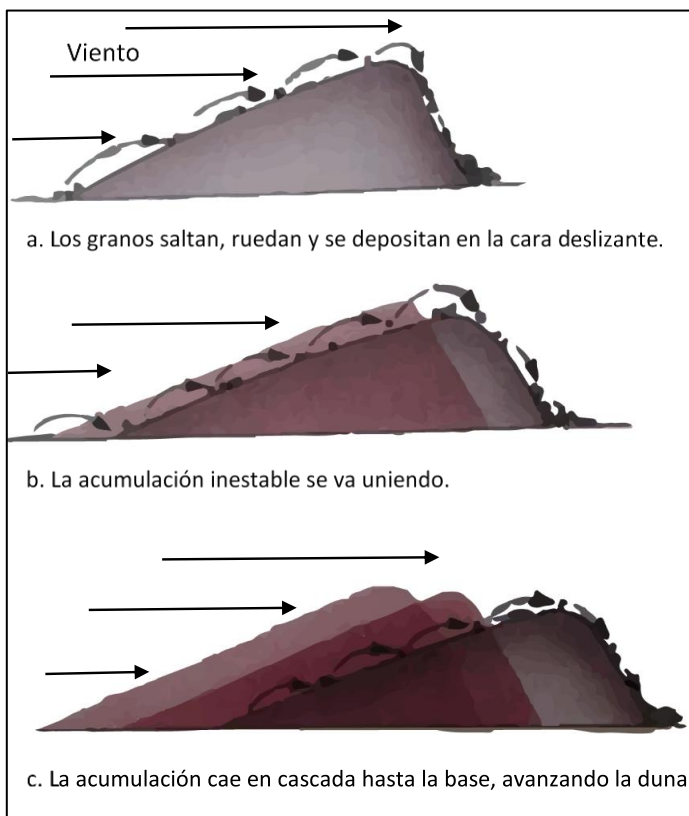


Figura 16: Desplazamiento de una duna
Fuente: Tomado de Ruiz, (2019)

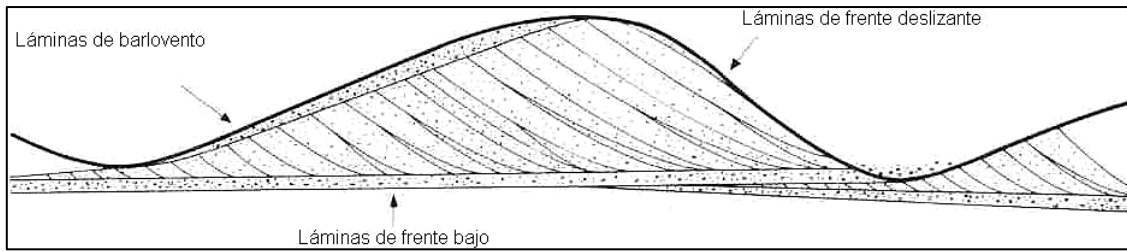


Figura 17: Estructura simple concordante de rizadura mostrando los tres tipos de láminas.
Fuente: Tomado de Caballero, (2010)

2.2.8.3. Estructuras postsedimentarias

Se pueden utilizar dos categorías para clasificarlos:

- Las que muestran una organización vertical de la estratificación, como los moldes de carga y los seudonódulos, formados cuando las capas de arena se hunden en las capas arcillosas inferiores debido a diferencias de densidad y carga, y las diversas estructuras de fluidización, producidas por el movimiento de fluidos dentro de capas de sedimentos no consolidadas, debido a la carga diferencial o al efecto tixotrópico causado por choques repentinos debido a terremotos u otras vibraciones.
- Aquellos estratos que han sufrido una reorganización horizontal, como los pliegues tumbados y las fallas modernas provocadas por deslizamiento en la dirección de la paleopendiente.

ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS	
	Moldes cónicos
	Marcas de arrastre o impacto
	Estructuras de carga
	Grietas de desecación
	Ondulaciones simétricas
	Ondulaciones asimétricas
	Laminación paralela
	Laminación sesgada
	Laminación sesgada planar
	Estratificación sesgada en surco
	Estratificación sesgada en espina de pescado
	Estratificación sesgada de bajo ángulo
	Estratificación flaser
	Estratificación lenticular
	Laminación ondulada
	Imbricación
	Nódulos
	Contacto planar
	Contacto irregular

Figura 18: Símbolos para las estructuras sedimentarias comunes para su uso en un registro gráfico.
Fuente: Modificado de Tucker, (2003).

2.2.8.4. Texturas Sedimentarias

Las rocas sedimentarias pueden presentar textura clástica o textura cristalina, dependiendo de su génesis concreta (depósito mecánico de material transportado en forma de partículas sólidas, clastos o depósito por precipitación química/bioquímica de material transportado en forma iónica). Existen rocas sedimentarias que incluyen en su composición una fracción importante de restos de organismos, tales como bivalvos, gasterópodos, corales, diatomeas. En estos casos, la textura se denomina bioclástica (Macarro, 2014).

Textura Clástica:

Textura constituida por fragmentos (clastos) de minerales y/o rocas englobadas por un material aglomerante que actúa de nexo.

Textura Cristalina:

Textura constituida por un mosaico de cristales minerales formados por precipitación química a partir de soluciones acuosas. Presentan esta textura las rocas sedimentarias químicas (carbonatadas y evaporíticas).

Textura Bioclástica:

Textura constituida por la acumulación de restos de organismos (conchas de bivalvos, gasterópodos, crinoides, entre otros) (Macarro, 2014).

2.2.9. Asociación de los estratos

El análisis de conjuntos de estratos superpuestos permite la creación de varias clasificaciones basadas en criterios descriptivos, que representan principalmente varios tipos genéticos.

Uniforme: Todos los espesores de los estratos subsiguientes tienen valores similares que están muy cerca de la media estadística de todos los espesores.

Aleatoria o de espesor variable: Los espesores de los distintos estratos que se superponen unos sobre otros son extremadamente variables y carecen de una disposición clara.

Esstratocreciente: Dentro de cada lote, los espesores se ordenan en estratos con valores de espesor progresivamente mayores. También se conoce como ordenamiento de secuencia negativa (Lombard, 1972).

Estratodeecreciente: El espesor de los estratos en cada lote disminuye a medida que se acercan al techo, que es lo opuesto a estratocreaciente. Este tipo de ordenamiento también se le conoce con el nombre de secuencia positiva.

Estratificación masiva: Los espesores de los estratos se distribuyen por grupos de estratos que son del mismo espesor dentro de cada grupo y diferentes entre ellos. Estratificación masiva, el término utilizado para describir intervalos de roca sedimentaria donde la estratificación está ausente, debe agregarse a estas modalidades de asociaciones geométricas de estratos reconocible a simple vista. (Lombard, 1972).

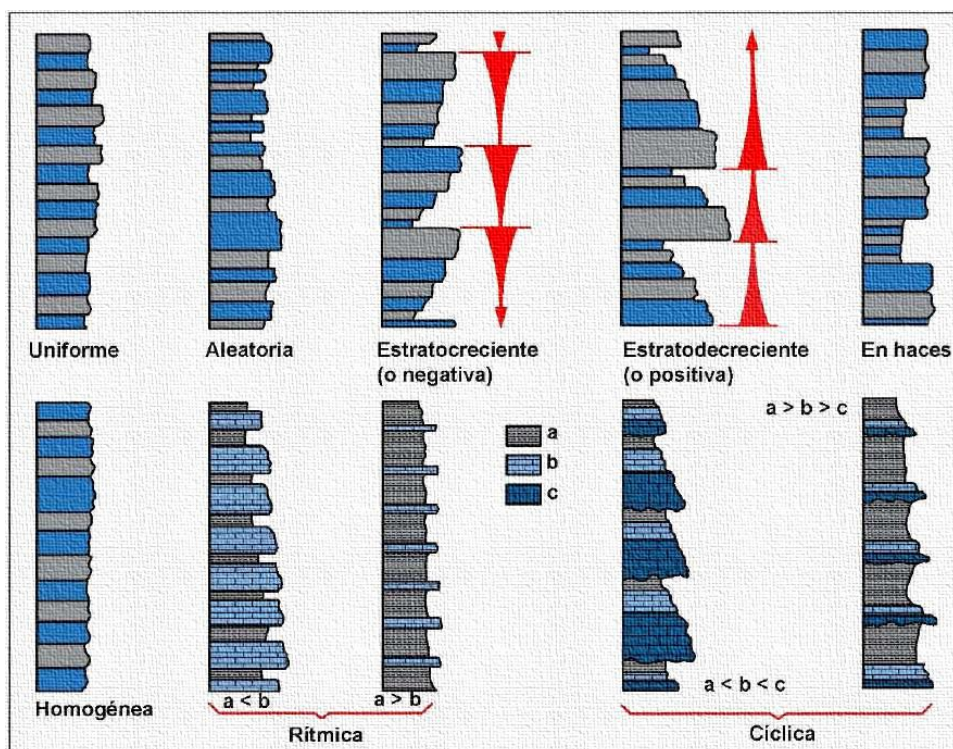


Figura 19: Tipos de asociaciones de estratos de acuerdo con la distribución de los espesores y de las litologías presentes (explicación en el texto). Los términos a, b y c corresponden a tres tipos litológicos, en los que a sería el término de mayor tamaño de gran. Fuente: Tomado de Vera, (1994).

2.2.10. Clasificación de Areniscas en Rocas Sedimentarias

Una primera clasificación de los depósitos arenosos se basa en los criterios de origen (extracuenca o intracuenca) y composición (carbonatada y no carbonatada) de los granos del esqueleto, diferenciando así cuatro clases principales de clastos: NCE, extracuenca no carbonatada; NCI, intracuenca no carbonatada; CE, carbonatos extracuenca; y CI, carbonatos intracuenca (Zuffa, 1980).

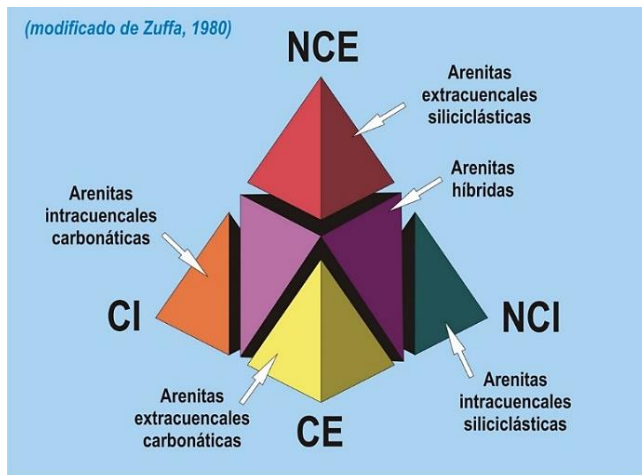


Figura 20: Clasificación de Areniscas en Rocas Sedimentarias.
Fuente: Modificado de Zuffa, (1980).

Esta clasificación fue posteriormente modificada parcialmente, utilizando dos índices de composición (granos carbonatados/granos totales; y granos extracuencales/granos totales) para una mayor funcionalidad de su representación gráfica. (Di Giulio y Valloni, 1992).

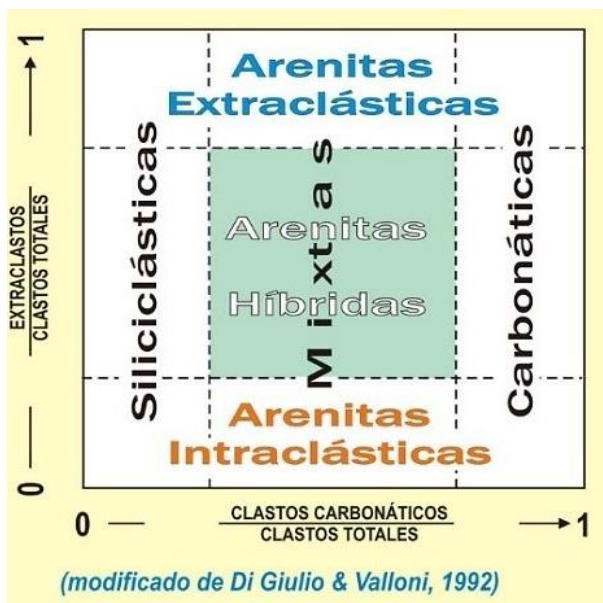


Figura 21: Clasificación de Di Giulio y Valloni, 1992.
Fuente: Tomado de Atlas Digital de Petrografía Sedimentaria, (2021).

La selección de los criterios que se utilizarán para construir el sistema de clasificación de las areniscas es un paso crucial en su desarrollo. Diferentes autores han sugerido varios métodos para este tipo de rocas utilizando un grupo relativamente grande de parámetros. En este sentido, se han propuesto más de 50

clasificaciones diferentes de areniscas, en función de factores como la composición de los clastos, el contenido de cemento, el grado de alteración y las estructuras sedimentarias, entre otros. (Krynine, 1948).

En la práctica, dos aspectos de las areniscas han demostrado ser los más útiles para la clasificación (Pettijohn, 1975; Pettijohn et al. 1987; Boggs, 1992) (Atlas Digital de Petrografía Sedimentaria, 2021).

2.2.10.1. La composición de clastos:

A pesar de que su significado parece muy marcado, es importante enfatizar que la composición química no depende únicamente del área de origen cuando se usa como indicador de procedencia. Después de un transporte prolongado, se pueden realizar cambios significativos en la composición con la omisión selectiva de componentes específicos. Estas alteraciones pueden resultar de varios mecanismos de erosión y sedimentación.

2.2.10.2. El porcentaje de matriz:

Esto ha sido considerado por muchos sistemas de clasificación como un signo de la fluidez de las corrientes que depositan las areniscas. Por tanto, se considera que las areniscas con bajos porcentajes de matriz se formaron por corrientes muy fluidas, mientras que aquellas con altos porcentajes de material intersticial reflejarían la existencia de corrientes altamente viscosas.

Las areniscas se clasifican en dos familias:

2.2.10.3. Familia de Arenitas:

Según la descripción de (Pettijohn et al., 1987), se divide en cinco tipos diferentes de areniscas: arenisca cuarzosa (cuarzoarenita), arenisca lítica (litarenita), sublitarenita, arenisca feldespática (arcosa), y subarcosa, con un porcentaje de matriz inferior al 15%.

2.2.10.4. Familia de Grauvacas:

Son rocas que tienen más del 15% de matriz, menos del 75% de matriz detrítica y típicamente menos del 75% de cuarzo. Los tres tipos de grauvacas (feldespáticas, cuarzosas y líticas) se separan o clasifican según su composición (Jabbour, Márquez, & Guerra, 2009).

2.2.10.5. Procedimiento para utilizar la clasificación de Pettijohn 1973

La matriz determina el tipo de triángulo a utilizar en esta clasificación; en concreto, si la matriz es inferior al 15%, la roca que se clasifica pertenece a la familia de las areniscas que componen el primer triángulo; si la matriz está entre 15% y 75%, la roca pertenece a la familia de las grauvacas; y, finalmente, si la matriz es superior al 75%, la roca pertenece a las lutitas, cuya clasificación se utiliza de manera diferente a las areniscas.

Las clasificaciones de arenisca o grauvaca dependen del tamaño de grano de la roca, lo que determina si la arena es muy gruesa, gruesa, media, fina o muy fina. Es necesario realizar un análisis basado en los componentes del clasto, los cuales están conformados por: porcentaje de cuarzo, porcentaje de feldespatos y porcentaje de fragmentación de la roca, para determinar si un tipo de roca pertenece a uno de los cinco tipos de areniscas o si pertenece a uno de los tres tipos de grauvaca. Cabe señalar que la suma de estos tres porcentajes debe ser siempre 100%. (Jabbour, Márquez, & Guerra, 2009).

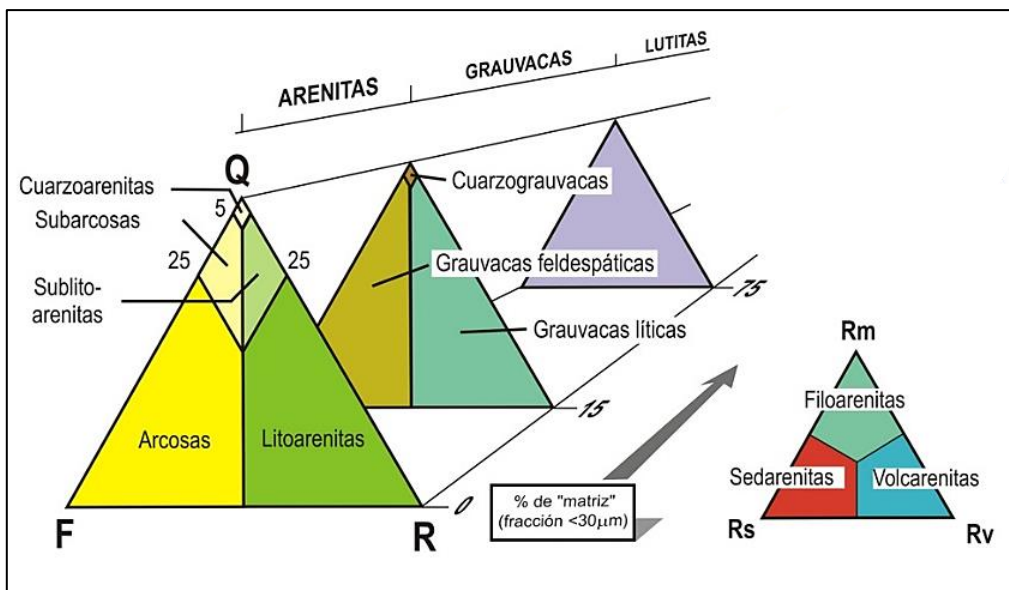


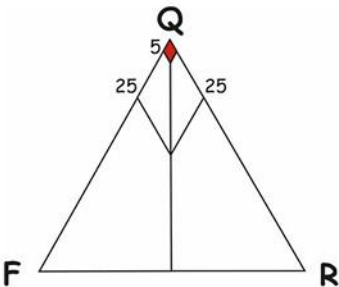
Figura 22: Clasificación de las areniscas, modificado de Pettijohn 1973.

Fuente: Tomado de Nichols, (2019) y modificado por Atlas Digital de Petrografía Sedimentaria, (2021)

Considerando exclusivamente el contenido relativo de algunos componentes extracuencales del esqueleto (cuarzo, feldespato y fragmentos de roca), así como el contenido en matriz, se pueden distinguir:

- Cuarzoarenitas

Tabla 2: Características y gráfico de las cuarzoarenitas, modificado de Pettijohn 1973

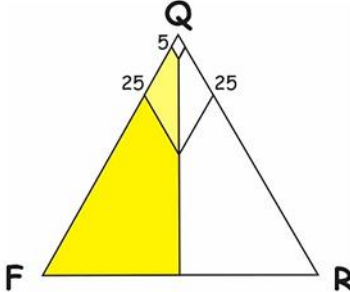
Esqueleto	>95 % Cuarzo, generalmente monocristalino Accesorios: Feldespatos potásico y plagioclasas.	
Textura	-Cuarzos redondeados y muy seleccionados. -Alta porosidad y alta permeabilidad. -Alta madurez textural y mineralógica.	
Cemento	-Sintaxis de Cuarzo -Poiquilotópico de Calcita	
Matriz	Puede estar ausente o ser muy escasa	

Fuente: Atlas Digital de Petrografía Sedimentaria, 2021.

- Arcosas y subarcosas

Arcosas y subarcosas son arenitas (<15% de matriz) con >25% de feldespatos y un porcentaje de feldespatos mayor que de fragmentos de roca. Las subarcosas mantienen una cantidad de feldespatos comprendida entre el 25% y el 5%.

Tabla 3: Características y gráfico de las arcosas y subarcosas, modificado de Pettijohn 1973

Esqueleto	>75 % Cuarzo, mono o policristalino. Los feldespatos, mayormente potásicos, (>25%) Los fragmentos de roca pueden aparecer, pero en porcentajes bajos y siempre inferiores al de feldespatos. Es frecuente la presencia de micas, fundamentalmente moscovita.	
Textura	-Redondez baja -Selección baja-media -Porosidad alta	
Cemento	-Carbonático y/o yesífero -Silíceo y Óxidos de Hierro.	
Matriz	Es escasa, siempre inferior al 15 %, siendo su naturaleza arcillosa, por lo general, producto de alteración de los feldespatos.	

Fuente: Atlas Digital de Petrografía Sedimentaria, 2021.

- Litoarenitas y sublitoarenitas

Litoarenitas y sublitoarenitas son arenitas (<15% de matriz) con >25% de fragmentos de roca y con un porcentaje en fragmentos de roca mayor que de feldespatos. Las sublitoarenitas mantienen una cantidad de fragmentos de roca comprendida entre el 25% y el 5%.

Tabla 4: Características y gráfico de las litoarenitas y sublitoarenitas, modificado de Pettijohn 1973.

Esqueleto	>75 % Cuarzo, mono o policristalino. Fragmentos de roca (>25%). En función de sus tipos: -filoarenitas -calcilitas Puede haber presencia de micas.	
Textura	-Cuarzo subangular-redondeado -Moderadamente seleccionado -Porosidad alta	
Cemento	-Silíceo y/o carbonático	
Matriz	Es escasa, generalmente arcillosa, producto de alteración de los feldespatos (epimatriz) y de disgregación de fragmentos de rocas lábiles (pseudomatriz).	

Fuente: Atlas Digital de Petrografía Sedimentaria, 2021.

- Grauvacas

Son areniscas que contienen más del 15% de matriz (fracción <30 micras). Se distinguen grauvacas feldespáticas (>95% de feldespatos, y feldespatos > fragmentos de roca), grauvacas líticas (>95% de fragmentos de roca, y fragmentos de roca > feldespatos), y cuarzograuvacas (<5% tanto de feldespatos como de fragmentos de roca) (Atlas Digital de Petrografía Sedimentaria, 2021).

2.3. Definición de términos básicos

Estrato: Es una capa de roca o sedimento que se puede distinguir de los niveles superior e inferior más o menos visual o físicamente. Las superficies que separan las capas se denominan superficies de arena (Campbell, 1967).

Capa: Es la unidad formal más pequeña de orden jerárquico más pequeña de las unidades litoestratigráficas (Vera, 1994).

Estratificación: Las capas de rocas sedimentarias se disponen paralelas o subparalelas durante la sedimentación. Es posible la estratificación cruzada, discordante y concordante (Dávila, 2011).

Facie: Grupo de características de las rocas de una unidad geológica definida que denotan las condiciones en las cuales se dio su formación (Vera, 1994).

Miembro: Unidad litoestratigráfica inferior a la formación y que siempre forma parte de una formación (Hedberg, 1980).

Sedimentación: Es un proceso geológico por el cual los materiales dendríticos erosionados de rocas anteriores se acumulan en un lugar particular, que puede ser un lecho marino, un lago o una depresión en un continente (Dávila, 2011).

Ambiente sedimentario: Los sedimentos se acumulan en este lugar geográficamente. Cada lugar tiene características físicas, químicas y biológicas únicas que lo diferencian de las áreas cercanas. Estas características son el resultado de una combinación de procesos sedimentarios en el medio ambiente y procesos geológicos. (Blatt, 1991).

Compactación: La sobrecarga, o el material depositado sobre los sedimentos, hace que se compacten. La capacidad de compactación es mayor en sedimentos finos y menor en sedimentos gruesos (Dávila, 2011).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación de la Investigación

3.1.1. Ubicación Geográfica

El Centro Poblado de Chuchun se encuentra a una altitud entre los 2900 y 3200 m.s.n.m entre los Centros Poblados Hda. El Milagro y el cerro Papelillo, está ubicado al Noroeste del Cuadrángulo de San Marcos (15-g).

3.1.2. Ubicación Política

El área de estudio se encuentra ubicado en el departamento, provincia de Cajamarca y en el distrito de Namora (Zona 17s), en el centro poblado de Chuchun. Abarcando los siguientes puntos, con coordenadas en el sistema UTM, Datum WGS- 84

Tabla 5: Coordenadas del área de estudio

Vértice	Norte	Este
1	9207000	795000
2	9206000	795000
3	9206000	794000
4	9207000	794000

3.1.3. Accesibilidad

Para poder llegar al área de estudio se cuenta con dos vías de acceso entre ellas asfaltadas y trochas.

Tabla 6: Vías de acceso al área de investigación

Vías de Acceso	Tramo	Tipo de vía	Distancia (Km)	Tiempo (min)
Acceso 1	Cajamarca - Pampa de la culebra	Asfaltada (8B)	22	40
	Cruce a Namora - cc.pp. Chuchun	Trocha (CA-1502)	6	19
Acceso 2	Cajamarca - Namora	Asfaltada (8B)	34	60
	Cruce a la Encañada- cc.pp. Chuchun	Trocha (CA-1507)	7	22

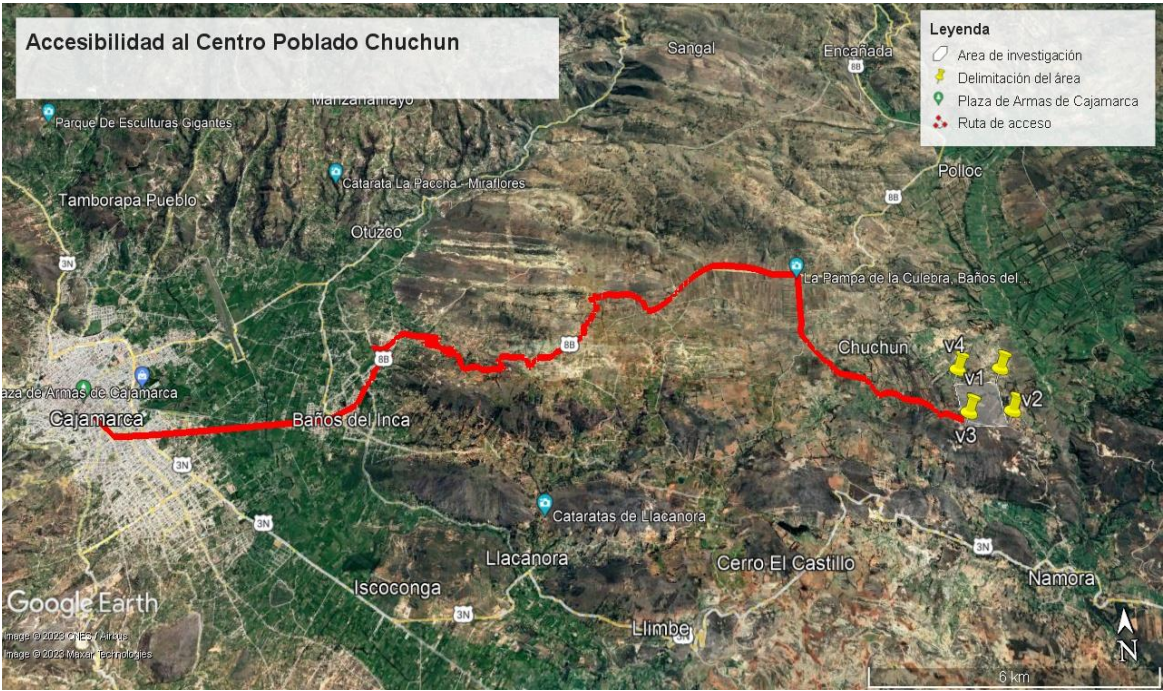


Figura 23: Accesibilidad al centro poblado Chuchun.
Fuente: Tomado de Google Earth, (2024).

3.2. Procedimientos

Para poder desarrollar correctamente la presente investigación se describen las siguientes tres etapas que se consideró para la investigación:

3.2.1. Primera: Etapa de Gabinete

Es una etapa preliminar de la investigación en donde se realizó la búsqueda previa y recolección de información bibliográfica, centrándonos en documentos como tesis realizadas en el tema que nos sirva de apoyo para poder complementar la presente investigación. En esta etapa también se logró realizar los planos base de nuestra área de estudio para poder revisar todos los datos geológicos previamente en gabinete para poder tener una mayor visión a la hora de analizar el área en campo.

3.2.2. Segunda: Etapa de Campo

En esta etapa previamente ya realizando el cartografiado del área de estudio procedemos a ir a campo para poder recolectar toda la información posible que podamos encontrar, para así poder realizar la columna estratigráfica y perfiles, como también el reconocimiento de la litología que podamos encontrar. Para esta etapa debemos ir bien preparados con la investigación previa para poder desenvolvernos mejor en campo y poder analizar nuestra área de estudio de una manera correcta y precisa.

3.2.3. Tercera: Etapa de Gabinete Final

En la etapa final de gabinete, aplicaremos y plasmaremos todos los datos tomados en campo de todas las salidas realizadas para poder culminar con la investigación, aplicando todos estos datos en los softwares como ArcGIS 10.6, AutoCAD 2021, Estrater 3. Después de haber realizado la columna estratigráfica procedemos a realizar el análisis e interpretación de nuestros resultados para finalmente brindar las conclusiones y recomendaciones correspondientes.

3.2.4. Metodología

Según el nivel: Descriptiva, porque será evaluada y descrita utilizando los criterios litoestratigráficos de la Formación Farrat en el Centro Poblado Chuchun, para identificar facies, texturas, estructuras y elaborar la columna estratigráfica.

Según diseño: No experimental, debido al hecho de que se recopilan datos estratigráficos de la Formación Farrat sin cambiar las variables actuales.

Según su naturaleza: Cualitativo/ cuantitativo, porque al medir los estratos de la Formación Farrat se describirán las características litoestratigráficas y también se hará el procesamiento de datos numéricos.

Según la finalidad: Aplicativa (tecnológica), como resultado de la información y conclusiones de la tesis utilizado en próximos estudios.

Según el período: Transversal en tiempo, debido a que la investigación se realizara en un periodo de tiempo determinado.

Tabla 7: Método de investigación

CLASIFICACIÓN	TIPOS DE INVESTIGACIÓN
Según el nivel	Descriptiva
Según el diseño	No experimental
Según su naturaleza	Cualitativo/ cuantitativo
Según la finalidad	Aplicada (tecnológica)
Según el período	Transversal en el tiempo

Fuente. Modificado de Supo (2018).

3.2.1.1. Población de estudio

Los afloramientos lito-estratigráficos de la Formación Farrat a estudiar en el Centro Poblado de Chuchun, distrito de Namora con un área aproximada de 1000m².

3.2.1.2. Muestra

Está representado por las Facies, textura, estructuras, ambiente, columna estratigráfica, tiempo cronoestratigráfico.

3.2.1.3. Unidad de análisis

Tipo de roca (siliciclásticas), estratificación, laminación, espesor, ambiente sedimentario litoral-deltaico distal, millones de años.

3.2.2. Identificación de variables

Para la investigación se han identificado las variables independientes y dependientes las cuales son:

Tabla 8: Variables de la investigación.

Variable Independiente	Variables Dependientes
Texturas y Estructuras	
Ambientes Sedimentarios	
Litología	Litoestratigrafía
Columna estratigráfica	

3.2.3. Técnicas

Las técnicas que se emplearán para la realización del siguiente trabajo de investigación se basarán en la observación, descripción, caracterización y análisis de la litología presente en el área de estudio, las cuales son:

Análisis Documental y observación. Recopilación de información bibliográfica de facies, ambientes, unidad litoestratigráfica, estructuras sedimentarias, haciendo uso de fichas y tablas.

Cartografiado Geológico. Se ha realizado con la ubicación y contactos de las estructuras y tipo de litología.

Tomas Fotográficas. En cada estación estratigráfica, se ha tomado fotografías puntuales para la descripción correspondiente.

Muestreo litológico. Se realizó la descripción macroscópica de la litología presente de la Formación Farrat.

Elaboración de columna estratigráfica. Se realizó la elaboración de la columna estratigráfica mediante el software Estrater 3 y AutoCAD 2023.

3.2.4. Instrumentos y equipos

Los equipos e instrumentos que se utilizaron en la investigación se detallan a continuación:

Libreta de campo: En el cual se realizó los apuntes y toma de datos correspondientes al área de estudio.

Brújula tipo brunton: Equipo Geológico Azimutal para medir rumbos y buzamientos de los estratos y estructuras de la Formación Farrat

GPS Garmin: Permitió determinar las coordenadas en el Sistema UTM de las características geológicas, previamente configurado en el DATUM WGS-84 zona 17S.

Flexómetro de 5 m y 50 m: Instrumento de medición utilizado para medir el espesor de los estratos.

Imágenes satelitales: Documento que nos permitió identificar y ubicar la estratigrafía y estructuras de las zonas de estudio.

Picota de geólogo: Equipo para poder extraer muestras de las rocas para luego proceder a reconocerlas.

Lupa de 20x: Nos sirve para poder reconocer las características mineralógicas de las rocas.

Lápices de colores: Para poder realizar el cartografiado geológico y la elaboración de las columnas estratigráficas.

Plano Topográfico - Plano Geológico, en coordenadas del Sistema UTM y Datum WGS - 84: Documento de la zona de estudio del cuadrángulo de Cajamarca 15- g del INGEMMET.

3.3. GEOLOGÍA LOCAL

3.3.1. Formación Farrat

La Formación Farrat es una unidad litoestratigráfica del Cretácico Inferior, que suprayace concordantemente a la Formación Carhuaz y subyace en la misma relación a la Formación Inca, experimentando un proceso gradual, a la cual se le asigna una edad aptiana.

Se compone de areniscas cuarzosas blanquecinas de grano medio a grueso y su grosor promedio es de 500 metros, en algunos sitios presentan una estratificación sesgada y marcas de oleaje.



Foto 1: Afloramiento de areniscas de la Formación Farrat.

3.4. MARCO LITO-ESTRATIGRÁFICO

3.4.1. Litología

En la recopilación de muestras se logró identificar los siguientes tipos de rocas y minerales:

Areniscas con presencia de pátinas de óxidos de hierro

Cuando las areniscas poseen óxidos, en este caso están presentes los minerales de hierro en forma de pátinas, estas rocas adquieren tonalidades distintivas como el rojo, amarillo o marrón, que presentan dos coloraciones una que es de color amarillenta a marrón que se identificó como una arenisca que contine goethita y otra de color rojiza que contiene hemaita por ello sus coloraciones respectivas.

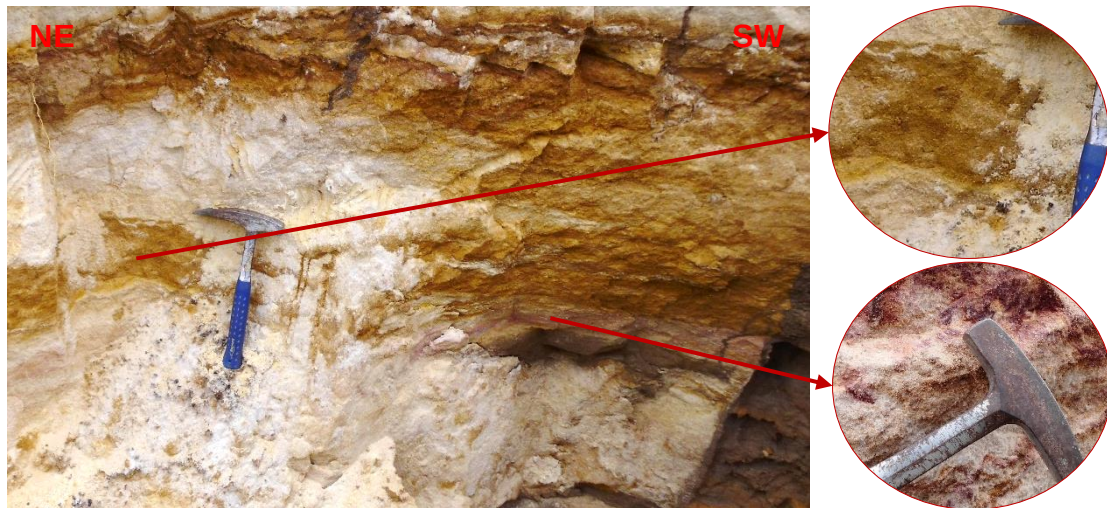


Foto 2: Areniscas con pátinas de óxidos de hierro.

Areniscas con presencia de pátinas de óxidos de manganeso

En los afloramientos de areniscas hay dos colores notorios los cuales uno es más oscuro que el otro por la concentración e intercalación de óxidos que en este caso son óxidos de hierro y óxidos de manganeso.



Foto 3: Areniscas cubiertas por óxidos de hierro y manganeso.



Foto 4: Patinas de manganeso presentes en arenisca cuarzosa y arenisca ferruginosa.

Se observa los mantos de la arenisca expuesto por influencia de los agentes erosivos, así como también se puede observar un bolsón de manganeso.



Foto 5: Mantos de areniscas erosionadas con presencia de un bolsón de manganeso.

Se aprecia estratificación de areniscas completamente cubiertas por manganeso debido al embolsamiento de este mineral presente en las areniscas.

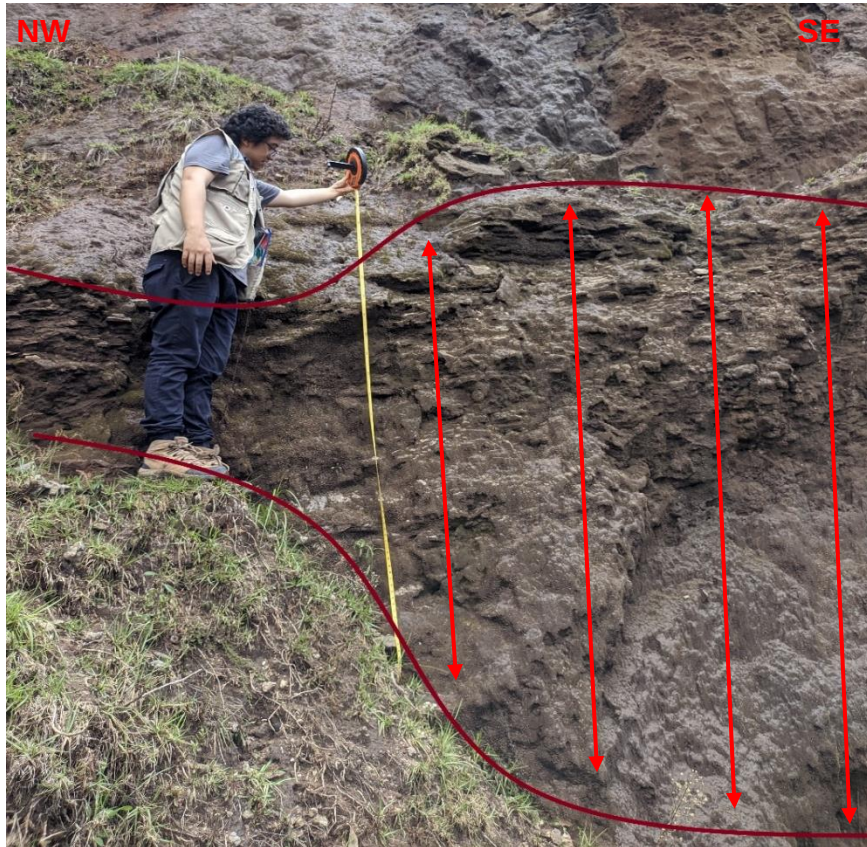


Foto 6: Embolsamiento de manganeso que contiene areniscas que las cubre completamente.

Presencia de areniscas nodulares cubiertas en su totalidad por óxidos de manganeso, apreciándose por fuera todo el óxido de manganeso y por dentro la arenisca cuarzosa.



Foto 7: Areniscas nodulares cubiertas por óxidos de manganeso.

Limolitas

Limolitas formadas en un ambiente de depositación de baja energía por ello el tamaño de limo es fino predominando la coloración amarilla blanquecina gracias al contenido de arcillas en su composición.



Foto 8: Limolita con contenido de arcilla.

Asociación de limolitas con bastante contenido de arcillas presentes, principalmente la arcilla caolinita contaminada de óxidos de hierro tornándose en coloraciones desde blancas hasta rosadas y amarillas.

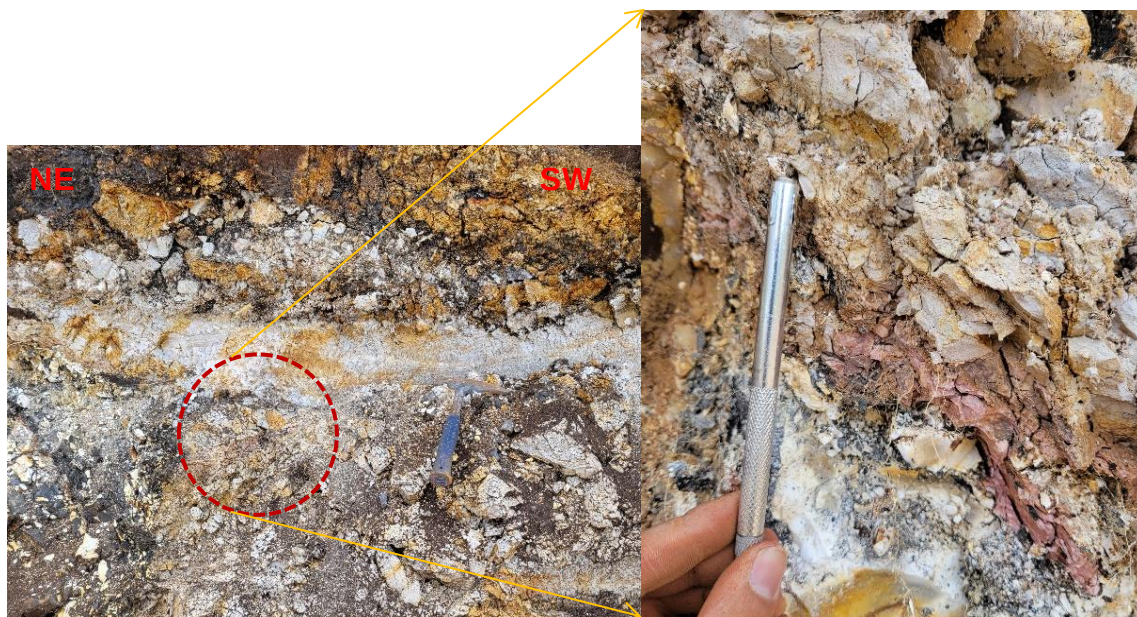


Foto 9: Arcillas contaminadas con óxidos de hierro.

Limolitas de grano muy fino presentes con intercalación de areniscas ferruginosas formadas por el transporte, depositación y compactación de material dendrítico de limos y arcillas.

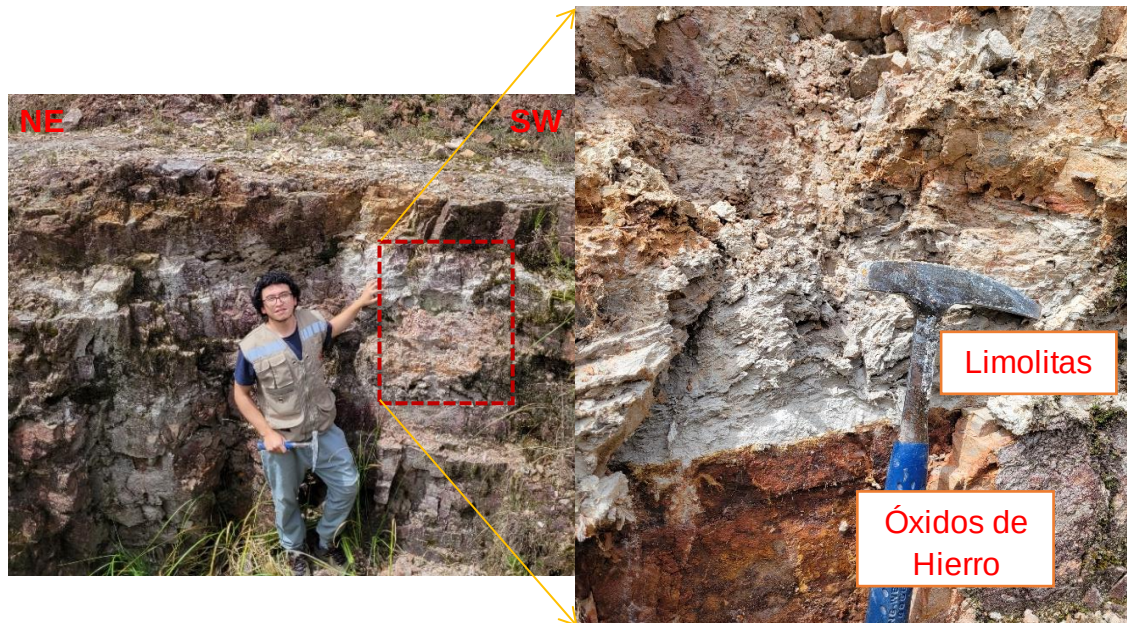


Foto 10: Intercalación de areniscas ferruginosas y limolitas.

3.4.2. Litoestratigrafía de la Formación Farrat

3.4.2.1. Miembro Superior

Con una potencia de 171 m en el miembro superior de la Formación Farrat se encuentran areniscas cuarzosas de grano medio. En la parte superior, presenta 70 m de areniscas de grano medio con presencia de pátinas de óxidos de hierro y presencia de conglomerado, seguido de una intercalación de areniscas y limolitas de 30m de limolitas y 70 m de areniscas de grano medio con presencia de pátinas de óxidos de hierro y manganeso.

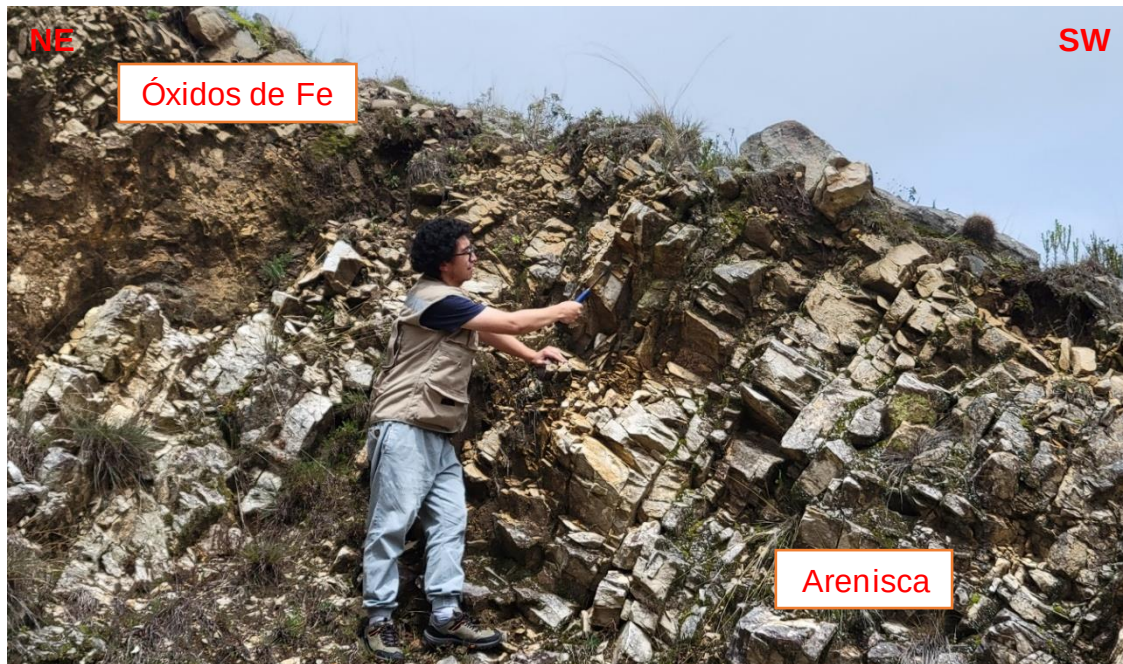


Foto 11: Afloramiento de areniscas del Miembro Superior de la Formación Farrat.



Foto 12: Arenisca cuarzosa de grano medio con presencia de óxidos de manganeso.

3.4.2.2. Miembro Medio

Con una potencia de 46 m Se observan areniscas cuarzosas de grano medio a fino, las cuales están contaminadas con óxidos de hierro con tonalidades rojizas.

Se presenta una secuencia de areniscas cuarzosas, teniendo como base 20 m de arenisca de grano fino con presencia de óxidos de hierro, 5 m de lutitas de grano fino con presencia de pátinas de óxidos de hierro y manganeso, 11 m de areniscas de grano medio con contaminación de óxidos de hierro, finalmente 10 m de limolitas intercaladas con lutitas.



Foto 13: Afloramiento de areniscas ferruginosas del Miembro Medio de la Formación Farrat.

3.4.2.3. Miembro Inferior

Con una potencia de 85 m en el afloramiento muestra una alternancia de areniscas cubiertas por óxidos de hierro, con las areniscas de grano fino que están alteradas por la erosión. En la parte media y superior del afloramiento se observan óxidos con coloraciones desde amarillas hasta rojizas y en la base coloraciones negras por el contenido de manganeso.

En esta intercalación de areniscas con limolitas, se tiene como base 20 m de arenisca cuarzosa de grano fino intercalado con 5 m de limolitas seguido de una intercalación de 15 m de areniscas con 5 m de lutitas con alto contenido de óxidos y estructuras sesgadas.



Foto 14: Miembro Inferior de la Formación Farrat con presencia de areniscas alternadas con óxidos de hierro.

3.4.3. Litofacies presentes en la Formación Farrat

La Formación Farrat es una unidad litoestratigráfica del Cretácico inferior de edad Barremiano superior – Aptiano inferior a medio, se distingue por un conjunto de rocas sedimentarias silíceo-clásticas que se encuentran en un ambiente deltaico litoral.

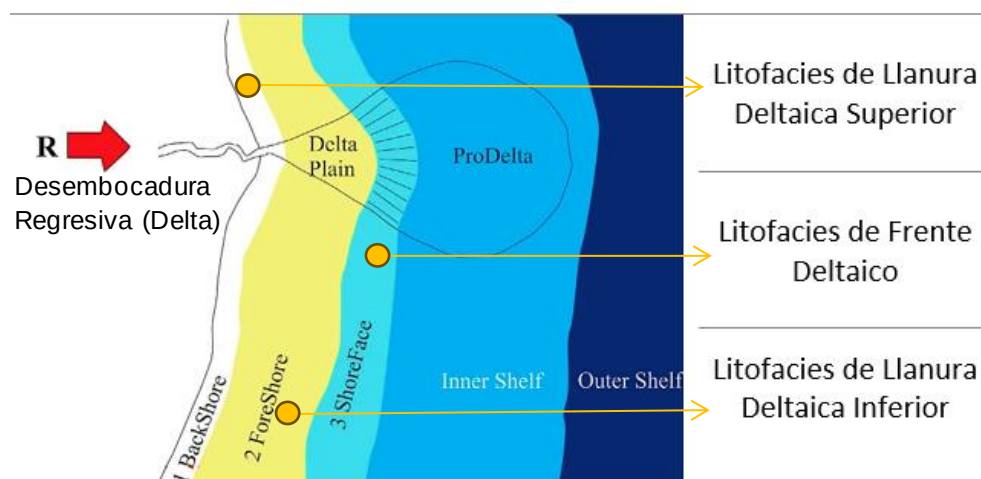


Figura 24: Diagrama esquemático del ambiente de depositación de las Litofacies de la Formación Farrat.

Fuente: (Catuneanu, 2006)

3.4.3.1. Litofacies de llanura deltaica superior

Las litofacies en esta zona se caracterizan por estar en un ambiente dado por sedimentos transportados por corrientes fluviales en donde se logra mostrar una estratificación menos laminada en comparación con las de la llanura deltaica inferior, con alternancias de sedimentos finos y gruesos, reflejando la interacción entre los flujos fluviales y los procesos marinos o de marea.



Foto 15: Conglomerado con clastos pequeños desde 4 mm que pertenecen a la asociación de litofacies superior.

Tipos de Estratificación

Estratificación paralela

Se observa estratificación paralela y laminar en estratos de limolitas intercalados con areniscas con presencia de óxidos de manganeso producto del embolsamiento que reciben, interviniendo principalmente la erosión en las limolitas y areniscas tornándolas de estas coloraciones.



Foto 16: Estratificación paralela en intercalaciones de limolitas y areniscas.

Estratificación Flaser

En este caso la estratificación flaser está asociada con pequeñas ondas de crestas rectas que se dan en condiciones variables de forma cíclica en limolitas dentro de estratos arenosos con presencia de óxidos de hierro y manganeso, la presencia de estos óxidos surge por eventos de meteorización.



Foto 17: Estratificación flaser con presencia de óxidos de Fe y Mn.

3.4.3.2. Litofacies de frente deltaico

Las litofacies del frente deltaico se presentan en la parte media del sistema deltaico con sedimentos depositados por corrientes de tracción y oleaje, se distinguen por la alternancia de facies de energía alta y baja, contienen areniscas de tamaño medio a fino con estratificación cruzada, limos, arcillas y depósitos pequeños como lutitas. Estos sedimentos tienen la capacidad de mostrar fenómenos como marcas de oleaje, las mareas y las corrientes oceánicas, además de los movimientos de turbiditas y depósitos de prodelta.

Tipos de Estratificación

Marcas de Corriente

Las marcas de corriente identificadas son los Flute Marks presentando surcos discontinuos en diferentes partes a causa de corrientes abruptas presentando redondeamiento en los extremos proximales y en la zona distal va desapareciendo, cuando la corriente pierde fuerza los surcos se rellenan con nuevos sedimentos por ello quedan registrados como moldes en la base.



Foto 18: Flute Marks encontrados en estratos de limolitas con intercalación de areniscas que pertenecen a la asociación de litofacies intermedia.

Estratificación gradada

La estratificación gradada presente es de tipo normal-inversa ya que posee una aceleración de flujo desde la parte baja hacia la parte media gradando de grano menor a mayor y luego una desaceleración de flujo hasta llegar a la parte superior con granos muy finos.

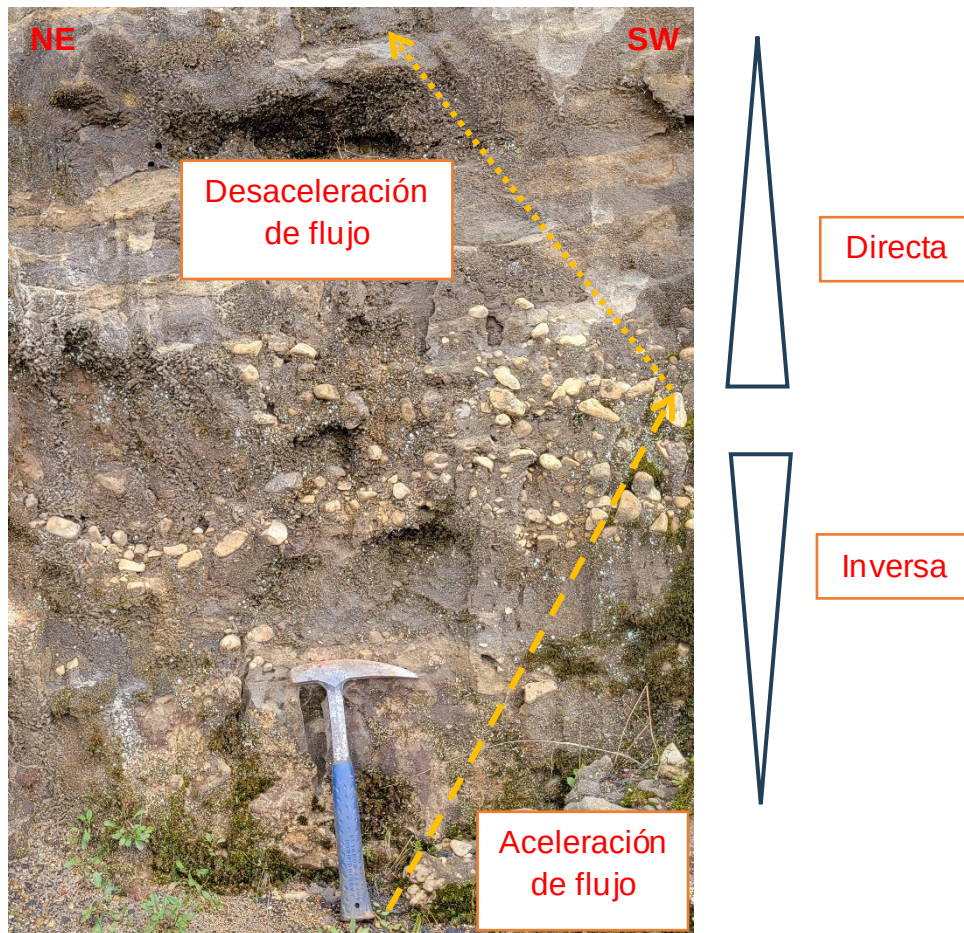


Foto 19: Estratificación gradada normal inversa en areniscas con presencia de óxidos de Fe.

Estratificación Lenticular

Se presenta en los estratos una matriz conformada por óxidos de manganeso que engloban a la arenisca, esto se debe a condiciones que varían de forma cíclica que se dan en forma de capas depositadas en forma tabular o lenticular que tienen forma de cuerpos discontinuos.



Foto 20: Estratificación lenticular en areniscas con matriz de óxidos de manganeso.

3.4.3.3. Litofacies de llanura deltaica inferior

Las litofacies en esta zona presentan influencia constante de oleaje, es un entorno de alta energía en zonas más alejadas, presentan agrupaciones sedimentarias ubicadas en la zona más alejada de un delta, donde predominan los procesos de sedimentación moldeados por la interacción entre corrientes de ríos, el oleaje y las mareas.

Tipos de Estratificación

Estratificación Sesgada

Se observan estratos sesgados en areniscas cuarzosas, se puede apreciar estratificación cruzada planar (A) porque tiene ambas superficies de estratificación planas en este caso paralelas y estratificación cruzada lenticular o festoneada (B) ya que en estas superficies de sedimentación son en forma de curvas.

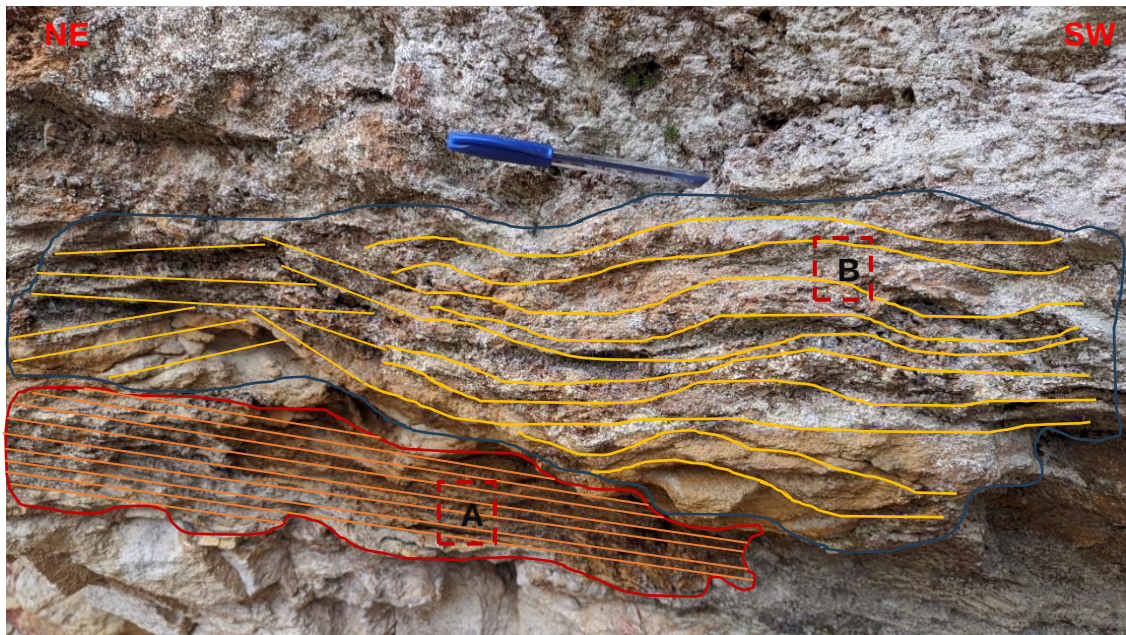


Foto 21: Estratificación sesgada planar (A) y estratificación sesgada lenticular (B).

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis de resultados

4.1.1. Caracterización Lito-Estratigráfica de la Formación Farrat

Para realizar la caracterización litoestratigráfica de la Formación Farrat se tomó en cuenta las facies litoestratigráficas de llanura deltaica para poder determinar el origen de depositación de cada miembro de la formación, para ello se realizó el respectivo perfil geológico representado por las litofacies de llanura deltaica superior, inferior y frente deltaico las cuales se dieron en cada miembro de la formación.

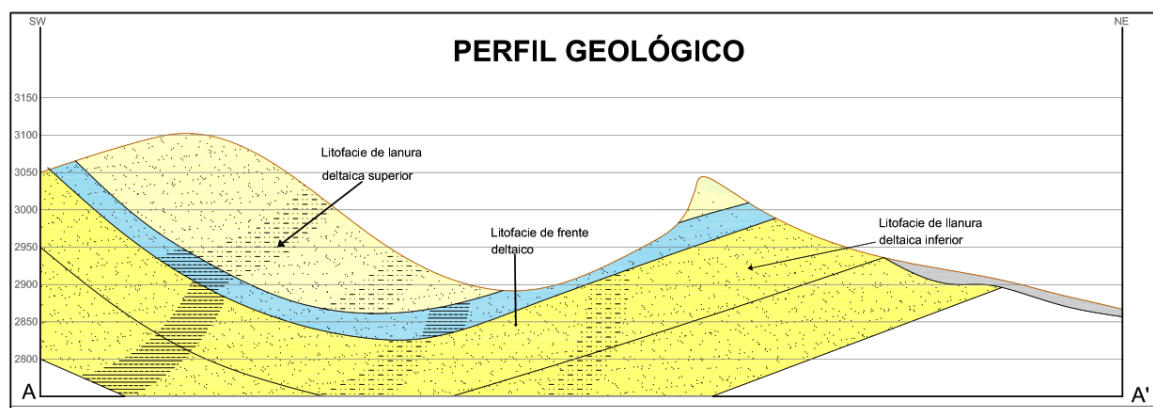


Figura 25: Perfil Geológico representado por Litofacies.

4.1.1.1. Columna Lito-Estratigráfica del Miembro superior

Se presenta areniscas cuarzosas de grano medio, con niveles de limolitas y presencia de conglomerados, estas areniscas tienen un alto contenido de óxidos de hierro y manganeso ya que este mineral está embolsando a la mayoría de las areniscas en el área de estudio. Presentando laminaciones paralelas, estructuras paralelas y estratificación flaser que pertenece a las litofacies de llanura deltaica superior.

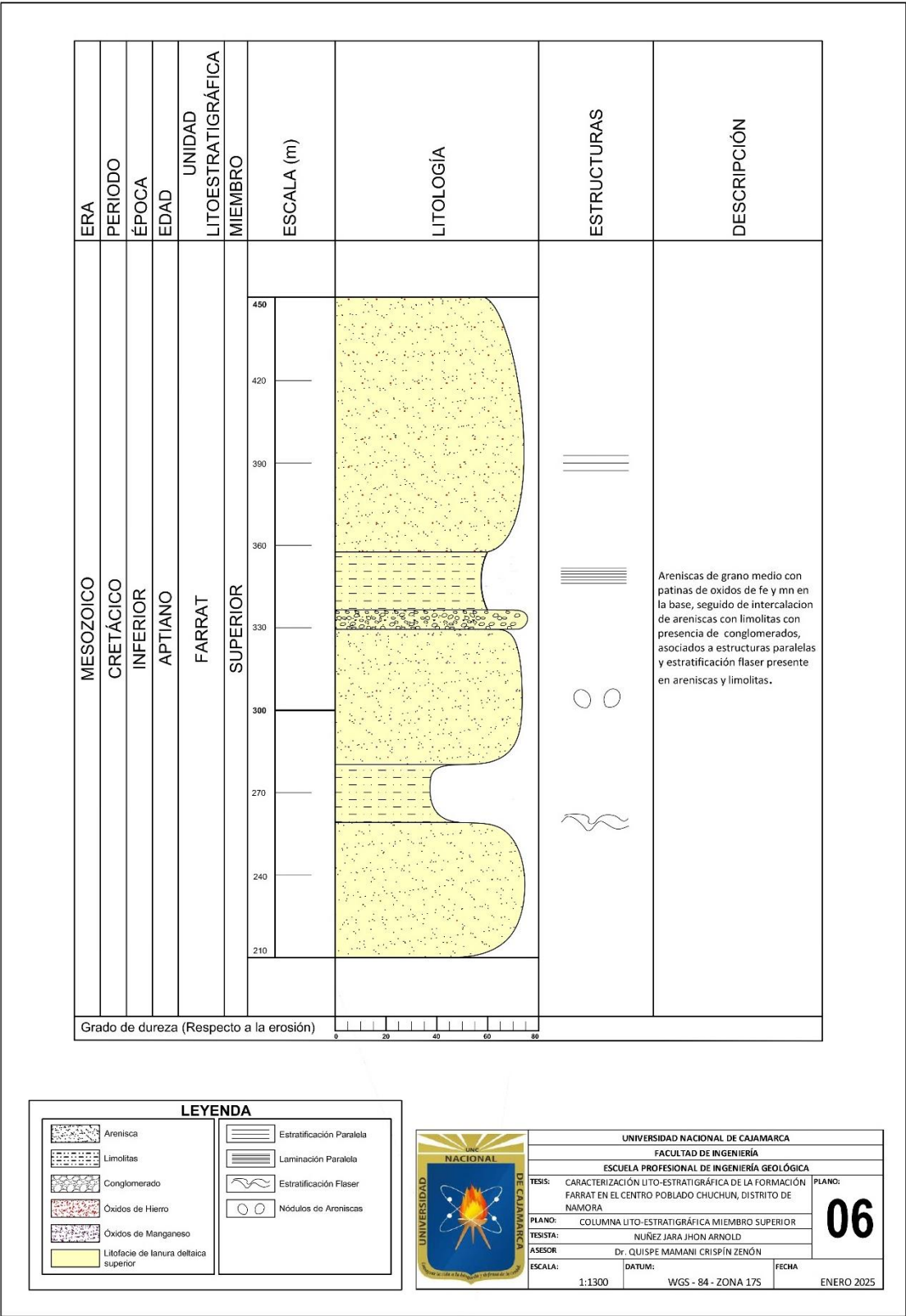


Figura 26: Columna Lito-Estratigráfica del miembro superior de la Formación Farrat.

4.1.1.2. Columna Lito-Estratigráfica del Miembro medio

Se presenta areniscas cuarzosas de grano medio a fino, se encuentran contaminadas por óxidos de hierro y manganeso, y presencia de limolitas en la

parte superior intercaladas con areniscas y lutitas. Presentan estratificaciones de marcas de corriente Flute Marks, estratificación gradada y lenticular que pertenece a las litofacies de frente deltaico.

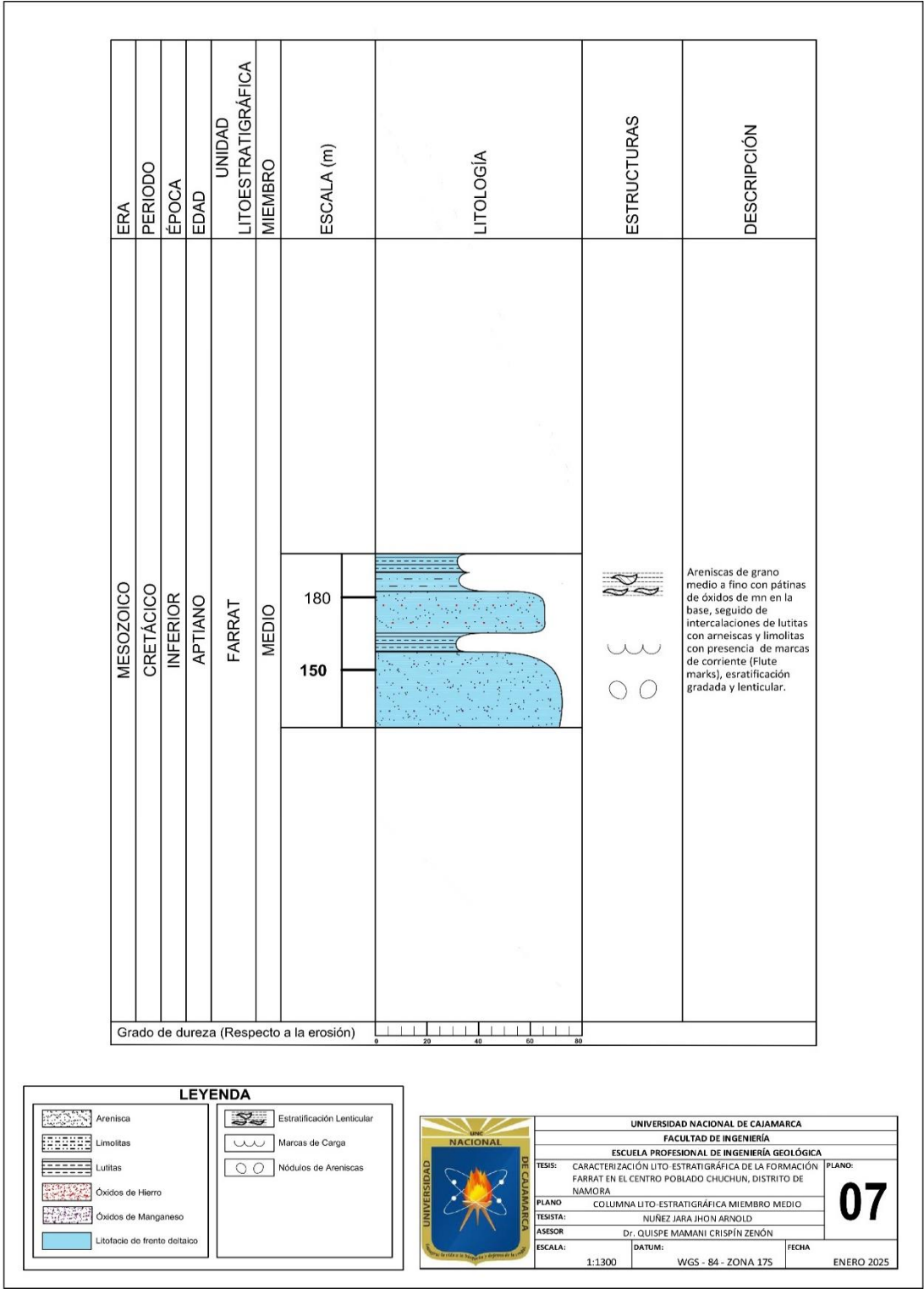


Figura 27: Columna Lito-Estratigráfica del miembro medio de la Formación Farrat.

4.1.1.3. Columna Lito-Estratigráfica del Miembro Inferior

En el miembro inferior se presenta una intercalación de areniscas cuarzosas de grano fino con limolitas hasta la parte media presentado estratificaciones cruzadas en limolitas y lutitas intercaladas con areniscas que pertenecen a las litofacies de llanura deltaica inferior.

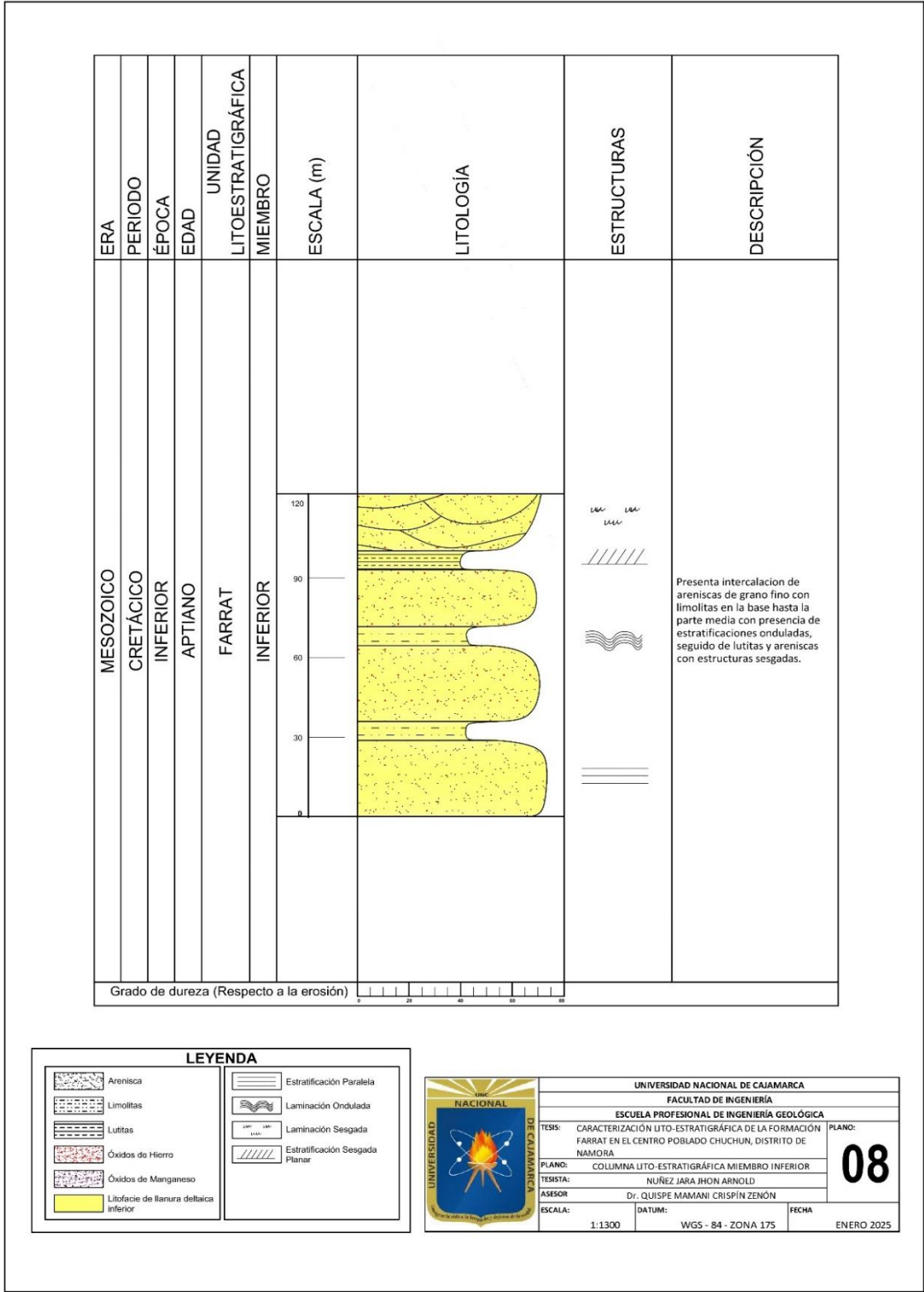


Figura 28: Columna Lito-Estratigráfica del miembro inferior de la Formación Farrat.

4.2. Contrastación de la Hipótesis

En base a las observaciones realizadas en la columna estratigráfica, la presencia de las tres litofacies (llanura deltaica inferior, llanura deltaica superior y frente deltaico), el contenido de manganeso y las dataciones de edad (Barremiano superior – Aptiano inferior a medio), la hipótesis se sostiene con evidencia sólida ya que los datos obtenidos concluyen que la Formación Farrat se formó en un ambiente sedimentario litoral-deltaico, con un sistema de deposición que varió desde una llanura deltaica inferior más tranquila (con sedimentos finos) hasta una llanura deltaica superior más dinámica (con sedimentos más gruesos), pasando por una zona intermedia de frente deltaico que es un ambiente más dinámico.

El contenido de manganeso es un indicador importante en la litoestratigrafía, y su presencia en la columna estratigráfica es relevante para la hipótesis. El manganeso se forma en ambientes con baja oxigenación, típicos de zonas deltaicas, en el caso de la Formación Farrat, el manganeso está asociado con las litofacies de la llanura deltaica superior, inferior y frente deltaico, por lo que estas áreas experimentaron condiciones de anoxia (bajo oxígeno) en algunos períodos. Esta asociación con zonas de baja oxigenación da resultado de que la formación se depositó en un ambiente deltaico. Estos datos validan la hipótesis inicial de manera positiva y aportan una comprensión integral del sistema de depositación de la Formación Farrat.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La Formación Farrat se caracterizó litoestratigráficamente obteniendo una comprensión detallada de las unidades litológicas en los tres miembros de la formación, teniendo en el miembro superior e inferior una intercalación de areniscas de grano medio con limolitas y en el miembro medio areniscas de grano medio a fino con intercalación de limolitas con niveles de lutitas.

Las litofacies y secuencias sedimentarias que se detallaron como litofacies de llanura deltaica superior e inferior interviniendo también una litofacie de frente deltaico.

Como estructuras en los tres miembros de la Formación Farrat los cuales son paralelas, sesgadas, lenticulares, marcas de carga, flaser como también laminaciones paralelas y onduladas.

El perfil y columna estratigráfica de la Formación Farrat, esta representación gráfica facilitó el entendimiento de la secuencia de depósitos y sus relaciones estratigráficas asociadas a las litofacies encontradas.

El ambiente de depositación de la Formación Farrat que corresponde al Cretácico inferior de edad Barremiano superior – Aptiano inferior es la de un ambiente litoral deltaico por ubicación cronoestratigráfica.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda realizar investigaciones enfocadas en la petromineralogía mediante análisis microscópicos detallados para saber el origen de los minerales presentes en la zona.

Realizar estudios geoquímicos (por ejemplo, análisis isotópicos o de trazas) para confirmar las condiciones de oxigenación en diferentes partes del delta.

Desarrollo de modelos deposicionales detallados o de simulación deposicional para recrear el comportamiento de los sistemas deltaicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arche, A. (2010).** Sedimentología. Del proceso físico a la cuenca sedimentaria. Madrid, España: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Atlas Digital de Petrografía Sedimentaria. (2021).** Web Institucional de la Universidad de Alicante. Obtenido de <https://web.ua.es/es/e-pesedua/presentacion.html>
- Barragán, R. (2004).** Estratigrafía Secuencial del Cretácico de la Cuenca Oriente Del Ecuador. Quito, Ecuador.
- Benavides , V. (1956).** Geología de la región de Cajamarca. Sociedad Geológica del Perú.
- Blatt, H. (1991).** Principles of Stratigraphic Analysis. Boston: Blackwell Scientific Publications.
- Caballero, C. (2010).** Estructuras Sedimentarias. Ciudad de México: Fac. Ciencias - UNAM.
- Caja, C., & Bazán, O. (2016).** Análisis de Litofacies Silíceo-Clásticas de la Formación Farrat en el Distrito de Llacanora – Cajamarca.
- Campbell, C. (1967).** Lamina, Laminaset, Bed and Bedset. Sedimentology. Texas: Research Company.
- Ciampalani, A., & Firpo, M. (2015).** Depositional architecture and sequence stratigraphy of Pleistocene coarse-grained deltas along the Ligurian coast. Earth Sciences Department.
- Catuneanu, O. (2006).** Principles of Sequence Stratigraphy. Edmonton, Alberta, Canada: Elsevier, 1raEd.
- Dávila, J. (2011).** Diccionario Geológico. Lima, Perú: Ingemmet.
- Hedberg, H. (1980).** Guía estratigráfica internacional. Guía para la clasificación, terminología y procedimientos estratigráficos. Barcelona, España: Editorial Reverté S.A.
- Jabbour, G., Márquez, R., & Guerra, I. (2009).** Un modelo para la clasificación de areniscas. Revista Ciencia e Ingeniería. Vol. 30, No. 3.
- Levin, H. (2005).** The Earth Through Time: The Sedimentary Archives.
- Lombard, A. (1972).** Series sedimentaires: Genese-Evolution. Paris: Masson.

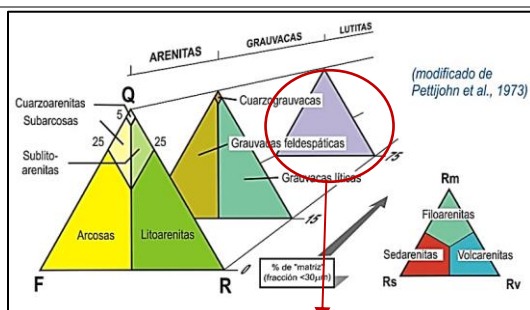
- Macarro, B. (2014).** Texturas Rocas Sedimentarias. Investigación, Salamanca.
- Moreno, T. (2019).** Facies Sedimentarias de las Formaciones Carhuaz y Farrat en los Sectores de San Cirilo, Callacpuma – Chilete. Cajamarca, Perú.
- Nichols, G. (2009).** Sedimentology and Stratigraphy Second Edition . Reino Unido: Garsington Road, Oxford, OX4 2DQ, UK.
- Prado, J. (2018).** Estudio Petromineralógico de las Areniscas de la Formación Farrat en la Zona de Baños del Inca y Llacanora - Cajamarca. Cajamarca, Perú.
- Ruiz, B. (2019).** Tiempo Geológico y Geología Histórica. Departamento Biología y Geología. IES. Editorial Paraninfo. ISBN.
- Selley, R. C. (1982).** An introduction to Sedimentology (2* edición). Nueva York: Academic Press.
- Serrano, F. (2017).** Estudio Estratigráfico Secuencial de la Formación Farrat en Shaullo y Puyllucana. Cajamarca, Perú.
- Tucker, M. (2003).** Sedimentary Rocks in the Field. 3 ed. Reino Unido: University of Durham, UK.
- Vera, J. A. (1994).** Estratigrafía - Principios y Métodos. Madrid, España: Editorial Rueda.
- Zuffa, G. (1980).** Hybrid arenites: Their Composition and Classification. Italy.

ANEXOS

Descripción de muestras:

Tabla 9: Muestra N° 01 Limolita con contenido de matriz superior al 60 %.

Número de muestra	N°01
Coordenadas	N: 9206467 E: 794553
Cota (m.s.n.m)	3137
Clase	Roca Sedimentaria
Color	Amarillo
Brillo	Mate
Dureza	5 – 5.5
Raya	Amarilla
Fractura	Irregular
Reacción con el HCl	No
Textura	Clástica
Tamaño de grano	Grano fino
Minerales que contiene	Óxidos de Hierro, Cuarzo
Nombre	Limolita

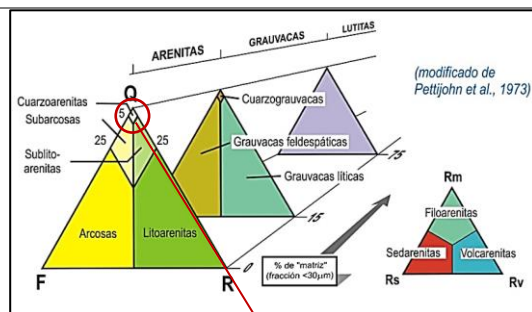


Limolita con contenido de matriz superior al 60%



Tabla 10: Muestra N°02 Arenisca ferruginosa con contenido de matriz menor al 15%.

Número de muestra	N° 02
Coordenadas	N: 9206492 E: 794266
Cota (m.s.n.m)	3102
Clase	Roca Sedimentaria
Color	Blanca - rojiza
Brillo	Sedoso
Dureza	5.5 - 6
Raya	Blanca
Fractura	Irregular
Reacción con el HCl	No
Textura	Cristalina
Tamaño de grano	Fino a medio
Minerales que contiene	Cuarzo, óxidos de hierro
Nombre	Arenisca Ferruginosa



Arenisca ferruginosa con contenido de matriz menor al 15%



Tabla 12: Muestra N°04 Óxido de manganeso.

Número de muestra	N° 04
Coordenadas	N: 9206492 E: 794266
Cota (m.s.n.m)	3138
Clase	Mineral
Color	Negro
Brillo	Sedoso - vítreo
Dureza	5 – 5.5
Raya	Gris
Fractura	Irregular
Reacción con el HCl	No
Textura	Cristalina
Hábito	Granular
Tamaño de grano	Fino - medio
Minerales que contiene	Mn, Fe
Nombre	Óxido de manganeso



Tabla 13: Muestra N°05 Goethita.

Número de muestra	N° 05
Coordenadas	N: 9206492 E: 794266
Cota (m.s.n.m)	3134
Clase	Mineral
Color	Marrón - pardo
Brillo	Sedoso
Dureza	4.5 - 5
Raya	Pardusca
Fractura	Irregular
Reacción con el HCl	No
Textura	Cristalina
Hábito	Botroidal - mamilar
Tamaño de grano	Fino
Minerales que contiene	Óxidos de Fe
Nombre	Goethita



Tabla 14: Muestra N°06 Limonita.

Número de muestra	N° 06
Coordenadas	N: 9206492 E: 794266
Cota (m.s.n.m)	3109
Clase	Mineral
Color	Marrón - amarillento
Brillo	Sedoso
Dureza	4.5 - 5
Raya	Amarilla
Fractura	Irregular
Reacción con el HCl	No
Textura	Cristalina
Hábito	Granular - botroidal
Tamaño de grano	Fino
Minerales que contiene	Óxidos de Fe
Nombre	Limonita(amarillo)



Tabla 15: Muestra N°07 Hematita.

Número de muestra	N° 07
Coordenadas	N: 9206572 E: 794633
Cota (m.s.n.m)	3079
Clase	Mineral
Color	Rojo
Brillo	Sedoso
Dureza	4.5 - 5
Raya	Roja
Fractura	Irregular
Reacción con el HCl	No
Textura	Cristalina
Hábito	Granular
Tamaño de grano	Fino
Minerales que contiene	Óxidos de Fe
Nombre	Hematita(rojo)

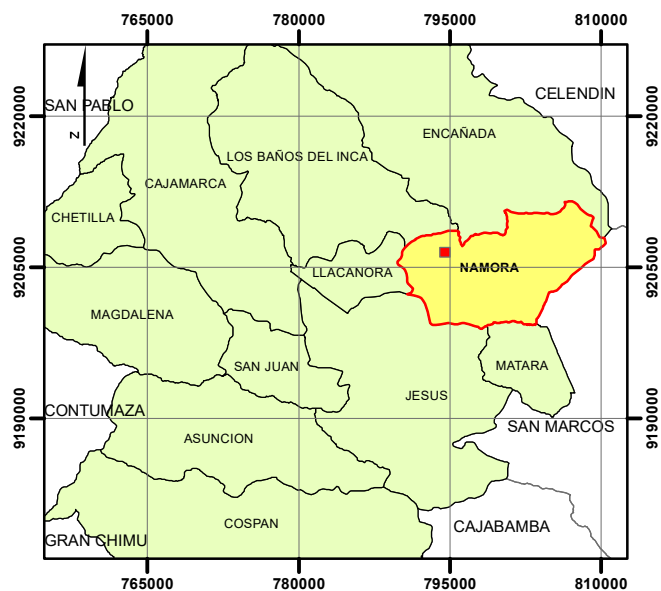
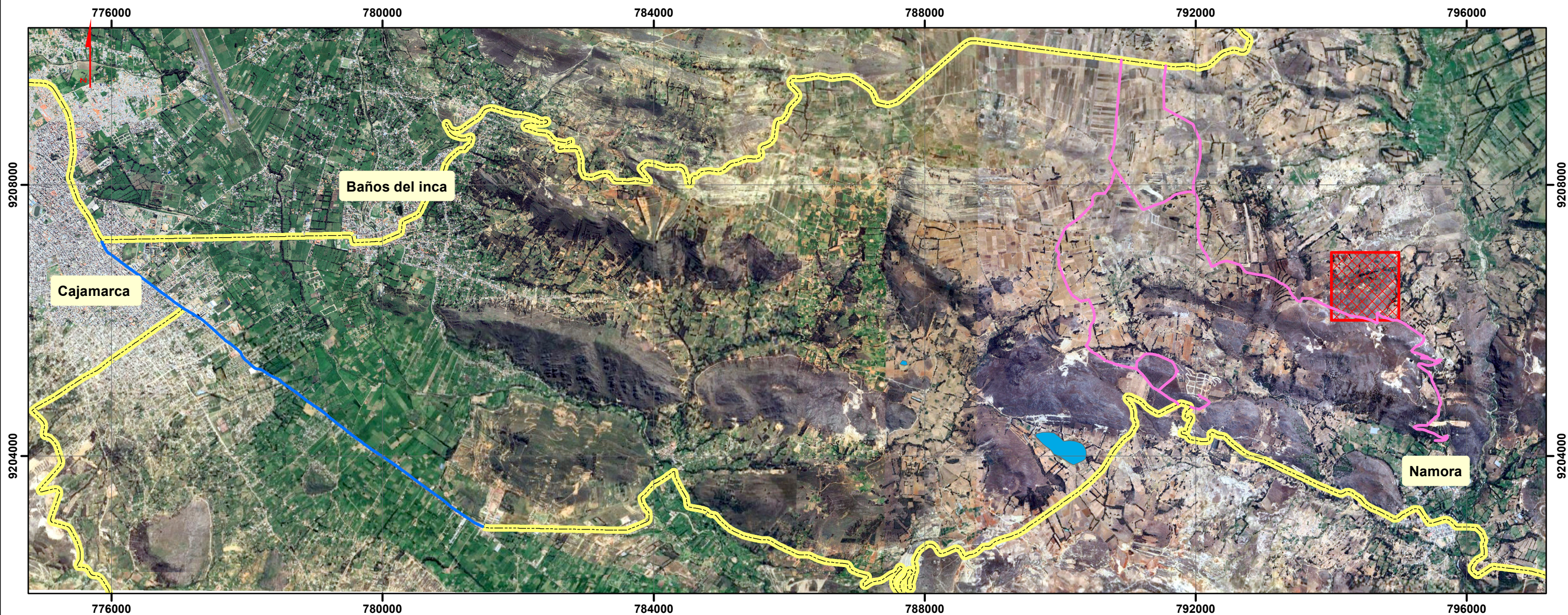


Tabla 16: Muestra N°08 Caolinita.

Número de muestra	N° 08
Coordenadas	N: 9206572 E: 794633
Cota (m.s.n.m)	3110
Clase	Mineral
Color	Blanco
Brillo	Vitreoso-sedoso
Dureza	1 - 2
Raya	Blanca
Fractura	Concoidea
Reacción con el HCl	No
Textura	Pastosa
Hábito	Masas terrosas
Tamaño de grano	Fino
Minerales que contiene	Sílice, Arcillas
Nombre	Caolinita

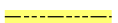


PLANO DE UBICACIÓN



Escala 1:750000

SIMBOLOGÍA

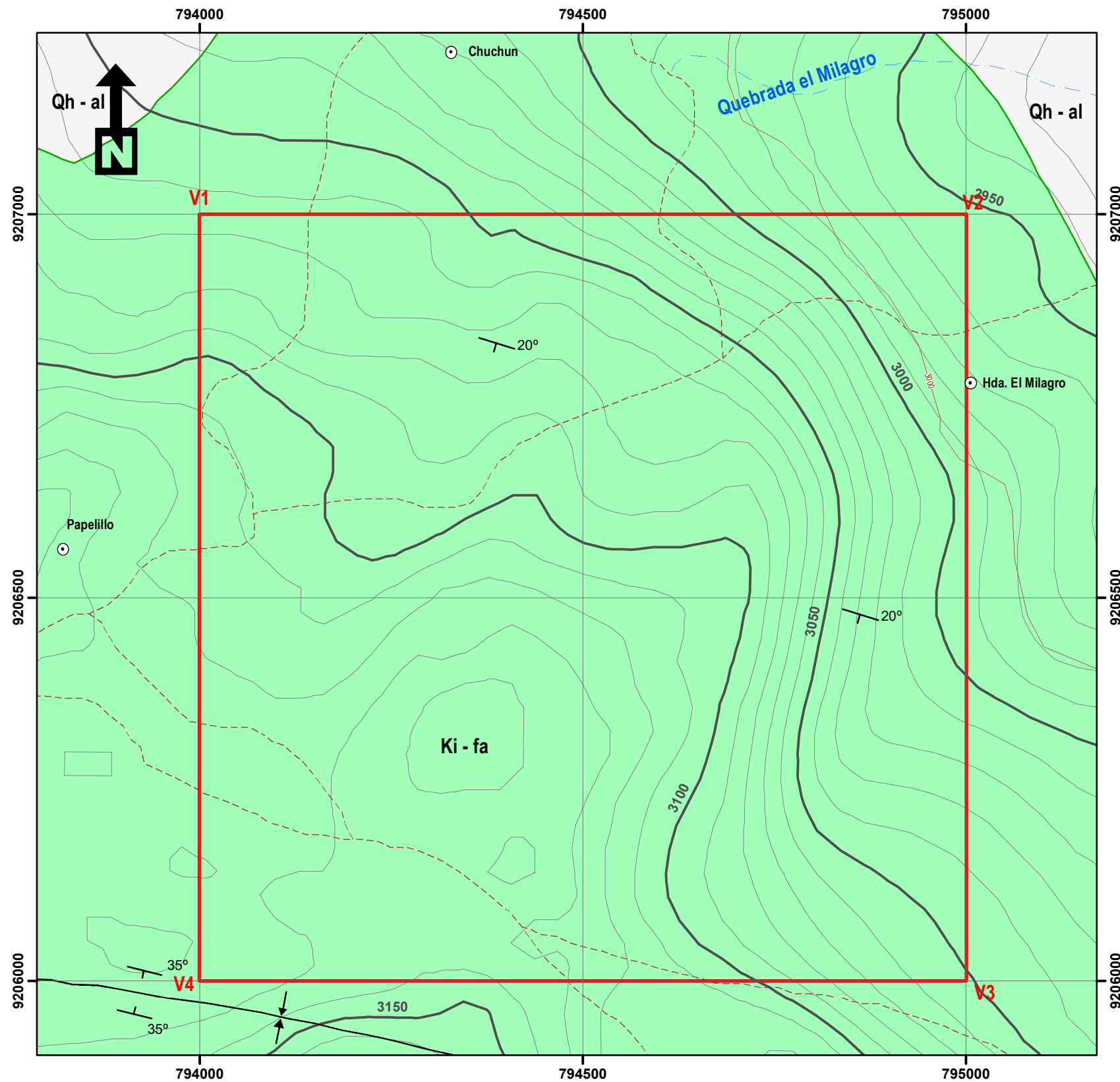
-  Pav. Asfaltado
-  Sin Pavimentar
-  Proyectado
-  Pav. Sol. Básica
-  Lugar de estudio

ESCALA GRÁFICA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
FACULTAD DE INGENIERÍA		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
TESIS:	CARACTERIZACIÓN LITO-ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN FARRAT EN EL CENTRO POBLADO CHUCHUN, DISTRITO DE NAMORA	PLANO: 01
PLANO:	UBICACIÓN	
TESISTA:	NUÑEZ JARA JHON ARNOLD	
ASESOR	Dr. QUISPE MAMANI CRISPÍN ZENÓN	
ESCALA:	DATUM:	FECHA
1:60 000	WGS - 84 - ZONA 17S	ENERO 2025

PLANO GEOLÓGICO

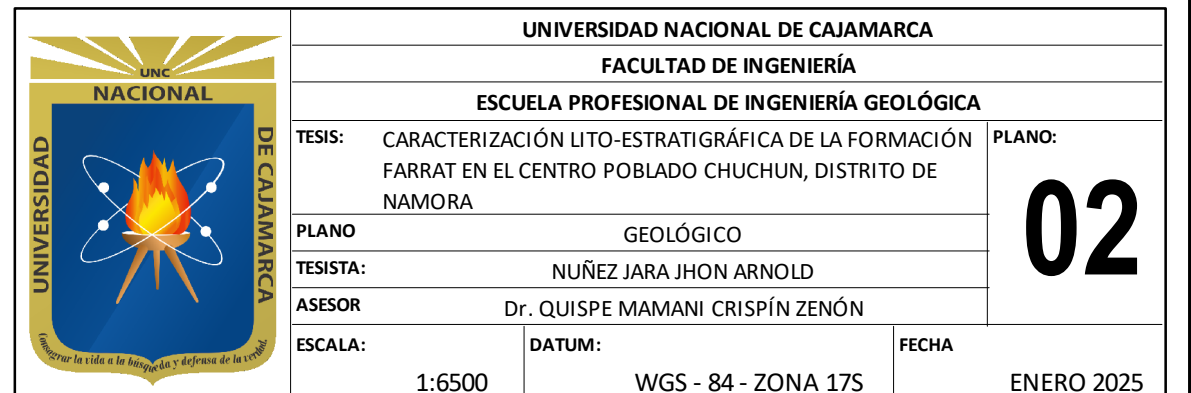
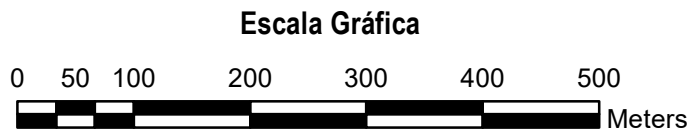


COORDENADAS ÁREA DE ESTUDIO

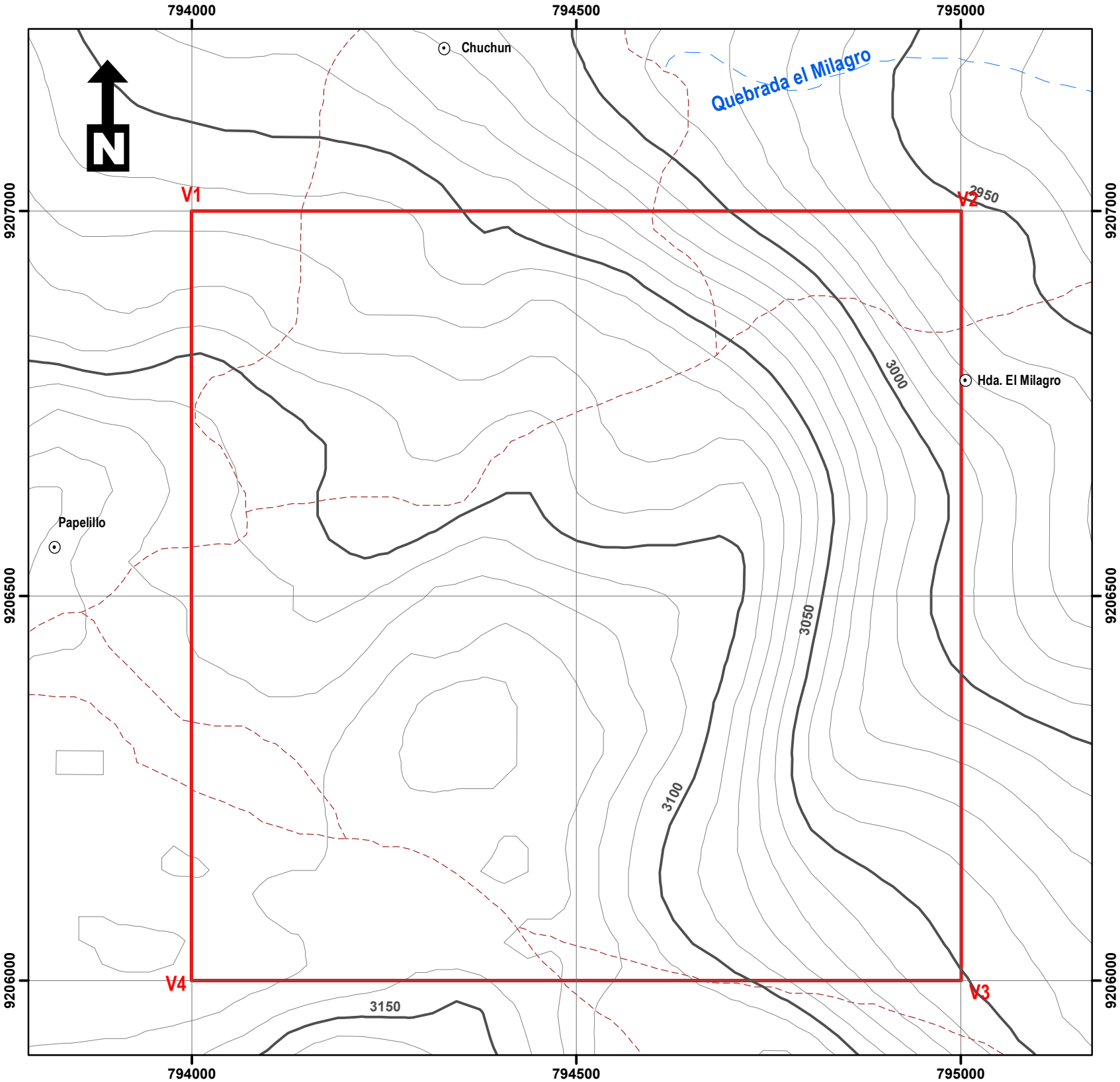
VERTICE	ESTE	NORTE
V1	794000	9207000
V2	795000	9207000
V3	795000	9206000
V4	794000	9206000

SIMBOLOGÍA

- | | |
|---|--------------------|
|  | Sinclinal |
|  | Curvas de nivel |
|  | Área de Estudio |
|  | Vias de Acceso |
|  | Quebrada |
|  | Pueblo |
|  | Rumbo y buzamiento |
|  | Qh-al |
|  | Ki-fa |



PLANO TOPOGRÁFICO - MDE



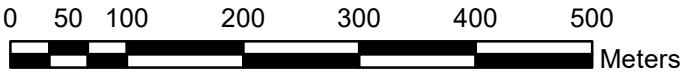
COORDENADAS ÁREA DE ESTUDIO

VERTICE	ESTE	NORTE
V1	794000	9207000
V2	795000	9207000
V3	795000	9206000
V4	794000	9206000

SIMBOLOGÍA

- Curvas de nivel
- ▭ Área de Estudio
- - - Vías de Acceso
- - - Quebrada
- ⊙ Pueblo

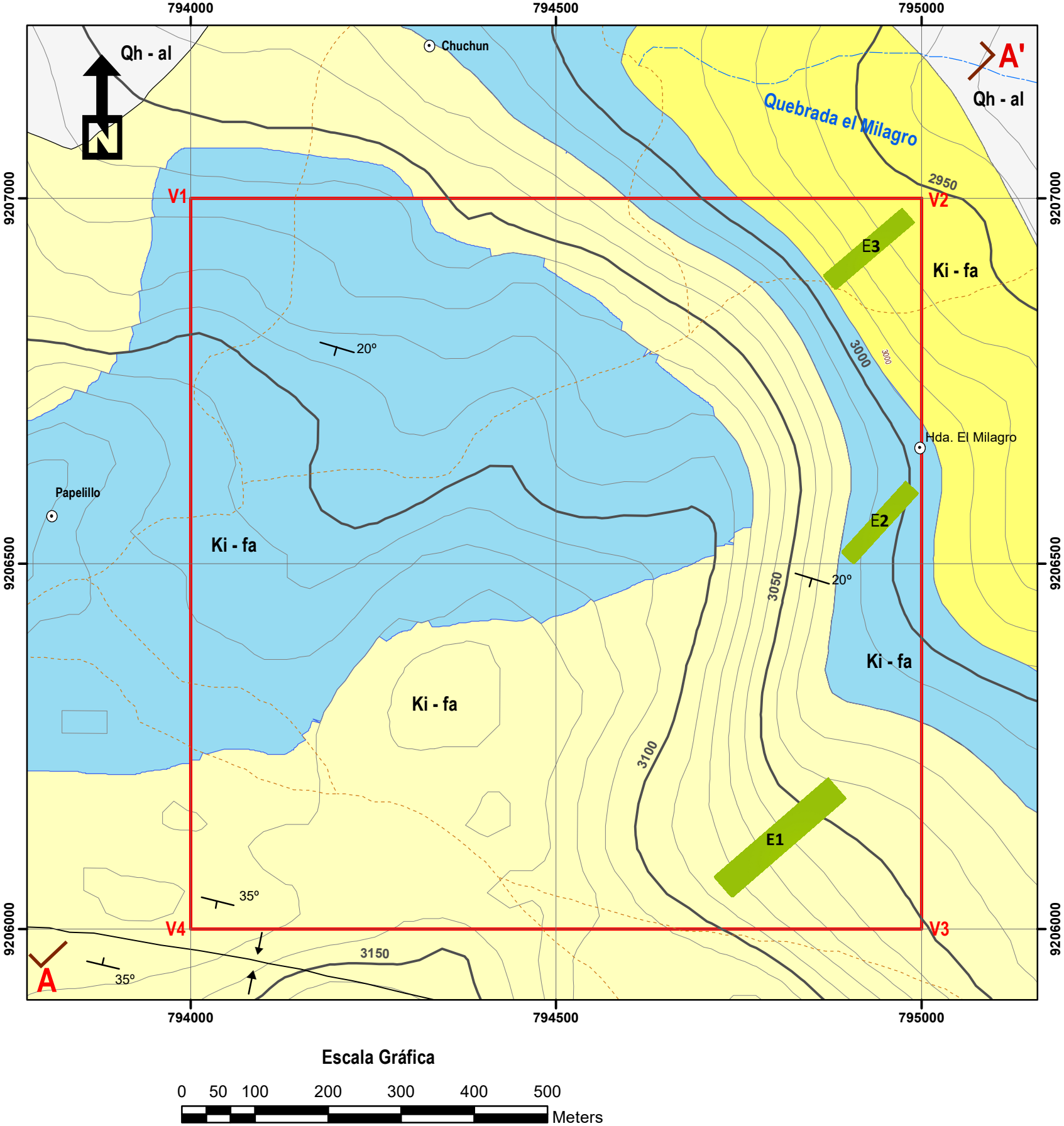
Escala Gráfica





UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
FACULTAD DE INGENIERÍA		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
TESIS:	CARACTERIZACIÓN LITO-ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN FARRAT EN EL CENTRO POBLADO CHUCHUN, DISTRITO DE NAMORA	PLANO:
PLANO	TOPOGRÁFICO - MDE	03
TESISTA:	NUÑEZ JARA JHON ARNOLD	
ASESOR	Dr. QUISPE MAMANI CRISPÍN ZENÓN	
ESCALA:	DATUM:	FECHA
1:6500	WGS - 84 - ZONA 17S	ENERO 2025

PLANO DE LITOFACIES DELTAICAS



ERATEMA	SISTEMA	SERIE	EDAD (Ma)	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLEOCENO	0.01	Depósito Cuaternario Aluvial Material fino arenoso - arcilloso, con intercalaciones de gravas, depositadas en pequeñas cuencas antes ocupadas por lagunas.	
		PLEISTOCENO			
	NEÓGENO	PLIOCENO		Formación Farrat Litofacie de llanura deltaica superior Litofacie de frente deltaico Litofacie de llanura deltaica inferior - Areniscas de grano medio, con niveles de limolitas. - Presentan laminaciones paralelas con presencia de óxidos de hierro y manganeso. - Estructuras paralelas. - Intercalacion de Lutitas, limolitas y arenas de grano medio a fino. - Marcas de corriente(flute marks). - Estratificación gradada y lenticular. - Areniscas de grano fino intercaladas con limolitas con contenido de oxidos de hierro y manganeso. - Laminación ondulada y paralela. - Estructuras sesgadas.- Entorno de alta energia en zonas bajas.	
		MIOCENO			
	PALEÓGENO	OLIGOCENO			
		EOCENO			
MESOZOICO	CRETÁCICO	PALEOCENO	145		
		SUPERIOR			

SIMBOLOGÍA

- Quebrada

Sinclinal

Curvas de nivel

Área de Estudio

Vias de Acceso
- Estación Estratigráfica

Corte

Pueblo

Rumbo y buzamiento

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
	FACULTAD DE INGENIERÍA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
	TESIS: CARACTERIZACIÓN LITO-ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN FARRAT EN EL CENTRO POBLADO CHUCHUN, DISTRITO DE NAMORA		PLANO: 04
	PLANO: LITOFACIES DELTAICAS		
	TESISTA: NUÑEZ JARA JHON ARNOLD		
	ASESOR Dr. QUISPE MAMANI CRISPÍN ZENÓN		
ESCALA: 1:65000		DATUM: WGS - 84 - ZONA 17S	FECHA: ENERO 2025

PERFIL GEOLÓGICO

SW NE

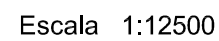
3150
3100
3050
3000
2950
2900
2850
2800

Litofacie de lanura
deltaica superior

Litofacie de frente
deltaico

Litofacie de llanura
deltaica inferior

A A'

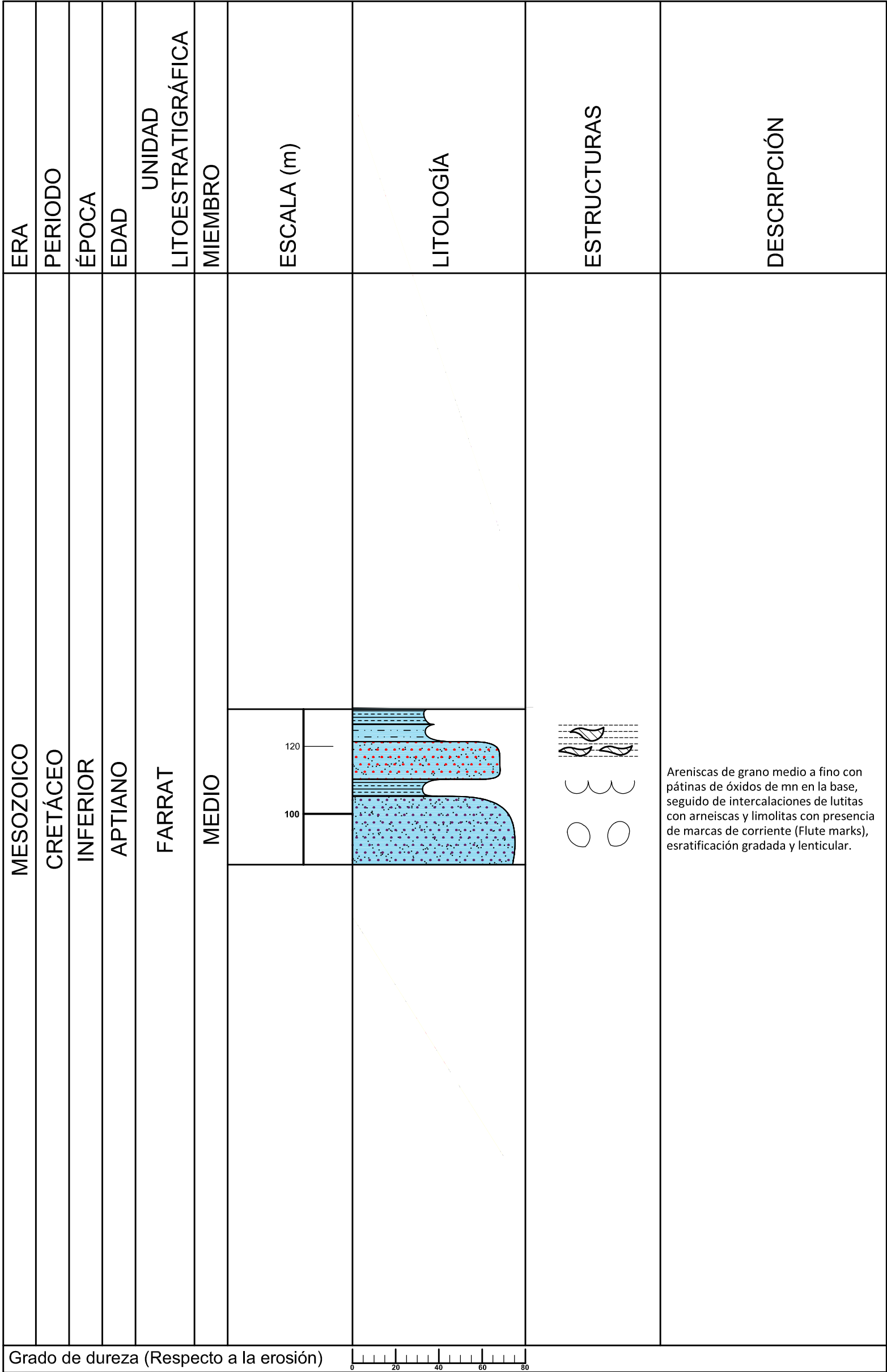


	Litofacie de llanura deltáica superior
	Litofacie de frente deltáico
	Litofacie de llanura deltáica inferior
	Cuaternario aluvial
	Arenisca
	Limolitas
	Lutitas

Escala horizontal 1:8000



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
FACULTAD DE INGENIERÍA		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
TESIS: CARACTERIZACIÓN LITO-ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN FARRAT EN EL CENTRO POBLADO CHUCHUN, DISTRITO DE NAMORA	PLANO:	
PLANO: PERFIL GEOLÓGICO	05	
TESISTA: NUÑEZ JARA JHON ARNOLD		
ASESOR: Dr. QUISPE MAMANI CRISPÍN ZENÓN		
ESCALA: Indicada	DATUM: WGS - 84 - ZONA 17S	FECHA: ENERO 2025



LEYENDA

Arenisca

Limolitas

Lutitas

Óxidos de Hierro

Óxidos de Manganeseo

Litofacie de frente deltaico

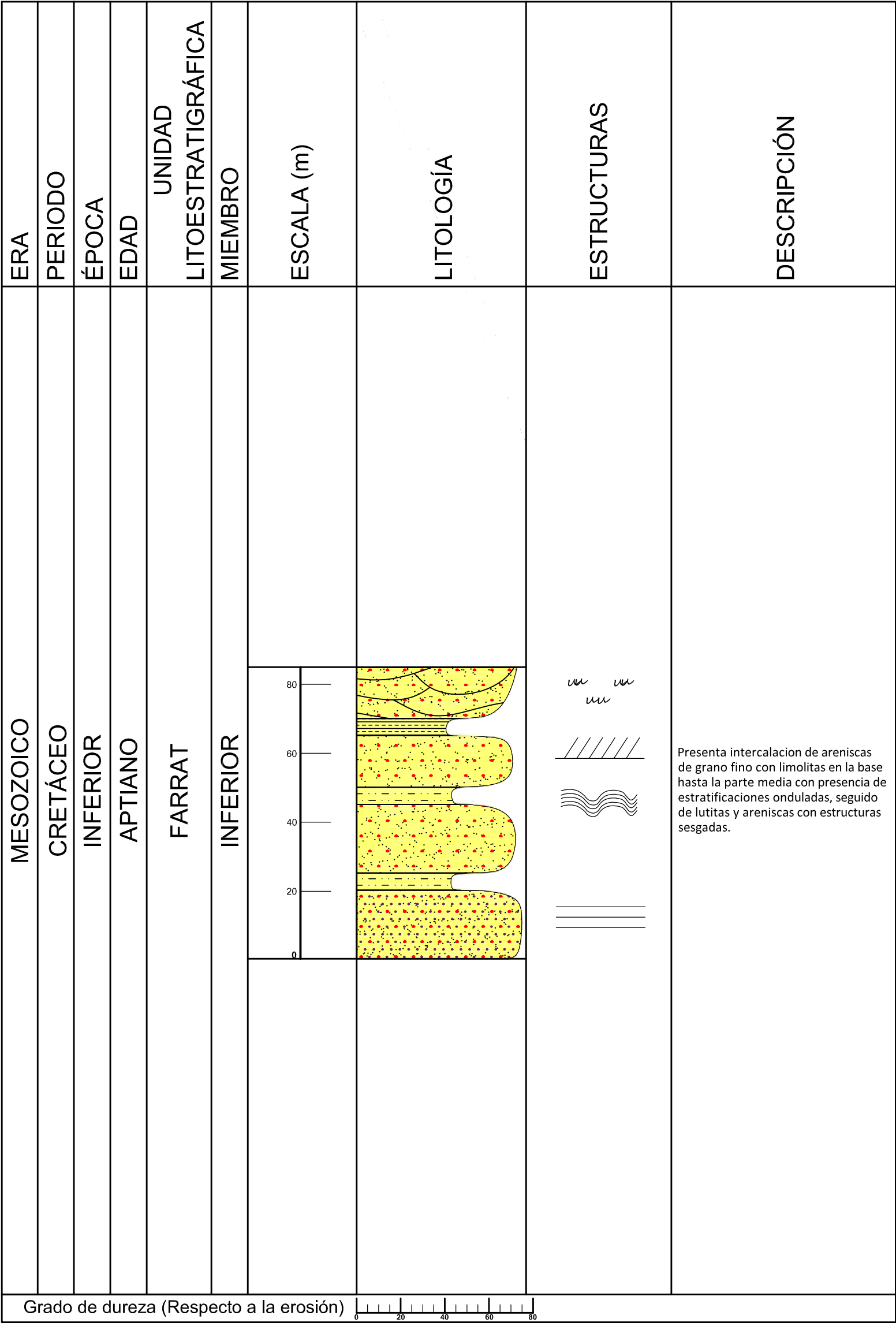
Estratificación Lenticular

Marcas de Carga

Nódulos de Areniscas



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
FACULTAD DE INGENIERÍA		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
TESIS:	CARACTERIZACIÓN LITO-ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN FARRAT EN EL CENTRO POBLADO CHUCHUN, DISTRITO DE NAMORA	PLANO: 07
PLANO	COLUMNA LITO-ESTRATIGRÁFICA MIEMBRO MEDIO	
TESISTA:	NUÑEZ JARA JHON ARNOLD	
ASESOR	Dr. QUISPE MAMANI CRISPÍN ZENÓN	
ESCALA:	1:1300	DATUM: WGS - 84 - ZONA 17S
		FECHA: ENERO 2025



LEYENDA

Arenisca

Limolitas

Lutitas

Óxidos de Hierro

Óxidos de Manganeso

Litofacie de llanura deltaica inferior

Estratificación Paralela

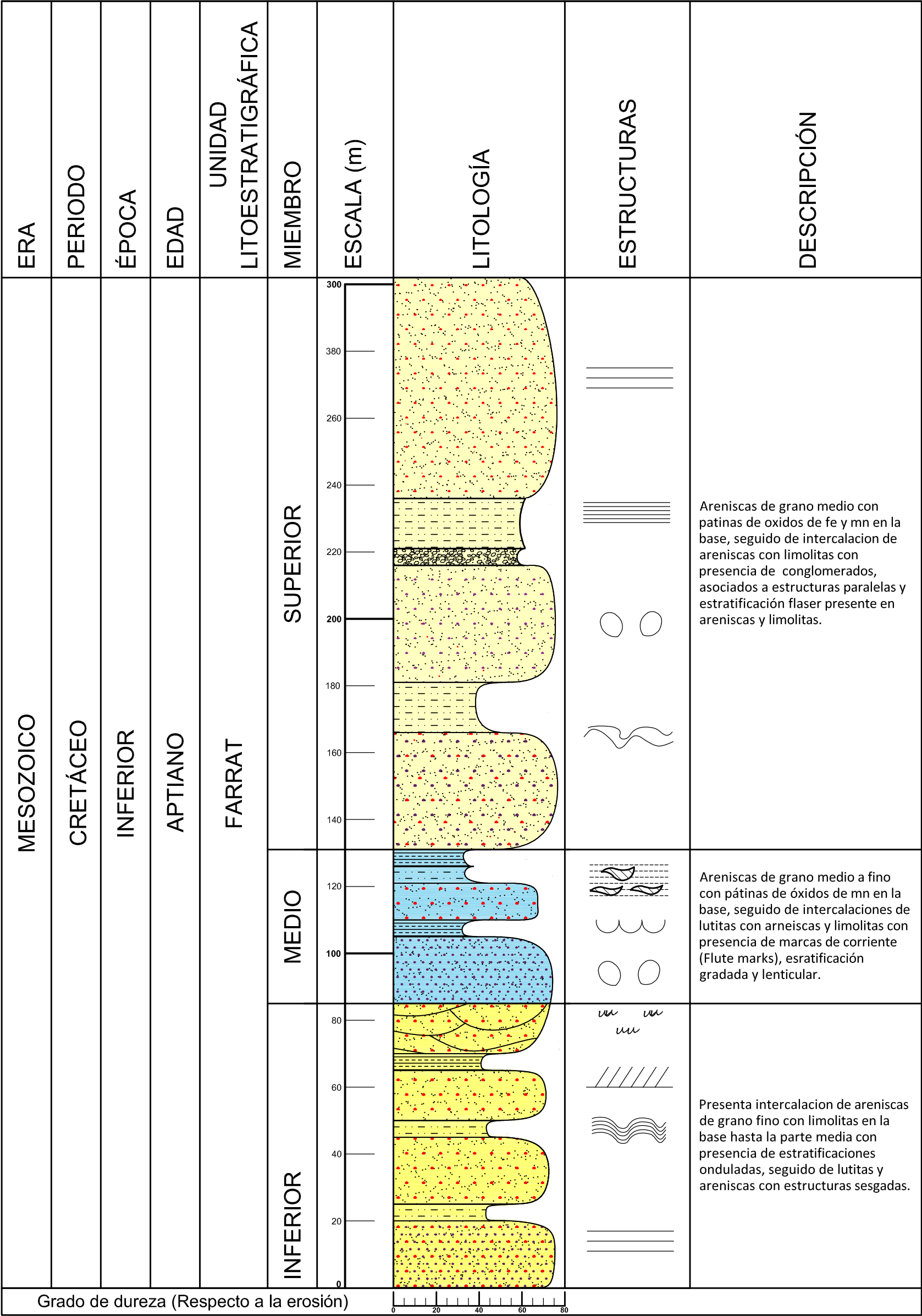
Laminación Ondulada

Laminación Sesgada

Estratificación Sesgada Planar



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
FACULTAD DE INGENIERÍA		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
TESIS:	CARACTERIZACIÓN LITO-ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN FARRAT EN EL CENTRO POBLADO CHUCHUN, DISTRITO DE NAMORA	PLANO: 08
PLANO:	COLUMNA LITO-ESTRATIGRÁFICA MIEMBRO INFERIOR	
TESISTA:	NUÑEZ JARA JHON ARNOLD	
ASESOR	Dr. QUISPE MAMANI CRISPÍN ZENÓN	
ESCALA:	1:1300	DATUM: WGS - 84 - ZONA 17S
		FECHA ENERO 2025



LEYENDA

Arenisca

Limolitas

Lutitas

Conglomerado

Óxidos de Hierro

Óxidos de Manganeso

Litofacie de lanura deltaica superior

Litofacie de frente deltaico

Litofacie de llanura deltaica inferior

Estratificación Paralela

Laminación Paralela

Laminación Ondulada

Estratificación Flaser

Estratificación Lenticular

Marcas de Carga

Laminación Sesgada

Estratificación Sesgada Planar

Nódulos de Areniscas

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

TESIS:	CARACTERIZACIÓN LITO-ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN FARRAT EN EL CENTRO POBLADO CHUCHUN, DISTRITO DE NAMORA	PLANO: 09			
PLANO:	COLUMNA LITO-ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN FARRAT				
TESISTA:	NUÑEZ JARA JHON ARNOLD				
ASESOR	Dr. QUISPE MAMANI CRISPÍN ZENÓN				
ESCALA:	1:1300	DATUM:	WGS - 84 - ZONA 17S	FECHA	ENERO 2025