

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS

**CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN
PARIATAMBO EN LAS ZONAS DE PUYLLUCANA, MATARA Y CELENDÍN**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

AUTOR:

BACH. LUCIA DEL PILAR HUACHUA ABREGÚ

ASESOR:

DR. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI

CAJAMARCA-PERÚ

2023

AGRADECIMIENTO

A Dios, Jesús por brindarme la sabiduría y las fuerzas necesarias para lograr mis metas, rodearme de las personas que tanto amor tengo.

A la Universidad Nacional de Cajamarca, porque me siento tan orgullosa de haber pertenecido a sus aulas, a mi querida Escuela Profesional de Ingeniera Geológica, por su enseñanza contribuyeron a realizar esta investigación.

A mi estimado asesor Dr. Ing. Zenón Quispe Mamani, con su calidad humana y sabiduría, me brindó la confianza y consejos de mejoramiento intelectual para continuar con la presente investigación ¡Muchas gracias!

La autora

DEDICATORIA

A mi amada madre, con mucho amor María
Elena por demostrarme grandes virtudes, y
encaminar mi vida profesional.

A mi hijo, Liam, por ser el motivo principal de mi
vida y llenar de alegría mis días.

A Robert, por ser la compañía y apoyo todos
los días, me mostró el amor a la geología.

ÍNDICE

| | Pág. |
|--|------|
| AGRADECIMIENTO | ii |
| DEDICATORIA | iii |
| LISTA DE ABREVIATURAS | vii |
| LISTA DE CUADROS | ix |
| LISTA DE FIGURAS | xi |
| LISTA DE PLANOS | xvii |
| RESUMEN | xix |
| ABSTRACT | xx |
| | |
| CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN | 1 |
| | |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO | 4 |
| 2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS | 4 |
| 2.1.1 INTERNACIONALES | 4 |
| 2.1.2 NACIONALES | 7 |
| 2.1.3 LOCALES | 10 |
| 2.2 BASES TEÓRICAS | 13 |
| 2.2.1 ESTRATIGRAFÍA | 13 |
| 2.2.2 PRINCIPIOS ESTRATIGRÁFICOS | 13 |
| 2.2.2.1 PRINCIPIO DE LA HORIZONTALIDAD ORIGINAL | 13 |
| 2.2.2.2 PRINCIPIO DE LA SUPERPOSICIÓN | 13 |
| 2.2.2.3 PRINCIPIO DEL UNIFORMISMO O ACTUALISMO | 15 |
| 2.2.2.4 PRINCIPIO RELACIONES DE CORTE OBLICUO Y INCLUSIÓN | 15 |
| 2.2.2.5 PRINCIPIO DE LA CORRELACIÓN PALEONTOLÓGICA | 16 |
| 2.2.2.6 PRINCIPIO LEY DE SUCESIÓN DE FACIES | 17 |
| 2.2.3 ESTRATIFICACIÓN DE ROCAS SEDIMENTARIAS | 18 |
| 2.2.3.1 MEDIDAS DE ESTRATIFICACIÓN | 19 |
| 2.2.3.2 TIPOS DE ESTRATIFICACIÓN | 20 |
| 2.2.4 UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS | 23 |
| 2.2.4.1 LITOSTRATIGRAFÍA | 24 |
| 2.2.4.2 BIOSTRATIGRAFÍA | 26 |
| 2.2.4.3 CRONOSTRATIGRAFÍA | 34 |

| | | |
|---|---|-----------|
| 2.3 | DEFINICIÓN DE TÉRMINOS | 36 |
| | | |
| CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO | | 38 |
| 3.1 | UBICACIÓN | 38 |
| 3.2 | ACCESIBILIDAD | 39 |
| 3.3 | CLIMA | 40 |
| 3.4 | VEGETACIÓN | 46 |
| 3.5 | HIDROLOGÍA | 47 |
| 3.6 | GEOMORFOLOGÍA | 50 |
| 3.7 | GEOLOGÍA REGIONAL | 54 |
| 3.8 | GEOLOGÍA LOCAL | 57 |
| 3.9 | METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN | 61 |
| 3.9.1 | TIPO, NIVEL, DISEÑO, NATURALEZA Y FINALIDAD | 61 |
| 3.9.2 | POBLACIÓN | 63 |
| 3.9.3 | MUESTRA | 63 |
| 3.9.4 | UNIDAD DE ANÁLISIS | 63 |
| 3.9.5 | IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES | 63 |
| 3.9.6 | TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN DE DATOS | 64 |
| 3.9.7 | ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS | 65 |
| 3.9.8 | MATERIALES, EQUIPOS Y SOFTWARES | 65 |
| 3.9.8.1 | RECURSOS | 66 |
| 3.9.8.2 | EQUIPOS | 66 |
| 3.9.8.3 | SOFTWARE | 67 |
| | | |
| CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN | | 68 |
| 4.1 | PRESENTACIÓN DE RESULTADOS | 68 |
| 4.2 | CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS | 91 |
| | | |
| CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | | 92 |
| 5.1 | CONCLUSIONES | 92 |
| 5.2 | RECOMENDACIONES | 94 |

| | |
|---|------------|
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 95 |
| ANEXOS | 100 |
| ANEXO A: ZONA CELENDÍN | 101 |
| ANEXO B: PUYLLUCANA | 108 |
| ANEXO C: ZONA MATARA | 115 |
| ANEXO D: COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS | 122 |
| ANEXO E: CORRELACIÓN ESTRATIGRÁFICA | 126 |
| ANEXO F: CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA | 128 |
| ANEXO G: CLASIFICACIÓN DE ROCAS CARBONATADAS | 132 |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | | |
|-------------------|---|--|
| WGS-84 | : | Sistema Geodésico Mundial 1984. |
| UTM | : | Universal Transversal de Mercator. |
| GPS | : | Sistema de posicionamiento global. |
| UNC | : | Universidad Nacional de Cajamarca. |
| Dr. | : | Doctor. |
| INGEMMET | : | Instituto geológico minero y metalúrgico del Perú. |
| S.A. | : | Sociedad anónima. |
| S.A.C. | : | Sociedad anónima cerrada. |
| S.L. | : | Sociedad limitada. |
| SENAMHI | : | Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú. |
| SASPlanet | : | SAS.Planeta |
| GEOCATMIN | : | Sistema de información geológico y catastral minero. |
| UNMSM | : | Universidad Nacional Mayor de San Marcos. |
| FIGMMG | : | Facultad de ingeniería geológica, minera metalúrgica y geográfica. |
| ISSN | : | Numero internacional normalizado de publicaciones Seriadas. |
| N° | : | Número. |
| FD | : | Flanco derecho. |
| FI | : | Flanco izquierdo. |
| SI | : | Formación Portezuelo. |
| SII | : | Formación Plottier. |
| i,ii, iii,... | : | Números romanos. |
| 1,2,3,.. | : | Números arábigos. |
| Etc. | : | Etcétera. |
| Av. | : | Avenida. |
| Jr. | : | Jirón. |
| 15-f | : | Cuadrángulo geológico. |
| Az. | : | Azimut. |
| Bz. | : | Buzamiento. |
| Esc. | : | Escala. |
| Dr. | : | Doctor. |
| Bach. | : | Bachiller. |
| Fm. | : | Formación geológica. |
| Qda. | : | Quebrada. |
| Inf. | : | Inferior. |
| Sup. | : | Superior. |
| A ,B, C, D | : | Miembro |
| CaCO ₃ | : | Carbonato de calcio. |
| SE | : | Secuencia estratigráfica. |
| E1, E2,... | : | Muestra. |
| SMF18,... | : | Microfacie. |
| et al., | : | Otros. |
| HST | : | Mar bajo. |

| | | |
|-------|---|--------------------------------|
| Pág. | : | Página. |
| Fig. | : | Figura. |
| VOL. | : | Volumen. |
| h. | : | Hora. |
| min. | : | Minuto. |
| Kg. | : | Kilogramos. |
| Ma. | : | Millones de años |
| Ha. | : | Hectárea. |
| Km. | : | Kilómetro. |
| m. | : | Metro. |
| cm. | : | Centímetro. |
| mm. | : | Milímetro. |
| % | : | Porcentaje. |
| ° | : | Grado. |
| ' | : | Minutos. |
| '' | : | Segundos. |
| msnm. | : | Metros sobre el nivel del mar. |
| °C | : | Temperatura. |
| N | : | Norte. |
| S | : | Sur. |
| E | : | Este. |
| W | : | Oeste. |

LISTA DE CUADROS

| | Pág. |
|---|------|
| Cuadro 3.1. Coordenadas de delimitación - zona de investigación. | 38 |
| Cuadro 3.2. Cronograma de recorrido - Zona Celendín. | 39 |
| Cuadro 3.3. Cronograma de recorrido - Zona Puyllucana. | 40 |
| Cuadro 3.4. Cronograma de recorrido - Zona Matara. | 40 |
| Cuadro 3.5. Área de investigación de la Formación Pariatambo, para clasificación de las unidades geomorfofenéticas. | 53 |
| Cuadro 3.6. Unidades geomorfofenéticas que conforman el área de investigación Formación Pariatambo. | 54 |
| Cuadro 3.7. Clasificación de la metodología de investigación – utilizada en la tesis. Fuente: Modificado de Supo (2016). | 63 |
| Cuadro 3.8. Identificación de variable | 64 |
| Cuadro 4.1. Coordenadas de contactos de las formaciones: Infrayacente y suprayacente, de la Formación Pariatambo - Zona Celendín. | 70 |
| Cuadro 4.2. Coordenadas de contactos de las formaciones: Infrayacente y suprayacente, de la Formación Pariatambo - zona Puyllucana. | 76 |
| Cuadro 4.3. Coordenadas de contactos de las formaciones: Infrayacente y suprayacente, de la Formación Pariatambo - zona Matara. | 82 |
| Cuadro 5.1. Clasificación de rocas carbonatadas - Formación Pariatambo (C-01): Zona Celendín. | 133 |
| Cuadro 5.2. Clasificación de rocas carbonatadas - Formación Pariatambo (C-02): Zona Celendín. | 134 |
| Cuadro 5.3. Clasificación de rocas carbonatadas - Formación Pariatambo (C-03): Zona Celendín. | 135 |
| Cuadro 5.4. Clasificación de rocas carbonatadas - Formación Pariatambo (C-04): Zona Celendín. | 136 |
| Cuadro 5.5. Clasificación de rocas carbonatadas - Formación Pariatambo (C-05): Zona Celendín. | 137 |
| Cuadro 5.6. Clasificación de rocas carbonatadas - Formación Pariatambo (C-06): Zona Celendín. | 138 |
| Cuadro 5.7. Clasificación de rocas carbonatadas - Formación Pariatambo (P-01): Zona Puyllucana. | 139 |
| Cuadro 5.8. Clasificación de rocas carbonatadas - Formación Pariatambo (P-02): Zona Puyllucana. | 140 |
| Cuadro 5.9. Clasificación de rocas carbonatadas - Formación Pariatambo (P-03): Zona Puyllucana. | 141 |
| Cuadro 5.10. Clasificación de rocas carbonatadas - Formación Pariatambo (P-04): Zona Puyllucana. | 142 |
| Cuadro 5.11. Clasificación de rocas carbonatadas - Formación Pariatambo (P-05): Zona Puyllucana. | 143 |
| Cuadro 5.12. Clasificación de rocas carbonatadas - Formación | 144 |

| | Pág. |
|--------------|---|
| | Pariatambo (P-06): Zona Puyllucana. |
| Cuadro 5.13. | Clasificación de rocas carbonatadas - Formación Pariatambo (M-01): Zona Matara. 145 |
| Cuadro 5.14. | Clasificación de rocas carbonatadas - Formación Pariatambo (M-02): Zona Matara. 146 |
| Cuadro 5.15. | Clasificación de rocas carbonatadas - Formación Pariatambo (M-03): Zona Matara. 147 |
| Cuadro 5.16. | Clasificación de rocas carbonatadas - Formación Pariatambo (M-04): Zona Matara. 148 |
| Cuadro 5.17. | Clasificación de rocas carbonatadas - Formación Pariatambo (M-05): Zona Matara. 149 |
| Cuadro 5.18. | Clasificación de rocas carbonatadas – Formación Pariatambo (M-06): Zona Matara. 150 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|------|
| Figura 2.1. Muestra los principios de la horizontalidad original, superposición y continuidad lateral. Fuente: Caballero, 2017. | 14 |
| Figura 2.2. Muestra los principios relaciones de corte y de inclusión. Fuente: Caballero, 2017. | 16 |
| Figura 2.3 Muestra los principios sucesión faunística. Fuente: Caballero, 2017. | 17 |
| Figura 2.4. Sucesión de facies en la horizontal es la misma que la que se encuentra en la vertical. Fuente: Walther, 1894. | 18 |
| Figura 2.5. Subunidades de la estratificación sedimentaria. Fuente: Agueda, 2004. | 19 |
| Figura 2.6. Primera fila medida de espesor de estratos: 1 Espero de estrato 2 Espesor de conjunto de estratos. Fuente: Agueda, 2004. | 20 |
| Figura 2.7. Geometría de estratos. Fuente: Agueda, 2004. | 21 |
| Figura 2.8. Tipos de asociaciones de estratos de acuerdo con la distribución de los espesores y de las litologías presentes. Fuente: Agueda, 2004. | 22 |
| Figura 2.9. Representación esquemática de los principales litologías verticales y contactos laterales entre unidades litológicas. Los contactos verticales incluyen los cambios, progresivos, graduales e intercalados, logrando ser lateralmente continuas o pueden cambiar lateralmente en punta, intercalada o gradación lateral. Fuente: Boggs, 2006. | 23 |
| Figura 2.10. Representación esquemática de la escala de sedimentación cíclica en el registro estratigráfico. Ma = millón de años. Fuente: Einsele, Rieken y Seilacher, (1991). | 24 |
| Figura 2.11. Ilustración de la diferencia entre emparejamiento y correlación. A. Correlación aparente mediante la igualdad de estratos de apariencia similar. B. Litocorrelación real. Fuente: Boggs, 2006. | 26 |
| Figura 2.12. Diagrama que ilustra gráficamente el principio de correlación por conjuntos fósiles. Fuente: De Moore, La Licker y Fisher, 1952. | 27 |
| Figura 2.13. Sección estratigráfica hipotética ilustrando gran número de taxones fósiles que pueden estar involucrados en la correlación por biozonas de ensamblaje. Las líneas negras verticales | 28 |

- representan los rangos compuestos de las especies que se encuentran en varias secciones locales. La columna de la derecha muestra una interpretación que podría extraerse de estos datos fósiles.
Fuente: Nostrand, 1977.
- Figura 2.14. Diagrama esquemático que ilustra por qué la correlación por biozonas de abundancia puede no producir una correlación de tiempo real. La misma especie puede alcanzar su máxima abundancia en diferentes momentos en diferentes localidades. La abundancia relativa aumenta hacia la derecha. 29
Fuente: Boggs, 2006.
- Figura 2.15. Correlación entre dos secciones hipotéticas sobre la base de rango de taxón y biozonas de intervalo. Tenga en cuenta que aquí se utilizan varios tipos de zonas de intervalo para la correlación. La Zona 1 es el rango vertical total de la Especie A (zona de rango taxonómico); La Zona 2 es una zona de intervalo definida por la última aparición de la Especie A y la primera aparición de la Especie B; La zona 4 está formada por los rangos superpuestos de las especies B y C; etc. 31
Fuente: Boggs, 2006.
- Figura 2.16. Secciones estratigráficas con rangos de especies fósiles (Especies 1 a 12) graficadas en m. sobre la base de la sección. Las secciones A y B contienen fósiles idénticos con lapsos de tiempo idénticos; sin embargo, la Sección B representa sólo la mitad de la tasa de acumulación de sedimentos. 32
Fuente: Boggs, 2006.
- Figura 2.17. Ilustración del método de correlación gráfica utilizando los datos que se muestran en la Figura 2.17. Las líneas punteadas ilustran cómo se traza la base o la parte superior de una zona de rango en una sección contra una base equivalente. Una vez trazada la línea de correlación, cualquier parte de la Sección A se puede correlacionar con la parte equivalente de la Sección B. 33
Fuente: Boggs, 2006.
- Figura 2.18. Relaciones entre las unidades litoestratigráficas, bioestratigráficas y cronoestratigráficas. 34
Fuente: Corrales et al., 1977.
- Figura 2.19. Correlación temporal por posición en un ciclo transgresivo-regresivo. La línea que conecta los puntos de las condiciones de aguas más 35

| | Pág. |
|--------------|--|
| | profundas es una línea de tiempo. Fuente: Israelski, 1949. |
| Figura 2.20. | 36 |
| | Sedimentación de ciclo transgresivo-regresivo y correlación de eventos en el Eoceno de la Isla de Wight en el sur de Inglaterra. Fuente: Ager, 1993. |
| Figura 3.1. | 41 |
| | A. Ruta de acceso a la zona Celendín. B. Ubicación satelital de zona Celendín. Fuente: Google Maps, 2022. |
| Figura 3.2. | 42 |
| | A. Ruta de acceso a la zona Puyllucana. B. Ubicación satelital de zona Puyllucana. Fuente: Google Maps, 2022. |
| Figura 3.3. | 43 |
| | A. Ruta de acceso a la zona Matara. B. Ubicación satelital de zona Matara. Fuente: Google Maps, 2022. |
| Figura 3.4. | 44 |
| | Histograma meteorológico de la estación convencional: La Encañada – zona Celendín. Fuente: Senamhi, 2022. |
| Figura 3.5. | 45 |
| | Histograma meteorológico de la estación convencional: La Victoria – zona Puyllucana. Fuente: Senamhi, 2021 - 2022. |
| Figura 3.6. | 46 |
| | Histograma meteorológico de la estación convencional: La Victoria – zona Matara. Fuente: Senamhi, 2022. |
| Figura 3.7. | 47 |
| | Evacuación de aguas de la quebrada Huauco, pasa por del distrito de Sucre, confluyendo a la quebrada La Pacha WNW-ESE. Zona Celendín. |
| Figura 3.8. | 48 |
| | Zona de investigación de limitada por la quebrada Pastoreo, evacuando sus aguas al río Chucsen, evidenciándose superficies de erosión. Zona Matara. |
| Figura 3.9. | 49 |
| | Drenaje de la quebrada Puyllucana con orientación ESE-WNW, delimitados entre los cerros: Condorpuñuna y Conorpunta. Zona Puyllucana. |
| Figura 3.10. | 51 |
| | Lomadas y laderas, ubicadas en el techo de la secuencia estratigráfica de la Formación Pariatambo, compuestas las lomadas por Depósitos: Aluviales y Eluvial-Deluviales; y laderas compuestas por afloramientos rocosos y Depósitos Eluvial-Deluviales. Zona Celendín. |
| Figura 3.11. | 52 |
| | Modelamiento superficial de la zona de investigación conformada por: Planicies y lomada, expuesta a intensa erosión por estar compuesta por: Margas, lutitas, calizas nodulares y calizas masivas, conformando Depósitos: Aluviales, Deluviales y Eluvial-Deluviales. Zona Matara. |

| | Pág. |
|---|------|
| Figura 3.12. Geomorfología delimitada por: Planicies, lomada y laderas; compuestas por basamentos rocosos y Depósitos: Aluviales, Deluviales y Eluvial-Deluviales. Zona Puyllucana. | 53 |
| Figura 3.13. Columna estratigráfica de la región de Cajamarca, ubicando a la Formación Pariatambo. Fuente: Ingemmet, 2007. | 57 |
| Figura 3.14. Secuencia estratigráfica de la Formación Pariatambo compuesta por calizas de tabulares de espesor: 0.25 m. a 0.30 m., con intercalaciones de calizas nodulares de espesor: 0.10 m. a 0.15 m. de coloración bituminosa. Zona Celendín. | 58 |
| Figura 3.15. Secuencia estratigráfica de la Formación Pariatambo compuesta de lutitas de textura fisil de espesor: 0.70 m. a 1.60 m., de coloración parduzcas, con intercalaciones de calizas nodulares de espesor: 0.80 m. a 1.00 m. de color amarillento a anaranjado. Zona Matara. | 59 |
| Figura 3.16. Formación Pariatambo, compuesto por secuencia de calizas: Nodulares y lenticulares, con intercalaciones lutitas bituminosas de espesor: 0.10 m. 0.15 m. Zona Puyllucana. | 60 |
| Figura 3.17. Equipos empleados para el cartografiado litobioestratigráfico de la Formación Pariatambo. | 66 |
| Figura 3.18. Softwares utilizados para el procesamiento de información de la tesis de investigación. | 67 |
| Figura 4.1. Vista panorámica desde Google Earth, delimitando la Formación Pariatambo: Piso y techo, cortado transversalmente por la trocha carrozable - Zona Celendín. | 71 |
| Figura 4.2. Contacto entre la Formación: Pariatambo (Estratos de calizas nodulares) y Yumagual (Estratos de calizas tabulares). | 73 |
| Figura 4.3. Calizas estratificadas de grosor: 0.30 m. a 0.35 m., silicificadas en el techo de la Formación Pariatambo, formado por procesos diagenéticos. | 73 |
| Figura 4.4. A. Estratos de caliza de: 0.10 m. a 0.15 m., con intercalaciones lutáceas de espesor: 0.05 m. a 0.10 m. B. Laminación convoluta en la secuencia lutácea. | 74 |
| Figura 4.5. A. Piso de la Formación Pariatambo compuesta por secuencias lutáceas color parduzco con abundante contenido fosilífero (Bivalvos). B. Biozona fosilífera. | 74 |

| | Pág. | |
|--------------|---|----|
| Figura 4.6. | Bivalvo, ubicado en el miembro superior, en los paquetes lutáceos de color parduzco a 352.00 m.; con dimensiones: Largo 2.00 cm., ancho 1.80 cm. y altura 0.60 cm. | 75 |
| Figura 4.7. | A. Equinodermo vista aboral (Dorsal) invertida, ubicado en el miembro inferior, en los paquetes lutáceos de color parduzco a 35.00 m.; con dimensiones: Largo 2.70 cm., ancho 2.50 cm. y altura 1.20 cm. B. vista adoral (Ventral), Equinodermo observándose espuelas | 75 |
| Figura 4.8. | Vista panorámica desde Google Earth, delimitando la Formación Pariatambo: Piso y techo, cortado transversalmente por la Quebrada: Puyllucana y Samana, y carretera provincial – Zona Puyllucana. | 76 |
| Figura 4.9. | Contacto en el piso de la secuencia litobioestratigráfica, entre la Formación: Chúlec y Pariatambo, delimitando por calizas nodulares de coloraciones cremas a amarillentas y estratos competentes de calizas bituminosas. | 78 |
| Figura 4.10. | Contacto entre la Formación: Pariatambo y Yumagual, delimitando por calizas nodulares de color bituminoso y estratos potentes de calizas gris verdosas. | 79 |
| Figura 4.11. | Intercalaciones de calizas tabulares de espesor: 0.10 m. a 0.15 m., con paquetes lutáceos de espesor 0.35 m. a 0.45 m. de coloración bituminosa. | 79 |
| Figura 4.12. | Calizas silicificadas de espesor: 4.00 m. a 4.70 m., con bandeamientos de coloración: Grises, negruzcos a violáceos; ubicada en la quebrada Samanay. | 80 |
| Figura 4.13. | Intercalación de calizas (Espesor: 0.20 m. a 0.25 m.) y lutitas de espesor: 0.35 m. a 0.50 m., de colocación bituminosa de textura fisil. | 80 |
| Figura 4.14. | Huellas de amonites de diámetros 0.20 m. a 0.25 m., ubicado en las calizas bituminosas en el miembro medio de la Formación Pariatambo. | 81 |
| Figura 4.15. | A. Intercalación de calizas: Masivas y nodulares, secuencias lutáceas. B. Bivalvo ubicado en calizas nodulares del miembro inferior. | 81 |
| Figura 4.16. | Vista panorámica desde Google Earth, delimitando la Formación Pariatambo: Piso y techo, cortado transversalmente por: Quebrada Pastoreo y camino de herradura - Zona Matara. | 82 |
| Figura 4.17. | Contacto en el techo de la secuencia litobioestratigráfica de la Formación: Pariatambo y Yumagual, compuesta por: Lutitas de textura | 84 |

| | Pág. |
|--------------|---|
| | fisil, calizas nodulares de color amarillento a crema y chert de color bituminoso. |
| Figura 4.18. | 85 |
| | Secuencia de calizas nodulares y lutitas, ubicadas en el miembro superior, presentando biozonas: Amonites y bivalvos. |
| Figura 4.19. | 85 |
| | Secuencia de calizas nodulares y lutitas, ubicadas en el miembro superior, presentando biozonas: Bivalvos, equinodermos, amonites y gasterópodos. |
| Figura 4.20. | 86 |
| | A. Equinodermos, perteneciente a la orden cidaroida, de vista aboral (Dorsal) del Equinodermos de forma pentagonal, con diámetro: 2.80 cm. y altura 0.8 cm. B. Vista adoral (Ventral), presentando un orificio 1.00 cm. Ubicado en el miembro superior. |
| Figura 4.21. | 86 |
| | Equinodermos, perteneciente a la orden holasteroida, de vista aboral (Dorsal) del Equinodermos, con longitud: 2.40 cm., ancho: 2.00 cm., y altura 1.3 cm. Ubicado en el miembro superior. |
| Figura 4.22. | 87 |
| | Vista adoral (Ventral), presentando un orificio 3.00 mm. en la parte superior. Ubicado en el miembro superior. |
| Figura 4.23. | 87 |
| | A. Equinodermos, perteneciente a la orden echinothurioida, de vista aboral (Dorsal) del Equinodermos, con diámetro: 4.70 cm. y altura 2.20 cm. B. Vista adoral (Ventral), observando el sistema apical, interambulacro. |
| Figura 4.24. | 88 |
| | Amonite constituido por roca caliza de diámetro 6 cm. y espesor 1.2 cm. a 1.8 cm. con ornamentación de: Forma de costilla – recta, protuberancia – clavo y líneas de sutura – ceratitida. Ubicado en el miembro superior. |
| Figura 4.25. | 88 |
| | Vista aboral (Dorsal) del Bivalvo constituido por roca caliza de diámetro 10 cm. y ancho 8.50 cm. Ubicado en el miembro superior. |
| Figura 4.26. | 90 |
| | Litobioestratigrafía de los tres miembros – Formación Pariatambo, de las zonas, de las zonas: Celendín, Puyllucana y Matara. |

LISTA DE PLANOS

| | Pág. |
|--|------|
| ZONA CELENDÍN | |
| IMAGEN SATELITAL SASPLANET – BING MAPS (C-01) | 102 |
| MDE (MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN) (C-02) | 103 |
| GEOLOGICO REGIONAL – ESTRUCTURAL (C-03) | 104 |
| GEOLOGICO LOCAL – ESTRUCTURAL (C-04) | 105 |
| UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS (C-05) | 106 |
| GEOMORFOLÓGICO ALTITUDINAL (C-06) | 107 |
| ZONA PUYLLUCANA | |
| IMAGEN SATELITAL SASPLANET – BING MAPS (P-01) | 109 |
| MDE (MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN) (P-02) | 110 |
| GEOLOGICO REGIONAL – ESTRUCTURAL (P-03) | 111 |
| GEOLOGICO LOCAL – ESTRUCTURAL (P-04) | 112 |
| UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS (P-05) | 113 |
| GEOMORFOLÓGICO ALTITUDINAL (P-06) | 114 |
| ZONA MATARA | |
| IMAGEN SATELITAL SASPLANET – BING MAPS (M-01) | 116 |
| MDE (MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN) (M-02) | 117 |
| GEOLOGICO REGIONAL – ESTRUCTURAL (M-03) | 118 |
| GEOLOGICO LOCAL – ESTRUCTURAL (M-04) | 119 |
| UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS (M-05) | 120 |
| GEOMORFOLÓGICO ALTITUDINAL (M-06) | 121 |
| COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS | |
| COLUMNA ESTRATIGRÁFICA FORMACIÓN PARIATAMBO – ZONA CELENDÍN | 123 |
| COLUMNA ESTRATIGRÁFICA FORMACIÓN PARIATAMBO – ZONA PUYLLUCANA | 124 |
| COLUMNA ESTRATIGRÁFICA FORMACIÓN PARIATAMBO – ZONA MATARA | 125 |
| CORRELACIÓN ESTRATIGRÁFICAS | |
| COLUMNA DE COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS | 127 |
| CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA | |
| CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA ZONA: MATARA – CELENDÍN | 129 |
| CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA ZONA: | 130 |

MATARA – PUYLLUCANA
CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA ZONA:
CELENDÍN – PUYLLUCANA

Pág.

131

RESUMEN

La estratigrafía de la Formación Pariatambo, estudiado en la zona: Celendín, Puyllucana y Matara; están delimitados por alineamiento montañosos Occidentales. Definiendo como objetivos: Determinar la litología, estructuras y texturas estratigráficas; identificar los eventos de depositación de acuerdo con las unidades litoestratigráfica. Litológicamente presenta rocas calizas bituminosas de color negruzco, con facies lutáceas de color negruzco a parduzco y chert. Litobioestratigráfico presenta tres miembros: **Inferior** (Presenta calizas masivas de color bituminoso, con secuencias de calizas nodulares y fósiles: Amonites, bivalvos, equinodermos y gasterópodos; y lutitas, con espesor: 0.0 m. a 98 m. (Celendín), 0.0 m. a 70 m. (Puyllucana) y 0.0 m. a 80 m. (Matara), **Medio** (Celendín presenta calizas masivas con bajos contenidos lutáceos y calizas nodulares, en Puyllucana presenta calizas masivas con secuencias intercaladas de calizas: Nodulares y lenticular, y lutitas; en la zona Matara tiene alto contenido de margas de gran amplitud en algunos tramos con intercalaciones de calizas nodulares y lutitas, definiendo biozonas: Bivalvos, amonites y equinodermos; con espesor: Celendín (98 m. a 300 m.), Puyllucana (70 m. a 150 m.) y Matara (80 m. a 240 m.) y **superior** (Celendín tiene calizas masivas, con bajos contenidos de calizas nodulares, margas y lutitas, con fósiles: Bivalvos y equinodermos; constituyendo un espesor: 300 m. a 378 m.; la zona Puyllucana, presenta secuencias de calizas: Masivas, lenticulares y nodulares; margas y paquetes lutáceos, con biozonas de amonites, con espesor: 150 m. a 251.50 m.; y Matara está formado por intercalaciones de calizas nodulares y lutitas con contenidos fosilíferos: Amonites, bivalvos, equinodermos y gasterópodos; secuencias de calizas silicificadas, constituyendo espesor: 240 m. a 388.25 m.).

Palabras clave: Estratificación, biozona, estructuras, laminaciones y litología.

ABSTRACT

The stratigraphy of the Pariatambo Formation, studied in the area: Celendín, Puyllucana and Matara; they are delimited by western mountainous alignment. Defining as objectives: Determine the lithology, stratigraphic structures and textures; identify depositional events according to lithostratigraphic units. Lithologically, it presents blackish bituminous limestone rocks, with blackish to brownish and chert luteaceous facies. Lithobiostratigraphic has three members: Lower (Presents massive limestone of bituminous color, with sequences of nodular and fossil limestone: Ammonites, bivalves, echinoderms and gastropods; and shales, with thickness: 0.0 m. to 98 m. (Celendín), 0.0 m. at 70 m (Puyllucana) and 0.0 to 80 m (Matara), Middle (Celendín presents massive limestones with low lutaceous contents and nodular limestones, in Puyllucana it presents massive limestones with interspersed sequences of limestones: nodular and lenticular, and shales ; in the Matara zone it has a high content of marls of great amplitude in some sections with intercalations of nodular limestones and shales, defining biozones: bivalves, ammonites and echinoderms; with thickness: Celendín (98 m. to 300 m.), Puyllucana (70 m. to 150 m.) and Matara (80 m. to 240 m.) and higher (Celendín has massive limestone, with low contents of nodular limestone, marl and shales, with fossils: bivalves and echinoderms; constituting a thickness: 300 m .at 378 m., the Puyllucana zone, presents limestone sequences: massive, lenticular and nodular; marls and lutaceous packages, with ammonite biozones, with a thickness: 150 m. at 251.50 m.; and Matara is formed by intercalations of nodular limestones and shales with fossiliferous contents: Ammonites, bivalves, echinoderms and gastropods; sequences of silicified limestone, constituting thickness: 240 m. at 388.25 m.).

Keywords: Stratification, biozone, structures, laminations and lithology.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La estratigrafía, interpreta los procesos que condicionan la formación de la roca, de acuerdo con las características como: Tiempo geológico, facies, litología, ambiente de depositación, estratificación, secuencias, texturas y composición de rocas sedimentarias carbonatadas; lo que constituyen evidencias para estudios litoestratigráficos. Sin embargo, la correlación estratigráfica permitió identificar la correspondencia de superficies isócronas y la comparación temporal de dos o más secciones lito-bio-cronoestratigráficas. Por consiguiente el sistema Cretácico Superior de los Andes Norperuanos, involucra a la Formación Pariatambo, implicando la alternancia de arcillitas grises, con lechos de calizas oscuras, con la característica de la presencia de materia orgánica en su depositación, esta materia pudo depositarse debido a la ausencia de oxígeno que se generó en el Albiano Medio - Superior, lo que generó las calizas: Mudstone y Wackstone, negras y bituminosas con un olor fétido al fracturarlas y margas gris fosilíferas, generalmente con restos de moluscos, entre los que predominan especies de origen pelágico siendo *Oxitropidoceras carbonarium*, el fósil guía del Albiano: Medio - superior. En Puyllucana, Matara y Celendín no tiene estudios de correlación litoestratigráfico de dicha Formación.

Mediante la formulación: ¿Cuál es la correlación litoestratigráfica de la Formación Pariatambo en las zonas de Puyllucana, Matara y Celendín?

Por lo contrario, la investigación radica, en brindar análisis de resultados de la correlación litoestratigráfica y los métodos en que los que se apoya para comprender el medio de depositación de las facies sedimentarias. Asimismo, la Formación Pariatambo en las zonas de Puyllucana, Matara y Celendín, no

presenta investigaciones a detalle sobre la litoestratigrafía por lo que, surge la necesidad de realizar el estudio para implementar a detalle y a nivel local los conocimientos de sus características litoestratigráficas. Los resultados obtenidos servirán como fuente para abordar estudios de similar naturaleza en el ámbito universitario actual, se convertirá en un referente para futuras investigaciones y complementa aquellas que se han elaborado.

Planteando la hipótesis, la correlación litoestratigráfica de la Formación Pariatambo en las zonas de Puyllucana, Matara y Celendín depende de los procesos sedimentarios y tectónicos. Asimismo, mediante el análisis de las características: Litológicas, texturas, ambientes de sedimentación, estructuras, tiempo cronoestratigráfico y facies sedimentarias. De igual forma, la Formación Pariatambo tiene relación con el Evento Anóxico Oceánico del Albiano en el Perú, debido al ambiente sedimentario fue propicio para que las rocas de esta Formación puedan tener alto contenido de materia orgánica y nódulos carbonatados.

Aplicando técnicas que se emplearán para el análisis: Documental, la observación y la toma de datos en campo teniendo en cuenta: Recolección de información en gabinete, salidas a campo para la toma de datos, toma de muestra, realización de columnas estratigráficas y la correlación estratigráfica. Logrando obtener información de campo como: Reconocimiento de facies, estructuras, tipo de litología, composición, serán plasmados en un plano topográfico y geológico, para así tratarlos en softwares especializados, para así analizar e interpretar, la litobioestratigrafía de la zona de investigación.

Planteándose como objetivo general: Realizar la correlación litoestratigráfica de la Formación Pariatambo en las zonas de Puyllucana, Matara y Celendín; y objetivos específicos: Determinar la litología, estructuras y texturas estratigráficas; identificar los eventos de depositación de acuerdo con las unidades litoestratigráfica; y elaborar perfiles y columnas estratigráficas. Basándose el desarrollo de la tesis de investigación en cinco capítulos:

Capítulo I: Define la problemática de la zona de investigación enfocado a investigación litobioestratigrafía.

Capítulo II: Delimita los límites de constatación del marco teórico de la investigación por: Antecedentes teóricos (Internacionales, nacionales y locales), bases teóricas y definición de términos.

Capítulo III: Lo conforma los materiales y métodos, enfocados a describir la zona de investigación conformada por: Ubicación, accesibilidad, clima, vegetación, hidrología, geomorfología, geología regional, geología local y metodología de la investigación

Capítulo IV: Sintetiza de manera concreta la investigación en función del análisis y discusión de resultados, desarrollado en el Capítulo III y discutido con el Capítulo II de acuerdo a los objetivos planteados; y finalmente contrasta la hipótesis planteada de acuerdo a los resultados de campo y gabinete.

Capítulo V: Concluye y recomienda la investigación mediante el desarrollo de objetivos de manera: Concreta y precisa, fundamentando toda la investigación mediante las referencias bibliográficas para obtener el carácter científico investigador

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS

2.1.1 INTERNACIONALES

Rafael et al. (2004), realizó “Aportaciones para la interpretación estratigráfica y estructural de la porción noroccidental de la sierra de Catorce, San Luis Potosí, México”. La estructura prominente está levantada en forma de pilar tectónico en el norte del Estado de San Luis Potosí, presentado una estructura interna fuertemente plegada, con exposición en su núcleo unidades estratigráficas más antiguas de la Mesa Central. Precizando que la estratigráfica comparable con las secuencias expuestas en la Mesa Central, están aflorando rocas mesozoicas, por secuencias: 1) Siliciclásticas marina hacia la base; 2) Intermedias de rocas volcánicas con algunos sedimentos clásticos del Jurásico Inferior a Medio; 3) Rocas clásticas continentales (capas rojas) de espesor muy variable, del Jurásico Medio Superior; y 4) Cubierta calcárea marina del Jurásico Superior al Cretácico Superior, que guarda una correlación con las facies y unidades reconocidas en la Sierra Madre Oriental de Nuevo León y Tamaulipas; presentado una transgresión marina del Jurásico Superior ocurre en la Sierra de Catorce hacia el Oxfordiano, en el tope de la Formación La Joya y base de la Formación Zuloaga, ya que capas rojas de la parte superior de la Formación La Joya pertenecen a un ambiente marino somero, de las facies calcáreas de la base de la Formación Zuloaga. Las unidades cretácicas son comparables a las facies carbonatadas del NE de México, culminando el Cretácico con depósitos eminentemente terrígenos del Campaniano–Maastrichtiano sin que se haya registrado la presencia del límite Cretácico Paleógeno-Neógeno.

Sánchez, Asurmendi y Armas (2014), investigó “Sedimentología y estratigrafía de alta resolución del subgrupo río Neuquén (Cretácico Superior) departamento confluencia, provincia de Neuquén, Argentina”. La cuenca Neuquina se extiende desde el este de la cordillera de los Andes en la Argentina hasta el centro-oeste de Chile, siendo una depresión ensiálica localizada en posiciones de intraarco y retoarco. Presentando dos secuencias estratigráficas (SI y SII): La sucesión (Formación Portezuelo-SI), se formó a partir de sistemas fluviales de baja y alta sinuosidad que drenaban hacia el noreste. La acreción lateral y oblicua es un rasgo importante de los sistemas de alta energía con carga mixta. Los depósitos de planicie de inundación dominan la estratigrafía, contribuyendo con más del 45% de los sedimentos. La Formación Plottier (SII) se acumuló a partir de un sistema de baja sinuosidad perenne con un buen desarrollo de los depósitos de planicie aluvial con eventos de inundaciones. La unidad se acumuló sobre una topografía con un gradiente general hacia el este-noreste. La arquitectura aluvial y patrones de apilamiento en el Subgrupo Río Neuquén estuvo controlada por la combinación de factores alogénicos, el más significativo fue la tectónica seguida por el clima. La sucesión del Cretácico Tardío en la cuenca de antepaís andina, depositada en la cuenca periférica, consiste de ciclos tectónicos que comprenden dos componentes: estratos depositados en una cuenca subalimentada (Formación Portezuelo, AA-SI) y sedimentación en una cuenca sobrealimentada sin un abultamiento periférico definido topográficamente (Formación Plottier, BA-SII).

Schwennicke et al. (2017), realizó “Evolución estratigráfica de la cuenca Los Barriles, Baja California Sur, México”. La cuenca Los Barriles, al norte de la cuenca San José del Cabo, forma parte de la Provincia Extensional del Golfo. Es un medio graben, limitado en su lado W por el sistema de fallas Los Barriles. Nuestra investigación confirma que éste no es parte de la falla San José del Cabo, sino una estructura independiente. Presentan tres secuencias estratigráficas: SE 1, SE 2 y SE 3. La SE 1 está conformada por las Formaciones: Los Barriles y Trinidad. La Formación Los Barriles se compone de conglomerado y arenisca formados en abanicos aluviales y está en contacto con el basamento plutónico y metamórfico cretácico en el W, mediante la falla Los Barriles, y en el E a través de una discordancia. La Formación Trinidad está constituida por

lodolita y arenisca de origen marino. Ambas formaciones se interdigitan e integran abanicos deltaicos sin capas frontales de crecimiento progresivo, sugiriendo una rápida subsidencia del bloque de techo a lo largo de la falla marginal. Nanofósiles calcáreos en la SE 1 indican una edad en la nanozona NN11 (Tortoniano tardío – Messiniano), señalando que la subsidencia de la cuenca inició en el Mioceno tardío, antes de la activación de la falla San José del Cabo en el Plioceno. La Formación Refugio (SE 2), compuesta por arenisca y conglomerado fosilífero de origen marino somero, cubre discordantemente a la Formación Trinidad y se interdigita lateralmente con la parte superior de la Formación Los Barriles, conformando un abanico deltaico de aguas someras, probablemente de edad pliocénica.

Moreira (2019), realizó “Bioestratigrafía y ambiente sedimentario de depositación de las calizas de la Formación San Eduardo (Eoceno) al Sur del bosque protector cerro Blanco, provincia del Guayas”. Se reconocieron cuatro litologías de la Formación San Eduardo como calizas: Brechoides, nodulares masivas margosasy chert. Petrográficamente se identificaron cinco tipos de calizas, en el afloramiento Ed1 (E2), Ed3 (E7) son packstone (caliza granular lodosa); y afloramiento Ed2 (E1-Micrítica, E3, E4, E5 y E6); son mudstone (lodolita), wackestone (caliza lodosa), grainstone (caliza granular) y crystalline (cristalina). Sin embargo, las muestras: E2, E3 y E7 contiene CaCO_3 > al 80 % de pureza; y en cambio E1, E4, E5 y E6 presentan < 55% CaCO_3 . Geocronológicamente las calizas en la zona sur de la Formación San Eduardo, tienen edad relativa Luteciense a Bartonense correspondiente al Eoceno Medio de un ambiente de plataforma de laguna abierta, en una rampa de interna a media, originándose en la estructura homoclinal carbonática. Mediante la clasificación de Flügel (2004), las láminas E1, E3 y E6 se identificaron como microfacies (RMF17); las láminas E2, E4 y E7 están clasificadas como microfacie (RMF 7), referentes a la rampa interna de la formación y la lámina E5 asociada a la microfacie (RMF 27) perteneciente a la rampa media. Por lo contrario, la clasificación de Wilson (1975), determinó que las láminas E1, E3 y E6 se asocian a microfacie (SMF 9); las láminas E2, E4 y E7 están vinculadas a microfacie (SMF 10) y la lámina E5 se estableció como microfacie (SMF 18).

2.1.2 NACIONALES

Cárdenas y Zelada (2022), realizó “Fósiles del Cretáceo hallados en los distritos de Sarín y Curgos, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad - Perú”. Se ubica en los distritos de Sarín y Curgos al sur de la ciudad de Huamachuco, litológicamente está conformado por: Calizas y lutitas, presentando biozonas fosilíferas correspondientes a ecosistemas marinos caracterizados por un mar de aguas poco profundas y cálidas el Thetys, producto de varias transgresiones marinas ocurridas durante el periodo Cretácico de los Andes. Identificándose seis géneros y dos especies. A nivel de especies un Ammonites del cretáceo medio sudamericano llamada Douvilleiceras aff. monile (Sowerby) (Douvilleiceratidae) y el bivalvo Venus costei (Veneridae); los géneros de las formas extintas de Ammonites cefalópodos: Acanthoceras (Acanthoceratidae) y Hoplites (Hoplitidae); los géneros de los Pelecípodos bivalvos: Aequipecten y Pecten, ambos de la familia Pectinidae; mientras, que en el Phylum Artrópoda, un Crustáceo decápodo probablemente ancestro de la familia Xanthidae. Precizando que la taxonomía y cronoestratigráfica a nivel de género y especie tres ammonites, dos gasterópodos y un alga habitante de las praderas marinas cretácicas. Valga recordar que el presente estudio a nivel de fósiles es el primero en el área de Curgos-Sarín y que en cuanto a la paleontología de los Ammonites peruanos ya lo decía Carlos Lisson (1908) evidenciarían polimorfismo intenso, precocidad estratigráfica, variabilidad y sincronía evolutiva con otras formas de Sudamérica, Norteamérica, Europa y Asia.

Pozo (2015), investigó “Estratigrafía de secuencias en rocas carboníferas Pérmicas en El Pongo de Mainique e integrada al subsuelo de la subcuenca Camisea, Cuzco - Perú”. El Pongo de Mainique se encuentra ubicado en el distrito Echarate, provincia Convención. Litológicamente se ubica en la Unidad Copacabana compuesta por: Calizas (80%), lutitas (19%) y areniscas (1%), con un espesor de 600 m. expuesto con buzamiento mayor 75° a 90°, presentando lutitas fisibles de color gris, calizas densas de color gris, chert y dolomías, ubicándose dentro de la faja plegada y fallada del frente andino, en el borde S-W de la cuenca de Madre de Dios, donde se observa y estudiar todas las rocas sedimentarias desde el Paleozoico (Ordovícico, Devoniano, Misisipiano,

Pensilvaniano y Pérmico), Mesozoico (Cretáceo) y Cenozoico (Terciario), las cuales son expuestas en posición normal y con buzamientos de capa casi verticales sumando 9,270 m. de espesor en todas las unidades sedimentarias. Geomorfológicamente es un accidente geográfico generado por el río Urubamba al cruzar el flanco oriental de la cordillera de los Andes, ocasionando un corte que permite la observación de todas las unidades estratigráficas desde Ordovícico – Silúrico hasta Terciario, destacándose la presencia de las Unidades Pérmicas productoras de gas y condensado del área de Camisea. Las secuencias estratigráficas están definidas por cuarto orden en la parte superior de los afloramientos de la Unidad Copacabana en el Pongo de Mainique se caracterizan por la asociación de facies lutáceas marinas en la base, wackestones, Packstone parte exterior de la rampa, grainstones en la parte media de la rampa, microbiales en la parte interna de la rampa; correspondiendo a sistemas encadenados de mar alto (HST) con patrón de apilamiento progradante, incrementado la porosidad hacia el tope. Identificándose tres secuencias con espesores variables entre 30 m. a 50 m.

García (2018), realizó la tesis “Litoestratigrafía de la formación Pichu e la parte alta de la cuenca del río Tambo (Moquegua – Puno, sur del Perú)”. Se ubicada en el borde Oriental de la Cordillera Occidental del Sur del Perú, entre los departamentos: Puno y Moquegua. Litológicamente el relleno representado por la Formación Pichu se produjo en cuencas contemporáneas, pero de diferente comportamiento geodinámico, en cuencas de intra-arco durante el Eoceno-Oligoceno Inferior originado por los diversos: Eventos volcánicos y facies sedimentarias. La Formación Pichu está conformado por cuatro miembros: A, B, C y D; comprendiendo una amplia variedad de ambientes sedimentarios como: Aluviales, fluviales, lacustrinos y volcánicos. Los tres sectores de correlación (Norte, Centro y Sur) permitieron establecer los miembros de la Formación Pichu. El Miembro A representa ambientes explosivos y efusivos, y se encuentra constituida por rocas lávicas andesíticas, tobas y brechas piroclásticas; el Miembro B representa ambientes aluvio-fluviales, y está constituido por: Conglomerados de areniscas, limolitas y niveles volcánicos explosivos; el Miembro C representa ambientes fluvio-lacustrinas, y está constituido por calizas, areniscas, limolitas y niveles volcánicos explosivos; y el Miembro D

representa ambientes aluvio-fluviales, constituido por conglomerados de areniscas, limolitas y niveles volcánicos explosivos. La distribución y disposición de los eventos volcánicos y facies sedimentarias se interpretan como el resultado de una actividad volcánica efusiva y explosiva contemporánea a la sedimentación en la cuenca.

Dunin, Jacay y Sánchez (2007), investigó “Genesis del carbón peruano en el marco de la tectónica global”. Los depósitos carboníferos en el Perú se han formado en cuencas paralelas al borde continental en tres periodos cortos de la historia geológica de la margen, sea margen Gondwana o sea margen andina. En el Perú hubo solo tres periodos relativamente cortos durante los cuales se cumplían las condiciones requeridas necesarias para la formación de los depósitos de carbón: Estos periodos fueron muy importantes para la geología histórica del Perú. Se trata de: Misisipano Inferior hace unos 330 Ma. (Viseano) Cretáceo de 140 Ma. a 130 Ma. (del Berriasiano a Valanginiano Inferior) y Neógeno (principalmente Mioceno) y Cuaternario durante los últimos 30 Ma.; cada uno de estos periodos está estrechamente vinculado con el desarrollo tectónico del Perú y particularmente con la deriva continental y/o lineamientos entre las placas, las causas inmediatas de la génesis es un claro indicador para el clima, geomorfología y latitud geográfica local e indirectamente para la deriva continental, tectónica regional y variaciones eustáticas del nivel del mar durante el Fanerozoico; cada uno de estos periodos está estrechamente vinculado con el desarrollo tectónico del Perú y particularmente con la deriva continental y/o lineamientos entre las placas. Las cuencas carboníferas peruanas fueron durante cada periodo de formación del carbón distintas, desarrollándose todas estas cuencas sub-paralelas al borde continental. El carbón del Misisipano Inferior 330 Ma. (Viseano) corresponde a carbones formados en sedimentos correspondientes a una cuenca de antepais. Mientras que los carbones del Cretáceo (Berriasiano al Valanginiano Inferior) se formaron en depósitos deltaicos de la Formación Oyón y parte basal del Grupo Goyllarisquizga. Por esto el estudio de las cuencas carboníferas aporta una visión integral de la geología del Perú en la geotectónica global.

2.1.3 LOCALES

Julca (2022), realizó “Caracterización lito-bioestratigráfica de la Formación Pariatambo en el caserío de Carahuanga del distrito de Baños del Inca”. La lito-bioestratigrafía de la Formación Pariatambo se caracteriza por la presencia de facies de calizas mudstone, wackestone y arcillitas en las que se evidenció estructuras sedimentarias como Laminaciones, estratificación lenticular, bioturbación y nódulos carbonatados y también una variedad importante de fósiles, en el miembro inferior por fósiles de amonites principalmente Oxytropidoceras, en el miembro medio se encontró fósiles de amonites (Oxytropidoceras) y bivalvos (Seyphax Coquand) y en el miembro superior se encontraron principalmente fósiles de bivalvos (Nucula). La columna estratigráfica de la Formación Pariatambo del Caserío de Carahuanga, se distinguen tres unidades litoestratigráficas: El Miembro inferior consta de secuencia rítmica de arcillitas y calizas bituminosas nodulares seguidas de una secuencia rítmica creciente de margas intercaladas con calizas; Miembro medio está formado por una secuencia rítmica de calizas mudstone y arcillitas y Miembro superior consta de secuencia rítmica de calizas wackestone nodulares intercaladas con arcillitas negruzcas y en la parte superior consta de un horizonte de calizas silicificadas mudstone y una capa de chert. Sin embargo, mediante el análisis macroscópico se distinguió Litofacies de Calizas bituminosas (Mudstone y Wackestone), Litofacies de Arcillitas Bituminosas, Litofacies de Margas, Litofacies de Calizas Margosas y Litofacies silícea (Chert). Biofacies de Ammonites, Biofacies de Bivalvos y Ammonites.

Mendoza (2021), investigó “Correlación litoestratigráfica de la Formación Yumagual en las zonas de Matara, San Marcos y Otuzco”. Definiendo que las condiciones de depositación de la Formación Yumagual mediante la litología pertenece al Albiano superior y cenomaniano inferior y consiste en una secuencia de margas y calizas, calizas y arcillitas, y arcillitas y margas. La Formación Yumagual se caracteriza por tener bastante contenido fosilífero (bivalvos, gasterópodos, cefalópodos e icnofósiles), textura y presencia fosilífera de esta formación, llegando a la conclusión que pertenece a un ambiente marino nerítico de plataforma carbonatada con entornos de rampa media de mar abierto

y de rampa interna con aguas poco profundas. Obteniendo que los espesores de la Formación Yumagual; en los lugares: Otuzco es 618 m. (Miembro Superior: 303 m., Miembro Medio: 212 m., Miembro Inferior: 103 m.), Matara es 514 m (Miembro Superior: 206 m., Miembro Medio: 144 m., Miembro Inferior: 164 m.). San Marcos es 607 m (Miembro Superior: 245 m., Miembro Medio: 166 m., Miembro Inferior: 196 m.). Identificando y describieron facies sedimentarias como. Calizas o calizas nodulares intercaladas con margas, calizas o calizas nodulares intercaladas con arcillitas y arcillitas intercaladas con margas; así también se describió la textura de las rocas que componen las facies mencionadas anteriormente y el tipo de secuencia sedimentaria de cada una de estas facies.

Bazán (2016), realizó “La Formación Pariatambo en los alrededores de Cajamarca y su relación con el evento anóxico oceánico del Albiano en el Perú mediante el análisis de secciones delgada”. Comprende tres lugares en los alrededores de Cajamarca en los sectores: Colpayoc, Ronquillo y Puyllucana, los dos primeros ubicados en el distrito de Cajamarca y el último en el distrito de Baños del Inca. La columna estratigráfica de la Formación Pariatambo en los alrededores de Cajamarca comprende tres miembros que son: Miembro Inferior está compuesto por una intercalación rítmica de calizas bituminosas, negras y lajas y lutitas negras; Miembro Medio está compuesto por una intercalación de calizas bituminosas y lutitas negras con mayor espesor, se pierde la laminación en las calizas y aparecen algunas pequeñas facies de margas y Miembro Superior caracterizado por pequeños bancos de calizas nodulares intercaladas con lutitas negras, la principal característica de este miembro es el Chert. La petrología microscópica de las rocas de la Formación Pariatambo consta principalmente de calizas bituminosas y lutitas negras, en el caso de las calizas principalmente existen 3 tipos calizas: mudstone (66.67%) en su mayoría, wackestone (26.67%) y packstone (6.66%) en menor porcentaje. Durante el Albiano tanto en la cuenca sedimentaria de Cajamarca como a nivel global tuvo lugar el Evento Anóxico Oceánico "1 b" (Jenkins, 1980). La cuenca sedimentaria de Cajamarca seguía en su continuo hundimiento iniciado con la Formación Inca, la sedimentación de la Formación Chúlec llegaba a su fin y la bioproductividad aumentaba, mientras tanto se emplazaba el arco Casma, un vulcanismo a nivel

local que aportó grandes cantidades de CO_2 a la atmósfera Albiense peruana favoreciendo así un efecto invernadero y calentamiento global, con el aumento de temperatura de la atmósfera, los casquetes polares se fundieron dando lugar a un aumento en el nivel del mar, las lluvias eran ácidas por la misma acción del CO_2 , las corrientes marinas ya no circulaban libremente al tener una homogeneidad de temperaturas, esto trajo consigo una restricción en la oxigenación del océano, produciendo un "estancamiento de aguas" que causó la anoxia del fondo marino en la cuenca Cajamarquina, como resultado de este evento anóxico oceánico sedimenta la Formación Pariatambo.

Reyes (1980), Boletín N°31 Serie A. Carta Geológica Nacional: Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba: Hojas 15-f, 15-g y 16-g. Enfocados al contexto geológico: Local y regional, en los aspectos: Geografía, geomorfológicos, litológicos, estratigráficos, geoestructurales, tectónicos, geología económica, geología histórica y paleontología, correspondiente al levantamiento geológico correspondiente al levantamiento de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba, para interpretaciones, análisis y ubicación de las formaciones geológicas, siendo de gran apoyo para la geología: Regional y local; a escala 1/100,000. Anhelando contribuir y ampliar el conocimiento acerca de la constitución geológica de la zona, así como del potencial económico del suelo y sub-suelo de la región a fin de ser desarrollado en beneficio del país y de la región misma.

Wilson (1984), Boletín N°38 Serie A. Carta Geológica Nacional: Geología de los cuadrángulos de Jayanca (13-d), Incahuasi (13-e), Cutervo (13-f), Chiclayo (14-d), Chongoyape (14-e), Chota (14-f), Celendín (14-g), Pacasmayo (15-d), Chepén (15-e). Muestra el contexto geológico: Local y regional, en los aspectos: Geográficos, geomorfológicos, litológicos, estratigráficos, geoestructurales, tectónicos, geología económica, geología histórica y paleontología, correspondiente al levantamiento geológico de campo, para interpretaciones, análisis y ubicación de las formaciones geológicas, siendo de gran apoyo para la geología: Regional y local; a escala 1/100,000. Anhelando contribuir y ampliar el conocimiento acerca de la constitución geológica de la zona, así como del

potencial económico del suelo y sub-suelo de la región a fin de ser desarrollado en beneficio del país y de la región misma.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 ESTRATIGRAFÍA

Ciencia de los estratos geológicos, que estudia la distribución en el espacio y el tiempo a los estratos y los acontecimientos que los formaron, es decir, reconstruir la organización y la historia de la corteza exterior de la Tierra sobre la base de la documentación litológica obtenible de estas capas superficiales. Registrando las rocas facies de formación por eventos dinámicos que constituyen la historia: Biológica, física y química. El uso estándar, el término estratigrafía se utiliza para rocas sedimentarias que presentan sucesiones estratificadas; sin embargo, algunos métodos estratigráficos también son aplicables a rocas cristalinas (Cotillon, 1992).

2.2.2 PRINCIPIOS ESTRATIGRÁFICOS

Para la realización de cualquier trabajo estratigráfico se requiere de la aplicación de tres principios fundamentales: Horizontalidad, superposición, uniformismo o actualismo y correlación paleontológica.

2.2.2.1 PRINCIPIO DE LA HORIZONTALIDAD ORIGINAL

Steno (1638-1686), expresa que al formarse los estratos por primera vez sus superficies son aproximadamente horizontales o casi horizontales a la superficie de sedimentación y que ahora se hallan inclinados debido a que han sido deformados posteriormente (Rivera, 2005).

2.2.2.2 PRINCIPIO DE LA SUPERPOSICIÓN

Steno (1638-1686), físico danés establecido en Florencia, intentó explicar el origen de las montañas y los valle y su evolución; publicando su hipótesis en

1669; en esta publicación llegó a una conclusión simple, pero trascendental, en la cual estableció que en una sucesión sedimentaria las capas inferiores son más viejas que las superiores. Esta hipótesis fue ampliamente divulgada por Arduino (1714-1795), en Italia, y Lehmann (1719-1767), en Alemania y Rusia. Pero en el campo podemos encontrar capas más antiguas descansando sobre las más jóvenes, debido a que la secuencia se encuentra invertida, por lo que para aplicar correctamente este principio es necesario determinar si la secuencia está en posición normal o no; esto se puede conseguir analizando las texturas sedimentarias. Aportando que los estratos se depositan horizontales, siendo los de abajo los más viejos y los de arriba más jóvenes y se continúan lateralmente sin importar que estén interrumpidos por la erosión (Continuidad lateral).

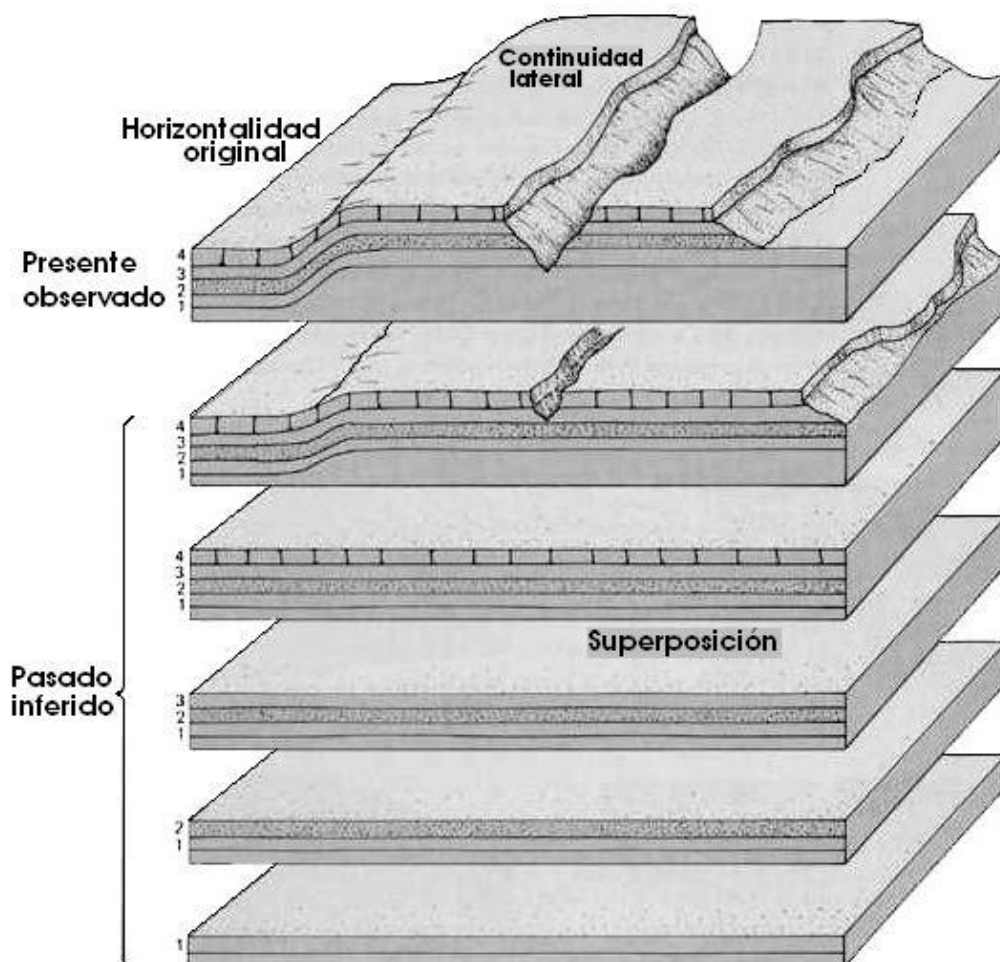


Figura 2.1. Muestra los principios de la horizontalidad original, superposición y continuidad lateral.

Fuente: Caballero, 2017.

2.2.2.3 PRINCIPIO DEL UNIFORMISMO O ACTUALISMO

Hutton (1726-1797), fue un eminente científico escocés, quien de manera simultánea estudió leyes, medicina, química y agricultura, No fue geólogo, pero trató de explicar el desarrollo de la Tierra desde una posición materialista dialéctica; esto entraba en contradicción con la filosofía idealista y religiosa imperante en la época. Hutton observó los procesos geológicos que acaecían en su tiempo: la erosión fluvial, la erosión costera, etc., y llegó a la conclusión de que la formación de todas las rocas puede explicarse sobre la base del análisis de los procesos que tienen lugar en la actualidad, o sea, como popularmente se conoce, “el presente en la clave del pasado”. Esta hipótesis provocó una aguda controversia por sus conceptos revolucionarios sobre el desarrollo de la Tierra, pero en la actualidad se considera que su aplicación correcta debe tener en cuenta las grandes transformaciones de la geosfera y sus interacciones a lo largo de la historia geológica. En 1795 publicó sus ideas en el libro Teoría de la Tierra, que tuvo escasa circulación, las cuales fueron, más eficientemente divulgadas por Playfair en 1802, en su libro Ilustraciones de la teoría huttoniana, y por Lyell (1797 -1875), en Principios de la geología, donde defendió el principio del actualismo.

2.2.2.4 PRINCIPIO RELACIONES DE CORTE OBLICUO Y INCLUSIÓN

Originalmente por Steno, pero atribuido al geólogo inglés Charles Lyell en su libro “Principios de geología” publicado en 1830. Definiendo que el rasgo que es cortado (Deformado, modificado) es más viejo que el rasgo o proceso que lo corta (Deforma o modifica). Una roca es más joven que los fragmentos de roca incluidos en ella.

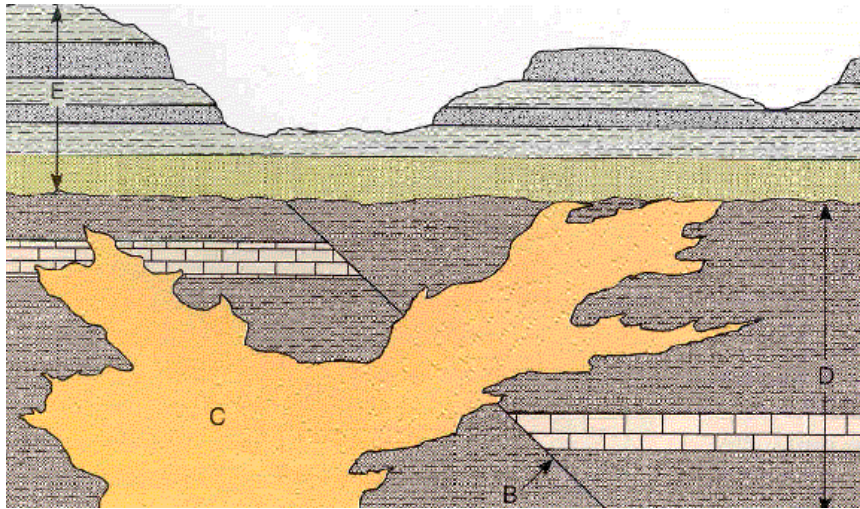


Figura 2.2. Muestra los principios relaciones de corte y de inclusión.
Fuente: Caballero, 2017.

2.2.2.5 PRINCIPIO DE LA CORRELACIÓN PALEONTOLÓGICA

Smith (1769-1839), ingeniero inglés, se le considera el “Padre de la paleontología”, dados sus aportes considerables en esta rama, en la cual introdujo el principio de la correlación paleontológica. Los trabajos que realizó en las minas de carbón, los canales y los caminos le permitieron observar que las distintas secuencias de rocas estratificadas no solamente se pueden identificar por sus características litológicas, sino que los fósiles contenidos se diferencian en función de la posición de las secuencias estratigráficas. Este principio fue formulado por Smith en 1790, y posteriormente fue enriquecido por las investigaciones de Cuvier (1769-1832) y Brongniart (1770-1847), quienes estudiaron los fósiles contenidos en las formaciones de la Cuenca de París, llegando a iguales conclusiones que Smith. Sin embargo, la explicación de las causas de la igualdad o diferencia de los fósiles contenidos fue atribuida a grandes catástrofes que ocurrían periódicamente y que destruían las formas antiguas y creaban otras nuevas. Esta interpretación idealista, negadora del proceso evolucionista de las especies, fue ampliamente rebatida por Darwin (1809-1882) y con anterioridad por Lamarck y Saint-Hilaire (1772-1844), quienes demostraron la continuidad e irreversibilidad del proceso evolutivo que da lugar a la transformación y proliferación de las especies. A la luz del avance científico del presente, es obvia la gran visión de Smith: Dos secuencias de igual edad

deben tener los mismos fósiles, ya sea por ser del mismo género y especie, o por su grado evolutivo.

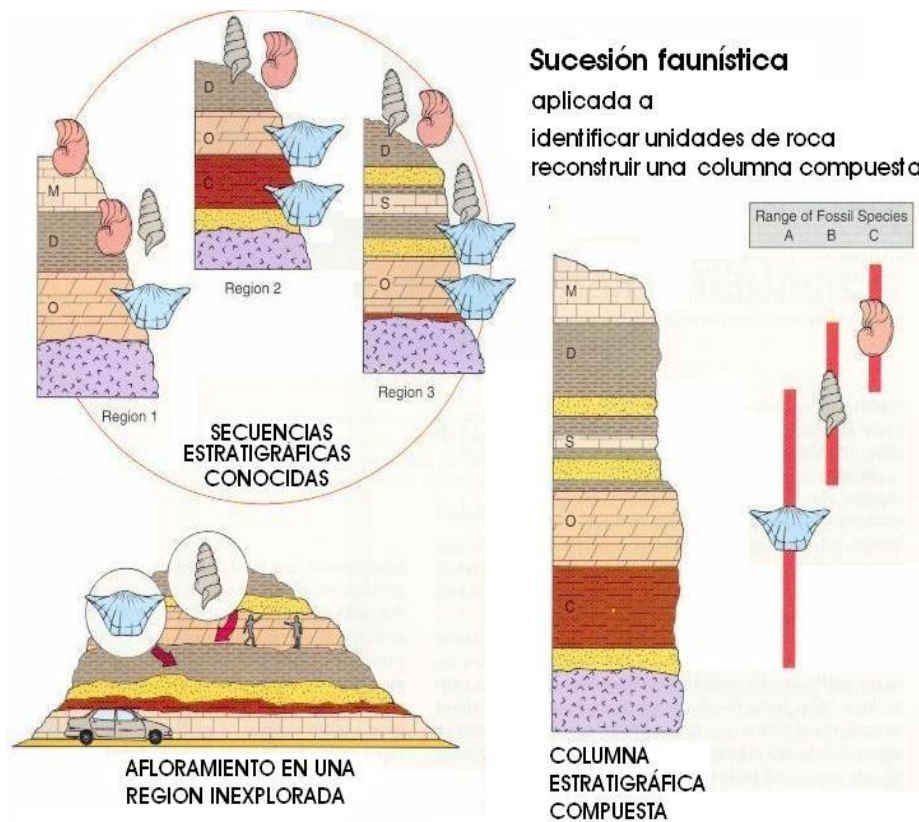


Figura 2.3 Muestra los principios sucesión faunística.
Fuente: Caballero, 2017.

2.2.2.6 PRINCIPIO LEY DE SUCESIÓN DE FACIES

Relaciona la disposición vertical de las distintas facies/subfacies (secuencia) con su relación lateral (modelo sedimentario). Constituyendo el principio “básico” de la Sedimentología y fue enunciado por Walther, 1894. Dicha ley reza así: Las facies que aparecen en sucesión continua en una secuencia vertical depositaron en ambientes/subambientes sedimentarios originalmente adyacentes, conectados lateralmente entre sí. La aplicación de esta ley es la que permite identificar y reconstruir la disposición original de los diferentes ambientes/subambientes sedimentarios a partir de lo que se observa en la sucesión de facies/subfacies (secuencia) en la vertical, en el afloramiento (en el “registro fósil”).

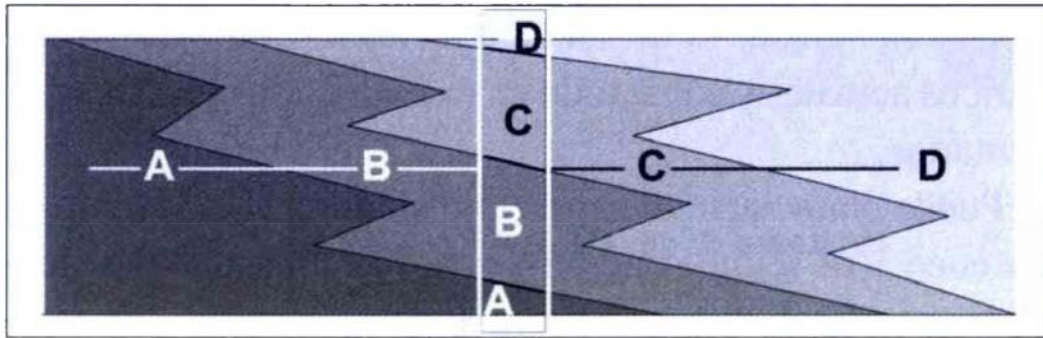


Figura 2.4. Sucesión de facies en la horizontal es la misma que la que se encuentra en la vertical.

Fuente: Walther, 1894.

2.2.3 ESTRATIFICACIÓN DE ROCAS SEDIMENTARIAS

Estrato: Cuerpo generalmente tabular de roca o sedimento, con litología homogénea o gradacional que se ha depositado durante un intervalo de tiempo determinado. La separación de estratos está ligada al reconocimiento de las superficies de estratificación y por tanto al espesor de cada unidad, por ello muchos autores (Mc Kee&Weir, 1953; Ingram, 1954) admiten la división de estratos según el espesor, lo que ocasiona una cierta “confusión” en la nomenclatura. El término “capa” no tiene connotación genética, solo geométrica y es aplicable a cualquier tipo de rocas, mientras que “estrato”, engloba los aspectos geométrico y genético y sus usos quedando restringido su uso a las rocas sedimentarias. Por tanto, no siempre serán sinónimos “capa” y “estrato”.

Estratificación: Disposición en estratos de los sedimentos, rocas sedimentarias y algunas rocas metamórficas. Al basarse esta definición en la de estrato se refiere tanto a la geometría (dispositivo en capas sucesivas) como a la génesis (intervalos sucesivos de sedimentación).

Laminación: Disposición sucesiva de láminas dentro de un estrato. La laminación ha sido considerada como una estructura de ordenamiento interno de los estratos, diferenciándose dos tipos: paralela y cruzada.

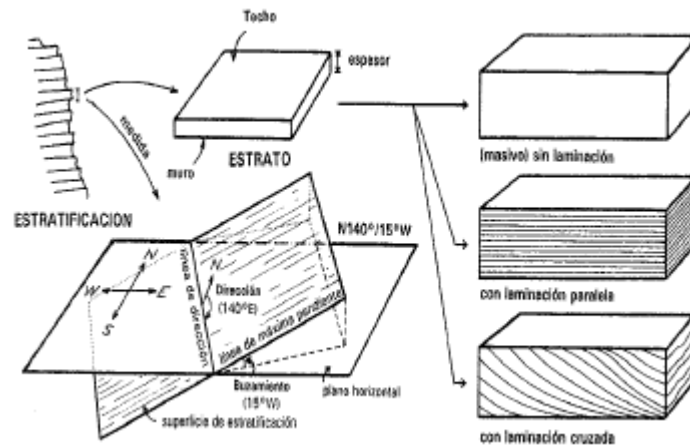


Figura 2.5. Subunidades de la estratificación sedimentaria.
Fuente: Agueda, 2004.

2.2.3.1 MEDIDAS DE ESTRATIFICACIÓN

El estudio de la estratificación, bajo su aspecto geométrico, permite realizar la medida de tres valores: Dirección (ángulo que forma con el norte geográfico la línea de intersección de la superficie de estratificación con un plano horizontal); buzamiento (ángulo que forma la superficie de un estrato con la horizontal, medido en un plano perpendicular a la dirección); y espesor de un estrato (distancia entre los planos de estratificación que lo limitan, medida perpendicularmente a ellos).

En condiciones normales el espesor de un conjunto de estratos será la distancia entre sus límites medida perpendicularmente a ellos y representa el espesor actual de los materiales sedimentados durante un determinado intervalo de tiempo. Figura (A) espesor del conjunto de estratos corresponde a la potencia de la unidad elegida. El problema se plantea cuando la sedimentación se realiza sobre una pendiente deposicional, sobre la que los estratos se apilan lateralmente (p.e. "foreset" de un delta); la Figura (B) las dos medidas (2 y 3) no serán iguales y hay que diferenciarlas, pues si bien el espesor del conjunto de estratos valora el espesor real de los materiales sedimentados durante un lapso de tiempo, la potencia de la unidad distinguida corresponde a la altura actual que comprende dicha unidad, medida sobre la vertical del depósito en el momento de la sedimentación.

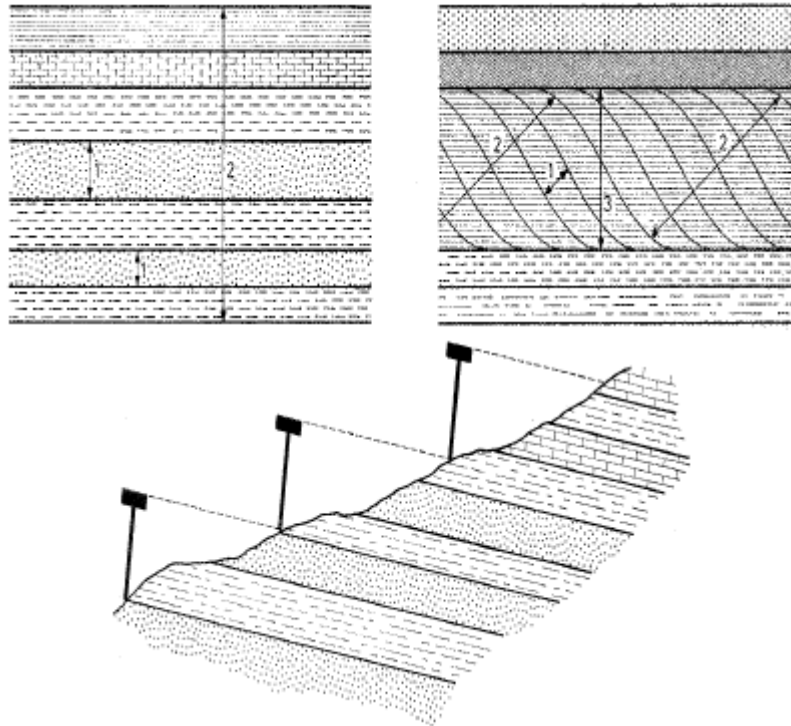


Figura 2.6. Primera fila medida de espesor de estratos: 1 Espesor de estrato 2 Espesor de conjunto de estratos.
Fuente: Agueda, 2004.

2.2.3.2 TIPOS DE ESTRATIFICACIÓN

Aunque existen diversos criterios para sistematizar los distintos tipos de estratificación, los más útiles se basan, esencialmente, en dos aspectos fundamentales por: Geometría de estratos y asociaciones de estratos.

GEOMETRÍA DE ESTRATOS:

- Tabular: Superficies de estratificación planas y paralelas entre sí.
- Irregular: Estratos de relativa extensión lateral con muro irregular y erosivo y techo plano, con lo que el espesor varía.
- Acanalada: Poca extensión lateral y espesor variable, geometría interna similar a la de la sección de un canal.
- En cuña: Los límites son superficies planas no paralelas entre sí, que terminan lateralmente por pérdida de espesor.
- Lenticular: Cuerpos discontinuos.
- Ondulada: Con muro plano, estructuras de ripples de corriente o de ola.

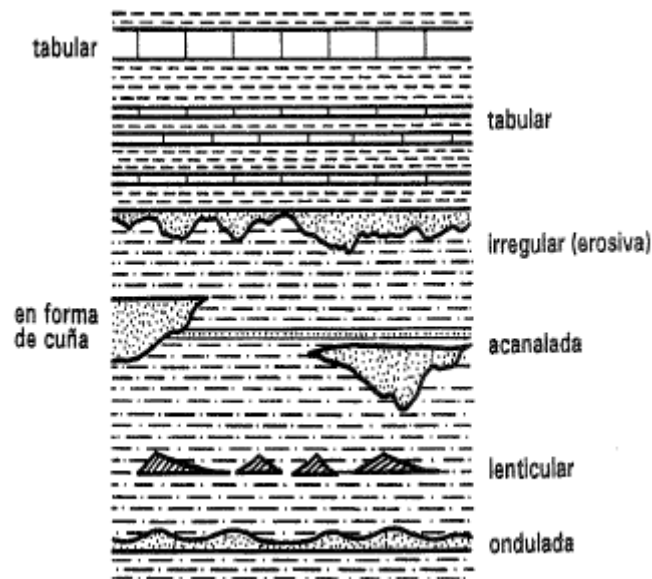


Figura 2.7. Geometría de estratos.
Fuente: Agueda, 2004.

ASOCIACIÓN DE ESTRATOS:

Cuando se estudian conjuntos de estratos, se pueden realizar diversos tipos de clasificaciones basadas en criterios descriptivos, pero que a su vez representan diferentes tipos de génesis. En la figura siguiente se recogen (Vera, 1994) las diversas posibilidades de ordenación.

- a) Una primera clasificación se basa en considerar la ordenación de espesores individuales en el conjunto de estratos sucesivos:
- Uniforme: Espesor análogo de todos los estratos, con un valor muy cercano a la media estadística de todos los espesores.
 - Aleatoria: El espesor de los estratos es muy variable, sin ordenación definida.
 - Estratocreciente: Ordenación de estratos con valores de espesores crecientes hacia el techo (similar al concepto de “secuencia negativa” de Lombard).
 - Estratodecreciente: Ordenación inversa a la anterior, con disminución de espesor de estratos hacia el techo (equivalente a la “secuencia positiva” de Lombard).

- En haces: Los espesores se distribuyen por conjuntos de estratos, uniformes dentro de cada conjunto y diferentes entre conjuntos.

b) Otro tipo de clasificación estaría basado en la litología de los estratos que se superponen:

- Homogénea: Estratos sucesivos de la misma naturaleza.
- Heterogénea: Sin ordenación, los cambios son desordenados.
- Rítmica: Alternancia ordenada de dos tipos de litologías.
- Cíclica: El conjunto que se repite es de más de dos litologías.

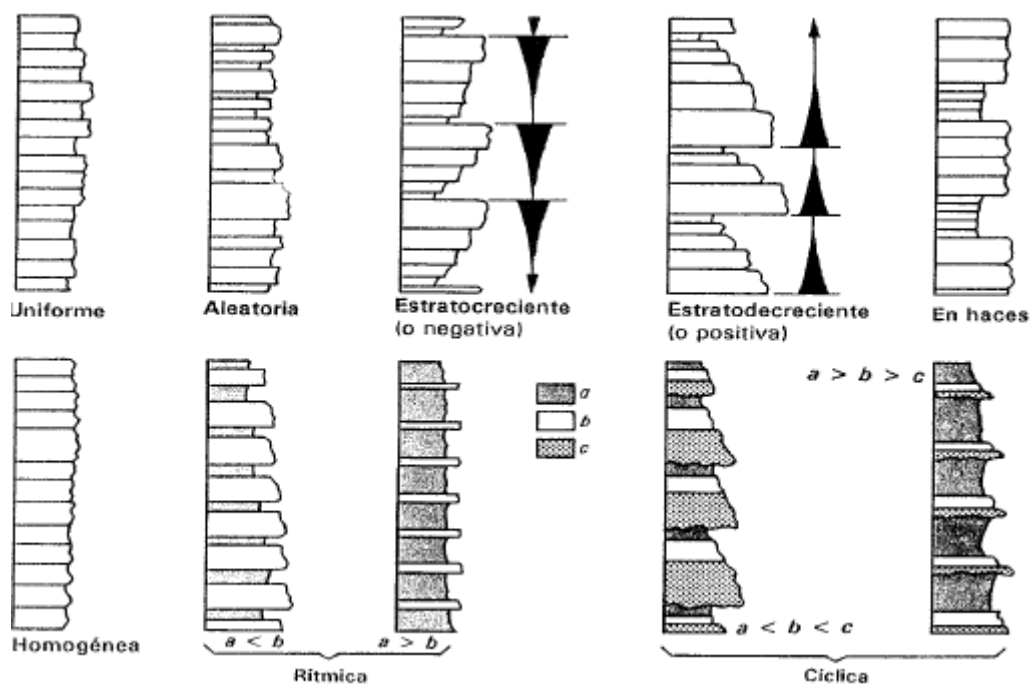


Figura 2.8. Tipos de asociaciones de estratos de acuerdo con la distribución de los espesores y de las litologías presentes.

Fuente: Agueda, 2004.

c) Al relacionar los dos criterios anteriores: Espesor-litología de los estratos, se obtienen datos muy valiosos para la interpretación genética de las asociaciones de estratos. Así si además de aumentar el espesor de estratos hacia el techo (estratocreciente) aumenta de forma similar el tamaño de grano (granocreciente), podemos deducir un aumento de energía en el medio. En el caso de ordenaciones rítmicas y cíclicas, en las que se pasa lateralmente de un término “a” (mayor energía o tamaño de grano), a otro “b” (energía media) y

finalmente al “c” (energía mínima), el análisis de la abundancia relativa de los diferentes tipos de estratos y su variación lateral proporciona datos sobre las condiciones de depósito y su situación dentro de la cuenca sedimentaria.

2.2.4 UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS

Una unidad estratigráfica es un estrato o conjuntos de estratos adyacentes susceptibles de reconocerse en su conjunto como una unidad (o entidad característica) en la clasificación de la sucesión estratigráfica de la tierra, respecto a algunas de las numerosas características, propiedades o atributos que las rocas poseen (Navarrete, 2007).

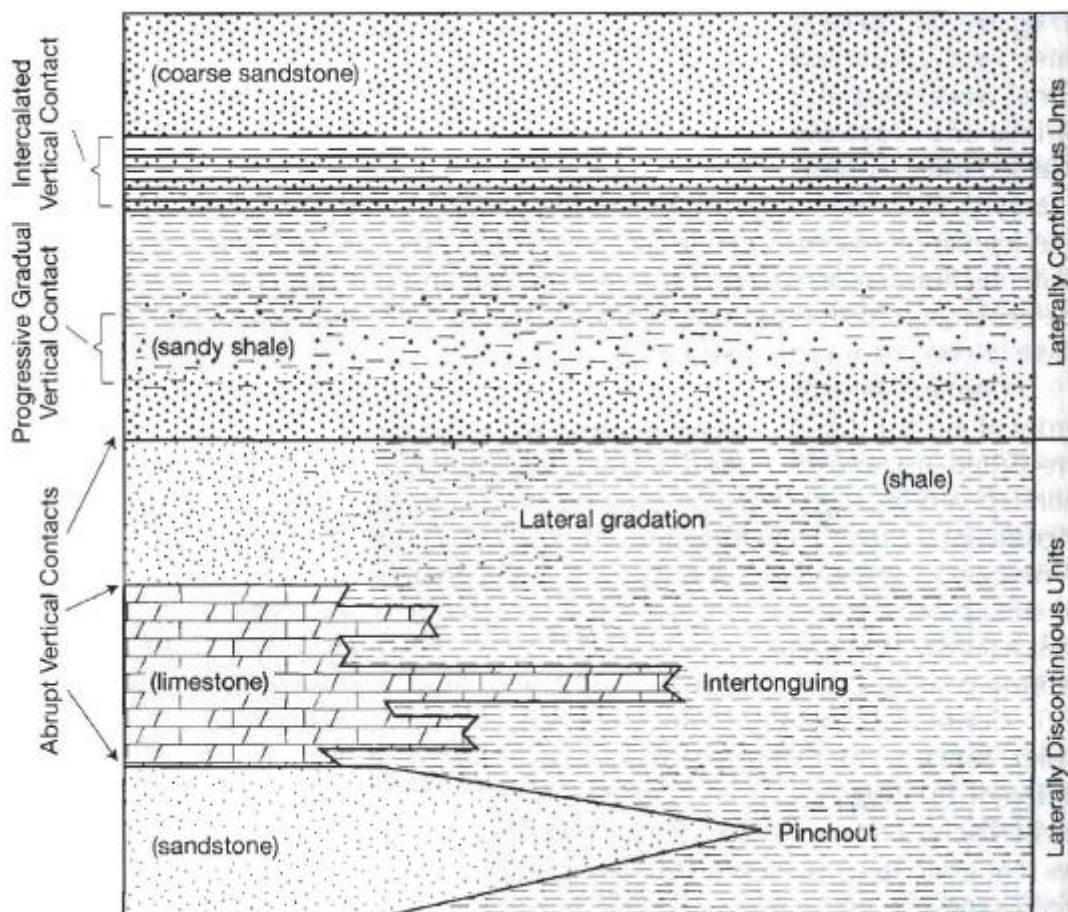


Figura 2.9. Representación esquemática de los principales litologías verticales y contactos laterales entre unidades litológicas. Los contactos verticales incluyen los cambios, progresivos, graduales e intercalados, logrando ser lateralmente continuas o pueden cambiar lateralmente en punta, intercalada o gradación lateral.

Fuente: Boggs, 2006.

2.2.4.1 LITOESTRATIGRAFÍA

Las unidades litoestratigráficas son cuerpos de roca sedimentaria, ígnea extrusiva, metasedimentaria o metavolcánica que se distinguen en función de sus características litológicas. Una unidad litoestratigráfica generalmente se ajusta a la ley de superposición, que establece que, en cualquier sucesión de estratos, no perturbados o volcados desde la deposición, las rocas más jóvenes se encuentran sobre rocas más antiguas. Las unidades litoestratigráficas también suelen estar estratificadas y en forma tabular (Boggs, 2006).

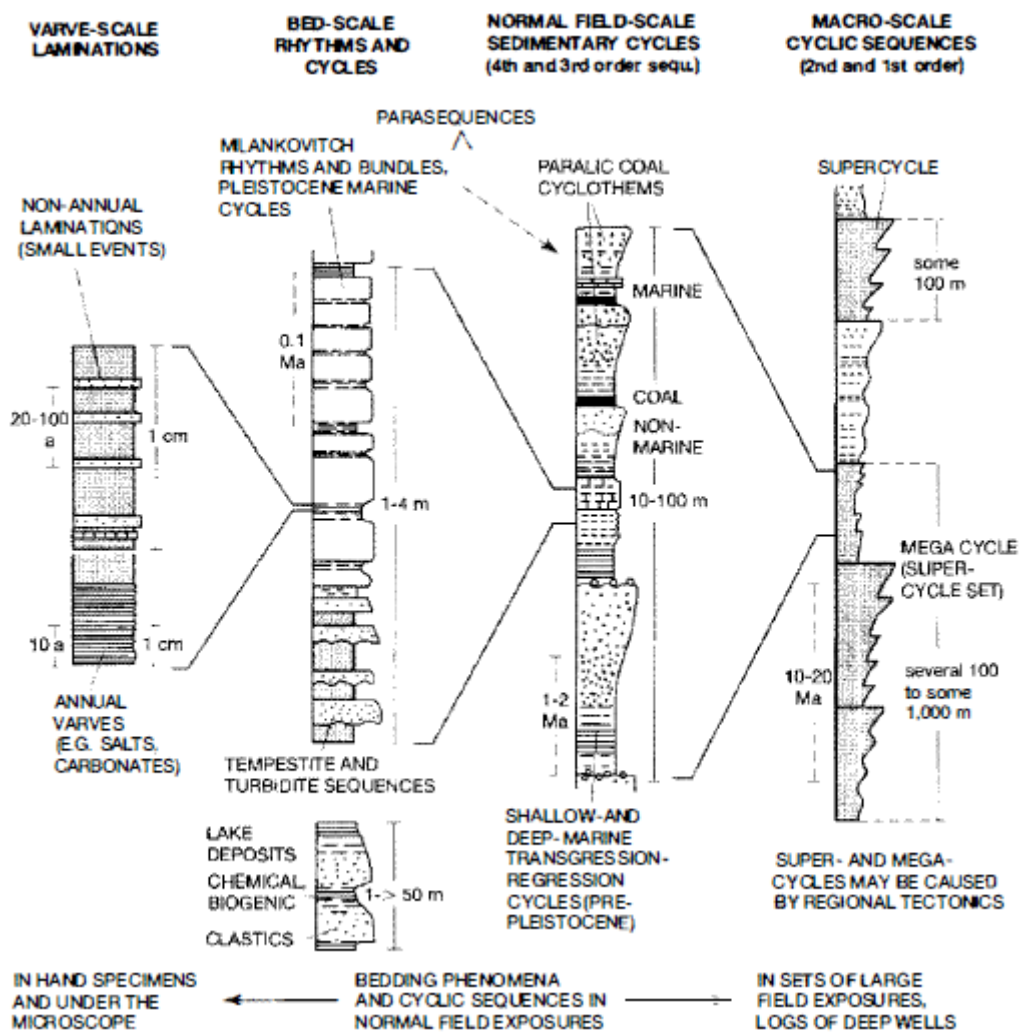


Figura 2.10. Representación esquemática de la escala de sedimentación cíclica en el registro estratigráfico. Ma = millón de años.
Fuente: Einsele, Rieken y Seilacher, (1991).

SUCESIÓN VERTICAL Y LATERAL DE ESTRATOS

Las continuidades y discordancias dividen las rocas sedimentarias en sucesiones verticales de estratos, cada una caracterizada por un aspecto litológico particular. Diferentes tipos de lechos pueden sucederse verticalmente en una gran variedad de formas, y se pueden establecer distinciones entre unidades de rocas caracterizadas por uniformidad litológica, heterogeneidad litológica y sucesiones cíclicas. Las unidades de roca que tienen semejanza litológica completa siendo escasa, aunque muchas capas pueden mostrar un alto grado de semejanza en color, tamaño de grano, composición o resistencia a la intemperie. Los lechos que tienen más probabilidades de ser uniformes son sedimentos de grano fino depositados lentamente en condiciones esencialmente uniformes en aguas más profundas, o sedimentos más gruesos que han sido depositados rápidamente por algún tipo de mecanismo de transporte masivo de sedimentos, como el flujo de granos. Por el contrario, los cuerpos heterogéneos de estratos sedimentarios se caracterizan por variaciones internas o irregularidades en sus propiedades (Boggs, 2006).

CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA

A pesar de que el concepto de correlación se remonta a la historia temprana de la estratigrafía, ha persistido el desacuerdo sobre el significado exacto del término. Históricamente han prevalecido dos puntos de vista. Un punto de vista restringe rígidamente el significado de correlación a la demostración de equivalencia de tiempo, es decir, a la demostración de que dos cuerpos de roca fueron depositados durante el mismo período de tiempo (Dunbar y Rodgers, 1957; Rodgers, 1959). Desde este punto de vista, establecer la equivalencia de dos unidades litoestratigráficas sobre la base de la similitud litológica no constituye correlación. Una interpretación más amplia de la correlación permite que la equivalencia pueda expresarse en términos litológicos, paleontológicos o cronológicos (Krumbein y Sloss, 1963).

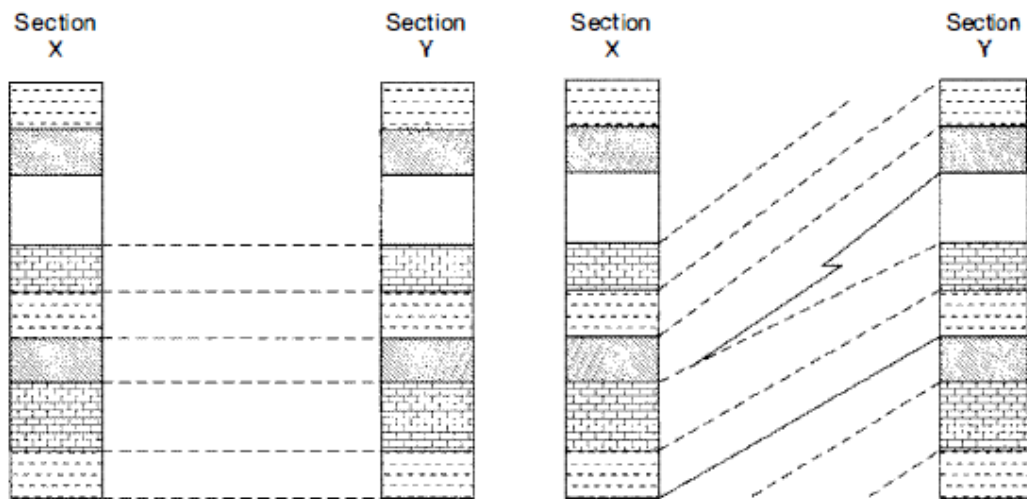


Figura 2.11. Ilustración de la diferencia entre emparejamiento y correlación. A. Correlación aparente mediante la igualdad de estratos de apariencia similar. B. Litocorrelación real.
Fuente: Boggs, 2006.

2.2.4.2 BIOSTRATIGRAFÍA

Cuerpo de estratos rocosos caracterizado por su contenido fósil que lo distingue y diferencia de los estratos adyacentes. Además, la zona, o biozona, es la unidad bioestratigráfica fundamental. Las biozonas no tienen un espesor prescrito o una extensión geográfica. Pueden variar en espesor desde capas delgadas de unos pocos metros de espesor hasta unidades de miles de metros de espesor y en extensión geográfica desde unidades locales hasta aquellas con distribución casi mundial (Boggs, 2006).

BIOCORRELACIÓN

Las unidades estratigráficas se identifican en base a su contenido fosilífero. Las unidades bioestratigráficas pueden o no tener importancia temporal. Por ejemplo, las biozonas de ensamblaje y las biozonas de abundancia pueden cruzar líneas de tiempo (ser diacrónicas) cuando se trazan lateralmente. Por otro lado, las biozonas de rango de taxón y las biozonas de intervalo, particularmente son aquellas definidas por las primeras apariciones de taxones, produciendo líneas de correlación que coinciden en general con las líneas de tiempo. Se correlacionan independientemente de su importancia temporal, utilizando los mismos principios empleados en la correlación de unidades litoestratigráficas,

por ejemplo, emparejamiento por identidad y posición en la secuencia estratigráfica. En esta sección, primero examinaremos la correlación por biozonas de ensamblaje y biozonas de abundancia, que pueden correlacionarse como unidades bioestratigráficas, aunque no tengan importancia estratigráfica temporal. Luego discutiremos los métodos de biocorrelación basados en zonas de intervalo y otras zonas que producen correlaciones estratigráficas temporales.

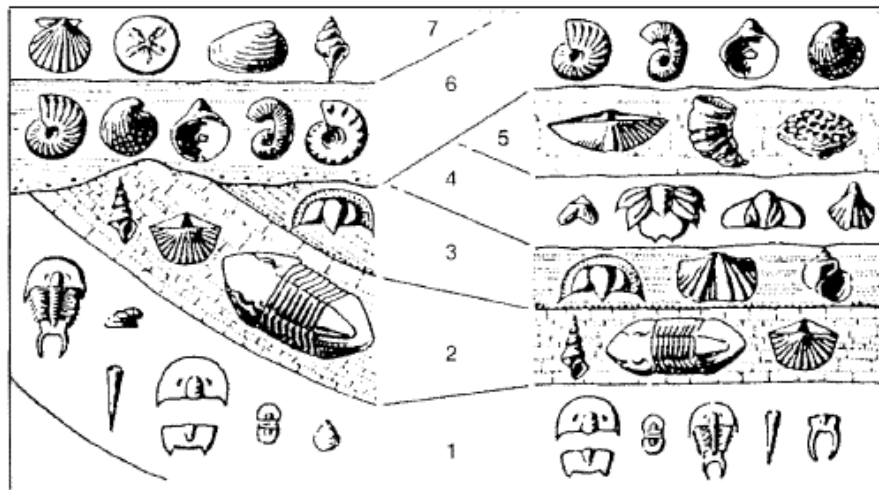


Figura 2.12. Diagrama que ilustra gráficamente el principio de correlación por conjuntos fósiles.

Fuente: De Moore, La Licker y Fisher, 1952.

CORRELACIÓN POR BIOZONAS DE ENSAMBLAJE

Las biozonas de ensamblaje se basan en agrupaciones distintivas de tres o más taxones sin tener en cuenta sus límites de distribución. Están definidos por diferentes sucesiones de faunas o floras, y se suceden en una sección estratigráfica sin lagunas ni superposiciones. Las zonas de reunión tienen una importancia particular como indicador del medio ambiente, que puede variar mucho según la región. Por lo tanto, tienden a ser de mayor valor en las correlaciones locales. No obstante, algunas zonas de ensamblaje basadas en ensamblajes planctónicos marinos pueden usarse para la correlación en áreas mucho más amplias. El principio de correlación por zonas de ensamblaje se ilustra gráficamente en el ejemplo muy simple que se muestra en la Figura 2.12.

CORRELACIÓN POR BIOZONAS DE ABUNDANCIA

Son los máximos valores cuantitativamente distintivos de abundancia relativa de una o más especies, géneros u otros taxones, en lugar de por el rango del taxón. Representan una época o épocas en que un taxón en particular estaba en la cima de su desarrollo con respecto al número de individuos.

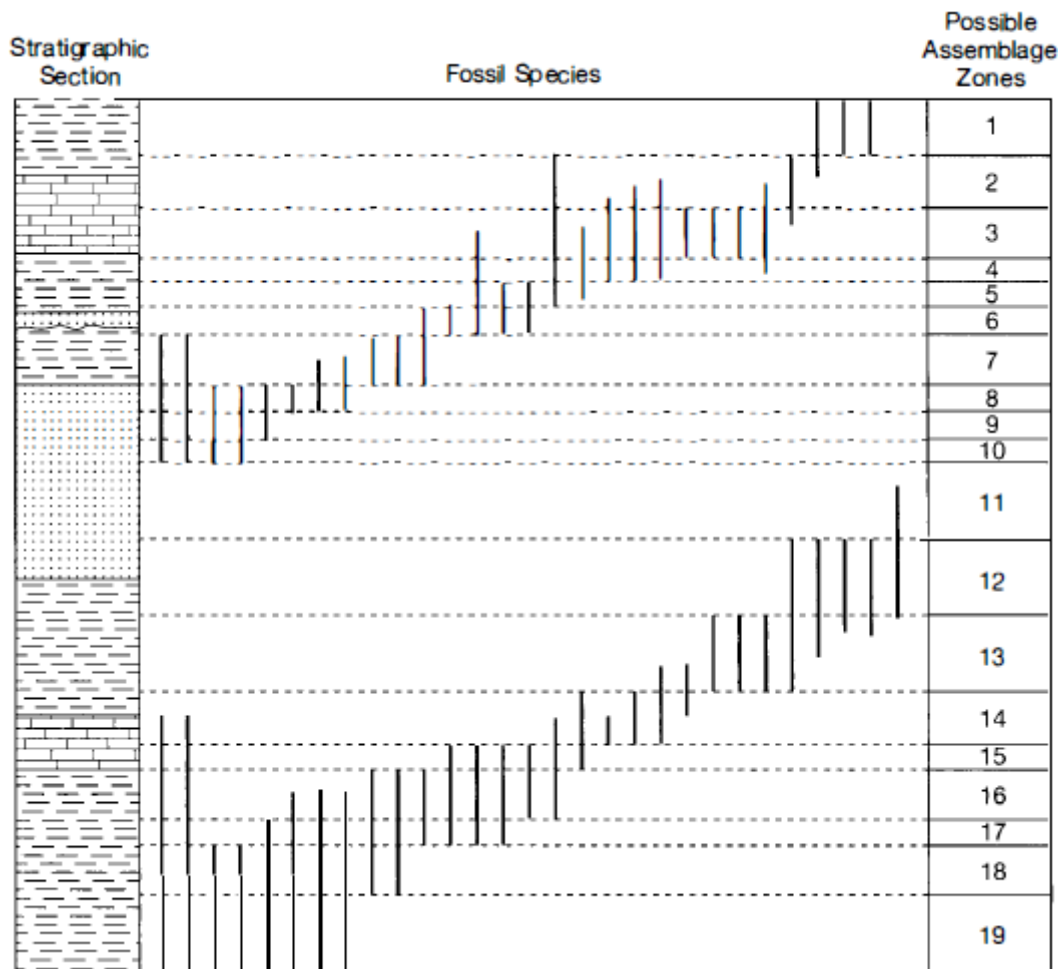


Figura 2.13. Sección estratigráfica hipotética ilustrando gran número de taxones fósiles que pueden estar involucrados en la correlación por biozonas de ensamblaje. Las líneas negras verticales representan los rangos compuestos de las especies que se encuentran en varias secciones locales. La columna de la derecha muestra una interpretación que podría extraerse de estos datos fósiles.

Fuente: Nostrand, 1977.

Algunos bioestratígrafos utilizaron previamente zonas de abundancia para la correlación estratigráfica temporal bajo el supuesto de que hay un momento en la historia de cada taxón en el que alcanza su máxima abundancia y que este pico de abundancia ocurre en todas partes al mismo tiempo. Esta basa en el

hecho aparente de que no todas las especies alcanzan una abundancia máxima, o que, si lo hacen, este pico no está necesariamente registrado por capas de ejemplares abundantes. Además, las abundancias máximas que se registran en el registro estratigráfico pueden estar relacionadas con condiciones ecológicas locales favorables que pueden ocurrir en diferentes momentos en diferentes áreas y que pueden persistir en un área por mucho más tiempo que en otra. Por lo tanto, la abundancia máxima puede representar ambientes locales esporádicamente favorables, ambientes repentinamente desfavorables que causaron mortalidad masiva o concentraciones mecánicas de los caparzones de los organismos después de la muerte. Algunos de los problemas de correlacionar por zonas de abundancia

CRONOCORRELACIÓN DE FÓSILES

La correlación cronoestratigráfica es el emparejamiento de unidades estratigráficas sobre la base de la equivalencia de tiempo. Establecer la equivalencia temporal de los estratos es la columna vertebral de la estratigrafía global y la mayoría de los estratígrafos lo consideran el tipo de correlación más importante. Los métodos para establecer la correlación temporal-estratigráfica se dividen en dos amplias categorías generales: biológicos y físicos/químicos.

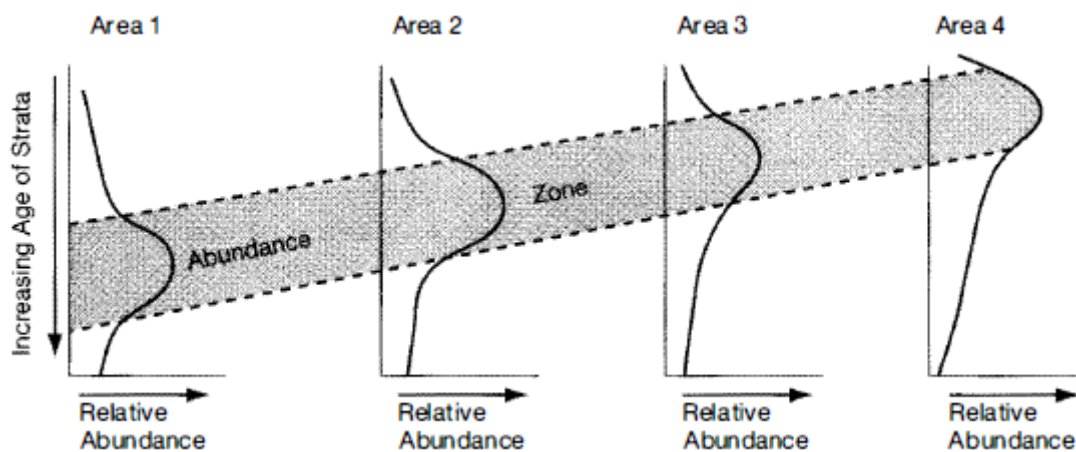


Figura 2.14. Diagrama esquemático que ilustra por qué la correlación por biozonas de abundancia puede no producir una correlación de tiempo real. La misma especie puede alcanzar su máxima abundancia en diferentes momentos en diferentes localidades. La abundancia relativa aumenta hacia la derecha.

Fuente: Boggs, 2006.

Como se mencionó, la correlación temporal-estratigráfica por métodos biológicos se basa principalmente en el uso de zonas de rango concurrentes y otras zonas de intervalo. Los métodos de correlación biológica también incluyen el tratamiento estadístico de los datos de la zona de distribución y la correlación por zonas de abundancia biogeográfica, que son eventos biológicos relacionados con las fluctuaciones climáticas.

CORRELACIÓN POR TAXÓN-RANGO Y BIOZONAS DE INTERVALO

Las zonas de distribución e intervalo de taxones son biozonas que constituyen los estratos que se encuentran entre la ocurrencia más alta y/o más baja de taxones. Estas diferentes biozonas tienen diversos grados de utilidad en la correlación estratigráfica temporal, como se describe a continuación.

- **BIOZONAS DE RANGO - TAXÓN**

Las biozonas de rango de taxones pueden ser muy útiles para la correlación temporal si los taxones en los que se basan tienen rangos estratigráficos muy cortos. Son de poco valor si los taxones abarcan un período geológico completo o varios períodos. La correlación por zona de distribución de taxón a menudo se denomina correlación por índice de fósiles. Como se mencionó, se considera que los fósiles índices son aquellos taxones que tienen rangos estratigráficos muy cortos, estaban geográficamente extendidos, eran lo suficientemente abundantes como para aparecer en el registro estratigráfico y son fácilmente identificables.

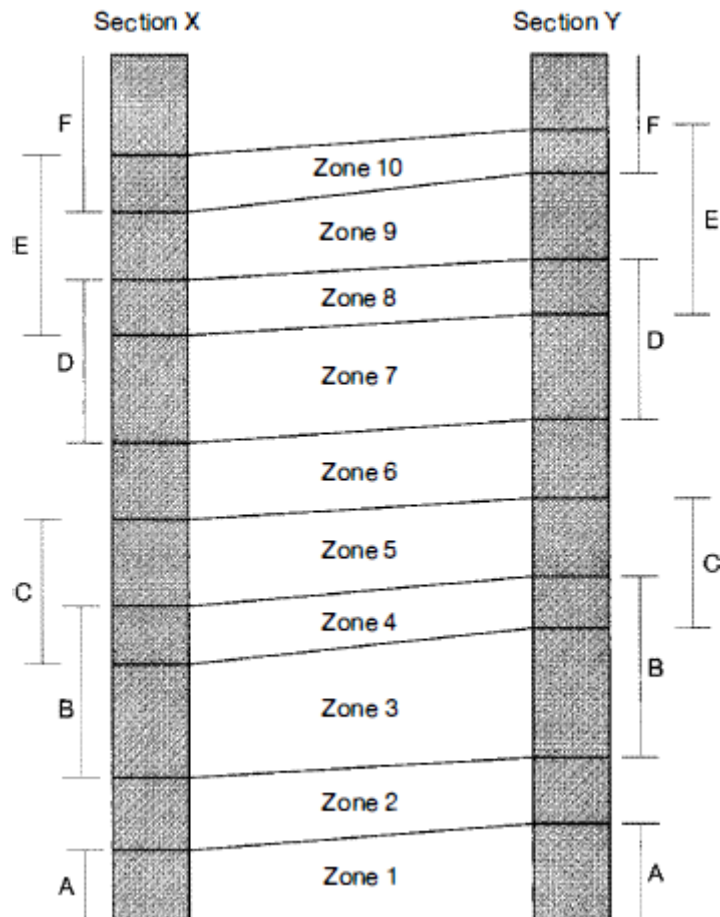


Figura 2.15. Correlación entre dos secciones hipotéticas sobre la base de rango de taxón y biozonas de intervalo. Tenga en cuenta que aquí se utilizan varios tipos de zonas de intervalo para la correlación. La Zona 1 es el rango vertical total de la Especie A (zona de rango taxonómico); La Zona 2 es una zona de intervalo definida por la última aparición de la Especie A y la primera aparición de la Especie B; La zona 4 está formada por los rangos superpuestos de las especies B y C; etc.
Fuente: Boggs, 2006.

- **INTERVALO DE BIOZONAS**

Cuando las biozonas de rango de taxón individuales son muy largas y, por lo tanto, la correlación por biozona de rango de taxón no es adecuada, es posible una correlación de escala mucho más fina utilizando otros tipos de biozonas de intervalo. Las biozonas de intervalo definidas por la primera aparición (estratigráficamente más baja) de dos taxones, por ejemplo, son particularmente útiles en la correlación estratigráfica temporal porque se basan en cambios evolutivos.

MÉTODO GRÁFICO DE CORRELACIÓN POR TAXÓN-RANGO BIOZONA

Las biozonas de intervalo se pueden usar para definir unidades de estratos depositados durante períodos de tiempo relativamente cortos, no necesariamente producen correlaciones estratigráficas de tiempo precisas. Los organismos pueden migrar lateralmente y aparecer en otras áreas en momentos algo posteriores a su verdadera primera aparición o pueden migrar fuera de un área local antes de su extinción final en otro lugar.

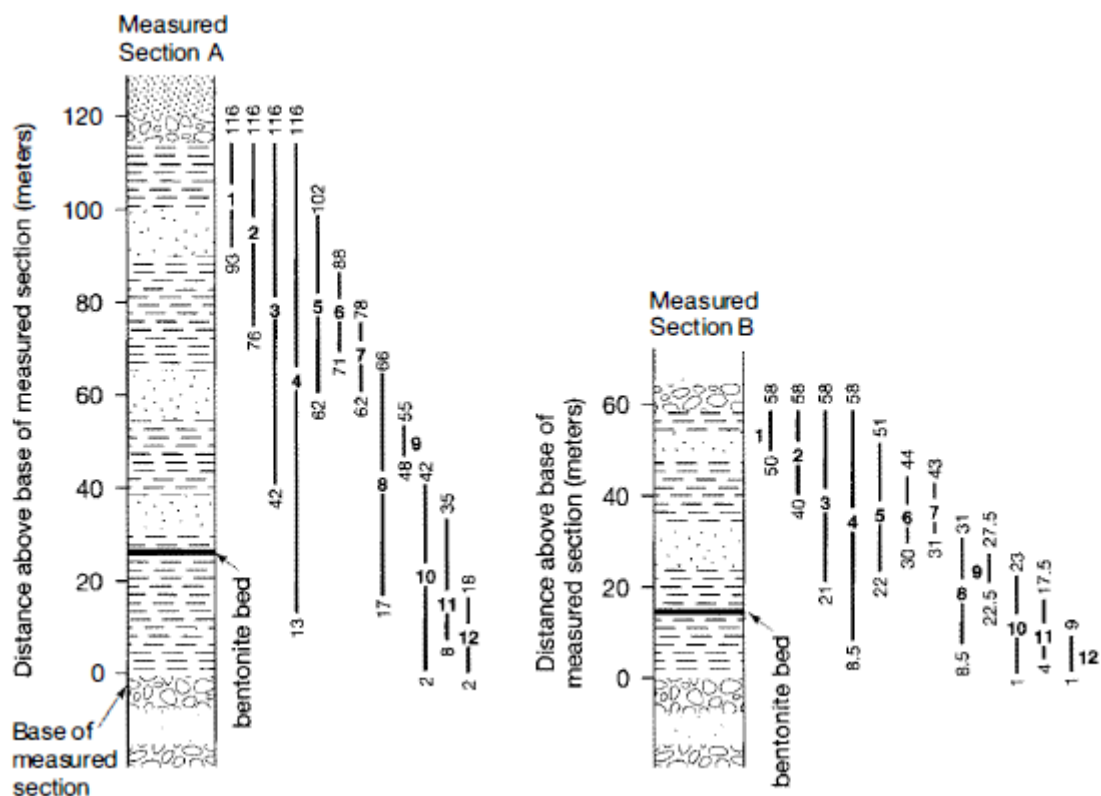


Figura 2.16. Secciones estratigráficas con rangos de especies fósiles (Especies 1 a 12) graficadas en m. sobre la base de la sección. Las secciones A y B contienen fósiles idénticos con lapsos de tiempo idénticos; sin embargo, la Sección B representa sólo la mitad de la tasa de acumulación de sedimentos.

Fuente: Boggs, 2006.

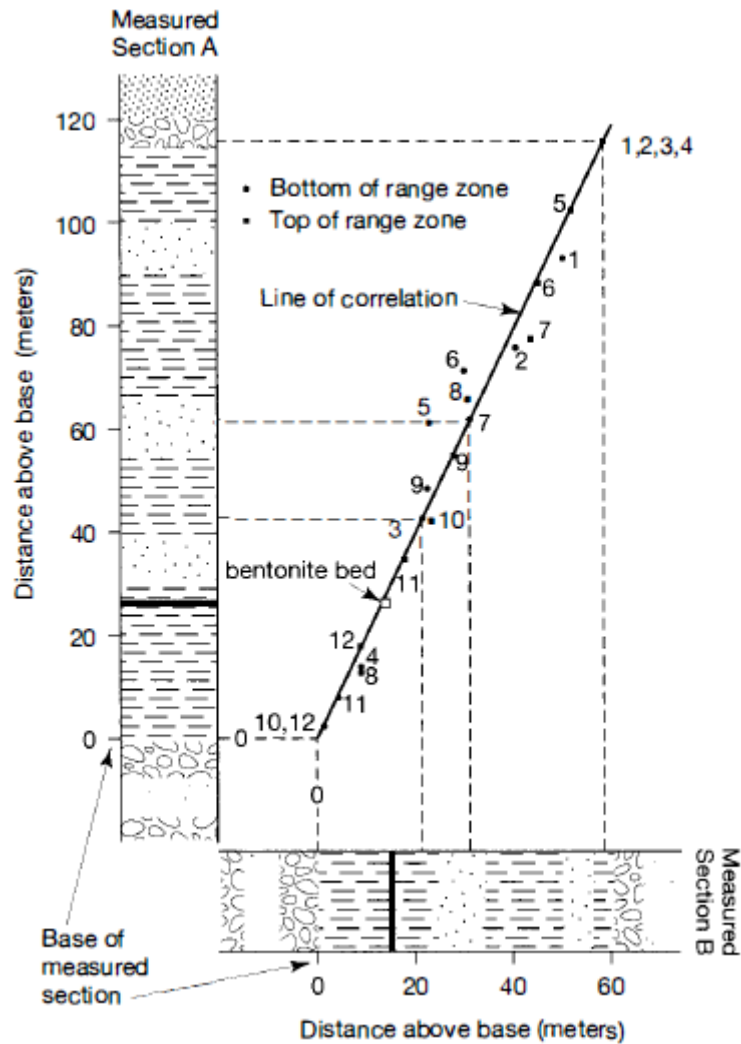


Figura 2.17. Ilustración del método de correlación gráfica utilizando los datos que se muestran en la Figura 2.17. Las líneas punteadas ilustran cómo se traza la base o la parte superior de una zona de rango en una sección contra una base equivalente. Una vez trazada la línea de correlación, cualquier parte de la Sección A se puede correlacionar con la parte equivalente de la Sección B.
Fuente: Boggs, 2006.

A partir de dos secciones estratigráficas de este tipo Figura 2.16, se construye un gráfico en el que la distancia por encima de la base de la sección de referencia, digamos la sección A, se indica en el eje vertical y la distancia por encima de la base de la segunda sección medida, la sección B, es trazado en el eje horizontal Figura 2.17. Este procedimiento genera una serie de puntos que tienden a agruparse alrededor de una línea recta, la línea de correlación de la Figura 2.17. Esta línea se puede dibujar visualmente para producir una línea de "mejor ajuste", o se puede dibujar mediante el uso de métodos de regresión estadística.

2.2.4.3 CRONOSTRATIGRAFÍA

Son aquellas unidades constituidas por el volumen de estratos diferenciados por su edad, es decir, que se refieren a los estratos formados durante un tiempo determinado. Los límites de las unidades cronoestratigráficas deben ser isócronos (igual edad). Su magnitud no debe ser medida por el espesor, que puede variar según las condiciones de sedimentación, sino que debe ser medida por el tiempo que abarca. La extensión de estas unidades debe ser mundial y hay que definirles una localidad tipo o estratotipo (Navarrete, 2016).

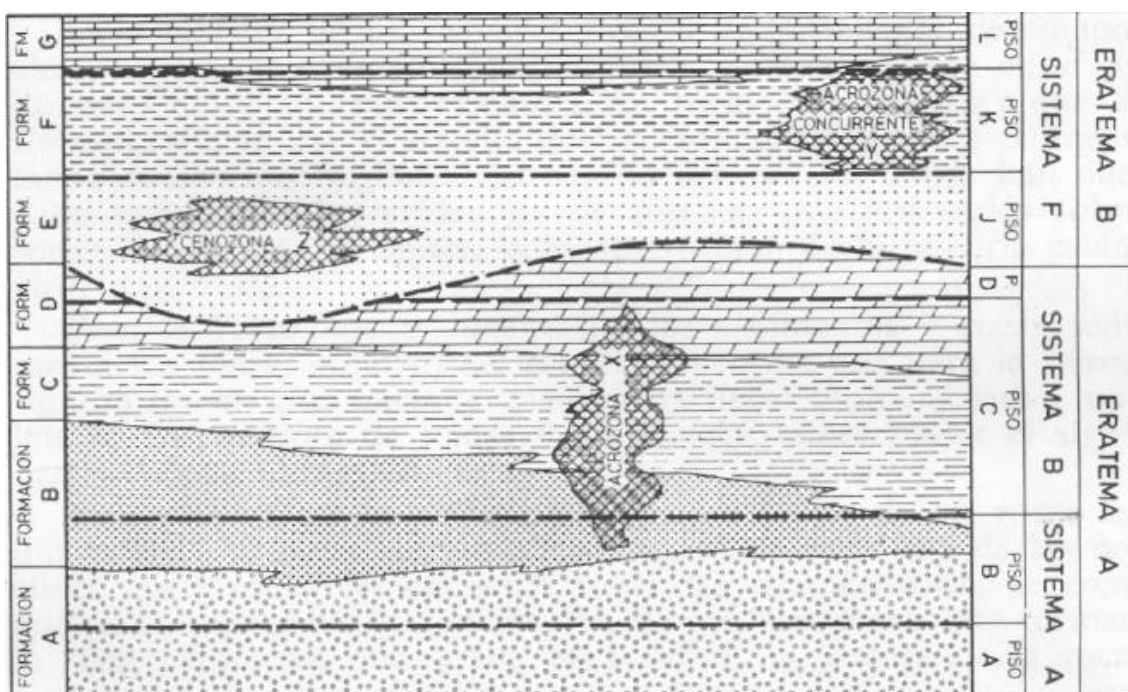


Figura 2.18. Relaciones entre las unidades litoestratigráficas, bioestratigráficas y cronoestratigráficas.
Fuente: Corrales et al., 1977.

CRONOCORRELACIÓN

Las unidades cronoestratigráficas son extremadamente importantes en la estratigrafía porque forman la base para la correlación provincial a global de los estratos sobre la base de la equivalencia de edad. Ya hemos establecido que la correlación cronoestratigráfica es la correlación que expresa la correspondencia en edad y posición cronoestratigráfica de las unidades estratigráficas. Para muchos geólogos, la correlación basada en la equivalencia de edad es, con

mucho, el tipo de correlación más importante y, de hecho, es comúnmente el único tipo de correlación posible sobre una base verdaderamente global. Varios otros métodos de correlación estratigráfica temporal también son de uso común, incluida la correlación por eventos de depósito a corto plazo, la correlación basada en eventos: Transgresivos-regresivos, isótopos estables y edades absolutas. Estos métodos se analizan a continuación.

CORRELACIÓN BASADA EN EVENTOS TRANSGRESIVOS-REGRESIVOS

Los eventos representados en este tipo de correlación son el resultado de transgresiones y regresiones que pueden representar cambios eustáticos simultáneos a nivel mundial en el nivel del mar o cambios más locales debido al levantamiento, hundimiento o fluctuación en el suministro de sedimentos.

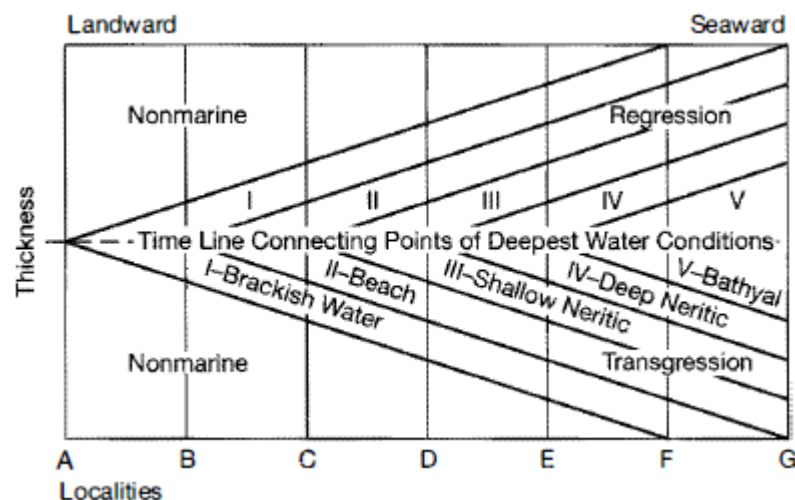


Figura 2.19. Correlación temporal por posición en un ciclo transgresivo-regresivo. La línea que conecta los puntos de las condiciones de aguas más profundas es una línea de tiempo.

Fuente: Israelski, 1949.

El principio de correlación basado en eventos transgresivos-regresivos se ilustra en la Figura 2.19. Los depósitos formados durante cualquier ciclo transgresivo-regresivo contienen un plano de tiempo particular que representa el momento de máxima inundación por el mar, es decir, el momento en que la profundidad del agua fue mayor en cualquier localidad en particular. Las rocas que yacen estratigráficamente por debajo de este plano temporal se depositaron durante la transgresión y las que se encuentran por encima durante la regresión. Este plano

de tiempo se puede identificar mediante el uso de datos fósiles para determinar la zonificación de profundidad y la profundidad máxima del agua en varias localidades, como se ilustra en la Figura 2.19. La posición del plano temporal puede establecerse también a partir de la evidencia litológica determinando en la sección estratigráfica vertical de cada localidad la posición dentro de la sección donde las rocas se distribuyen simétricamente con respecto a las facies presentes más hacia la cuenca.

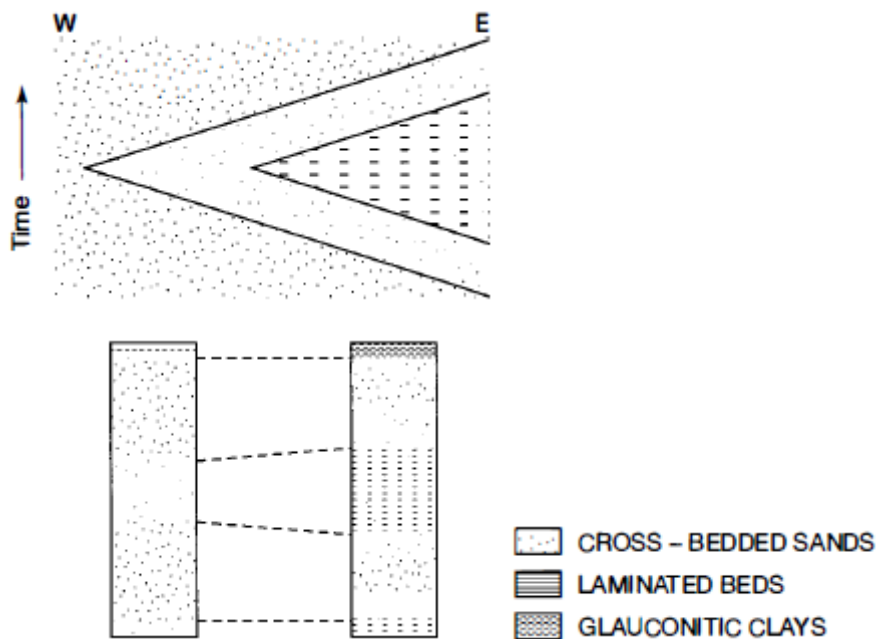


Figura 2.20. Sedimentación de ciclo transgresivo-regresivo y correlación de eventos en el Eoceno de la Isla de Wight en el sur de Inglaterra.
Fuente: Ager, 1993.

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Facie: Conjunto de caracteres litológicos y paleontológicos, se expresa con un término referido al carácter predominante o aparente (Regunant, 1971).

Medio sedimentario: Parte de la superficie terrestre donde se acumula sedimentos, y que se diferencian física, química y biológicamente de las zonas adyacentes (Selley, 1970).

Cementación: Minerales cristalizados en los poros de la roca durante la diagénesis, con independencia del tipo: Poro (Intergranular, intragranular, moldico, etc.) y textura (Clástica, cristalina, etc.) dominante en las rocas clásticas (Arche, 2010).

Estructuras sedimentarias: Representa la disposición geométrica que adquieren los sedimentos durante los procesos de sedimentación, o en una etapa posterior muy próxima a su depositación. Cheel, R. (2005).

Laminación paralela: Presentan textura de grano fino: Arcillas y limo, acumulándose en ambientes como: Lagoons, lagos y llanuras abisales (Selley, 2000).

Slumps: son deformaciones contemporáneas a la sedimentación, formadas por deslizamiento de una masa de estratos previamente depositados en ambientes subaéreos y subácueos (Maltman, 1994).

Iconofacies: Se refiere a las asociaciones de trazas fósiles que se generan recurrentemente frente a condiciones ambientales semejantes, y que por lo tanto pueden ser reconocidas a lo largo del registro geológico (Seilacher, 1964, 1967).

Chert: Tiene forma amorfa o microcristalina compuesto de sílice: bajo los polos cruzados, por lo tanto, a menudo parece estar muy moteada de negro, blanco y gris, con "cristales" individuales demasiado pequeños para ser observado bajo un microscopio petrográfico normal (Nichols, 2009).

Taxon: Grupo de organismos con las mismas características genéticas (Dávila, 2011).

Biozona: Unidad bioestratigráfica la más pequeña usada en la correlación estratigráfica. Grupo de estratos identificado por su contenido fosilífero o su carácter paleontológico. Se la denomina por la especie o las especies más características (Camacho, 2007).

CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO

3.1 UBICACIÓN

Las zonas estratigráficas, se encuentran ubicadas geográficamente en tres zonas: Puyllucana se ubica al E de Cajamarca; en la región, provincia de Cajamarca y distrito Los Baños del Inca; Matara se ubica al SE en la región, provincia de Cajamarca; y Celendín se ubica al NE en la región de Cajamarca, provincia Celendín y distrito de Sucre. Siendo delimitados por alineamiento montañosas Occidentales, evacuando sus aguas al Océano Atlántico. Siendo constituido por los cuadrángulos: 14-g (San Marcos) y 15-g (San Marcos), con coordenadas: Sistema UTM – DATUM – WGS-84 – ZONA – 17S.

Cuadro 3.1. Coordenadas de delimitación - zona de investigación.

| Zona | Vértice | Coordenadas UTM | | Coordenadas geodésicas | |
|------------|---------|-----------------|-----------|------------------------|--------------|
| | | Norte (m.) | Este (m.) | Latitud (°) | Longitud (°) |
| Celendín | 1 | 9233000 | 814400 | 6°55'39.55" | 78°09'18.25" |
| | 2 | 9233000 | 816400 | 6°55'39.55" | 78°08'12.66" |
| | 3 | 9230500 | 816400 | 6°57'00.44" | 78°08'12.66" |
| | 4 | 9230500 | 814400 | 6°57'00.44" | 78°09'18.25" |
| Matara | 1 | 9197800 | 800500 | 7°14'46.74" | 78°16'43.98" |
| | 2 | 9197800 | 803000 | 7°14'46.74" | 78°15'22.15" |
| | 3 | 9195800 | 803000 | 7°15'51.29" | 78°15'22.15" |
| | 4 | 9195800 | 800500 | 7°15'51.29" | 78°16'43.98" |
| Puyllucana | 1 | 9209870 | 781900 | 7°08'17.75" | 78°26'52.09" |
| | 2 | 9209870 | 784400 | 7°08'17.75" | 78°25'30.30" |
| | 3 | 9207870 | 784400 | 7°09'22.33" | 78°25'30.30" |
| | 4 | 9207870 | 781900 | 7°09'22.33" | 78°26'52.09" |

3.2 ACCESIBILIDAD

La accesibilidad a las zonas de estudio estuvo conformada por tres rutas de recorridos distintas, enfocadas a las zonas de investigación: La zona Celendín, partiendo desde la ciudad de Cajamarca (Plaza de armas) con orientación W-E, llegando al distrito Los Baños del Inca, luego cambiando a orientación SW-NE llegando al centro poblado Cruz Conga, siguiendo el mismo alineamiento llegamos al fundo La Cucharita, conformada por una carretera asfaltada en buenas condiciones; sin embargo se cambió de ruta con orientación WSW-ENE llegando al centro poblado Laguna, conformada por una trocha carrozable.

Cuadro 3.2. Cronograma de recorrido - Zona Celendín.

| Tramo | | Estado de vía | Carretera | Transporte | Movilidad | Recorrido | |
|--------------------|--------------------|---------------|-------------------|------------|-----------|-----------------|--------------|
| | | | | | | Distancia (Km.) | Tiempo (h.) |
| De | A | | | | | | |
| Cajamarca | Los Baños del Inca | Buena | Asfaltada | Terrestre | Auto | 06+100 | 00:13 |
| Los Baños del Inca | Cruz Conga | Buena | Asfaltada | Terrestre | Auto | 66+500 | 01:31 |
| Cruz Conga | Fundo La Cucharita | Buena | Asfaltada | Terrestre | Auto | 08+000 | 00:09 |
| Fundo La Cucharita | Laguna | Buena | Trocha carrozable | Terrestre | Auto | 21+400 | 00:38 |
| Total | | | | | | 102+000 | 02:31 |

La zona Puyllucana, se inició desde la ciudad de Cajamarca (Plaza de armas), iniciando el recorrido desde la ciudad de Cajamarca (Plaza de armas) con orientación W-E, llegando al distrito Los Baños del Inca, luego cambiando a orientación SSW-NNE llegando al centro poblado Puyllucana, conformada por una carretera asfaltada.

Cuadro 3.3. Cronograma de recorrido - Zona Puyllucana.

| Tramo | | Estado de vía | Carretera | Transporte | Movilidad | Recorrido | |
|--------------------|--------------------|---------------|-----------|------------|-----------|-----------------|--------------|
| De | A | | | | | Distancia (Km.) | Tiempo (h.) |
| Cajamarca | Los Baños del Inca | Buena | Asfaltada | Terrestre | Auto | 06+100 | 00:13 |
| Los Baños del Inca | Puyllucana | Buena | Asfaltada | Terrestre | Auto | 04+500 | 00:16 |
| Total | | | | | | 10+600 | 00:29 |

La zona Matara, inició su recorrido desde la ciudad de Cajamarca (Plaza de armas), por la carretera Cajamarca – Iscoconga con orientación WNW-ESE llegando a Llacanora, luego cambiando a orientación WSW-ENE llegando al centro arqueológico Los Sapitos, posteriormente cambiando bruscamente a orientación NW-SE llegando a distrito Matara y finalmente se dirigió por una trocha carrozable llegando al centro poblado Jacos.

Cuadro 3.4. Cronograma de recorrido - Zona Matara.

| Tramo | | Estado de vía | Carretera | Transporte | Movilidad | Recorrido | |
|--------------|-----------|---------------|-------------------|------------|-----------|-----------------|--------------|
| De | A | | | | | Distancia (Km.) | Tiempo (h.) |
| Cajamarca | Iscoconga | Buena | Asfaltada | Terrestre | Auto | 09+100 | 00:19 |
| Iscoconga | Llacanora | Buena | Asfaltada | Terrestre | Auto | 03+900 | 00:09 |
| Llacanora | Matara | Buena | Asfaltada | Terrestre | Auto | 23+300 | 00:47 |
| Matara | Jacos | Mala | Trocha carrozable | Terrestre | Auto | 03+400 | 00:11 |
| Total | | | | | | 47+700 | 01:26 |

3.3 CLIMA

La zona Celendín, está constituida por temperaturas que varía desde: 5°C a 21°C, bajando hasta 3°C y el máximo 24°C, presentando veranos largos, cómodos y nublados, e inviernos (cortos, fríos y secos) y parcialmente nublados.



Figura 3.1. A. Ruta de acceso a la zona Celendín. B. Ubicación satelital de zona Celendín.
 Fuente: Google Maps, 2022.

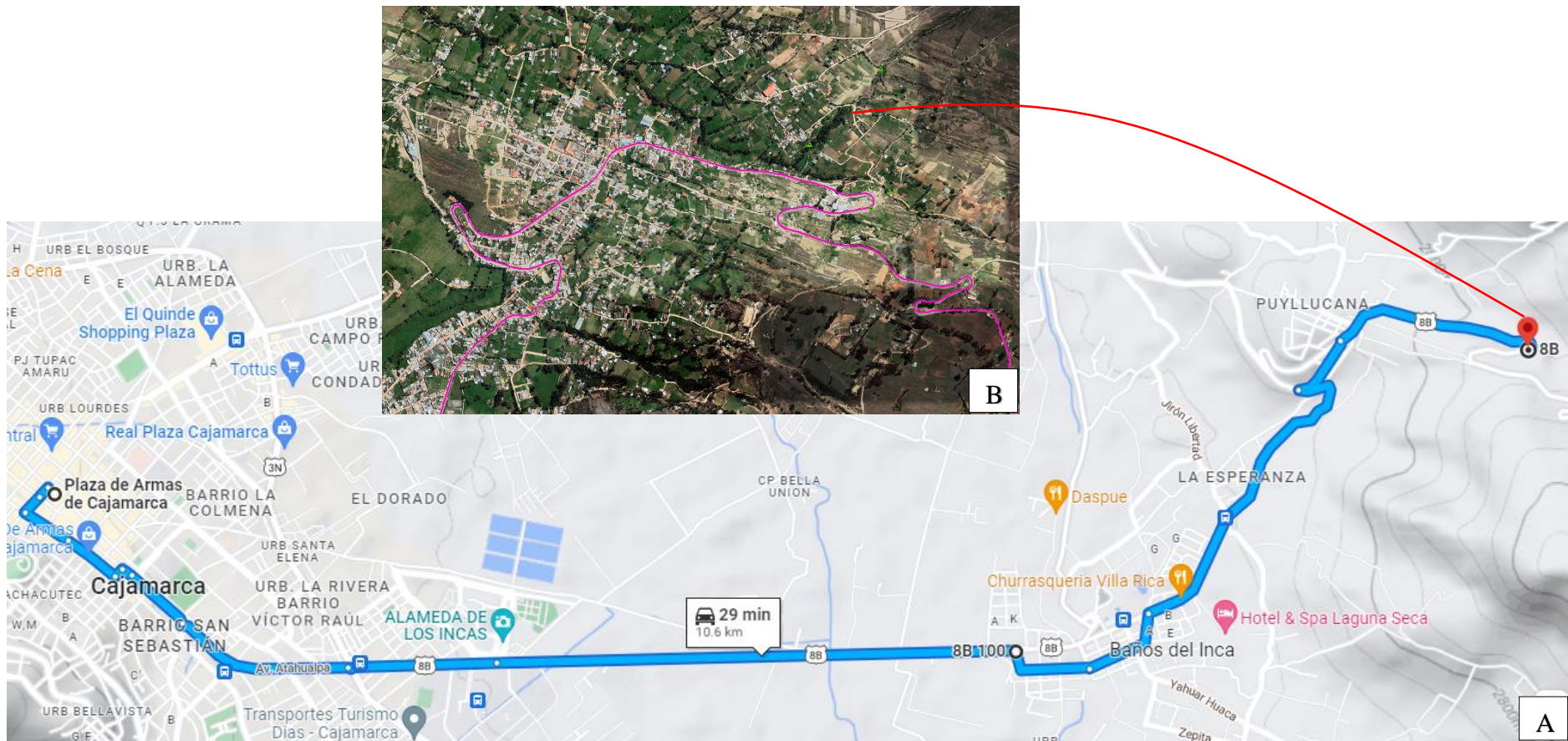


Figura 3.2. A. Ruta de acceso a la zona Puylucana. B. Ubicación satelital de zona Puylucana.
Fuente: Google Maps, 2022.

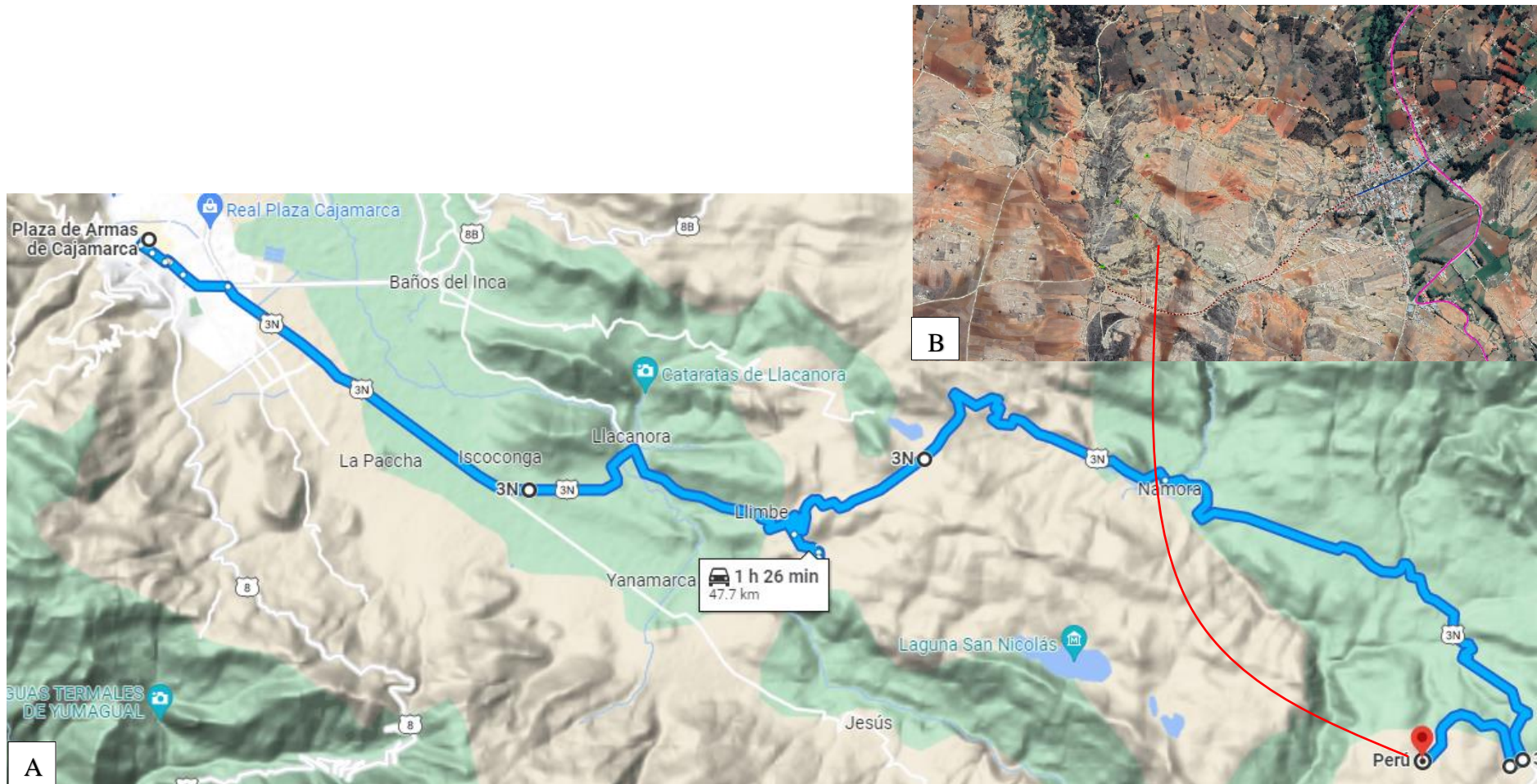


Figura 3.3. A. Ruta de acceso a la zona Matara. B. Ubicación satelital de zona Matara.
Fuente: Google Maps, 2022.

Presentado cielo cubierto todo el año por nubes que varía extremadamente en el transcurso del año, constituido por nubes: Mas despejadas (Dura 5 meses) y más nublada (Dura 7 meses), con precipitaciones de días: Mojados (Varia durante todo el año), más mojados (Dura 6.90 meses, distinguiéndose solamente: Lluvia, nieve o combinación de los dos) y seca (Dura 5.10 meses). Presentando variaciones de la velocidad del viento, en el transcurso del año como: Mas ventosa (10.40 Km/h) y más calmado (7.40 Km/h), (El Clima y el tiempo promedio en todo el año en Celendín^{Perú}, 2022). La variabilidad meteorológica lo muestra la estación: La Encañada, departamento: Cajamarca, provincia: Cajamarca y distrito: Encañada, con latitud: 7°7'23.78''S, Longitud: 78°19'59.3''W y altitud: 2,980 msnm. Tipo: Meteorológica convencional, Código: 107093.

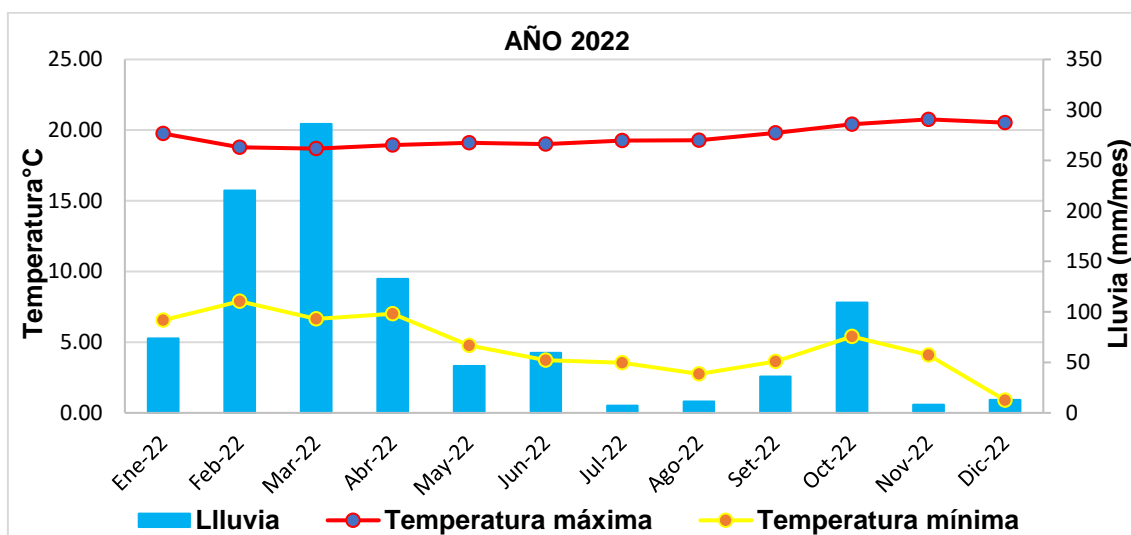


Figura 3.4. Histograma meteorológico de la estación convencional: La Encañada – zona Celendín.
Fuente: Senamhi, 2022.

La zona Puyllucana, está constituida por temperaturas que varía desde: 5°C a 19°C, bajando hasta 3°C y el máximo 21°C, presentando veranos frescos y nublados, e inviernos cortos, fríos, secos y parcialmente nublados. Presentado cielo cubierto todo el año por nubes que varía extremadamente en el transcurso del año, constituido por nubes: Mas despejadas (Dura 4.9 meses) y más nublada (Dura 7.1 meses), con precipitaciones de días: Mojados (Varía durante todo el año), más mojados (Dura 6.70 meses, distinguiéndose solamente: Lluvia, solamente nieve o combinación de los dos) y seca (Dura 5.3 meses). Presentando variaciones de la velocidad del viento, en el transcurso del año

como: Mas ventosa (9.90 Km/h) y más calmado (5.80 Km/h), (El Clima y el tiempo promedio en todo el año en CajamarcaPerú, 2022). La variabilidad meteorológica lo muestra la estación: La Victoria, departamento: Cajamarca, provincia: Cajamarca y distrito: LLacanora, con latitud: 7°11'28.27''S, Longitud: 78°27'34.10''W y altitud: 2,630 msnm. Tipo: Meteorológica convencional, Código: 107035.

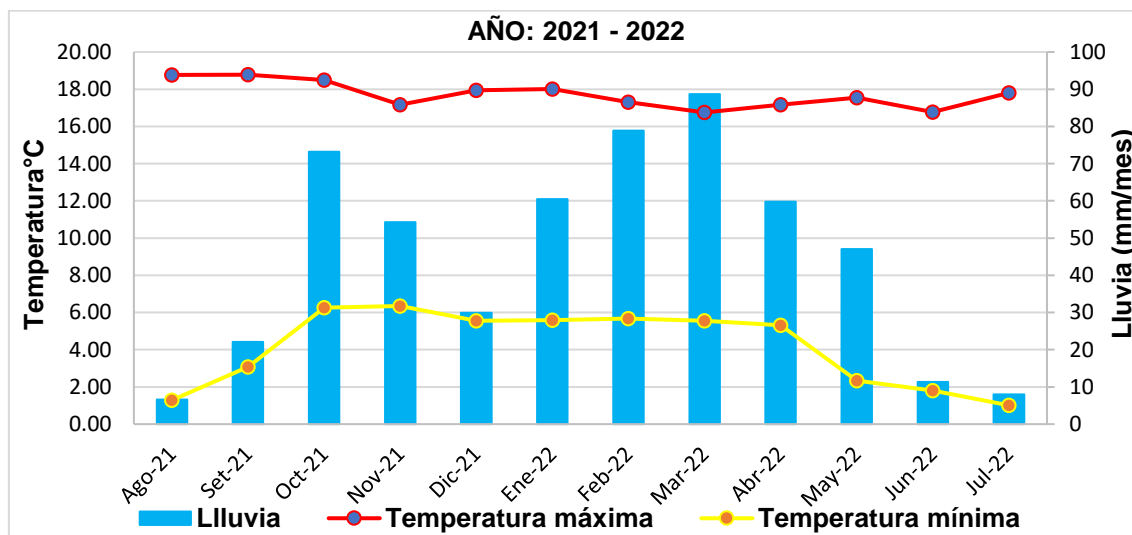


Figura 3.5. Histograma meteorológico de la estación convencional: La Victoria – zona Puyllucana.
Fuente: Senamhi, 2021 - 2022.

La zona Matara, está constituida por temperaturas que varía desde: 24°C a 31°C, bajando hasta 23°C y el máximo 33°C, presentando veranos cortos y cálidos, e inviernos largos, calurosos, mojados y ventosos y está opresivo y nublado durante todo el año. Presentado cielo cubierto todo el año por nubes que varía extremadamente en el transcurso del año, constituido por nubes: Mas despejadas (Dura 4.0 meses) y más nublada (Dura 8.0 meses), con precipitaciones de días: Mojados (Varía durante todo el año), más mojados (Dura 8.10 meses, distinguiéndose solamente: Lluvia, solamente nieve o combinación de los dos) y seca (Dura 3.90 meses). Presentando variaciones de la velocidad del viento, en el transcurso del año como: Mas ventosa (5.30 Km/h) y más calmado (6.70 Km/h), (Clima y el tiempo promedio en todo el año en MataraPerú, 2022). La variabilidad meteorológica lo muestra la estación: Sondor-Matara, departamento: Cajamarca, provincia: San Marcos y distrito: Gregorio Pita, con

latitud: 7°14'12.75''S, Longitud: 78°12'45.43''W y altitud: 2,908 msnm. Tipo: Meteorológica convencional, Código: 107038.

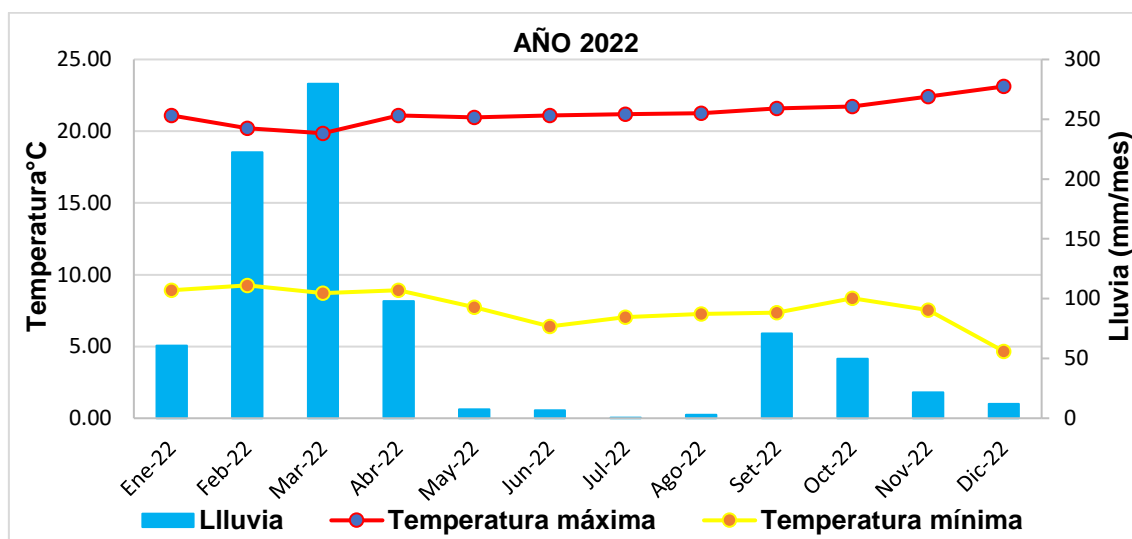


Figura 3.6. Histograma meteorológico de la estación convencional: La Victoria – zona Matara.
Fuente: Senamhi, 2022.

3.4 VEGETACIÓN

La zona: Celendín y Puyllucana, se ubica en un bosque húmedo – montano tropical, con precipitación: 500 mm. a 800 mm. de promedio anual, con evapotranspiración potencial 0.50 a 1.00 determinado una fisonomía húmeda, con cubierta vegetal constituido por: Arbóreas, arbustivas y herbáceas, presentando abundante cobertura vegetal (Zona Celendín) y baja cobertura vegetal (Zona Puyllucana), para los cartografiados de campo.

La zona Matara, se ubica en un bosque seco – montano bajo tropical, con precipitación: 500 mm. a 1,000 mm. de promedio anual, con evapotranspiración potencial 1.00 a 2.00 determinado una fisonomía subhúmeda, con cubierta vegetal constituido por: Arbustos y herbáceas, presentando sin casi nada de cobertura vegetal, evidenciándose los afloramientos rocosos de la Formación Pariatambo.

3.5 HIDROLOGÍA

La hidrología de la zona Celendín, está delimitada por la vertiente - quebrada Huauco, entre los cerros: Coricuingue y Vaquero, ubicándose en un acuitardo sedimentario, de la microcuenca de la quebrada Huauco entre la cadena montañosa: Occidental y central, de la provincia: Celendín. La naciente de la quebrada Huauco se origina a los 3,200 msnm. en el centro poblado: Laguna, con orientación SW-NE, con una longitud de 4,800 m. pasando su efluente por el distrito: Sucre, evacuando sus aguas a los 2,580 msnm. en la quebrada La Pacha, cambiando a orientación WNW-ESE, luego con orientación NNW-SSE, con una longitud de 8,500 m., evacuando las aguas en el río Cantange a los 2,000 msnm., cambiando a orientación WSW-ENE con una longitud de 12,340 m. en el centro poblado Atuyunga, confluyendo sus aguas con el río Marañón, en la altitud 900 msnm. cambiando a orientación SSE-NNW, con longitud de 197,200 m., interceptando con el río Chinchipe a los 390 msnm. en el centro poblado Algarrobal, cambiando a orientación NE-SW, siendo el principal afluente del río Amazonas, desembocando en el Océano Atlántico.



Figura 3.7. Evacuación de aguas de la quebrada Huauco, pasa por del distrito de Sucre, confluyendo a la quebrada La Pacha WNW-ESE. Zona Celendín.

La zona Matara, está delimitada por tres quebradas: Matara, Pastoreo y Matarita, entre los cerros: Garrapon, Huacsaco y Chuto; ubicándose

hidrogeológicamente en acuitardo sedimentario. Sin embargo, las quebradas: Matará (Inicia su nacimiento a los 2,850 msnm. en el centro poblado San Juan, con orientación SSE-NNW, con longitud 4,580 m. evacuando sus aguas en el río Chucsen en la cota 2,680 msnm.) y Pastoreo (Inicia su nacimiento a los 2,860 msnm. en el centro poblado Jocos, con orientación S-N, con longitud 3,310 m. evacuando sus aguas en el río Chucsen en la cota 2,670 msnm.); acotando que las quebradas mencionadas evacuan las aguas río Chucsen, cambiando a orientación ENE-WSW, confluyendo en la cota 2,590 msnm. con el río Namora cambiando a orientación N-S, evacuando sus aguas al río Cajamarquino a los 2,350 msnm.; y Matarita (Inicia su nacimiento a los 2,900 msnm. en el centro poblado Jocos, con orientación N-S a ENE-WSW, con longitud 5,100 m. evacuando sus aguas al río Cajamarquino en la cota 2,310 msnm.).



Figura 3.8. Zona de investigación limitada por la quebrada Pastoreo, evacuando sus aguas al río Chucsen, evidenciándose superficies de erosión. Zona Matará.

Luego cambiando a orientación NW-SE, conformando una longitud total de 34,800 m. del río Cajamarquino, confluyendo con el río Condebamba a los 1,950 msnm., formando el río Crisnejas con orientación WNW-ESE, con longitud de 35,450 m., desembocando con el río Marañón en el centro poblado Tingo La Palla, confluyendo sus aguas con el río Marañón, en la altitud 1,050 msnm. cambiando a orientación SSE-NNW, con longitud de 248,850 m., interceptando

con el río Chinchipe a los 390 msnm. en el centro poblado Algarrobal, cambiando a orientación NE-SW, siendo el principal afluente del río Amazonas, desembocando en el Océano Atlántico.



Figura 3.9. Drenaje de la quebrada Puylucana con orientación ESE-WNW, delimitados entre los cerros: Condorpuñuna y Conorpunta. Zona Puylucana.

La zona Puylucana, está delimitada por la vertiente - quebrada Puylucana, entre los cerros: Condorpuñuna y Conorpunta, ubicándose en un acuitardo sedimentario, se encuentra delimitada por la quebrada Puylucana, iniciando a los 3,100 msnm. su nacimiento, con orientación ESE-WNW, con longitud de 5,740 m.; evacuando al río Chonta a los 2,700 msnm. cambiando a orientación: N-S a NW-SE, con longitud 18,465 m.; luego cambiando a orientación NW-SE, conformando una longitud total de 54,850 m. siguiendo su curso aguas abajo cambia de nombre a río Cajamarquino, con longitud 45,400 m., confluyendo con el río Condebamba a los 1,950 msnm., formando el río Crisnejas con orientación WNW-ESE, con longitud de 35,450 m., desembocando con el río Marañón en el centro poblado Tingo La Palla, confluyendo sus aguas con el río Marañón, en la

altitud 1,050 msnm. cambiando a orientación SSE-NNW, con una longitud de 248,850 m., interceptando con el río Chinchipe a los 390 msnm. en el centro poblado Algarrobal, cambiando a orientación NE-SW, siendo el principal afluente del río Amazonas, desembocando en el Océano Atlántico.

3.6 GEOMORFOLOGÍA

Las unidades geomorfológicas predominantes son: Planicies, lomadas, laderas, escarpas y montañas; constituyendo el modelamiento superficial de la corteza terrestre relacionado con la meteorización: Mecánica (Agua, hielo, viento), química (Oxidación o hidrolisis) y biológica (Animales y plantas), cambiando sus propiedades del basamento rocoso por estar expuestas a la intemperie y medio ambiente, para posteriormente conformar depósitos cuaternarios, que cubren a la roca, logrando no visualizarse muy bien en algunos sectores las secuencias estratigráficas de la Formación Pariatambo de la zona de estudio por las unidades geomorfológicas, que predominan en el área de estudio. Sin embargo, las rocas sedimentarias del Cretáceo Inferior y Cuaternario Holocénico, están siendo afectadas por agentes meteorológicos formando unidades menores como: Quebradas, taludes, valles juveniles, laderas, mesetas, gargantas y terrazas, evidenciándose en las tres zonas de estudio. Por lo contrario, los alineamientos orogénicos de la zona: Celendín, Puyllucana y Matara, presentan orientación SSW-NNE a S-N, formando secuencias montañosas de conservación de afloramientos rocosos, sobre todo las zonas de Celendín y Puyllucana, en cambio zona Matara está cubierto por un 60% depósitos cuaternarios.

La zona Celendín, plasma a la Formación Pariatambo con Az: N140° a N153° y orientación NNW-SSE, constituida por unidades geomorfológicas como: Planicies, lomadas, laderas, escarpas y montañas, distribuidas en la zona de estudio, formando un valle juvenil en forma de V que delimita la vertiente de la quebrada Huauco con orientación SW-NE presentado poco modelamiento de erosión, constituyendo un fondo muy estrecho, llegando al distrito Sucre en un valle aluvial amplio y plano constituyendo Depósitos Aluviales. Por consiguiente, se observan planicies y lomadas, en las partes altas de los cerros: Coricuingue

y Vaquero, también en el valle del distrito de sucre, por lo contrario, las geoformas como: Laderas y escarpas son las unidades de mayor área porcentual al 50% evidenciándose: Laderas, terrazas y taludes, observándose mejor la estratigrafía de la Formación Pariatambo en los taludes de la carretera: Fundo la Cucharita a Sucre.



Figura 3.10. Lomadas y laderas, ubicadas en el techo de la secuencia estratigráfica de la Formación Pariatambo, compuestas las lomadas por Depósitos: Aluviales y Eluvial-Deluviales; y laderas compuestas por afloramientos rocosos y Depósitos Eluvial-Deluviales. Zona Celendín.

La zona Matara, plasma a la Formación Pariatambo con Az: N95° a N110° y orientación WNW-ESE, constituida por unidades geomorfológicas mayores como: Planicies, lomadas, laderas, escarpas y montañas, distribuidas en la zona de estudio, formando una meseta relativamente plana a ondulada delimitadas en su totalidad por: Planicies y lomadas, con áreas porcentuales mayores a 55%, siendo una montaña antigua ubicada en el flanco de derecho del sinclinal de los cerros: Garrapon, Huacsaco y Chuto; mostrando vestigios fuertemente erosionables del basamento rocoso, por ser una zona completamente desnuda

de vegetación y ser una zona completamente seca. Por lo contrario, se encuentra delimitada por dos gargantas o quebradas: Pastoreo (Centro poblado Jocos, con orientación S-N) y Matarita (Centro poblado Jocos, con orientación N-S a ENE-WSW), observando se claramente la secuencia estratigráfica de la Formación Pariatambo. Sin embargo, unidades geomorfogenéticas como: Laderas, escarpas y montañas; son menores a 7%, lográndose visualizar la secuencia estratigráfica De la Formación Pariatambo, en algunos sectores de cartografiado geológico – estratigráfico.



Figura 3.11. Modelamiento superficial de la zona de investigación conformada por: Planicies y lomada, expuesta a intensa erosión por estar compuesta por: Margas, lutitas, calizas nodulares y calizas masivas, conformando Depósitos: Aluviales, Deluviales y Eluvial-Deluviales. Zona Matara.

La zona Puyllucana, plasma a la Formación Pariatambo con Az: N245° a N255° y orientación WNW-ESE, constituida por unidades geomorfológicas mayores como: Planicies, lomadas, laderas, escarpas y montañas, distribuidas en la zona de estudio, formando un valle en forma de U delimitadas por los cerros: Condorpuñuna y Conorpunta, relacionado con valles glaciares por las huellas de abrasión, sobreexcavación del material de arrastre y la fricción del hielo, formando superficies en forma de cubiertas y umbrales; delimitadas en su totalidad por: Planicies, lomadas y laderas, con áreas porcentuales mayores a

30%, lográndose visualizar la secuencia estratigráfica De la Formación Pariatambo, en algunos sectores de cartografiado geológico – estratigráfico. Por lo contrario, se encuentra delimitada por la quebrada Puyllucana, con orientación ESE-WNW siendo longitudinalmente al curso de drenaje y transversal a este la quebrada Samanay con orientación NE-SW. Observando claramente la secuencia estratigráfica en la quebrada Samanay. Sin embargo, unidades geomorfofenéticas como: Escarpas y montañas; son menores a 5%.



Figura 3.12. Geomorfología delimitada por: Planicies, lomada y laderas; compuestas por basamentos rocosos y Depósitos: Aluviales, Deluviales y Eluvial-Deluviales. Zona Puyllucana.

Cuadro 3.5. Área de investigación de la Formación Pariatambo, para clasificación de las unidades geomorfofenéticas.

| Formación | Área de zonas de investigación (Ha.) | | | | | |
|------------|--------------------------------------|------------|------------|------------|------------|--------|
| | Celendín 1 | Celendín 2 | Celendín 3 | Celendín 4 | Puyllucana | Matara |
| Pariatambo | 62.80 | 20.77 | 3.40 | 38.13 | 94.02 | 124.87 |

Cuadro 3.6. Unidades geomorfogenéticas que conforman el área de investigación Formación Pariatambo.

| Zona | Planicie | | Lomada | | Ladera | | Escarpa | | Montaña | |
|------------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|
| | Área (Ha.) | % | Área (Ha.) | % | Área (Ha.) | % | Área (Ha.) | % | Área (Ha.) | % |
| Celendín 1 | 3.45 | 5.49 | 10.37 | 16.52 | 18.34 | 29.20 | 18.34 | 29.20 | 0.44 | 0.70 |
| Celendín 2 | 0.00 | 0.00 | 0.18 | 0.87 | 11.73 | 56.48 | 11.73 | 56.48 | 2.20 | 10.59 |
| Celendín 3 | 0.17 | 5.00 | 0.78 | 22.94 | 0.62 | 18.24 | 0.62 | 18.24 | 0.92 | 27.06 |
| Celendín 4 | 7.14 | 18.73 | 8.00 | 20.98 | 9.86 | 25.86 | 9.86 | 25.86 | 0.13 | 0.35 |
| Puylucana | 15.34 | 16.32 | 43.53 | 46.30 | 30.80 | 32.76 | 4.35 | 4.62 | 0.00 | 0.00 |
| Matara | 69.33 | 55.52 | 47.28 | 37.86 | 7.96 | 6.37 | 0.30 | 0.25 | 0.00 | 0.00 |

3.7 GEOLOGÍA REGIONAL

La geología regional de las zonas: Puylucana y Matara, están constituidas por las facies sedimentarias de la cordillera occidental peruana, con unidades rocosas del Mesozoico (Cretáceo: Inferior y Superior) hasta el Cenozoico (Neógeno y Cuaternario), conformado por eventos volcánicos del Neógeno (Grupo Calipuy: Complejo Volcánico Yanacocha) y Depósitos Cuaternarios recientes (Pleistoceno y Holoceno); ligados al tectonismo regional iniciado desde el Proterozoico hasta la actualidad. Litológicamente está conformado por el Cretáceo Inferior - Las Formaciones: Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat, constituyendo el Grupo Goyllarisquizga sobre el cual suprayacen las Formación Inca, Grupo Crisnejas (Formación: Chúlec y Pariatambo); y Cretáceo Superior – El Grupo: Pulluicana (Formación Yumagual) y Quilquiñan; Formación: Cajamarca y Celendín. Presentando secuencias estratigráficas areniscosas, cuarcíticas, lutitas, lutitas calcáreas, calizas nodulares de color gris claro hasta oscuras; variaciones de calizas arenosas y margas gris oscuras, conformando estratos intercalados gruesos a delgados; reconociéndose quince unidades litoestratigráficas, abarcando desde: Valanginiano – Messiniano, siendo cubiertos por Depósitos: Aluviales, Fluviales y Coluvio-aluviales, algunos casos con cierta tendencia estratiforme y en otros casos muy heterogéneos y desordenados.

Los rasgos morfo-estructurales de deformaciones actuales han sido iniciados en el Cretáceo tardío y continúan durante el Cenozoico, correspondientes al Ciclo Andino, iniciando el periodo jurásico con formación de la cuenca occidental

peruana y geoanticlinal del marañón, influenciada por esfuerzos tectónicos de distensivos originando subsidencia y levantamiento, de la cuenca relacionado con el primer movimiento andino. Sin embargo, el segundo movimiento, se caracterizó por ser compresivo originando plegamiento de la cuenca y produciendo cabalgamientos e imbricaciones del lado oriental, en consecuencia, algunas fallas atravesaron la cobertura sedimentaria Mesozoica, en ambos lados del sector donde se encuentran los pueblos: Ichocán, San Marcos, Matara, Namora y Cajamarca, relacionándose con la Falla Cajamarca. Posteriormente estas fallas se reactivaron afectando a las formaciones más jóvenes, incluyendo a las fallas que se observan al norte de la confluencia de los ríos: Cajamarca y Condebamba, y que continúan hasta el pueblo de San Juan. Por lo contrario, el tercer movimiento fue deformatorio, iniciando en el Paleógeno-Neógeno: Temprano hasta medio, luego de la acumulación volcánica post-tectónica (Grupo Calipuy); caracterizándose por compresiones, traducida mayormente por fallamientos de bloques, las estructuras ondulantes superiores alcanzaron alturas por encima de sus posiciones originales, siendo por lo tanto sometidas a un largo intervalo de erosión, que dio como consecuencia una peneplanización, desarrollando la superficie de erosión denominada "Superficie Puna". Finalmente, el cuarto movimiento llamado "tardío", se caracterizó por la naturaleza epirogenética siendo la que determino la elevación de la región andina a los niveles actuales, iniciándose en el Mio-Plioceno continuando hasta la actualidad (Reyes, 1980).

Estos movimientos deformacionales se intercalaron con periodos de estabilidad, produciendo acumulaciones de sedimentos y superficies de erosión, para posteriormente producirse periodos volcánicos (Grupo Calipuy) y magmáticos (Dacíticos y dioríticos); al finalizar el ciclo sobrevino un periodo netamente erosivo glacial y posteriormente retrabajo fluvial, los cuales han originado las características actuales.

La geología regional de la zona Celendín, están constituidas por las facies sedimentarias del Complejo del Marañón, hacia el E, y Formación Olmos en la costa, ambos de edad precambriana, constituyen el basamento metamórfico siendo discordantemente rocas filíticas y tobáceas de la edad Ordoviciana.

Descansando capas rojas del Grupo Mitu del Permiano Superior. El lapso Triásico-Jurásico Inferior está constituido por calizas de la Formación La Leche en la faja costanera y el Grupo Pucará en el área del Marañón, formaciones que están asociadas a derrames y piroclásticos andesíticos y dacíticos de la Formación Oyotún cuya edad parece llegar hasta el Jurásico Superior. Durante el Neocomiano-Aptiano se depositaron lutitas, areniscas y algunas calizas que se agrupan en las Formaciones: Tinajones, Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat

La Formación Goyllarisquizga constituye las facies sedimentarias. El Albiano presenta secuencias calcáreas que reúne a las Formaciones: Inca, Chúlec, Pariatambo y parte de Pulluicana, hacia el E. La Formación Crisnejas con mayor proporción de clastos, equivale al Albiano medio en los Andes Septentrionales del Perú (Benavides, 1956). Un paquete de calizas y margas en el parte superior constituido por los Grupos: Pulluicana y Quilquiñán (lutitas) y Formaciones: Cajamarca y Celendín, comprendidas entre el Albiano Superior y Santoniano, señala la culminación de la sedimentación marina del Cretáceo. El levantamiento del Cretáceo terminal dio origen a la formación de los depósitos continentales de la Formación Chota que yace en discordancia erosional sobre la Formación Celendín. Presentada actividad volcánica intensa durante el Paleógeno-Neógeno representada por andesitas y dacitas del Volcánico Llama el cual está cubierto discordantemente por el Volcánico Porculla compuesto por dacitas y andesitas que infrayacen, en igual relación a las tobas ácidas de la Formación Huambos del Neógeno. Estructuralmente presenta dos fases de deformación en el Paleozoico temprano y una en el Paleozoico superior de rumbo NNE-SSW, asociadas a estructuras de igual rumbo en rocas jurásicas. Una fase de deformación a fines del Cretáceo ocasionando el plegamiento de la cuenca Chimú, cuyas estructuras parecer estar controladas por la geometría de la cuenca. Antes del vulcanismo Llama, ocurrió una deformación con estructuras NW-SE que afectó a la provincia Pacasmayo. Las estructuras principales de la parte oriental se deben a una fase del Paleógeno-Neógeno antes del Volcánico Porculla. Posteriormente ocurrieron eventos menores que culminaron con el levantamiento general de los Andes durante el Paleógeno-Neógeno Cuaternario.

3.8 GEOLOGÍA LOCAL

La Formación Pariatambo está compuesta por rocas calcáreas bituminosas: Tabulares, nodulares y lenticulares; margas de color: crema, amarillento a blanquecinas; lutitas calcáreas negruzcas a parduzcas de textura fisil a nodular y chert, perteneciente al Grupo Crisnejas, Cretácio Inferior - era Mesozoica.

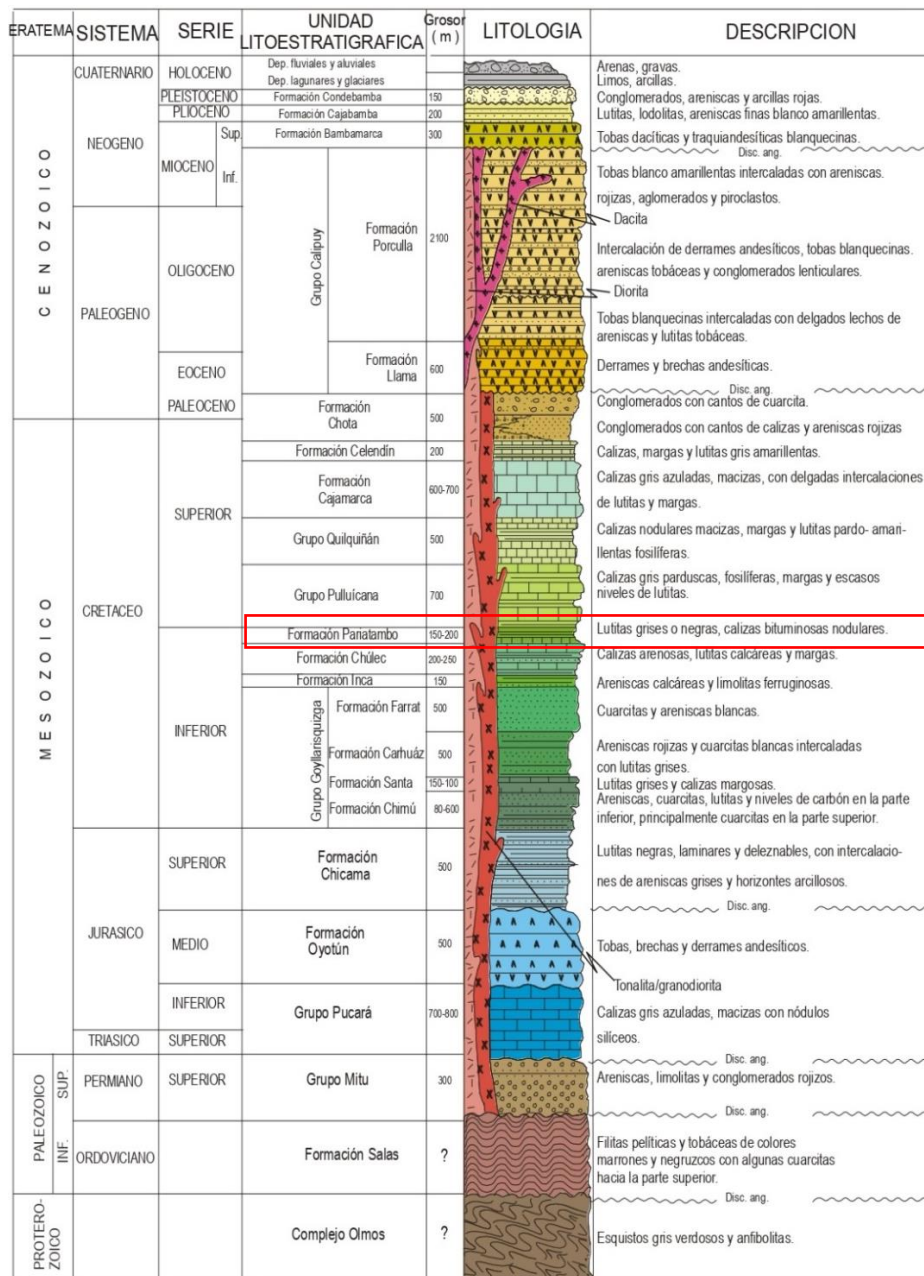


Figura 3.13. Columna estratigráfica de la región de Cajamarca, ubicando a la Formación Pariatambo.

Fuente: Ingemmet, 2007.

Litológicamente la zona Celendín, está ubicada en la era Mesozoica - Cretáceo: Inferior (Formación Pariatambo) y Superior (Formación Yumagual); del flanco derecho del sinclinal asimétrico ($FI = 65^\circ$ a 45° y $FD = 42^\circ$ a 22°) Uñigan con eje de pliegue SSE-NNW, delimitado por secuencias estratigráficas con orientación Az: $N140^\circ$ a $N153^\circ$ y Bz: $35^\circ SW$ a $65^\circ SW$. Sin embargo, la Formación Pariatambo está compuesta litoestratigráficamente por secuencias: Calcáreas de calizas bituminosas tabulares, lenticulares y nodulares; margas de color amarillento a blanquecinas; lutitas calcáreas negruzcas a parduzcas de textura fisil a nodular y chert de espesor: 6.00 m. a 6.25 m. en el techo compuesta por bandeamientos rítmicos de coloraciones negruzcas, grises a parduzcas constituyendo una zona de silicificatada por procesos diagenéticos de cambios graduales de alteración de rocas carbonatadas y lutáceas, constituyendo zona de alta resistencia rocosa.



Figura 3.14. Secuencia estratigráfica de la Formación Pariatambo compuesta por calizas de tabulares de espesor: 0.25 m. a 0.30 m., con intercalaciones de calizas nodulares de espesor: 0.10 m. a 0.15 m. de coloración bituminosa. Zona Celendín.

Presentando biozonas fosilíferas: Bivalvos, gasterópodos y equinodermos, en los paquetes lutáceos de textura fisil a nodular, predominando en los dos miembros, sin embargo, de mayor abundancia en el Miembro: Inferior y Medio.



Figura 3.15. Secuencia estratigráfica de la Formación Pariatambo compuesta de lutitas de textura fisil de espesor: 0.70 m. a 1.60 m., de coloración parduzcas, con intercalaciones de calizas nodulares de espesor: 0.80 m. a 1.00 m. de color amarillento a anaranjado. Zona Matara.

Litológicamente la zona Matara, está ubicada en la era Mesozoica - Cretáceo: Inferior (Formación: Farrat, Inca, Chúlec y Pariatambo) y Superior (Formación Yumagual); del flanco derecho del sinclinal simétrico (FI = 20° a 15° y FD = 18° a 15°) Matarita con eje de pliegue ESE-WNW, delimitado por secuencias estratigráficas con orientación Az: N95° a N110° y Bz: 35°SW a 15°SW. Sin embargo, la Formación Pariatambo está compuesta litoestratigráficamente por secuencias: Calcáreas de calizas bituminosas tabulares y nodulares; margas de color amarillento a blanquecinas; lutitas calcáreas negruzcas a parduzcas de textura fisil a nodular y chert de espesor: 4.00 m. a 4.70 m. en el techo compuesta por bandeamientos rítmicos de coloraciones negruzcas, grises a parduzcas

constituyendo una zona de silicificada por procesos diagenéticos de cambios graduales de alteración de rocas carbonatadas y lutáceas, constituyendo zona de alta resistencia rocosa. Presentando biozonas fosilíferas: Bivalvos, braquiópodo, equinodermos y amonites, en los paquetes lutáceos de textura fisil a nodular y calizas nodulares, predominando en los tres miembros, sin embargo, de mayor abundancia en el Miembro: Inferior y Medio.



Figura 3.16. Formación Pariatambo, compuesto por secuencia de calizas: Nodulares y lenticulares, con intercalaciones lutitas bituminosas de espesor: 0.10 m. 0.15 m. Zona Puyllucana.

Litológicamente la zona Puyllucana, está ubicada en la era Mesozoica - Cretáceo: Inferior (Formación: Farrat, Inca, Chúlec y Pariatambo) y Superior (Formación: Yumagual y Quilquiñan); del flanco derecho del anticlinal asimétrico ($FI = 65^\circ$ a 52° y $FD = 45^\circ$ a 35°) Baños del Inca con eje de pliegue ESE-WNW, delimitado por secuencias estratigráficas con orientación Az: $N245^\circ$ a $N255^\circ$ y Bz: $65^\circ NW$ a $75^\circ NW$. Sin embargo, la Formación Pariatambo está compuesta litoestratigráficamente por secuencias: Calcáreas de calizas bituminosas tabulares, nodulares y lenticulares; margas de color amarillento a blanquecinas;

lutitas calcáreas negruzcas a parduzcas de textura fisil a nodular y chert de espesor: 5.50 m. a 5.90 m. en el techo compuesta por bandeamientos rítmicos de coloraciones negruzcas, grises a parduzcas constituyendo una zona de silicificatada por procesos diagenéticos de cambios graduales de alteración de rocas carbonatadas y lutáceas, constituyendo zona de alta resistencia rocosa. Presentando biozonas fosilíferas: Bivalvos y amonites, en los paquetes lutáceos de textura fisil a nodular, del Miembro: Inferior y Medio.

3.9 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología de investigación empleada en la tesis es: Descriptivo-explicativo, Descriptivo, Transeccional en el tiempo, cualitativo y cuantitativo, y aplicada; basada en observaciones litobioestratigráficas de la Formación Pariatambo en función de cartografiados litológicos de fósiles guía en el piso y techo, de la formación geológica mediante la toma de información: Cuantitativa y cualitativa, para elaborar y correlacionar las columnas estratigráficas de las zonas: Puyllucana, Matara y Celendín, los cuales generaran interpretaciones y conclusiones finales del tesis de investigación.

3.9.1 TIPO, NIVEL, DISEÑO, NATURALEZA Y FINALIDAD

Descriptivo-explicativo (Tipo): Está basada en describir a la Formación Pariatambo en relación de las zonas: Puyllucana, Matara y Celendín, teniendo en consideración el cartografiado: Litológico, estratigráfico y paleontológico, en función de sus facies o unidades de formación: cuantitativas y cualitativas, utilizando técnicas explicativas ingenieriles de reconocimiento de contactos litológicos del piso y techo, para plasmar de manera correcta la secuencia estratigráfica.

Descriptivo (Nivel): Está fundamentado en investigaciones: Exploratorias y correlacionales. La investigación exploratoria se aplicó en toda el área por la investigación delimitando el piso y techo de la Formación Pariatambo con las formaciones infrayacentes y suprayacentes, para posteriormente definir la sección de corte o travel litobioestratigráfico, para realizar un mejor cartografiado

exploratorio secuencial interpretativo las zonas de investigación. La investigación correlacional, se basó en realizar las columnas estratigráficas mediante información: Cuantitativas y cualitativas, desde el piso al techo, para posteriormente realizar las correlaciones litoestratigráficas de cada zona en función su composición: Litológica, sucesión estratigráfica, facies sedimentarias y tiempo geológico.

Transeccional en el tiempo (Diseño): Constituida en base a información visual exploratoria de campo mediante el desarrollo de las variables: Dependientes (Litología, sucesión estratigráfica, facies sedimentación y tiempo geológico) e independientes (Correlación estratigráfica), utilizando materiales y equipos, correctamente calibrados para una mejor recopilación de información, no planteando un lineamiento establecido de ocurrencia descriptiva del afloramiento rocoso.

Cualitativo y cuantitativo (Naturaleza): Lo conforma en obtener información: Observacional, interpretativa y analítica; enfocado a las características científicas en el campo de la geología. Sin embargo, según la naturaleza cualitativa tiene que ver con descripciones panorámicas del área de investigación, enfocado a determinar lineamientos de cartografiado litobioestratigráfico; complementado con la naturaleza cuantitativa mediante valores numéricos obtenidos por equipos como: Wincha, flexómetro, brújula y GPS, utilizados en la recopilación de información de campo.

Aplicada (Finalidad): Se enfoca en mostrar detalladamente la estratigrafía de la Formación Pariatambo, mediante la elaboración de columnas litobioestratigráficas de cada zona de estudios, para definir de manera correcta la secuencia estratigráfica y textural de la Formación Pariatambo, por presentar variaciones en cada zona de investigación. Sin embargo, esta investigación tendrá un gran aporte en los campos ingenieriles: Petroleros, geológicos, mineros, civiles y ambientalistas. así como aportes de gran importancia a la escuela profesional de ingeniería de geológica de la universidad Nacional de Cajamarca, ya sea para egresados o alumnos, de esta casa superior de estudios.

Cuadro 3.7. Clasificación de la metodología de investigación – utilizada en la tesis.

| | |
|------------|----------------------------|
| Según | Tipo de investigación |
| Tipo | Descriptivo-explicativo |
| Nivel | Descriptivo |
| Diseño | Transeccional en el tiempo |
| Naturaleza | Cualitativo y cuantitativo |
| Finalidad | Aplicada |

Fuente: Modificado de Supo (2016).

3.9.2 POBLACIÓN

El universo a ser estudiado está constituido por tres zonas: Puyllucana, Matara y Celendín; definiendo un área de investigación de 3 Km². cada zona a ser cartografiada.

3.9.3 MUESTRA

Lo conforma la Formación Pariatambo con extensión superficial: 62.80 Ha. (Celendín 1), 22.77 Ha. (Celendín 2), 3.40 Ha. (Celendín 3), 38.13 Ha. (Celendín 4), 124.87 Ha. (Matara) y 94.02 Ha. (Puyllucana), cada zona delimitada por la formación geológica: Infrayacente y suprayacente, constituyendo espesores muy variables en cada zona de estudio.

3.9.4 UNIDAD DE ANÁLISIS

Conformado por: Estratos, estructuras, textura, secuencias de la Formación Pariatambo.

3.9.5 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Las variables utilizadas se enfocan en variables: Dependientes (Litología, sucesión estratigráfica, facies sedimentación y tiempo geológico) e independientes (Correlación estratigráfica), representadas por: Calizas, margas y arcillitas.

Cuadro 3.8. Identificación de variable

| Independiente | Dependiente |
|-------------------------|--------------------|
| Litología | |
| Sucesión estratigráfica | Correlación |
| Facies sedimentarias | litoestratigráfica |
| Tiempo geocronológico | |

3.9.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN DE DATOS

Las técnicas de recopilación de información fueron descritas en la metodología de la investigación, enfocadas a las zonas de estudio a través de cartografiados litobioestratigráficos para obtener información de la Formación Pariatambo de cada zona de estudio. La metodología de trabajo se divide en tres etapas consecutivas, describiéndose a continuación:

- **TRABAJO DE GABINETE**

Lo constituyeron todas las actividades previas al trabajo de campo, conformado por: Planificación, recopilación bibliográfica, metodología a utilizar, sectorización del cartografiado litobioestratigráfico y equipos a utilizar, para obtener información detallada de la secuencia estratigráfica de cada zona de estudio realizando un énfasis en el análisis de imágenes satelitales de versiones pasadas y actuales, de los contactos de la Formación Pariatambo, para así ver la sección de corte.

- **TRABAJO DE CAMPO**

Se realizó definiendo en la etapa en gabinete, mediante dos primeras salidas a cada zona de estudio para delimitar la mejor sección geológica de corte, para posteriormente realizar la toma de información detallada de la Formación Pariatambo, constituida por 4 salidas a cada zona de estudio. Sin embargo, se utilizó soporte técnico mediante el software ArcGis realizando conversiones a archivos KMZ, logrando avance satisfactorio de cada zona de estudio por ser extensión el software Google Earth. Por consiguiente, la estratigrafía de la zona de Celendín, se encuentra en corte de carretera Laguna – Sucre con orientación

NE-SW, por lo contrario, la zona de Matara se realizó desde la quebrada Pastoreo con orientación SSW-NNE; en cambio la zona de Puyllucana se realizó en la quebrada Samanay con orientación SW-NE. La parte logística estuvo conformada por 5 asistentes de campo, realizando: Descripción, muestreos, correlaciones, mediciones y anotaciones; logrando así un avance homogéneo y satisfactorio de cada zona de investigación

- **PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN**

Fue basada desde la calibración de equipos de campo, para posteriormente ser fundamentada en la redacción de la tesis, mediante programas numéricos (ArcGis, SASPlanet, AutoCAD, Google Earth, Google Maps y Microsoft Office) y ordenadores digitales (GEOCATMIN), siendo de vital importancia para: Ordenar, procesar, obtener y redactar; información de calidad y de consistencia científica la tesis de investigación enfocada a las facies secuenciales de la Formación Pariatambo.

3.9.7 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

Los análisis e interpretación serán basadas en las correlaciones de columnas estratigráficas teniendo en consideración: Facies, estructuras, texturas sedimentarias, litología y biozonas, delineadas desde el piso al techo de la Formación Pariatambo; para obtener conclusiones y recomendaciones del área de investigación.

3.9.8 MATERIALES, EQUIPOS Y SOFTWARES

Para la realización de la tesis de investigación, se fundamentó en materiales, equipos y software (soporte técnico), partiendo desde: Gabinete, campo y procesamiento de información, logrando obtener información cualitativa y cuantitativa, de la tesis de investigación en la Formación Pariatambo.

3.9.8.1 RECURSOS

Los recursos están conformados por: Lapiceros, colores, plumones indelebles, borrador, corrector, regla graduada, tajador, plumones, porta tablero, carta geológica, imagen satelital y libreta de apuntes; utilizados en todas las etapas de recopilación de información

3.9.8.2 EQUIPOS

Lo conforman: Brújula Brunton (Serie: 5631915000), GPS Garmin (Serie: 2DV186166 - Garmin), cámara fotográfica (Serie: 8322513), lupa (Serie: Achromatiz 20x - Iwamoto), picota (Modelo: E3-23LP 22 onz - Estwing), protactor (C-Thru / Westcott), rayador (SKU 15-075), wincha (SKU: 133632 - Kamasa) y flexómetro (Stanley – SKU: 120250).



Figura 3.17. Equipos empleados para el cartografiado litobioestratigráfico de la Formación Pariatambo.

3.9.8.3 SOFTWARE

Constituido por: SASPlanet V22, AutoCad 2020, Global Mapper 15 y ArcGis 10.8.



Figura 3.18. Softwares utilizados para el procesamiento de información de la tesis de investigación.

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

La hidrología fue basada en función de tres zonas de investigación: **Celendín**, delimitada por la quebrada Huauco, entre los cerros: Coricuingue y Vaquero, originándose la naciente 3,200 msnm. con orientación SW-NE, con longitud de 4,800 m. pasando su efluente por el distrito: Sucre, evacuando sus aguas a los 2,580 msnm. en la quebrada La Pacha, cambiando a orientación WNW-ESE, luego con orientación NNW-SSE, con una longitud de 8,500 m., evacuando las aguas en el río Cantange a los 2,000 msnm., cambiando a orientación WSW-ENE con una longitud de 12,340 m. en el centro poblado Atuyunga, confluyendo sus aguas con el río Marañón, en la altitud 900 msnm. cambiando a orientación SSE-NNW, con longitud de 197,200 m.; **Puyllucana**, delimitada por la quebrada Puyllucana, entre los cerros: Condorpuñuna y Conorpunta, iniciando a los 3,100 msnm. su naciente, con orientación ESE-WNW, con longitud de 5,740 m.; evacuando al río Chonta a los 2,700 msnm. cambiando a orientación: N-S a NW-SE, con longitud 18,465 m.; luego cambiando a orientación NW-SE, conformando una longitud total de 54,850 m. siguiendo su curso aguas abajo cambia de nombre a río Cajamarquino, con longitud 45,400 m., confluyendo con el río Condebamba a los 1,950 msnm., formando el río Crisnejas con orientación WNW-ESE, con longitud de 35,450 m., desembocando con el río Marañón en el centro poblado Tingo La Palla, confluyendo sus aguas con el río Marañón, en la altitud 1,050 msnm. cambiando a orientación SSE-NNW, con una longitud de 248,850 m.; y **Matara**, delimitada con la quebrada: Pastoreo, inicia su naciente a los 2,860 msnm. en el centro poblado Jocos, con orientación S-N, con longitud 3,310 m. evacuando sus aguas en el río Chucsen en la cota 2,670 msnm.; acotando que las quebradas mencionadas evacuan las aguas río Chucsen,

cambiando a orientación ENE-WSW, confluyendo en la cota 2,590 msnm. con el río Namora cambiando a orientación N-S, evacuando sus aguas al río Cajamarquino a los 2,350 msnm.; y luego cambiando a orientación NW-SE, conformando una longitud total de 34,800 m. del río Cajamarquino, confluyendo con el río Condebamba a los 1,950 msnm., formando el río Crisnejas con orientación WNW-ESE, con longitud de 35,450 m., desembocando con el río Marañón en el centro poblado Tingo La Palla, confluyendo sus aguas con el río Marañón, en la altitud 1,050 msnm. cambiando a orientación SSE-NNW, con longitud de 248,850 m.

Sin embargo, las tres zonas evacuan sus aguas al río Chinchipe a los 390 msnm. en el centro poblado Algarrobal, cambiando a orientación NE-SW, siendo el principal afluente del río Amazona y evacuando sus aguas al Océano Atlántico. Hidrogeológicamente se encuentra emplazado en un acuitardo sedimentario,

Las unidades geomorfológicas constituyeron el modelamiento superficial relacionadas con la meteorización: Mecánica, química y biológica; de las secuencias estratigráficas de la Formación Pariatambo, formando unidades menores: Quebradas, taludes, valles juveniles, laderas, mesetas, gargantas y terrazas; con alineamientos orogénicos de las zonas: Celendín, Puyllucana y Matara, presentan orientación SSW-NNE a S-N, relacionados con conservación de la secuencia montañosa la zona: Celendín y Puyllucana, en cambio Matara presenta recubrimiento en un 60% por depósitos cuaternarios. Por lo contrario, las zonas: **Celendín**, se observa planicies, lomadas y montañas, en las partes altas de los cerros: Coricuingue y Vaquero, sin embargo, las geoformas como: Laderas y escarpas, son las unidades de mayor área porcentual superando el 50%; evidenciándose también un valle juvenil en forma de V que delimita la vertiente de la quebrada Huauco con orientación SW-NE, delimitando al distrito Sucre en un valle aluvial: Amplio y plano, conformado por Depósitos Aluviales; **Puyllucana**, lo conforma un valle en forma de U delimitadas por los cerros: Condorpuñuna y Conorpunta, relacionado con valles glaciares por las huellas de abrasión, sobreexcavación del material de arrastre y la fricción del hielo, formando superficies en forma de cubiertas y umbrales; delimitadas en su totalidad por: Planicies, lomadas y laderas, con áreas porcentuales mayores a

30% sin embargo, unidades geomorfológicas como: Escarpas y montañas; son menores a 5%. La estratigrafía se ubica en la quebrada Puylucana, con orientación ESE-WNW siendo longitudinalmente al curso de drenaje y transversal a esta quebrada Samanay con orientación NE-SW; y **Matara** está emplazada en una meseta relativamente plana a ondulada delimitadas en su totalidad por: Planicies y lomadas, con áreas porcentuales mayores a 55%, sin embargo, la estratigrafía está ubicada en el flanco de derecho del sinclinal siendo un área fuertemente expuesta a erosiones del basamento rocoso, delimitada por la garganta: Pastoreo observándose claramente la secuencia estratigráfica de la Formación Pariatambo. Sin embargo, las unidades geomorfológicas como: Laderas, escarpas y montañas; son menores a 7%.

La litobioestratigrafía de la Formación Pariatambo presenta rocas calcáreas bituminosas: Tabulares, nodulares y lenticulares; margas de color: crema, amarillento a blanquecinas; lutitas calcáreas negruzcas a parduzcas de textura fisil a nodular y chert, perteneciente al Grupo Crisnejas, Cretácico Inferior - era Mesozoica, con biozonas de abundantes fósiles: Bivalvos, gasterópodos equinodermos y amonites.

Zona Celendín: Está ubicada en la era Mesozoica - Cretácico: Inferior (Formación Pariatambo) y Superior (Formación Yumagual); del flanco derecho del sinclinal asimétrico (FI = 65° a 45° y FD = 42° a 22°) Uñigan con eje de pliegue SSE-NNW, delimitado por secuencias estratigráficas con orientación Az: N140° a N153° y Bz: 35°SW a 65°SW.

Cuadro 4.1. Coordenadas de contactos de las formaciones: Infrayacente y suprayacente, de la Formación Pariatambo - Zona Celendín.

| Piso | | | Techo | | |
|-----------|------------|--------------|-----------|------------|--------------|
| Este (m.) | Norte (m.) | Cota (msnm.) | Este (m.) | Norte (m.) | Cota (msnm.) |
| 815529 | 9231813 | 2275 | 815295 | 9231456 | 2183 |

- **Litología:** La Formación Pariatambo está compuesta litoestratigráficamente por secuencias: Calcáreas de calizas bituminosas tabulares, lenticulares y nodulares; margas de color amarillento a blanquecinas; lutitas calcáreas negruzcas a parduzcas de textura fisil a

nodular y chert de espesor: 6.00 m. a 6.25 m. en el techo compuesta por bandeamientos rítmicos de coloraciones negruzcas, grises a parduzcas constituyendo una zona de silicificatada por procesos diagenéticos de cambios graduales de alteración de rocas carbonatadas y lutáceas, constituyendo zona de alta resistencia rocosa. Presentando biozonas fosilíferas: Bivalvos, gasterópodos y equinodermos, en los paquetes lutáceos de textura fisil a nodular, predominando en los dos miembros, sin embargo, de mayor abundancia en el Miembro: Inferior y Medio.



Figura 4.1. Vista panorámica desde Google Earth, delimitando la Formación Pariatambo: Piso y techo, cortado transversalmente por la trocha carrozable - Zona Celendín.

- **Estructura sedimentaria:** Esta definida por la secuencia estratigráfica en los procesos de formación de lo rocas sedimentarias por agentes: Mecánicos, químicos y biológicos; ambientes de formación por geometría: Tabular y nodular, caracterizado por: Estratos paquetes rocosos competentes y laminación de rocas frágiles; y zonas biogenéticas.

- **Facies estratigráficas:** Están constituidas por: Calizas bituminosas, calizas nodulares, margas y lutitas de color negruzco a parduzcas. Estratigráficamente el **miembro inferior** de inicia desde: 0.00 m. a 98 m., conformado por estratos competentes de calizas bituminosas de textura tabular de espesor 0.20 m. a 0.25 m., con escasas secuencias de calizas margosas, calizas nodulares de espesor: 0.10 m. a 0.15 m., evidenciándose biozonas de: Bivalvos, gasterópodos y equinodermos, conformado por: Dos secuencias positivas y una secuencia rítmica; el **miembro medio** inicia desde: 98 m. a 300 m., conformados por calizas negruzcas de grosor: 0.15 m. a 0.25 m., con intercalaciones de lutitas de textura fisil con grosor: 0.10 m. 0.15 m. con secuencias: Positivas, rítmicas, negativas; y el **miembro superior** inicia desde: 300.00 m. a 378.00 m., compuesto por secuencias intercaladas de calizas masivas bituminosas con intercalaciones de estratos lutáceos de gran espesor, evidenciándose en las calizas nodulares biozonas fosilíferas: Bivalvos y equinodermos, evidenciándose casi en el techo calizas silicificadas (Chert) por procesos diagenéticos gradualmente presentando bandeamientos de color gris a negruzco culminando cambio a litología lutácea, masiva y nodular; conformando este miembro por secuencias: Dos rítmicas, una negativa y dos positivas.
- **Biofacies:** Presentan biozonas fosilíferas: Bivalvos, gasterópodos y equinodermos, siendo desarrollados en el miembro inferior en las calizas nodulares y paquetes lutáceos desde: 32.00 m. a 38.00 m., miembro medio desde: 270.00 m. a 295 presenta bivalvos; y miembro superior está conformado por fósiles: Bivalvos, gasterópodos y equinodermos, desde: 350.00 m. a 360.00 m.; y 375.00 m. a 378.00 m.



Figura 4.2. Contacto entre la Formación: Pariatambo (Estratos de calizas nodulares) y Yumagual (Estratos de calizas tabulares).



Figura 4.3. Calizas estratificadas de grosor: 0.30 m. a 0.35 m., silicificadas en el techo de a Formación Pariatambo, formado por procesos diagenéticos.



Figura 4.4. A. Estratos de caliza de: 0.10 m. a 0.15 m., con intercalaciones lutáceas de espesor: 0.05 m. a 0.10 m. B. Laminación convoluta en la secuencia lutácea.



Figura 4.5. A. Piso de la Formación Pariatambo compuesta por secuencias lutáceas color parduzco con abundante contenido fosilífero (Bivalvos). B. Biozona fosilífera.



Figura 4.6. Bivalvo, ubicado en el miembro superior, en los paquetes lutáceos de color parduzco a 352.00 m.; con dimensiones: Largo 2.00 cm., ancho 1.80 cm. y altura 0.60 cm.



Figura 4.7. A. Equinodermo vista aboral (Dorsal) invertida, ubicado en el miembro inferior, en los paquetes lutáceos de color parduzco a 35.00 m.; con dimensiones: Largo 2.70 cm., ancho 2.50 cm. y altura 1.20 cm. B. vista adoral (Ventral), Equinodermo observándose espuelas.

Zona Puyllucana, está ubicada en la era Mesozoica - Cretáceo: Inferior (Formación: Farrat, Inca, Chúlec y Pariatambo) y Superior (Formación: Yumagual y Quilquiñan); del flanco derecho del anticlinal asimétrico (FI = 65° a 52° y FD = 45° a 35°) Baños del Inca con eje de pliegue ESE-WNW, delimitado

por secuencias estratigráficas con orientación Az: N245° a N255° y Bz: 65°NW a 75°NW.

Cuadro 4.2. Coordenadas de contactos de las formaciones: Infrayacente y suprayacente, de la Formación Pariatambo - zona Puyllucana.

| Piso | | | Techo | | |
|-----------|------------|--------------|-----------|------------|--------------|
| Este (m.) | Norte (m.) | Cota (msnm.) | Este (m.) | Norte (m.) | Cota (msnm.) |
| 782439 | 9208904 | 2825 | 782472 | 9209409 | 2858 |



Figura 4.8. Vista panorámica desde Google Earth, delimitando la Formación Pariatambo: Piso y techo, cortado transversalmente por la Quebrada: Puyllucana y Samana, y carretera provincial - Zona Puyllucana.

- Litología:** La Formación Pariatambo está compuesta litoestratigráficamente por secuencias: Calcáreas de calizas bituminosas tabulares, nodulares y lenticulares; margas de color amarillento a blanquecinas; lutitas calcáreas negruzcas a parduzcas de textura fisil a nodular y chert de espesor: 5.50 m. a 5.90 m. en el techo compuesta por bandeamientos rítmicos de coloraciones negruzcas, grises a parduzcas constituyendo una zona de silicificatada por procesos diagenéticos de cambios graduales de alteración de rocas carbonatadas y lutáceas, constituyendo zona de alta resistencia rocosa. Presentando biozonas

fosilíferas: Bivalvos y amonites, en los paquetes lutáceos de textura fisil a nodular, del Miembro: Inferior y Medio.

- **Estructura sedimentaria:** Definida por la secuencia estratigráfica por procesos de formación de las rocas sedimentarias por agentes: Mecánicos, químicos y biológicos; ambientes de formación por geometría: Tabular, lenticular y nodular, caracterizado por: Estratos paquetes rocosos competentes y laminación de rocas frágiles; y zonas biogénicas.
- **Facies estratigráficas:** Lo conforman litologías como: Calizas (Tabulares, nodulares y lenticulares, de color negruzco), margas de color crema, amarillento a blanquecino; y lutitas de color negruzco a parduzcas. La litología inicia con el **miembro inferior**, con secuencias de calizas bituminosas competentes con intercalaciones de gran espesor lutáceo, con secuencias de calizas modulares culminando con intercalaciones sucesivas de espesor: 0.10 m. a 0.15 m. de calizas nodulares y lutitas de textura fisil, evidenciándose en los paquetes lutáceos y nodulares, abundantes contenidos fosilíferos: Bivalvos y amonites, establecidos por secuencias: Dos positivas, una rítmica y una negativa, desde 00.00 m. a 70.00 m. Por consiguiente, el **miembro medio**, está conformando por estratos de calizas tabulares de espesor: 12.85 m. a 1.10 m., secundamente por secuencias intercaladas sucesivas de Calizas (Tabulares, nodulares y lenticulares, de color negruzco) y paquetes lutáceos de lutáceos de espesores variables 0.15 m. a 0.25 m. de color negruzco a bituminoso; evidenciándose contenido fosilífero de bivalvos en las calizas nodulares a lutáceos; conformado este miembro medio por: Dos secuencias positivas y una rítmica, desde 70.00 m. a 150.00 m.; y el **miembro superior**, está conformado por secuencias intercaladas de calizas (Tabulares y lenticulares) y lutitas de textura fisil, de colocaciones bituminosas a parduzcas con grosores: 0.15 m. a 0.25 m., evidenciándose huellas de amonites, sin embargo en la secuencia estratigráfica se observa rocas silicificadas (chert) presentando bandeamientos de coloraciones graduales desde: grises,

plomos, negruzcos y anaranjados, constituyendo el grado de alteración diagenética, sin embargo se encuentra en proceso de silicificación; para posteriormente pasar a secuencias de calizas competentes con un gran intercalación de calizas margosas con paquetes lutáceos u culminando con estratos competentes de calizas nodulares y tabulares, constituyendo secuencias: tres negativas y dos positivas, desde 150.00 m. a 251.50 m.

- **Biofacies:** Presentan biozonas fosilíferas: Bivalvos y amonites, desarrollándose en el miembro inferior en las calizas nodulares y paquetes lutáceos desde: 7.70 m. a 15.00 m., 20.00 m. a 29.20 m., 43.50 m. a 50.00 m. y 55.00 m. a 72.40 m.; por lo contrario, el miembro medio se evidencian bivalvos empleados en rocas calizas nodulares, calizas lenticulares y lutitas; y el miembro superior presenta amonites ubicados en calizas tabulares o intercalación de paquetes lutáceos.

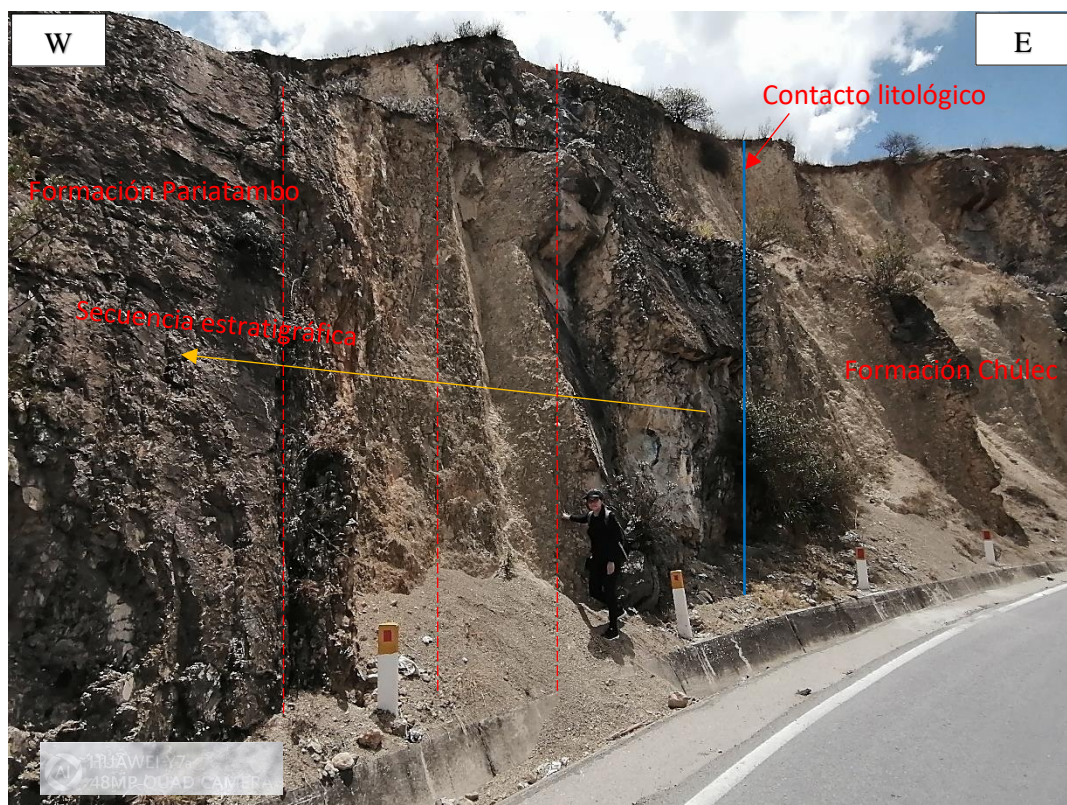


Figura 4.9. Contacto en el piso de la secuencia litobioestratigráfica, entre la Formación: Chulec y Pariatambo, delimitando por calizas nodulares de coloraciones cremas a amarillentas y estratos competentes de calizas bituminosas.



Figura 4.10. Contacto entre la Formación: Pariatambo y Yumagual, delimitando por calizas nodulares de color bituminoso y estratos potentes de calizas gris verdosas.



Figura 4.11. Intercalaciones de calizas tabulares de espesor: 0.10 m. a 0.15 m., con paquetes lutáceos de espesor 0.35 m. a 0.45 m. de coloración bituminosa.



Figura 4.12. Calizas silicificadas de espesor: 4.00 m. a 4.70 m., con bandeamientos de coloración: Grises, negruzcos a violáceos; ubicada en la quebrada Samanay.

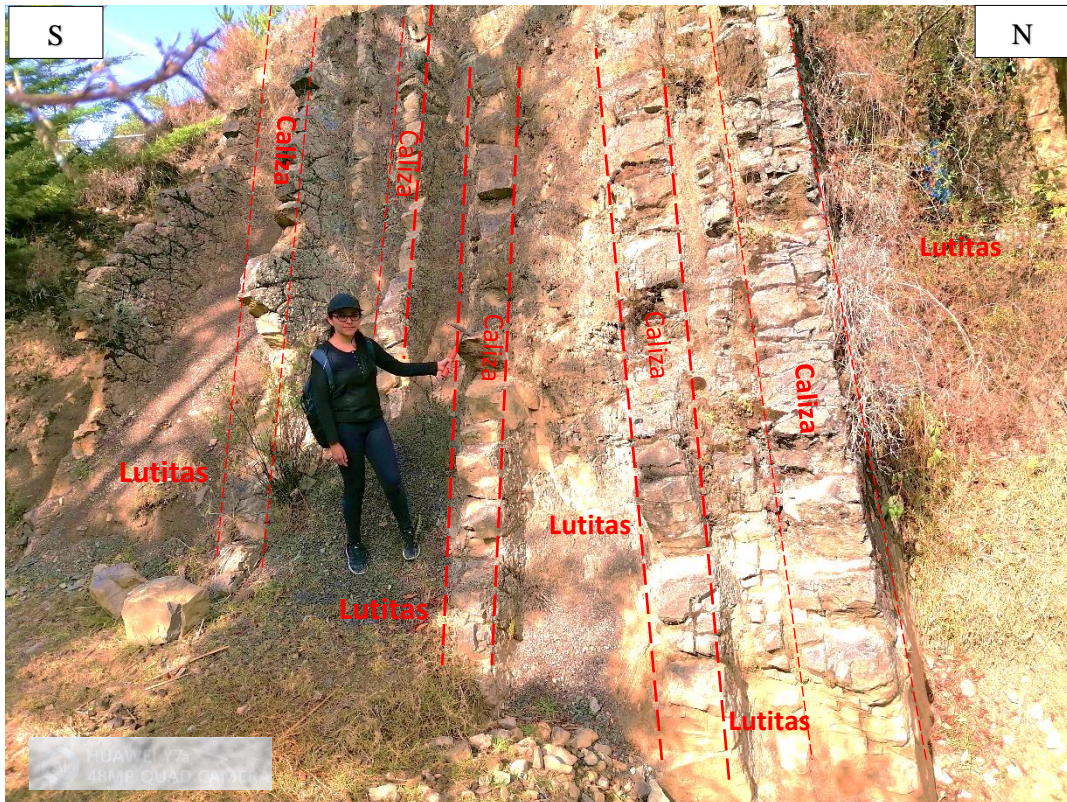


Figura 4.13. Intercalación de calizas (Espesor: 0.20 m. a 0.25 m.) y lutitas de espesor: 0.35 m. a 0.50 m., de colocación bituminosa de textura fisil.



Figura 4.14. Huellas de amonites de diámetros 0.20 m. a 0.25 m., ubicado en las calizas bituminosas en el miembro medio de la Formación Pariatambo.



Figura 4.15. A. Intercalación de calizas: Masivas y nodulares, secuencias lutáceas. B. Bivalvo ubicado en calizas nodulares del miembro inferior.

Zona Matara: Está ubicada en la era Mesozoica - Cretáceo: Inferior (Formación: Farrat, Inca, Chúlec y Pariatambo) y Superior (Formación Yumagual); del flanco derecho del sinclinal simétrico (FI = 20° a 15° y FD = 18° a 15°) Matarita con eje de pliegue ESE-WNW, delimitado por secuencias estratigráficas con orientación Az: N95° a N110° y Bz: 35°SW a 15°SW.

Cuadro 4.3. Coordenadas de contactos de las formaciones: Infrayacente y suprayacente, de la Formación Pariatambo - zona Matara.

| Piso | | | Techo | | |
|-----------|------------|--------------|-----------|------------|--------------|
| Este (m.) | Norte (m.) | Cota (msnm.) | Este (m.) | Norte (m.) | Cota (msnm.) |
| 801150 | 9196672 | 2854 | 801384 | 9197238 | 2928 |

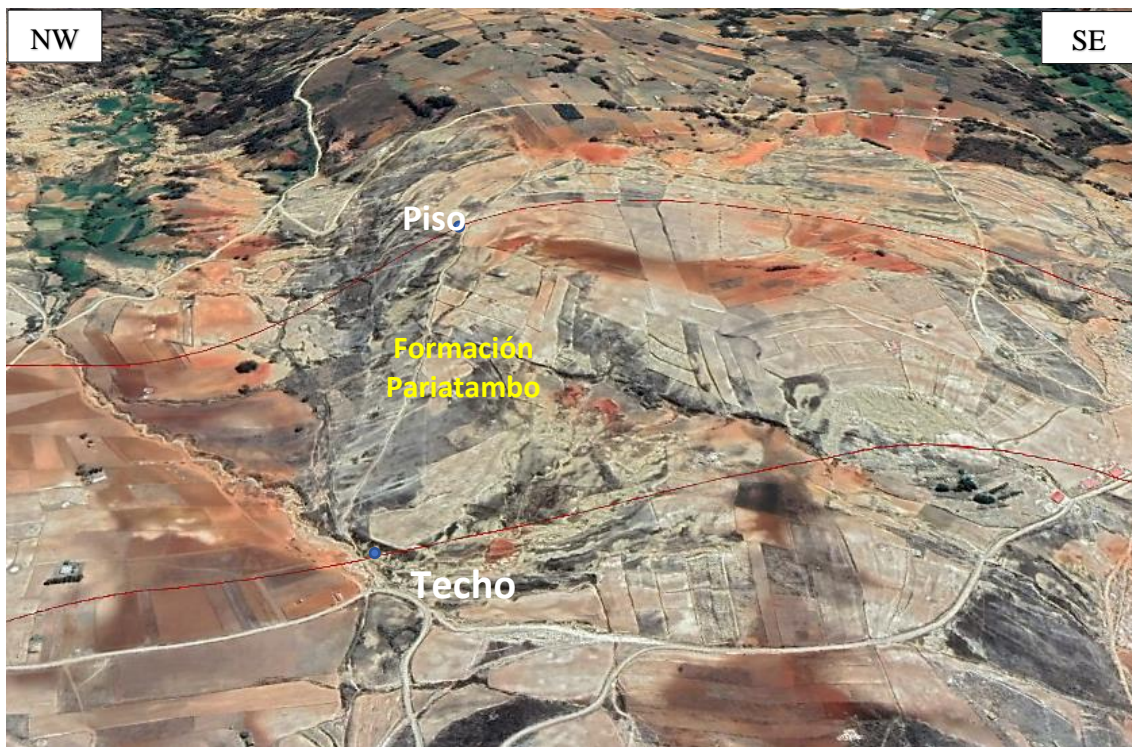


Figura 4.16. Vista panorámica desde Google Earth, delimitando la Formación Pariatambo: Piso y techo, cortado transversalmente por: Quebrada Pastoreo y camino de herradura - Zona Matara.

- **Litología:** La Formación Pariatambo está compuesta litoestratigráficamente por secuencias: Calcáreas de calizas bituminosas tabulares y nodulares; margas de color amarillento a blanquecinas; lutitas calcáreas negruzcas a parduzcas de textura fisil a nodular y chert de espesor: 4.00 m. a 4.70 m. en el techo compuesta por bandeamientos rítmicos de coloraciones negruzcas, grises a parduzcas constituyendo

una zona de silicificatada por procesos diagenéticos de cambios graduales de alteración de rocas carbonatadas y lutáceas, constituyendo zona de alta resistencia rocosa. Presentando biozonas fosilíferas: Bivalvos, equinodermos y amonites, en los paquetes lutáceos de textura fisil a nodular y calizas nodulares, predominando en los tres miembros, sin embargo, de mayor abundancia en el Miembro: Inferior y Superior.

- **Estructura sedimentaria:** Definida por la secuencia estratigráfica por procesos de formación de lo rocas sedimentarias por agentes: Mecánicos, químicos y biológicos; ambientes de formación por geometría: Tabular y nodular, caracterizado por: Estratos paquetes rocosos competentes y laminación de rocas frágiles; y zonas biogenéticas.
- **Facies estratigráficas:** Lo conforman litologías como: Calizas (Tabulares y nodulares, de color negruzco), margas de color crema, amarillento a blanquecino; y lutitas de color negruzco a parduzcas. La litobioestratigrafía inicia desde el **miembro inferior**, constituida por secuencias de calizas masivas de coloración bituminosa de espesor: 10 m. a 40 m. con secuencias de calizas nodulares de 15 m. con intercalaciones consecutivas de paquetes lutáceos y nodulares 0.15 m. a 0.20 m., evidenciándose contenido fosilífero: Amonites y bivalvos, presentado secuencia: Positiva y rítmica, desde 0.00 m a 80.00 m. Sin embargo, el **miembro medio** presenta secuencias de calizas margosas, tabulares y nodulares, con paquetes lutáceos de espesores 0.10 m. a 0.20 m. conformando biozonas fosilíferas: Amonites y bivalvos, definiendo dos secuencias rítmicas, una secuencia positiva y una secuencia negativa; desde 80.00 m a 240.00 m.; y finalmente el **miembro superior** inicia con desde calizas bituminosas competentes de grosor: 0.15 m, a 0.25 m., luego cambiando a calizas nodulares de espesor 39 m. constituido consecuentemente por secuencias de calizas nodulares de espesor: 4.2 m. a 5.00 m. y paquetes lutáceos de espesor 10.00 m. a 14.20 m. finalmente se evidencia una secuencia de rocas Silicificatada en proceso de silicificación con bandeamientos grises a

negruzcos de 4.70 m. de grosor culminando con paquetes lutáceos y nodulares, siendo este miembro altamente fosilífero: Bivalvos, amonites, gasterópodos y equinodermos; definiendo dos secuencias positivas y una rítmicas; desde 240.00 m a 388.25 m.

- **Biofacies:** Presentan biozonas fosilíferas: Bivalvos, gasterópodos, equinodermos y amonites; desarrollándose en el miembro inferior en las calizas nodulares y paquetes lutáceos desde: 25.00 m. a 40.00 m.; por lo contrario, el miembro medio se evidencia: Bivalvos, amonites y equinodermos; en las intercalaciones de las calizas nodulares, margosas y paquetes lutitas. En cambio, en el miembro superior presenta: Amonites, bivalvos, equinodermos, amonites y gasterópodos, emplazados en los paquetes lutáceos y calizas nodulares.

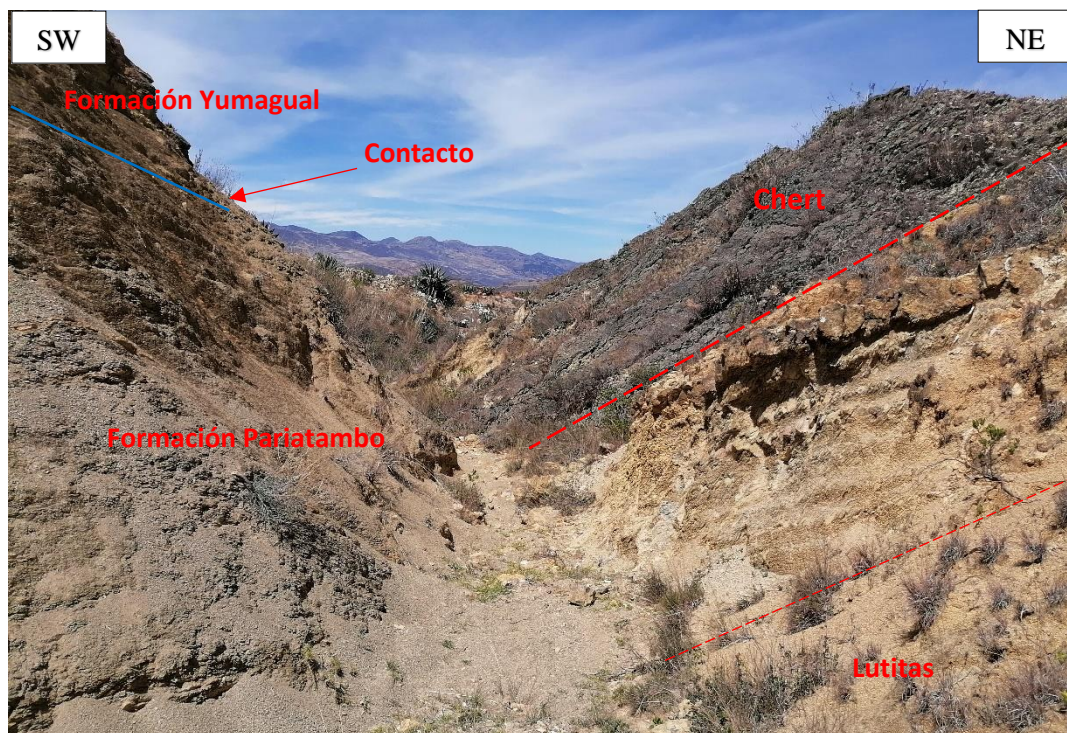


Figura 4.17. Contacto en el techo de la secuencia litobioestratigráfica de la Formación: Pariatambo y Yumagual, compuesta por: Lutitas de textura fisil, calizas nodulares de color amarillento a crema y chert de color bituminoso.

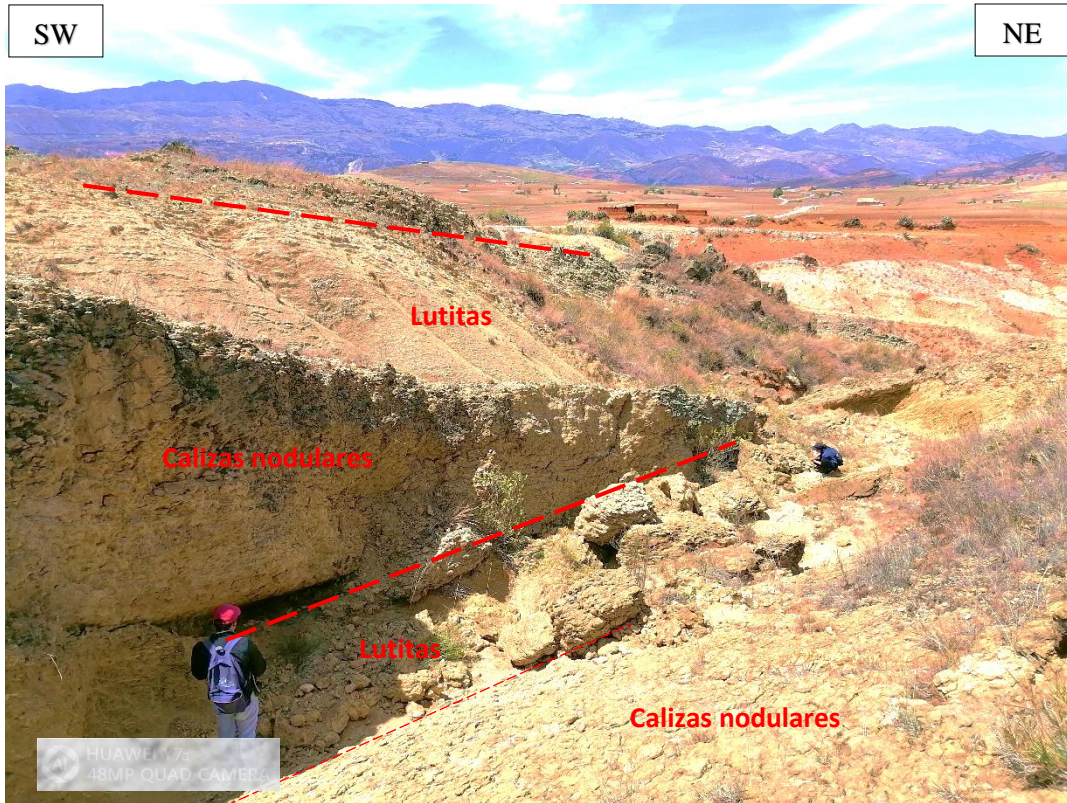


Figura 4.18. Secuencia de calizas nodulares y lutitas, ubicadas en el miembro superior, presentando biozonas: Amonites y bivalvos.

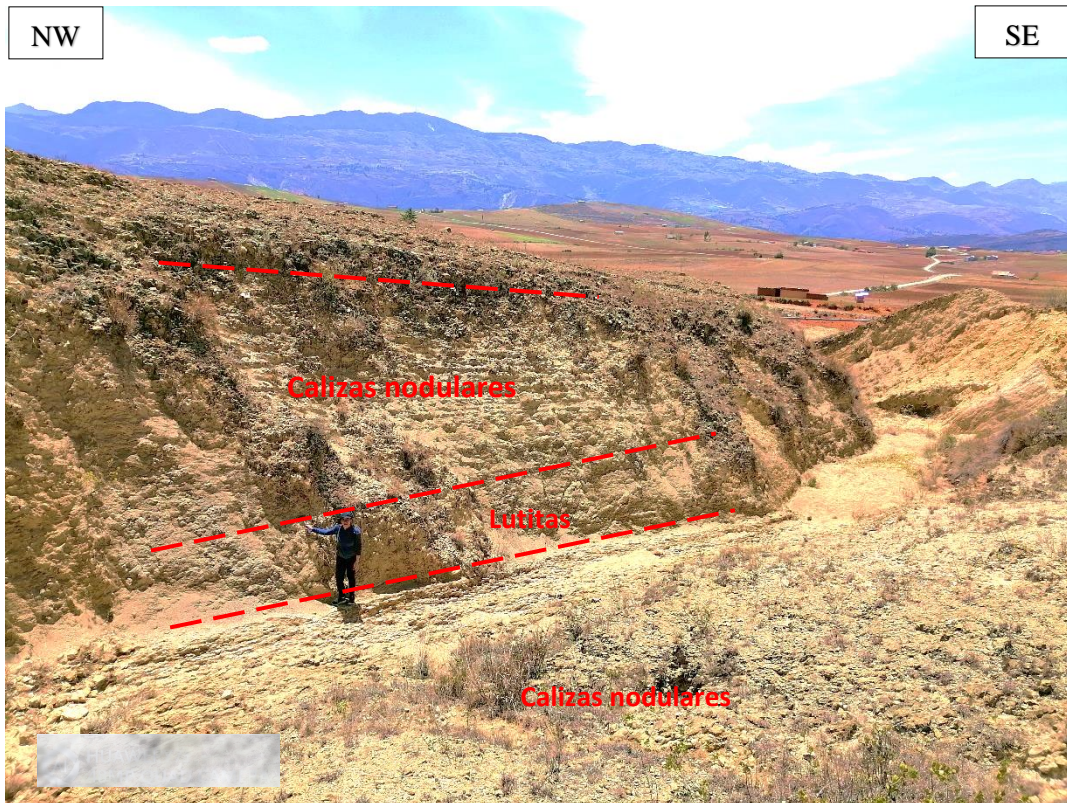


Figura 4.19. Secuencia de calizas nodulares y lutitas, ubicadas en el miembro superior, presentando biozonas: Bivalvos, equinodermos, amonites y gasterópodos.



Figura 4.20. A. Equinodermos, perteneciente a la orden cidaroida, de vista aboral (Dorsal) del Equinodermos de forma pentagonal, con diámetro: 2.80 cm. y altura 0.8 cm. B. Vista adoral (Ventral), presentando un orificio 1.00 cm. Ubicado en el miembro superior.



Figura 4.21. Equinodermos, perteneciente a la orden holasteroida, de vista aboral (Dorsal) del Equinodermos, con longitud: 2.40 cm., ancho: 2.00 cm., y altura 1.3 cm. Ubicado en el miembro superior.



Figura 4.22. Vista adoral (Ventral), presentando un orificio 3.00 mm. en la parte superior. Ubicado en el miembro superior.



Figura 4.23. A. Equinodermos, perteneciente a la orden echinothurioida, de vista aboral (Dorsal) del Equinodermos, con diámetro: 4.70 cm. y altura 2.20 cm. B. Vista adoral (Ventral), observando el sistema apical, interambulacro.



Figura 4.24. Amonite constituido por roca caliza de diámetro 6 cm. y espesor 1.2 cm. a 1.8 cm. con ornamentación de: Forma de costilla – recta, protuberancia – clavo y líneas de sutura – ceratitida. Ubicado en el miembro superior.



Figura 4.25. Vista aboral (Dorsal) del Bivalvo constituido por roca caliza de diámetro 10 cm. y ancho 8.50 cm. Ubicado en el miembro superior.

La correlación estratigráfica de las tres zonas de la Formación Pariatambo se formó en un ambiente reductor anóxico por el alto contenido orgánico presentado coloraciones: Bituminosas (4.50 % de carbono orgánico y 0.95 fracción molar Fe^{2+} , zona Puyllucana), gris (0.40 % de carbono orgánico y 0.80 fracción molar Fe^{2+} , zona Matara) y purpuras a grises (0.21 % a 0.35 % de carbono orgánico y 0.75 fracción molar Fe^{2+} , zona Celendín), compuesto por calizas: Mudstone y

wackestone. Por consiguiente, el **miembro inferior** inicia con gruesos paquetes: 1.00 m. a 5.00 m. de calizas masivas de color bituminoso, con consecuencias de calizas nodulares, presentado contenidos fosilíferos: Amonites, bivalvos, equinodermos y gasterópodos; y paquetes lutáceos, variando las tres zonas de estudio su espesor: 00.00 m. a 98.00 m. (Zona de Celendín), 00.00 m. a 70.00 m. (Zona de Puyllucana) y 00.00 m. a 80.00 m. (Zona de Matara); el **miembro medio** de la zona de Celendín lo conforman calizas masivas con bajos contenidos de paquetes lutáceos y calizas nodulares, en cambio la zona Puyllucana tres zona diferenciadas de paquetes masivos con secuencias repetitivas de intercalaciones de calizas: Nodulares y lenticular, y lutitas; sin embargo la zona de Matara está constituido por alto contenido de margas de gran amplitud en algunos tramos intercalas con calizas nodulares y lutitas, definiendo biozonas: Bivalvos, amonites y equinodermos; constituyendo este miembro espesores variables en las tres zona: Celendín (98.00 m. a 300.00 m.), Puyllucana (70.00 m. a 150.00 m.) y Matara (80.00 m. a 240.00 m.) y el **Miembro superior** de la zona de Celendín inicio con estratos de calizas masivas, con bajos contenidos de calizas nodulares y margas, sin embargo paquetes lutáceos de gran espesor, albergando fósiles: Bivalvos y equinodermos; constituyendo un espesor: 300.00 m. a 378.00 m.; en cambio la zona de Puyllucana, presenta secuencias de intercalaciones secuenciales de calizas: Masivas, lenticulares y nodulares; margosas y secuencias de paquetes lutáceos, conservándose biozonas de amonites, constituyendo un espesor: 150.00 m. a 251.50 m.; y la zona de Matara su composición litológica está conformado por intercalaciones de gran espesor de las calizas nodulares y paquetes lutáceos albergando gran cantidad de zonas fosilíferas como: Amonites, bivalvos, equinodermos y gasterópodos; sin embargo llegando al techo las rocas carbonatadas y lutáceas, tuvieron procesos diagenéticos barro biosilíceo, ascendiendo gradualmente a las secuencias calcáreas, para luego aparecer secuencias de calizas silicificadas por procesos diagenéticos gradualmente presentando bandeamientos paralelos a la estratificación alterando completamente a la roca calcárea en chert con bandeamientos: Negruzcos, grises, marrones a anaranjado. Constituyendo un espesor: 240.00 m. a 388.25 m., con texturas paralelas y laminares.

| Celendín | | | | Puyllucana | | | | Matara | | | | | | | |
|--------------|----------------|------------|---|--------------|----------------|-------------------|--|--------------|----------------|----------------|---|------------|----------------|------------|--------|
| Espesor (m.) | Litología | Textura | Facie | Espesor (m.) | Litología | Textura | Facie | Espesor (m.) | Litología | Textura | Facie | | | | |
| 378 | Chert | | Presenta secuencias calcáreas compuestas por intercalaciones de calizas tabulares y nodulares de espesor: 0.15 a 0.25, con intercalaciones de paquetes lutáceos y margas, llegando al tope Chert. | 251.50 | Chert | | Conformado por secuencias intercaladas de calizas y lutitas de colocaciones bituminosas a parduzcas evidenciándose huellas de amonites, y chert en el tope. | 388.25 | Chert | | Presenta calizas: Tabulares, nodulares y lutitas; y llegando al tope chert. Siendo la zona de abundancia fosilífera: Bivalvos, amonites, gasterópodos y equinodermos. | | | | |
| | Marga | Wackestone | | | | Caliza lenticular | | | Mustone | Caliza nodular | | Wackestone | Caliza nodular | Lutita | |
| | | Packstone | | | | Caliza nodular | | | Wackestone | | | Packstone | | Wackestone | |
| | | Floatstone | | | | | | | Packstone | | | Grainstone | | | |
| | | Rudstone | | | | | | | Floatstone | | | Bounstone | | | |
| | Caliza nodular | Packstone | | | | Rudstone | | | | Caliza | | Mustone | Caliza | Wackestone | |
| | | Mustone | | | | Caliza | | | Mustone | Floatstone | | | | | |
| | | Rudstone | | | | Lutita | | | | Wackestone | | | | | |
| Caliza | Wackestone | | | | | | | Floatstone | | | | | | | |
| | Floatstone | | | | | | | Floatstone | | | | | | | |
| 300 | Caliza | Mustone | Está conformada por calizas nodulares, con intercalaciones, de lutitas de color negruzco a bituminoso, llegando al tope con calizas competentes de color bituminoso. | 150 | Caliza nodular | Mustone | Está conformando por intercalaciones sucesivas de Calizas (Tabulares, nodulares y lenticulares, de color negruzco) y paquetes lutáceos de color negruzco con contenido fosilífero: Bivalvos. | 240 | Caliza nodular | Wackestone | Presenta secuencias de calizas: Margosas, tabulares y nodulares, con fósiles: Amonites y bivalvos, | | | | |
| | | Wackestone | | | | Wackestone | | | | Packstone | | | | | |
| | | Floatstone | | | | Floatstone | | | | Floatstone | | | | | |
| | Lutita | | | | | Rudstone | | | | | | | | | |
| | | | | | | Mustone | | | | | | | | | |
| | Caliza nodular | Mustone | | | Caliza nodular | Caliza lenticular | | | Mustone | Caliza | | Wackestone | Marga | Wackestone | |
| | | Packstone | | | | Lutita | | | | | | Floatstone | | Boundstone | |
| | | Rudstone | | | | Caliza | | | Mustone | | | Floatstone | | Floatstone | |
| 98 | Caliza nodular | Wackestone | Esta constituida por calizas bituminosas competentes de grosor: 1.50 m. a 2.50 m., con intercalaciones de paquetes lutáceos y nodulares, de grosor: 0.15 m. a 0.20 m. presentando contenidos fosilíferos: Bivalvos, equinodermos, gasterópodos; conformando secuencias sedimentarias. | 70 | Caliza nodular | Wackestone | Presenta secuencias de calizas: Tabulares, nodulares y lutitas; con abundantes contenidos fosilíferos: Bivalvos y amonites. | 80 | Caliza nodular | Lutita | Presenta secuencias de calizas masivas de coloración bituminosa con calizas nodulares lutáceos y biozonas fosilíferas: Amonites y bivalvos, | | | | |
| | | Packstone | | | | Wackestone | | | | Packstone | | | | | |
| | | Floatstone | | | | Boundstone | | | | Floatstone | | | | | |
| | | Rudstone | | | | Floatstone | | | | Rudstone | | | | | |
| | Marga | Wackestone | | | | Marga | | | | Lutita | | | Caliza | Wackestone | Caliza |
| | | Packstone | | | Caliza | | | | Mustone | Wackestone | | | | | |
| | | Boundstone | | | Wackestone | | | | Packstone | | | | | | |
| | Lutita | Floatstone | | | Lutita | | | | | | | Floatstone | Lutita | Floatstone | |
| Rudstone | | Caliza | Floatstone | Rudstone | | | | | | | | | | | |
| Mustone | | | | | | | | | | | | | | | |
| Caliza | Wackestone | Caliza | | | | Wackestone | Caliza | Packstone | | | | | | | |
| | Floatstone | | Caliza | Floatstone | Floatstone | | | | | | | | | | |

Figura 4.26. Litobioestratigrafía de los tres miembros - Formación Pariatambo, de las zonas: Celendín, Puyllucana y Matara.

4.2 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La correlación litoestratigráfica de la Formación Pariatambo en las zonas: Puyllucana, Matara y Celendín, depende de los procesos sedimentarios y tectónicos. Asimismo, mediante el análisis de las características: Litológicas, texturas, ambientes de sedimentación, estructuras, tiempo cronoestratigráfico y facies sedimentarias. De igual forma, la Formación Pariatambo tiene relación con el Evento Anóxico Oceánico del Albiano en el Perú, debido al ambiente sedimentario fue propicio para que las rocas de esta Formación puedan tener alto contenido de materia orgánica y nódulos carbonatados. Sin embargo, las tres zonas de la Formación Pariatambo se formó en un ambiente reductor anóxico por el alto contenido orgánico presentado variaciones en las coloraciones: Bituminosas (4.50% carbono orgánico y 0.95 fracción molar Fe^{2+} , zona Puyllucana), gris (0.40% carbono orgánico y 0.80 fracción molar Fe^{2+} , zona Matara) y purpuras a grises (0.21% a 0.35% carbono orgánico y 0.75 fracción molar Fe^{2+} , zona Celendín); con ambientes fosilíferos compuestos por: Amonites, bivalvos, equinodermos y gasterópodos; emplazados en las calizas nodulares y paquetes lutáceos, presentando abundancia de fósiles en la zona Matara llegando al tope de la formación. Sin embargo, en el miembro superior de la Formación Pariatambo, se observan rocas carbonatadas y lutáceas, que fueron alterados por procesos diagenéticos a barro biosilíceo, ascendiendo gradualmente a las secuencias calcáreas silicificatadas por procesos diagenéticos presentando bandeamientos paralelos a la estratificación alterando completamente a la roca calcárea a chert con bandeamientos: Negruzcos, grises, marrones a anaranjado.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

CELENDÍN

- Litoestratigráficamente presenta secuencias calcáreas bituminosas: Tabulares, lenticulares y nodulares; margas de color amarillento a blanquecino; lutitas calcáreas negruzcas a parduzcas de textura fisil a nodular, con fósiles: Bivalvos, gasterópodos y equinodermos y chert de espesor: 6.00 m. a 6.25 m. compuesta por bandeamientos de coloración negruzca, grises a parduzcas. La orientación de la facie de la Formación Pariatambo es Az: N140° a N153° y Bz: 35°SW a 65°SW.

Las facies de depositación de la zona Celendín, presenta: **Miembro inferior** de 98 m., compuesto por estratos competentes de calizas bituminosas con secuencias de calizas: Margosas y nodulares, y biozonas: Bivalvos, gasterópodos y equinodermos; **miembro medio** inicia: 98 m. a 300 m., conformado por calizas negruzcas con intercalaciones de lutitas; y **miembro superior** inicia: 300 m. a 378 m., compuesto por secuencias de calizas masivas bituminosas con intercalaciones lutitas, con biozonas: Bivalvos y equinodermos, y Chert de coloración gris a negruzco.

La columna estratigráfica de Celendín - Formación Pariatambo tiene un espesor: 378 m.

PUYLLUCANA

- Presenta secuencias calcáreas: Tabulares, nodulares y lenticulares, con margas de color amarillento a blanquecinas; lutitas calcáreas negruzcas a parduzcas de textura fisil, con biozonas: Bivalvos y amonites, en los paquetes lutáceos de textura fisil a nodular, del Miembro: Inferior y Medio; y chert de espesor: 5.50 m. a 5.90 m. compuesta por bandeamientos de color negruzcos, grises a parduzcas. La estratigrafía tiene orientación Az: N245° a N255° y Bz: 65°NW a 75°NW.
- La Litoestratigrafía inicia en el **miembro inferior**, con secuencias de calizas: Tabulares, nodulares y lutitas; con abundantes contenidos fosilíferos: Bivalvos y amonites, presentando espesor: 70 m. Por consiguiente, el **miembro medio**, está conformando por intercalaciones sucesivas de Calizas (Tabulares, nodulares y lenticulares, de color negruzco) y paquetes lutáceos de color negruzco con contenido fosilífero: Bivalvos, desde 70 m. a 150 m.; y **miembro superior**, está conformado por secuencias intercalas de calizas y lutitas de colocaciones bituminosas a parduzcas evidenciándose huellas de amonites, y chert en el tope, constituyendo 150 m. a 251.50 m.
- La columna estratigráfica de Puyllucana - Formación Pariatambo tiene un espesor: 251.50 m.

MATARA

- La secuencia estratigráfica tiene orientación Az: N95° a N110° y Bz: 35°SW a 15°SW, conformada por rocas calcáreas bituminosas: tabulares y nodulares; margas de color amarillento a crema; lutitas calcáreas negruzcas a parduzcas de textura fisil a nodular y chert de espesor: 4.00 m. a 4.70 m. de coloraciones negruzcas, grises Presentando abundantes biozonas: Bivalvos, equinodermos y amonites, en los paquetes lutáceos y calizas nodulares, siendo de mayor abundancia el Miembro: Inferior y Superior.

- La litología está conformada por: 240 m a 388.25 m., constituido por tres miembros: **Inferior**, presenta secuencias de calizas masivas de coloración bituminosa con calizas nodulares lutáceos y biozonas fosilíferas: Amonites y bivalvos, conformado 80 m.; sin embargo, el **medio** presenta secuencias de calizas: Margosas, tabulares y nodulares, con fósiles: Amonites y bivalvos, constituido desde: 80 m a 240 m.; y **superior** presenta calizas: Tabulares, nodulares y lutitas; y llegando al tope chert. Siendo la zona de abundancia fosilífera: Bivalvos, amonites, gasterópodos y equinodermos.
- La columna estratigráfica de Matara - Formación Pariatambo tiene un espesor: 388.25 m.

5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar el cartografiado geológico local de cada zona de estudio, por el INGEMMET, para delimitar los estratos infrayacentes y suprayacentes, de la Formación Pariatambo.

Se recomienda al Ministerio de Cultura reconocer como zonas de patrimonio geológico y paleontológico, zonas de enriquecimiento cultural y Patrimonial, en las zonas identificadas donde se realizó el presente estudio.

Se recomienda que los estudiantes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica de la Universidad Nacional de Cajamarca realicen un estudio estratigráfico y correlacionen por los diferentes métodos e interpreten la variación y evolución de la sedimentación en la cuenca Cajamarca.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ager, D. (1993). *The nature of the stratigraphical record, 3rd ed.* New York – United State: John Wiley & Sons Ltd.
- Agueda, J. (2004). *Estratificación*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/Wfernando46/1-conceptos-principiosobjetivos>
- Arche, A. (2010). *Sedimentología: Del proceso físico a la cuenca sedimentaria*. Madrid – España: Gráficas blanco, S.L.
- Bazán, J. (2016). *La Formación Pariatambo en los alrededores de Cajamarca y su relación con el evento anóxico oceánico del Albiano en el Perú mediante el análisis de secciones delgada* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. Recuperado de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/106>
- Boggs, S. (2006). *Principles of sedimentology and stratigraphy, 4th ed.* New Jersey – United State: Pearson Prentice Hall.
- Cárdenas, J., y Zelada, W. (2022). *Fósiles del Cretáceo hallados en los distritos de Sarín y Curgos, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad - Perú*. HUT: Revista del Herbarium Truxillense, ISSN: 2955-814X, v. 10, N° 1, 2022: enero – junio, pág. 31-56. Recuperado de <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/REVSAGAS/article/view/4763>
- Caballero, C. (2017). *Sedimentología y estratigrafía*. Universidad Autónoma de México. Madrid – España: Editorial Rueda.
- Camacho, H. (2007). *Los invertebrados fósiles, 1ra ed.* Buenos aires - Argentina: Imprenta Buenos aires. Universidad Maimónides.
- Cheel, R. (2005). *Introduction to clastic sedimentology*. Department of Earth Sciences Ontario University, Canadá, pág. 133.
- Corrales, I., Rosell, J., Sanchez, L., Vera, Juan., y Vilas, Lorenzo. (1977). *Estratigrafía*. Madrid - España. Editorial Rueda.
- Cotillon, P. (1992). *Stratigraphy*. New York – United State: Springer-Verlag.
- Dávila, V. (2011). *Diccionario geológico*. INGEMMET. Lima – Perú: Arth Grounting S.A.C.
- De Moore, R., La Licker, C., y Fisher, A. (1952). *Invertebrate Fosils*. New York – United State: McGraw- Hill, Book Co., Fig. 1.3, pág. 8.

- Dunin, E., Jacay, J., y Sánchez, J. (2007). *Genesis del carbón peruano en el marco de la tectónica global*. Revista del instituto de investigación, FIGMMG – UNMSM, ISSN: 1561-0888, VOL. 10, N° 19, pág. 7-27. Recuperado de <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/379#:~:text=Los%20dep%C3%B3sitos%20de%20carb%C3%B3n%20en,deriva%20continental%2C%20tect%C3%B3nica%20regional%20y>
- Einsele, G., Rieken, W., y Seilacher, A. (1991). *Cycles and events in stratigraphy- Basic concept and terms: Cycles and eventos en estratigrafía*. Berlín–Alemania: Springer-Verlag.
- El Clima y el tiempo promedio en todo el año en CajamarcaPerú, 2022. Consultado 07 nov. 2022. Recuperado de <https://es.weatherspark.com/y/19956/Clima-promedio-en-Cajamarca-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- El Clima y el tiempo promedio en todo el año en CelendínPerú, 2022. Consultado 07 nov. 2022. Recuperado de <https://es.weatherspark.com/y/19981/Clima-promedio-en-Celend%C3%ADn-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- El Clima y el tiempo promedio en todo el año en MataraPerú, 2022. Consultado 07 nov. 2022. Recuperado de <https://es.weatherspark.com/y/110069/Clima-promedio-en-Matara-Sri-Lanka-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- García, A. (2018). *Litoestratigrafía de la formación Pichu e la parte alta de la cuenca del río Tambo (Moquegua – Puno, sur del Perú)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú. Recuperado de <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/7928>
- Israelski, M. (1949). *Society Petroleum Geologists Bull.*, v. 33, Fig. 3, pág. 98.
- Julca, V. (2022). *Caracterización lito-bioestratigráfica de la formación Pariatambo en el caserío de Carahuanga del distrito de Baños del Inca* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. Recuperado de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4788>

- Krumbein, W., y Sloss L. (1963). *Stratigraphy and sedimentation 2nd ed.* San Francisco - United State: Departamento of geology, Northwetern Iniversity.
- Maltman, A. (1994). *The Geological Deformation of sediments.* Londres – Inglaterra: Chapman y Hall. London, 362 pp.
- Mendoza, M. (2021). *Correlación litoestratigráfica de la Formación Yumagual en las zonas de Matara, San Marcos y Otuzco* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. Recuperado de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4239>
- Moreira, R. (2019). *Bioestratigrafía y ambiente sedimentario de depositación de las calizas de la Formación San Eduardo (Eoceno) al Sur del bosque protector cerro Blanco, provincia del Guayas* (Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Ecuador. Recuperado de <https://1library.co/document/q2n802jq-bioestratigrafia-ambiente-sedimentario-depositacion-formacion-eduardo-protector-provincia.html>
- Navarrete, E. (2016). *Apuntes de estratigrafía y sedimentología.* Escuela Superior Politécnica del litoral – Facultad de ingeniería en ciencias de la tierra.
- Nichols, G. (2009). *Sedimentology and stratigraphy 2nd edition.* Oxfoed – United State: Wiley- blackwell.
- Pozo, E. (2015). *Estratigrafía de secuencias en rocas carboníferas Pérmicas en El Pongo de Mainique e integrada al subsuelo de la subcuenca Camisea, Cuzco – Perú.* Revista del instituto de investigación, FIGMMG – UNMSM: VOL. 20, N° 39, pág. 39-48. Recuperado de <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/14164>
- Nostrand, V. (1977). *Conceptos y métodos de bioestratigrafía.* New York – United State: Fig. 1, pág. 289.
- Rafael, J., Hoppe, M., Gómez, M., Martínez, P. (2004). *Aportaciones para la interpretación estratigráfica y estructural de la porción noroccidental de la sierra de Catorce, San Luis Potosí, México.* RMCG: Revista mexicana de ciencias geológicas, ISSN: 1026-8774, v. 21, N° 3, 2004, pág. 299-319. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/572/57221301.pdf>

- Reyes, R. (1980). *Boletín N° 31 Serie A. Carta Geológica Nacional: Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba: Hojas 15-f, 15-g y 16-g*. Lima – Perú: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).
- Rivera, H. (2005). *Geología general*. Lima – Perú: Comunicación time S.A.C.
- Regunant, S. (1971). *Los conceptos de facies en estratigrafía*. Acta geológica hispánica, t VI (1971), N° 4, págs. 97-101.
- Sánchez, M., Asurmendi, E., y Armas, P. (2014). *Sedimentología y estratigrafía de alta resolución del subgrupo río Neuquén (Cretácico Superior) departamento confluencia, provincia de Neuquén, Argentina*. Andean geology: Revista geológica de Chile, ISSN: 0718-7106, Andean geology, vol 41 N° 1, enero-2014, pág. 106-141. Recuperado de https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-71062014000100005&script=sci_abstract
- Schwennicke, T., Santisteban, D., Pérez, J., Cortes, M., y Plata, E. (2017). *Evolución estratigráfica de la cuenca Los Barriles, Baja California Sur, México*. RMCG: Revista mexicana de ciencias geológicas, ISSN: 1026-8774, v. 34, N° 3, 2017, pág. 212-233. Recuperado de <https://www.google.com/search?q=Evoluci%C3%B3n+estratigr%C3%A1fica+de+la+cuenca+Los+Barriles%2C+Baja+California+Sur%2C+M%C3%A9xico&oq=Evoluci%C3%B3n+estratigr%C3%A1fica+de+la+cuenca+Los+Barriles%2C+Baja+California+Sur%2C+M%C3%A9xico&aqs=chrome..69i57j69i61l3.1471j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- Seilacher, A. (1964). *Biogenic sedimentary structures: Approaches to Paleoecology*. New York – United States: Imbrie, J., y Newell, N. John. Wiley, 296-316.
- Seilacher, A. (1967). *Bathymetry of trace fossils*. Marine Geology 5. págs. 413-428.
- Selley, R. (1970). *Ancient sedimentary environments*. Londres – Inglaterra. Chapman Hall.
- Selley, R. (2000). *Applied sedimentology, 2nd ed*. Londres – Inglaterra: Academic Press, pág. 523.
- Senamhi. (2022). *Datos hidrometeorológicos en Cajamarca: Estación San Marcos*. Recuperado de

<https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=cajamarca&p=estaciones>

Vera, J. (1994). *Estratigrafía: Principios y métodos*. Madrid – España: Editorial Rueda, S.L.

Wilson, J. (1984). *Boletín N°38 Serie A. Carta Geológica Nacional: Geología de los cuadrángulos de Jayanca (13-d), Incahuasi (13-e), Cutervo (13-f), Chiclayo (14-d), Chongoyape (14-e), Chota (14-f), Celendín (14-g), Pacasmayo (15-d), Chepén (15-e)*. Lima – Perú: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).

ANEXOS

ANEXO A
ZONA CELENDÍN

ANEXO B
PUYLLUCANA

ANEXO C
ZONA MATARA

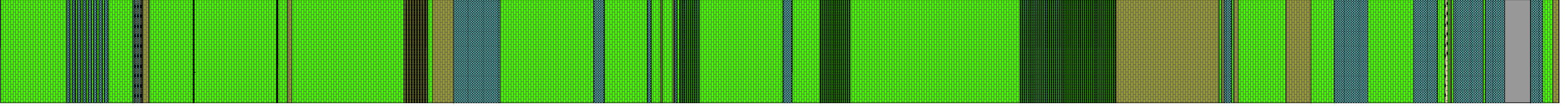
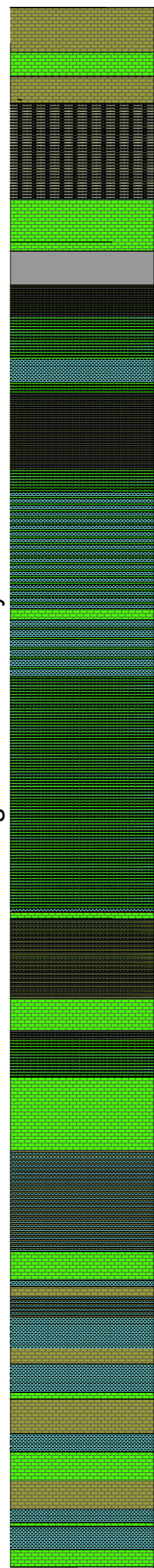
ANEXO D
COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

ANEXO E
CORRELACIÓN ESTRATIGRÁFICA

ANEXO F
CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA

ANEXO G
CLASIFICACIÓN DE ROCAS CARBONATADAS

Columna litoestratigráfica - Zona Puyllucana

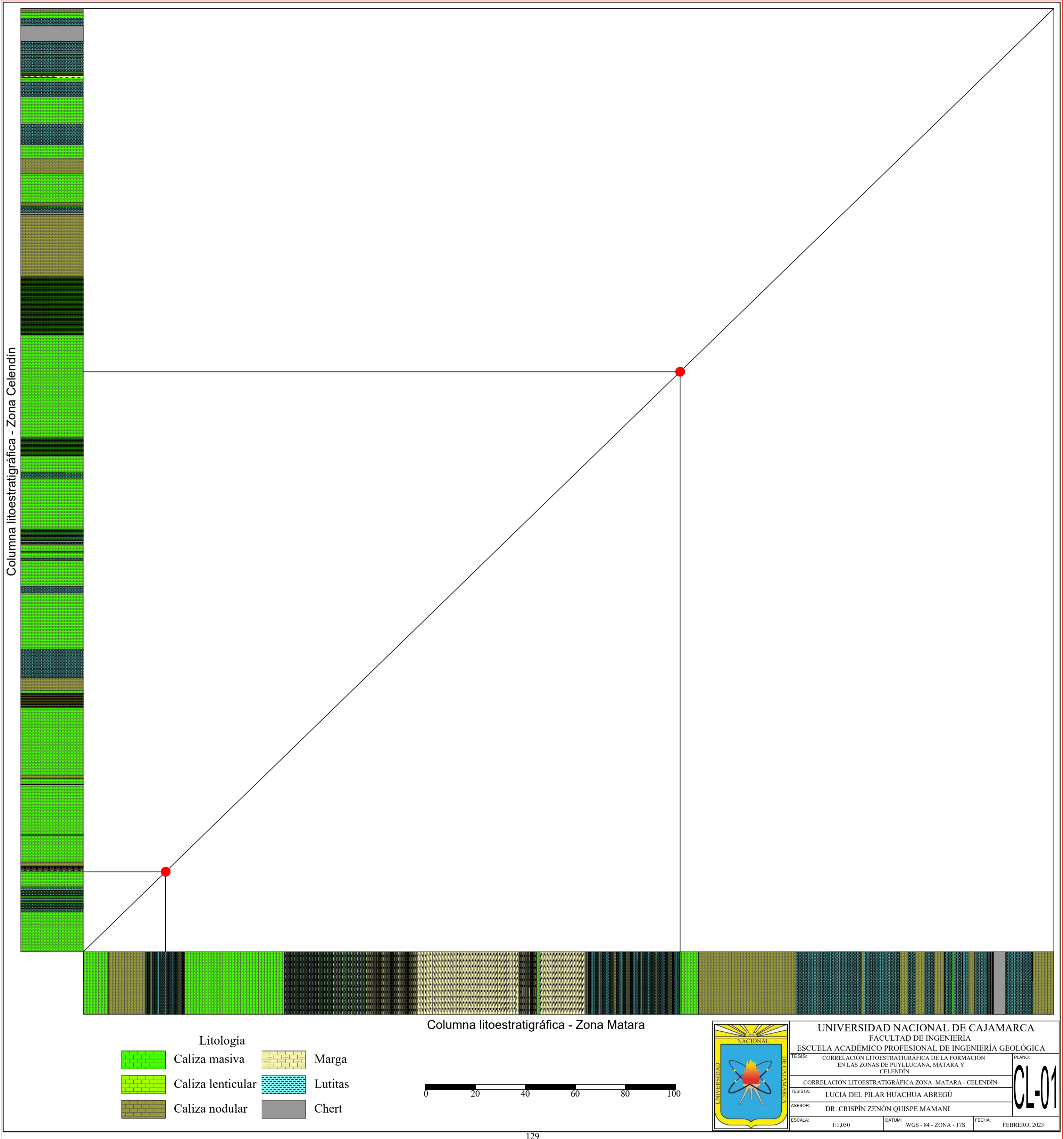


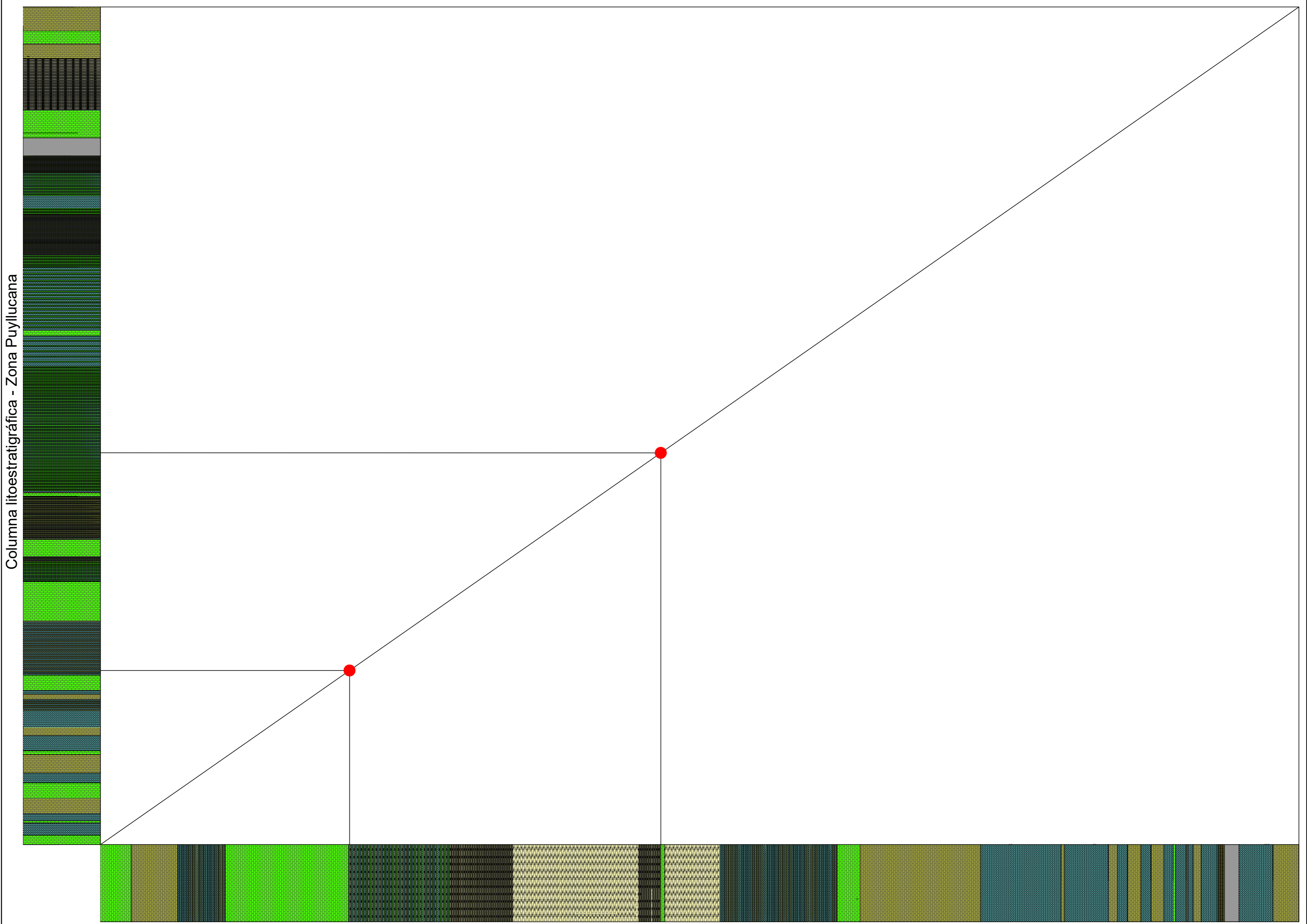
Columna litoestratigráfica - Zona Celedín

| Litología | | | |
|-----------|-------------------|--|---------|
| | Caliza masiva | | Marga |
| | Caliza lenticular | | Lutitas |
| | Caliza nodular | | Chert |



| | | |
|---|---|------------------------------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA | | |
| FACULTAD DE INGENIERÍA | | |
| ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA | | |
| TESIS: | CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN EN LAS ZONAS DE PUYLLUCANA, MATARA Y CELEDÍN | PLANO: |
| | CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA ZONA: CELEDÍN - PUYLLUCANA | CL-03 |
| TESISTA: | LUCIA DEL PILAR HUACHUA ABREGÚ | |
| ASESOR: | DR. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI | |
| ESCALA: | 1:900 | DATUM: WGS - 84 - ZONA - 17S |
| | | FECHA: FEBRERO, 2023 |





Columna litoestratigráfica - Zona Puyllucana

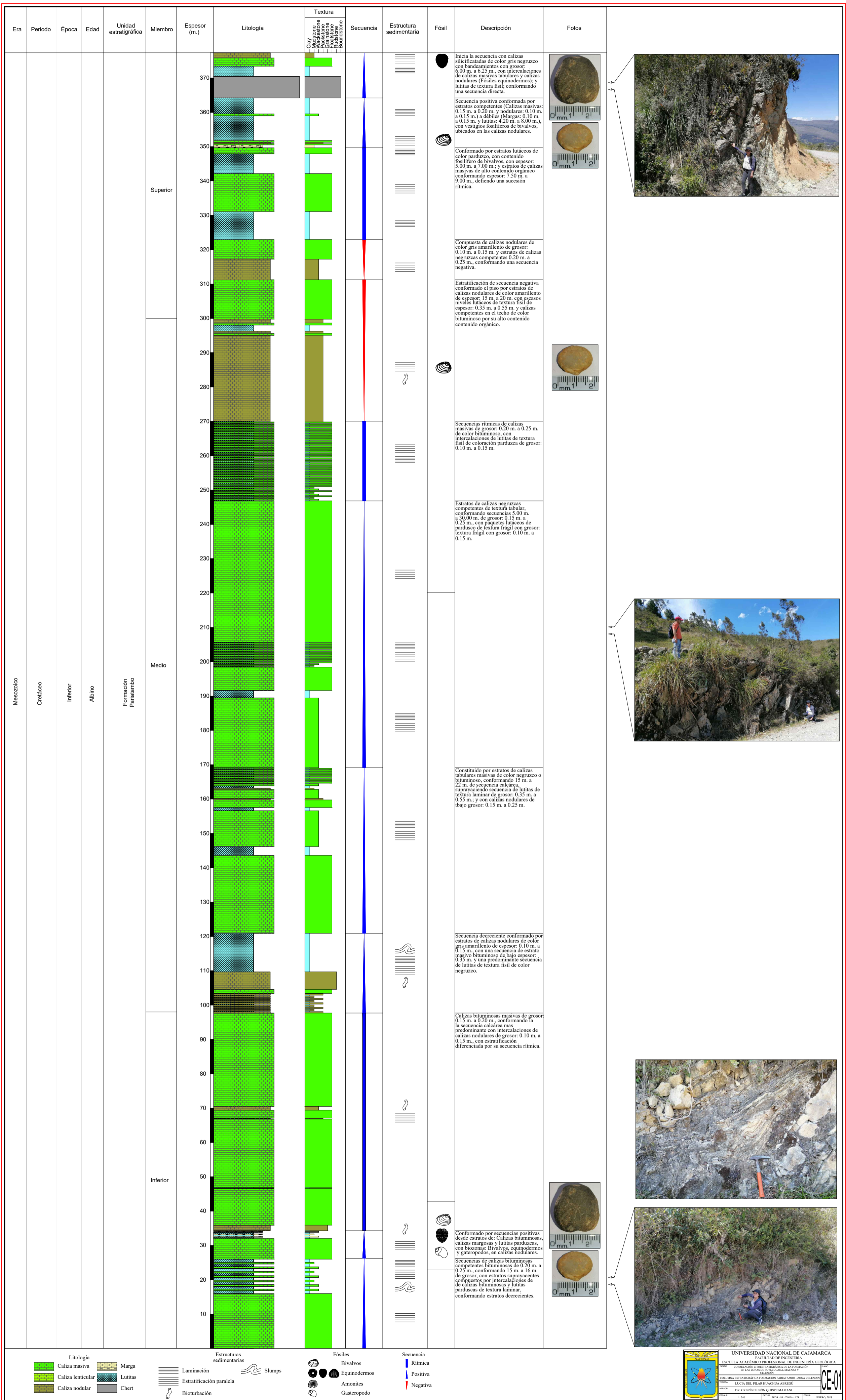
Columna litoestratigráfica - Zona Matara

Litología

| | | | |
|--|-------------------|--|---------|
| | Caliza masiva | | Marga |
| | Caliza lenticular | | Lutitas |
| | Caliza nodular | | Chert |



| | | |
|---|------------------------------|---------------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA | | |
| FACULTAD DE INGENIERÍA | | |
| ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA | | |
| TESIS: CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN EN LAS ZONAS DE PUYLLUCANA, MATARA Y CELENDÍN | | PLANO: |
| CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA ZONA: MATARA - PUYLLUCANA | | CL-02 |
| TESISTA: LUCIA DEL PILAR HUACHUA ABREGÚ | | |
| ASESOR: DR. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI | | FECHA: |
| ESCALA: 1:950 | DATUM: WGS - 84 - ZONA - 17S | FEBRERO, 2023 |



Litología

- Caliza masiva
- Caliza lenticular
- Caliza nodular
- Marga
- Lutitas
- Chert

Estructuras sedimentarias


- Laminación
- Estratificación paralela
- Bioturbación
- Stumps

Fósiles

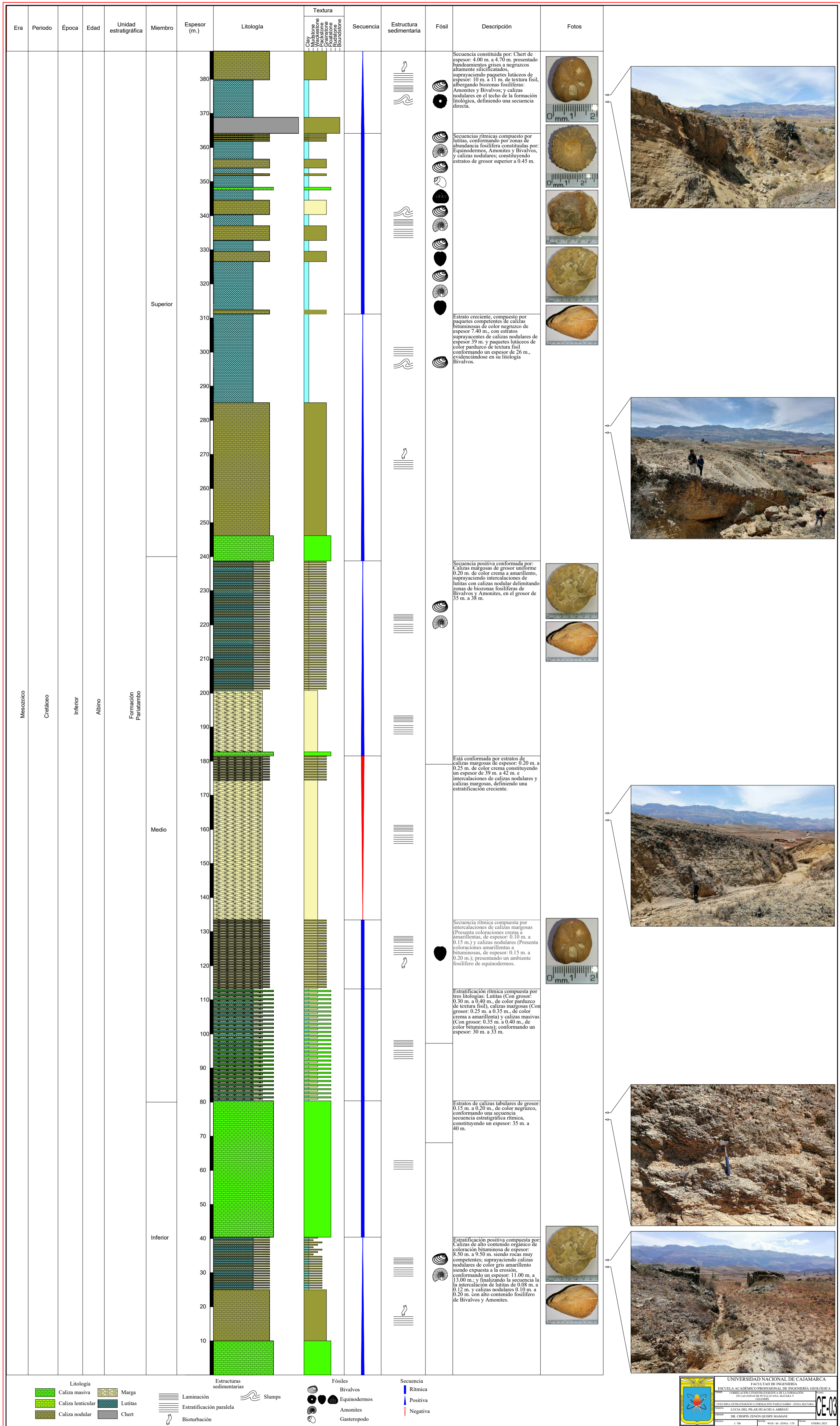
- Bivalvos
- Equinodermos
- Amonites
- Gasteropodo

Secuencia

- Ritmica
- Positiva
- Negativa



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 OMBELTON LUIS PATATELLA DE LA PARADIZO
 DINA ROSA JIMÉNEZ PÉREZ, LUCIANA MORALES Y
 LUCIA DEL PILAR HUACHTA ABRIGU
 DR. CRISTÓBAL ZENÓN QUISPE MAMANI



Litología

- Caliza masiva
- Caliza lenticular
- Caliza nodular
- Marga
- Lutitas
- Chert

Estructuras sedimentarias

- Laminación
- Estratificación paralela
- Bioturbación
- Slumps

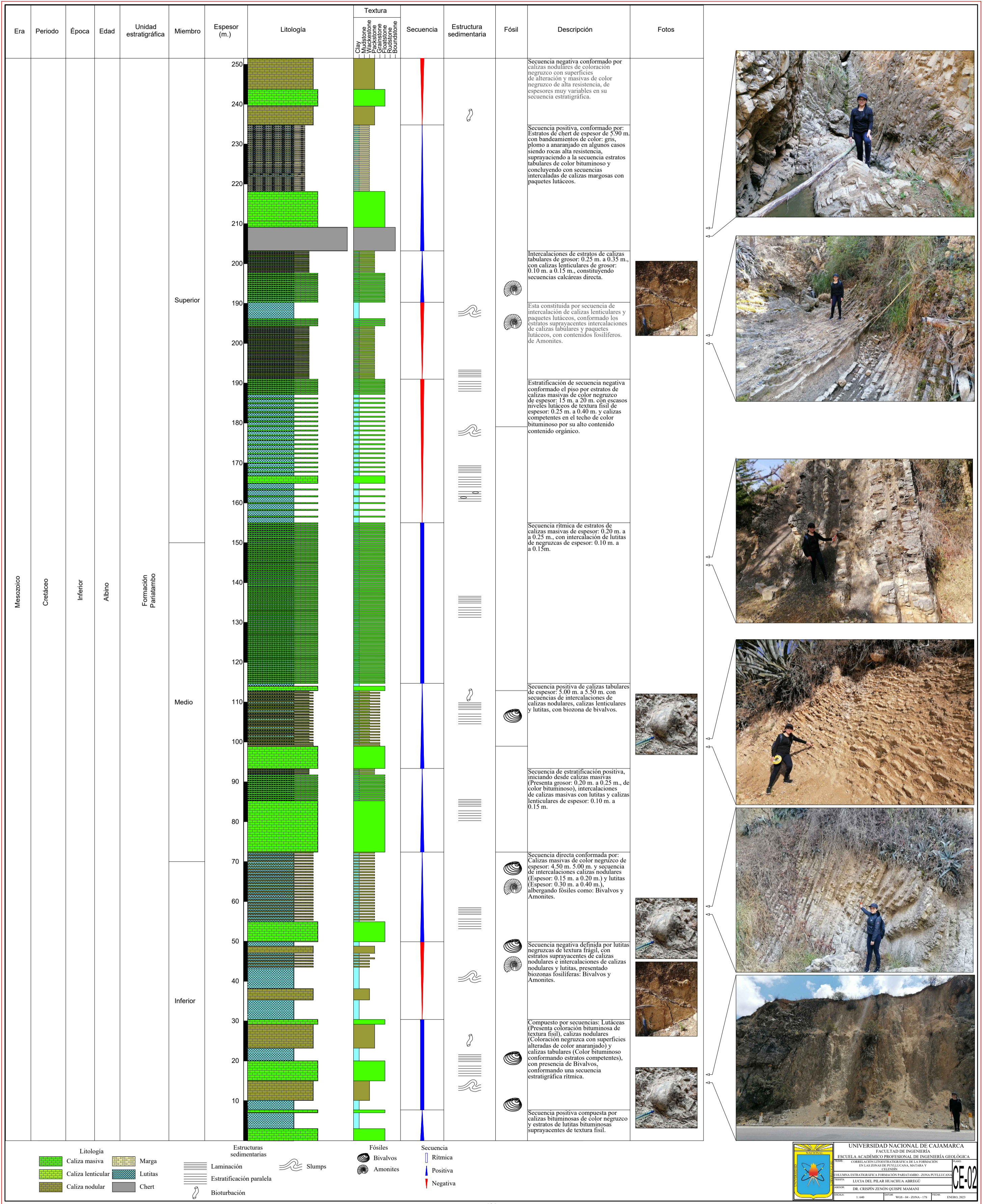
Fósiles

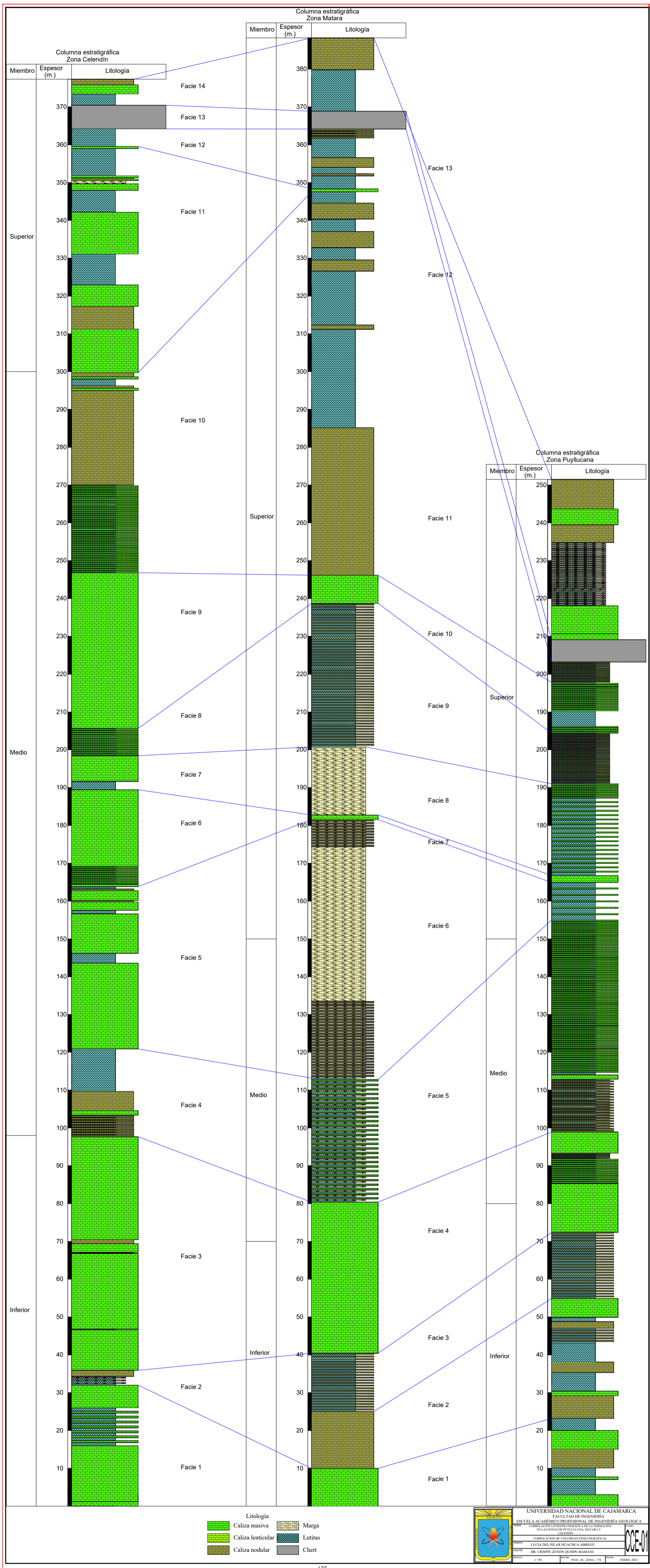
- Bivalvos
- Equinodermos
- Amonites
- Gasteropodo

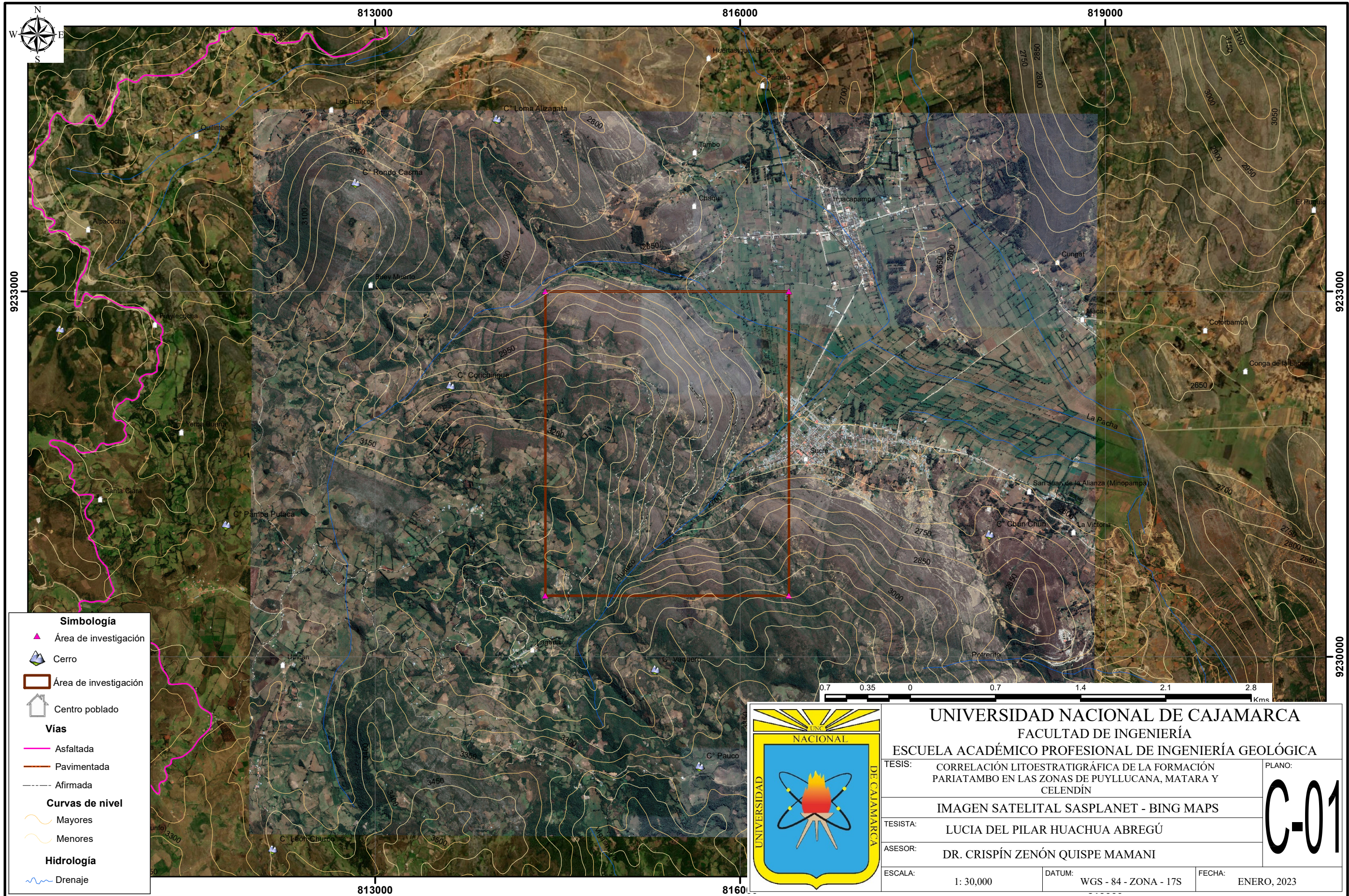
Secuencia

- Rítmica
- Positiva
- Negativa

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLOGICA
 ORGANIZACIÓN TERRITORIAL DE LA INGENIERÍA
 DE LA ZONA DE PUEBLOS MARGINALES Y
 SILENCIOSOS
 CUESTA ESTRATIGRAFICA YERBA CON PARIATAMBO - ZONA MATAJAL
 2020
 LUISA DEL PILAR HUACHUA ARREGUI
 DR. CRESPIEN ZENÓN QUESPE MAMANI
 1.700 2020 VOL. 41. JUNIO. 175 2020 ENERO. 2021





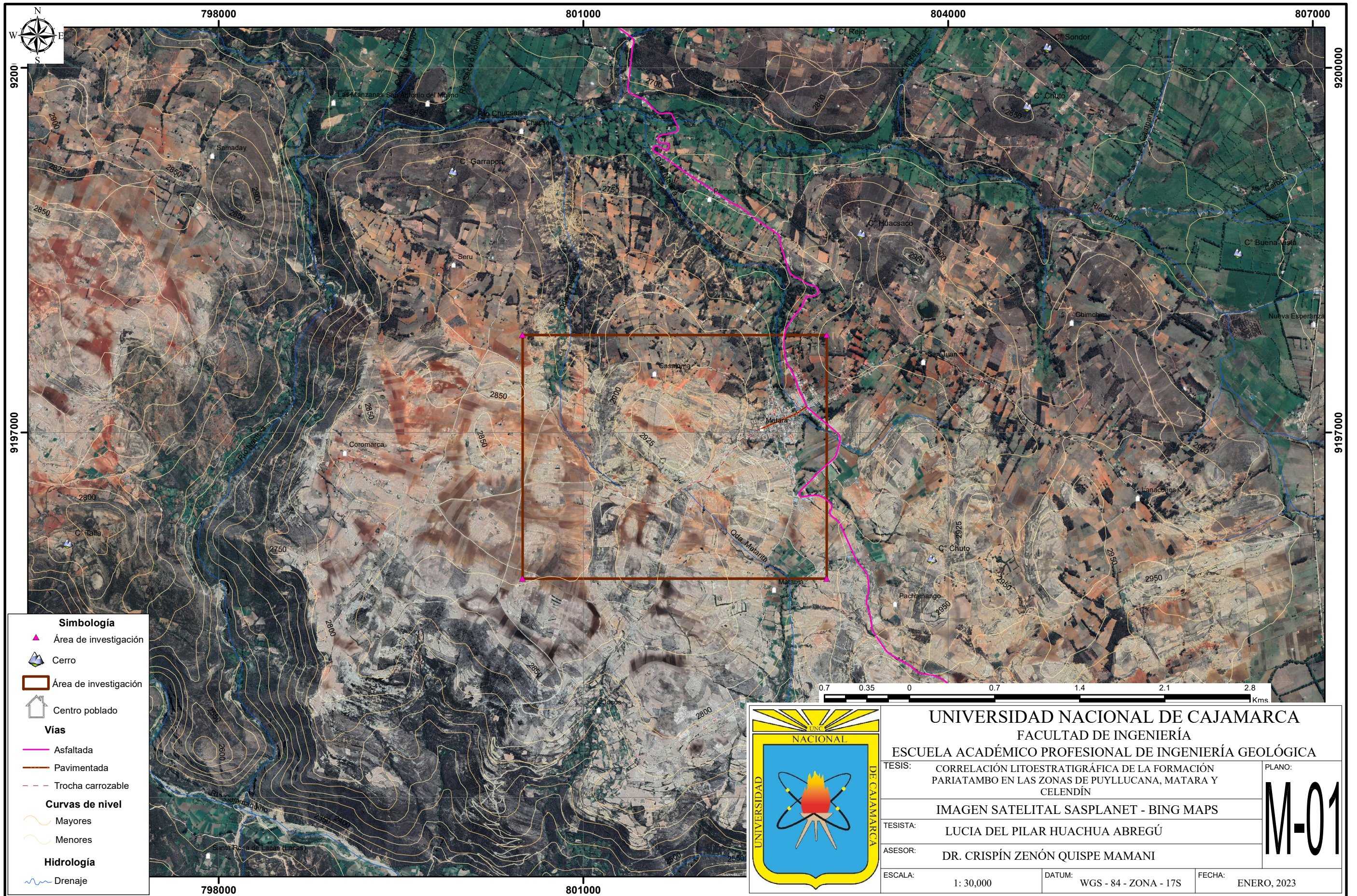


Simbología

- ▲ Área de investigación
- Cerro
- Área de investigación
- Centro poblado
- Vías**
- Asfaltada
- Pavimentada
- Afirmada
- Curvas de nivel**
- Mayores
- Menores
- Hidrología**
- ~ Drenaje



| | | |
|---|---|------------------------------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA | | |
| FACULTAD DE INGENIERÍA | | |
| ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA | | |
| TESISTA: | CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO EN LAS ZONAS DE PUYLLUCANA, MATARA Y CELENDÍN | PLANO: |
| | | C-01 |
| | IMAGEN SATELITAL SASPLANET - BING MAPS | |
| TESISTA: | LUCIA DEL PILAR HUACHUA ABREGÚ | |
| ASESOR: | DR. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI | |
| ESCALA: | 1: 30,000 | DATUM: WGS - 84 - ZONA - 17S |
| | | FECHA: ENERO, 2023 |

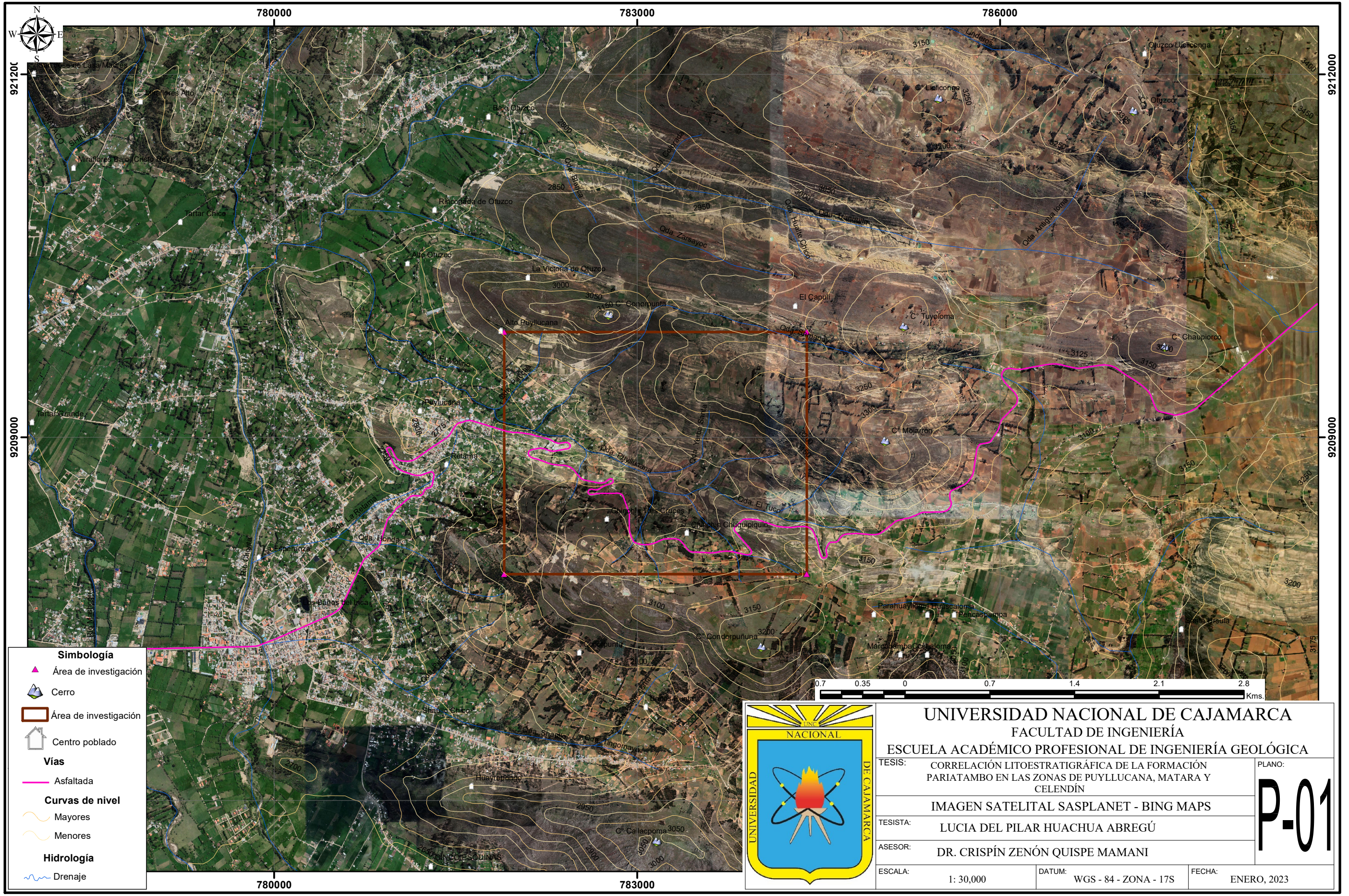


Simbología

- ▲ Área de investigación
- Cerro
- Área de investigación
- Centro poblado
- Vías**
- Asfaltada
- Pavimentada
- - - Trocha carrozable
- Curvas de nivel**
- Mayores
- - - Menores
- Hidrología**
- Drenaje



| | | |
|---|--|-------------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA | | |
| FACULTAD DE INGENIERÍA | | |
| ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA | | |
| TESIS: | CORRELACIÓN LITOSTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO EN LAS ZONAS DE PUYLLUCANA, MATARA Y CELENDÍN | PLANO: |
| | | M-01 |
| | IMAGEN SATELITAL SASPLANET - BING MAPS | |
| TESISTA: | LUCIA DEL PILAR HUACHUA ABREGÚ | |
| ASESOR: | DR. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI | |
| ESCALA: | 1: 30,000 | DATUM: |
| | WGS - 84 - ZONA - 17S | FECHA: |
| | | ENERO, 2023 |

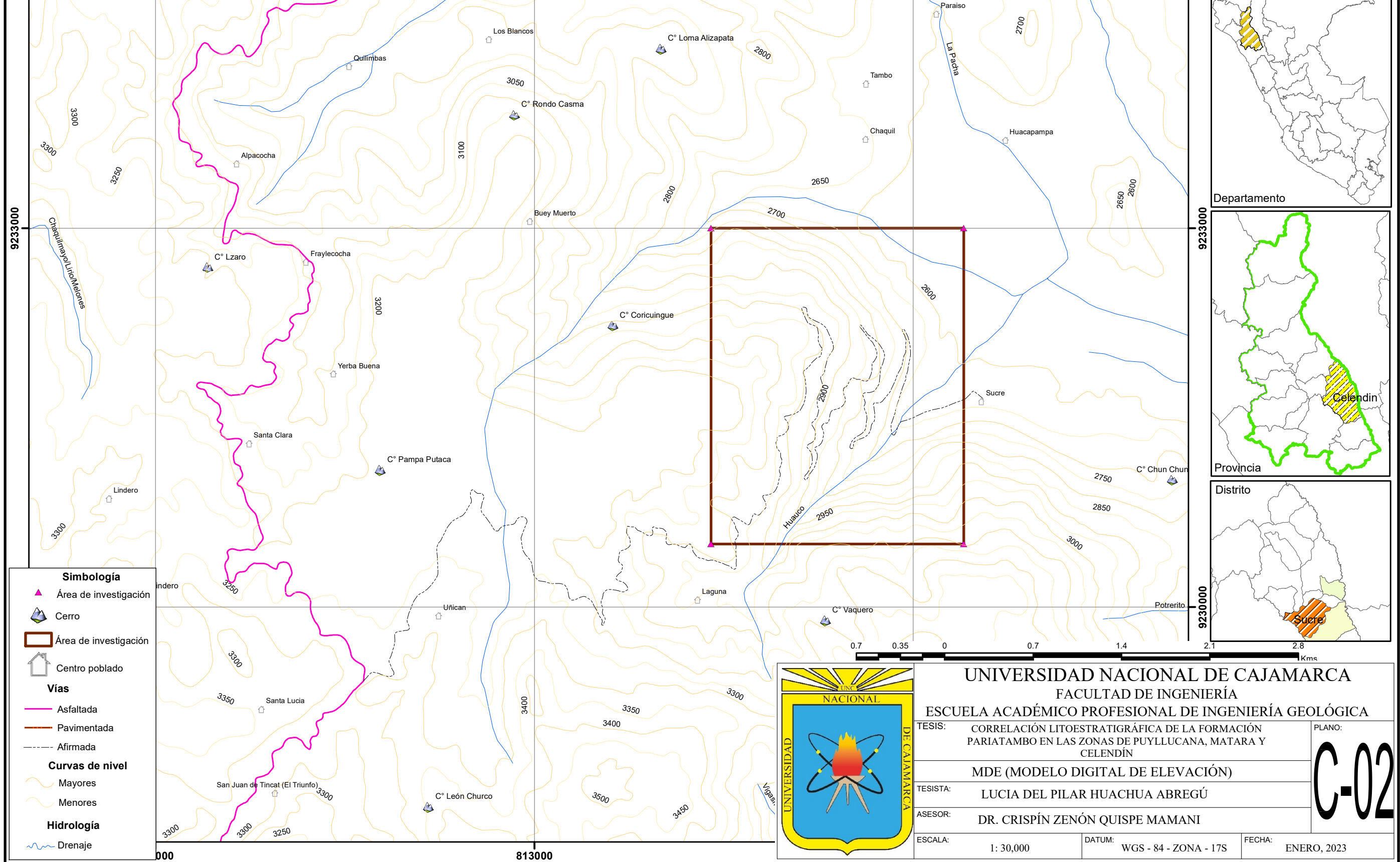
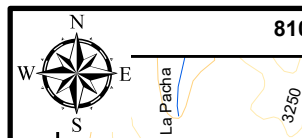
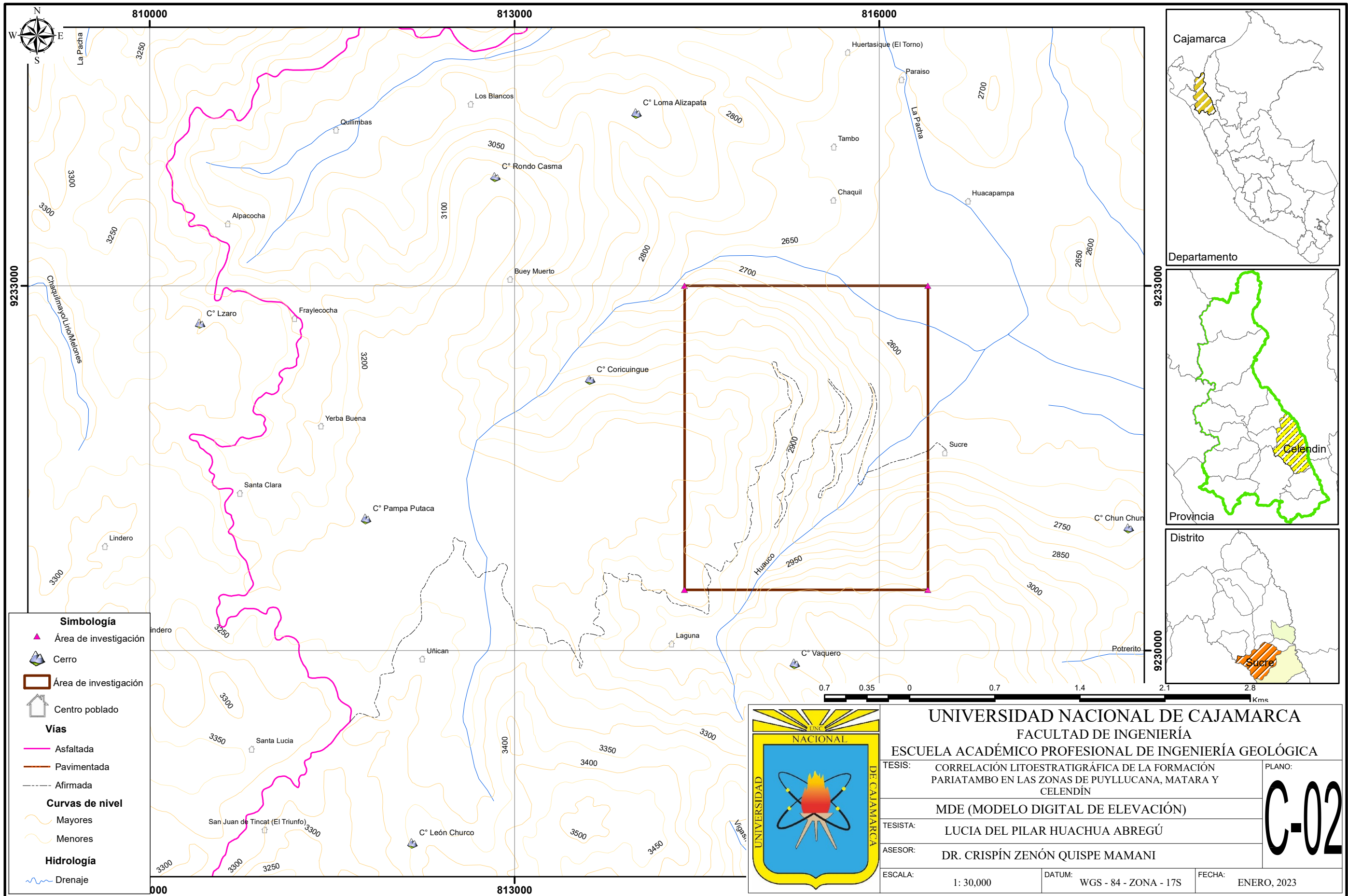


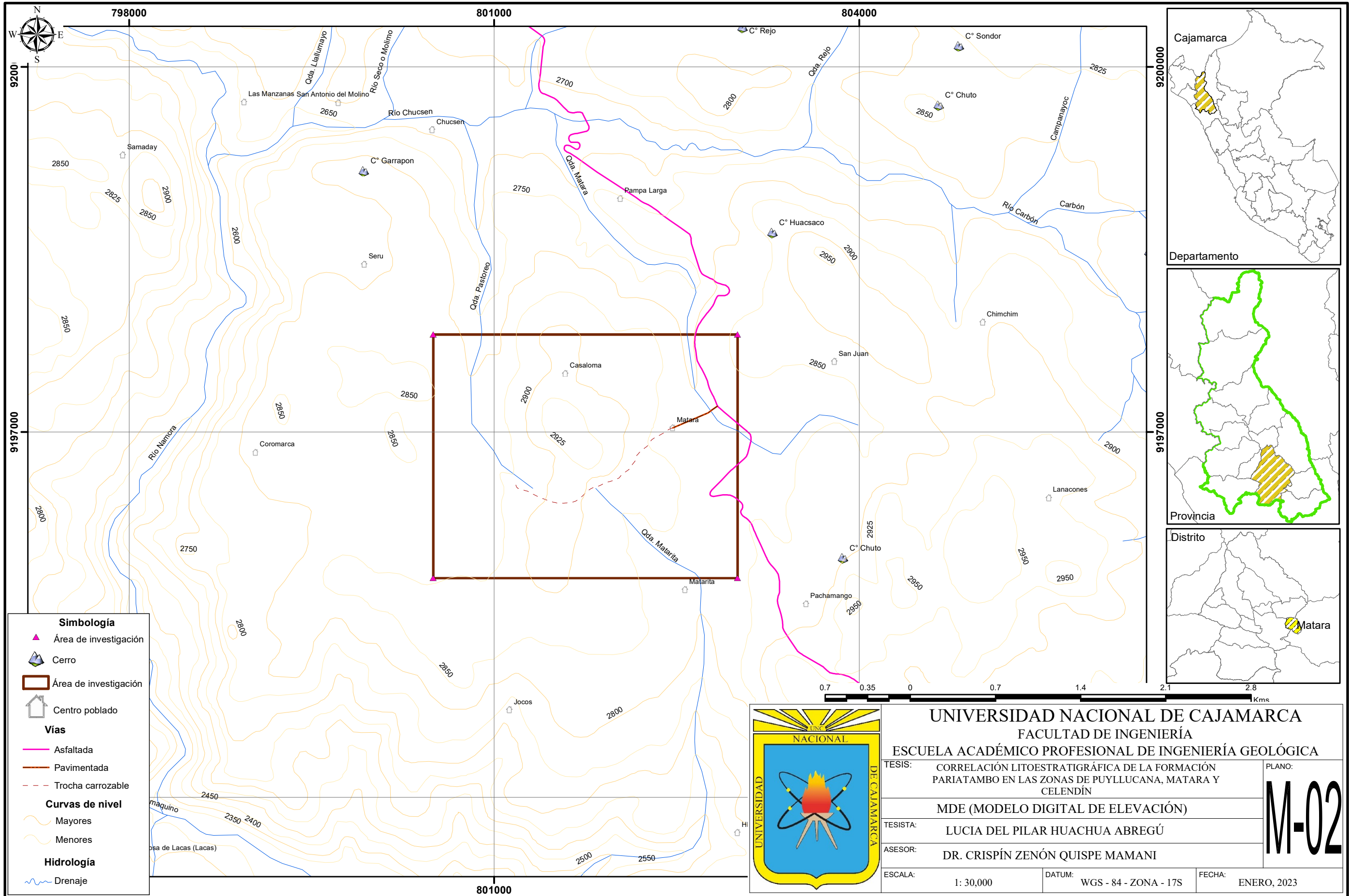
Simbología

- ▲ Área de investigación
- ▲ Cerro
- ▭ Área de investigación
- Centro poblado
- Vías**
- Asfaltada
- Curvas de nivel**
- Mayores
- Menores
- Hidrología**
- Drenaje



| | | |
|---|------------------------------|--------------------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA | | |
| FACULTAD DE INGENIERÍA | | |
| ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA | | |
| TESIS: CORRELACIÓN LITOSTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO EN LAS ZONAS DE PUYLLUCANA, MATARA Y CELENDÍN | | PLANO: |
| | | P-01 |
| IMAGEN SATELITAL SASPLANET - BING MAPS | | |
| TESISTA: LUCIA DEL PILAR HUACHUA ABREGÚ | | |
| ASESOR: DR. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI | | |
| ESCALA: 1: 30,000 | DATUM: WGS - 84 - ZONA - 17S | FECHA: ENERO, 2023 |



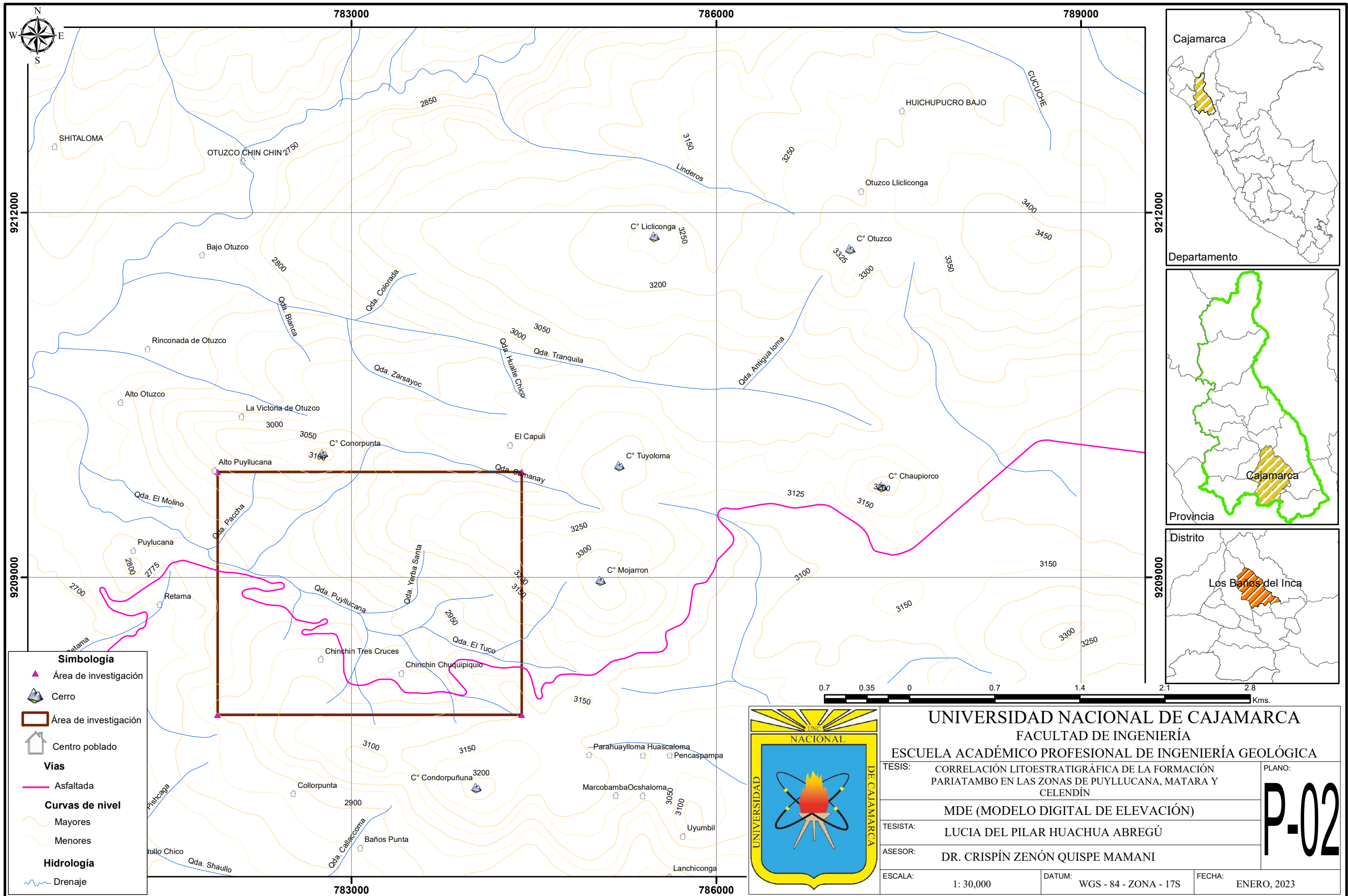


Simbología

- ▲ Área de investigación
- ▲ Cerro
- ▭ Área de investigación
- 🏠 Centro poblado
- Vías**
- Asfaltada
- Pavimentada
- - - Trocha carrozable
- Curvas de nivel**
- Mayores
- Menores
- Hidrología**
- Drenaje



| | | |
|---|---|-----------------------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA | | |
| FACULTAD DE INGENIERÍA | | |
| ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA | | |
| TESIS: | CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO EN LAS ZONAS DE PUYLLUCANA, MATARA Y CELENDÍN | PLANO: |
| | | M-02 |
| | MDE (MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN) | |
| TESISTA: | LUCIA DEL PILAR HUACHUA ABREGÚ | |
| ASESOR: | DR. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI | |
| ESCALA: | 1: 30,000 | DATUM: |
| | | WGS - 84 - ZONA - 17S |
| | | FECHA: |
| | | ENERO, 2023 |



Simbología

- ▲ Área de investigación
- ▲ Cerro
- ▭ Área de investigación
- 🏠 Centro poblado

Vías

- Asfaltada

Curvas de nivel

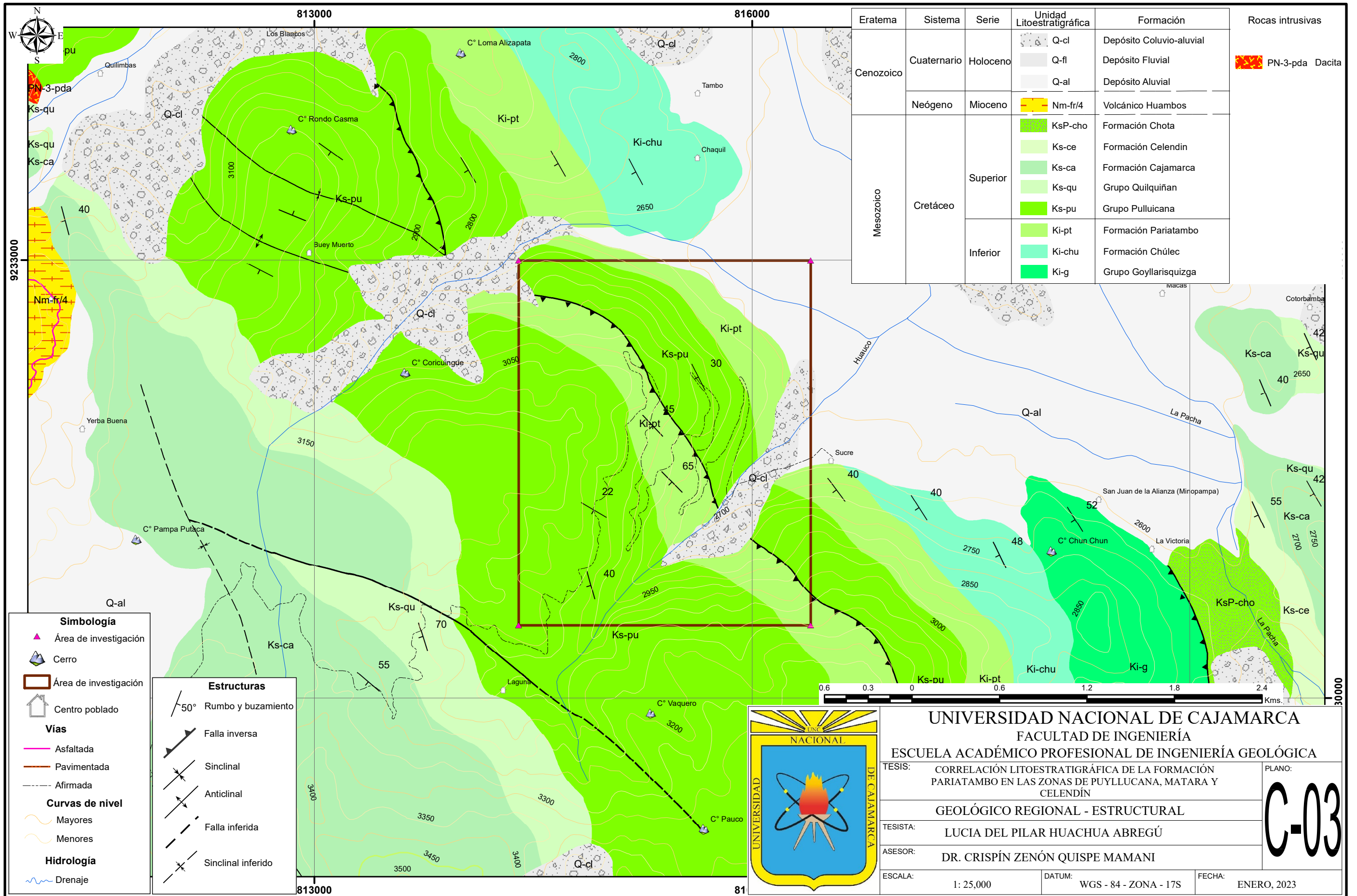
- Mayores
- Menores

Hidrología

- Drenaje



| | | |
|---|--|------------------------------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA | | |
| FACULTAD DE INGENIERÍA | | |
| ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA | | |
| TESIS: | CORRELACIÓN LITOSTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO EN LAS ZONAS DE PUYLLUCANA, MATARA Y CELENDÍN | PLANO: |
| | | P-02 |
| TESISTA: | LUCIA DEL PILAR HUACHUA ABREGÚ | |
| ASESOR: | DR. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI | |
| ESCALA: | 1: 30,000 | DATUM: WGS - 84 - ZONA - 17S |
| | | FECHA: ENERO, 2023 |



| Eratema | Sistema | Serie | Unidad Litoestratigráfica | Formación | Rocas intrusivas |
|-----------|-------------|---------------------|---------------------------|--------------------------|------------------|
| Cenozoico | Cuaternario | Holoceno | Q-cl | Depósito Coluvio-aluvial | PN-3-pda Dacita |
| | | | Q-fl | Depósito Fluvial | |
| | | | Q-al | Depósito Aluvial | |
| Mesozoico | Neógeno | Mioceno | Nm-fr/4 | Volcánico Huambos | |
| | | | Superior | KsP-cho | Formación Chota |
| | Ks-ce | Formación Celendin | | | |
| | Ks-ca | Formación Cajamarca | | | |
| | Ks-qu | Grupo Quilquiñan | | | |
| | Ks-pu | Grupo Pullucana | | | |
| | Inferior | Ki-pt | Formación Pariatambo | | |
| Ki-chu | | Formación Chúlec | | | |
| | | | Ki-g | Grupo Goyllarisquizga | |

| Simbología | |
|-----------------|-----------------------|
| | Área de investigación |
| | Cerro |
| | Área de investigación |
| | Centro poblado |
| Vías | |
| | Asfaltada |
| | Pavimentada |
| | Afirmada |
| Curvas de nivel | |
| | Mayores |
| | Menores |
| Hidrología | |
| | Drenaje |

| Estructuras | |
|-------------|------------------------|
| | 50° Rumbo y buzamiento |
| | Falla inversa |
| | Sinclinal |
| | Anticinal |
| | Falla inferida |
| | Sinclinal inferido |



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

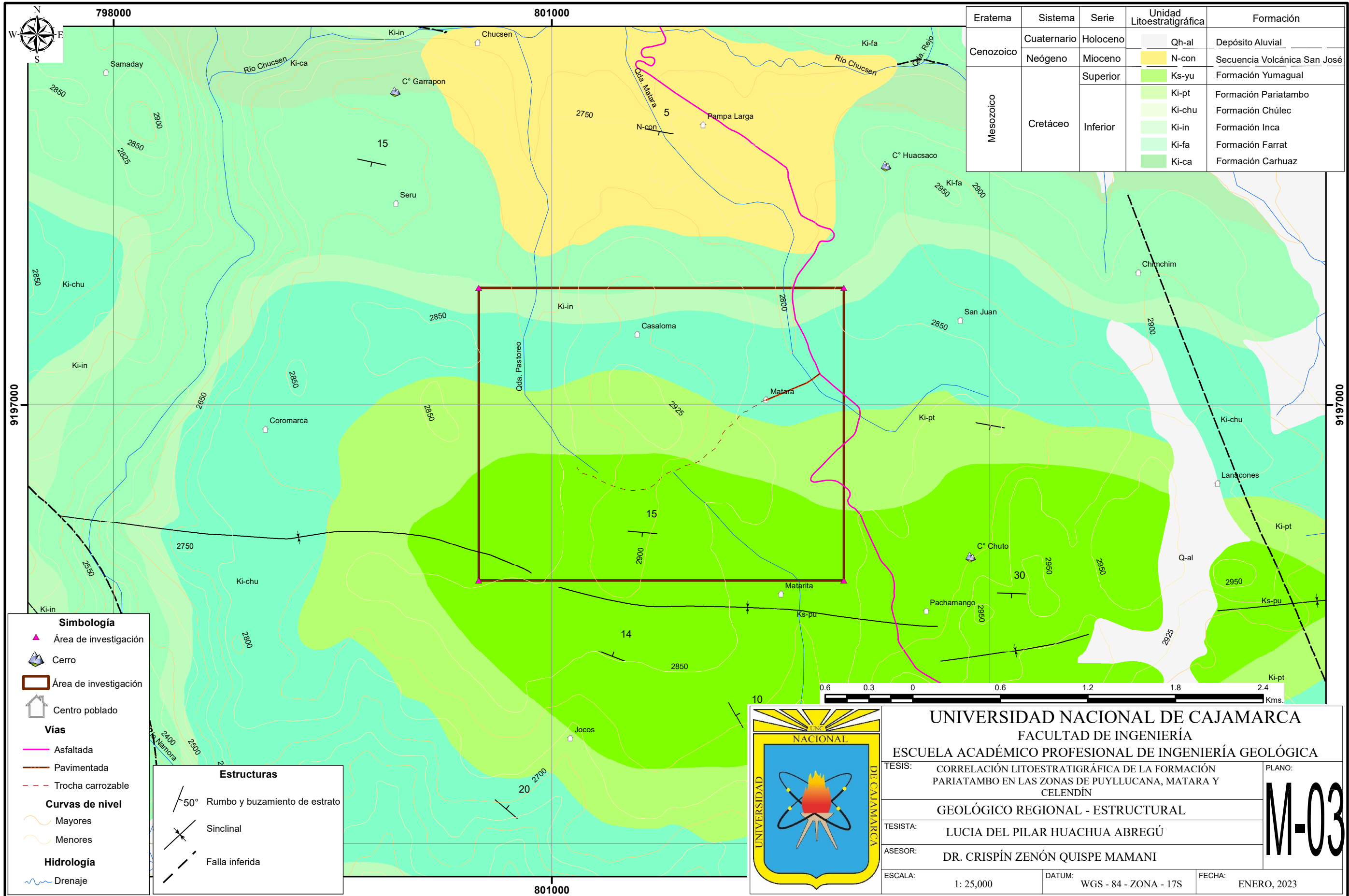
TESIS: CORRELACIÓN LITOSTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO EN LAS ZONAS DE PUYLLUCANA, MATARA Y CELENDÍN

TESISTA: LUCIA DEL PILAR HUACHUA ABREGÚ

ASESOR: DR. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI

ESCALA: 1: 25,000 DATUM: WGS - 84 - ZONA - 17S FECHA: ENERO, 2023

PLANO: **C-03**



| Eratema | Sistema | Serie | Unidad Litoestratigráfica | Formación |
|-----------|-------------|----------|---------------------------|------------------------------|
| Cenozoico | Cuaternario | Holoceno | Qh-al | Depósito Aluvial |
| | Neógeno | Mioceno | N-con | Secuencia Volcánica San José |
| Mesozoico | Cretáceo | Superior | Ks-yu | Formación Yumagual |
| | | Inferior | Ki-pt | Formación Pariatambo |
| | | | Ki-chu | Formación Chúlec |
| | | | Ki-in | Formación Inca |
| | | | Ki-fa | Formación Farrat |
| | | | Ki-ca | Formación Carhuaz |

- Simbología**
- ▲ Área de investigación
 - ▲ Cerro
 - ▭ Área de investigación
 - 🏠 Centro poblado
- Vías**
- Asfaltada
 - Pavimentada
 - - - Trocha carrozable
- Curvas de nivel**
- Mayores
 - Menores
- Hidrología**
- Drenaje

- Estructuras**
- ↘ 50° Rumbo y buzamiento de estrato
 - ↘ Sinclinal
 - - - Falla inferida



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

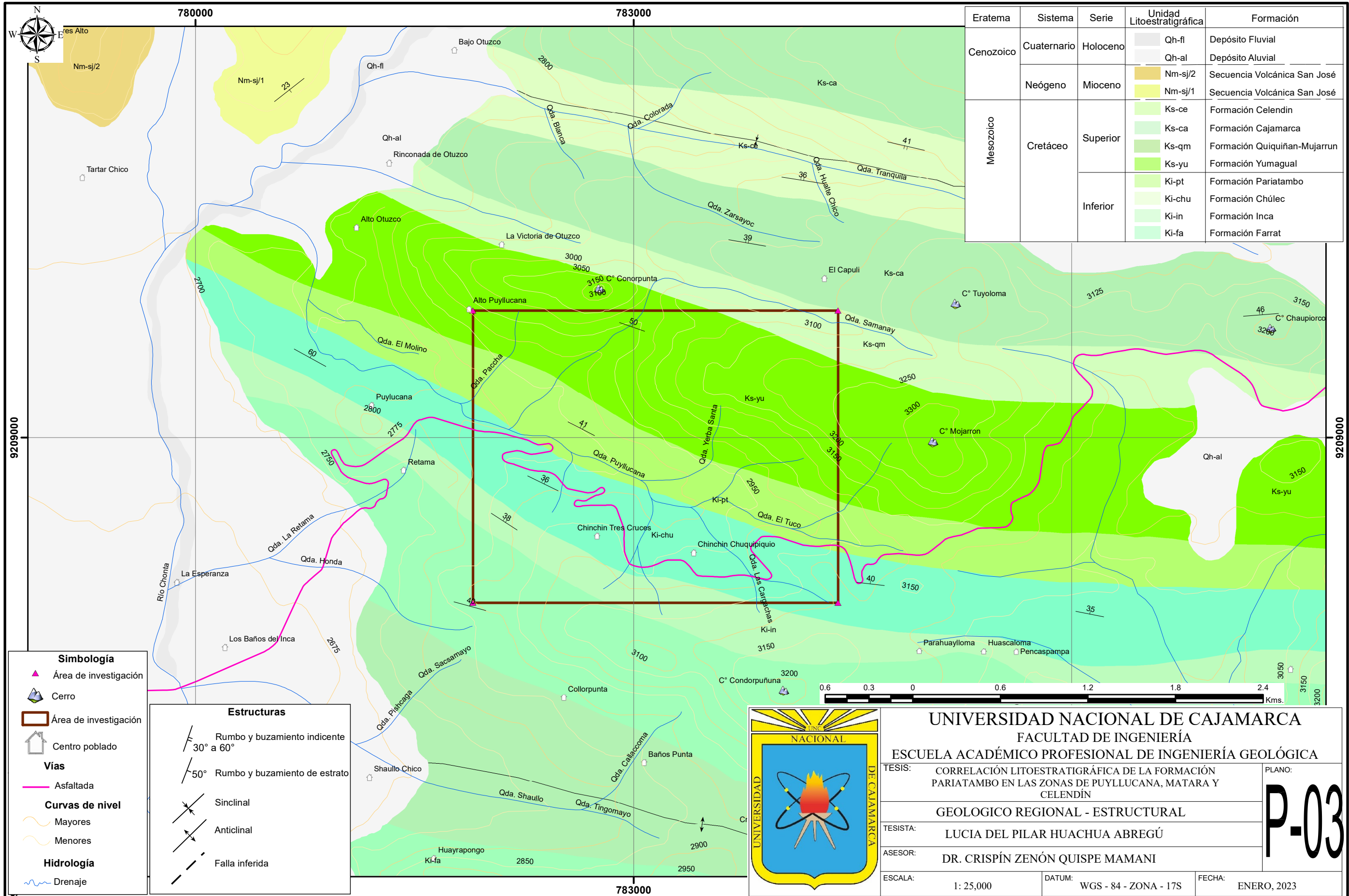
TESIS: CORRELACIÓN LITOSTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO EN LAS ZONAS DE PUYLLUCANA, MATARA Y CELENDÍN

TESISTA: LUCIA DEL PILAR HUACHUA ABREGÚ

ASESOR: DR. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI

ESCALA: 1: 25,000 DATUM: WGS - 84 - ZONA - 17S FECHA: ENERO, 2023

PLANO: M-03



| Eratema | Sistema | Serie | Unidad Litoestratigráfica | Formación |
|-----------|-------------|----------|---------------------------|------------------------------|
| Cenozoico | Cuaternario | Holoceno | Qh-fl | Depósito Fluvial |
| | | | Qh-al | Depósito Aluvial |
| | Neógeno | Mioceno | Nm-sj/2 | Secuencia Volcánica San José |
| Mesozoico | Cretáceo | Superior | Ks-ce | Formación Celendín |
| | | | Ks-ca | Formación Cajamarca |
| | | | Ks-qm | Formación Quiquiñan-Mujarrun |
| | | | Ks-yu | Formación Yumagual |
| | Inferior | Ki-pt | Formación Pariatambo | |
| | | Ki-chu | Formación Chúlec | |
| | | Ki-in | Formación Inca | |
| | | | Ki-fa | Formación Farrat |

| Simbología | |
|-----------------|-----------------------|
| | Área de investigación |
| | Cerro |
| | Área de investigación |
| | Centro poblado |
| Vías | |
| | Asfaltada |
| Curvas de nivel | |
| | Mayores |
| | Menores |
| Hidrología | |
| | Drenaje |

| Estructuras | |
|-------------|--|
| | Rumbo y buzamiento indicente 30° a 60° |
| | Rumbo y buzamiento de estrato 50° |
| | Sinclinal |
| | Anticlinal |
| | Falla inferida |



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

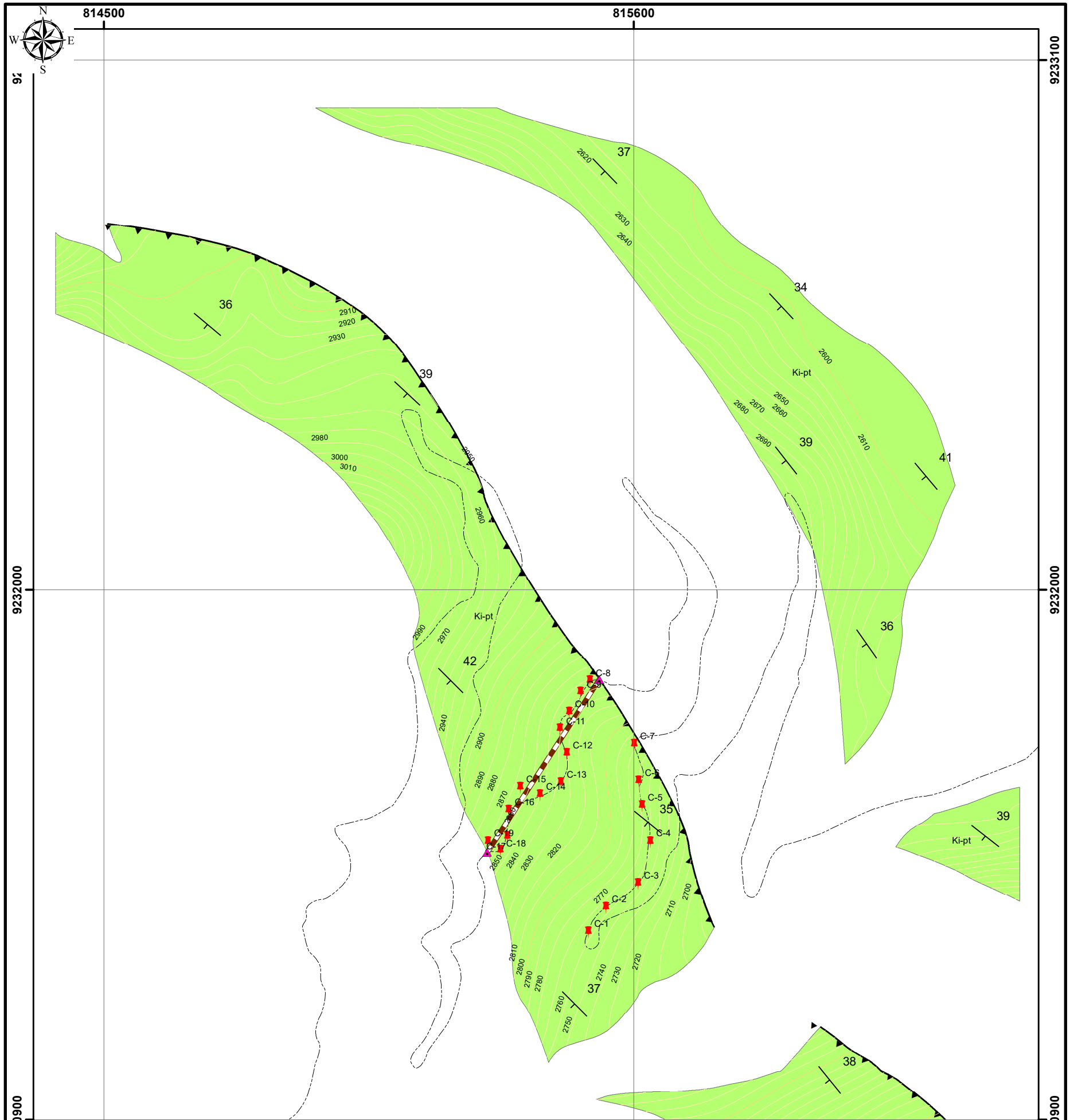
TESIS: CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO EN LAS ZONAS DE PUYLLUCANA, MATARA Y CELENDÍN

TESISTA: LUCIA DEL PILAR HUACHUA ABREGÚ

ASESOR: DR. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI

ESCALA: 1: 25,000 DATUM: WGS - 84 - ZONA - 17S FECHA: ENERO, 2023

PLANO: P-03



Coordenadas de los contactos de la Formación Pariatambo con las formaciones infrayacentes y suprayacentes, Zona Celendin

| Piso | | | Techo | | |
|-----------|------------|--------------|-----------|------------|--------------|
| Este (m.) | Norte (m.) | Cota (msnm.) | Este (m.) | Norte (m.) | Cota (msnm.) |
| 815529 | 9231813 | 2275 | 815295 | 9231456 | 2183 |

| Eratema | Sistema | Serie | Unidad Litoestratigráfica | Formación |
|-----------|----------|----------|---------------------------|----------------------|
| Mesozoico | Cretáceo | Inferior | Ki-pt | Formación Pariatambo |

Simbología

- Estación litobioestratigráfica
- ▲ Límites estratigráficos
- sección de corte estratigráfico
- Centro poblado

Vías

- Asfaltada

Curvas de nivel

- Mayores
- Menores

Hidrología

- Drenaje

Estructuras

- / 50° Rumbo y buzamiento
- ↘ Falla inversa



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

TESIS: CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO EN LAS ZONAS DE PUYLLUCANA, MATARA Y CELENDÍN

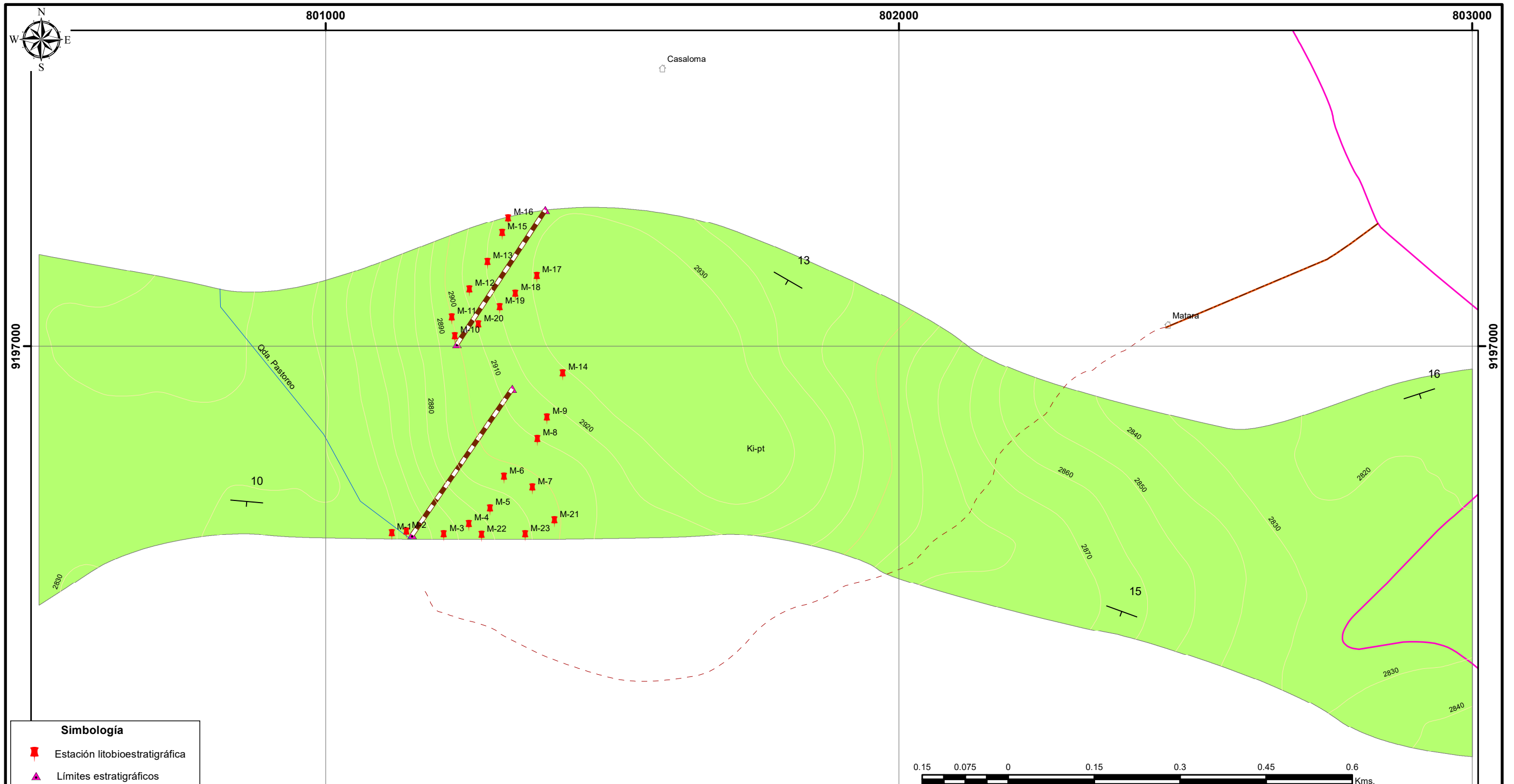
GEOLÓGICO LOCAL - ESTRUCTURAL

TESISTA: LUCIA DEL PILAR HUACHUA ABREGÚ

ASESOR: DR. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI

ESCALA: 1: 9,000 DATUM: WGS - 84 - ZONA - 17S FECHA: ENERO, 2023

C-04



Simbología

- Estación litobioestratigráfica
- Límites estratigráficos
- sección de corte estratigráfico
- Centro poblado

Vías

- Asfaltada

Curvas de nivel

- Mayores
- Menores

Hidrología

- Drenaje

Coordenadas de los contactos de la Formación Pariatambo con las formaciones infrayacentes y suprayacentes, Zona Matara

| Piso | | | Techo | | |
|-----------|------------|--------------|-----------|------------|--------------|
| Este (m.) | Norte (m.) | Cota (msnm.) | Este (m.) | Norte (m.) | Cota (msnm.) |
| 801150 | 9196672 | 2854 | 801384 | 9197238 | 2928 |

| Eratema | Sistema | Serie | Unidad Litoestratigráfica | Formación |
|-----------|----------|----------|---------------------------|----------------------|
| Mesozoico | Cretáceo | Inferior | Ki-pt | Formación Pariatambo |

Estructuras

50° Rumbo y buzamiento de estrato



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

TESIS: CORRELACIÓN LITOSTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO EN LAS ZONAS DE PUYLLUCANA, MATARA Y CELENDÍN

PLANO: **M-04**

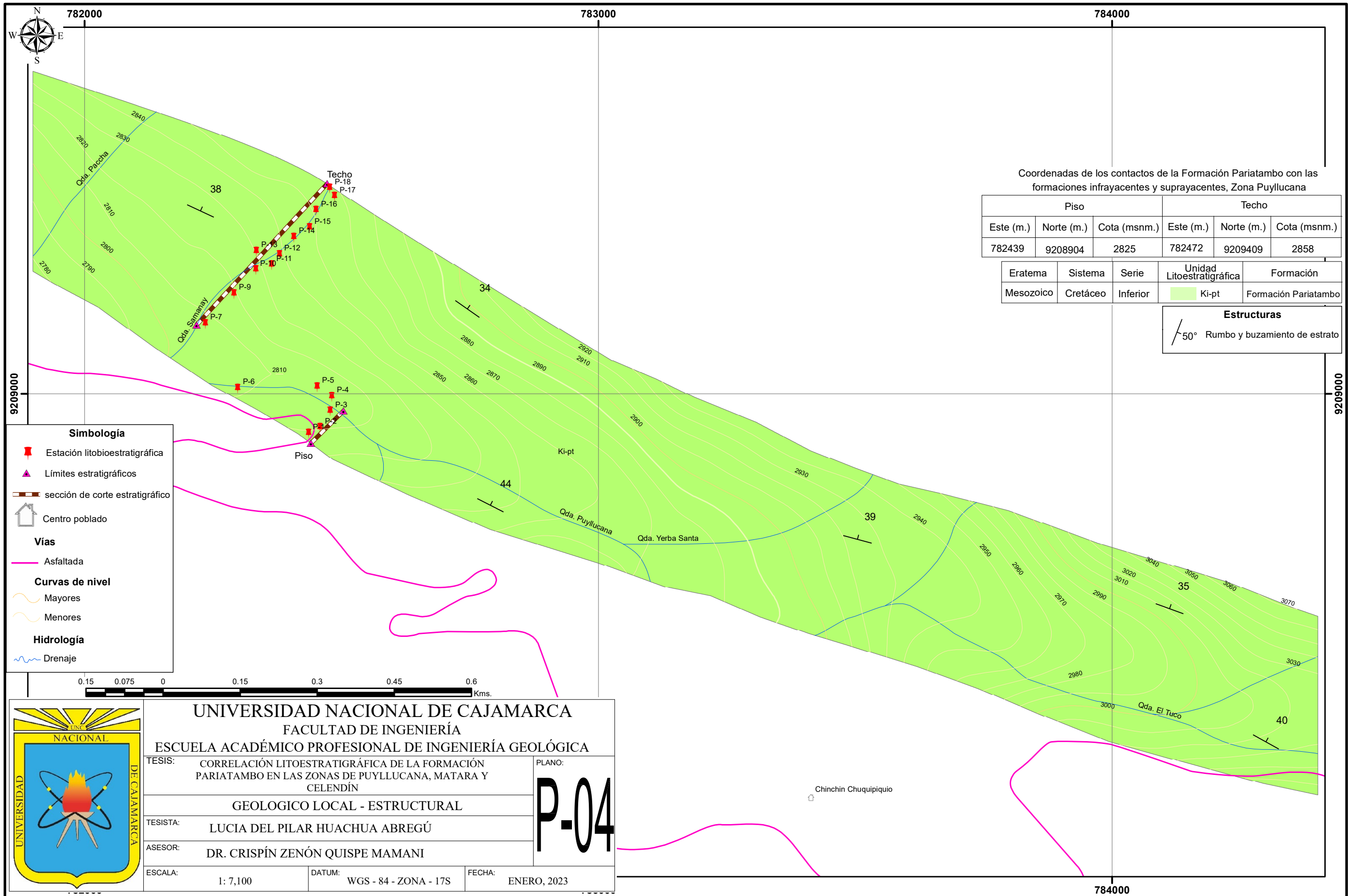
TESISTA: LUCIA DEL PILAR HUACHUA ABREGÚ

ASESOR: DR. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI

ESCALA: 1: 7,100

DATUM: WGS - 84 - ZONA - 17S

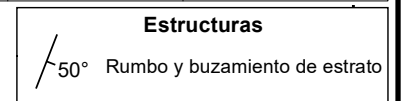
FECHA: ENERO, 2023



Coordenadas de los contactos de la Formación Pariatambo con las formaciones infrayacentes y suprayacentes, Zona Puyllucana

| Piso | | | Techo | | |
|-----------|------------|--------------|-----------|------------|--------------|
| Este (m.) | Norte (m.) | Cota (msnm.) | Este (m.) | Norte (m.) | Cota (msnm.) |
| 782439 | 9208904 | 2825 | 782472 | 9209409 | 2858 |

| Eratema | Sistema | Serie | Unidad Litoestratigráfica | Formación |
|-----------|----------|----------|---------------------------|----------------------|
| Mesozoico | Cretáceo | Inferior | Ki-pt | Formación Pariatambo |



Simbología

- Estación litobioestratigráfica
- Límites estratigráficos
- sección de corte estratigráfico
- Centro poblado

Vías

- Asfaltada


Curvas de nivel

- Mayores
- Menores

Hidrología

- Drenaje





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

TESIS: CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO EN LAS ZONAS DE PUYLLUCANA, MATARA Y CELENDÍN

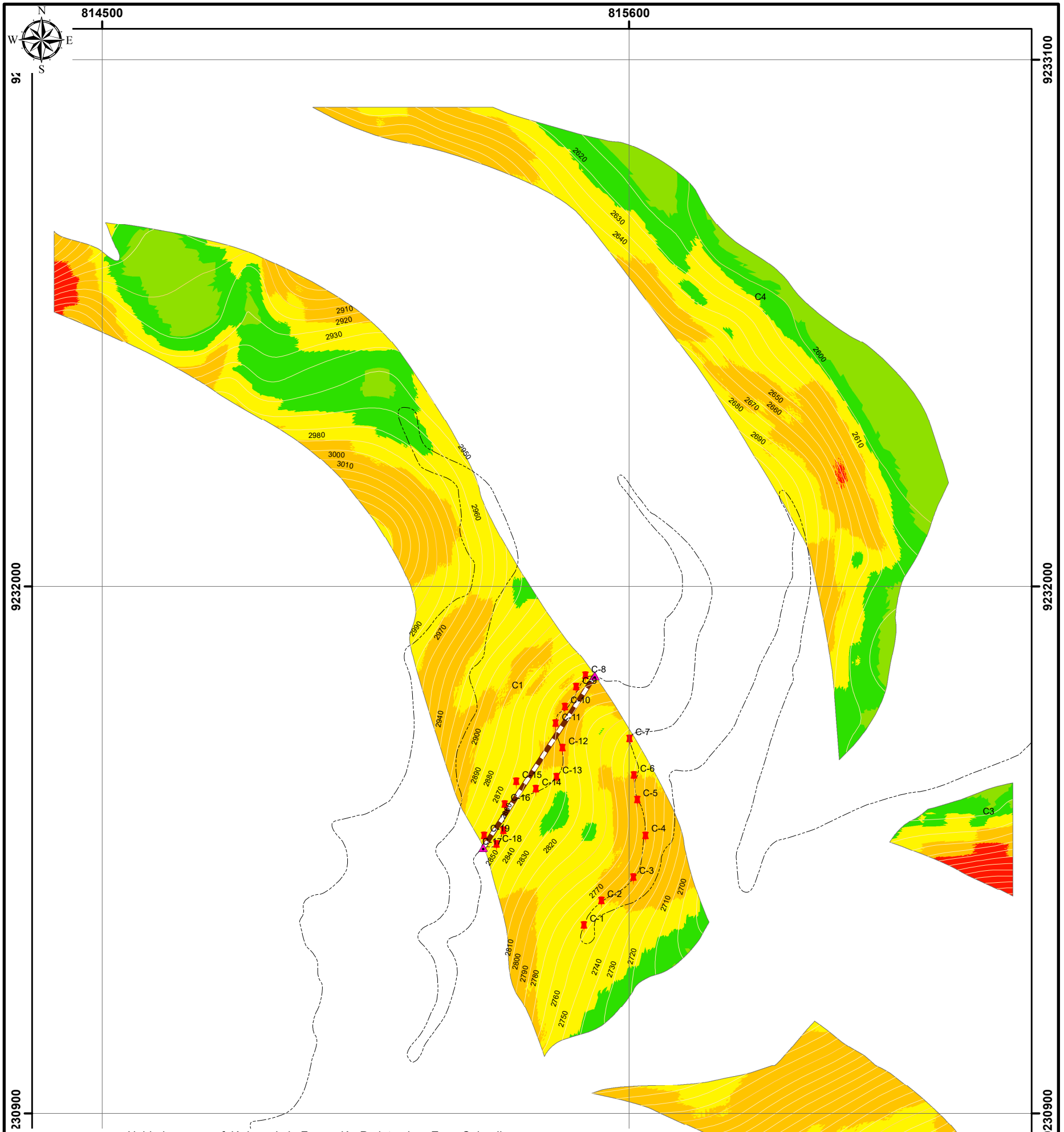
GEOLOGICO LOCAL - ESTRUCTURAL

TESISTA: LUCIA DEL PILAR HUACHUA ABREGÚ

ASESOR: DR. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI

ESCALA: 1: 7,100 DATUM: WGS - 84 - ZONA - 17S FECHA: ENERO, 2023

P-04



Unidades geomorfológicas de la Formación Pariatambo - Zona Celendin

| Zona | Fm. Pariatambo | | Planicie | | Lomada | | Ladera | | Escarpa | | Montaña | |
|------------|----------------|------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|------|------------|---|
| | Área (Ha.) | % | Área (Ha.) | % | Área (Ha.) | % | Área (Ha.) | % | Área (Ha.) | % | Área (Ha.) | % |
| Celendin 1 | 62.80 | 3.45 | 5.49 | 10.37 | 16.52 | 30.20 | 48.09 | 18.34 | 29.20 | 0.44 | 0.70 | |
| Celendin 2 | 20.77 | 0.00 | 0.00 | 0.18 | 0.87 | 6.66 | 32.06 | 11.73 | 56.48 | 2.20 | 10.59 | |
| Celendin 3 | 3.40 | 0.17 | 5.00 | 0.78 | 22.94 | 0.91 | 26.76 | 0.62 | 18.24 | 0.92 | 27.06 | |
| Celendin 4 | 38.13 | 7.14 | 18.73 | 8.00 | 20.98 | 13.00 | 34.09 | 9.86 | 25.86 | 0.13 | 0.34 | |

Simbología

- Estación litobioestratigráfica
- Límites estratigráficos
- sección de corte estratigráfico
- Centro poblado

Vías

- Asfaltada

Curvas de nivel

- Mayores
- Menores

Hidrología

- Drenaje

Unidades morfogenéticas

| Simbología | Codigo | Unidad |
|------------|-----------|----------|
| | 0° - 7° | Planicie |
| | 7° - 14° | Lomada |
| | 14° - 25° | Ladera |
| | 25° - 50° | Escarpa |
| | 50° - 90° | Montaña |



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

TESISTA: CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO EN LAS ZONAS DE PUYLLUCANA, MATARA Y CELENDÍN

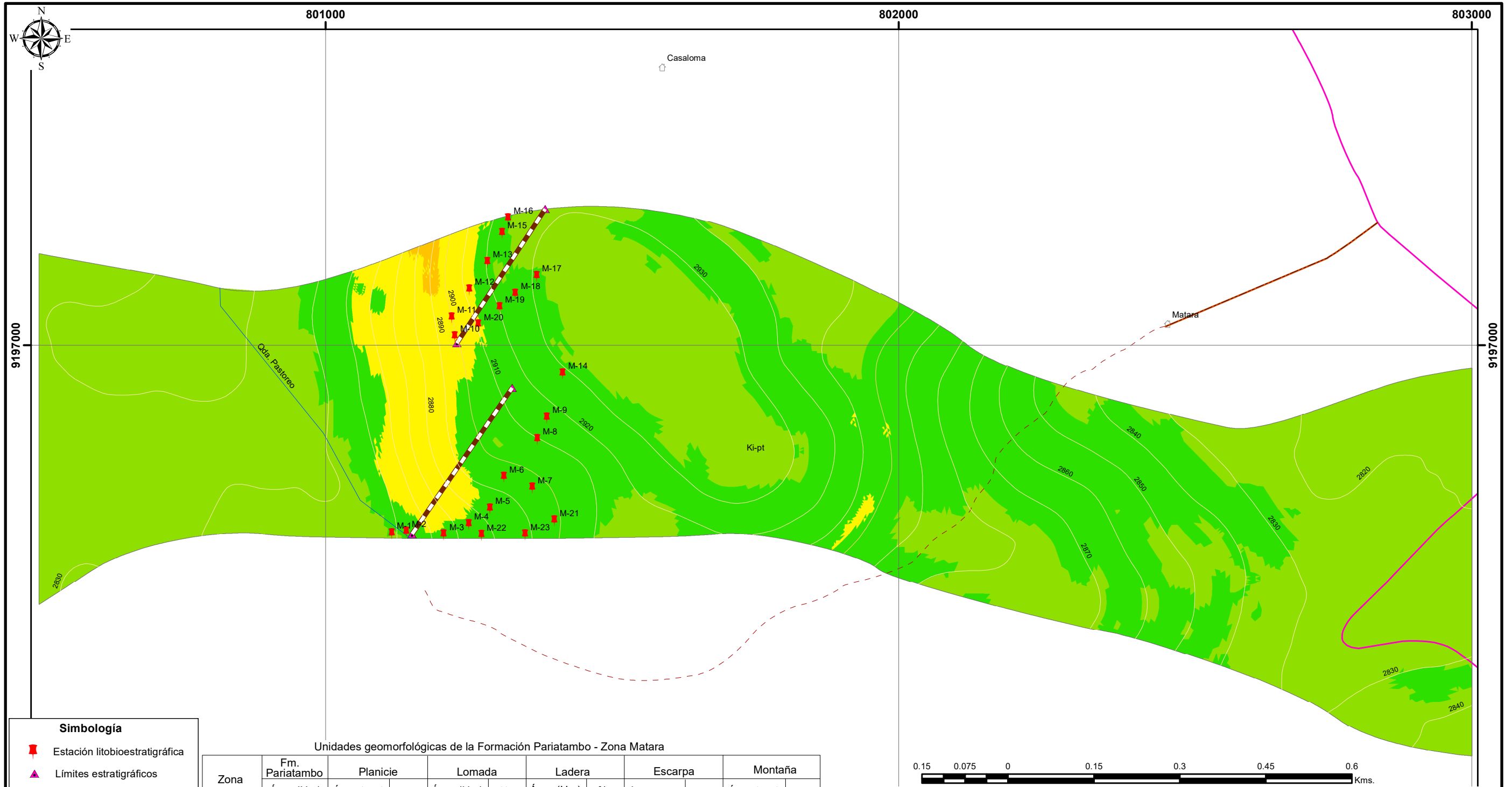
UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

TESISTA: LUCIA DEL PILAR HUACHUA ABREGÚ

ASESOR: DR. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI

ESCALA: 1: 9,000 DATUM: WGS - 84 - ZONA - 17S FECHA: ENERO, 2023

C-05



Simbología

- Estación litobioestratigráfica
- ▲ Límites estratigráficos
- sección de corte estratigráfico
- Centro poblado

Vías

- Asfaltada

Curvas de nivel

- Mayores
- Menores

Hidrología

- Drenaje

Unidades geomorfológicas de la Formación Pariatambo - Zona Matara

| Zona | Fm. Pariatambo | Planicie | | Lomada | | Ladera | | Escarpa | | Montaña | |
|--------|----------------|------------|-------|------------|-------|------------|------|------------|------|------------|------|
| | Área (Ha.) | Área (Ha.) | % | Área (Ha.) | % | Área (Ha.) | % | Área (Ha.) | % | Área (Ha.) | % |
| Matara | 124.87 | 69.33 | 55.52 | 47.28 | 37.86 | 7.96 | 6.37 | 0.30 | 0.25 | 0.00 | 0.00 |

Unidades morfogénicas

| Simbología | Código | Unidad |
|------------|-----------|----------|
| | 0° - 7° | Planicie |
| | 7° - 14° | Lomada |
| | 14° - 25° | Ladera |
| | 25° - 50° | Escarpa |
| | 50° - 90° | Montaña |



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

TESIS: CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO EN LAS ZONAS DE PUYLLUCANA, MATARA Y CELENDÍN

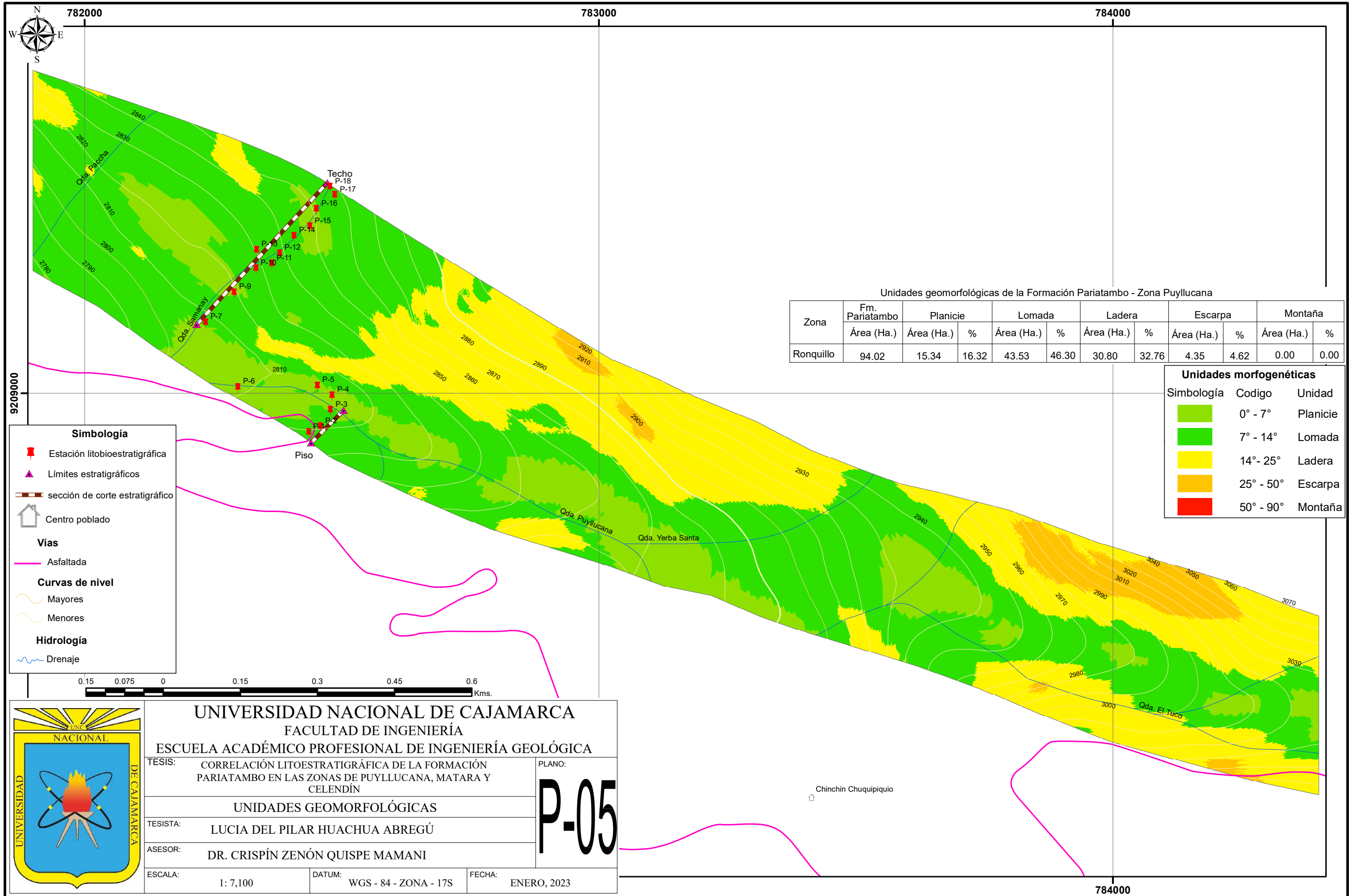
UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

TESISTA: LUCIA DEL PILAR HUACHUA ABREGÚ

ASESOR: DR. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI

ESCALA: 1: 7,100 DATUM: WGS - 84 - ZONA - 17S FECHA: ENERO, 2023

PLANO: M-05



Unidades geomorfológicas de la Formación Pariatambo - Zona Puylucana

| Zona | Fm. Pariatambo | Planicie | | Lomada | | Ladera | | Escarpa | | Montaña | |
|-----------|----------------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|------|------------|------|
| | Área (Ha.) | Área (Ha.) | % | Área (Ha.) | % | Área (Ha.) | % | Área (Ha.) | % | Área (Ha.) | % |
| Ronquillo | 94.02 | 15.34 | 16.32 | 43.53 | 46.30 | 30.80 | 32.76 | 4.35 | 4.62 | 0.00 | 0.00 |

| Unidades morfofenéticas | | |
|-------------------------|-----------|----------|
| Simbología | Codigo | Unidad |
| | 0° - 7° | Planicie |
| | 7° - 14° | Lomada |
| | 14° - 25° | Ladera |
| | 25° - 50° | Escarpa |
| | 50° - 90° | Montaña |

Simbología

- Estación litobioestratigráfica
- Límites estratigráficos
- sección de corte estratigráfico
- Centro poblado

Vías

- Asfaltada

Curvas de nivel

- Mayores
- Menores

Hidrología

- Drenaje



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

TESIS: CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO EN LAS ZONAS DE PUYLLUCANA, MATARA Y CELENDÍN

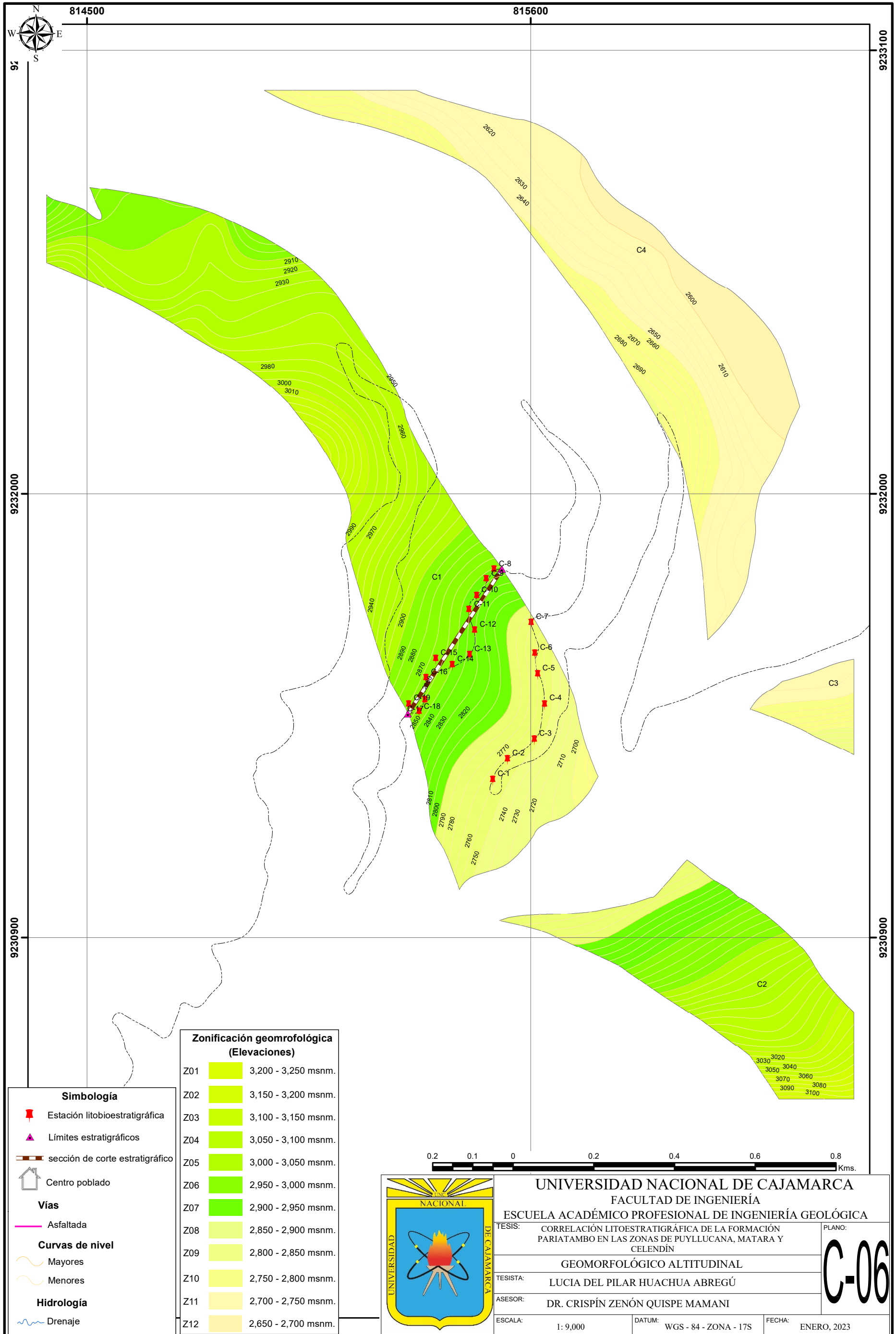
UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

TESISTA: LUCIA DEL PILAR HUACHUA ABREGÚ

ASESOR: DR. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI

ESCALA: 1: 7,100 DATUM: WGS - 84 - ZONA - 17S FECHA: ENERO, 2023

PLANO:
P-05



Zonificación geomorfológica (Elevaciones)

| | |
|-----|---------------------|
| Z01 | 3,200 - 3,250 msnm. |
| Z02 | 3,150 - 3,200 msnm. |
| Z03 | 3,100 - 3,150 msnm. |
| Z04 | 3,050 - 3,100 msnm. |
| Z05 | 3,000 - 3,050 msnm. |
| Z06 | 2,950 - 3,000 msnm. |
| Z07 | 2,900 - 2,950 msnm. |
| Z08 | 2,850 - 2,900 msnm. |
| Z09 | 2,800 - 2,850 msnm. |
| Z10 | 2,750 - 2,800 msnm. |
| Z11 | 2,700 - 2,750 msnm. |
| Z12 | 2,650 - 2,700 msnm. |

Simbología

- Estación litobioestratigráfica
- Límites estratigráficos
- sección de corte estratigráfico
- Centro poblado

Vías

- Asfaltada

Curvas de nivel

- Mayores
- Menores

Hidrología

- Drenaje

0.2 0.1 0 0.2 0.4 0.6 0.8 Kms.

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

TESISTA: CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN
 PARIATAMBO EN LAS ZONAS DE PUYLLUCANA, MATARA Y
 CELENDÍN

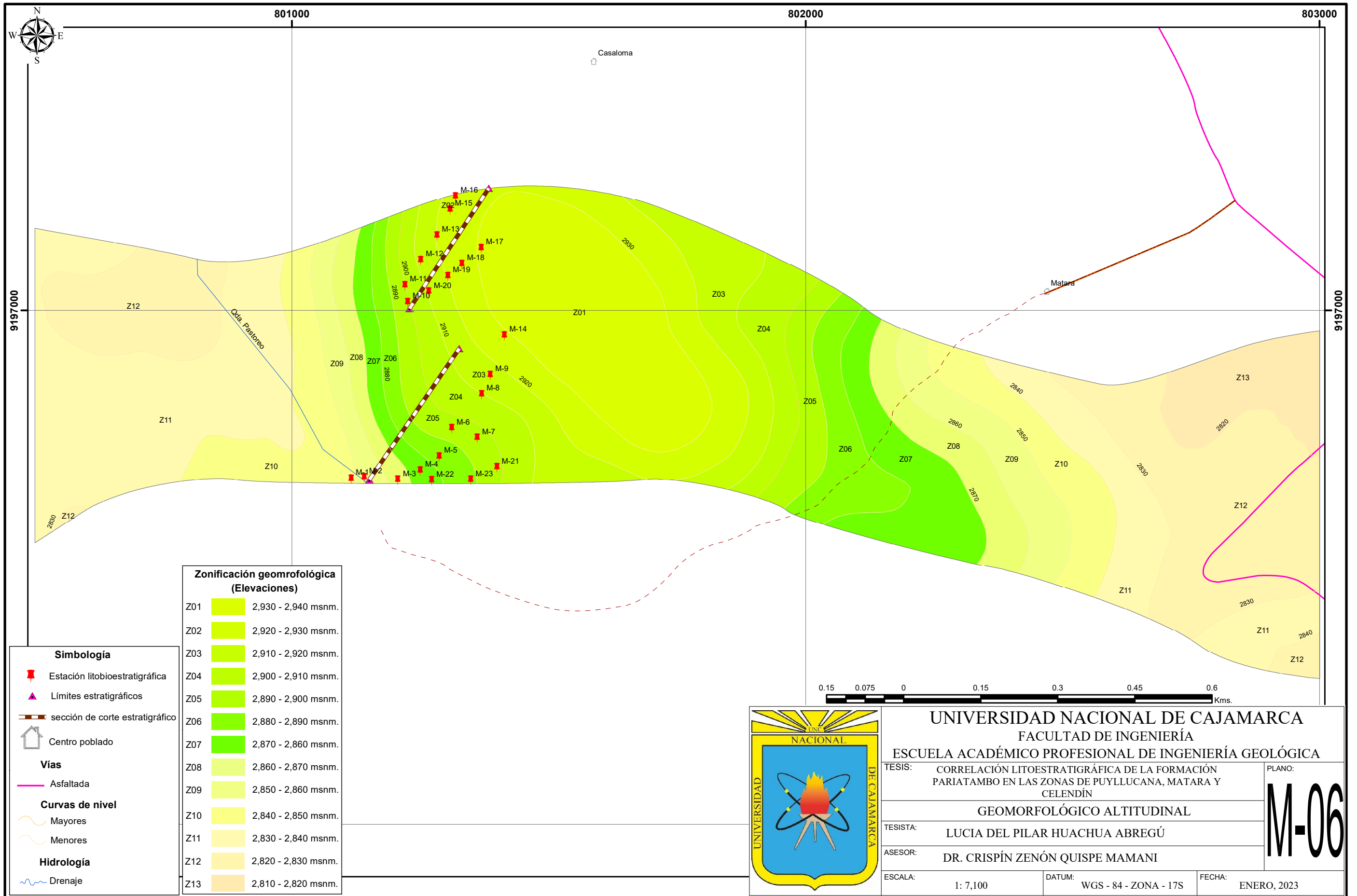
PLANO: **C-06**

GEOMORFOLÓGICO ALTITUDINAL

TESISTA: LUCIA DEL PILAR HUACHUA ABREGÚ

ASESOR: DR. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI

ESCALA: 1:9,000 DATUM: WGS - 84 - ZONA - 17S FECHA: ENERO, 2023



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

TESIS: CORRELACIÓN LITOSTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN PARIATAMBO EN LAS ZONAS DE PUYLLUCANA, MATARA Y CELENDÍN

GEOMORFOLÓGICO ALTITUDINAL

TESISTA: LUCIA DEL PILAR HUACHUA ABREGÚ

ASESOR: DR. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI

ESCALA: 1: 7,100 DATUM: WGS - 84 - ZONA - 17S FECHA: ENERO, 2023

PLANO: M-06

