

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



**TESIS**

**CARACTERIZACIÓN LITOBIOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN INCA  
ENTRE LOS CENTROS POBLADOS AGOMARCA Y TACSHANA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Geólogo**

**AUTOR:**

**Bach. Cueva Zelada Renato**

**ASESOR:**

**Dr. Quispe Mamani Crispín Zenón**

**Cajamarca, Perú**


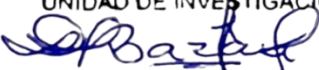
**2024**

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

### - FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador : Renato Cueva Zelada  
2. DNI : 73976785  
3. Escuela Profesional : Ingeniería Geológica
4. Asesor : Crispín Zenón Quispe Mamani  
Facultad : Ingeniería
5. Grado académico o título profesional  
 Bachiller  Título profesional  Segunda especialidad  
 Maestro  Doctor
6. Tipo de Investigación:  
 Tesis  Trabajo de investigación  Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico
1. Título de Trabajo de Investigación: **CARACTERIZACIÓN LITOBIOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN INCA ENTRE LOS CENTROS POBLADOS AGOMARCA Y TACSHANA. 2.**  
Fecha de evaluación : 01 de noviembre 2024
3. Software antiplagio:  TURNITIN  URKUND (OURIGINAL) (\*)
4. Porcentaje de Informe de Similitud : 17%
5. Código Documento : Oid: 3117:400961393
6. Resultado de la Evaluación de Similitud:  
 APROBADO  PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión : 01 de noviembre 2024

 <hr/> <b>FIRMA DEL ASESOR</b> Nombres y Apellidos: Crispín Zenón Quispe Mamani  DNI : 29243825	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN</p>  <hr/> <b>Dra. Ing. Laura Sofía Bazán Díaz</b> DIRECTORA  UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI
--	--

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



# Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



## ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : "CARACTERIZACIÓN LITOBIOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN INCA ENTRE LOS CENTROS POBLADOS AGOMARCA Y TACSHANA".

ASESOR : Dr. Ing. Crispín Zenón Quispe Mamani.

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0016-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 07 de enero de 2024, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **veinticuatro días del mes de enero de 2025**, siendo las diez horas (10:00 a.m.) en el Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica (Ambiente 4J - 210), de la Facultad de Ingeniería se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dr. Ing. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado.  
Vocal : Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique  
Secretario : M.Cs. Ing. Víctor Ausberto Arapa Vilca.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada "CARACTERIZACIÓN LITOBIOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN INCA ENTRE LOS CENTROS POBLADOS AGOMARCA Y TACSHANA", presentado por el Bachiller en Ingeniería Geológica RENATO CUEVA ZELADA, asesorado por el Dr. Ing. Crispín Zenón Quispe Mamani, para la obtención del Título Profesional

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

EVALUACIÓN PRIVADA : ..... 4 ..... PTS.  
EVALUACIÓN PÚBLICA : ..... 11 ..... PTS.  
EVALUACIÓN FINAL : ..... 15 ..... PTS ..... Quispe (En letras)

En consecuencia, se lo declara Aprobado con el calificativo de Quispe acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las 11:00 a.m. horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

Dr. Ing. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado.  
Presidente

Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique.  
Vocal

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

Dr. Ing. Crispín Zenón Quispe Mamani.  
Asesor



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



**EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.**


Bachiller en Ingeniería Geológica: RENATO CUEVA ZELADA.


RUBRO	PUNTAJE
	Máximo/Calificación
<b>2. DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA</b>	
2.1. Capacidad de síntesis	3
2.2. Dominio del tema	3
2.3. Consistencia de las alternativas presentadas	3
2.4. Precisión y seguridad en las respuestas	2
<b>PUNTAJE TOTAL (MÁXIMO 12 PUNTOS)</b>	11

Cajamarca, 24 de enero de 2025

  
Dr. Ing. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado.  
Presidente

  
Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique.  
Vocal

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

  
Dr. Ing. Crispín Zenón Quispe Mamani.  
Asesor



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



**EVALUACIÓN FINAL DE LA SUSTENTACIÓN DE TESIS.**

Bachiller en Ingeniería Geológica: RENATO CUEVA ZELADA.

RUBRO	PUNTAJE
A.- EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PRIVADA	4
B.- EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA	11
<b>EVALUACIÓN FINAL</b>	
EN NÚMEROS ( A + B )	15
EN LETRAS ( A + B )	Buena
- Excelente 20 - 19	Buena
- Muy Bueno 18 - 17	
- Bueno 16 - 14	
- Regular 13 a 11	
- Desaprobado 10 a menos	

Cajamarca, 24 de enero de 2025

Dr. Ing. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado.  
Presidente

Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique.  
Vocal

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

Dr. Ing. Crispin Zenón Quispe Mamani.  
Asesor

## **DEDICATORIA**

Esta tesis profesional está dedicada a mis padres: Leoncio Cueva y Sonia Zelada, a mis hermanos: Alexander Cueva y Diego Cueva. De manera muy en especial a mi abuela Luisa H. Barboza, por su infinito amor y apoyo para obtener este logro, además de ello, por enseñarme a seguir siempre adelante.

## **AGRADECIMIENTO**

Mi completo agradecimiento a mi Alma Mater y a mis docentes, por mi formación profesional y en especial al Dr. Zenón Quispe Mamani por la aceptación de ser mi asesor en esta investigación, y por haberme brindado sus conocimientos y sugerencias.

## CONTENIDO

	Pág.
ABREVIATURAS .....	ix
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT .....	x

### CAPÍTULO I

#### INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
HIPÓTESIS GENERAL .....	4
JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
OBJETIVOS.....	5
General.....	5
Específicos .....	5
DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS DE LOS CAPÍTULOS .....	5

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1	ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN. ....	6
2.1.1	Internacionales .....	6
2.1.2	Nacionales.....	6
2.1.3	Locales .....	7
2.2.	BASES TEÓRICAS.....	7
2.2.1.	Principio de la horizontalidad y continuidad lateral de los estratos .....	7
2.2.2.	Principio de Superposición.....	8
2.2.3.	Principio de Uniformismo o Actualismo .....	9
2.2.4.	Principio de la Sucesión Faunística o de Correlación.....	9
2.2.5	Principio de la Simultaneidad de Eventos .....	10
2.2.6	Estratificación y Laminación .....	10



	Pág.
<b>2.2.7 Superficies de Estratificación.....</b>	<b>11</b>
<b>2.2.8 Tipos de Estratificación.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2.9 Geometría de los Estratos.....</b>	<b>12</b>
2.2.9.1 <i>Estratos tabulares.....</i>	12
2.2.9.2. <i>Estratos Irregulares.....</i>	12
2.2.9.3. <i>Estratos Acanalados.....</i>	13
2.2.9.4. <i>Estratos en forma de Cuña.....</i>	13
2.2.9.5. <i>Estratos Lenticulares.....</i>	13
2.2.9.6. <i>Estratos Ondulados.....</i>	13
<b>2.2.10. Asociación de Estratos.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2.11. Secuencias.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.12. Escala de Wentworth.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2.13. Medidas de La Estratificación.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2.14. Técnicas de Medición.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2.15. Factores de la Fosilización.....</b>	<b>17</b>
2.2.15.1. <i>El ambiente.....</i>	17
2.2.15.2. <i>La destrucción biológica.....</i>	17
2.2.15.3. <i>La destrucción mecánica.....</i>	17
2.2.15.4. <i>La destrucción química.....</i>	17
2.2.15.5. <i>El modo de vida.....</i>	17
<b>2.2.16. Proceso de Fosilización.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....</b>	<b>18</b>

### CAPÍTULO III

#### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>22</b>
3.1.1 <b>Geográfica.....</b>	<b>22</b>
3.1.2. <b>Política.....</b>	<b>23</b>
3.1.3 <b>Accesibilidad.....</b>	<b>23</b>
<b>3.2. PROCEDIMIENTOS.....</b>	<b>25</b>

	Pág.
3.2.1. <b>Metodología</b> .....	25
3.2.2. <b>Definición de Variables</b> .....	25
3.2.3. <b>Técnicas</b> .....	26
3.2.4. <b>Instrumentos y Equipos</b> .....	27
3.3. <b>MARCO ESTRATIGRÁFICO</b> .....	28
3.3.1. <i>Unidades Estratigráfica de la Formación Inca</i> .....	28
3.3.1.1. <i>Unidades Litoestratigráficas</i> .....	28
3.3.1.1.1. <i>Estructuras Sedimentarias</i> .....	30
3.3.1.1.2. <i>Tipo de Secuencia</i> .....	40
3.3.1.2. <i>Clasificación Litoestratigráfica de la Formación Inca</i> .....	40
3.3.1.2.1. <i>Inca Inferior</i> .....	40
3.3.1.2.2. <i>Inca Medio</i> .....	42
3.3.1.2.3. <i>Inca Superior</i> .....	44
3.3.1.3. <i>Unidades Bioestratigráficas</i> .....	46
3.3.1.3.1. <i>Tipo de Ambientes sedimentarios</i> .....	46
3.4. <b>PALEONTOLOGÍA</b> .....	48
3.4.1. <b>Biozonas</b> .....	48
3.5. <b>TRATAMIENTO y ANÁLISIS</b> .....	52
3.5.1. <b>Elaboración de Columna estratigráfica</b> .....	52

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. <b>Registro de fósiles de la Formación Inca</b> .....	53
4.2. <b>Columna Litobioestratigráfica de la Formación Inca</b> .....	53
4.3. <b>Ambiente de formación de estructuras y texturas sedimentarias</b> .....	53
4.4. <b>Contrastación de Hipótesis</b> .....	54

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Pág.
5.1. CONCLUSIONES .....	55
5.2. RECOMENDACIONES .....	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
ANEXO N°1	
Fichas de Clasificación de Rocas.....	58
ANEXO N°2	
Ficha de clasificación de Fósiles.....	63
ANEXO N°3	
Recolección de Data.....	65
ANEXO N°4	
Data de Columna Estratigráfica.....	66
ANEXO N°5	
Planos Temáticos.....	67

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 1. Escala de Udden Wentworth.....	15
Tabla N° 2. Ubicación de la Investigación.....	22
Tabla N° 3. Accesibilidad.....	24
Tabla N° 4. Método de Investigación .....	25
Tabla N° 5. Definición de Variables.....	26

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 1. Estratos horizontales y paralelos.....	8
Figura N° 2. Principio de superposición de estratos. ....	8
Figura N°3. Principio de Sucesión Faunística .....	9
Figura N° 4. Rasgos y medidas de la estratificación .....	11
Figura N° 5. Superficies de Estratificación .....	12
Figura N° 6. Superficies de Estratificación .....	13
Figura N° 7. Tipos de asociaciones de estratos .....	14
Figura N° 8. Secuencia Elemental o de Bouma. ....	14
Figura N° 9. Diagrama de la medición de espesores .....	16
Figura N° 10. Medición de estratos por método trigonométrico.....	16

## ÍNDICE DE IMÁGENES

	Pág.
Imagen N° 1 Ubicación Geográfica de la Zona de Estudio .....	23
Imagen N° 2. Accesibilidad .....	24

## ÍNDICE DE FOTOS

	Pág.
Foto 1. Contacto entre la Formación Farrat y la Formación Inca.....	29
Foto 2. Contacto Neto entre la Formación Inca y la Formación Chúlec .....	29
Foto 3. Secuencia Cíclica de la Formación Inca.....	31
Foto 4. Estratificación sesgada en areniscas de grano fino .....	32
Foto 5. Estratificación sesgada en areniscas de grano medio .....	32
Foto 6. Estratificación sesgada en areniscas de grano grueso.....	32
Foto 7. Ripples de corriente .....	33
Foto 8. Estructura laminar oblicua en areniscas de grano medio.. ..	34
Foto 9. Estructura laminar paralela en limolitas.....	35
Foto 10. Estructura de carga en arenisca ferruginosa.....	36
Foto 11. Estructura de carga en areniscas de grano fino litoarenitas.....	36
Foto 12. Estructura nodular en el Miembro Superior de la Formación Inca.....	37
Foto 13. Estructura nodular por reemplazo de minerales de óxidos.....	37
Foto 14. Estructura flaser .....	38
Foto 15. Estructura en Cuña .....	39
Foto 16. Estructura Lenticular. ....	39
Foto 17. Secuencia directa de la Formación Inca en el Miembro Inferior.....	40
Foto 18. Secuencia directa del miembro inferior de la Formación Inca .....	41
Foto 19. Litología de areniscas y limolitas con un espesor muy bajo. ....	42
Foto 20. Secuencia directa con estructura de carga .....	42
Foto 21. Secuencia directa.....	43
Foto 22. Secuencia inversa.....	44
Foto 23. Secuencia negativa en la Formación Inca.....	44
Foto 24. Secuencia directa en limonitas y areniscas.....	45
Foto 25. Argilita en los estratos del Miembro Superior .....	46
Foto 26. Ambiente de Transición de la Formación Inca. ....	47
Foto 27. Carbón en argilita .....	48
Foto 28. Cast y marks de bivalvos en argilita .....	48
Foto 29. Bivalvos .....	49
Foto 30. Lumaquela de bivalvos en argilita.....	50
Foto 31. Casts de la clase bivalvos.....	50
Foto 32. Mark de bivalvo bentónico tipo Heterostegina depressa. ....	51
Foto 33. Biozona de bivalvos en areniscas.....	51

## ABREVIATURAS

<b>Fm.</b>	: Formación
<b>Gpo.</b>	: Grupo
<b>Ki.</b>	: Cretácico Inferior
<b>m.</b>	: metros
<b>cm.</b>	: centímetros
<b>Min.</b>	: minutos
<b>GPS.</b>	: Sistema de Posicionamiento Global
<b>NW.</b>	: Noroeste
<b>SE.</b>	: Sureste



## RESUMEN

La investigación abarca los Centros Poblados de Agomarca y Tacshana. Se realiza la caracterización litobioestratigráfica de la Formación Inca, los afloramientos se pueden apreciar en la carretera que une los Centros Poblados antes mencionados. La Formación Inca, su localidad típica está al Este de los Baños del Inca en Cajamarca, aflora a lo largo de casi toda la provincia de Cajamarca, presenta una coloración rojiza característica. Su espesor aproximado es de 150 m. e infrayace concordantemente a la Formación Chúlec y suprayace con la misma relación a la Formación Farrat. Para lo que se ha realizado la Caracterización Litobioestratigráfica de la Formación Inca. Las técnicas para el procedimiento, fue la recolección de datos, análisis documental, la observación, y la medición en campo de las rocas y fósiles. Empleando tres etapas: la primera de gabinete, donde se ha recolectado las referencias bibliográficas, la segunda etapa de campo, donde se ha identificado la toma de datos y la final de gabinete, que consiste en el procesamiento de datos. El miembro inferior de esta formación no está del todo definido por lo que se trata de un contacto gradacional, en el miembro medio, existe una intercalación de areniscas ferruginosas con estratos de gran espesor de litoarenita y limolita de coloración variada. Para el miembro superior, presenta bancos de areniscas intercaladas con litoarenitas en menor proporción y estratos de argilita, además de ello, la biozona de bivalvos, ya que estos fósiles pertenecen al Albiano (Transgresión) de una plataforma extensa cubierta por un mar de poca profundidad.

**Palabras Claves:** Caracterización Litobioestratigráfica, Texturas, Estructuras, Tipo de Secuencias, Fósiles y Formación Inca

## ABSTRACT

The investigation covers the Populated Centers of Agomarca and Tacshana. The lithobiostratigraphic characterization of the Inca Formation is carried out, the outcrops can be seen on the road that connects the aforementioned Population Centers. The Inca Formation, its typical locality is to the East of the Baños del Inca in Cajamarca, it crops out throughout almost the entire province of Cajamarca, and has a characteristic reddish color. Its approximate thickness is 150 m. and concordantly underlies the Chúlec Formation and overlies with the same relationship the Farrat Formation. For this purpose, the Sequential Lithobiostratigraphic Characterization of the Inca Formation has been carried out. The techniques for the procedure were data collection, documentary analysis, observation, and field measurement of rocks and fossils. Using three stages: the first office stage, where bibliographic references have been collected, the second field stage, where data collection has been identified, and the final office stage, which consists of data processing. The lower member of this formation is not completely defined, so it is a gradational contact; in the middle member there is an intercalation of ferruginous sandstones with powerful strata of lithoarenite and siltstone of various colors. For the upper member, it presents sandstone banks interspersed with lithosandrites in a smaller proportion and argillite strata, which in addition to the bivalve biozone, these fossils belong to the Albian (Transgression) of an extensive platform covered by a shallow sea.

**Key words:** Litho-stratigraphic characterization, Textures, Structures, Type of Sequences, Fossils and Inca Formation.

## **CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La región de Cajamarca está conformada por diferentes Formaciones Geológicas, las que históricamente pertenecen a la era geológica que va desde el Precámbrico hasta el Cenozoico, cuya litología está constituida por rocas metamórficas, sedimentarias, volcánicas y depósitos del cuaternario reciente. Las características Sedimentológicas y Estratigráficas de las diversas Formaciones Cretáceas, están relacionadas con los ambientes de sedimentación, tipos de estratos y restos Paleontológicos.

El proyecto de investigación abarca los Centros Poblados de Agomarca y Tacshana. Entre ellos aflora la Formación Inca, específicamente éste afloramiento se puede apreciar en la carretera que une los centros poblados antes mencionados. La Formación Inca su localidad típica está al Este de los Baños del Inca (estrato tipo) en Cajamarca, aflora a lo largo de casi toda la provincia, su coloración característica es rojiza. Su espesor aproximado es de 150 metros e infrayace concordantemente a la Formación Chúlec y suprayace con la misma relación a la Formación Farrat.

La Formación Inca se constituye por tres litofacies: Inca Inferior, Inca Medio e Inca Superior, conformadas por afloramientos de areniscas intercaladas con limolita, presentando estratificaciones sesgadas, por el cual se describen sus estructuras, texturas, fósiles y tipo de secuencia, las cuales modifican la topografía, ya que según estudios generales realizados (INGEMMET), la información geológica sobre ésta zona, es escasa, por lo que es necesario realizar una caracterización litobioestratigráfica detallada, tomando datos de campo pertenecientes a la formación de estudio para hacer la respectiva interpretación geológica utilizando el software AutoCAD 2022 juntamente con el ArcGIS 10.8, para luego elaborar la columna estratigráfica que sirva como base para correlaciones estratigráficas posteriores y así ampliar el conocimiento en el estudio de secuencias estratigráficas.

## **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuál es la caracterización litobioestratigráfica de la Formación Inca entre los Centros Poblados Agomarca y Tacshana?

## **HIPÓTESIS GENERAL**

La caracterización litobioestratigráfica de la Formación Inca entre los Centros Poblados Agomarca y Tacshana, tiene de tres Miembros caracterizados por la litología; el Miembro Inferior está constituido por areniscas ferruginosas con distinto tamaño de grano. El Miembro Medio está constituido por una estratificación flaser de areniscas y limolitas. Y el Miembro Superior constituido por, arenisca, limolita, litoarenita y argilitas, éste miembro está caracterizado por la presencia de nódulos. Las condiciones de depositación que presenta la Formación Inca, teniendo estructuras y texturas de ambiente silicoclástico, mayormente son la estratificación sesgada y flaser, que está en función al tiempo Cronoestratigráfico, además de ello contiene una secuencia de biofacie.

## **JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El presente proyecto de investigación aborda una Formación Geológica con escasa información previa, por lo cual se realizará una caracterización litobioestratigráfica a detalle de la Formación Inca comprendida entre los Centros Poblados Agomarca y Tacshana tomando como base la identificación de las características litobioestratigráficas e interpretación geológica de la Formación Inca; y de esta forma, realizar la columna estratigráfica a detalle para posteriores correlaciones estratigráficas necesarias y futuras investigaciones de alumnos en ésta área de estudio.

## **ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN**

El propósito de éste proyecto de investigación es brindar información a detalle de la litobioestratigrafía de la Formación Inca comprendida entre los Centros Poblados de Agomarca y Tacshana. Esta investigación, estudia, describe y obtiene datos de las características litoestratigráficas a detalle de los Centros Poblados de Agomarca y Tacshana. Las cuáles serán interpretados mediante el análisis litoestratigráfico, dando como resultado la elaboración de la columna estratigráfica.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Caracterizar la litobioestratigrafía de la Formación Inca entre los Centros Poblados Agomarca y Tacshana.

### **Específicos**

Determinar las estructuras y texturas sedimentarias.

Determinar el ambiente y tiempo geocronológico

Caracterizar los fósiles.

Elaborar la columna estratigráfica.

## **DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS DE LOS CAPÍTULOS**

Esta investigación está constituida de acuerdo al esquema de grados y títulos por cinco capítulos, que a continuación se describe cada uno de ellos. El Capítulo I corresponde a la introducción de esta investigación. En Capítulo II, donde se tiene los antecedentes internacionales, nacionales y locales, así mismo las bases teóricas como tipos de estratificación; en el Capítulo III que corresponde a materiales y métodos, se detallan los procedimientos y la metodología de la investigación, en el Capítulo IV corresponde al Análisis y discusión de resultados, en el cual se explica y se discute los resultados en función a los objetivos y en el Capítulo V corresponde a Conclusiones y Recomendaciones, donde cada objetivo tiene su respectivas conclusiones alcanzadas en la investigación; Así mismo se presenta referencias bibliográficas y anexos en la investigación al final de tesis.

## **CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO**

### **2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

#### **2.1.1 Internacionales**

**Navarro (2015)**, record of Albian to early Cenomaniano environmental perturbation in the eastern sub- equatorial Pacific. Señala que la estratigrafía secuencial es la rama de la estratigrafía que intenta subdividir el registro sedimentario en unidades genéticamente vinculadas y limitadas por superficies con significado Cronoestratigráfico.

#### **2.1.2 Nacionales**

**Benavides (1956)**, en su libro Geología de Cajamarca, tuvo como objetivo interpretar las características geológicas y estratigráficas a nivel regional del área de Cajamarca.

**Lagos; et al. (2007)**, en el XII Congreso Peruano de Geología, presentaron el trabajo de investigación acerca de Aportes al análisis de Cuencas Sedimentarias en los Alrededores de las localidades de los Baños del Inca, Cruz Blanca, Otuzco, Distrito de Cajamarca, trabajo que trata sobre el comportamiento de la Cuenca Occidental, en el proceso de relleno sedimentario desde el Barriasiano-Valanginiano (Cretáceo Inferior) hasta el Santoniano – Campaniano (Cretácico Superior).

**Tafur (1945)**, nota preliminar sobre la geología de Cajamarca. Tesis doctoral, Universidad Nacional de San Marcos, Lima. Describe las correlaciones estratigráficas y ubica en el tiempo geológico.

**Pisconte (2014)**, Con su tesis Facies Sedimentarias de la Formación Inca en relación al Eutatismo Albiano en la cuenca de Cajamarca, menciona que la Formación Inca está constituida por areniscas ferruginosas y lutitas calcáreas que indican una transgresión de ambiente continental a marino, que representa el inicio de la transgresión en el Albiano del Cretácico Inferior.

### **2.1.3 Locales**

**Fernández (2010)**, en su Tesis Profesional Estudio Sedimentológico y Estratigráfico en el Área de Cruz Blanca y Alrededores. Realiza la descripción detallada del Cretáceo Inferior.

**Reyes (1980)**, con el apoyo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), desarrollo el cartografiado geológico de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. Hojas (15-f, 15-g y 16-g), presentándolo en el Boletín N°31, con el nombre de Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba, en el describe las principales características geológicas de la zona y la caracterización de las Formaciones geológicas.

**Fernández (2015)**, su investigación de Correlación Litobioestratigráfica de la Formación Inca en los sectores Chamis, Corisorgona, Puyllucana - Cajamarca. Menciona que existe correlación entre las unidades litoestratigráficas y facies bioestratigráficas de la Formación Inca en los sectores mencionados.

## **2.2. BASES TEÓRICAS.**

El cuerpo de doctrina de la Estratigrafía se construye a partir de la aplicación de algunos principios fundamentales, cuatro de ellos emitidos en la etapa de historia común con la Geología y el quinto emitido, de manera formal, recientemente.

### **2.2.1. Principio de la horizontalidad original y continuidad lateral de los estratos**

Emitido por Steno, determina que los estratos en el momento de su depósito son horizontales y paralelos a la superficie de depósito (horizontalidad original) y que quedan delimitados por dos planos que muestran continuidad lateral. Los estudios recientes sobre la geometría de los estratos tanto en el campo como, especialmente, por técnicas del subsuelo permiten conocer excepciones a este principio en la que los estratos se disponen paralelos a las superficies de depósito, pero no necesariamente horizontales, sino con una ligera inclinación original. La aplicación de este principio ha llevado a la idea actual que considera como isócronas a las superficies de estratificación (Vera, 1994).

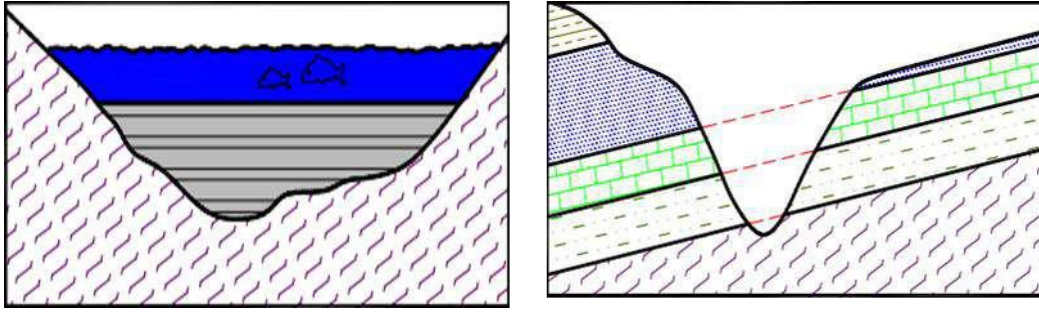


Figura N° 1. Estratos horizontales y paralelos a la superficie de depósito Imagen: Horizontalidad y/o continuidad lateral de los estratos (Vera,1994).

### 2.2.2. Principio de Superposición

Planteado por primera vez por Steno y desarrollado por Lehmann establece que en una sucesión de estratos los más bajos son los más antiguos y los más altos los más modernos. El principio es básico para la ordenación temporal de los estratos (o conjuntos de estratos) subhorizontales y se puede aplicar a los materiales estratificados en los que la deformación tectónica posterior a su depósito no implique la inversión de estratos. Existen algunas excepciones donde no se cumple el principio, siempre ligadas a discontinuidades que impliquen etapas de erosión de materiales previos, de manera que los sedimentos nuevos se depositen en cavidades excavadas en el seno de los otros. En la actualidad, este principio se usa con frecuencia, aunque apoyándose además en el uso de criterios de polaridad vertical, y constituye la base del levantamiento de secciones estratigráficas, técnica por otra parte fundamental en todo estudio estratigráfico (Vera Torres, 1994).

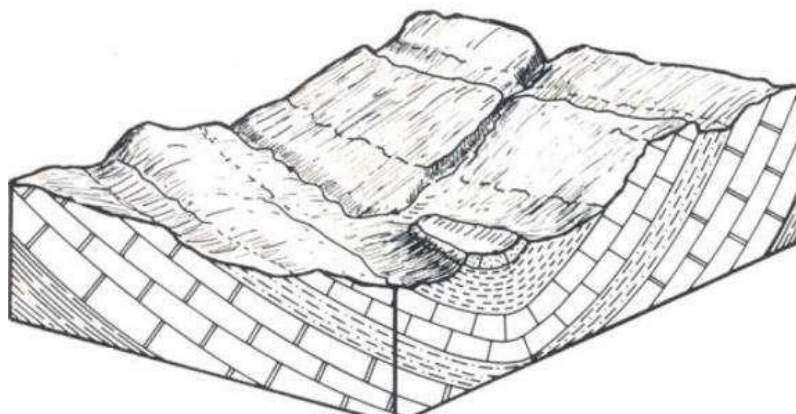


Figura N° 2. Bloque diagrama .Principio de superposición de estratos: Sucesión de estratos los más antiguos se superponen a los más jóvenes (Castro, 2013).



### 2.2.3. Principio de Uniformismo o Actualismo

Emitido por Hutton y desarrollado más ampliamente por Lyell, dice que los procesos que han tenido lugar a lo largo de la historia de la Tierra han sido uniformes (uniformismo) y semejantes a los actuales (actualismo). El desarrollo de la teoría originaria lleva a su correcta aplicación como método de trabajo con algunas ligeras correcciones. Una primera es considerar que los procesos no son totalmente uniformes, sino que han cambiado en el ritmo e intensidad, además en ellos hay un factor no repetible como es los organismos que han ido cambiando de manera lineal (no cíclica) de acuerdo con las pautas establecidas en la teoría de la evolución (Hooligan, 2015).

### 2.2.4. Principio de la Sucesión Faunística o de Correlación

Emitido por Smith, y desarrollado por Cuvier, constituye la base de la datación relativa de los materiales estratificados. Consiste en admitir que en cada intervalo de tiempo de la historia geológica (representado por un conjunto de estratos o por formación), los organismos que vivieron, y que por tanto pudieron fosilizar, fueron diferentes y no repetibles. Este principio permite establecer correlaciones (comparaciones en el tiempo) entre materiales de una misma edad de contextos geográficos muy distantes ya que muchos de los organismos tenían una extensión horizontal prácticamente mundial (Vera, 1994).

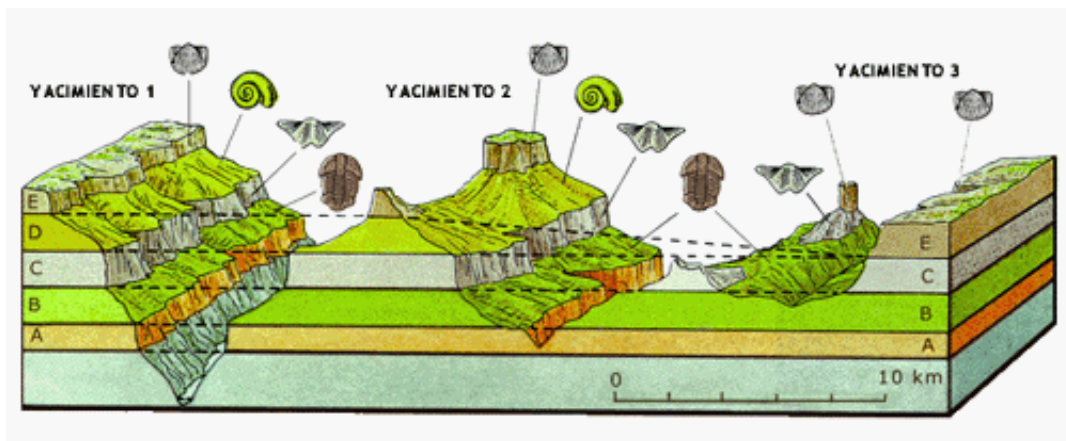


Figura N° 3 Bloque diagrama que indica el Principio de Sucesión Faunística, las capas que tienen el mismo contenido fósil son de la misma edad, aunque su litología difiera (Castro, 2013).

### **2.2.5 Principio de la Simultaneidad de Eventos**

Consiste en aceptar que en la naturaleza ocurrieron en tiempos pasados fenómenos normales como los que vemos en la actualidad, pero además otros raros y eventuales (eventos) que mayoritariamente coinciden con las grandes catástrofes. Estos eventos (p.ej. cambios climáticos, cambios del nivel de mar, cambios en el campo magnético terrestre, grandes terremotos y explosiones de volcanes) pueden quedar reflejados en los estratos de muy diferentes localidades y constituyen un excelente criterio de correlación, a veces a escala mundial (Montes, 2002).

### **2.2.6 Estratificación y Laminación**

Mientras que los primeros conceptos se refieren a los niveles de capas diferenciables en las rocas, los segundos se refieren al hecho de presentar dicho dispositivo o al propio dispositivo (Macarro, 2014).

La estratificación será, por tanto, la disposición en estratos de los sedimentos, rocas sedimentarias y algunas rocas metamórficas. Al basarse la definición en la de estrato, el término estratificación se refiere tanto al aspecto geométrico (dispositivo en capas sucesivas) como al genético (intervalos sucesivos de sedimentación).

La laminación se puede definir como “la disposición sucesiva de láminas dentro de un estrato, y ha sido frecuentemente considerada como una estructura de ordenamiento interno dentro de los estratos, distinguiéndose dos tipos fundamentales: laminación paralela y laminación cruzada, aunque existen otros tipos minoritarios (ondulada y contorsionada).

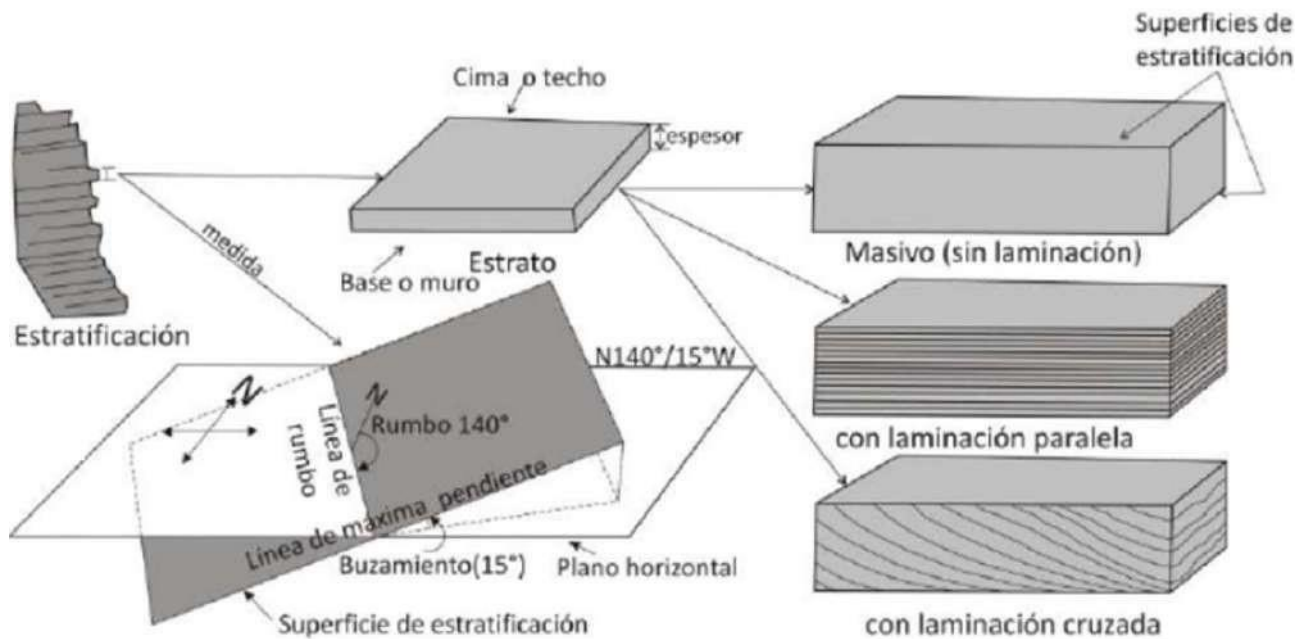


Figura N° 4. Rasgos de los estratos y medidas de la estratificación. Para un estrato concreto se marcan: el techo, el muro, el espesor, los posibles ordenamientos internos y la medida de su posición espacial (dirección y buzamiento) (Agueda, 2004).

### 2.2.7 Superficies de Estratificación

Las superficies de estratificación pueden ser netas o difusas las superficies netas en unos casos separan materiales con la misma litología encima y debajo, mientras que en otros casos separan estratos con diferente litología. Desde un tipo de vista geométrico se pueden diferenciar, con cierta facilidad, un primer tipo son las superficies planas y el segundo las superficies irregulares que muestran un carácter erosivo (Agueda, 2004).



Figura N° 5. Superficies de Estratificación (Agueda, 2004).

## 2.2.8 Tipos de Estratificación

Los criterios que pueden servir para tipificar la estratificación son diversos, aunque esencialmente se basan en dos aspectos fundamentales: la geometría de los estratos individuales y los rasgos distintivos de las asociaciones de estratos sucesivos (Hooligan, 2015).

### 2.2.9 Geometría de los Estratos

Considerando los estratos individualmente se puede establecer una clasificación de tipos geométricos a partir de la geometría del techo y del muro (Hooligan, 2015).

#### 2.2.9.1. Estratos tabulares:

Cuando las dos superficies de estratificación (techo y muro) son planas y paralelas entre sí (Hooligan, 2015).

#### 2.2.9.2. Estratos irregulares:

Con muro erosivo. Son estratos con gran extensión lateral, con un muro irregular y un techo plano, por lo que su espesor varía (Hooligan, 2015).

### 2.2.9.3. Estratos acanalados:

Con escasa extensión lateral y espesor muy variable, con una geometría interna semejante a la de la sección de un canal (Hooligan, 2015).

### 2.2.9.4. Estratos en forma de cuña:

Se trata de estratos limitados por superficies planas no paralelas entre sí, que terminan lateralmente por pérdida progresiva de espesor (Hooligan, 2015).

### 2.2.9.5. Estratos lenticulares.

Son discontinuos con el muro plano y el techo convexo. Una variante de estos son los estratos con forma biconvexa (Hooligan, 2015).

### 2.2.9.6. Estratos ondulados.

Se caracterizan por ser continuos con muro plano y techo ondulado, con estructuras de ripples de corrientes de olas (Hooligan, 2015).

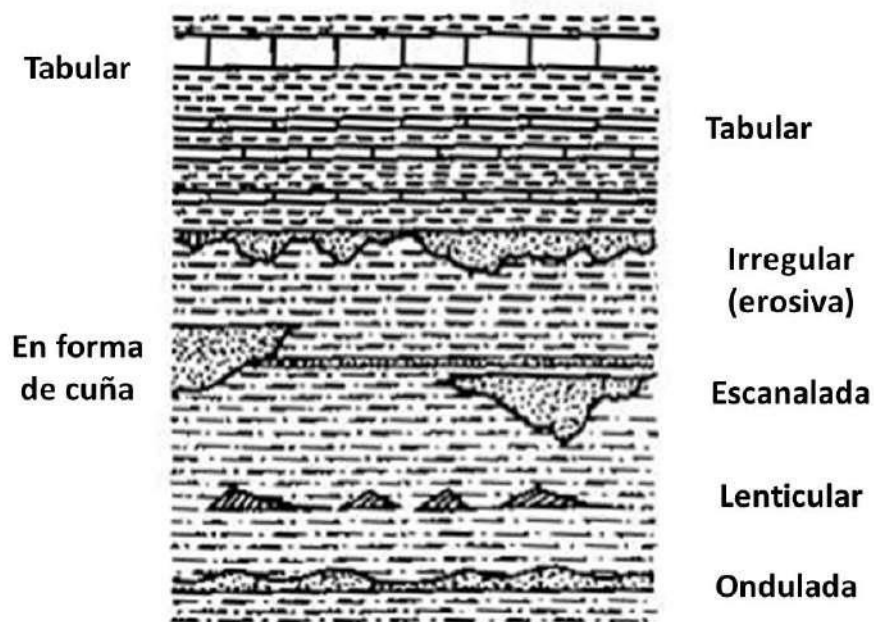


Figura N° 6. Superficies de Estratificación (Agueda, 2004).

### 2.2.10. Asociación de Estratos

Cuando se analizan conjuntos de estratos superpuestos se puede realizar diversas clasificaciones basadas en criterios que en su mayoría representan diferentes tipos

genético. Como criterio fundamental y como primer aspecto a considerar es la ordenación de espesores de los estratos individuales en los conjuntos de estratos sucesivos (Macarro, 2014).

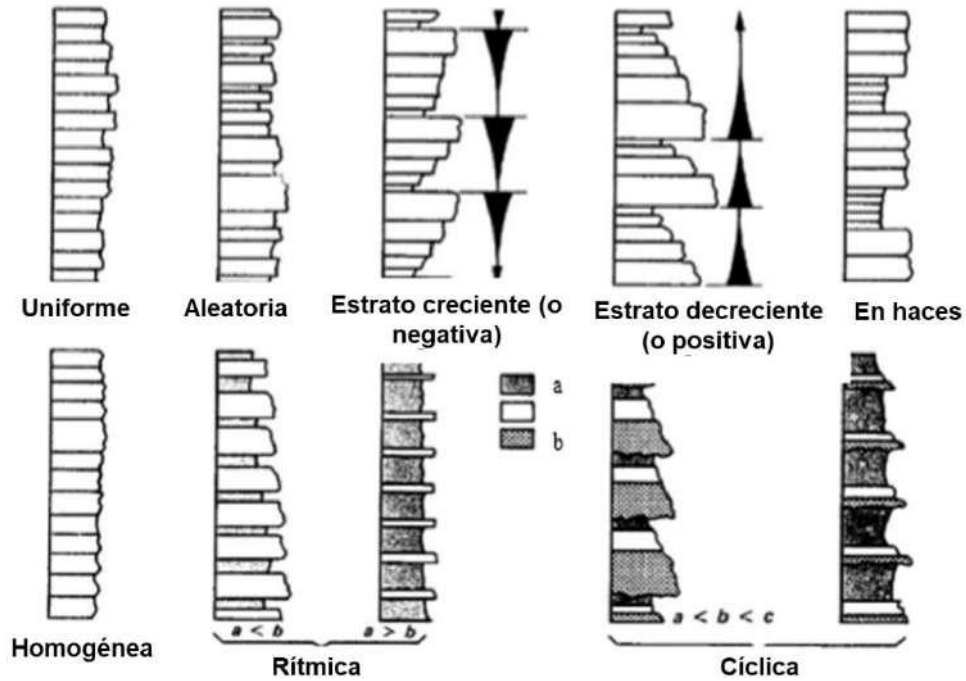


Figura N° 7. Tipos de asociaciones de estratos de acuerdo con la distribución de los espesores y de las litologías presentes. En donde a, b y c corresponden a tres tipos litológicos (Vera, 1994).

### 2.2.11. Secuencias Elemental o de Bouma

Son las sucesiones de capas o estratos, que muestran una evolución vertical en el sentido del crecimiento o decrecimiento del espesor de los bancos o tamaños de grano (Macarro, 2014).

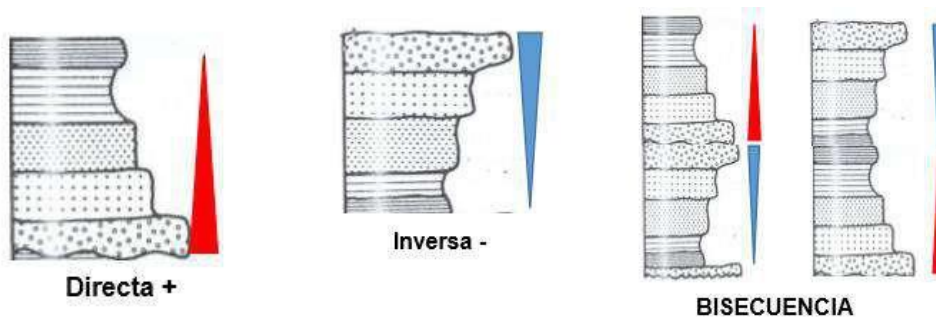


Figura N° 8. Secuencia Elemental o de Bouma: Directa, Inversa y Bisequencia (Macarro, 2014)

### 2.2.12. Escala de Wentworth

Ésta escala fue adoptada internacionalmente para la clasificación granulométrica de partículas sedimentarias (Macarro, 2014).

Tabla N° 1. Escala de Udden Wentworth.

CLASIFICACIÓN DE SEDIMENTOS			
Límites de Clases (milímetros)	Clases de Tamaño		Término de Roca
256 16 4 2	Gravas	Peñascos	Conglomerado
		Mataténas	Brecha
		Guijarros	Rudita
		Gránulos	Rocas rudáceas
1 0.05 0.25 0.125 0.0625	Arenas	Arenas muy gruesas	Arenisca
		Arenas gruesas	
		Arenas medianas	Arenita
		Arenas finas	Rocas arenáceas
		Arenas muy finas	
0.0312 0.0156 0.0078 0.0039	Limos	Limo grueso	Limonitas
		Limo medio	
		Limo fino	
		Limo muy fino	
	Arcilla	Lutita	Argilita Rocas argilácea Lodolita Rocas Lodosas Arcillolitas Arcillitas

Fuente: Modificado de Adams et. al, (1984)

### 2.2.13. Medidas de la Estratificación

A continuación se presentan dos métodos con los cuales se puede medir el espesor de los estratos, de esta manera se realiza el levantamiento de columnas estratigráficas (Montes, 2002).

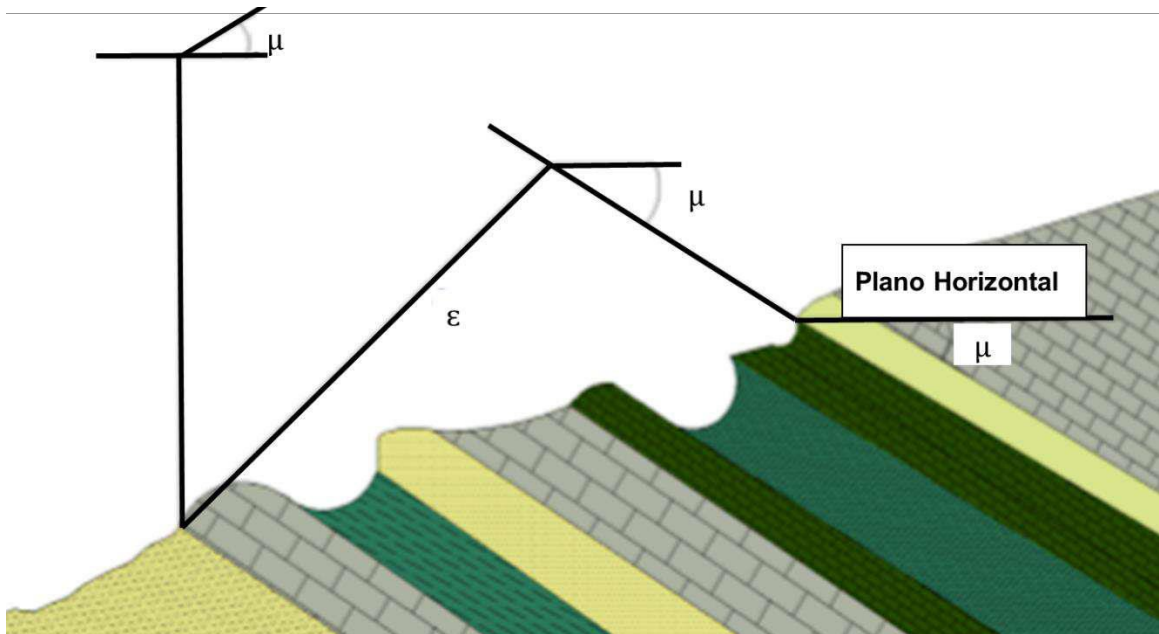


Figura N° 9. Diagrama de la medición de espesores por medio del bastón de Jacob  $\mu$ : Buzamiento real de las capas.  $\varepsilon$ : Espesor real parcial de la sucesión (Krumbein & Sloss, 2000).

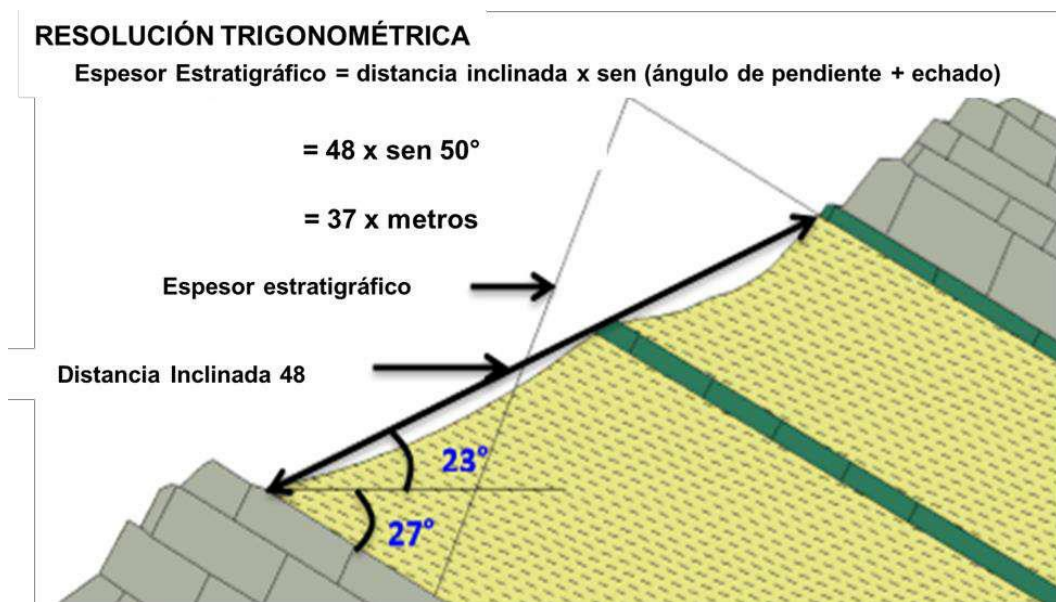


Figura N° 10. Medición de estratos basados en método trigonométrico (Krumbein & Sloss, 2000).

#### 2.2.14. Técnicas de Medición

Para la determinación del espesor de los estratos, se tiene en cuenta distancia entre los planos de estratificación limitantes, es la medida perpendicular a la dirección de estratos, en este caso se determinó por:



Medición Directa: es el caso más sencillo, una capa horizontal expuesta en una pendiente vertical, el espesor puede obtenerse sosteniendo un flexómetro (Montes, 2002).

#### **2.2.15. Factores de la Fosilización.**

Los factores que se mencionan a continuación contribuyen a la calidad del registro fósil, haciendo que sea bastante restringido. (Gama, 2005)

##### **2.2.15.1. El ambiente.**

No todos los ambientes, aun siendo sedimentarios, son propicios para la fosilización. (Gama, 2005)

##### **2.2.15.2. La destrucción biológica.**

Antes y después de ser enterrados, los restos pueden haber sido sometidos a destrucción biológica por bacterias, hongos u organismos carroñeros a los que sirven de alimento. (Gama, 2005)

##### **2.2.15.3. La destrucción mecánica.**

El transporte de los restos provoca su destrucción mecánica, desde la desarticulación de los elementos esqueléticos hasta la rotura o abrasión por corrientes por agua o aire. (Gama, 2005)

##### **2.2.15.4. La destrucción química.**

Aún después de fosilizados los restos pueden ser destruidos por disolución, dependiendo de la composición del agua que pase por corrientes o por filtración. (Gama, 2005)

##### **2.2.15.5. El modo de vida.**

Se conservan con mayor probabilidad los organismos que viven en un ambiente sedimentario (mar o lago) y los que viven enterrados o fijos al fondo de estos lugares. (Gama, 2005)

#### **2.2.16. Proceso de Fosilización.**

La fosilización según Schopf (1975) es el conjunto de cambios químicos y físicos que dan como resultado la preservación de restos que pertenecieron a algún

organismo viviente. Inmediatamente después de la muerte de un organismo se inicia la descomposición de sus partes blandas por seres vivos carroñeros como buitres, zorros, hienas, insectos, y, principalmente, por la influencia de bacterias, hongos y de la oxidación. Esto ocasiona la destrucción de dichas partes y genera gases y líquidos durante el proceso. Aunque esto ocurre aún cuando el organismo se encuentra sepultado, si éste es cubierto por sedimentos rápidamente tiene mayor posibilidad de fosilizarse. (Gama, 2005)

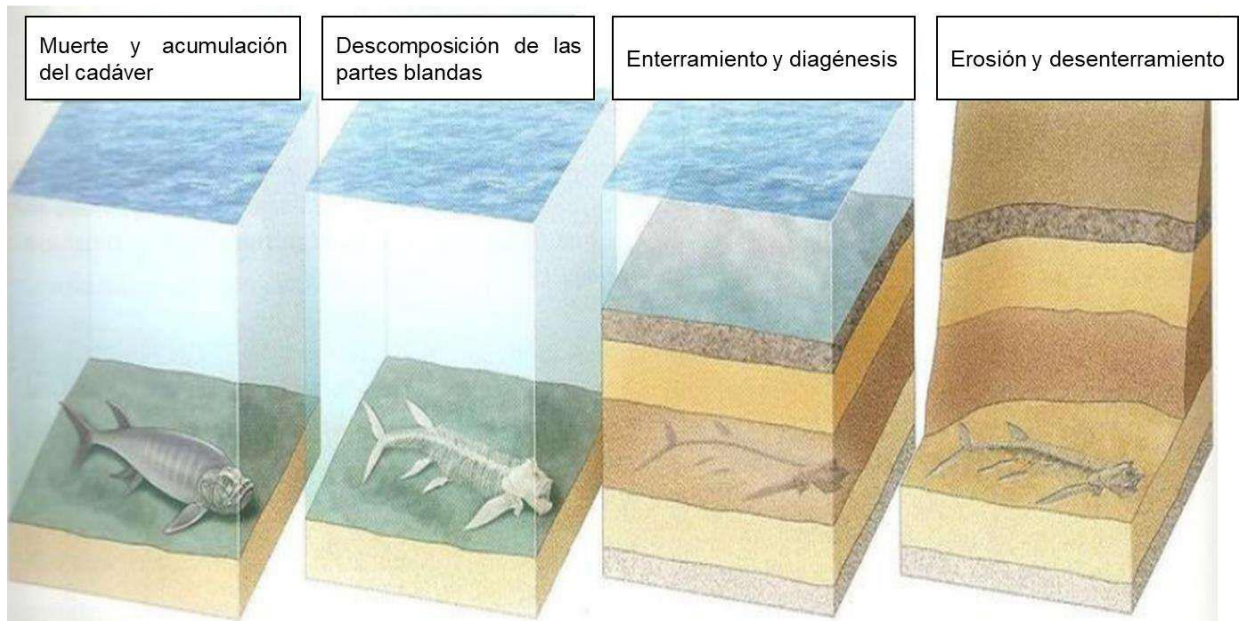


Figura N° 11. Proceso de fosilización. Fuente: expedicionaula.blogspot.com (2014).

### 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

**Litología:** Estudia a las rocas, especialmente de su tamaño de grano, del tamaño de las partículas y de sus características físicas y químicas. Incluye también su composición, su textura, tipo de transporte así como su composición mineralógica, distribución espacial y material cementante. (Macarro, 2014)

**Tipos de estratificación:** Los criterios que pueden servir para tipificar la estratificación son diversos, aunque esencialmente se basan en dos aspectos fundamentales: la geometría de los estratos individuales y los rasgos distintivos de las asociaciones de estratos sucesivos (Vera, 1994).

**Estructuras Sedimentarias:** Representan las características más destacadas de un sedimento, describen la disposición geométrica que presentan los elementos que constituyen un sedimento. Las estructuras sedimentarias dependen más de las relaciones existentes entre los agregados sedimentarios que de las relaciones que hay entre los granos, y que regulan la textura (Vera, 1994).

**Texturas Sedimentarias:** Las rocas sedimentarias pueden presentar textura clástica o textura cristalina, dependiendo de su génesis concreta (depósito mecánico de material transportado en forma de partículas sólidas, clastos o depósito por precipitación química/bioquímica de material transportado en forma iónica).

Existen rocas sedimentarias que incluyen en su composición una fracción importante de restos de organismos, tales como bivalvos, gasterópodos, corales, diatomeas. En estos casos, la textura se denomina bioclástica (Macarro, 2014).

**Textura Clástica:** Textura constituida por fragmentos (clastos) de minerales y/o rocas englobados por un material aglomerante que actúa de nexo (Macarro, 2014).

**Textura Cristalina:** Textura constituida por un mosaico de cristales minerales formados por precipitación química a partir de soluciones acuosas. Presentan esta textura las rocas sedimentarias químicas (carbonatadas y evaporíticas) (Macarro, 2014).

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

**Contactos Estratigráficos:** Las diferentes unidades litológicas están separadas por contactos, que son superficies planas o irregulares que separan diferentes tipos de roca. Los estratos superpuestos verticalmente son conformables o inconformables, dependiendo de la continuidad en la depositación. Un contacto conformable indica que no ha ocurrido distorsión o hiato en la depositación. Los estratos conformables se caracterizan por secuencias depositacionales no afectadas tectónicamente que son generalmente depositadas en orden paralelo, en las cuales los estratos se forman uno encima del otro por depositación más o menos continua bajo las mismas condiciones generales. La superficie, que separa los

estratos conformables es una conformidad, es decir, una superficie que separa estratos más jóvenes de rocas más viejas pero a lo largo de la cual no hay evidencia física de no deposición. Un hiato se define como el intervalo total de tiempo geológico representado por los estratos perdidos en una posición específica a lo largo de la superficie estratigráfica (Montes, 2002).

**Contacto abrupto:** Ocurre debido a cambios repentinos de litología. Muchos, contactos abruptos coinciden con planos de estratificación deposicional primaria que se formaron debido a cambios en las condiciones locales de deposición (Montes, 2002).

**Contactos intercalados:** Son contactos gradacionales en los cuales ocurre interestratificación de rocas de una litología particular, en otra. Mientras los estratos de un tipo de roca aumentan sucesivamente su espesor en una dirección, los otros se adelgazan (Montes, 2002).

**Inconformidad angular:** Los sedimentos más jóvenes reposan sobre la superficie de rocas más antiguas vasculadas o plegadas; las rocas más antiguas tienen buzamientos diferentes, comúnmente forman ángulos mayores que los de las rocas más jóvenes (Montes, 2002).

**Disconformidad:** Las disconformidades se reconocen por su superficie de erosión, la cual puede tener variaciones de relieve de más de decenas de metros. Las superficies de disconformidad, al igual que las inconformidades angulares se pueden marcar por zonas de suelo fósil o pueden incluir depósitos de grava (Macarro, 2014).

**Diastemas:** Son contactos los cuales están marcados por vados menores en la secuencia deposicional (Montes, 2002).

**Fósiles:** Los fósiles son restos, huellas u otros indicios de organismos que vivieron en otras épocas geológicas. Por ejemplo, son fósiles tanto los huesos de los dinosaurios como las huellas de sus pisadas sobre la arena húmeda. (Gama, 2005)

**Facies Sedimentarias:** Las facies se utilizan para denominar los aspectos litológicos y paleontológicos de una unidad estratigráfica, o para definir sus características de cada grupo de rocas. En algunos casos el término facies se ha usado con una sola acepción doctrinal, la que corresponde a un conjunto de

propiedades (carente de dimensiones) que caracterizan a unos materiales estratificados, con el mismo sentido con el que fue utilizado originariamente. En otros casos, se utiliza para denominar a un volumen de materiales caracterizados por unas propiedades (Vera, 1994).

## **CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1. UBICACIÓN**

El área de estudio de esta investigación se encuentra localizado políticamente en el distrito, provincia y región de Cajamarca al Norte del Perú; correspondiente al Cuadrángulo de San Marcos (15g) en la zona 17S.

Tabla N° 2. Ubicación de la Investigación. Sistema UTM DATUM-WGS-84

<b>VÉRTICES</b>	<b>LONGITUD</b>	<b>LATITUD</b>
1	775500	9199500
2	775500	9201560
3	778000	9201560
4	778000	9199500

#### **3.1.1 Geográfica**

El área de esta investigación se encuentra formando parte de la cordillera de los andes, ligeramente con dirección hacia el este del valle de Cajamarca, entre los centros poblados de Agomarca y Tacshana.

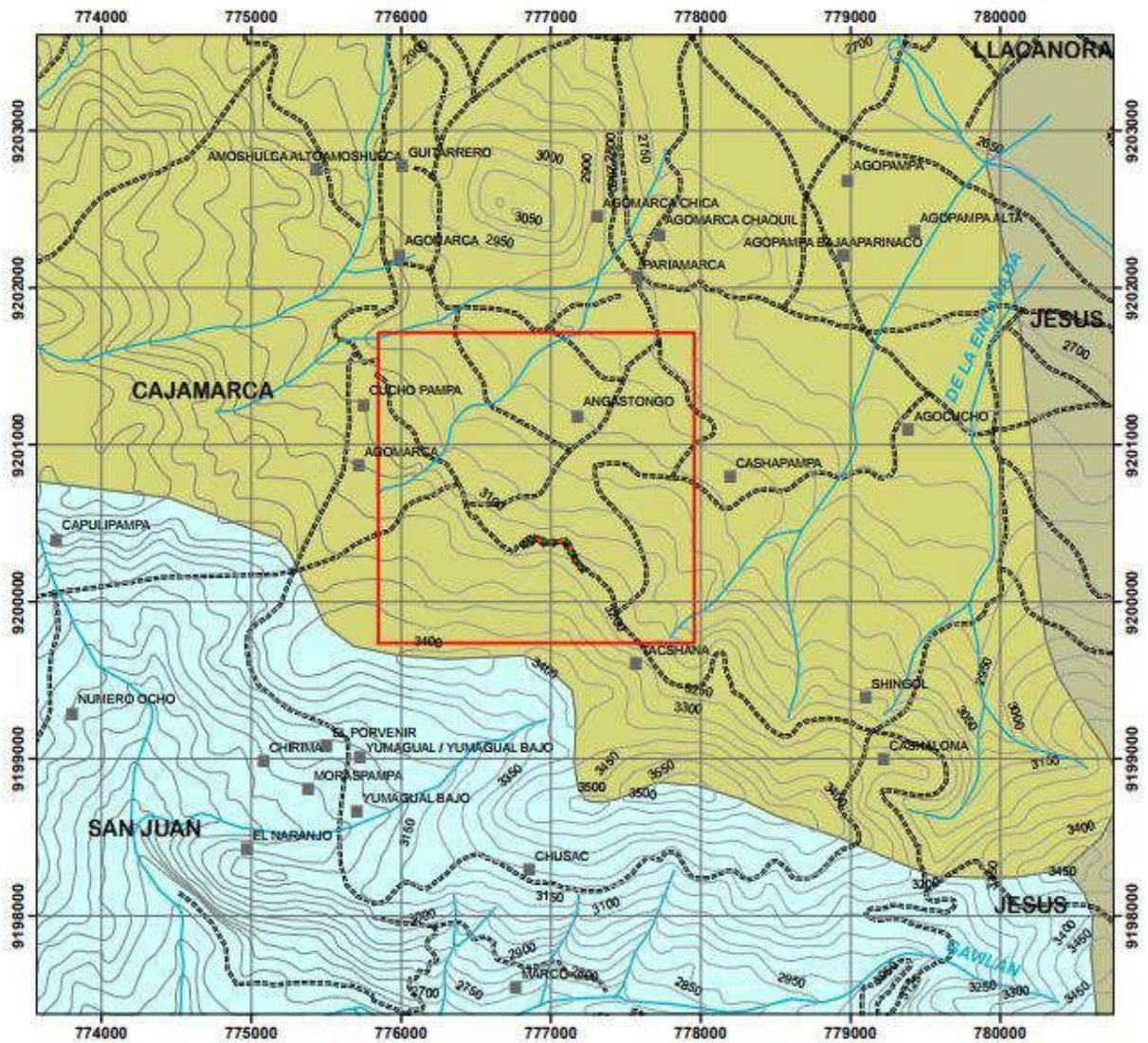


Imagen N° 1 Ubicación Geográfica la Formación Inca.

### 3.1.2. Política

La Formación Inca está ubicada en la Región, Provincia y Distrito de Cajamarca, entre los Centros Poblados de Agomarca y Tacshana.

### 3.1.3 Accesibilidad

Para llegar al área de investigación, contamos con un solo acceso por la vía Cajamarca–San Juan (asfaltada) a unos 40 minutos, hasta llegar la zona de estudio.

En las progresivas: Km166+365 – Km167+114

Tabla N° 3 Accesibilidad

RUTA	DISTANCIA	ESTADO	TIEMPO
Cajamarca- Agomarca	20 kilómetros	Asfaltada	40 minutos

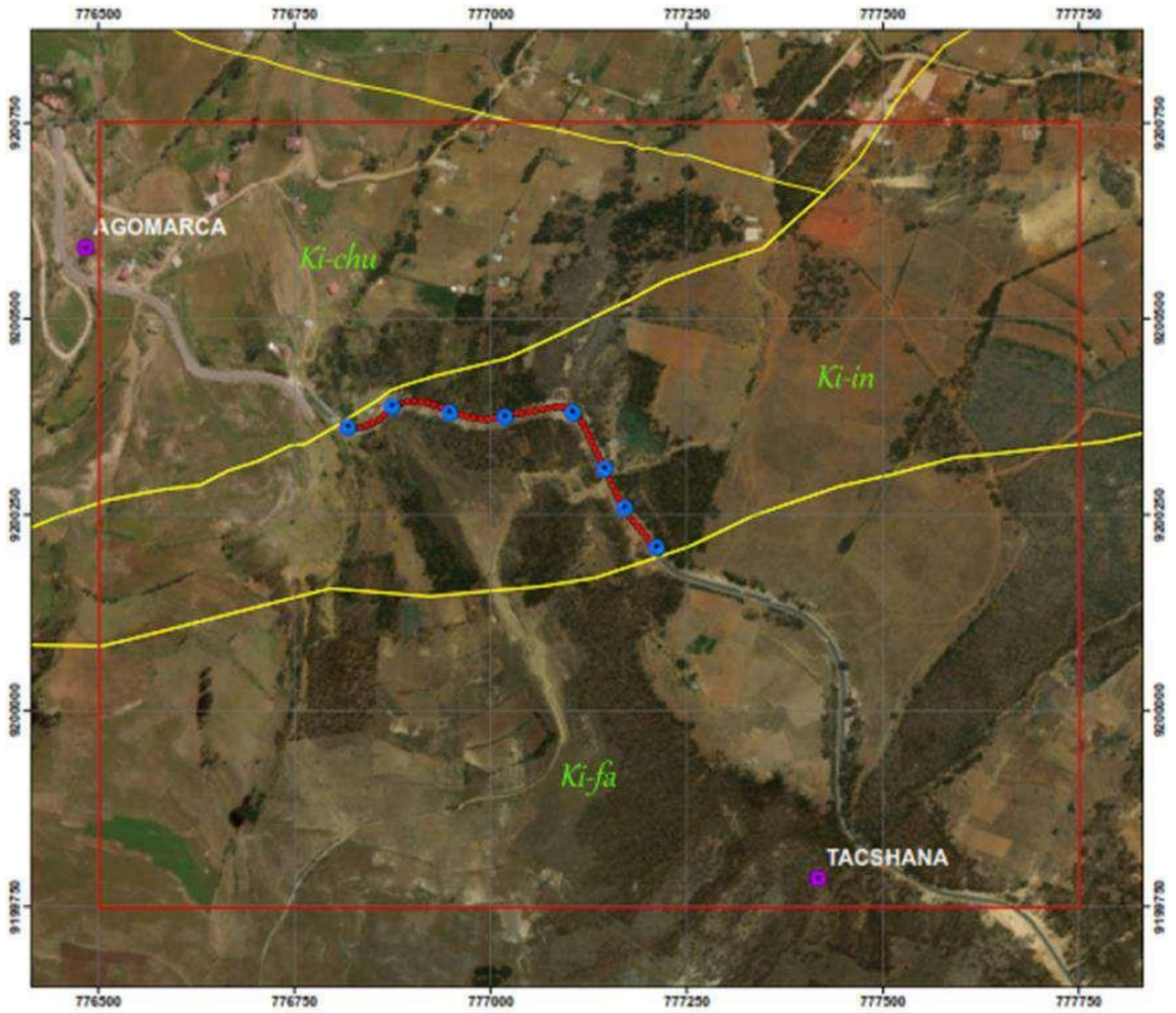


Imagen N° 2. Accesibilidad para la Fm. Inca entre los Centros Poblados Agomarca y Tacshana



## 3.2. PROCEDIMIENTOS

### 3.2.1. Metodología

#### 3.2.1.1 Tipo, Nivel, Diseño y Método de Investigación

El tema de investigación es de tipo descriptivo- explicativo, debido a que se va analizar y describir tomando criterios litoestratigráficos y sedimentológicos la Formación Inca entre los Centros Poblados Agomarca y Tacshana, para poder así elaborar la estratigrafía secuencial y generar las correlaciones estratigráficas.

Tabla N° 4. Método de Investigación

CRITERIO	METODOLOGÍA
Tipo	Descriptivo
Nivel	Explicativo
Diseño	No experimental – correlacional, de corte transversal
Método	Observacional– inductivo

Fuente: Mojica, (2014)

#### 3.2.1.2. Población de estudio

Los afloramientos de la Formación Inca entre los Centros Poblados Agomarca y Tacshana.

#### 3.2.1.3. Muestra

La litología, condiciones de depositación y ambientes sedimentarios.

#### 3.2.1.4. Unidad de análisis

Las características litobioestratigráficas, petrográficas, biofacies, textura, estructura y tiempo cronoestratigráfico.

### 3.2.2. Definición de Variables

Para la investigación se han identificado las variables independientes y dependientes las cuales se plasman en la Tabla N°5.

Tabla N° 5. Definición de Variables

<b>Variables Independientes</b>	<b>Variables Dependientes</b>
Litología	Litobioestratigrafía
Textura y estructura	
Ambientes Sedimentarios	
Paleontología	
Tiempo cronológico	

### **3.2.3. Técnicas**

Las técnicas que se emplearán para la recolección de datos serán el análisis documental, la observación, y la medición en campo de las rocas y fósiles que afloren. Cabe señalar que para realizar la investigación, se empleará tres etapas: la primera de Pre Campo, donde se recolectará las referencias bibliográficas, la segunda etapa In Situ, donde se hará la toma de datos y la final de Post Campo, que consiste en el procesamiento de datos.

#### **3.2.3.1. Etapa Pre Campo**

En ésta etapa se procedió a la recopilación literaria, mediante la revisión de libros de petrología sedimentaria, sedimentología y estratigrafía, Boletín N° 31, imágenes satelitales, planos topográficos, planos geológicos y la revisión de informes anteriores realizados en la zona; además del planeamiento en gabinete para lo cual se elaboran los planos de trabajo referentes a la zona.

#### **3.2.3.2. Etapa In Situ**

Se recurrió al reconocimiento del área de estudio y la toma de datos litobioestratigráficas, tomando como base las características del afloramiento de rocas sedimentarias según su composición mineralógica; además se realiza la identificación de estructuras sedimentarias y geológicas como fallas, fracturas, diaclasas, entre otros.

#### **3.2.3.3. Etapa Post Campo**

En esta etapa se procesaron e interpretaron los datos obtenidos en la etapa de campo; así como también, se realiza el informe y la elaboración del perfil y columna estratigráfica.

### 3.2.4. Instrumentos y Equipos

- 3.2.4.1. **Lápiz rayador con punta de tungsteno:** Para determinar la dureza de la roca
- 3.2.4.2. **Ácido Clorhídrico diluido al 10%:** Determina el contenido de Carbonatos
- 3.2.4.3. **Libreta de Campo:** Se plasman los datos tomados en campo.
- 3.2.4.4. **Picota:** Se emplea en la toma de muestras.
- 3.2.4.5. **Lupa de 30 aumentos:** Para identificar pequeños minerales
- 3.2.4.6. **Colores:** Para diferenciar las litologías de cada formación geológica.
- 3.2.4.7. **Brújula tipo Brunton:** Utilizada para medir orientación (rumbos y buzamientos) de los estratos y discontinuidades.
- 3.2.4.8. **GPS Garmin:** Para la ubicación espacial de las estaciones y puntos de muestreo.
- 3.2.4.9. **Cámara Fotográfica:** Para la toma de fotografías de estaciones y estructuras estratigráficas
- 3.2.4.10. **Carta Geológica del cuadrángulo de San Marcos (15g)**
- 3.2.4.11. **Herramientas de Software: Google Earth, ArcGIS, AutoCAD, SAS Planet, Globbal Mapper.** Para realizar los planos de la Formación Inca.
- 3.2.4.12. **Los instrumentos:** Estarán constituidos por fichas y formatos como: ficha para descripción de litología, formato para Rocas Sedimentarias Silicoclásticas.
- 3.2.4.13. **Wincha o flexómetro:** Para medir el espesor de cada estrato litológico.

### **3.3. MARCO ESTRATIGRÁFICO LOCAL**

#### **3.3.1. Unidades Estratigráfica de la Formación Inca**

La litología característica de la Formación Inca ubicada entre los Centro Poblados Tacshana y Agomarca, se compone de una secuencia clástica de areniscas ferruginosas, con laminaciones oblicuas y sesgadas; litoarenitas, limolitas oscuras y argilitas, con presencia de biozonas de bivalvos. Estos depósitos están interpretados como característicos de facies de transgresión, sometidos a la influencia de aportes detríticos importantes.

##### **3.3.1.1. Unidades Litoestratigráficas.**

Los afloramientos de la Formación Inca, contienen bivalvos lamelibranquios, por lo que Benavides (1956) asignó la edad Albiano inferior. La Formación Inca, representa el inicio de la trasgresión marina del Albiano que representó una plataforma extensa cubierta por un mar poco profundo (Robert, 2002).

La coloración rojiza de esta formación se debe a la trasgresión que tuvo lugar durante el Albiano, y a las condiciones oxidantes de un ambiente aumentado significativamente en el contenido de hierro.

Edad: Aptiano Superior – Albiano Inferior.

Ambiente: Representa a la cuenca occidental, caracterizada entonces por un mar de poca profundidad con corrientes turbulentas y bien oxigenado.

Litología: Areniscas ferruginosas, limolitas, litoarenitas y argilitas, de tonalidades amarillentas y rojizas.

Espesor promedio: 150m

La estratificación en el piso presenta un contacto difuso con la Formación Farrat y está formada por la intercalación de areniscas de grano grueso a medio con limolitas de color oscuro.



Foto 1. Contacto entre la Formación Farrat y la Formación Inca.

Coordenadas:

N: 9200344, E: 776806, Cota: 3146m.



Foto 2. Contacto Neto entre la Formación Inca y la Formación Chulec

Coordenadas:

N: 9200350, E: 776773, Cota: 3150m.

Según las características de la estratificación podemos ordenar los estratos de acuerdo a la litología que presente; en la Formación Inca fue posible identificar la existencia de asociación de estratos de forma rítmica; denominada así por la repetición de litologías como arenisca y limolita y asociación cíclica por presentar más de dos litologías. Rumbo: N47°W - Buzamiento: 36°SE.

Coordenadas: E: 776770, N: 9200351, Cota: 3148 msnm

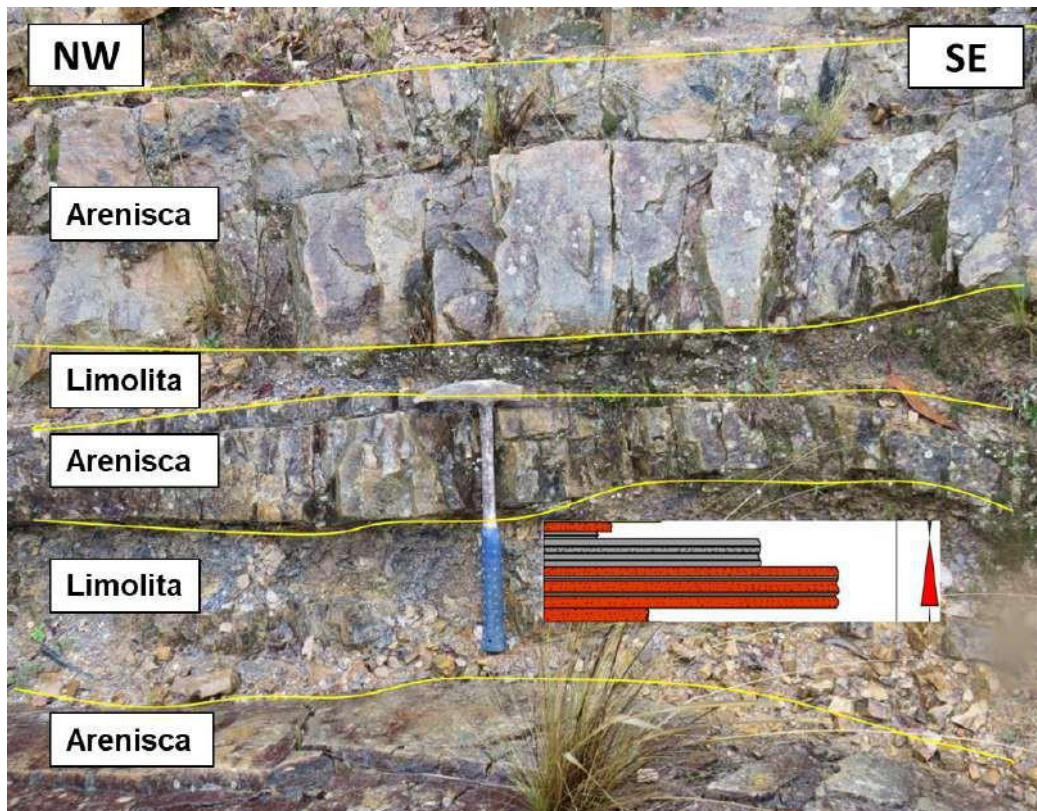


Foto 3. Secuencia Cíclica de la Formación Inca

### 3.3.1.1.1. Estructuras Sedimentarias

#### Estructura Sesgada

Es una propiedad común y muy conocida de muchos sedimentos granulares. Dado que es un rasgo para determinar la dirección de las corrientes, y sirve también para determinar el techo y base de los estratos verticales o volcados. Los atributos importantes de esta estructura son: su escala y su variabilidad tanto en inclinación como en dirección. Según sea la forma de las láminas y su relación mutua pueden llegar a diferenciarse abundantes tipos de estratificación sesgada.

Una forma especial de estratificación de la Formación Inca es la estratificación sesgada debido a que se presenta en sus tres miembros, este tipo de estructura, la cual es característica de dicha formación. Coordenas: N: 9200395, E: 776880, Cota: 3145m.

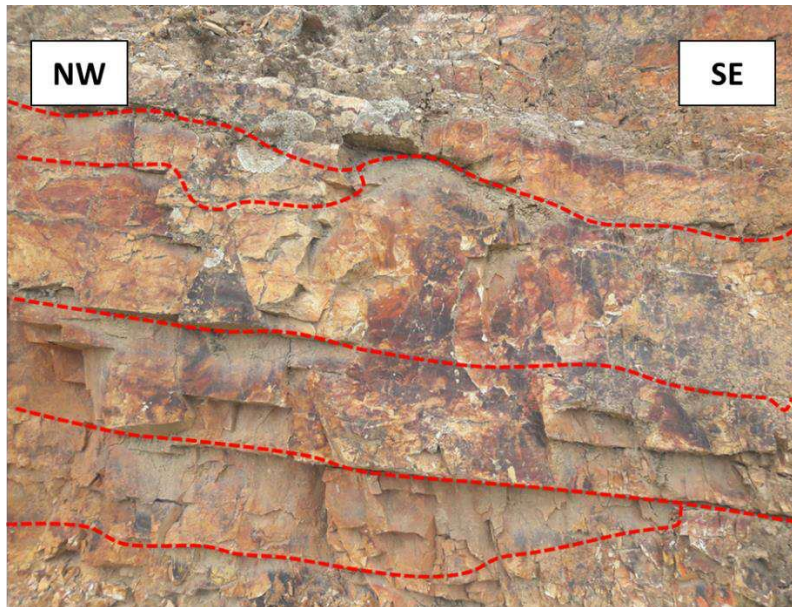


Foto 4. Estratificación sesgada correspondiente al miembro inferior de la Fm. Inca, en bancos de areniscas de grano fino a grano medio.

Estratificación sesgada en areniscas de grano medio intercaladas con limolitas de coloración. Este tipo de estratificación sesgada correspondiente al miembro medio de la Formación Inca

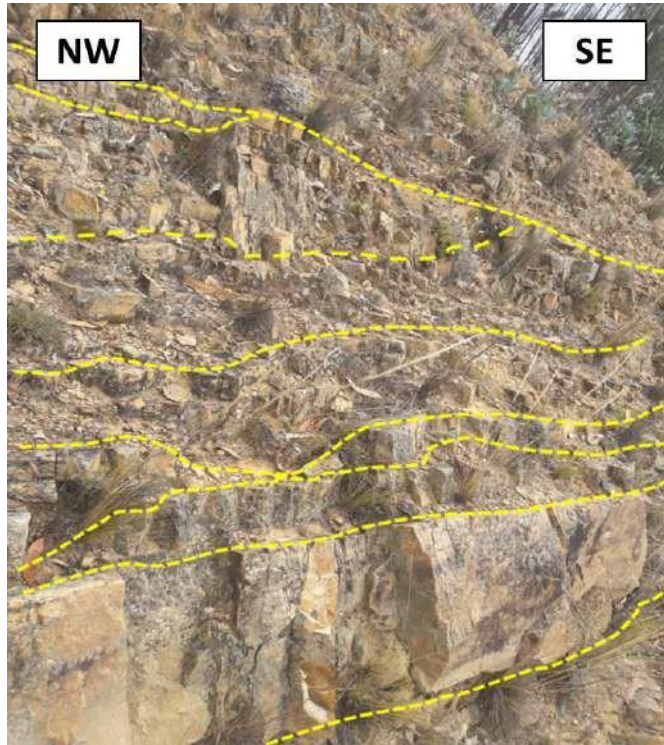


Foto 5. Estratificación sesgada en areniscas de grano medio

Estratificación sesgada en areniscas de grano medio, areniscas de grano grueso y areniscas de grano muy grueso. Esta estructura corresponde al miembro Medio de la Formación Inca.

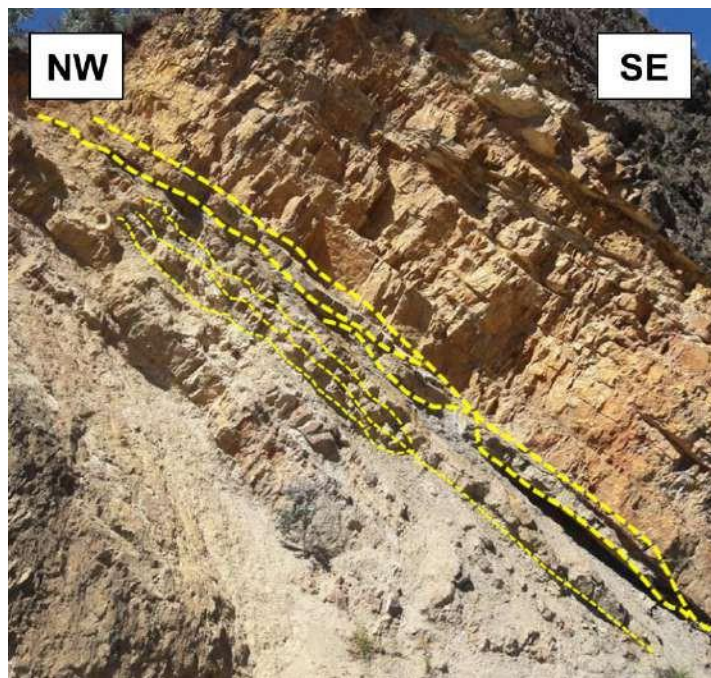


Foto 6. Estratificación sesgada en areniscas de grano medio, areniscas de grano grueso y areniscas de grano muy grueso



## Ripples

En el Miembro Inferior y Miembro Medio de la Formación Inca, se nota la existencia de una estructura sedimentaria del tipo sin-depositacionales denominados ripples, que se han formado por la acción de una corriente de agua sobre un sustrato de arena suelta. Rumbo: N41°W - Buzamiento: 47°SW

La Formación Inca presentar ripples de corriente, debido a que han sido producidos por una corriente o flujo unidireccional. Se determina porque sus crestas y sus valles se alinean paralelo a la estratificación y a la dirección perpendicular a la que poseía la corriente que los originó. Coordenadas: N: 9200315, E: 777398, Cota: 3200m.

Ripples de corriente en arenisca ferruginosa de grano fino, donde se puede apreciar sus crestas alineándose paralelo a la estratificación. Esta estructura se encuentra en el Miembro Medio de la Formación Inca

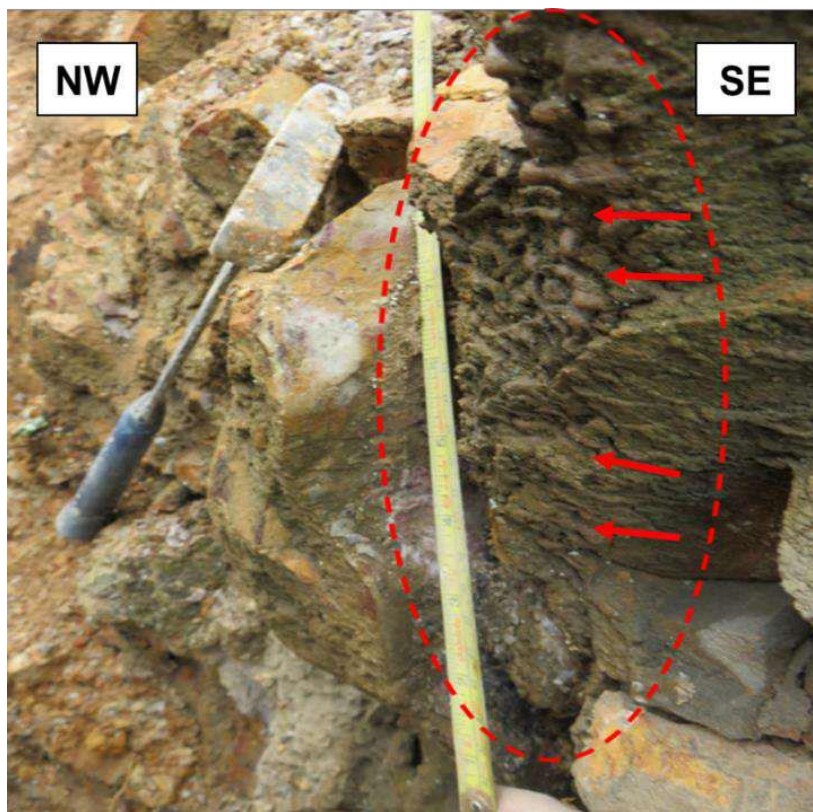


Foto 7. Ripples de corriente

## Estructura Laminar

La Formación Inca que aflora entre Tacshana y Agomarca se caracteriza por la presencia de superficies de estratificación plana y paralelas entre sí, compuestas por limolitas de gran espesor, sobre todo en el Miembro medio cuyos espesores alcanza a medir hasta 4 metros; en estas se puede apreciar la estratificación laminar, típicamente dispuesta en láminas paralelas. Además, se presenta estructura laminar oblicua en bancos de arenisca ferruginosa. Ver foto 9 y 10. Coordenadas: N: 9200396, E: 776879, Cota: 3149m. Rumbo: N30°W Buzamiento: 52°SW



Foto 8. Estructura laminar oblicua en areniscas de grano medio. Esta estructura se encuentra Miembro Inferior de la Formación Inca.

Estructura laminar paralela en limolitas, este tipo de estructura encontramos principalmente en el Miembro Medio de la Formación Inca.

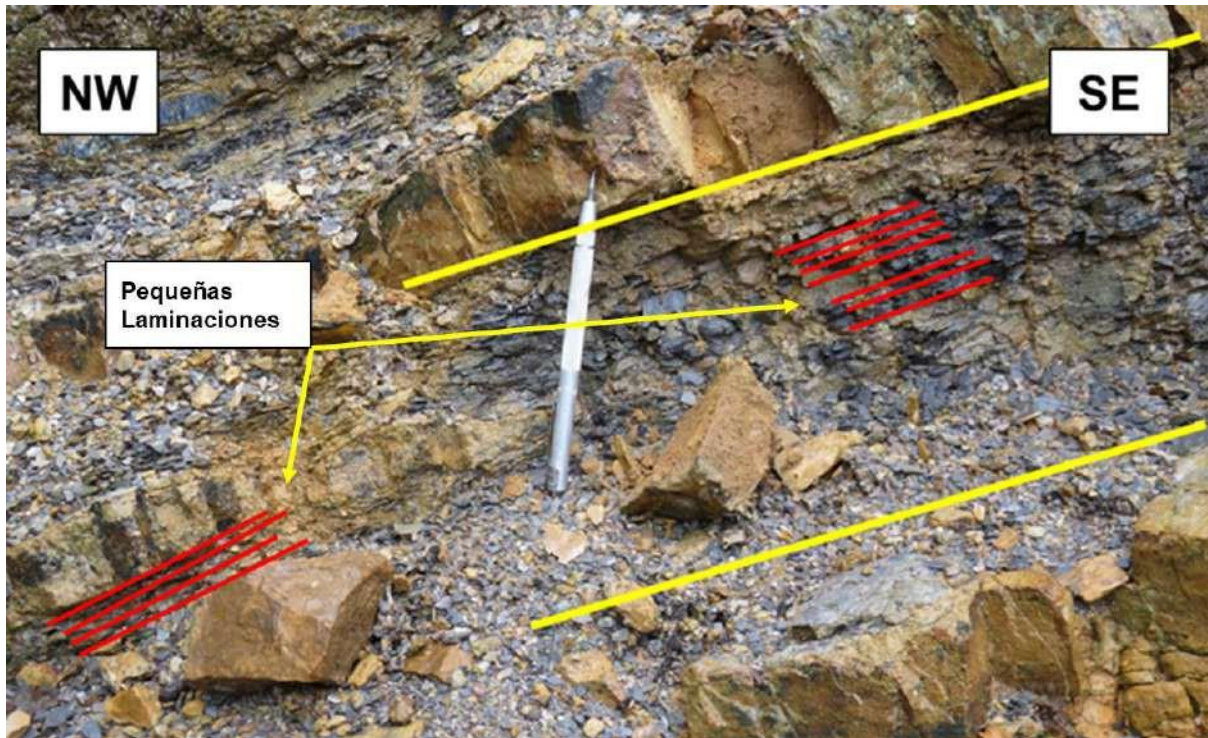


Foto 9. Estructura laminar en limolitas

### **Estructura de Carga o Load Casts**

El Miembro Medio de la Formación Inca encontramos estructuras de carga como protuberancias irregulares que sobresalen del muro del estrato, especialmente en areniscas y litoarenitas. El nivel de areniscas y litoarenitas suprayacente es más denso y duro que el nivel infrayacente, que consta principalmente de limolitas y arcillas. El tamaño de las estructuras oscila entre pocos milímetros y varios centímetros. Estas estructuras sedimentarias post – deposicionales se encuentran principalmente en el Miembro Inferior de la Formación Inca. Coordenadas: N: 9200070, E: 777434, Cota: 3169m.

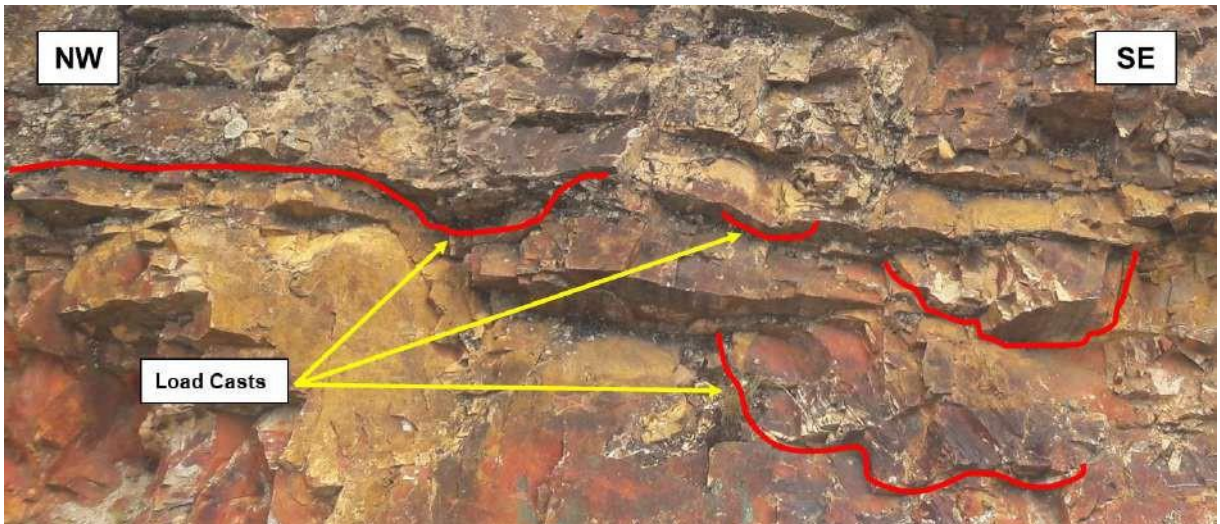


Foto 10. Estructura de carga en arenisca ferruginosa de grano fino y pequeñas intercalaciones de limolitas de coloración grisácea.

Estructura de carga en areniscas de grano fino y litoarenitas, esto se debe a que la arenisca es material más denso y duro que la litoarenita.

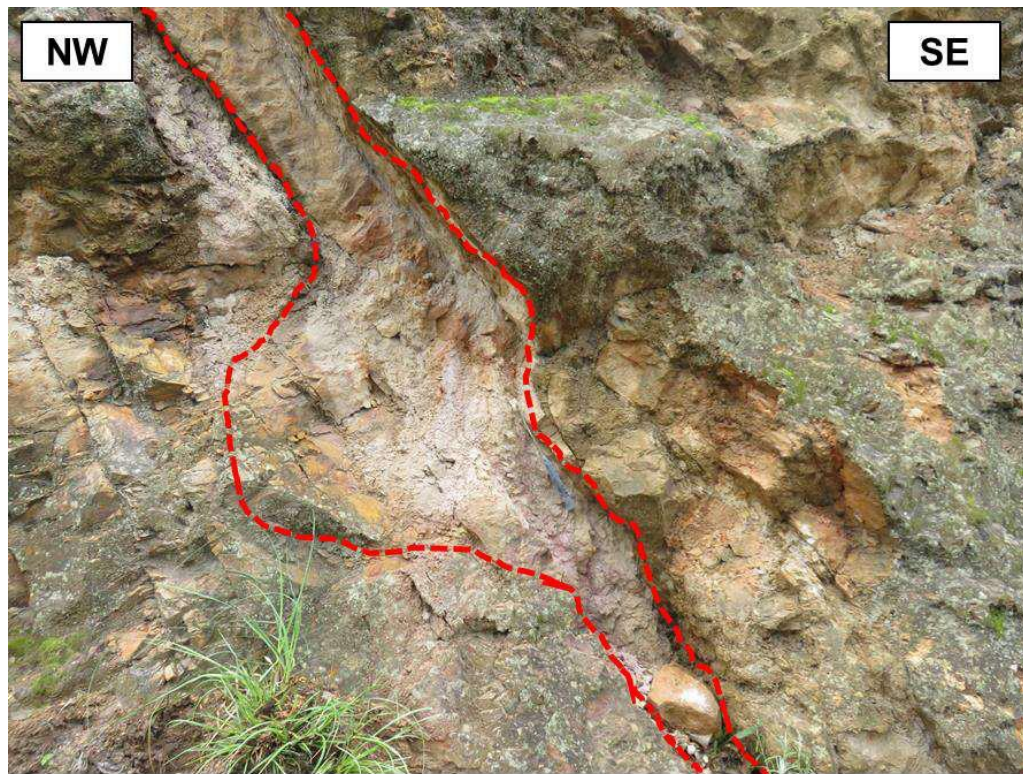


Foto 11. Estructura de carga en areniscas de grano fino litoarenitas.

## Estructura Nodular

Estas estructuras sedimentarias químicas se encuentran presente en el Miembro Medio y Superior de la Formación Inca, y se caracterizan por que son cuerpos esféricos generados por reemplazo de minerales de óxidos de hierro, como se muestra en la foto 13 y 14. Coordenadas: N:9200340, E:776802, Cota: 3139m. Rumbo: N47°W y Buzamiento: 36°SE

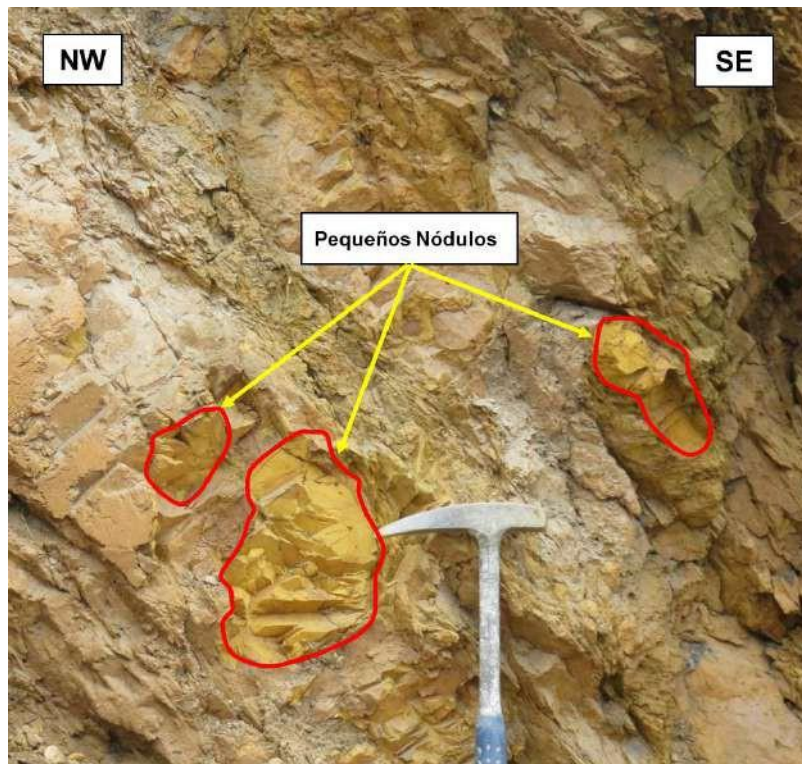


Foto 12. Estructura nodular en el Miembro Superior de la Formación Inca



Foto 13. Estructura nodular generados por reemplazo de minerales de óxido de hierro, se presenta de manera irregular.

## Estructura Flaser

La estructura flaser es un ordenamiento interno y se caracteriza por tener pequeñas intercalaciones cíclicas, tal y como contiene la intercalación de limolita con arenisca pertenecientes al Miembro Superior de la Formación Inca como se aprecia en la Foto 15 en A y B. Coordenadas: N: 9200402, E:777064, Cota: 3171m. Rumbo: N50°W y Buzamiento: 41°SE

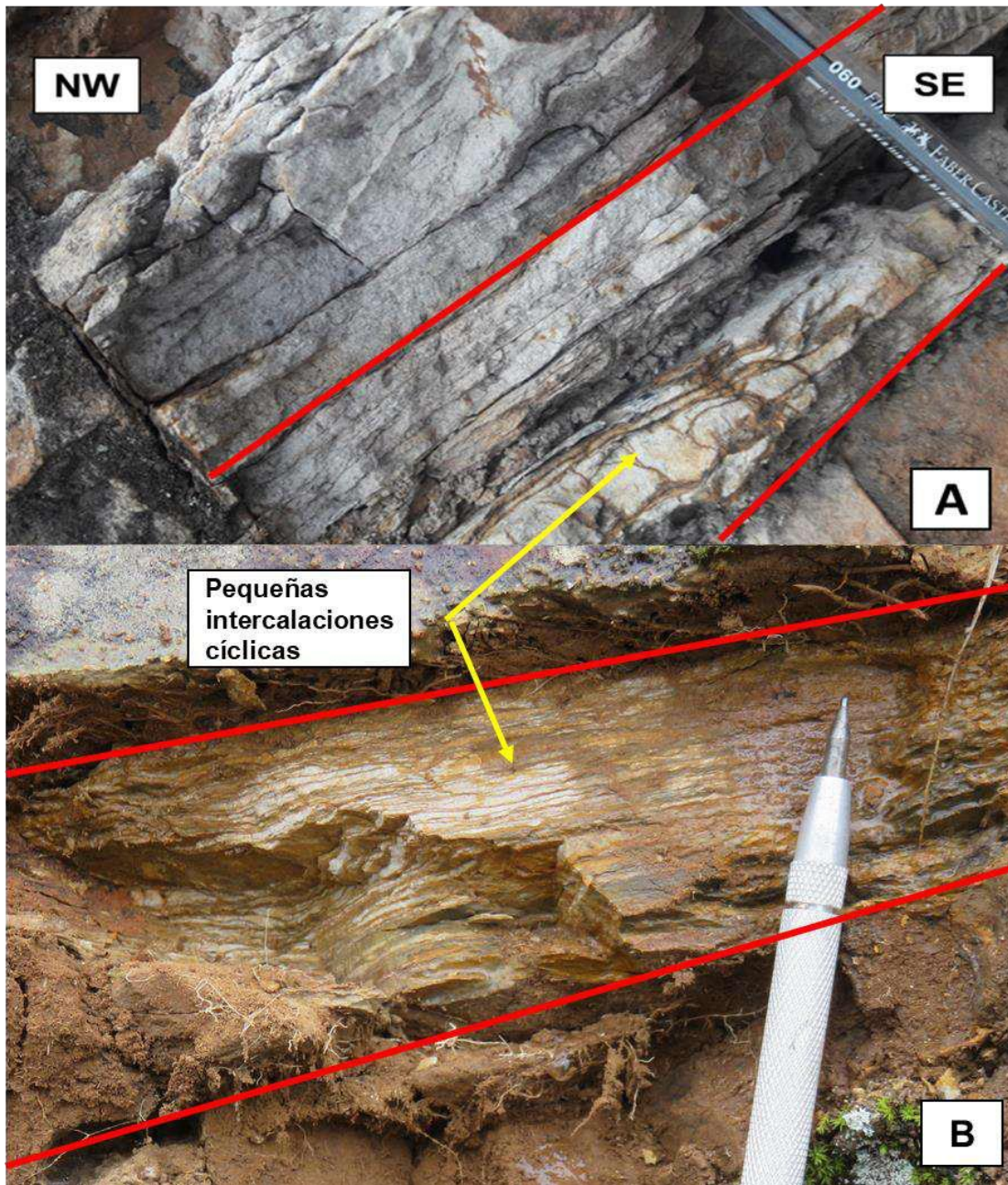


Foto 14. Estructura flaser

Esta estructura nos indica que la Formación Inca es de un ambiente de transición marina.

### Estructura en Cuña

Esta estructura presenta superficies planas que no son paralelas, que terminan lateralmente por pérdida de espesor o por distinta dirección estructural. Esta estructura se ubica en el Miembro Medio y Superior de la Formación Inca, como se aprecia en la foto 15. Coordenadas: N: 9200395, E: 776882, Cota: 3146m.



Foto 15. Estructura en Cuña

### Estructura Lenticular

La estructura lenticular se produce también por un ordenamiento interno de pequeños cuerpos discontinuos. Esta estructura se ubica en areniscas de grano fino en el Miembro Medio de la Formación Inca. Coordenadas: N: 9200387, E: 776875, Cota: 3153m.



Foto 16. Estructura Lenticular.

### 3.3.1.1.2. Tipo de Secuencia

La elaboración de la columna estratigráfica se ha realizado de acuerdo al espesor de sus estratos.

Estrato creciente: Esta secuencia también se le conoce como secuencia negativa. En este tipo de secuencias, los estratos tienden a aumentar de espesor cuanto más se acercan a la superficie.

Estrato decreciente: Esta secuencia también se le conoce como secuencia positiva. En contraposición con lo anterior, aquí los estratos a disminuir de espesor cuanto más se acercan a la superficie.

### 3.3.1.2. Clasificación Litoestratigráfica de la Formación Inca

La Formación Inca de acuerdo a su clasificación litoestratigráfica se diferencia en tres miembros: inferior, medio y superior; En la zona de Tacshana y Agomarca se puede diferenciar el tipo de secuencia estratigráfica en los tres miembros, los cuales se describen a continuación.

#### 3.3.1.2.1. Miembro inferior

Esta secuencia se caracteriza por tener estratos decrecientes que van de 1.70 m en la base, 1.5 m en la parte media y 1.15 m en la parte superior, es por eso se considera una secuencia positiva. Con respecto al tamaño de los granos componentes, estos van desde arenisca de grano muy fino, fino, medio hasta grueso respectivamente



Foto 17. Se muestra una secuencia directa que presenta la Formación Inca en el Miembro Inferior, pues se aprecia claramente como los estratos disminuyen a medida que estos ascienden.



Esta secuencia se encuentra en el miembro inferior; presenta estratos decrecientes que van desde 63 cm en su base, 40 cm en la parte media y 8 cm en los estratos de la parte superior. Para describir la granulometría de estos estratos, estos en su base presentan un grano fino, en la parte intermedia presenta un grano que está en el rango de fino a medio, mientras que en los estratos de la parte superior, sus granos son de mayor dimensión, es decir, son gruesos.



Foto 18. Secuencia directa – Miembro Inferior de la Formación Inca

Esta secuencia de la misma manera que la anterior se encuentra en el miembro inferior, en donde sus estratos van de mayor espesor a menor espesor; presentando en la base una medida de 25 cm de arenisca de grano fino y en la parte superior sus estratos tienen un espesor de 2 cm como se muestra en la foto

19.



Foto 19. Litológicamente en esta secuencia se encuentra desde areniscas en la base, hasta limolitas con un espesor muy bajo.

### 3.3.1.2.2. Miembro Medio

El miembro medio de esta formación se caracteriza por tener estratos decrecientes que van de 70 cm en la base, 37 cm en la parte media y 10 cm en la parte superior, es por eso se considera una secuencia positiva. Con respecto al tamaño de los granos componentes, en su base, estos van desde arenisca de grano fino a medio, mientras que en la parte superior el grano es fino.

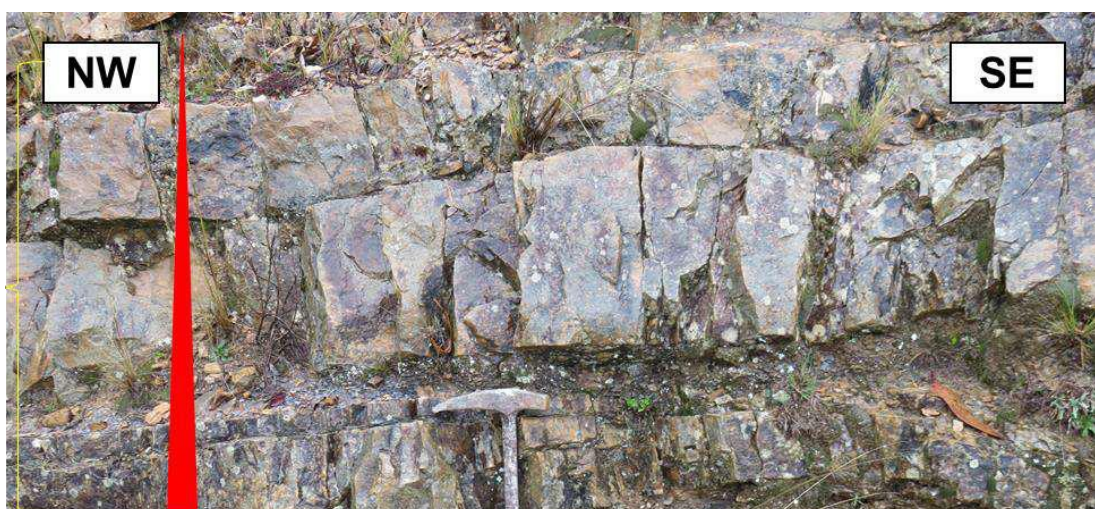


Foto 20. Secuencia directa - miembro Intermedio de la Fm. Inca, en el cual a su vez se observa estructuras de carga

Esta secuencia se caracteriza por tener estratos decrecientes que van de 80 cm en la base y 30 cm en la parte superior, es por eso se considera una secuencia positiva (directa). Con respecto al tamaño de los granos componentes, estos van desde arenisca de grano muy fino, litoarenita, y nuevamente arenisca de grano muy fino como se aprecia en la foto 21.

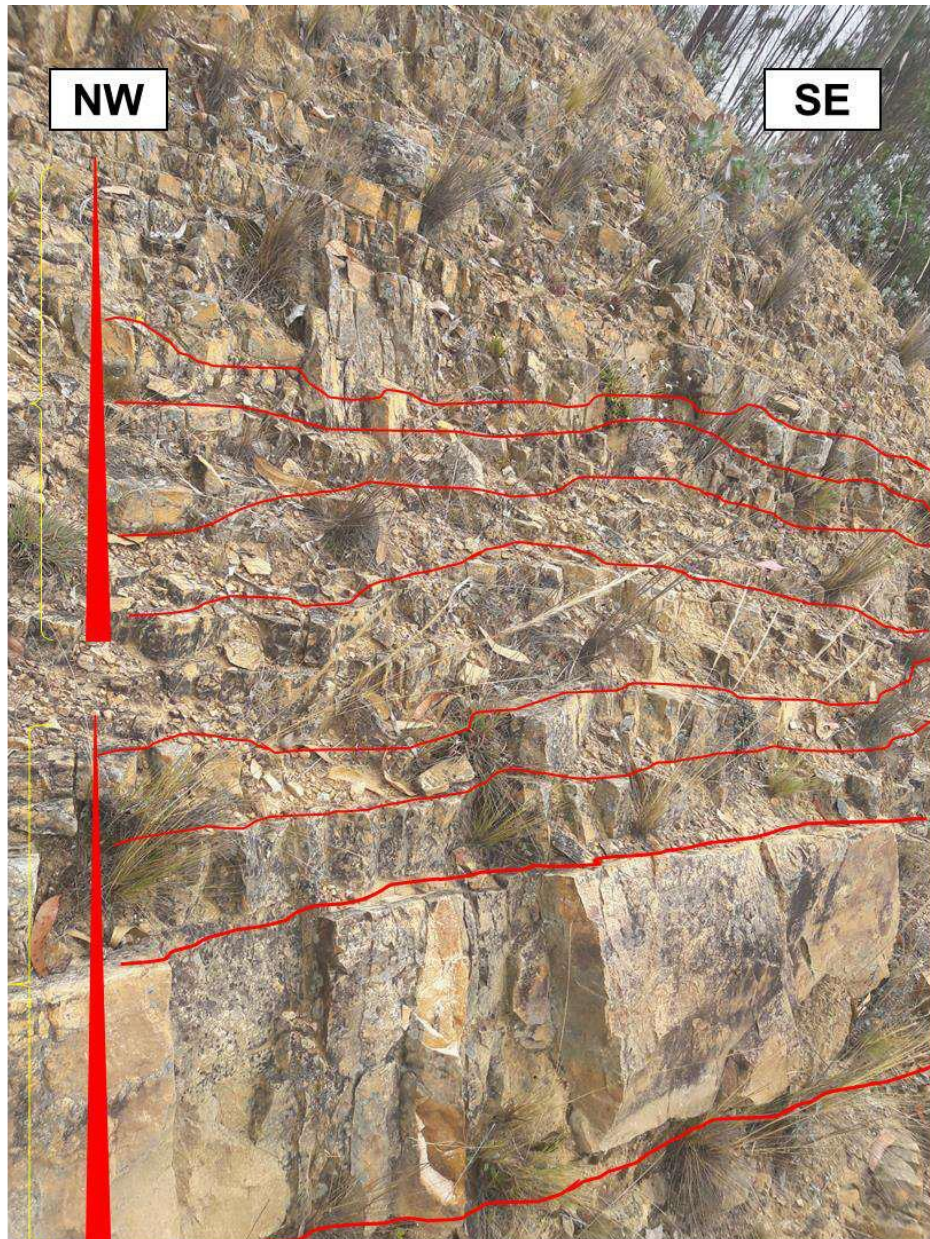


Foto 21. Secuencia directa (Positiva)

Esta secuencia negativa se caracteriza por tener estratos que van de 1.50m en la base y 4.30 m en la parte superior, es por eso se considera una secuencia negativa. Con respecto al tamaño de los granos componentes, estos van desde arenisca de grano muy fino, fino, medio hasta grueso respectivamente, como se muestra en la foto 22.



Foto 22. Secuencia Inversa (Negativa)

### 3.3.1.2.3. Miembro superior

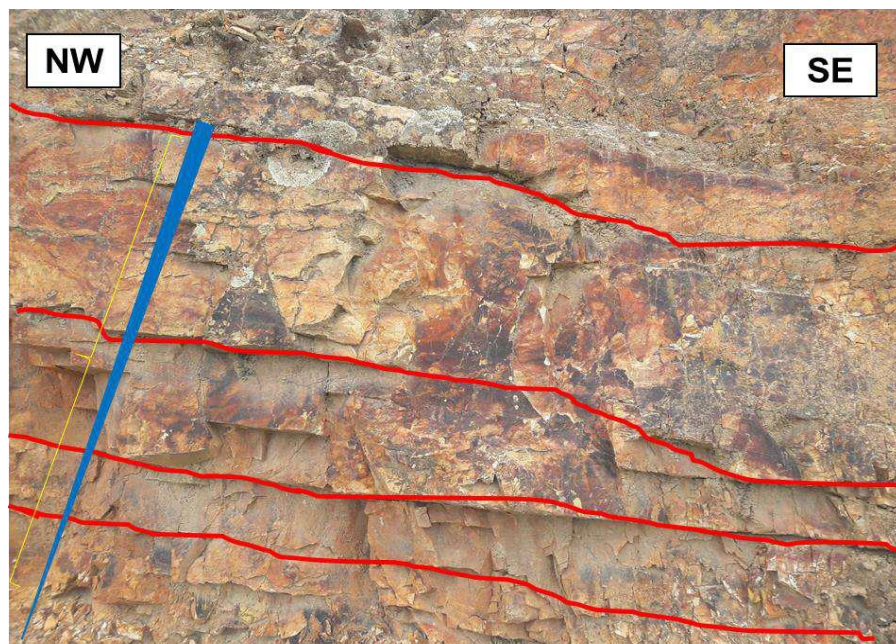


Foto 23. Secuencia negativa de areniscas en la Formacion Inca

En el contacto con Inca Superior, los estratos se han acomodado de tal forma que se deja notar claramente una bisecuencia, pues los estratos están ordenado de menor espesor a mayor espesor, seguidamente de estratos delgados

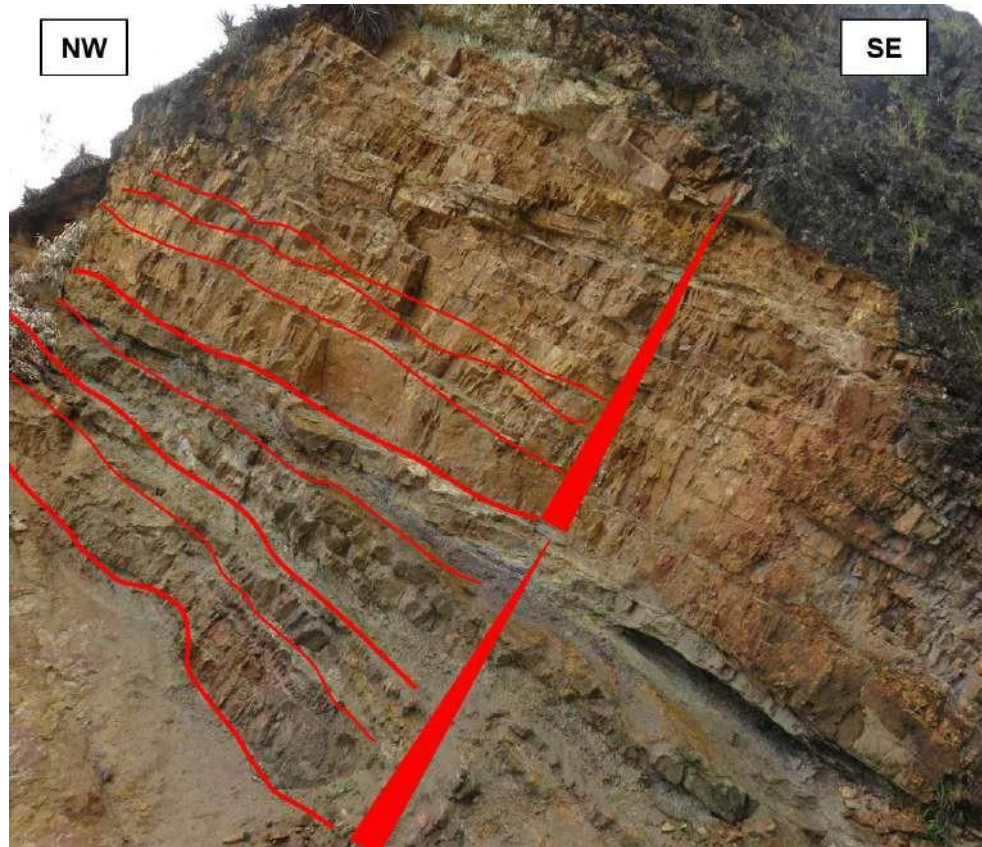


Foto 24. Secuencia Positiva en limonitas y areniscas

Esta secuencia se caracteriza por tener estratos decrecientes de arcillita que van de 90 cm en la base y 30 cm en la parte superior, es por ello que se considera una secuencia positiva. Véase también que la arcillita presenta un mineral de silicato de hierro denominado glauconita, la cual indica que estos ambientes son de poca profundidad (ambiente marino).

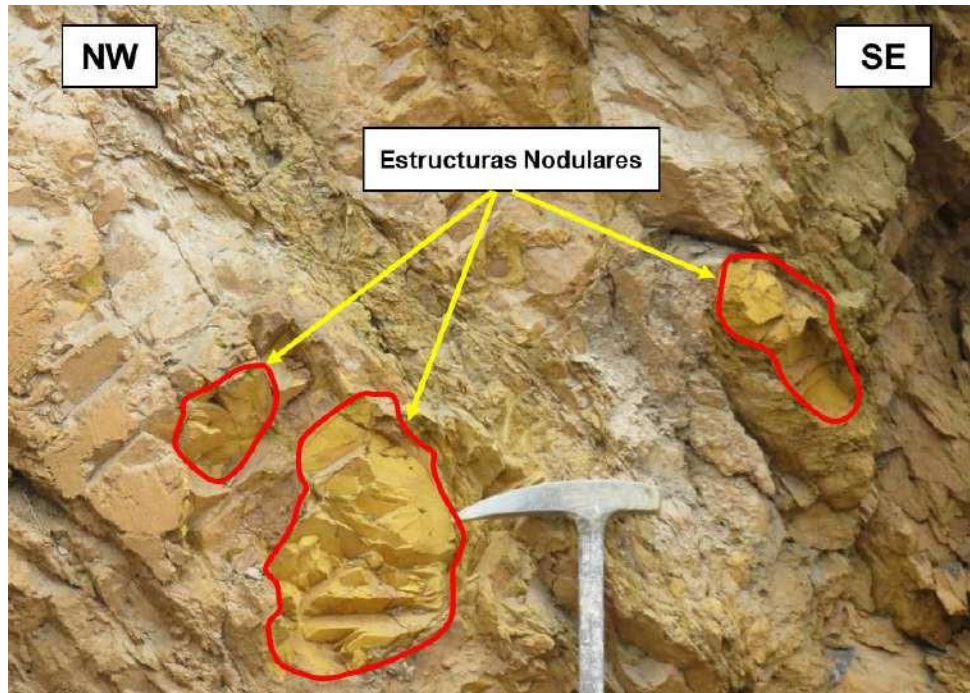


Foto 25. Estructura Nodular de Argilita en los estratos del Miembro Superior

### 3.3.1.2. Unidades Bioestratigráficas

Los fósiles estudiados han sido descritos siguiendo la clasificación biológica Linneana, estudiando la morfología de cada Phylum presente en la Formación Inca y en distintas áreas correspondientes a una misma biozona; no obstante, la datación ha sido asignada por comparación a especies tipo, datadas en ambientes análogos.

Bioestratigráficamente se ha tipificado el miembro superior de la Formación Inca por la presencia de macrofósiles y microfósiles de bivalvos en areniscas con intercalación de argilita.

Las presencias fósiles de bivalvos suelen considerarse como el grupo más importante de microfósiles marinos debido a que son organismos muy abundantes en los sedimentos. También, presentan una gran diversidad de especies, que son de gran utilidad en los estudios de tipo bioestratigráfico.

#### 3.3.1.2.1. Tipo de Ambientes sedimentarios

Los ambientes sedimentarios están dominados por la erosión y la deposición asociada a corrientes. En algunas regiones más frías, el hielo glacial en movimiento sustituye el agua corriente como proceso dominante. En las regiones áridas (así

como en algunos puntos litorales) el viento asume mayor importancia. Es evidente que la naturaleza de los sedimentos depositados en los ambientes continentales recibe una fuerte influencia del clima.

La Formación Inca pertenece a un ambiente de transición ya que éstos son ambientes situados en la zona límite continente - mar, y los sedimentos se acumulan tanto por aportación continental como marina. La fuerte intensidad de sedimentación da lugar a cambios continuos en la morfología y delimitación en la línea de costa, por lo que los ambientes sedimentarios que aparecen, son de gran complejidad y a veces de difícil separación.



Foto 26. Ambiente de Transición de la Formación Inca.

Presencia de Carbón entre el Miembro Medio y el Miembro Superior de la Formación Inca, esto se debe al tipo de ambiente de sedimentación transicional tal como se observa en la fotografía 26 y 27.

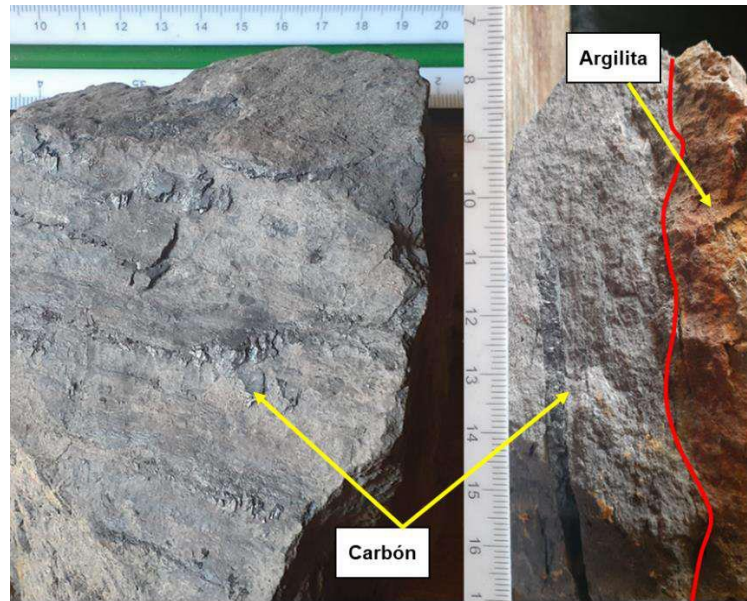


Foto 27. Carbón en Argilita

### 3.4. PALEONTOLOGÍA (Registro paleontológico Aptiano-Albiano)

#### 3.4.1. Biozonas

Se presenta el análisis de fósiles presentes en la Formación Inca. Los bivalvos son los fósiles guía que nos permite correlacionar a la Formación inca, además las presencias de estos indican la zona de transición con la Formación Chúlec que es altamente fosilífera en comparación de la Formación Inca.

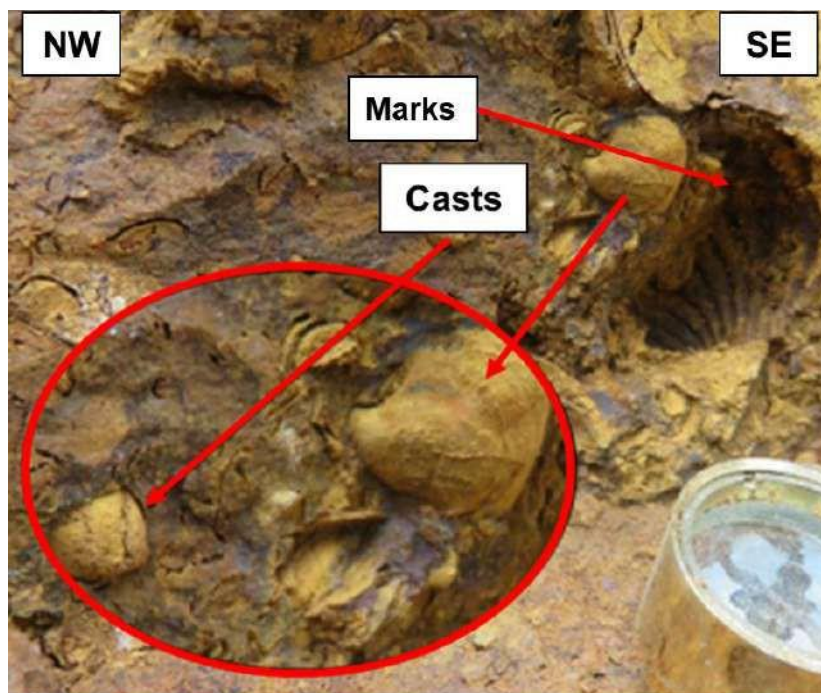


Foto 28. Cast y marks de bivalvos en argilita, en la zona de transición del miembro superior de la Fm. Inca.



Bivalvos muy pequeños que están comprendidos entre 2 y 5 cm, aunque existen especies con tamaños que van desde 100  $\mu\text{m}$  hasta casi 20 cm. Aparecen con relativa abundancia entre el contacto de la Formación Inca con la Formación Chulec (zona transicional entre ambas formaciones)



Foto 29. Bivalvos

Esta clase abunda de manera profusa y se los encuentra al final de esta (techo) en el Albiano inferior; marcando un apogeo existencial a finales del desarrollo de la Formación Inca.



Foto 30. Lumaquela de bivalvos en argilita, se aprecia los tipos de tamaños que van desde los 0.5 cm a 2 cm y el principal que va desde 2 cm a 5 cm.

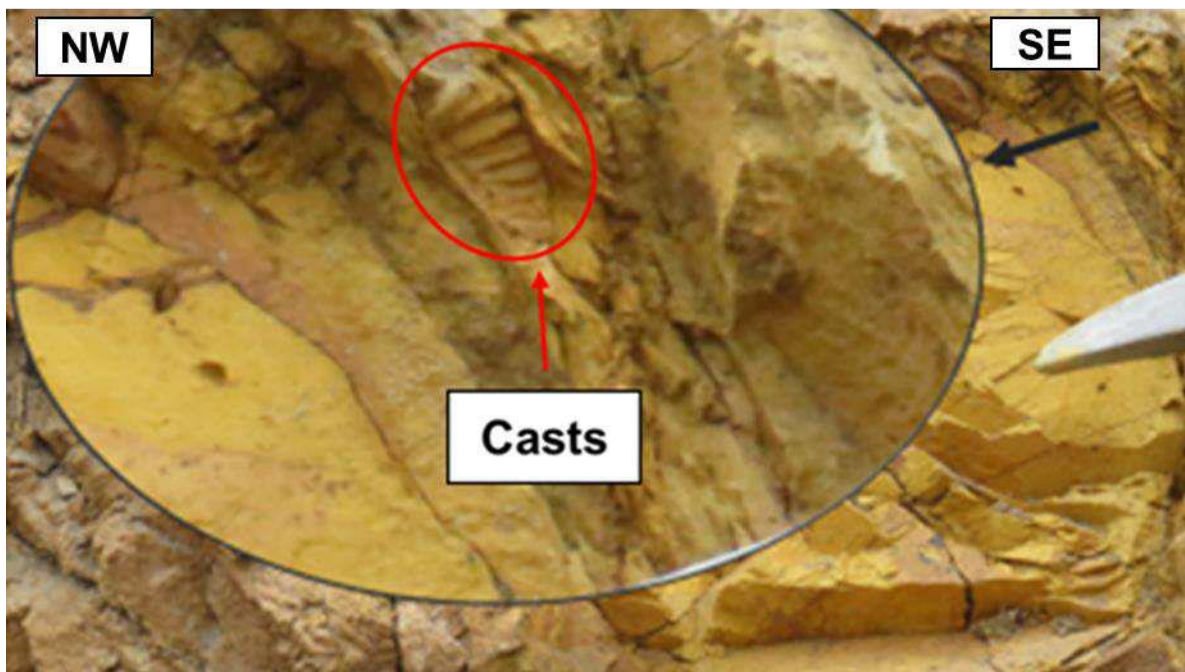


Foto 31. Casts o calco de la clase bivalvos, apreciable una parte del fósil en argilita, no está muy bien conservada.

Las rocas del cretácico inferior en Cajamarca proporcionan un gran número de fósiles, la mayoría de los cuales estrechamente relacionados con las formas actuales. La diversidad aumentó marcadamente al principio de esta era, junto con la de los bivalvos. El desarrollo fosilífero de la Formación Inca se ve muy limitado presentando un número muy reducido de especies.

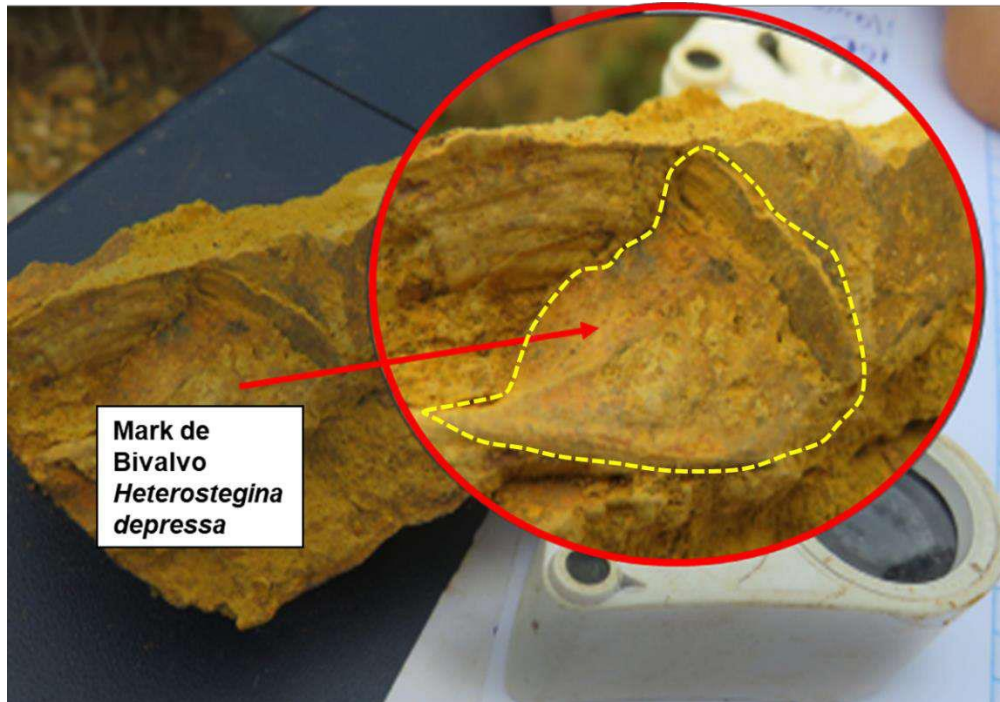


Foto 32. Mark de bivalvo bentónico tipo *Heterostegina depressa*, vista por el margen ventral, localizada en el miembro superior de la Formación Inca.

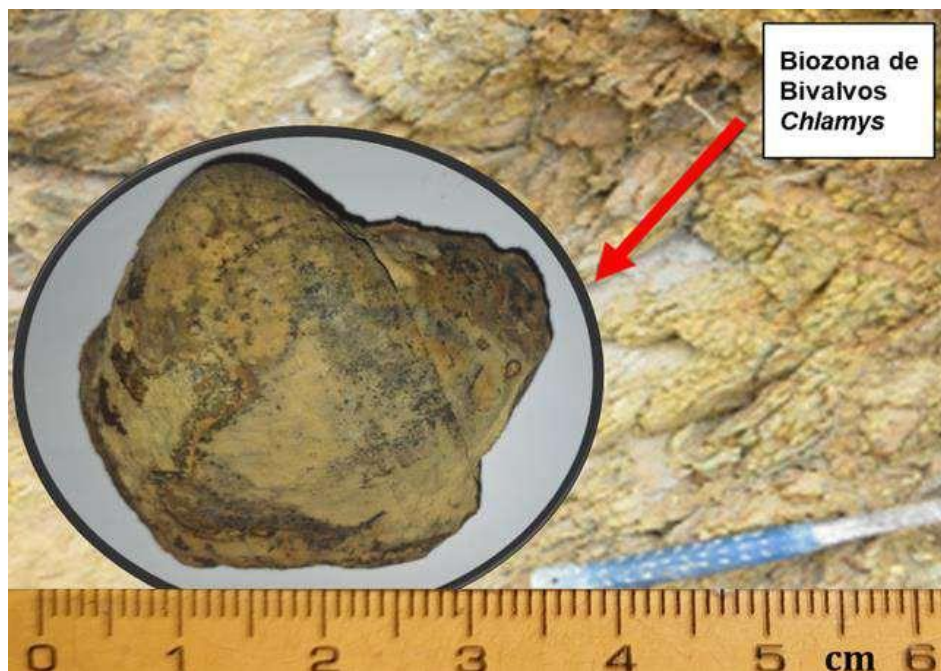


Foto 33. Biozona de bivalvos en areniscas con intercalación de argilita cercano al contacto con la Formación Chúlec.

### **3.5. TRATAMIENTO y ANÁLISIS**

#### **3.5.1. Elaboración de Columna estratigráfica**

La columna estratigráfica de la Formación Inca mostrada en el plano N° 5, se ha elaborado de acuerdo al espesor de sus estratos teniendo en cuenta cada uno de los miembros de la Formación Inca, desde el miembro inferior, también el miembro medio y para finalizar el miembro superior que contiene la mayor cantidad de fósiles, se tuvo en cuenta las medidas tomadas en campo de cada espesor litológico, además el tipo de litología y su respectivo tamaño de grano. En estos miembros se evidencia tres tipos de secuencia: secuencia directa, bisecuencia y secuencia inversa, predominando entre las tres la secuencia directa; esto sucede debido a que esta formación se ha sedimentado en un ambiente de transgresión marina, en la transgresión del Albiano inferior o temprano.

## **CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **4.1. Registro de fósiles de la Formación Inca.**

El registro fósil según Benavides (1956) y Tafur (1950), la Formación Inca consta pequeñas biozonas de Bivalvos, éstos fósiles se encuentran en el Miembro superior, cerca al piso de la Formación Chúlec que ya es netamente de un ambiente marino carbonatado.

### **4.2. Columna Litobioestratigráfica de la Formación Inca.**

El miembro inferior de esta formación no está del todo definido por lo que se trata de un contacto de gradación, presenta limolitas de estratificación delgada intercaladas con areniscas de grano fino a grueso, sin embargo en el miembro medio existe una intercalación de areniscas ferruginosas de estratificación delgada con granulometría variada que va desde muy fino a grueso, con estratos potentes de litoarenita y limolita de coloración variada. Para el miembro superior, presenta bancos de areniscas intercaladas con litoarenitas en menor proporción y estratos de argilita, que además de la biozona de bivalvos, presenta glauconita que es de un ambiente netamente marino; los cuales según Robert Emanuel (2002) estos fósiles pertenecen al Albiano que representó una plataforma extensa cubierta por un mar de poca profundidad.

Los afloramientos de tercio superior, según Benavides (1956), contienen bivalvos que indica que la subsidencia de la cuenca cada vez es mayor, o por los cambios eustáticos del nivel del mar.

### **4.3. Ambiente de formación de estructuras y texturas sedimentarias**

El ambiente de depositación de la Formación Inca es de tipo transicional es por eso que presenta texturas de tipo sedimentarias, como la flaser, laminar, sesgada y marcas de carga principalmente. Ya que éstas estructuras son típicas de formaciones silicoclásticas.

#### **4.4. Contrastación de Hipótesis**

Para la contrastación de la Hipótesis se ha realizado mediante análisis de las características litobioestratigráficas de la Formación Inca entre los Centros Poblados Agomarca y Tacshana, que litoestratigráficamente consta de tres Miembros bien caracterizados; el Miembro Inferior está constituido por areniscas ferruginosas con distinto tamaño de grano. El Miembro Medio está constituido por una estratificación flaser de arenisca y limolita, por último el Miembro Superior constituido por, arenisca, limolita, litoarenita y argilitas, éste miembro está caracterizado por la presencia de nódulos. Bioestratigráficamente tenemos la presencia fósiles bivalvos son indicadores del tiempo Albiano-Aptiano. Las condiciones de depositación que presenta, tiene estructuras y texturas silicoclásticas de un ambiente marino, son mayormente la estratificación sesgada, laminar y flaser, que está en función al tiempo de edad Albiano-Aptiano de aproximadamente 80MA (CSI, 2023). que cronoestratigráficamente corresponde al sistema Cretácico Inferior. Con lo cual se corrobora o se afirma la hipótesis inicialmente planteada.

## **CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

La caracterización Litobioestratigráfica de la Formación Inca, teniendo en cuenta los términos y definiciones de Benavides y Tafur.

Se identificaron estructuras sesgadas, Riples horizontales, laminar, estructuras de carga y también la flaser. La presencia de carbón indica que en la Formación Inca hubo un ambiente transicional entre el Miembro Medio y Superior.

El ambiente geológico de la Formación Inca es netamente marino con un período de transgresión marina. El tiempo geocronológico corresponde al Aptiano Tardío y Albiano Temprano, aproximadamente 80 MA (CSI).

El registro de fósiles corresponde al Albiano Temprano por los bivalvos que indica. Presentó una plataforma extensa del Albiano, cubierta por un mar de poca profundidad, esto se debe por el mineral Glauconita.

La columna estratigráfica describe el tipo de secuencia, la litología y las diferentes estructuras; en cada uno de los miembros litoestratigráficos. La caracterización litoestratigráfica, se realizó mediante el análisis de los tres miembros que esta presenta, en el miembro inferior presenta limolitas de estratificación delgada intercaladas con areniscas de grano fino a grueso; en el miembro medio existe una intercalación de areniscas ferruginosas de estratificación delgada, con estratos de mayor espesor de litoarenita y limolita de coloración variada, mientras que en el miembro superior presenta bancos de areniscas intercaladas con litoarenitas en menor proporción y estratos de arcillita.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

A la Facultad de Ingeniería Geológica, realizar un estudio Cronoestratigráfico (Carbono C14) para una mejor interpretación.

Realizar el estudio Petromineralógico para una mayor determinación de características litoestratigráficas y bioestratigráficas.

Elaborar un travel para la correcta secuencia de los tres Miembros y así poder distinguir los contactos con las Formaciones Infrayacentes y Suprayacentes.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica de la Universidad Nacional de Cajamarca, realizar investigaciones secuenciales de cada facie a nivel regional a detalle para comprender la litobioestratigrafía en el Periodo Albiano y Aptiano.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Benavidez, V. 1956.** Cretaceous system of northern Perú. Bulletin American  
Consultado: 11 de junio del 2023
- Fernández, H. 2010.** Estudio Sedimentológico y Estratigráfico en el Área de Cruz Blanca y Alrededores. Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería Geológica.  
Consultado: 10 de junio del 2023.
- Fernández 2015.** Correlación Litobioestratigráfica de la Formación Inca en los sectores Chamis, Corisorgona, Puyllucana - Cajamarca.  
Consultado: 10 junio del 2023
- Gama, P. 2005.** Principios de Paleontología. Bogotá. Consultado: 15 junio del 2023.
- Hooligan, A. 18 de Marzo de 2015.** Teoría del Uniformismo. Obtenido de <http://teoriadebiologiaii.blogspot.pe/>. Consultado: 18 de mayo del 2023
- J.Agueda. 2004.** Obtenido de <http://gaia.geologia.uson.mx/academicos/monreal/CursoEstratLic/Estratoyla mina.pdf>. Consultado: 19 de mayo del 2023
- Macarro, B. 2014.** Texturas Rocas Sedimentarias. Salamanca. Consultado: 9 de mayo del 2023
- Montes, A. 2002.** Principios de Estratigrafía. Medellín. Consultado: 5 de mayo del 2023.
- Navarro, 2015.** Record of Albian to early Cenomaniano environmental perturbation in the eastern sub- equatorial Pacific.  
Consultado: 7 de mayo del 2023
- Reyes, 1980.** Boletín N°31 Geología de los cuadrángulos de Cajamarca (15-f), San Marcos (15-g),Cajabamba(16-g). Consultado: 3 de mayo del 2023
- Tafur. 1945.** Estudio preliminar de la Geología de Cajamarca. Consultado: 2 de mayo del 2023.
- Vera, J. 1994.** Estratigrafía. Principios y métodos. Madrid-España : Rueda .  
Consultado: 6 de mayo del 2023.
- Lagos, et al. 2007.** Aportes al análisis de Cuencas Sedimentarias en los Alrededores de las localidades de los Baños del Inca, Cruz Blanca, Otuzco, Distrito de Cajamarca.  
Consultado: 11 de junio del 2023.
- Pisconte, 2014.** Facies Sedimentarias de la Formación Inca en relación al Eutatismo Albiano en la Cuenca de Cajamarca  
Consultado: 10 de diciembre del 202

## ANEXO N°1

### Fichas de Clasificación de Rocas

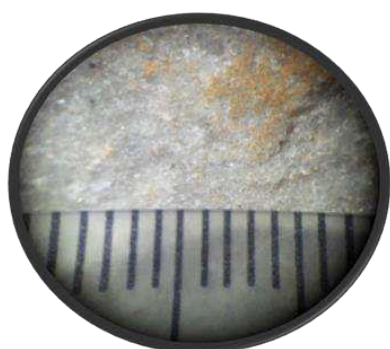
<b>ARENISCA FERRUGINOSA</b>	
Tipo de roca sedimentaria formada por una arena litificada, que comprende granos de tamaño 0.5 a 1mm pertenecientes al Miembro Superior de la Formación Inca.	
<b>DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA</b>	
<b>COLOR</b>	Superficie Fresca: Gris Superficie Intemperizada: Rojizo
<b>COMPOSICIÓN</b>	Compuesta por arenas y sílice, y contenido de jarosita.
<b>TEXTURA</b> <b>ESTRUCTURA</b>	Textura :Detrítica Estructura: Sesgada
	
Vista al Microscopio Petrográfico (4x)	

## ARENISCA DE GRANO MEDIO

Tipo de roca sedimentaria formada por una arena litificada, que comprende granos de tamaño 0.25 a 0.5 mm. Caracterizándose en la Formación Inca de 0.3 mm.

### DESCRIPCIÓN PETROLÓGICA

<b>COLOR</b>	Gris parduzco
<b>COMPOSICIÓN</b>	Silicoclástica Monomítica
<b>TEXTURA ESTRUCTURA</b>	Textura:Clástica. Estructura:Sesgada,Masiva



Vista al Microscopio Petrográfico (4x)

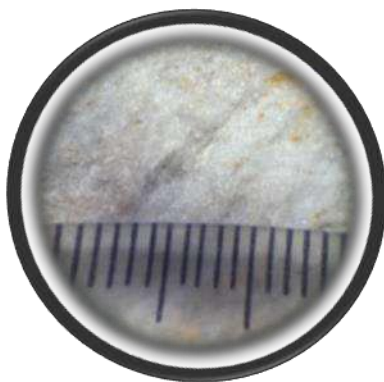


## ARENISCA DE GRANO FINO

Tipo de roca sedimentaria formada por una arena litificada, que comprende granos de tamaño 0.125 a 0.25 mm. La Formación Inca presenta granulometría a 0.20 mm.

### DESCRIPCIÓN PETROLÓGICA

<b>COLOR</b>	Gris Blanquecino.
<b>COMPOSICIÓN</b>	Silicoclástica y presencia de óxidos de hierro (Jarosita).
<b>TEXTURA ESTRUCTURA</b>	Textura y estructura laminar.



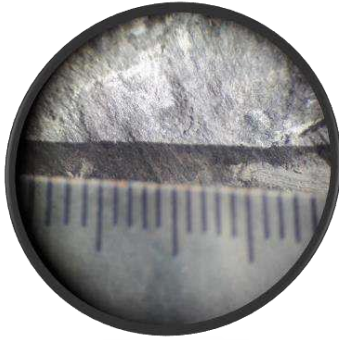
Vista al Microscopio Petrográfico (4x)

## LIMOLITA

La limolita encontrada en la Formación Inca, presenta un color gris, laminación, presenta oxidación en superficie.

### DESCRIPCIÓN PETROLÓGICA

<b>COMPOSICIÓN</b>	Compuesto por limos y óxidos teniendo a los limos como matriz y a los óxidos como cemento de grano fino monolítico.
<b>TEXTURA</b>	Textura: Clástica
<b>ESTRUCTURA</b>	Estructura: Masiva, laminar



Vista al Microscopio Petrográfico (4x)



<b>ARGILITA</b>	
Es una roca sedimentaria de granulometría pequeña se forma por diagénesis de las arcillas.	
<b>DESCRIPCIÓN PETROLÓGICA</b>	
<b>COLOR</b>	Superficie Intemperizada: Gris Superficie fresca: Gris blanquecino
<b>COMPOSICIÓN</b>	Matriz compuesta por arcilla y sílice.
<b>TEXTURA ESTRUCTURA</b>	Clástica y Laminar
	

**ANEXO N°2**

**Ficha de clasificación de Fósiles.**

<b>PALEONTOLOGÍA</b>			
<b>FORMATO DE CLASIFICACIÓN DE FÓSILES</b>			
N°. Muestra: 01	Localidad: Agomarca-Tacshana	Coordenadas:	N:9200391
	N° Carta:15-g	DATUM: WGS-84	E: 776882
<b>Descripción del Afloramiento</b>			
Formación: <b>Inca- Miembro Superior</b>			
Litología: <b>Argilita</b>			
Estructuras Sedimentarias: <b>Estratificación lenticular</b>			
Espesor: <b>150 m.</b>			
Ambiente de Depósito: <b>Transicional</b>			
<b>Descripción del Fósil</b>			
Condición: <b>Bien conservado</b>			
Parámetros	Largo: <b>4 cm</b>		
Morfológicos:	Ancho: <b>3.5 cm</b>		
	Grosor: <b>2.8 cm</b>		
Tipo de Fosilización: <b>Petrificación</b>			
Fósiles y/o Aloquímicos Asociados: <b>Ninguno</b>			
Edad: <b>Albiano inferior</b>			
Observaciones: Biozona de Bivalvos			
<b>Sistemática:</b>			
Phyllum: <b>Mollusca</b>			
Clase: <b>Bivalva</b>			
Orden: <b>Veneroidea</b>			
Familia: <b>Mactridae</b>			
Género: <b>Mactra</b>			
Especie: <b>Stultorum</b>			

**PALEONTOLOGÍA**  
**FORMATO DE CLASIFICACIÓN DE FÓSILES**

N°. Muestra: 01	Localidad: Agomarca-Tacshana		Coordenadas:	N:9200390
	N° Carta:15-g	DATUM: WGS-84		E: 776880

**Descripción del Afloramiento**

Formación: **Inca- Miembro Superior**

Litología: **Argilita**

Estructuras Sedimentarias: **Estratificación lenticular**

Espesor: **150 m.**

Ambiente de Depósito: **Transicional**

**Descripción del Fósil**

Condición: **Bien conservado**

Parámetros Largo: **3.7 cm**

Morfológicos: Ancho: **4.4 cm**

Grosor: **3.2 cm**

Tipo de Fosilización: **Petrificación**

Fósiles y/o Aloquímicos Asociados: **Ninguno**

Edad: **Albiano inferior**

Observaciones: Biozona de Bivalvos

**Sistemática:**

Phyllum: **Mollusca**

Clase: **Lamellibranchiata**

Orden: **Pterioda**

Familia: **Pectinidae**

Género: **Pecten**

Especie: **Chlamys**





## ANEXO N°3

### RECOLECCIÓN DE DATA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
PUNTO	COORDENADAS UTM	UNIDAD		SECTOR	DESCRIPCIÓN
1	E: 775500, N: 91900500	Fm. Inca	-	Fm. Inca Inferior	Vértice N°1 de la Investigación
2	E: 775500, N: 9201560	Fm. Inca	-	Fm. Inca Medio	Vértice N°2 de la Investigación
3	E: 778000, N: 9201560	Fm. Inca	-	Fm. Inca Medio	Vértice N°3 de la Investigación
4	E: 778000, N: 9199500	Fm. Inca	-	Fm. Inca Superior	Vértice N°4 de la Investigación
5	E: 776806, N: 9200344 C: 3146 msnm	Fm. Inca	R: N60°W B:35°SW	Fm. Inca Inferior	Contacto entre la Fm. Farrat y la Fm. Inca
6	E: 776773, N: 9200350 C: 3150 msnm	Fm. Inca	R: N54°W B:40°SE	Fm. Inca Superior	Contacto Neto entre la Fm. Chúlec y la Fm. Inca
7	E: 776770, N: 9200351 C: 3148 msnm	Fm. Inca	R: N47°W B:36°SE	Fm. Inca Superior	Contacto Neto entre la Fm. Chúlec y la Fm. Inca
8	E: 776880, N: 9200395 C: 3145 msnm	Fm. Inca	R: N51°W B:42°SE	Fm. Inca Inferior	Estructura Sesgada
9	E: 777398, N: 9200315 C: 3200 msnm	Fm. Inca	R: N41°W B:47°SW	Fm. Inca Medio	Ripples
10	E: 776879, N: 9200396 C: 3149 msnm	Fm. Inca	R: N30°W B:52°SW	Fm. Inca Medio	Estructura Laminar
11	E: 777434, N: 9200070 C: 3169 msnm	Fm. Inca	R: N28°W B:43°SW	Fm. Inca Medio	Estructura de Carga o Load Casts
12	E: 776802, N: 9200340 C: 3139 msnm	Fm. Inca	R: N47°W B:36°SE	Fm. Inca Superior	Estructura Nodular
13	E: 777064, N: 9200402 C: 3171 msnm	Fm. Inca	R: N50°W B:41°SE	Fm. Inca Superior	Estructura Flaser
14	E: 776882, N: 9200395 C: 3146 msnm	Fm. Inca	R: N32°W B:48°SW	Fm. Inca Medio	Estructura en Cuña
15	E: 776875, N: 9200387 C: 3153 msnm	Fm. Inca	R: N38°W B:42°SW	Fm. Inca Medio	Estructura Lenticular

## ANEXO N°4

### DATA DE COLUMNA ESTRATIGRÁFICA

FORMACIÓN INCA (150 m)	MIEMBRO SUPERIOR (45m. Aprox)	Litoarenita Blanquecina (4.9m)	Secuencia Positiva	Presentan Fósiles Bivalvos
		Argilita (2.7m)		
		Arenisca Ferruginosa de Grano Medio (4.2m)	Secuencia Negativa	No presentan Fósiles Bivalvos
		Arenisca Ferruginosa de Grano Grueso (6.9m)	Secuencia Positiva	No presentan Fósiles Bivalvos
		Arenisca Ferruginosa de Grano Medio con intercalación de litoarenita (8.3m)	Secuencia Positiva	No presentan Fósiles Bivalvos
	MIEMBRO MEDIO (77m. Aprox)	Arenisca Ferruginosa de Grano Fino y Medio, intercalado con litoarenita y limolitas (12.5m)	Secuencia Positiva	No presentan Fósiles Bivalvos
		Arenisca Ferruginosa de Grano Fino, Medio y Grueso, intercalado con litoarenita (16.7m)	Secuencia Positiva	No presentan Fósiles Bivalvos
		Arenisca Ferruginosa de Grano Medio (4.2m)	Secuencia Negativa	No presentan Fósiles Bivalvos
		Arenisca Ferruginosa de Grano Fino y Medio, intercalado con litoarenita y limolitas de color pardo grisáceo (14.6m)	Secuencia Positiva	No presentan Fósiles Bivalvos
		Arenisca Ferruginosa de Grano Fino y Medio, intercalado con litoarenitas pardas (9.7m)	Secuencia Positiva	No presentan Fósiles Bivalvos
		Arenisca Ferruginosa de Grano Fino y Medio, intercalado con limolitas de coloración grisácea (19.3m)	Bisecuencia	No presentan Fósiles Bivalvos
	MIEMBRO INFERIOR (28m. Aprox.)	Arenisca Ferruginosa de Grano Fino y Medio de secuencia positiva (20.9m)	Secuencia Positiva	No presentan Fósiles Bivalvos
		Arenisca Ferruginosa de grano fino, muy fino y medio, intercalado con limolitas blanquecinas, de estrato decreciente (7.1m)	Secuencia Positiva	No presentan Fósiles Bivalvos

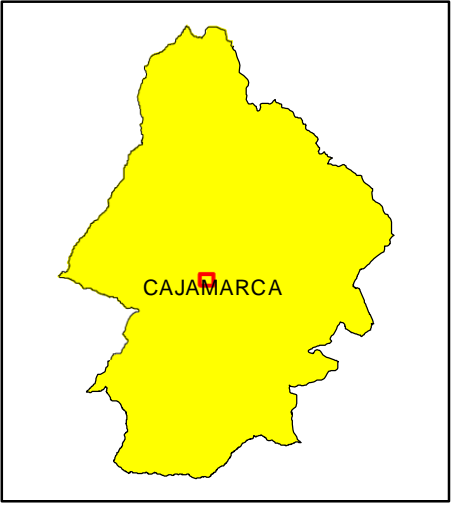
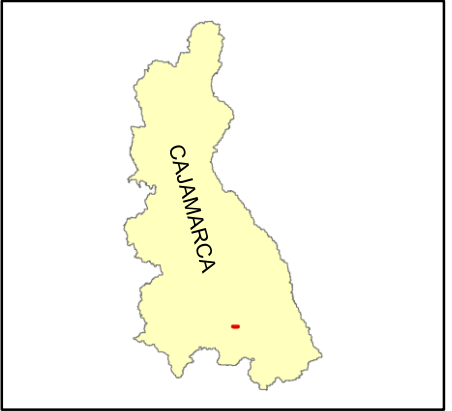
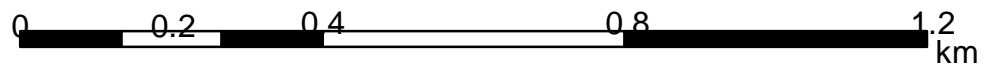
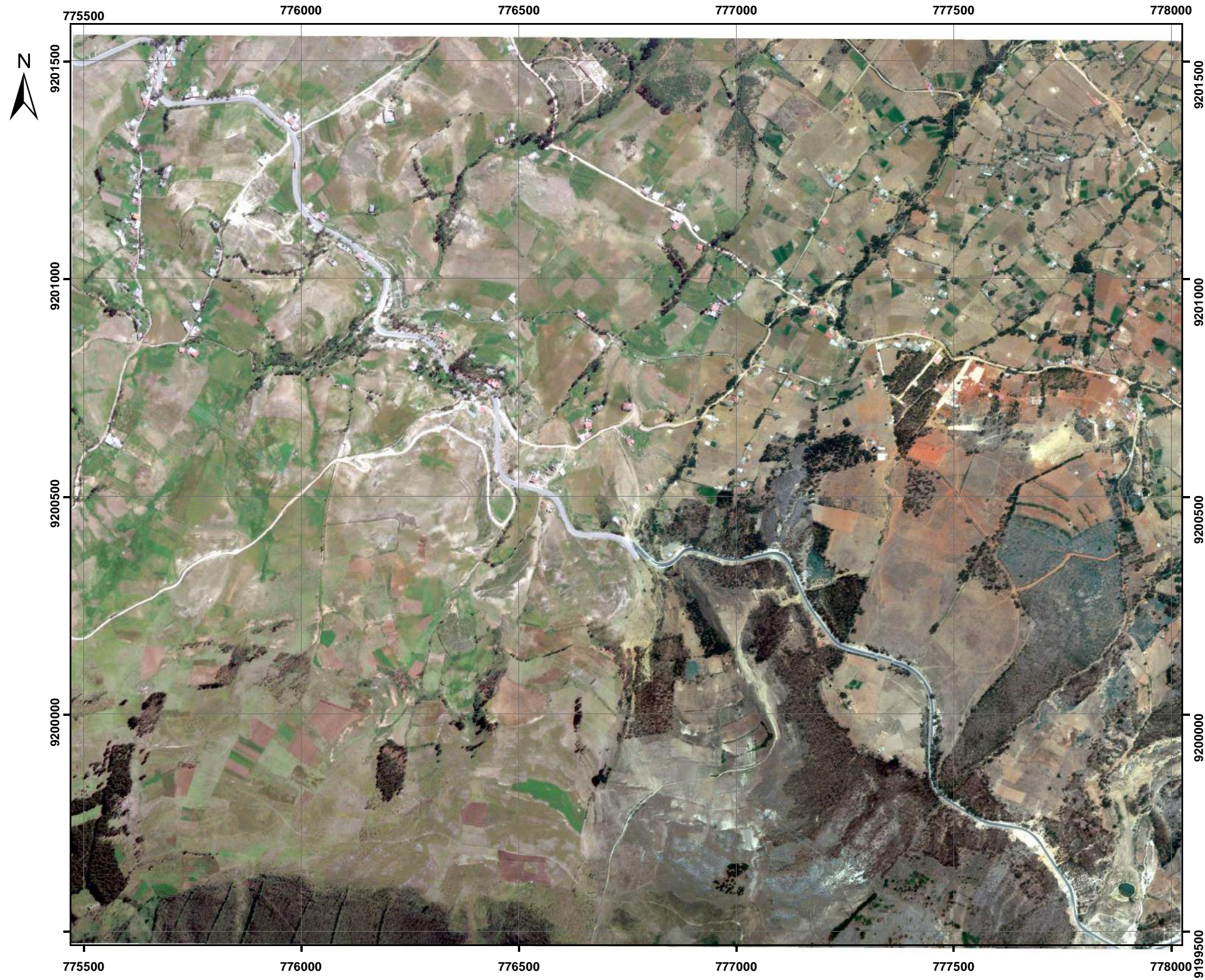
**ANEXO N°5**

**PLANO DE UBICACIÓN**

**PLANO GEOLÓGICO**

**PERFIL GEOLÓGICO**

**PLANO TOPOGRÁFICO**



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

IMAGEN

FORMACIÓN INCA ENTRE LOS  
CENTROS POBLADOS AGOMARCA -

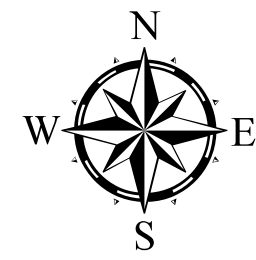
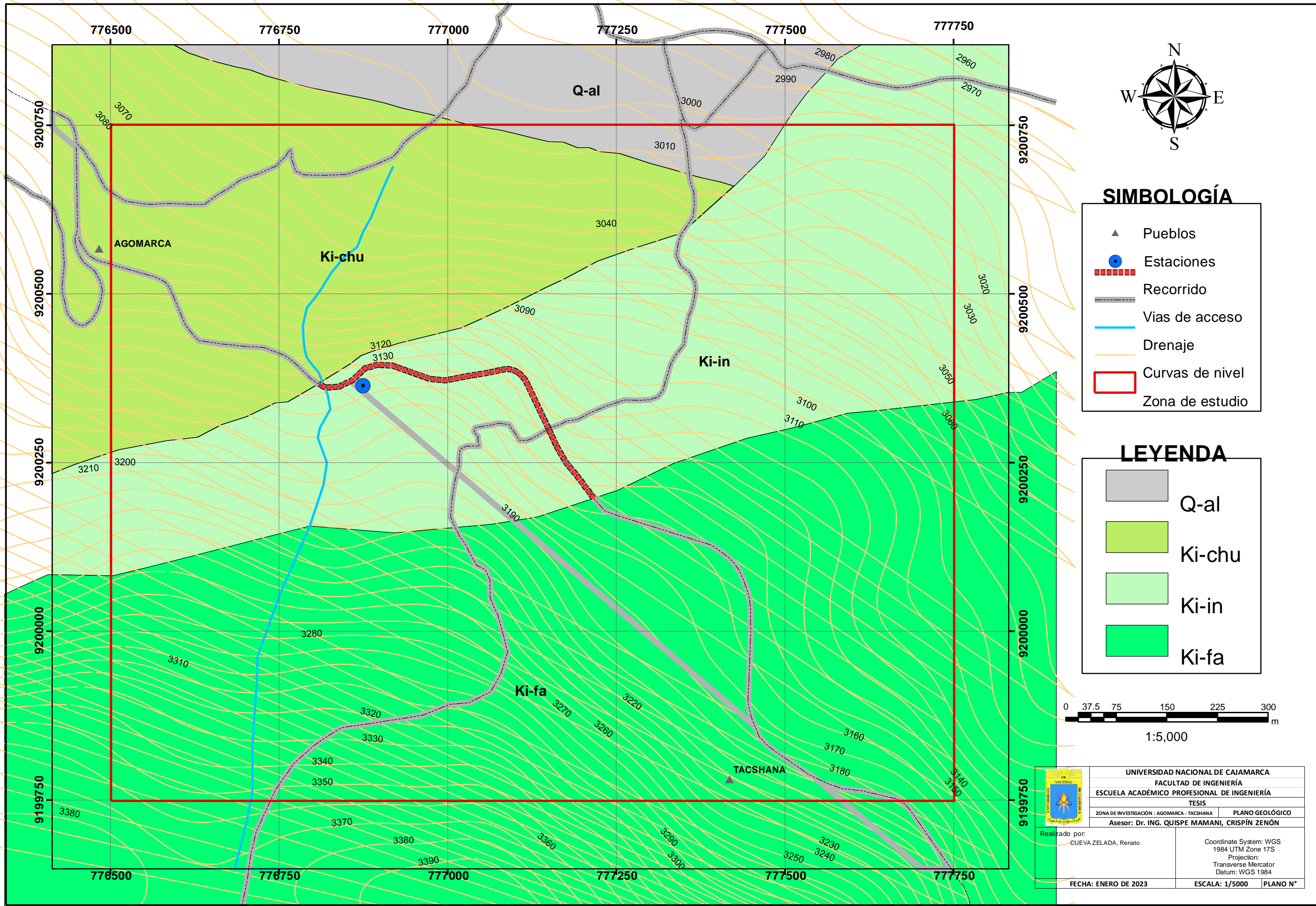
PLANO  
N°01

Tesista: Renato Cueva Zelada

Asesor: Zenón Quispe Mamani

Escala: 1/10000

Fecha: Enero del 2023

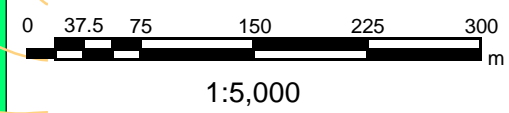


### SIMBOLOGÍA

- ▲ Pueblos
- Estaciones
- ▬ Recorrido
- ▬ Vias de acceso
- ▬ Drenaje
- ▭ Curvas de nivel
- ▭ Zona de estudio

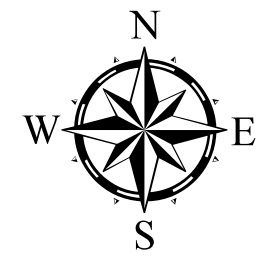
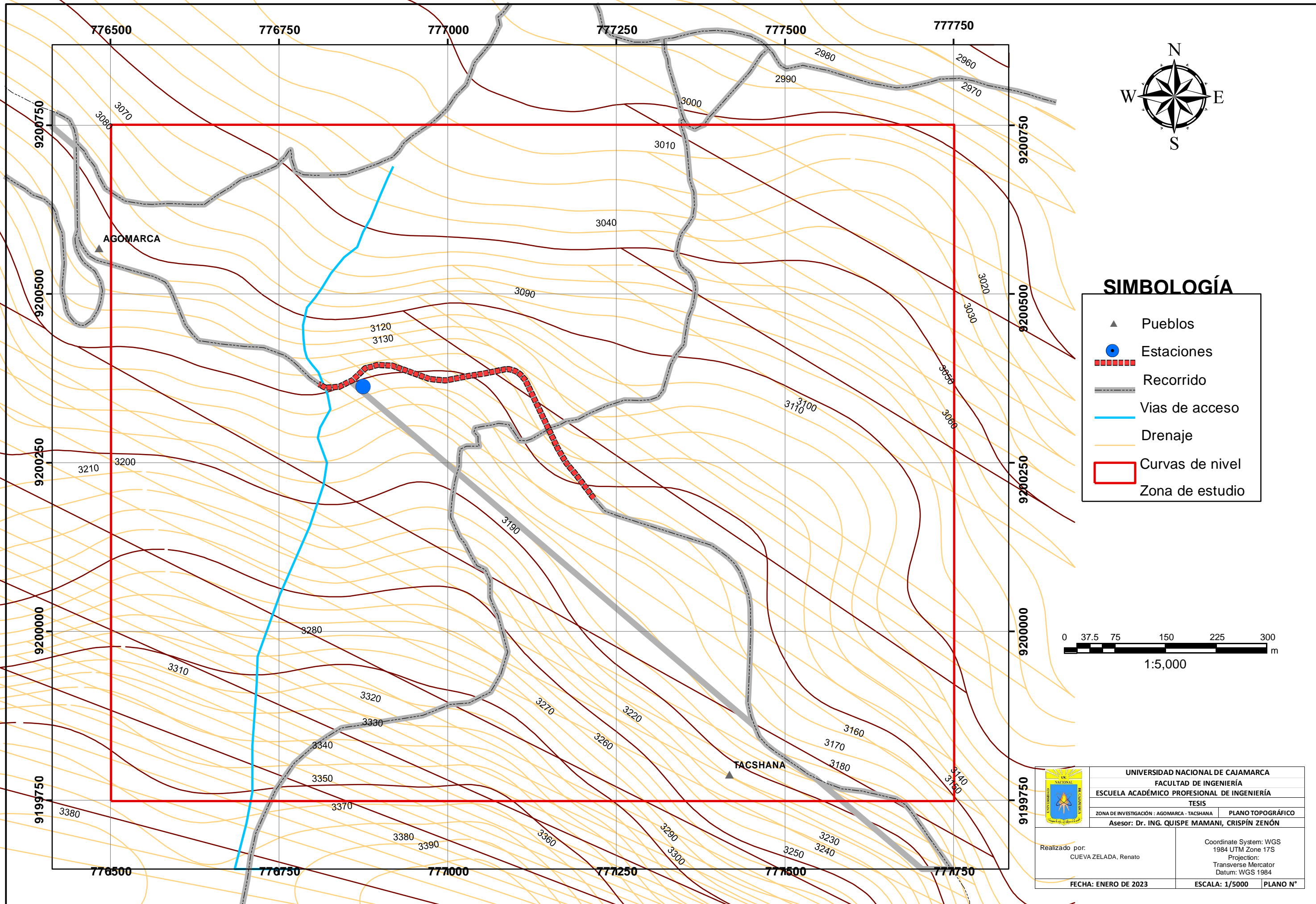
### LEYENDA

- ▭ Q-al
- ▭ Ki-chu
- ▭ Ki-in
- ▭ Ki-fa



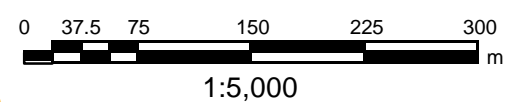
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	
	FACULTAD DE INGENIERÍA	
	ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA	
	TESIS	
ZONA DE INVESTIGACIÓN : AGOMARCA - TACSHANA		PLANO GEOLÓGICO
Asesor: Dr. ING. QUISPE MAMANI, CRISPÍN ZENÓN		
Realizado por: CUEVA ZELADA, Renato		Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 17S Projection: Transverse Mercator Datum: WGS 1984
FECHA: ENERO DE 2023		ESCALA: 1/5000   PLANO N°





### SIMBOLOGÍA

- ▲ Pueblos
- Estaciones
- ▬▬▬▬▬▬ Recorrido
- ▬▬▬▬▬▬ Vias de acceso
- ▬▬▬▬▬▬ Drenaje
- ▭ Curvas de nivel
- ▭ Zona de estudio



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	
	FACULTAD DE INGENIERÍA	
	ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA	
TESIS		
ZONA DE INVESTIGACIÓN : AGOMARCA - TACSHANA		PLANO TOPOGRÁFICO
Asesor: Dr. ING. QUISPE MAMANI, CRISPÍN ZENÓN		
Realizado por: CUEVA ZELADA, Renato	Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 17S Projection: Transverse Mercator Datum: WGS 1984	
FECHA: ENERO DE 2023	ESCALA: 1/5000	PLANO N°

# COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN INCA UBICADA ENTRE LOS CENTROS POBLADOS DE AGOMARCA Y TACSHANA

