



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Geológica

“CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA, ESTRUCTURAL Y MINERALÓGICA DE  
LOS MANTOS DE CARBÓN DE LA CONCESIÓN MINERA VICENTE AMADEO.  
DISTRITO DE GREGORIO PITA, PROVINCIA DE SAN MARCOS,  
DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Geólogo

**Autor:**

Bach. Jhuliño Aldair Infante Ayay

**Asesor:**

Mg. Ing. Miguel Ricardo Portilla Castañeda

Cajamarca - Perú

2021

## DEDICATORIA

*A mis padres en especial y a mi tío, quienes siempre me han cultivado el valor de la responsabilidad, y laboriosidad, que han influenciado de gran manera a mi desarrollo profesional y personal. A todos los que dedican a la exploración, quienes saben lo sacrificada y satisfactoria laboral de esta rama.*

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco en primer lugar a Dios, quien me dio la vida y la salud también quiero agradecer a mis padres y hermanos y amistades por la posibilidad de inmiscuirme en esta rama de la Geología, una carrera de mucho sacrificio, entrega y pasión. También agradezco A los docentes de la escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica, de la universidad privada del norte por todos los conocimientos impartidos en los 5 años de estudios universitarios.*

## Tabla de contenidos

DEDICATORIA .....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS .....	5
ÍNDICE DE FIGURAS .....	6
RESUMEN .....	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	9
CAPÍTULO II. MÉTODO.....	16
2.1. Tipo de investigación.....	16
3.7.3 Unidades geomorfológicas: .....	34
Colina.....	34
Montaña .....	34
CAPÍTULO III. RESULTADOS .....	36
3.1.3 Formación Carhuaz.....	39
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	63
4.3 Recomendaciones.....	67
REFERENCIAS .....	69
ANEXOS .....	70

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estudios seleccionados para la investigación.....	20
Tabla 2. Coordenadas de la zona de estudio .....	24
Tabla 3. Accesibilidad a la zona de estudio .....	26
Tabla 4. Ubicación de la estación meteorológica SONDOR – MATARA.....	27
Tabla 5. Precipitación Mensual y anual promedio (mm/día), periodo (2017- 2021).....	28
Tabla 6. Temperatura media mensual y promedio anual (°C), periodo (2017- 2021) .....	29
Tabla 7. Humedad, periodo (2017- 2021) .....	31
Tabla 8. Puntos de estación de muestreo en el manto .....	53
Tabla 9. Composición del mineral.....	54
Tabla 10. Clasificación de los Carbones Minerales según la Norma ASTM. 388 .....	55
Tabla 11. Base de datos de estaciones de control.....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1. PLANO DE UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD DE LA CONCESIÓN VICENTE AMADEO.....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 2. Comportamiento mensual y por año de la precipitación (mm/día). Fuente: Propia (2021). ..</b>	<b>29</b>
<b>Figura 3. Comportamiento mensual y por año de la temperatura (°C). Fuente: Propia (2021).....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 4. Comportamiento mensual y por año de la Humedad. Fuente: Propia (2021). .....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 5. Relieve Montañoso y Colina, zona Norte de la Concesión Minera Fuente: Propia (2020). ....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 6. Formaciones Geológicas presentes en la concesión Vicente Amadeo Fuente: Propia (2021). 36</b>	
<b>Figura 7. Columna estratigráfica de la concesión Vicente Amadeo Fuente: Propia (2021).....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 8. Vista al NW del Cerro Casadero, Flanco izquierdo del anticlinal, Areniscas de la formación Chimú Fuente: Propia (2021). .....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 9. Flanco izquierdo del anticlinal, formación Santa Fuente: Propia (2021).....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 10. Intercalación de estratos de areniscas amarillentas a naranjas con limolitas gris blanquecinas a violáceas de la Form. Carhuas Fuente: Propia (2021).....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 11. Depósitos coluviales presentes en el flanco derecho del anticlinal Fuente: Propia (2021). ...</b>	<b>41</b>
<b>Figura 12: Anticlinal controla el área de estudio. Fuente: Propia (2021).....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 13: Punto de control del Manto manzanillo en contacto con falla de tipo normal, este se presenta sub Horizontal y paralelo a la estratificación de las areniscas de la Formación Chimú, compuesto por capas de pizarras bituminosas intercalado con estratos de carbón (bituminoso a sub bituminoso ). Fuente: Propia (2021).....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 14: falla de tipo normal sinistral, figura en la cual se puede observar estrías en el plano de falla, las cuales indican la dirección del desplazamiento, ha afectado a las areniscas de la Formación Chimú, Fuente: Propia (2021).....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 15: Manto sub Horizontal de pizarras bituminosas, ubicado por debajo y paralelo al manto manzanillo, el cual evidencia en ciertos sectores cambios texturales, alterándose a carbón. Fuente: Propia (2021).....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 16: Prolongación del Manto de lutitas bituminosas de la Estación N° 1, ubicado por debajo y paralelo al manto manzanillo, el cual evidencia en ciertos sectores cambios texturales, alterándose a carbón. Fuente: Propia (2021).....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 17: Manto manzanillo en contacto con falla de tipo normal, Fuente: Propia (2021). .....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 18 Cerro la Emboscada, punto de muestreo M1, Manto Manzanillo, de 1.80 mt. aprox. de espesor, manto de carbón tipo bituminoso a sub bituminoso, paralelo a estratificación de las areniscas cuarzosas de la Formación Chimú. Fuente: Propia (2021).....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 19: Labor antigua, bocamina de extracción de carbón Fuente: Propia (2021).....</b>	<b>49</b>

**Figura 20: Cerro la Emboscada, prolongación del Manto Manzanillo de 1.50 mt. aprox. de espesor, paralelo a estratificación de las areniscas cuarzosas de la Formación Chimú Fuente: Propia (2021).. 50**

**Figura 21: Cerró la Emboscada, punto de muestreo M2, Manto Manzanillo. Fuente: Propia (2021)... 51**

**Figura 22: Cerro la Emboscada, Prolongación de manto manzanillo, Manto de carbón sub Horizontal, 3 mt. aprox. de espesor, paralelo a estratificación de las areniscas cuarzosas de la Formación Chimú Fuente: Propia (2021)..... 52**

**Figura 23: Cerro la Emboscada, Manto Manzanillo, Manto de carbón (bituminoso a sub bituminoso) sub Horizontal, 1 mt. aprox. de espesor, paralelo a estratificación de las areniscas cuarzosas de la Formación Chimú Fuente: Propia (2021)..... 53**

**Figura 24: Puntos de muestreo geoquímico realizado por el INGEMMET. Fuente: Propia (2021) ..... 59**

**Figura 25: Zona de Falla, presencia de diaclasas rellenas con mineral metálico (goethita), recristalización de cuarzo con presencia de óxidos como la hematita y la turgita. Fuente: Propia (2021)..... 59**

**Figura 26. Alteración de la formación santa, presencia de vetas de psilomelano. Fuente: Propia (2021) ..... 60**

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo principal determinar las características geológicas, estructurales y mineralógicas de la concesión minera Vicente Amadeo, Distrito de Gregorio Pita, Departamento de Cajamarca.

La metodología de la investigación tuvo un enfoque cuantitativo; porque se centró en el análisis y medición numérica de los datos recogidos para contestar la pregunta de investigación y probar la hipótesis establecida.

El sector predomina un relieve de tipo colinado a montañoso, con grados de inclinación que varía desde 10° a 35°, también se presentan lomadas con grados de inclinación que varía desde 5° a 10°.

En cuanto a la geología los afloramientos rocosos más antiguos corresponden a areniscas cuarzosas de la Formación Chimú, originado el eje de un anticlinal en el sector, esta formación en sus niveles intermedios presenta un manto de carbón, paralelo a la estratificación y alcanzando de 0.5 a 3 metros de potencia aproximadamente.

En ambos flancos del anticlinal afloran arcillas (lutitas) grises azulinas correspondientes a la formación Santa, sobre yaciendo a la Formación Chimú e infra yaciendo a la Formación Carhuaz, la cual está compuesta por areniscas intercalado con limolitas grises.

Se detectó dos estaciones de control (E10, E11) con importantes indicios de mineralización metálica.

**Palabras clave:** Mantos de carbón, estratificación, carbón.



## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Realidad problemática

Pérez, Cabarcas, Archila y Yubran (2005), calculan que el fin del petróleo asequible ocurrirá dentro de entre 40 y 100 años, una vez que su extracción resulte inviable económicamente. No obstante, el "oro negro" podría seguir siendo el principal recurso energético mundial muchas décadas más gracias a las tecnologías que permiten obtenerlo a partir del carbón.

Los combustibles fósiles a nivel mundial seguirán siendo por mucho tiempo la principal fuente de energía del planeta. Las proyecciones del petróleo no son muy optimistas, debido a la disminución de las reservas y a la necesidad de fuentes de energías más limpias. Por su parte el gas natural posee un gran potencial de reservas a nivel mundial, y produce un menor impacto al medio ambiente, pero presentando la desventaja que las grandes reservas, se encuentran localizadas en lugares lejanos a los centros de consumo, que hacen inviable la construcción de gasoductos.

El carbón ha sido y aún continúa siendo uno de los recursos energéticos no renovables más apreciados por la humanidad. A partir de la revolución industrial. (Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 2006). Tal como nos menciona Fonseca, 2021, el carbón es la segunda fuente de energía primaria debido a su abundancia, siendo Colombia el primer productor en Latinoamérica y el Decimosegundo a nivel mundial. Se constituye como el producto minero que genera un mayor aporte al PBI de Colombia.

La Región de Mixtepec-El Consuelo-Tezoatlan se localiza en la porción noroccidental del Estado de Oaxaca y se extiende hacia los vecinos estados de Puebla y de Guerrero. Los mantos de carbón se encuentran en la parte inferior de las Formaciones Rosario, Zorillo y Simón del Jurásico Medio, constituidas por una alternancia de areniscas, lutitas y limolitas, depositadas probablemente en un ambiente deltaico. El espesor de las capas

de carbón varía de unos cuantos centímetros hasta 3 m. Se estima que esa área contiene un tonelaje mayor a los 30 millones de toneladas de carbón. (Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 2006).

Por esto se deben buscar alternativas, y una de ellas es tecnología Fischer-Tropsch

La tecnología Fischer-Tropsch posee más de 80 años de historia de sus inicios en Alemania, en donde se obtenía diesel sintético a partir de carbón, para utilizarlo como combustible en aviones y vehículos en la segunda guerra mundial.

Las reservas totales de carbón accesibles de forma económica son suficientes para los próximos 250 a 500 años. Además, el carbón garantiza un suministro constante a precios moderados, al encontrarse sus reservas distribuidas en más de cien países del mundo. Este hecho no ocurre con el petróleo y el gas natural, ubicados en unas pocas áreas geográficas asoladas además con problemas de inestabilidad política.

Es por ende que analizando esta problemática mundial que conllevara a la escases del petróleo y gas a futuro, y proyectándose que el carbón mineral será tomado en cuenta para la obtención de diésel, se considerando realizar esta investigación en cuanto a la análisis de la presencia de carbón en el área de estudio.

Desde un punto de vista orgánico, el carbón consiste fundamentalmente de carbono, hidrógeno y oxígeno con cantidades menores de azufre y nitrógeno; los componentes inorgánicos corresponden con diversos compuestos presentes en la ceniza (Bolaños, 2021) Debido a su gran aprecio energético esto significaba conocer sus propiedades físicas y químicas, su evolución geológica, su constitución interna y su lugar dentro del «orden» del reino mineral. (Vega y Ortega, 2017).

La investigación de World Coal Association (2020) nos refiere que los depósitos de carbón se han originado por la acumulación de materia vegetal, que ha sufrido cambios físicos y químicos, producidos por la descomposición de la materia orgánica, enterramiento por sedimentación, compactación y la transformación de los restos de plantas en la roca sedimentaria llamada carbón, donde intervienen activamente dos elementos que son: presión y temperatura.

El proceso geoquímico que transforma la materia vegetal en carbón es denominado carbonización, que incluye un proceso que pasa de vegetación a turba, lignito, carbón subbituminoso, carbón bituminoso y por último antracita.

Carrascal, Matos y Silva, (2020) Los depósitos de carbón en el Perú se han formado en cuencas continentales que pertenecen al Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico, presentando condiciones particulares durante su deposición. Todos los carbones peruanos son de origen húmico y autóctono (in situ) Carrascal, Matos y Silva, (2020) en su investigación Carbón en el Perú menciona que Históricamente en el Perú se han explotado los yacimientos de carbón de manera artesanal y a pequeña escala. La década del 50 fue la época de mayor auge para la minería de carbón, llegando a exportar carbón a Francia y Argentina. Siendo la antracita peruana el mejor carbón reconocido y considerado de buena calidad, se emplea en las funciones e industrias metalmeccánica, se vende y utiliza de acuerdo a su granulometría.

En la actualidad el carbón como fuente de energía no se consume en gran volumen en el Perú por lo que su producción siempre se ha dado a nivel artesanal, pero entre los años cuarenta y sesenta tuvo un auge con la explotación de los depósitos “La Pallasca” y “La Galgada” ubicadas en Distrito de Chuquicara, Ancash. De tal forma que los principales

consumidores del “carbón de piedra” han sido las poblaciones aledañas a los depósitos para consumo doméstico, por lo costoso del transporte por tierra, su costo de concentración y poca ganancia, su utilización en la industria nacional es de poca envergadura. (Quiroz, 2019).

Las principales reservas de carbón en el Perú, según el Ministerio de Energía y Minas (Minem, 2003), se ubican en las regiones de La Libertad, Áncash, Lima y Cajamarca. Cabe destacar que las reservas de carbón consignadas son en su mayoría de antracita, carbón bituminoso y subbituminoso, siendo de interés para la investigación las reservas de Cajamarca: Los principales yacimientos de carbón se ubican en Chota, Hualgayoc, San Marcos, Cajamarca. Al 2003 se registraron seis unidades mineras con operaciones en Chalamarca, Bambamarca, Gregorio Pita, San Juan y Cospán. Los concesionarios registrados tienen reservas que varían entre 500 y 135.000 toneladas. (Rojas-Delgado, 2008).

Algunos depósitos de carbón en el Perú están asociados con las facies de cuenca del grupo Goyllarisquizga, grupo de rocas sedimentarias el cual aflora ampliamente en el departamento de Cajamarca.

El Grupo Goyllarisquizga de edad del Cretáceo inferior está constituido por las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat. Dentro de este grupo las capas de carbón ocurren fundamentalmente en la Formación Chimú (Valanginiano inferior) en los niveles inferiores e intermedios y en forma esporádica en las formaciones Carhuaz y Farrat. (Carrascal, Matos y Silva, 2020).

En los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba existen ocurrencias de depósitos minerales metálicos y no metálicos, distribuidos indistintamente en rocas sedimentarias, volcánicas e intrusivas. Los primeros, están relacionados con mineralización de Pb, Ag, Zn, Cu, Au, Mo y los segundos con mantos de carbón.

En la región Cajamarca existe un considerable potencial de carbón antracita, localizado en 4 provincias de la región. Cajamarca Chota, Contumaza, Hualgayoc, Actualmente, se viene explotando esta sustancia abastecer la demanda de los usuarios productores de cal y cerámicos y otros tanto locales y regionales Campo (2011), INGEMMET.

La producción del carbón mineral se ha localizado en tres provincias de Cajamarca, de la cual el mayor volumen de producción es de tipo bituminoso a cargo de un solo productor formal que explota en la provincia de San Marcos. Mientras que el carbón antracítico, está circunscrito al consumo de las empresas caleras y ladrilleras, las primeras mayormente se encuentran en la provincia de Hualgayoc (Bambamarca) y las otras en Cajamarca. También esta sustancia energética es usada por los artesanos para el quemado de sus productos. La extracción de carbón mineral está en manos de productores informales que en número son más que los formales. (Díaz, Carpio y Ramírez, 2015).

Las cuencas de Cajamarca, Chiclayo y Alto Pativilca constituyen zonas de interés para realizar exploraciones por carbón antracítico, Asimismo, en la zona de Cajamarca que probablemente contenga depósitos de carbón de rango bituminoso. (Carrascal, Matos y Silva, 2020).

Según INGEMMET (2021) La concesión Vicente Amadeo, ubicada en el distrito de Gregorio Pita, Provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca, se presentan

afloramientos de rocas clásticas y no clásticas, pertenecientes al grupo Goyllarisquizga del cretáceo inferior, así mismo según las características estructurales, el área de estudio estaría siendo controlado por pliegue de tipo anticlinal, con el eje en las areniscas de la Formación Chimú.

En este sentido, el área en mención se convierte en una zona atractiva para realizar nuestro estudio ya que actualmente se presenta un problema en cuanto a la carencia de información geológica a detalle que permita identificar, a partir de estos estudios, zonas propensas al emplazamiento de cuerpos mineralizados de carbón, las cuales deben ser estudiadas y evaluadas buscando su aprovechamiento económico y social en el área de influencia.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Cuáles son las características geológicas, estructurales y mineralógicas de los mantos de carbón en la concesión minera Vicente Amadeo, Distrito de Gregorio Pita, Provincia de San Marcos, Departamento de Cajamarca?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 General**

- Determinar las características geológicas, estructurales y mineralógicas presente en la concesión minera Vicente Amadeo, Distrito de Gregorio Pita, Provincia de San Marcos, Departamento de Cajamarca.

### **1.3.2 Especifico**

- Identificar las unidades lito estratigráficas que presentan la concesión minera Vicente Amadeo.

- Identificar estructuras tales como fallas y pliegues presentes en la concesión minera Vicente Amadeo.
- Determinar las zonas con potencial de carbón en la concesión minera Vicente Amadeo.
- Realizar del muestreo rock chip en los mantos de carbón en la concesión minera Vicente Amadeo.

#### **1.4 Hipótesis**

Las características geológicas, estructurales y mineralógicas de la concesión minera Vicente Amadeo, conllevan a que se den los medios óptimos para que la zona este albergando algún tipo de mineralización de carbón, por tal se presume que el área de estudio es propensa al emplazamiento de algún cuerpo con importancia mineralógica (carbón), por ende se plantea elaborar un estudio geológico, estructural y mineralógico del área en mención, así mismo el estudio permitirá determinar el potencial geológico minero de la concesión Vicente Amadeo, Distrito de Gregorio Pita, Departamento de Cajamarca.

## **CAPÍTULO II. MÉTODO**

### **2.1. Tipo de investigación**

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo; porque se centró en el análisis y medición numérica de los datos recogidos para contestar la pregunta de investigación y probar la hipótesis establecida (Ruiz, 2011).

El tipo de investigación fue aplicado porque los resultados obtenidos tuvieron el propósito de resolver el problema de investigación; de alcance correlacional porque tuvo el propósito de comprender la relación o asociación que puede haber entre dos o más variables; de diseño no experimental porque la investigación se basó fundamentalmente en la observación de los hechos sin manipularlos para luego analizarlos; y de corte transversal porque se recopiló datos en un momento único (Oblitas, 2018).

### **2.2. Población y muestra**

Población: Afloramientos rocosos de la concesión minera Vicente Amadeo de 2000 m x 2000 m que abarca una superficie de 400 hectáreas.

Muestra: 11 Estaciones de control geológico, estructural y mineralógico de la concesión minera Vicente Amadeo.

### **2.3. Materiales, instrumentos y métodos**

#### **2.3.1. Materiales**

##### **2.3.1.1. Materiales para Gabinete**

Laptop Lenovo Core i5

SOFTWARES: Microsoft Word, Microsoft Excel y ArcGis 10.3

Carta geológica: 15g



Papel bond A4

### 2.3.1.2. Técnicas e instrumentos

#### 2.3.2.1. Técnicas

La técnica empleada es la observación. Esta es fundamental en la investigación, pues en ella nos sustentamos para obtener el mayor número de datos e información.

#### 2.3.2.2. Instrumentos

**Ficha de Observación macroscópica de muestras:** Se aplicaran en la clasificación del tipo de rocas que afloran en la zona de estudio, y servirá para nombrar la roca según sus características petrológicas, texturales, estructurales y composición.

**Ficha de observación estructural:** Se aplicara en la elaboración del Plano Geológico Estructura y cálculo de paleo esfuerzos, servirá para tener la base de datos documentada de las diferentes estructuras Geológicas (fallas, fracturas, pliegues, etc.) presentes en la zona de estudio.

**Cuaderno de campo:** se anotó los datos de campo de las estaciones de control.

### 2.3.2. Materiales para Campo

**Libreta de campo:** en la cual se anotara las distintas estaciones de control con sus respectivas coordenadas y cotas, las cuales describirán las características geológicas, estructurales y ubicación de zonas mineralizadas.

**Brújula Brunton:** se obtendrá la dirección de estructuras geológicas, rumbos y buzamientos in situ de zonas de contacto, estratos, fallas y diaclasas, etc., Se utilizara el “método de la mano derecha” para la toma de datos y para el

control de calidad se compara dos o más brújulas para el trabajo de campo y busca de mejor precisión.

**Picota:** utilizado para la obtención de muestras, clasificación según la dureza del tipo de roca.

**GPS:** tipo Garmin, nos proporciona las coordenadas UTM para la ubicación correcta de cada punto de cartografiado los cuales serán tomados en el sistema WGS 84, zona 17s. Para posteriormente ser plasmados directamente en el plano topográfico y luego contornearlos en función a sus características litológicas y estructurales.

**Lupa 30 aumentos:** sirve para observar el aumento de la textura y estructura de la roca y describir macroscópicamente las características petrológicas y mineralógicas de las rocas aflorantes en la zona de investigación.

**Protactor:** sirve para orientar, medir y plasmar las distintas estructuras geológicas en el plano topográfico.

**Rayador:** sirve para diferenciar según dureza y color de raya los diferentes tipos de minerales y rocas.

**Flexo metro:** de 3 a 5m sirve para medir la potencia de los estratos y las diferentes estructuras geológicas presentes en campo.

**Ácido clorhídrico al 10%:** sirve para diferenciar rocas clásticas de carbonatadas, como también para identificar de minerales con contenido de carbonatos.

**Plano topográfico:** a la escala 1/10000 en donde se contorneara la geología de la zona de estudio, se cartografiara las distintas estructuras geológicas y zonas mineralizadas.

**Otros:** Colores, Plumón indeleble, Bolsa para muestra, Cámara fotográfica digital.

### 2.3.3. Métodos

En este trabajo de investigación los métodos utilizados se han agrupados en dos categorías: los métodos lógicos (deducción, análisis, sistémico) y los métodos empíricos (observación, experimentación).

Los primeros se basan en el razonamiento de dar una explicación a la generación de fallas y fracturas. Los segundos tratan de la experimentación, para su comprobación de los acontecimientos geológicos, acompañados por las observaciones de campo.

## 2.4. Procedimiento

### 2.4.1. Etapa Preliminar de Pre Campo Gabinete

En esta etapa se revisó la información que existe sobre el tema de investigación y el área de estudio o de las zonas aledañas. Para conocer lo primero que se ha mencionado revisamos diferentes estudios sobre el origen y formación del Carbón, y para conocer sobre el área de estudio usamos la plataforma del INGEMMET y el Boletín sobre Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba.

Además, descargamos imágenes satelitales del Google Earth para el plano de ubicación; también, se elaboraron los planos de la zona para usarlos en campo, empleando el software ArcGIS 10.3 y la plataforma del GEOCATMIN para

descargar los shapefiles de la concesión; realizamos un plano topográfico y dos geológicos con escala en 1:10000 para el plano regional y 1:7500 para el plano local. Renato Además de son consulta la base de datos de Scopus, Redaly, Scielo, Ebsco, Alicia.

**Tabla 1.** Estudios seleccionados para la investigación

<i>BASE DE DATOS</i>	<i>ESTUDIOS</i>	<i>AUTOR(ES)</i>	<i>AÑO</i>	<i>IDIOMA</i>	<i>REVISTA</i>
<i>GOOGLE ACADÉMICO</i>	<i>CARBÓN EN EL PERÚ</i>	<i>Carrascal, R. &amp; Matos, C &amp; Silva, O</i>	<i>2000</i>	<i>Español</i>	<i>INGEMMET</i>
<i>GOOGLE ACADÉMICO</i>	<i>LA FORMALIZACIÓN DE LA MINA DE CARBÓN MRP DEL DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD Y SU INCIDENCIA EN LA EXPORTACIÓN DE CARBÓN ANTRACITA AL MERCADO DE TURQUÍA, 2015</i>	<i>Rodríguez, R &amp; Velásquez P</i>	<i>2016</i>	<i>Español</i>	<i>Tesis</i>
<i>GOOGLE ACADÉMICO</i>	<i>EVALUACIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN EN LA EXTRACCIÓN DE CARBÓN DE PIEDRA EN LA MINA TUCO – BAMBAMARCA</i>	<i>Infante, N.</i>	<i>2019</i>	<i>Español</i>	<i>Tesis</i>

<i>GOOGLE</i>	EXPLORACIÓN	DEL	<i>Mendiola, A.</i>	2013	<i>Español</i>	<i>Investigación</i>
<i>ACADÉMICO</i>	CARBÓN ANTRACITA:		<i>Aguirre, C.</i>			
	VIABILIDAD	DEL	<i>Chero, Y.</i>			
	YACIMIENTO HUAYDAY-		<i>Churampi, N.</i>			
	AMBARA		<i>Quispe, J.</i>			
			<i>Sedano, R.</i>			
<i>GOOGLE</i>	GEOLOGÍA	Y	<i>Arana, J.</i>	2015	<i>Español</i>	<i>Tesis</i>
<i>ACADÉMICO</i>	EXPLORACIÓN	DEL				
	CARBÓN MINA CHIMÚ-					
	LA LIBERTAD- PERÚ					
<i>GOOGLE</i>	MINERÍA ACTUAL	DEL	<i>Giraldo, E.</i>	2008	<i>Español</i>	<i>Artículo</i>
<i>ACADÉMICO</i>	CARBÓN EN EL NORTE		<i>Blas, W</i>			<i>Científico</i>
	DEL PERÚ					
<i>GOOGLE</i>	GEOMORFOLOGÍA	DEL	<i>Alcántara, G.</i>	2011	<i>Español</i>	<i>Investigación</i>
<i>ACADÉMICO</i>	DEPARTAMENTO	DE				
	CAJAMARCA					
<i>GOOGLE</i>	ESTUDIO GEOLÓGICO		<i>Díaz, A. &amp;</i>	2015	<i>Español</i>	<i>INGEMMET</i>
<i>ACADÉMICO</i>	ECONÓMICO DE ROCAS Y		<i>Carpio, N. &amp;</i>			
	MINERALES		<i>Ramirez, J.</i>			
	INDUSTRIALES EN LA					
	REGIÓN DE CAJAMARCA					
<i>GOOGLE</i>	GEOLOGIA	DE	<i>Reyes, L.</i>	1980	<i>Español</i>	<i>INGEMMET</i>
<i>ACADÉMICO</i>	CUADRANGULOS	DE				
	CAJAMARCA, SAN					
	MARCOS Y CAJABAMBA					
<i>GOOGLE</i>	ESTIMACIÓN	DE	<i>Baldeon, T.</i>	2015	<i>Español</i>	<i>Tesis</i>
<i>ACADÉMICO</i>	POTENCIAL DE CARBÓN					

---

EN LAS CONCESIONES

CAMINANTES 1 Y 2

ANCASH

---

*Nota: Los 10 estudios seleccionados para la investigación encontrados en la base de datos de Google Académico. Fuente: Propia (2021).*

#### **2.4.2. Etapa de Campo**

Coe (2010) señaló que antes de salir al campo, es necesario: evaluar cualquier problema de seguridad, obtener permiso para visitar el área y ensamblar todo el equipo de campo que pueda necesitar, por ejemplo:

La lupa, fue un equipo esencial para la observación detallada de todo tipo de rocas; la brújula se utilizó para medir la orientación de planos geológicos y lineamientos con respecto al norte y el buzamiento; los sistemas de posicionamiento global (GPS); El flexo metro con la que medimos el espesor y la distancia; la picota fue necesaria para la recolección de muestras como para crear superficies frescas para que se pudiera describir la roca y los minerales que contiene y un cuaderno de campo donde registramos los datos y dibujamos las superficies.

Durante el desarrollo del trabajo en campo, en primer lugar, se realizó un reconocimiento general de la zona de estudio, se utilizó el GPS para la obtención de coordenadas en la ubicación de las estructuras y de los afloramientos, además, se registró los puntos de donde se consiguieron las muestras realizando mediante rock chip, Asimismo, se identificó las distintas litologías mediante el reconocimiento mesoscópico de las muestras utilizando la clasificación de Dickinson, se midió el azimut y buzamientos de las estructuras y la estratificación haciendo uso de la brújula Brunton para la toma de datos de azimut, buzamiento, trend y plunge.

Se recorrió el área de estudio para la identificación de estructuras regionales, tales como pliegues, fallas y fracturas, siendo indispensable la determinación de la posición estratigráfica de las unidades y su orientación a fin de determinar la presencia de anticlinales, sinclinales y sus ejes. Por otro lado se identificó la presencia de fracturas que son indicadores de zonas extensionales que permiten la depositación de la mineralización.

Se realizó el cartografiado geológico por el método de los perfiles a fin de recorrer el área de estudio con secciones de orientación NE – SW, realizando la toma de datos por cada Kilómetro no lineal.

#### **2.4.3. Etapa de Post Campo**

Los datos de las mediciones de rumbos y buzamiento de estructuras como: estratos, fallas, fracturas, sinclinales, anticlinales fueron transferidos al programa Excel 2013, para que puedan ser trabajadas con el software ARCGIS 10.1 y así elaborar los mapas de ubicación geológicos, topográficos y estructurales.

Los datos de rumbos y buzamientos de las fallas y fracturas fueron tratados en el programa Excel 2013 para luego trasladarlo al programa ArcGis, y de esa forma evidenciar las estructuras formadas por eventos tectónicos.

Además, se procedió a enviar las dos muestras de mineral de carbón al laboratorio para su análisis y conocer el poder calorífico y % de: humedad, volátiles, cenizas, azufre y carbón fijo. Finalmente, se hizo una comparación con lo investigado anteriormente.

## 2.5. Aspectos éticos

Principio de Justicia: que consistió en un adecuado trato a los pobladores de la zona y contando con los permisos pertinentes se procedió a la toma de datos respetando los sembríos y terrenos aledaños al área de estudio, se informó al teniente alcalde acerca de la realización del estudio. Además se referencio a los autores citados en la presente investigación a fin de respetar los derechos de autor pertinente. Por otro lado se da fe de que la toma de datos, la recopilación de información y el análisis de las muestras se realizaron utilizando los protocolos adecuados.

## 2.6 Generalidades

### 2.6.1. Ubicación Geográfica

La zona de estudio se encuentra ubicada en la parte Noreste del Cuadrángulo de San Marcos hoja (15-g), a una altitud entre los 3050 y 3625 m. s. n. m entre el centro poblado de Illuca y la quebrada las Ocas. La concesión minera Vicente Amadeo, está constituida por 400 hectáreas, con la posición geográfica delimitada por las siguientes coordenadas.

**Tabla 2.** Coordenadas de la zona de estudio

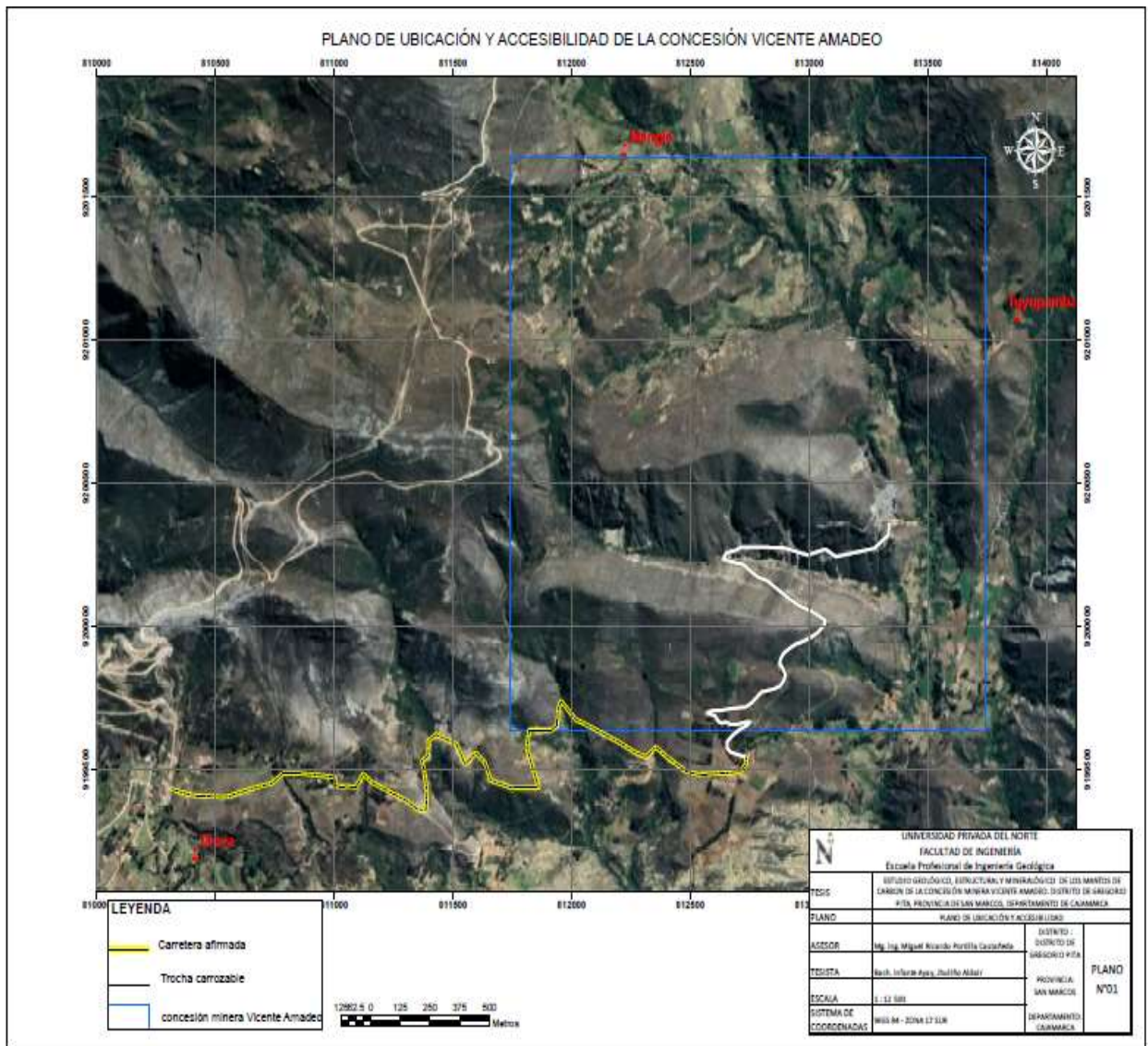
Vértice	Norte	Este
1	9,201,637.99	813,743.01
2	9,199,638.00	813,743.00
3	9,199,637.98	811,743.04
4	9,201,637.97	811,743.04

Nota: El sistema de coordenadas empleado es UTM –WGS84,  
zona 17S. Fuente: Propia (2021).



## 2.6.2. Ubicación política

El área de estudio comprende principalmente los cerros Casadero y Redondo, se encuentra ubicada en el C.P de Illuca, Distrito de Gregorio Pita, Provincia de San Marcos y Departamento de Cajamarca (Zona 17).



**FIGURA 1. PLANO DE UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD DE LA CONCESIÓN VICENTE AMADEO**

### 2.6.3. Accesibilidad

El lugar donde se realiza el estudio de campo presenta la siguiente accesibilidad.

**Tabla 3.** Accesibilidad a la zona de estudio

<b>RUTA</b>	<b>TIPO CARRETERA</b>	<b>TIEMPO (horas)</b>
Ciudad de Lima – Ciudad de Cajamarca	Asfalto (Panamericana Norte)	14
Ciudad de Cajamarca – Distrito de Matara	Asfalto (Carretera 3N)	1.5
Distrito de Matara – Cruce al centro poblado Manzanilla	Asfalto	0.25
Cruce al centro poblado Manzanilla – Centro Poblado Illuca	Afirmado	0.75
Centro Poblado Illuca – Proyecto Minero	Trocha carrozable	0.25
<b>TOTAL</b>		<b>16.75</b>

Nota: Ruta de acceso a la zona de estudio desde la ciudad de Lima. Fuente: Propia (2021).

### 2.6.4. Clima

Los principales parámetros climáticos que definen o caracterizan el clima de un área determinada son los siguiente: precipitación, temperatura, humedad relativa y evaporación; éstos son los de mayor importancia en cuanto a la tipificación o caracterización de la climatología del área del proyecto. Estos parámetros provienen de los registros históricos de la estación meteorológica seleccionada, ésta es administrada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI, 2021).

Para el análisis y evaluación de las características meteorológicas y clima, se han considerado los registros y datos de la Estación Meteorológica de “SONDOR - MATARA” ubicada en el distrito de Gregorio Pita, Provincia de San Marcos, Departamento de Cajamarca, por ser la que se encuentra más próxima al proyecto y presentar características

similares al área de estudio. Los datos meteorológicos analizados, para el desarrollo del presente proyecto, son: Precipitación Total Mensual (mm), Temperatura Media Mensual (°C), Humedad Relativa Media Mensual (%).

**Tabla 4.** Ubicación de la estación meteorológica SONDOR – MATARA

Estación	Tipo	Departamento	Provincia	Distrito	Este	Norte	Altitud
SONDOR –	Convencional	Cajamarca	San	Gregorio	807829.6	9199121.5	2908
MATARA			Marcos	Pita			m.s.n.m

Nota: la distancia desde el punto de ubicación de la estación meteorológica y el área de estudio es de 5.25 Fuente: Servicio de Meteorología e hidrología del Perú (SENAMHI, 2021).

De acuerdo a la evaluación climatológica, los factores más importantes del clima son generalmente la altitud y la latitud, ellos definen las características particulares del clima, el efecto orográfico y las amplias oscilaciones de temperatura y los fuertes vientos. La estación “SONDOR – MATARA” se encuentra a una distancia en línea recta aproximada 5.25 km.

### **Precipitación mensual y promedio Anual**

El comportamiento estacional de la precipitación de la estación considerada en el presente estudio, de acuerdo a los períodos de lluvia, invierno y meses de transición, se describe a continuación:

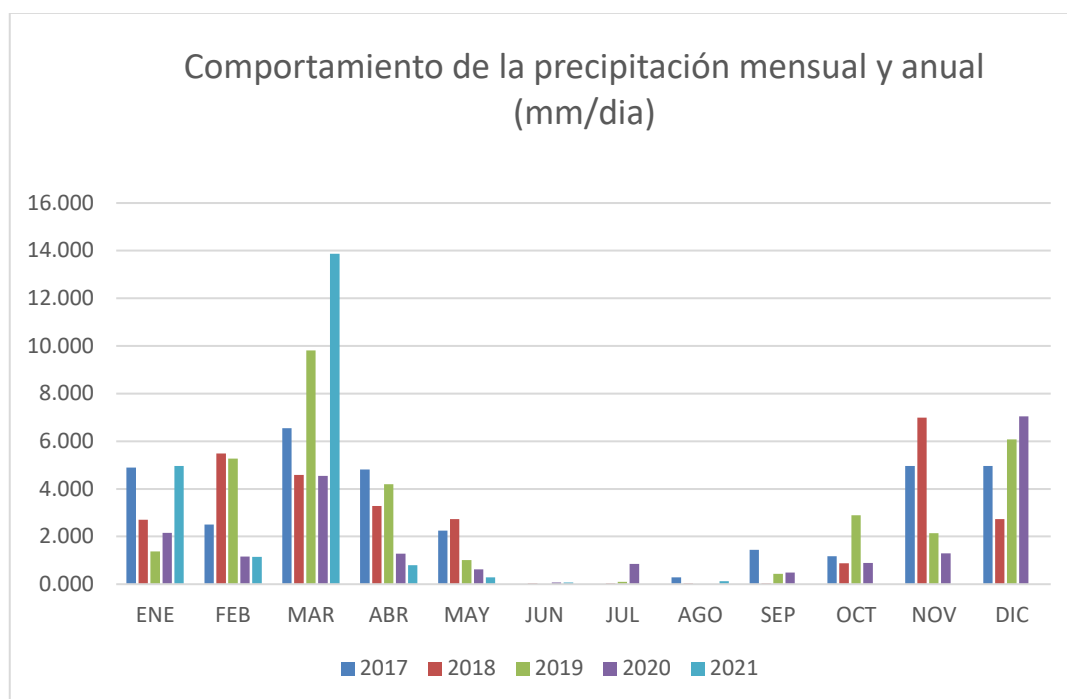
El período de lluvias de mayor magnitud comienza a partir del mes de octubre y se prolonga hasta mayo.

El período seco (invierno), comprende los meses de junio, julio y agosto y la precipitación promedio anual mínima es de 1.70 mm/día y máxima de 2.820 mm/día.

**Tabla 5.** Precipitación Mensual y anual promedio (mm/día), periodo (2017- 2021)

Precipitación (mm/día)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM. ANUAL
2017	4.890	2.510	6.550	4.820	2.245	0.000	0.000	0.290	1.436	1.180	4.958	4.958	<b>2.820</b>
2018	2.700	5.485	4.587	3.283	2.726	0.037	0.026	0.026	0.026	0.873	6.991	2.735	<b>2.458</b>
2019	1.377	5.278	9.819	4.197	1.019	0.000	0.093	0.000	0.43	2.894	2.140	6.084	<b>2.778</b>
2020	2.149	1.159	4.543	1.283	0.623	0.077	0.845	0.000	0.483	0.890	1.300	7.048	<b>1.700</b>
2021	4.964	1.146	13.871	0.793	0.284	0.070	0.000	0.119					<b>2.641</b>
<b>Precipitación Promedio año 2017 - 2021</b>													<b>2.479</b>

Nota: datos de la precipitación promedio anual de la estación meteorológica SONDOR – MATARA Fuente: Servicio de Meteorología e hidrología del Perú (SENAMHI, 2021).



**Figura 2.** Comportamiento mensual y por año de la precipitación (mm/día). Fuente: Propia (2021).

### Temperatura media mensual y promedio anual

Las temperaturas medias mensuales son bastante homogéneas a lo largo del año, es decir no se presentan diferencias significativas entre cada mes. De la información de temperatura registrada en la estación “SONDOR – MATARA” - para el periodo enero 2017 – diciembre 2021, se desprende el siguiente cuadro:

**Tabla 6.** Temperatura media mensual y promedio anual (°C), periodo (2017- 2021)

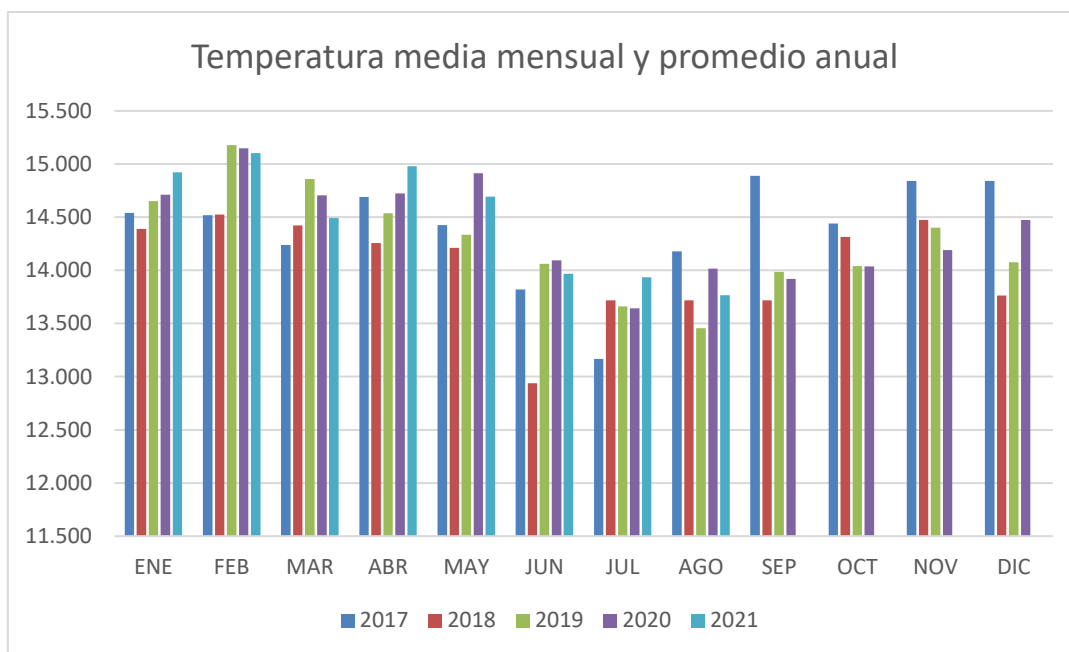
Temperatura Promedio (°C)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM. ANUAL
2017	14.540	14.520	14.240	14.690	14.424	13.820	13.166	14.180	14.890	14.440	14.842	14.841	14.383
2018	14.388	14.526	14.423	14.257	14.213	12.938	13.719	13.719	13.719	14.315	14.474	13.763	12.839
2019	14.652	15.177	14.859	14.537	14.335	14.062	13.661	13.455	13.987	14.039	14.401	14.077	14.270

<b>2020</b>	14.710	15.147	14.704	14.725	14.913	14.093	13.644	14.016	13.920	14.038	14.190	14.474	<b>14.381</b>
<b>2021</b>	14.923	15.104	14.492	14.978	14.694	13.967	13.934	13.767					<b>11.020</b>

Temperatura Promedio año 2017 - 2021

**13.379**

Nota: datos de la temperatura mensual y promedio anual de la estación meteorológica SONDOR – MATARA Fuente: Servicio de Meteorología e hidrología del Perú (SENAMHI, 2021)



**Figura 3.** Comportamiento mensual y por año de la temperatura (°C). Fuente: Propia (2021).

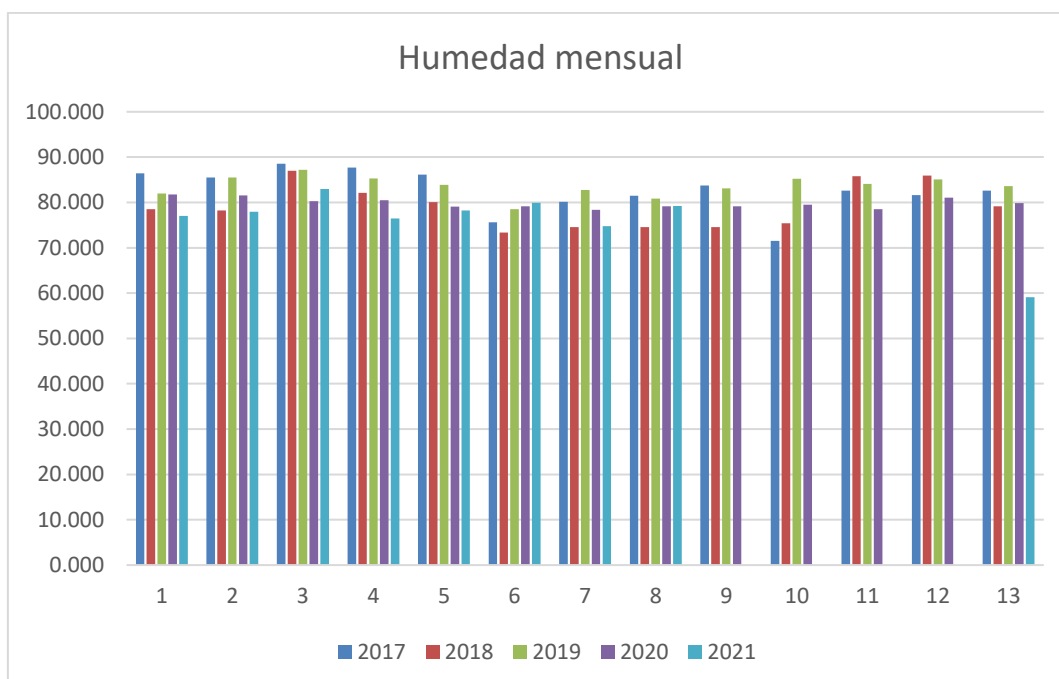
### 2.6.5 Humedad media mensual y promedio anual

A Continuación, se muestra la humedad relativa media mensual de la estación de SONDOR – MATARA, donde se puede observar que la tendencia de la humedad relativa empieza a incrementarse en el mes de Noviembre hasta llegar a su pico máximo en marzo y luego desciende.

**Tabla 7.** Humedad, periodo (2017- 2021)

AÑO	Humedad												PROM. ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
2017	86.400	85.540	88.520	87.720	86.164	75.614	80.148	81.464	83.723	71.496	82.641	81.641	<b>82.589</b>
2018	78.541	78.217	86.965	82.120	80.077	73.347	74.577	74.577	74.577	75.396	85.796	85.939	<b>79.177</b>
2019	81.987	85.542	87.229	85.330	83.919	78.513	82.745	80.877	83.077	85.210	84.070	85.094	<b>83.633</b>
2020	81.787	81.534	80.262	80.506	79.100	79.170	78.406	79.129	79.120	79.493	78.520	81.087	<b>79.843</b>
2021	77.035	77.936	82.981	76.450	78.206	79.950	74.806	79.209					<b>59.070</b>
<b>Humedad Promedio año 2017 - 2021</b>												<b>76.862</b>	

Nota: datos de la humedad mensual y promedio anual de la estación meteorológica SONDOR – MATARA Fuente: Servicio de Meteorología e hidrología del Perú (SENAMHI, 2021)



**Figura 4.** Comportamiento mensual y por año de la Humedad. Fuente: Propia (2021).

### **2.6.6. Flora**

Para la evaluación de la flora del área, se tomaron en consideración las diferentes comunidades vegetales, presentes en el área de la actividad minera. La evaluación tomó en cuenta los aspectos fisonómicos y la composición de especies de cada una de las formaciones vegetales, las cuales se diferenciaron en campo por observación directa y se evaluó la distribución de cada una de ellas mediante un mapa de coberturas vegetales.

### **2.6.7 Método de Muestreo Flora.**

Para evaluar la flora existente en las estaciones de muestreo se tomó como método de muestreo el transecto lineal o línea de interacción (método de Canfield), que consiste en realizar observaciones sobre líneas extendidas a través de la vegetación.

Se determinó un transecto rectangular de 50x20m de donde se extrajo la información de las diferentes especies existentes. En esta sección se presenta información sobre la diversidad biológica de flora en el área de la unidad minera. Cabe recalcar que esta información está basada en observaciones realizadas en campo, información brindada por la población local e información bibliográfica.

### **2.6.8 Formaciones Vegetales**

En el área de la unidad minera se han identificado las siguientes formaciones vegetales: Matorral, Roquedal, Campos de cultivo y Área perturbada. Cabe resaltar que todas estas formaciones vegetales fueron evaluadas tanto por la fisonomía de la vegetación, como por su composición florística.

#### **Matorral**

Está conformado predominantemente por vegetación arbustiva y subarbustiva de porte bajo y medio dispuesto de manera abierta o regularmente densa; asociada a esta vegetación



crecen helechos y hierbas de poca tendencia heliófila. En los espacios abiertos crecen pastos y hierbas rastreras.

La presencia de follaje perenne, en esta formación vegetal, dependen de la mayor humedad del suelo, por lo que suele ocurrir cerca a puntos por donde se producen filtraciones o escorrentía de las precipitaciones pluviales.

### **Roquedal**

En el área de estudio las formaciones rocosas se suelen encontrar por encima de los 3100 msnm, la vegetación que crece entre las rocas suele ser diversa y de características particulares que incluso no podrían subsistir alejadas de ellas, esto debido principalmente a que entre las rocas se suele depositar una mayor cantidad de humus y de humedad, además de la protección y sombra que reciben de ellas.

### **Campos de cultivo**

Está compuesta por parcelas usadas para el cultivo las cuales por lo general se encuentran rodeadas de algunos árboles de eucalipto.

### **Área perturbada**

Terrenos que presentan una cobertura vegetal distinta a la que originalmente presentaban y que corresponden a áreas que fueron desbrozadas ya sea para cultivos u otros fines y que al ser abandonadas fueron cubiertas por plantas colonizadoras y/o invasoras.

### **Fauna**

La fauna característica se encuentra asociada a las unidades vegetales, las cuales permiten el establecimiento de aves, mamíferos y anfibios, principalmente.

### **2.6.9 Geomorfología**

El área de estudio se encuentra emplazada dentro de la Cordillera Occidental, originada por procesos Epiro – orogénicos y por la acción erosiva de los diferentes ciclos

morfoestructurales, los cuales han sido influenciados por fuerzas endógenas y exógenas, las cuales gracias a los agentes modeladores del relieve como el agua, el viento, el clima y factores bióticos han construido el relieve actual, en el cual se pueden distinguir diferentes unidades geomorfológicas, cuyas altitudes van desde 3050 – 3625 msnm.

### **3.7.3 Unidades geomorfológicas:**

Según INGEMMET (2021), en la concesión minera Vicente Amadeo se presenta la unidad geomorfológica: montañas y colinas estructurales en roca sedimentaria.

Esto se puede corroborar en el sector, en el cual predomina un relieve de tipo colinado a montañoso, con grados de inclinación que varía desde 10° a 35°, originado en rocas sedimentarias de tipo clásticas, areniscas de la Formación Chimú, también se presentan lomadas con grados de inclinación que varía desde 5° a 10° en rocas menos competentes como son las areniscas arcillosas de la Formación Carhuaz y en depósitos tipo coluviales ubicados en las laderas.

#### **Colina**

Una colina es una elevación natural del terreno con desnivel inferior a 300 m, cuyas laderas se inclinan en promedio con valores superiores a 16% de pendiente. Alcántara, G. (2011)

En la zona de estudio se observa un relieve colinado, principalmente originado por la acumulación de sedimentos en las laderas de los cerros y en las zonas de quebradas.

#### **Montaña**

Es la unidad o componente de cualquier cadena montañosa y se define como gran elevación natural del terreno, de diverso origen, con más de 300 metros de desnivel, cuya cima puede ser aguda, sub aguda, semi redondeada, redondeada o tabular y cuyas laderas regulares, irregulares o complejas, presentan un declive promedio superior al 30 % (FAO, 1968)

En las partes alta de los cerros que se presentan en el área de estudio se observa este tipo de relieve montañoso, estos presentan laderas con pendientes abruptas, superficies inclinadas de que varían desde  $65^{\circ}$  -  $80^{\circ}$ , principalmente controlados por el Anticlinal presente en la zona y sumado al grado de resistencia de la roca que aflora en el sector, la cual está representada por areniscas de la Formación Chimú.



**Figura 5.** Relieve Montañoso y Colina, zona Norte de la Concesión Minera Fuente: Propia (2020).

#### 2.6.10 Hidrología

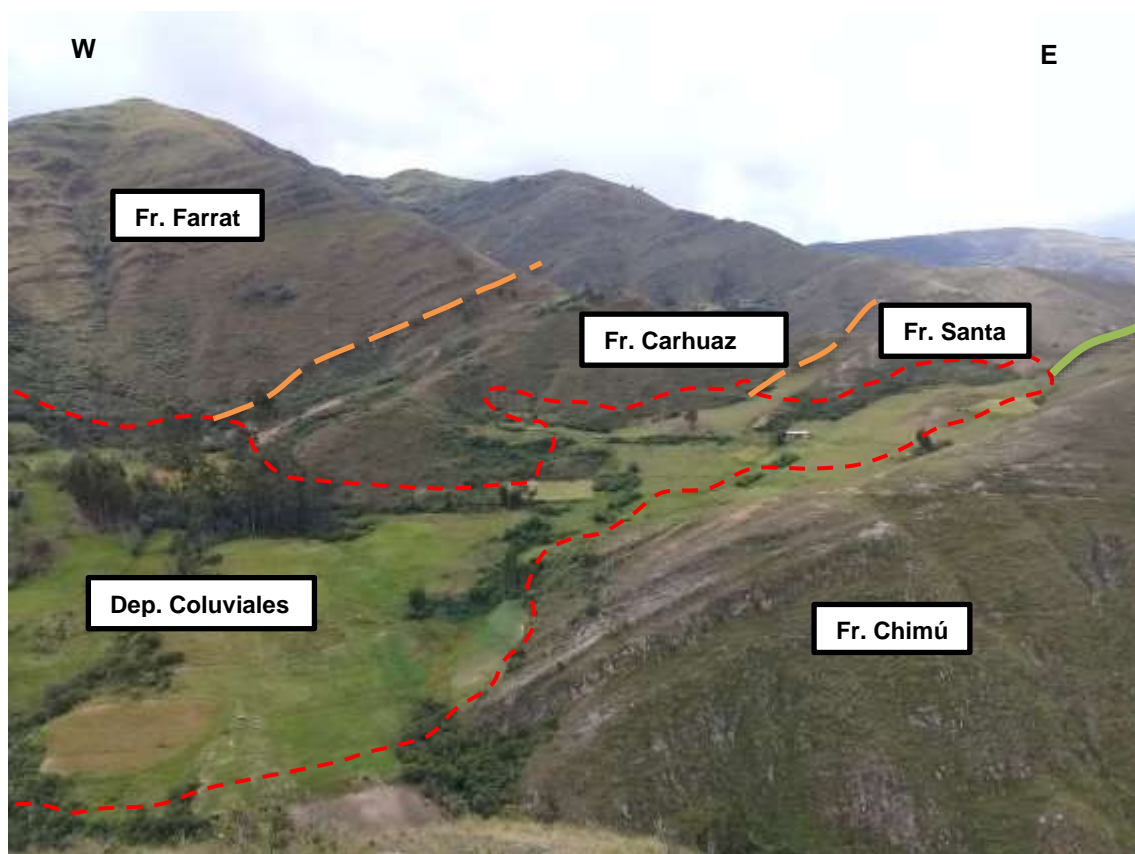
Al Este de la concesión se presenta la Quebrada Ocas, la cual desemboca en el Río mayor, el cual aguas abajo da lugar la formación del río Cajamarca

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

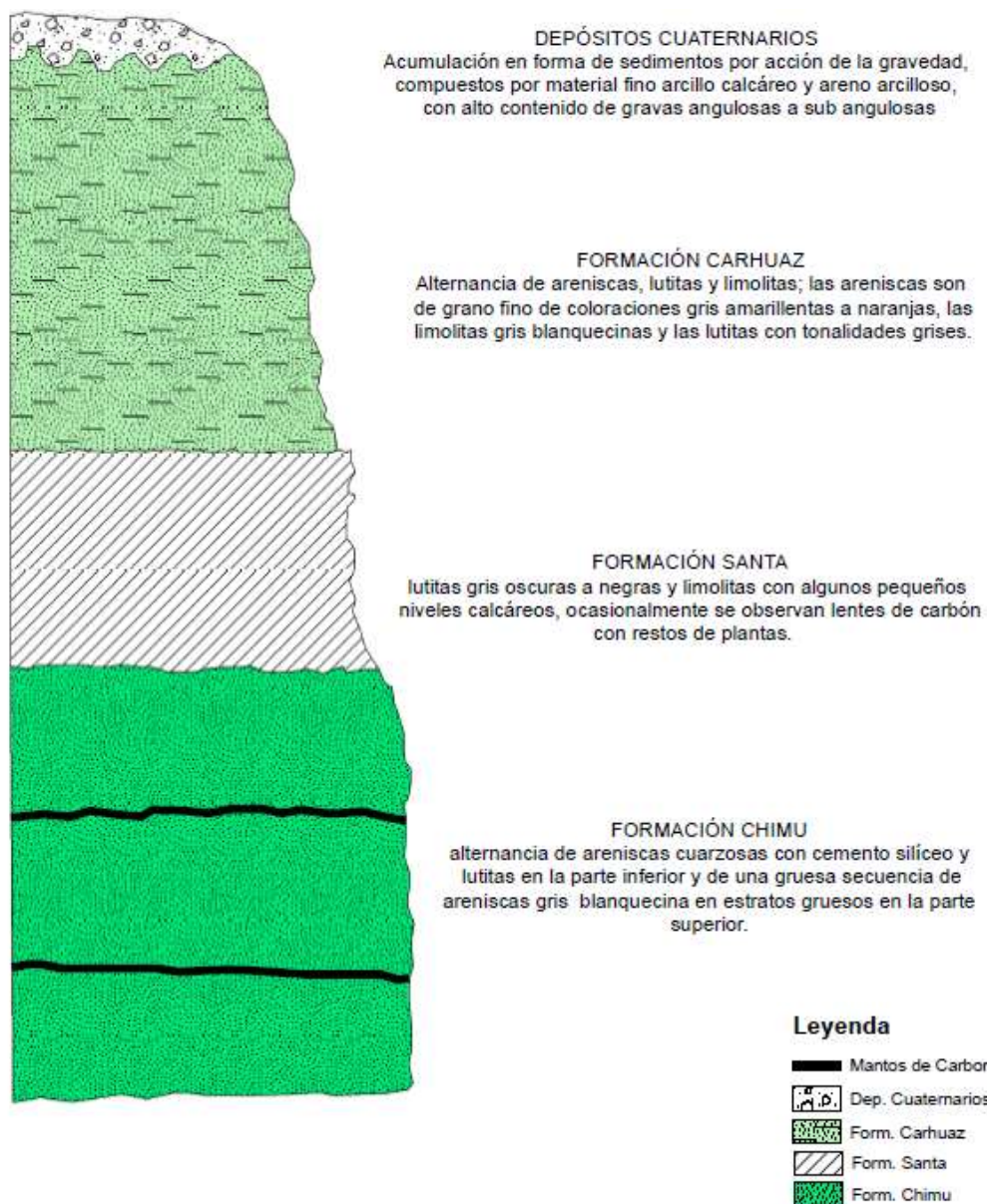
### 3.1 Geología local

En la zona de estudio afloran formaciones de rocas clásticas y no clásticas del cretáceo inferior, iniciando la secuencia con areniscas cuarzosas de la Formación Chimú, subyaciendo esta ha estratos de arcillas grises azulinas de la Formación Santa y finalizando la secuencia con areniscas intercaladas con limos y arcillas de la Formación Carhuaz todas pertenecientes al grupo Gollarisquizga.

En las laderas se puede apreciar depósitos tipo coluviales compuestos por material fino arcillo arenoso, con alto contenido de gravas angulosas a sub angulosas.



**Figura 6.** Formaciones Geológicas presentes en la concesión Vicente Amadeo Fuente: Propia (2021).



**Figura 7.** Columna estratigráfica de la concesión Vicente Amadeo Fuente: Propia (2021).

### 3.1.1 Formación Chimú

Subyace con aparente concordancia a la formación Santa, consiste en una alternancia de areniscas cuarzosas con cemento silíceo, lutitas en la parte inferior y una gruesa secuencia de areniscas blanquecina en estratos gruesos en la parte superior. Posee características muy similares a la formación Farrat haciéndolo muy difíciles su diferenciación.

Es frecuente encontrar en los niveles inferiores e intermedios de la formación Chimú, mantos de carbón.

En la zona de estudio se presenta en forma de estratos sub horizontales con buzamientos que varían entre  $10^{\circ}$  a  $35^{\circ}$ , está constituida por areniscas blanquecinas cuarzosas con cemento silíceo.



**Figura 8.** Vista al NW del Cerro Casadero, Flanco izquierdo del anticlinal, Areniscas de la formación Chimú Fuente: Propia (2021).

### 3.1.2 Formación Santa

Aflora como una franja muy delgada a veces es difícil su identificación por la cobertura cuaternaria.

Está constituida por una alternancia de lutitas gris oscuras a negras y limolitas con algunos pequeños niveles calcáreos, ocasionalmente se observan lentes de carbón con restos de plantas.

En el sector se presenta con una coloración amarillenta debido al alto contenido de minerales arcillosos dando lugar a la formación de rocas sedimentarias conocidas como margas



**Figura 9.** Flanco izquierdo del anticlinal, formación Santa Fuente: Propia (2021).

### 3.1.3 Formación Carhuaz

Aflora en el flanco norte del anticlinal, se presenta como una alternancia de areniscas, lutitas y limolitas; las areniscas son de grano fino de coloraciones gris amarillentas a naranjas, las limolitas gris blanquecinas a violáceas y las lutitas con tonalidades grises.



**Figura 10.** Intercalación de estratos de areniscas amarillentas a naranjas con limolitas gris blanquecinas a violáceas de la Formación Carhuas Fuente: Propia (2021).

### 3.1.4 Depósitos Coluviales

Generados por el proceso de meteorización de rocas clásticas ubicadas en las laderas superiores de los cerros, para su posterior transporte y acumulación en forma de sedimentos por acción de la gravedad, compuestos por material fino areno arcilloso, con alto contenido de gravas angulosas a sub angulosas, sin selección ni estratificación aparente, con regular a pobre consolidación.



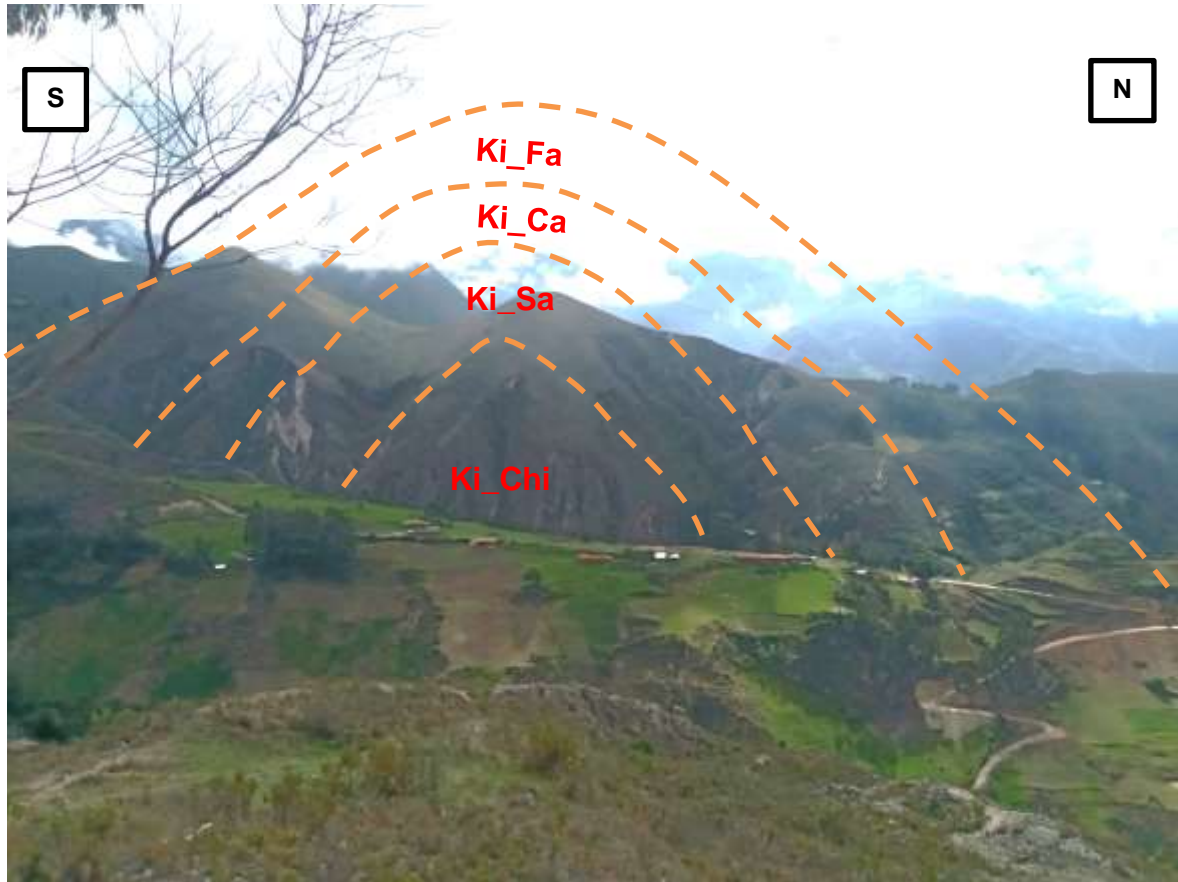


**Figura 11.** Depósitos coluviales presentes en el flanco derecho del anticlinal Fuente: Propia (2021).

### 3.2 Geología Estructural

La estructura geológica principal que se presenta en el área de estudio es un anticlinal, el cual tiene una dirección NW – SE, el flanco izquierdo buza  $24^{\circ}$ NE y el flanco derecho buza  $77^{\circ}$  SW, caracterizado por un régimen de esfuerzos de tipo compresivo.

El eje se presenta en las areniscas de la Formación Chimú, este ha sido erosionado en gran parte por agentes meteóricos pero claramente se puede distinguir la disposición de los estratos plegados en ambos flancos. Asociado a esta deformación se observan fracturas y fallas que cortan al eje.



**Figura 12:** Anticlinal controla el área de estudio. Fuente: Propia (2021).

### 3.2.1 Fallas locales

**Falla N° 1:** falla de tipo normal, ubicada en las coordenadas Norte: 9200348, Este: 813245, con Azimut: N126 y buzamiento 61°SW, está ha cortado la proyección del manto de carbón manzanillo.

Esta falla se habría formado después de la formación del anticlinal como producto de la superposición de los esfuerzos orogénicos frente a la resistencia de la cobertera sedimentaria.



**Figura 13:** Punto de control del Manto manzanillo en contacto con falla de tipo normal, este se presenta sub Horizontal y paralelo a la estratificación de las areniscas de la Formación Chimú, compuesto por capas de pizarras bituminosas intercalado con estratos de carbón (sub bituminoso a bituminoso ). Fuente: Propia (2021).

**Falla N°2:** Falla de tipo normal sinistral ubicada en las coordenadas Norte: 9200118, Este: 813087, con Azimut: N89 y buzamiento 78°SW, el plano de falla es paralelo ala la estratificación de las areniscas de la Formación Chimú., en donde se puede observar la presencia de estrías, las cuales presentan un azimut de N274.



**Figura 14:** falla de tipo normal sinistral, figura en la cual se puede observar estrías en el plano de falla, las cuales indican la dirección del desplazamiento, ha afectado a las areniscas de la Formación Chimú, Fuente: Propia (2021).

### **3.3 Mineralización no metálica de la concesión minera Vicente Amadeo.**

La mineralización no metálica característica en el sector se presenta en forma de mantos sub horizontales y paralelos a la estratificación de las areniscas de la Formación Chimú, el principal es el manto al que denominaremos Manto Manzanillo estos se presentan en niveles intermedios con espesores que varían desde 0.5 metros a 3 metros aproximadamente.

Aflora en ambos flancos del anticlinal, en el flanco sur se puede apreciar en el Cerro Redondo a un nivel aproximado de los 3225 msnm, y en el flanco norte en el sector de la quebrada las Ocas en la misma cota.

Se realizó el análisis de laboratorio a dos muestras de dicho manto, para obtener el poder calorífico que presenta, arrojando valores de 6253.15 Kcal/Kg (Norte: 9200370 Este: 812918) y 5676.73 Kcal/Kg (Norte: 9200349 Este: 813196).

Según estos resultados y las características cristalográficas y mineralógicas de las muestras extraídas, el carbón presente en la concesión es sub bituminoso a bituminoso.

Adicionalmente hay que mencionar que los depósitos coluviales generados por el proceso de meteorización de rocas clásticas ubicadas en las laderas de los cerros, están compuestos por material fino arcillo y arenoso, con alto contenido de gravas angulosas a sub angulosas, pudiendo ser utilizado como agregado.

## ESTACIONES DE CONTROL

### ESTACIÓN 01.

Norte: 9200275

Este: 813076

**Manto de pizarras bituminosas en  
proceso de alteración a Carbón**



**Figura 15:** Manto sub Horizontal de pizarras bituminosas, ubicado por debajo y paralelo al manto manzanillo, el cual evidencia en ciertos sectores cambios texturales, alterándose a carbón. Fuente: Propia (2021).

## ESTACIÓN 02

Norte: 9200266

Este: 813212



**Figura 16:** Prolongación del Manto de lutitas bituminosas de la Estación N° 1, ubicado por debajo y paralelo al manto manzanillo, el cual evidencia en ciertos sectores cambios texturales, alterándose a carbón. Fuente: Propia (2021).

### ESTACIÓN 03

Norte: 9200348

Este: 813245

Punto de control del Manto manzanillo en contacto con falla de tipo normal, este se presenta sub Horizontal y paralelo a la estratificación de las areniscas de la Formación Chimú, compuesto por capas de pizarras bituminosas intercalado con estratos de carbón.

La potencia del manto es de 1.20 metros subyace a un estrato de lutitas de 60 cm de potencia



**Figura 17:** Manto manzanillo en contacto con falla de tipo normal, Fuente: Propia (2021).

## ESTACIÓN 04

Norte: 9200349

Este: 813196



**Figura 18** Cerro la Emboscada, punto de muestreo M1, Manto Manzanillo, de 1.80 mt. aprox. de espesor, manto de carbón tipo bituminoso a sub bituminoso, paralelo a estratificación de las areniscas cuarzosas de la Formación Chimú. Fuente: Propia (2021).



## ESTACIÓN 05

Norte: 9200320

Este: 812956

Socavón de extracción de carbón el cual presenta una sección de 4 metros de alto por 2.50 metros de ancho



**Figura 19:** Labor antigua, bocamina de extracción de carbón Fuente: Propia (2021).

## ESTACIÓN 06

Norte: 9200340

Este: 812976



**Figura 20:** Cerró la Emboscada, prolongación del Manto Manzanillo de 1.50 metro aprox. de espesor, paralelo a estratificación de las areniscas cuarzosas de la Formación Chimú  
Fuente: Propia (2021).

## ESTACIÓN 07

Norte: 9200370

Este: 812918



**Figura 21:** Cerró la Emboscada, punto de muestreo M2, Manto Manzanillo. Fuente: Propia (2021).

## ESTACIÓN 08

Norte: 9200353

Este: 812841



**Figura 22:** Cerro la Emboscada, Prolongación de manto manzanillo, Manto de carbón sub Horizontal, 3 mt. aprox. de espesor, paralelo a estratificación de las areniscas cuarzosas de la Formación Chimú Fuente: Propia (2021)

## ESTACIÓN 09

Norte: 9200444

Este: 813307



**Figura 23:** Cerró la Emboscada, Manto Manzanillo, Manto de carbón (bituminoso a sub bituminoso) sub Horizontal, 1 metro aprox. de espesor, paralelo a estratificación de las areniscas cuarzosas de la Formación Chimú Fuente: Propia (2021).

### 3.4 Análisis de muestras de carbón

El análisis de las muestras recolectadas en campo se realizó en el laboratorio LAB E.S.W., el cual nos brindó los reportes por cada muestra.

**Tabla 8.** Puntos de estación de muestreo en el manto

<b>MUESTREO</b>	<b>N° muestra</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
<b>MUESTREO</b>	<b>M-1</b>	<b>813196</b>	<b>9200349</b>	<b>3257</b>
<b>ROCK CHIPS</b>				
<b>MUESTREO</b>	<b>M-2</b>	<b>812918</b>	<b>9200370</b>	<b>3266</b>
<b>ROCK CHIPS</b>				

Nota: Se obtuvieron 2 muestras usando los métodos De rock chips. Fuente: Propia (2021).

**Tabla 9.** Composición del mineral.

<i>MUESTRA</i>	<i>Humedad</i> (%)	<i>Volátil</i> (%)	<i>Ceniza</i> (%)	<i>Azufre</i> (%)	<i>Carbón</i> <i>fijo (%)</i>	<i>Poder</i> <i>Calorífico</i> <i>Kcal/Kgr</i>
<i>M-1 (húmeda)</i>	20.5	19.2	14.8	0.7	44.80	4513
<i>M-1 (seca)</i>	----	24.15	18.62	0.88	56.36	5676,73
<i>M-2 (húmeda)</i>	3.6	3.4	8.1	0.78	76.12	6028
<i>M-2 (seca)</i>	----	3.53	8.70	0.81	78.96	6253.15

*Nota: Los resultados de las muestras se obtuvieron por el método analítico. Fuente: Laboratorio LAB E.S.W*

### 3.5 Clasificación de los Carbones

Como el carbón es una sustancia muy heterogénea con un amplio rango de composiciones, necesita algún sistema de clasificación. La forma más típica de clasificación del carbón es por rangos que está de acuerdo con el grado de carbonización. El rango indica la composición y la historia geológica del carbón.

El sistema de clasificación más usado es el establecido por la American Society For Testing and Materials (ASTM). Esta clasificación utiliza como criterios de rango del carbón el contenido en material volátil y carbono fijo que se determinan en el análisis inmediato y el poder calorífico. Este sistema es útil para conocer las posibilidades de utilización del carbón y da información básica respecto a su comportamiento en la combustión.

**Tabla 10.** Clasificación de los Carbones Minerales según la Norma ASTM. 388

CLASIFICACIÓN DEL CARBÓN MINERAL POR RANGO SEGÚN ASTM							
TIPO DE CARBÓN	GRUPO	LÍMITES DE CARBÓN FIJO, % (BASE SECA)		LÍMITES DE MATERIAL VOLÁTIL, % (BASE SECA)		LÍMITES DE PODER CALORÍFICO, KCAL/KG (BASE SECA)	
		igual o superior a	inferior a	superior a	inferior a	igual o superior a	inferior a
ANTRACITA	Meta antracita	98	–	–	2	–	–
	Antracita	92	98	2	8	–	–
	Semi antracita	86	92	8	14	–	–
CARBÓN BITUMINOSO	Bituminoso de bajo volátil	78	86	14	22	–	–
	Bituminoso de volátil intermedio	69	78	22	31	–	–
	Bituminoso A de alto volátil	–	69	31	–	7778	–
	Bituminoso de B de alto volátil	–	–	–	–	7222	7778
	Bituminoso de C de alto volátil	–	–	–	–	6390	7222
	–	–	–	–	–	5830	6390
	–	–	–	–	–	5830	5830
CARBÓN SUB BITUMINOSO	Sub bituminoso A	–	–	–	–	5830	5830
	Sub bituminoso B	–	–	–	–	5280	5830
	Sub bituminoso C	–	–	–	–	4600	5280
LIGNITO	Lignito A	–	–	–	–	3500	4600
	Lignito B	–	–	–	–	–	3500

*Nota: Clasificación de los Carbones Minerales. Fuente: Norma ASTM. 388*

### 3.13 Análisis Inmediato de los Carbones

Comprende la medida contenida en humedad, volátil, cenizo y carbono fijo; es la forma más simple y generalizada de caracterizar un carbón debido a que se puede realizar con un equipo básico de laboratorio, aunque hoy en día existen equipos totalmente automáticos más complejos.

### **Humedad**

Se presenta como humedad total, inherente o de equilibrio, superficial, agua de hidratación o agua de descomposición. Tiene importancia en contratos de compra y venta, en evaluación y control de procesos industriales y en el manejo y pulverización del carbón.

### **Volátiles**

Productos de descomposición de las sustancias orgánicas (2-45%) que se desprenden como gases o vapores al calentar el carbón en ausencia de aire (Consiste de hidrocarburos y otros gases resultantes de la destilación y descomposición, incluye al metano y otros hidrocarburos, hidrógeno, monóxido de Carbono y otros gases no combustibles tales como el dióxido de carbono y nitrógeno).

El residuo que queda se denomina *coque*.

***Es una determinación importante ya que:***

Es un parámetro a considerar en el precio compra-venta.

Su valor es inversamente proporcional al poder calorífico del carbón.

### **Cenizas**

Residuo inorgánico (3-15%) que permanece tras la combustión del carbón en presencia de oxígeno bajo unas condiciones específicas.

Es una determinación importante ya que:

Es un parámetro a considerar en el precio compra-venta.



Producen polución y corrosión de los quemadores (fusibilidad de las cenizas).

Esta es una impureza, que, como la humedad, incrementa los costos de embarque y manipuleo. La remoción de las cenizas y la disposición final de la misma requieren más equipo y gasto.

### **Carbón Fijo**

Es el residuo del combustible dejado después de liberar la materia volátil. En general. El carbono fijo representa la porción del combustible que debe ser quemado en estado sólido o como partículas en el combustible pulverizado. El método estándar para determinar el carbono fijo consiste en restar de 100 la suma de los porcentajes de humedad, materia volátil y cenizas que da el análisis inmediato.

Calorías producidas en la combustión de 1 g de carbón. Su valor es directamente proporcional al contenido en carbono e hidrógeno e inversamente proporcional al contenido en oxígeno.

### **Azufre**

El azufre es determinado de forma separada, y la cantidad es útil para juzgar el carácter corrosivo y la contaminación posibles de los productos de combustión. La combustión del azufre forma óxidos, los cuales si combinan con el agua para formar ácidos que se precipitan cuando los gases de escape son enfriados bajo su temperatura de rocío. El uso de carbón con bajo contenido de azufre es la respuesta a las regulaciones de contaminación del aire.

## **3.14 Clasificación de las muestras**

### **Muestra M-1**

Analizando la muestra M-1 en relación a la Tabla 14. Clasificación de los Carbones Minerales según la Norma ASTM. 388, el poder calorífico obtenido en laboratorio es de

5676,73 Kcal/kg en base seca lo que se clasificaría como un **CARBÓN SUB BITUMINOSO CLASE B**

#### **Muestra M-2**

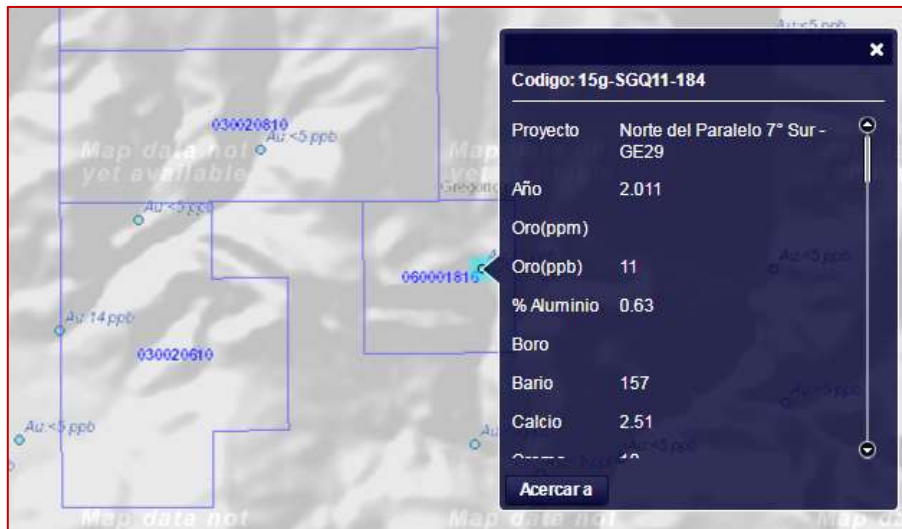
Analizando la muestra M-2 en relación a la Tabla 14. Clasificación de los Carbones Minerales según la Norma ASTM. 388, el poder calorífico obtenido en laboratorio es de 6253.15 Kcal/kg en base seca lo que se clasificaría como un **CARBÓN BITUMINOSO C DE ALTO VOLÁTIL.**

#### **3.15 Mineralización metálica de la concesión minera Vicente amadeo**

La concesión minera pertenece la franja metalogenica XX la cual corresponde a Pórfidos de Cu-Mo, skarns de Cu-Zn-Pb-Ag y depósitos polimetálicos relacionados con intrusivos del Mioceno.

Hacia el noreste, en un sector de quebrada las Ocas INGEMMET realizo una prueba de análisis de elementos en sedimentos fluvio aluviales los cuales arrojaron valores de Oro (Au): 11 ppb, Plata (Ag): 0.01ppm, Cobre (Cu): 19.4ppm, Plomo (Pb): 9.7 ppm, adicionalmente en las quebradas aledañas al sector se puede apreciar rodados brechas hidrotermales, por lo que se presume que dicha zona podría estar aledaño y/o albergando algún tipo de yacimiento metálico.

Así mismo en la estación N° 10 se ha identificado la presencia de un posible yacimiento metálico controlado por una falla de tipo Normal sinestral, la cual ha favorecido para el ascenso de los fluidos hidrotermales los cuales al ponerse en contacto con las areniscas de la formación Chimú han generado ambientes favorables para albergar algún tipo de mineralización, esta se presenta en forma de vetas rellenando pequeñas fracturas.



**Figura 24:** Puntos de muestreo geoquímico realizado por el INGEMMET. Fuente: Propia (2021)

### ESTACIÓN 10

Norte: 9200118

Este: 813087



**Figura 25:** Zona de Falla, presencia de diaclasas rellenas con mineral metálico (goethita), recristalización de cuarzo con presencia de óxidos como la hematita y la turgita. Fuente: Propia (2021)

## ESTACIÓN 11

Norte: 9200826

Este: 812069

La Formación Santa, en este punto de control presenta un grado de alteración, observándose que toma una coloración naranja debido principalmente a que se presenta limonita, se da la formación de vetas, paralelas a la estratificación, donde principalmente están constituidas por el mineral conocido como psilomelano, el cual representa una importante mena de Manganeseo.



**Figura 26.** Alteración de la formación santa, presencia de vetas de psilomelano. Fuente: Propia (2021)

**Tabla 11.** Base de datos de estaciones de control.

<i>ESTACIÓN</i>	<i>E</i>	<i>N</i>	<i>AZIMUT</i>	<i>BUZ</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>
1	813076	9200275			Manto sub Horizontal de pizarras bituminosas, ubicado por debajo y paralelo al manto manzanillo, el cual evidencia en ciertos sectores cambios texturales, alterándose a carbón.
2	813212	9200266			Manto de lutitas bituminosas de la Estación N° 1, ubicado por debajo y paralelo al manto manzanillo, el cual evidencia en ciertos sectores cambios texturales
3	813245	9200348	N126 (falla)	61°SW(falla)	Manto manzanillo en contacto con falla de tipo normal, este se presenta sub Horizontal y paralelo a la estratificación de las areniscas de la Formación Chimú, compuesto por capas de pizarras bituminosas intercalado con estratos de carbón.  La potencia del manto es de 1.20 metros, subyace a un estrato de lutitas de 60 cm de potencia.
4	813196	9200349			Cerro la Emboscada, punto de muestreo M1, Manto Manzanillo, de 1.80 mt. aprox. de espesor, manto de carbón tipo subbituminoso, a bituminoso, paralelo a estratificación de las areniscas cuarzosas de la Formación Chimú.

<b>5</b>	812956	9200320			Socavón de extracción de carbón el cual presenta una sección de 4 metros de alto por 2.50 metros de ancho
<b>6</b>	812976	9200340			Cerro la Emboscada, prolongación del Manto Manzanillo de 1.50 mt. aprox. de espesor, paralelo a estratificación de las areniscas cuarzosas de la Formación Chimú
<b>7</b>	812918	9200370			Cerró la Emboscada, punto de muestreo M2, Manto Manzanillo
<b>8</b>	812841	9200353			Cerró la Emboscada, Prolongación de manto manzanillo, Manto de carbón sub Horizontal, 3 mt. aprox. de espesor, paralelo a estratificación de las areniscas cuarzosas de la Formación Chimú
<b>9</b>	813307	9200444			Cerro la Emboscada, Manto Manzanillo, Manto de carbón (antracita) sub Horizontal, 1 mt. aprox. de espesor, paralelo a estratificación de las areniscas cuarzosas de la Formación Chimú
<b>10</b>	813087	9200118	N89 (falla)	78°SW(falla)	Zona de Falla, presencia de diaclasas rellenas con mineral metálico (goethita), recristalización de cuarzo con presencia de óxidos como la hematita y la turgita
<b>11</b>	812069	9200826			Alteración de la formación santa, presencia de vetas de psilomelano

*Nota: Resumen Estaciones de control. Fuente: Elaboración Propia*

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

Según el estudio realizado se acepta la hipótesis planteada Las características geológicas, estructurales y mineralógicas de la concesión minera Vicente Amadeo, conllevan a que se den los medios óptimos para que la zona este albergando algún tipo de mineralización de carbón, por tal se presume que el área de estudio es propensa al emplazamiento de algún cuerpo con importancia mineralógica (carbón), por ende se plantea elaborar un estudio geológico, estructural y mineralógico del área en mención, así mismo el estudio permitirá determinar el potencial geológico minero de la concesión Vicente Amadeo, Distrito de Gregorio Pita, Departamento de Cajamarca.

El presente estudio geológico nos permitió conocer las características litológicas, estructurales y mineralógicas, de los mantos de carbón de la concesión minera Vicente Amadeo, Distrito de Gregorio Pita, Provincia de San Marcos, departamento Cajamarca.

En la etapa de mapeo superficial se determinó que los mantos de carbón el área de estudio se presentan paralelos a la estratificación de las rocas areniscas pertenecientes a la formación Chimú. El cual pertenece al Grupo Goyllarisquizga

Esta idea, se respaldó con la teoría de Carrascal, Matos y Silva, (2020). Donde mencionan que en El Grupo Goyllarisquizga de edad del Cretáceo inferior está constituido por las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat. Dentro de este grupo las capas de carbón ocurren fundamentalmente en la Formación Chimú (Valanginiano

inferior) en los niveles inferiores e intermedios y en forma esporádica en las formaciones Carhuaz y Farrat.

Según análisis de las dos muestras enviadas al laboratorio y clasificándolas según la Norma ASTM. 388, las muestras se clasifican como Carbón Sub Bituminoso a Bituminoso.

Esta idea, se respalda con la teoría de Carrascal, Matos y Silva, (2020). donde menciona que en la zona de Cajamarca probablemente contenga depósitos de carbón de rango bituminoso. Y también concuerda con la teoría de Díaz, Carpio y Ramírez (2015). Donde se indica que la producción del carbón mineral se ha localizado en tres provincias de Cajamarca, de la cual el mayor volumen de producción es de tipo bituminoso a cargo de un solo productor formal que explota en la provincia de San Marcos.

Los mantos carbón afloran en el flanco izquierdo del anticlinal que se presenta en el sector, por lo que está ligado a dicha estructura, esto se respaldaría con la teoría de Arana, J (2015) el cual menciona que la Formación Chimú se extiende visiblemente desde Ancash, La libertad y la zona occidental de Cajamarca, Estas estructuras tienen un rumbo NW paralelo al Borde Continental y al Batolito Costanero y se extiende hacia el NE formando anticlinales y sinclinales producto del plegamiento ocurrido en la Tectónica Andina a inicios del terciario y cortadas por fallas verticales inversas, producto del Tercer Movimiento Andino ocurrido a fines del terciario. Dentro de estas estructuras se repite la serie productiva carbonífera Chimú.



De las formaciones Geológicas que afloran en el área se ha podido determinar que en la Formación Santa y la Formación chimú, se presentan puntos de mineralización metálica, así mismos estas son buenas receptoras para eventos de mineralización, debido principalmente a su bajo grado de compactación, contenido de arcillas y porosidad.

Por lo que concordaría con la investigación realizada Lagos & Quispe (2012), en su estudio Caracterización Litológica y Paleontológica del Cretáceo Inferior en Cajamarca: Las Formaciones Santa y Carhuáz, donde determinaron que tanto la Formación Santa como la Carhuáz, en contacto con Intrusivos Miocénicos se comporta muchas veces como buenas rocas receptoras para eventos de mineralización.

Se prevé que una vez que las reservas económicas de petróleo y gas se hayan agotado, habrá todavía muchas reservas de carbón ampliamente disponibles para satisfacer las necesidades de energía del mundo. La relación actual referida a reservas mundiales de carbón son aproximadamente 4 veces las reservas de petróleo (45 años) y gas (70 años). (Carrascal, Matos y Silva, 2020).

## 4.2. Conclusiones

- ✓ Se determinaron las características geológicas la concesión minera Vicente Amadeo, encontrándose que las rocas que afloran en el área de estudio pertenecen principalmente al grupo Gollarisquizga con dirección predominante NW – SE, encontrándose estratos de areniscas, lutitas, limonitas, y depósitos cuaternarios, estructuralmente el área de estudio está siendo controlada por un anticlinal, presentándose fallas locales, producto de la imposición de esfuerzos que

generaron el plegamiento en el sector, desde el punto de vista mineralógicos la concesión minera Vicente Amadeo presenta puntos de control de importancia mineralógica no metálica y metálica, no metálica representada por los mantos de carbón que se presentan en las areniscas de la formación chimú y metálica por puntos de mineralización que aflora en falla y fracturas, como también la presencia en Psilomelano en la Formación Santa.

- ✓ En la zona de estudio afloran formaciones de rocas clásticas y no clásticas del cretáceo inferior, iniciando la secuencia con areniscas cuarzosas de lo Formación Chimú, sub yaciendo esta ha estratos de lutitas y arcillas grises azulinas de la Formación Santa y finalizando la secuencia con areniscas intercaladas con limos y arcillas de la Formación Carhuaz todas pertenecientes al grupo Gollarisquizga.
- ✓ La estructura geológica principal que se presenta en el área de estudio es un anticlinal, el cual tiene una dirección NW – SE, el flanco izquierdo buza  $24^{\circ}$ NE y el flanco derecho buza  $77^{\circ}$  SW, El eje se presenta en las areniscas de la Formación Chimú, asociado a esta deformación se observan fracturas y fallas que cortan dicho eje.
- ✓ Se determinaron zonas con potencial de carbón en forma de mantos, el principal es el Manto Manzanillo, este aflora en el cerro Redondo, se presenta paralelo a la estratificaron de las areniscas de la formación chimú, presentando espesores que varían entre 0.5 a 3 metros.

- ✓ Se cartografió y represento en un plano a escala 1:10000 en el sistema UTM WGS 84 Zona 17 Sur, las formaciones geológicas, en la cual se realizó el muestreo rock chip a fin de obtener las características del manto de carbón.

#### 4.3 Recomendaciones

- ✓ Ampliar el cateo y prospección en la zona donde aflora el manto manzanillo en la Quebrada las Ocas ya que es una zona nueva de expansión y esta no ha sido explotada con anterioridad.
- ✓ Los muestreos de los mantos de carbón han sido tomadas superficialmente, obteniendo valores en cuanto al poder calorífico del carbón ubicándolo entre los tipo sub bituminoso a bituminoso, muy cerca de transformarse Antrasitico, por lo que recomendaríamos hacer tajeos de unos 10 metros de profundidad para un mejor muestreo.
- ✓ En un sector de quebrada las Ocas, INGEMMET realizo una prueba de análisis de elementos en sedimentos fluviales los cuales arrojaron valores de Oro (Au): 11 ppb, Plata (Ag) : 0.01ppm ,Cobre (Cu): 19.4 ppm, Plomo (Pb) : 9.7 ppm, adicionalmente en el flanco derecho de la quebrada (Estación 10), se presenta mineralización metálica emplazada en Zona de Falla, donde se puede observar la presencia de diaclasas rellenas con mineral metálico (goethita), recristalización de cuarzo con presencia de óxidos como la hematita y la turgita, de igual forma en la formación Santa al NW de la concesión se pudo observar la presencia de vetas de Psilomelano, por lo que recomendaríamos realizar una mapeo geológico a mayor detalle en las zonas de importancia mineralógica metálica para mayor conocimiento.

- ✓ Los depósitos coluviales ubicados en las laderas de los cerros, están compuestos por material fino arcillo y arenoso, con alto contenido de gravas angulosas a sub angulosas, siendo utilizado como agregado por los lugareños de la zona, por lo que recomendaríamos estudiar dichos depósitos.

#### **4.4 Limitaciones**

- ✓ El presente proyecto está sujeto a limitantes u obstáculos que se dan más que todo en la fase de campo, ya que actualmente se presentan conflictos sociales inmersos en el tema, generando poca colaboración por parte de la población o las instituciones gubernamentales o no gubernamentales a las que les compete el tema.
- ✓ En cuanto al desarrollo de la investigación esta cuenta con un tiempo límite de 12 meses para su desarrollo, por lo que se limita a ver únicamente las características Estructurales, geológicas y mineralógicas del área en mención, sumado a esto que el presupuesto con el que se cuenta es limitado ya que es un proyecto autofinanciado.

## REFERENCIAS

Bolaños, K., & Denyer, P. (2021). El carbón y la turba de la cuenca de Limón,  
Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*, (65), 1-14.

BOLETIN DE LA SOCIEDAD GEOLOGICA MEXICANA VOLUMEN CONMEMORATIVO DEL  
CENTENARIO REVISION DE ALGUNAS TIPOLOGIA DE DEPOSITO MINERALES DE  
MEXICO TOMO LVIII, NUM. 1,2006.

Rojas-Delgado, M. (2008). Perspectivas de procesamiento y uso del carbón mineral  
peruano. *Ingeniería Industrial*, (026), 231-250.

<https://doi.org/10.26439/ing.ind2008.n026.642>

Vega y Ortega Baez, R. A., & Serrano Juárez, J. D. (2017). Los estudios sobre el  
carbón en las revistas minero-mineralógicas de la ciudad de México, 1870-  
1879. *Estudios de historia moderna y contemporánea de México*, (54), 62-  
75.

World Coal Association. (2020). The coal resource: A comprehensive overview of  
coal Recuperado de:

[https://www.worldcoal.org/file\\_validate.php?file=coal\\_resource\\_overview\\_of\\_coal\\_report\(03\\_06\\_2009\).pdf](https://www.worldcoal.org/file_validate.php?file=coal_resource_overview_of_coal_report(03_06_2009).pdf)

Bolaños, K. &. (2021). El carbón y la turba de la cuenca de Limón, Costa Rica.  
*Geológica de América Central*, 1-14.

CAMPOS, O. S. (2000). CARBON EN EL PERU. CARBON EN EL PERU.  
UNIVERSIDAD NACIOAL DE INGENIERIA, LIMA.

Luyo Quiroz, A. (s.f.). Visión futura del carbón Peruano.

Carrascal Miranda, Rolando. (2000). Carbon en el Peru.



ANEXO N° 2. Análisis de laboratorio de la Muestra M2



LAB. E.S.W.

SAN ANDRÉS STA ETAPA MZ. V-3 LOTE 5 - TRUJILLO / TELÉFONO: 044 282987

**REPORTE DE ANALISIS**

**REPORTE:** 18-12-2017-1 **FECHA:** 18/12/2017  
**INTERESADO:** LUIS BECERRA BAZAN  
**DETALLE:** CARBON  
**MUESTRA:** CARBON DE PIEDRA (15/Diciembre/2017)  
**Recibido:** 15/12/2017

**RESULTADOS:**

	BASE HUMEDA	BASE SECA
<b>HUMEDAD (%):</b>	3,60	
<b>VOLATIL (%):</b>	3,40	3,53
<b>CENIZAS (%):</b>	7,05	7,15
<b>AZUFRE (%):</b>	0,78	0,81
<b>CARBON FIJO (%):</b>	76,12	78,96
<b>Poder Calorifico:</b> (Kcal/Kg)	6028	6253,15

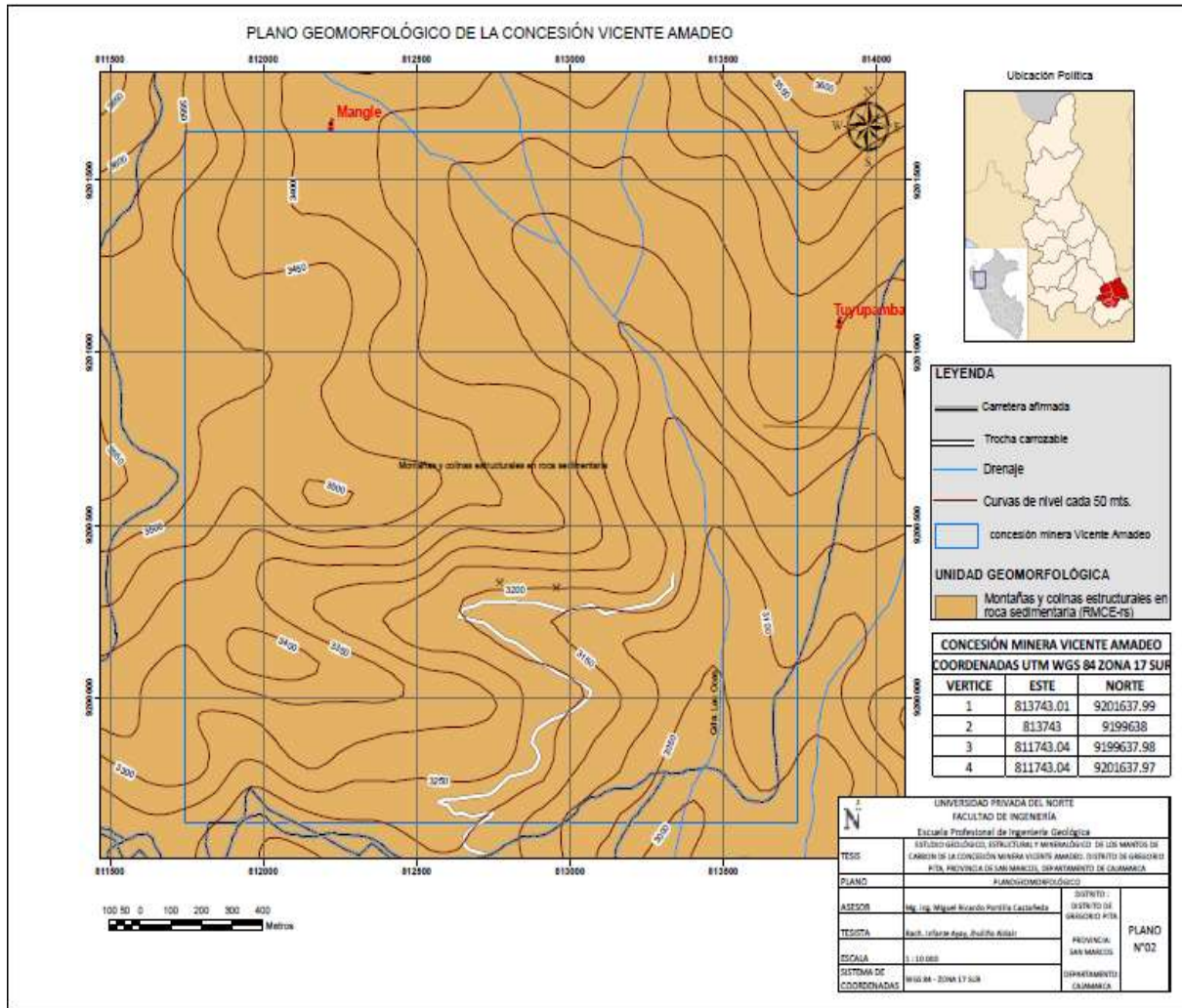
**CONSOLIDADO:**

**OBSERVACION:**

HUMEDAD	VOLATIL	CENIZAS	AZUFRE	C.FIJO	P.CALORIF.
%	%	%	%	%	Kcal/Kg
3,60	3,53	7,15	0,81	79,77	6253,15

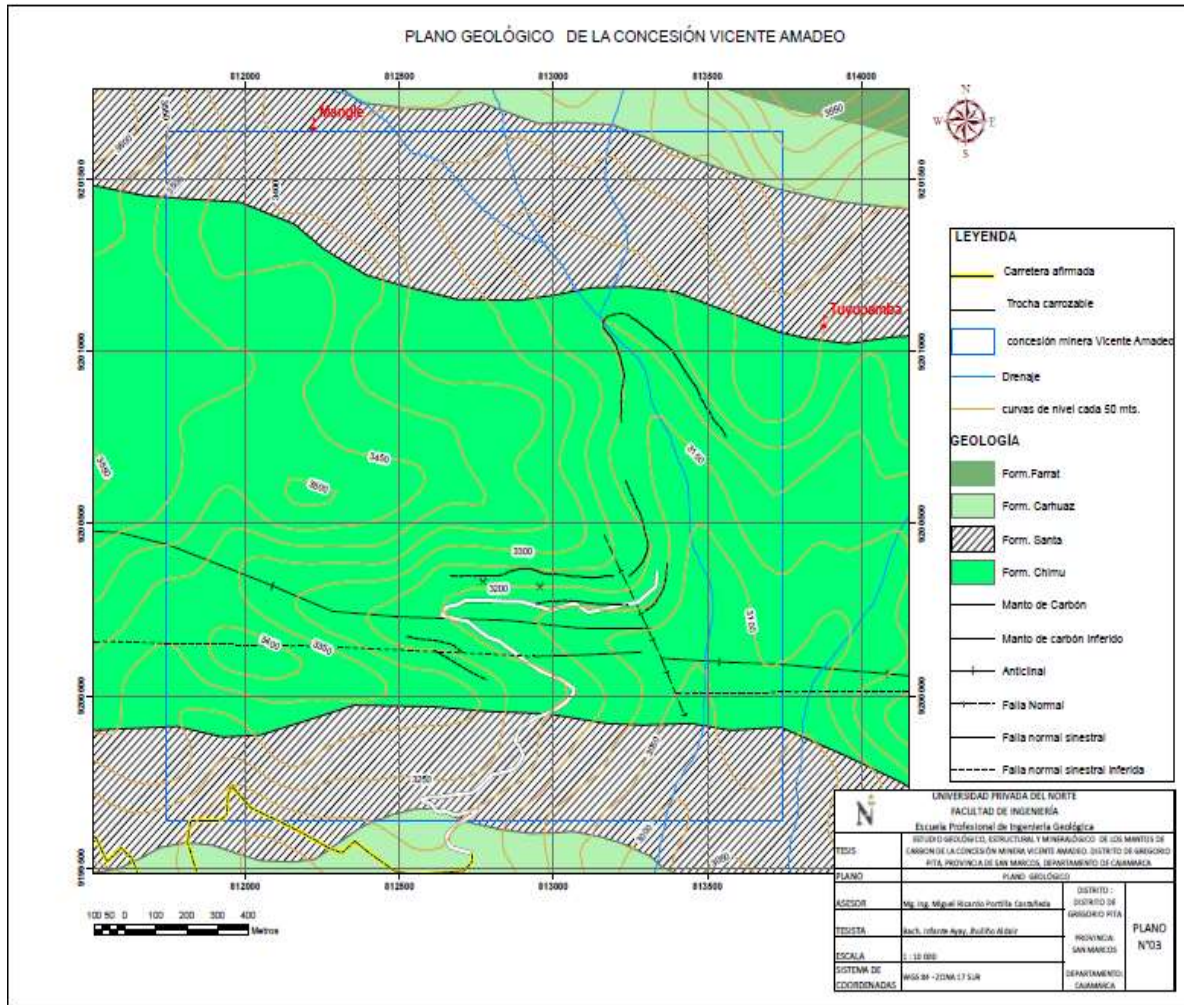



ANEXO N° 3. Plano Geomorfológico de la concesión Vicente Amadeo

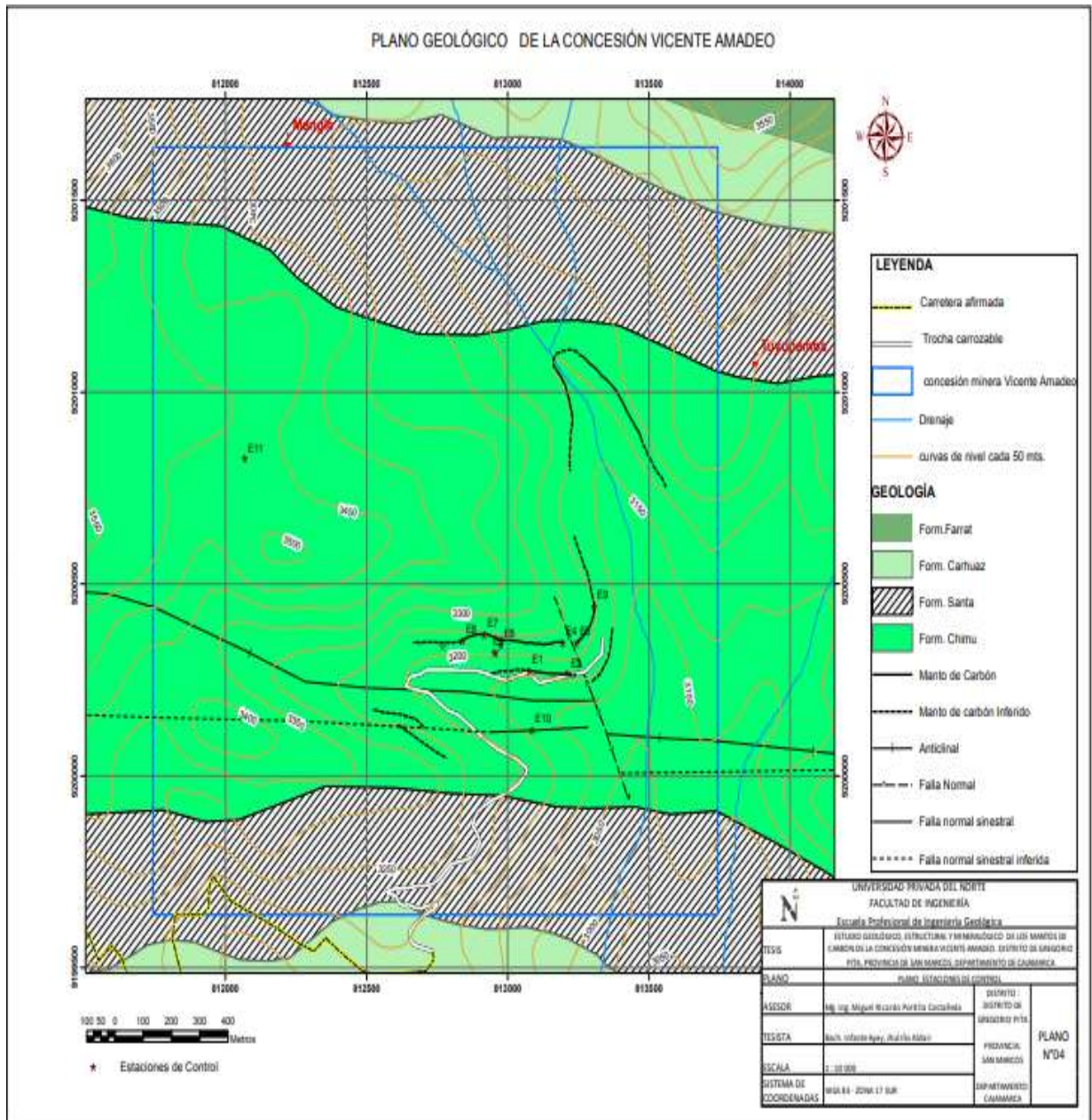




ANEXO N° 4. Plano Geológico de la concesión Vicente Amadeo



ANEXO N° 5. Plano Geológico de las Estaciones de la Concesión Vicente Amadeo



ANEXO N° 6. Área De Estudio de la concesión Vicente Amadeo



ANEXO N° 7. Primera Visita Al Área de Estudio de la concesión Vicente Amadeo



ANEXO N° 8. Segunda visita Al Área De Estudio de la concesión Vicente Amadeo



ANEXO N° 9. Veta de Psilomelano (manganeso) aflora en la Formación Santa, Calizas Margosas alteradas con presencia de Mineralización Oxido de fierro, limonita, goethita, hematita, y Carbón.

