

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Geológica

“ESTUDIO GEOLÓGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL DE MANGANESO EN LA CONCESIÓN SAN JORGE DE CHUCHUN, DISTRITO DE NAMORA, CAJAMARCA-2020”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO

Autores:

Bach. Fiorella Dianira Martínez Mostacero

Bach. Katherine Juliet Chuctaya Soto

Asesor:

Mg. Ing. Miguel Ricardo Portilla Castañeda

Cajamarca - Perú

2020

DEDICATORIA

Con todo cariño, dedicamos este estudio a nuestra familia, quiénes son nuestros pilares para seguir adelante.

A nuestros padres, por brindarnos su invaluable apoyo, sus consejos y por confiar siempre en nosotras.

Fiorella y Katherine

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme sabiduría, salud, fortaleza; habernos acompañado y guiado durante nuestros estudios a lo largo de nuestra carrera profesional.

A nuestra alma mater, Universidad Privada del Norte por habernos aceptado ser parte de ella y por los años invertidos en nuestra formación profesional, así como también a los diferentes docentes de la Escuela de Ingeniería Geológica por sus conocimientos impartidos desde el inicio de nuestros estudios superiores.

Agradecemos, también, a nuestro asesor de tesis, Mg. Miguel Portilla Castañeda y asesor externo Ing. Manuel Oscar Zambrano Chilón por habernos guiado y acompañado durante el desarrollo de nuestra investigación.

Fiorella y Katherine

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Realidad problemática	10
1.2. Formulación del problema	19
1.3. Objetivos	19
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	19
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	19
1.4. Hipótesis	20
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	21
2.1. Tipo de investigación	21
2.2. Población y muestra	21
2.3. Materiales, instrumentos y métodos	22
2.3.1. <i>Materiales</i>	22
2.3.2. <i>Técnicas e instrumentos</i>	23
2.3.3. <i>Métodos</i>	23
2.4. Procedimiento	23
2.4.1. <i>Etapa Preliminar de Gabinete</i>	23
2.4.2. <i>Etapa de Campo</i>	28
2.4.3. <i>Etapa de Gabinete</i>	29
CAPÍTULO III. RESULTADOS	39
3.1. Ubicación	39
3.3. Accesibilidad	41
3.4. Clima	42
3.5. Lluvia	42
3.6. Flora y fauna	42
3.7. Geología Regional	43
3.7.1. <i>Cretácico</i>	45
3.7.2. <i>Depósitos Clásticos Cuaternarios</i>	46
3.8. Geología Local	47
3.9. Petrología	49
3.10. Alteración	56
3.11. Afloramientos de Manganeso	59
3.12. Datos estructurales	67
3.13. Secciones del tajío principal "MAYRITA"	70
3.14. Cálculo de reserva del manganeso	74

3.15.	Mercado del manganeso	74
3.15.1.	<i>Mercancía y Origen</i>	74
3.15.2.	<i>Precio</i>	75
3.16.	Análisis de muestras de manganeso por método analítico	76
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES		78
4.1.	Discusión	78
4.2.	Conclusiones.....	81
REFERENCIAS		82
ANEXOS.....		86
ANEXO N° 1.	Base de Datos de los afloramientos de Manganeso.	86
ANEXO N° 2.	Base de Datos de los puntos de Campo.	87
ANEXO N° 3.	Base de Datos de los puntos de la sección BB'	88
ANEXO N° 4.	Presencia de bloques grandes de marga en areniscas. Posible formación de la microlaguna antes de la mineralización del manganeso.	89
ANEXO N° 5.	Continúa el afloramiento de manganeso debajo de la arena.....	89
ANEXO N° 6.	Presencia de un afloramiento de manganeso.	90
ANEXO N° 7.	Afloramiento de Mn con suelo orgánico.	90
ANEXO N° 8.	Poca presencia de Mn con oxidación de limonita y hematita.	91
ANEXO N° 9.	Afloramiento de Mn con arenas y rocas margas.	91
ANEXO N° 10.	Presencia de Mn con suelo orgánico.	92
ANEXO N° 11.	Punto de inicio de la sección: presencia de rocas calcáreas sobre el manto de manganeso. ...	92
ANEXO N° 12.	Punto bajo de la sección: rocas calcáreas con menor presencia del manto del manganeso. ...	93
ANEXO N° 13.	Continuación de areniscas con manganeso.	93
ANEXO N° 14.	Punto final de la sección: presencia de areniscas sobre el manganeso.	94
ANEXO N° 15.	Muestra N°1 obtenida del Tajo 1 de forma perpendicular de la mineralización de Mn.	94
ANEXO N° 16.	Muestra N°5 obtenida de uno de los afloramientos de Mn mediante el método de puntos o rock chips, consta de realizar el muestreo en diferentes puntos de mineralización.	95
ANEXO N° 17.	Descripción Mineralógica de la muestra de Pirolusita	96
ANEXO N° 18.	Descripción Mineralógica de la muestra de Goethita	97
ANEXO N° 19.	Descripción Mineralógica de la muestra de Mn.	98
ANEXO N° 20.	Análisis fisicoquímico de la muestra M-1	99
ANEXO N° 21.	Análisis fisicoquímico de la muestra M-2	100
ANEXO N° 22.	Análisis fisicoquímico de la muestra M-3	101
ANEXO N° 23.	Análisis fisicoquímico de la muestra M-4	102
ANEXO N° 24.	Análisis fisicoquímico de la muestra M-5	103

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Estudios seleccionados para la investigación</i>	25
Tabla 2. <i>Coordenadas de la zona de estudio</i>	39
Tabla 3. <i>Muestra N°01 de roca arenisca.</i>	53
Tabla 4. <i>Muestra N°02 de roca arenisca ferruginosa.</i>	54
Tabla 5. <i>Muestra N°03 de roca marga.</i>	55
Tabla 6. <i>Coordenadas de los puntos de la sección A-A', sección B-B' y sección C-C'</i>	70
Tabla 7. <i>Porcentajes aceptables para el Mn, sus elementos asociados y la humedad.</i>	75
Tabla 8. <i>Precio CIF (\$USD) según el porcentaje de Mn.</i>	76
Tabla 9. <i>Puntos de estación de muestreo en el manto y afloramiento.</i>	77
Tabla 10. <i>Composición química del mineral.</i>	77
Tabla 11. <i>Composición química del manganeso y otros elementos.</i>	77

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Modelo de un depósito sedimentario de Mn en un lago de agua dulce de ambiente de tundra (basado en Borchert, 1980). Fuente: Rodríguez, A., Villaseñor, M., Canet, C., Prol-Ledesmad, R., y Camprubí, A. (2005).....	13
<i>Figura 2.</i> Método de los perfiles o secciones. Fuente: Minero, P. (2020)	30
<i>Figura 3.</i> Cargando secciones A-A', B-B' y C-C' al software Leapfrog. Fuente: Propia (2020).	31
<i>Figura 4.</i> Georreferenciación de las secciones A-A', B-B' y C-C'. Fuente: Propia (2020).....	31
<i>Figura 5.</i> View Objet para la sección A-A', B-B' y C-C'. Fuente: Propia (2020).	32
<i>Figura 6.</i> Creación de polilíneas para las tres superficies (arenisca, manganeso y marga) de la sección A-A', B-B' y C-C'. Fuente: Propia (2020).....	32
<i>Figura 7.</i> Presentación de las polilíneas creadas para la arenisca, manganeso y marga de la sección A-A'. Fuente: Propia (2020).....	33
<i>Figura 8.</i> Creación de meshes basándose en las polilíneas creadas. Fuente: Propia (2020).....	33
<i>Figura 9.</i> Nombrar al nuevo mesh según corresponda, en este caso, a la "Marga". Fuente: Propia (2020).....	34
<i>Figura 10.</i> Creación del mesh de marga usando la polilínea existente de marga. Fuente: Propia (2020).....	34
<i>Figura 11.</i> Creación del modelo geológico llamado "GM". Fuente: Propia (2020).	35
<i>Figura 12.</i> Creación de las tres superficies dentro del boundary del modelo geológico GM. Fuente: Propia (2020).....	35
<i>Figura 13.</i> Creación de intrusiones dentro del modelo GM, basándose en las superficies (arenisca, manganeso y marga). Fuente: Propia (2020).....	36
<i>Figura 14.</i> Nombrar las superficies y establecer los contactos de cada una para su creación. Fuente: Propia (2020).....	36
<i>Figura 15.</i> Establecer la cronología de las superficies creadas. Fuente: Propia (2020).....	37
<i>Figura 16.</i> Presentación de los volúmenes de cada superficie creada anteriormente. Fuente: Propia (2020).....	37
<i>Figura 17.</i> Presentación de las tres secciones y los volúmenes de cada superficie creada. Fuente: Propia (2020).	38
<i>Figura 18.</i> Presentación de las tres secciones con el área y volumen del manganeso. Fuente: Propia (2020).....	38
<i>Figura 19.</i> Ubicación política de la zona de estudio. Fuente: Google Earth (2019).	40
<i>Figura 20.</i> Accesibilidad a la zona de estudio. Fuente: Google Earth (2019).	41
<i>Figura 21.</i> Columna estratigráfica de Cajamarca, Cajabamba y San Marcos. Fuente: Orbasa Geología UNC (2013).	43
<i>Figura 22.</i> Afloramiento de roca maciza de arenisca. Este: 794520, Norte: 9206375 y Cota: 3144 m. Fuente: Propia (2020).....	47
<i>Figura 23.</i> Vegetación con afloramientos de roca maciza de arenisca. Este: 794590, Norte: 9206436 y Cota: 3131 m. Fuente: Propia (2020).	50
<i>Figura 24.</i> Rocas areniscas alteradas. Este: 794379, Norte: 9206533 y Cota: 3118 m. Fuente: Propia (2019).	51
<i>Figura 25.</i> Grietas de desecación por la posible presencia de una microlaguna, presentan estratificación debido a los aportes de sedimentos de los cuatro lados de la microlaguna. Este: 794649, Norte: 9206618 y Cota: 3091 m. Fuente: Propia (2019).	51
<i>Figura 26.</i> Potencia de 1m de arena. Este: 794264, Norte: 9206491 y Cota: 3127 m. Fuente: Propia (2020).....	52
<i>Figura 27.</i> Arenisca desdeñable con óxidos de Fe. Este: 794248, Norte: 9206619 y Cota: 3113 m. Fuente: Propia (2020).....	57
<i>Figura 28.</i> Areniscas con oxidación de Fe (limonítico), presencia de ojos de cuarzo. Este: 794675, Norte: 9206667 y Cota: 3078m. Fuente: Propia (2019).	57
<i>Figura 29.</i> Presencia de limonita y hematita. Este: 794418, Norte: 9206622 y Cota: 3102m. Fuente: Propia (2020).....	58
<i>Figura 30.</i> Óxidos, arcillas y areniscas. Este: 794633, Norte: 9206572 y Cota: 3110m. Fuente: Propia (2020).	58
<i>Figura 31.</i> Afloramiento de Mn debajo de la arena, está alterado por intemperismo. Este: 794264, Norte: 9206491, Cota: 3127m. Fuente: Propia (2020).....	60
<i>Figura 32.</i> Presencia de manganeso y areniscas. Este: 793988, Norte: 9206524, Cota: 3125 m. Fuente: Propia (2019).....	60
<i>Figura 33.</i> Poca evidencia de la presencia de manganeso y areniscas con óxido. Potencia del afloramiento de Mn de 2m. Este: 794504, Norte: 9206754 y Cota: 3088 m. Fuente: Propia (2020).....	61

<i>Figura 34.</i> Presencia de rocas calcáreas en el manto de manganeso. Este: 794543, Norte: 9206760 y Cota: 3086 m. Tajo 1. Fuente: Propia (2019).....	61
<i>Figura 35.</i> Rocas calcáreas alteradas. Manto de 0.30cm de Mn con rocas margas y areniscas. Este: 794676, Norte: 9206694 y Cota: 3076 m. Fuente: Propia (2019).....	62
<i>Figura 36.</i> Arenisca con relictos de Mn. Este: 794595, Norte: 9206457 y Cota: 3133m. Fuente: Propia (2020).	62
<i>Figura 37.</i> Afloramiento del Mn descubierto. Este: 794418, Norte: 9206622 y Cota: 3102 m. Fuente: Propia (2020).	63
<i>Figura 38.</i> En la base de la estratificación se observa una intercalación de arcillas con arenas ferruginosas y el Mn se encuentra más compacto. Este: 794550, Norte: 9206466 y Cota: 3137 m. Fuente: Propia (2020).	63
<i>Figura 39.</i> Continúa el Mn con arcillas. Potencia de Mn de 10 cm. Este: 794544, Norte: 9206468 y Cota: 3136 m. Fuente: Propia (2020).	64
<i>Figura 40.</i> Presencia de Mn en cuaternarios con algunos fragmentos de arenisca ferruginosa, arenisca deleznable blanca y arcillas. Este: 794495, Norte: 9206460 y Cota: 3139m. Fuente: Propia (2020).	64
<i>Figura 41.</i> Afloramiento de Mn con intercalación de arenas y arcillas. Este: 794488, Norte: 9206463 y Cota: 3138m. Fuente: Propia (2020).	65
<i>Figura 42.</i> Intercalación Mn con arcillas y óxidos (Hematita y limonita). Este: 794500, Norte: 9206504 y Cota: 3134m. Fuente: Propia (2020).	65
<i>Figura 43.</i> Mn con arcillas, areniscas y óxidos. Este: 794652, Norte: 9206572 y Cota: 3109m. Fuente: Propia (2020).	66
<i>Figura 44.</i> Dirección de rocas areniscas. Azimut N140° y buzamiento 72SW. Este: 794525, Norte: 9206363 y Cota: 3146 m.s.n.m. Fuente: Propia (2020).	67
<i>Figura 45.</i> Areniscas sobre rocas calcáreas. Este: 794573, Norte: 9206750 y Cota: 3078 m.s.n.m. Fuente: Propia (2020).	67
<i>Figura 46.</i> Rocas calcáreas con azimut N115° y buzamiento 39SW. Fuente: Propia (2020).	68
<i>Figura 47.</i> Secuencias sedimentarias calcáreas con azimut N140° y buzamiento 48SW. Este: 794571, Norte: 9206748 y Cota: 3077 m.s.n.m. Fuente: Propia (2019).	68
<i>Figura 48.</i> Secuencias sedimentarias calcáreas con azimut N110° y buzamiento 25SW. Este: 794588, Norte: 9206746 y Cota: 3078. Fuente: Propia (2020).	69
<i>Figura 49.</i> Punto de la sección con presencia de areniscas sobre el manto de manganeso con fragmento o roca sedimentaria y una banda delgada extensa de arcilla. Azimut N103° y buzamiento 17S. Este: 794603, Norte: 9206746 y Cota: 3078 m.s.n.m. Fuente: Propia (2020).	69
<i>Figura 50.</i> Sección A-A'. Este: 794591, Norte: 9206771 y Cota: 3079 m. Fuente: Propia (2020).	71
<i>Figura 51.</i> Sección A-A'. Fuente: Propia (2020).	71
<i>Figura 52.</i> Sección B-B'. Este: 794617, Norte: 9206748 y Cota: 3076 m. Fuente: Propia (2020).	72
<i>Figura 53.</i> Sección B-B'. Fuente: Propia (2020).	72
<i>Figura 54.</i> Sección C-C'. Este: 794542, Norte: 9206746 y Cota: 3074 m. Fuente: Propia (2020).	73
<i>Figura 55.</i> Sección C-C'. Fuente: Propia (2020).	73

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo realizar un estudio geológico para determinar el potencial de Manganeso en la concesión San Jorge de Chuchun, Distrito de Namora, Cajamarca-2020; la investigación fue trascendental debido a que en la actualidad el creciente aporte de nuevos conocimientos de estudios geológicos permite a los exploradores identificar zonas de posible mineralización; el estudio tuvo un enfoque cuantitativo-cualitativo, fue de tipo aplicado, de alcance correlacional y de diseño no experimental. En la concesión se realizó el mapeo de litología, alteración, estructural y mineralización; además, se identificaron superficialmente rocas areniscas compactas y granulares, los cuales correspondieron a la formación Farrat, también, se observó la presencia de alteración supérgena (meteorización) por tener arenisca muy deleznable y presencia de óxidos; estructuralmente la roca caja tuvo una orientación de SE-NW al igual que el aporte del manganeso y con las secciones se determinó que la potencia de la mineralización de Mn utilizando el software Leapfrog es de 44 436 Tn. Además, se evaluó el mercado de manganeso, donde se estableció los porcentajes aceptables para sus elementos y Mn, por ello, en las muestras analizadas se conoció que el porcentaje de manganeso es mayor a 40% por lo que resultó comercializable.

Palabras clave: Estudio geológico, potencial, manganeso.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En la actualidad existe una gran demanda de minerales metálicos de interés económico; por ejemplo, oro, plata, cobre, manganeso; lo que conlleva al descubrimiento y desarrollo de proyectos de prospección y exploración. De modo que, un estudio geológico permite determinar el tipo de mineralización y control que existe en estos yacimientos metálicos (litológico, alteración, estructural y mineralógico).

A continuación, mencionamos algunos depósitos internacionales de mineralización de Mn.

En la región natural conocida como El Campo de Calatrava, existen mineralizaciones manganesíferas, estas mineralizaciones de Mn, se formaron en condiciones volcano-sedimentarias durante el Plioceno-Cuaternario cerca de las surgencias tipo hot-spring en las cuencas de tipo extensional. Parte del Mn procedente de las surgencias hidrotermales precipitó in situ: son los depósitos denominados spring-aprons, que se disponen alrededor o en las inmediaciones de dichas surgencias (hervideros). Otra parte del Mn migra hacia las cuencas sedimentarias próximas originando depósitos de tipo stratabound. (Crespo y Lunar, 2014).

También, en su estudio, Leal (2002) señaló que los yacimientos de manganeso del departamento de Sobremonte, provincia de Córdoba, Sierras Pampeanas Orientales, están principalmente compuestas por rocas ígneas (granodioritas, riodacitas) eopaleozoicas las cuales alojaron los depósitos de manganeso; sin embargo, las rocas metamórficas que se encontraron también dentro del área de estudio no estaban asociadas a la mineralización de manganeso. Además, indicó que este depósito se

originó debido a que la estructura controló la geometría y distribución de las vetas, donde el manganeso se encuentra siempre como cemento de brechas de falla.

Incluso, el yacimiento de Mn–Ba de Santa Rosa constituyó un caso de mineralización hidrotermal de baja temperatura en vetas extensionales, formado en un ambiente muy cercano a la superficie, de manantial termal. El sistema hidrotermal estaba ligado a la tectónica extensional, de modo que un fluido mayoritariamente meteórico circuló por sistemas de fallas normales que en su ascenso sufrió una mezcla con fluidos salinos. En su recorrido hacia la superficie, el fluido hidrotermal se enriqueció en Mn, Ba, Si, Fe, Ca, Sr, Sb y As, como resultado de la interacción con los estratos subyacentes. (Rodríguez, Blanco, Canet, Gervilla, Gonzáles, Prol, Morales y García 2010).

El Perú es considerado uno de los principales lugares para realizar trabajos de prospección y exploración minera, porque cuenta con una gran cantidad de yacimientos mineros; en la investigación que realizó Rodríguez, Soberón, Ccallo y Choquehuanca (2017, p. 8) mencionan que la Cordillera Oriental en el Sur del Perú contiene una variedad de minerales y su emplazamiento fue producto de las características litológicas y su asociación con los sistemas de fallas.

De igual manera, el estudio elaborado en Cusco-Puno por Aguilar, Cerpa, Muñoz, Torres y Cereceda (2010, p. 3) indicó que el movimiento de los fluidos en las estructuras principales, desarrollaron vetas y zonas de alteración hidrotermal emplazadas en los sistemas de fallas, siendo estas últimas, las que presentaron mineralización de rendimiento económico.

Por otro lado, con respecto al Mn, según Flores (2014) el Mn se comporta análogamente al hierro en su forma primaria, está ligado a magmas básicos y de acidez media, y puede ser fraccionado y transportado mediante soluciones acuosas

(hidrotermales). Los procesos hidrotermales y sedimentarios que originan depósitos de Mn tienen lugar en diversos regímenes tectónicos y en diferentes ambientes geoquímicos. La actividad biológica juega un papel muy importante en la precipitación de Mn.

El manganeso es uno de los elementos más abundantes en la corteza terrestre, además, es un elemento metálico duro, refractario y frágil; de transición blanco grisáceo que se simboliza como Mn y de número atómico 25 ubicado dentro de la tabla periódica en el grupo 7. Rodríguez-Díaz (2005) menciona que, en la industria siderúrgica, la principal consumidora de manganeso, mantiene un proceso de crecimiento y, a merced de esta tendencia, se muestra un incremento en la producción de acero, que implica una mayor demanda de mineral de hierro y manganeso.

Las características geológicas y geoquímicas del manganeso permitieron entender mejor la clasificación de los depósitos de manganeso. El manganeso, por meteorización, se separó y posteriormente migró hasta su sedimentación química, ya que el Mn es fácilmente soluble en aguas que contengan CO₂ (Roy, 1992).

Los depósitos recientes de Mn se localizaron predominantemente en los fondos oceánicos (especialmente asociados a dorsales), más que en aguas someras. La contribución hidrotermal de manganeso en los depósitos submarinos puede ser sustancial. (Rodríguez-Díaz, Villaseñor-Cabral, Canet, Prol-Ledesma y Camprubí, 2005). El comportamiento de las soluciones acuosas ricas en Mn, presentes en diversos ambientes geológicos fósiles y modernos, está condicionado por las condiciones redox. El Mn es transportado en solución bajo condiciones reductoras y ácidas (Borchert, 1980).

Los tipos de clasificaciones generales de los depósitos de manganeso son:

Los depósitos sedimentarios (acumulaciones de manganeso en cuencas sedimentarias) son depósitos exógenos, presentan cortezas de intemperismo, y están relacionados con procesos de erosión y diagénesis de rocas (Rodríguez et al., 2005).

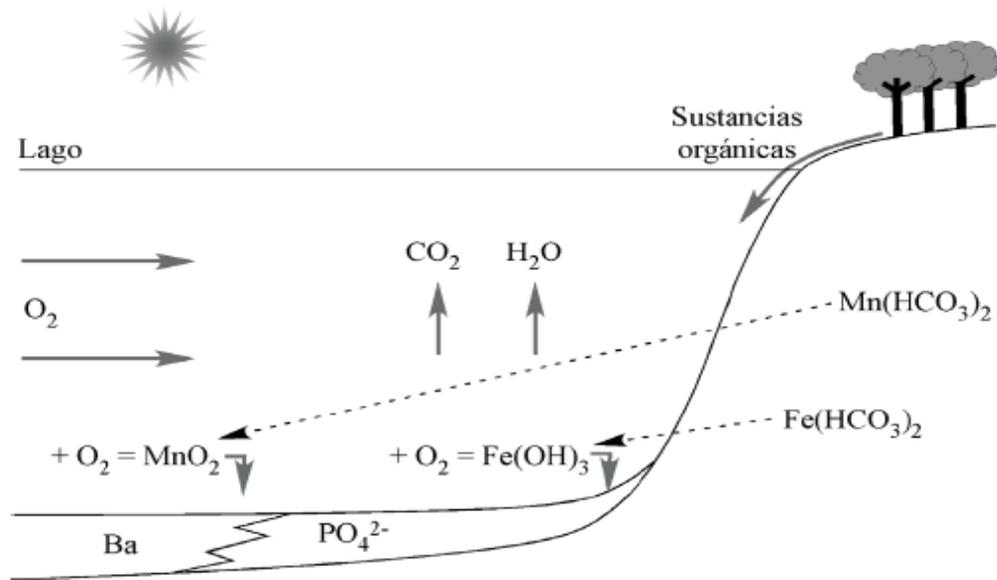


Figura 1. Modelo de un depósito sedimentario de Mn en un lago de agua dulce de ambiente de tundra (basado en Borchert, 1980). Fuente: Rodríguez, A., Villaseñor, M., Canet, C., Prol-Ledesmad, R., y Camprubí, A. (2005).

Algunas veces, se incluyen en este grupo los depósitos volcanogénicos, formados a partir de exhalaciones de manantiales termales en el fondo marino; podemos mencionar los depósitos de Mn de Nikopol en Ucrania, de Chiatura en Georgia, y de la Península Mangyshlak en Bulgaria, así como algunos depósitos menores en Hungría y Eslovaquia. Los depósitos sedimentarios contienen cerca del 30% de las reservas de manganeso fanerozoico y más del 70% en rocas cenozoicas a nivel mundial (Rodríguez et al., 2005).

Katsitadze, H.; Holmgren, C. y Porro, A. (1968) mencionan en su investigación a los geólogos Simons y Straczek, (1958) y Mrña, (1963) quienes destacan que los depósitos de minerales vulcanógeno-sedimentarios tienden, muchas veces, a las zonas de las dislocaciones tectónicas. La asociación de los depósitos de minerales de

origen vulcanógeno-sedimentario a las fallas se explica porque las mismas con toda probabilidad han servido como canales para las soluciones mineralíferas, las cuales naturalmente ascendieron por las zonas debilitadas y se depositaron en la cuenca marina cerca de las fuentes termales.

Un ejemplo de estos yacimientos vulcanógeno-sedimentarios, se encuentran en calizas de Charco Redondo o más bien en el contacto de estas con tobas, están asociados a las interestratificaciones de areniscas; en la investigación de Simons y Straczek, (1958), destacan que están en una relación directa con éstas, es decir, con el acuñamiento de las interestratificaciones de areniscas se acuña también la mineralización de manganeso. En este caso las emanaciones volcánicas submarinas pudieron surgir lejos de los yacimientos y la sedimentación de manganeso se produjo en lagunas o cuencas donde faltan las manifestaciones vulcanógenas (Katsitadze, Holmgren y Porro, 1968).

Los depósitos metamorfizados son el resultado del metamorfismo, regional o de contacto, de secuencias sedimentarias con mineralizaciones de Mn ya existentes, por lo que no pueden considerarse como un producto del metamorfismo en sí. Es el caso del distrito minero de Postmasbury, en Sudáfrica, cuyos depósitos de Mn se encuentran en pizarras y cuarcitas, y están constituidos por pirolusita, psilomelana, polianita, braunita, barita, bixbyíta y jacobsita (Rodríguez et al., 2005).

Los depósitos de intemperismo son acumulaciones residuales o formadas por infiltración (lateritas, productos de lixiviación intensa, etc.). Se originan en climas tropicales, a partir de rocas con altos contenidos en Mn. Se pueden mencionar a los nódulos de Fe-Mn, que se producen en suelos que presentan periodos alternantes de humedad y sequía (Rodríguez et al., 2005).

Los depósitos hidrotermales están caracterizados por su disposición en vetas, stockworks y brechas mineralizadas, y la mineralización se forma a partir de soluciones hidrotermales ricas en manganeso. Este tipo de yacimientos incluye los depósitos fósiles y actuales formados a partir de manantiales termales, tanto en los continentes como en el piso oceánico (vulcanogénicos y sedimentario-exhalativos); en dorsales oceánicas, en arcos de islas y en relación a vulcanismo de intraplaca oceánica. Los óxidos de manganeso pueden estar asociados a fluorita, calcita, barita y aragonito y, más raramente, a minerales de talio (Rodríguez et al., 2005).

También, estos depósitos muestran característicamente enriquecimientos geoquímicos en el ensamblaje As-Ba-Cu-Li-Mo-Pb-Sb-Sr-V-Zn y una asociación geoquímica Mn-As. Los depósitos marinos supergénicos muestran enriquecimientos geoquímicos de Na-K-Ca-Mg-Sr y Co-Cu-Ni, mientras que los depósitos terrestres supergénicos tienden a tener contenidos de Ba muy altos y una asociación Mn-Ba (Nicholson, 1992).

Estos yacimientos están asociados espacialmente a las mismas facies manganíferas que los yacimientos vulcanógeno-sedimentarios y están relacionados aparentemente con los mismos centros volcánicos. Y están representados por pequeños cuerpos filonianos, vetitas y nidos que contienen mayormente pirolusita y psilomelano. En algunos yacimientos hidrotermales se observa una relación genética de la mineralización de manganeso con porfiritas dacíticas (Katsitadze, Holmgren y Porro, 1968).

Además, Katsitadze, H.; Holmgren, C. y Porro, A. (1968) hacen mención a los yacimientos exógenos que se formaron a costa de la destrucción y redeposición de los yacimientos primarios de manganeso debido a la acción de los agentes exógenos.

Atendiendo a las condiciones geológicas de su formación, estos yacimientos se

subdividen en tres subgrupos: deluviales-eluviales contemporáneos (tipo granzones), de infiltración y deluviales-proluviales antiguos ("bolsones").

Los yacimientos deluviales-eluviales contemporáneos (granzones) que se encuentran cerca de la superficie, generalmente en tobas verdes. Están representados generalmente por pirolusita y en menor cantidad por psilomelano en forma de una masa terrosa entre crecida con material arcillo-arenoso, que cementa fragmentos y cantos rodados de bayates (rocas semejantes a jaspes). Los bayates a menudo están mineralizados también por pirolusita y psilomelano. Su color varía de ocre-amarillento a pardo-rojizo. El espesor de los depósitos deluviales de manganeso en promedio: es de 2,3 m, a veces alcanza hasta 10m. (Katsitadze, Holmgren y Porro, 1968)

Los yacimientos de infiltración que están representados por formaciones de capas y cuerpos minerales de forma irregular, vetas, nidos, bolsones, etc. que se encuentran entre rocas tobáceas y en calizas, así como en el contacto de ambas. La mineralización de manganeso en este caso se formó mediante relleno de fracturas y cavidades por sustancia mineral aportada por las soluciones superficiales en estado disuelto o en suspensión. Fundamentalmente consiste de pirolusita y en menor cantidad de psilomelano. (Katsitadze, Holmgren y Porro, 1968)

Los yacimientos deluviales-proluviales antiguos ("bolsones") que se encuentran dentro de los aglomerados-tobáceos en forma de cuerpos minerales aislados. Los cuerpos minerales ("bolsones") debieron formarse simultáneamente con los aglomerados tobáceos los cuales debido a corrientes de lodo que se formaron como resultado de la actividad tectónica, acompañada por terremotos y aguaceros fuertes, fueron arrastrados en forma de fragmentos a cuencas cercanas. (Katsitadze, Holmgren y Porro, 1968)

Ahora, el manganeso según Bazán (2016) se presenta en las siguientes formas:

En vetas la mineralización se encuentra mayormente rellenando fracturas y fallas, los espesores son variables, la roca caja está constituida por areniscas cuarzosas, en algunos casos por calizas y lutitas.

En mantos estratiformes y lentes ocurre mayormente concordante con la estratificación de lutitas, areniscas y calizas, a veces denominados sombreros de manganeso.

En bolsonadas y chorreras que representan un tipo de ocurrencia irregular en forma de chorro que cortan las lutitas como si hubieran migrado flujos calientes.

En nódulos aflora en muchas zonas, sin embargo, se trata de minerales retrabajados (acumulaciones de ganga que luego de 5 a 10 años se enriquecen) que constituyen un buen depósito mineral, su forma y tamaño es variado desde anguloso a sub redondeado a veces semiesférico de textura botroidal, amigdaloides.

Cronan (2000) menciona que los nódulos y costras de Mn son depósitos hidrogenéticos (precipitación mineral a partir del agua de mar) y diagenéticos (precipitación mineral a partir de fluidos intrasedimentarios en los procesos de compactación y litificación de sedimentos). Los nódulos muestran formas concéntricas a partir de un núcleo de precipitación y las costras son bandas que se disponen sobre diversas superficies del fondo marino.

Ambos están constituidos principalmente por óxidos e hidróxidos de manganeso (Todorokita y Vernardita) y Fe, aunque contienen cantidades significativas y variables de otros metales como el cobre, níquel, cobalto, etc. En líneas generales el origen de los componentes metálicos de estos materiales proviene de la actividad magmática del océano, de los aportes de elementos químicos provenientes de aguas

y vientos continentales y de componentes químicos contenidos en los organismos marinos, los cuales son liberados al morir y descomponerse (Cronan, 2000).

Ahora, centrándonos más específicamente en la región de Cajamarca que presenta litologías y estructuras que originan depósitos de tipo pórfido de Cu-Au (Mo, Ag), epitermales de baja sulfuración y de alta sulfuración, cuerpos y vetas de minerales metálicos y polimetálicos, es considerado un gran potencial geológico-minero.

Uno de los elementos metálicos que se ha utilizado a lo largo de la historia y que se ha venido explotando en grandes volúmenes en Cajamarca es el manganeso; sin embargo, en la actualidad se encuentra cesada por la ausencia de exploración de igual manera por la falta de inversión; de lo contrario, Cajamarca reconocido como un distrito minero, nos permite realizar la explotación de manganeso, como una de las alternativas y ser un incentivo para la inversión privada.

Además, en la ciudad de Cajamarca se han registrado muchas zonas con presencia de manganeso, como son: Bambamarca, Namora, San Marcos, San Juan, San Pablo, (El Punre) La Encañada, Pampa de la Culebra, Otuzco, Asunción, Chetilla, etc.

En el distrito de Namora se realizaron diversos trabajos de exploración en distintas concesiones mineras debido a la presencia de minerales metálicos como son el oro, la plata y el cobre además de la aparición de minería de manganeso, así tenemos en la Concesión minera San Jorge de Chuchun, que al desarrollar un análisis a través del GEOCATMIN, se observó una diversidad de estructuras alrededor de la concesión, formaciones pertenecientes a rocas de la era Cretácica y por la tanto zonas de interés minero.

La zona de estudio se encuentra a una altitud entre los 2900 y 3200 m. s. n. m entre el centro poblado Hda. El Milagro y el cerro Papelillo; está ubicada en la parte Noroeste del Cuadrángulo de San Marcos (15-g) y está constituida por 100 hectáreas.

El acceso es por la carretera 8B, a una distancia de 34,5 km que inicia desde Cajamarca (Plazuela Bolognesi), luego hacia Baños del Inca y continúa el camino a Llacanora para finalmente llegar a Namora, en un intervalo de 1 hora.

La litología que aflora en la concesión San Jorge de Chuchun son las formaciones Farrat, (areniscas blancas) y en su mayoría depósitos clásticos cuaternarios. Además, en la concesión se evidencia puntos de mineralización de manganeso asociado a areniscas con presencia de óxidos de Fe (hematita, limonita) y Mn (pirolusita), también, se observó que en las áreas anteriormente explotadas la mineralización de manganeso se ha emplazado en rocas sedimentarias en forma de mantos.

Por ello, esta investigación tiene como objetivo realizar un estudio geológico para determinar el potencial en la Concesión Minera San Jorge de Chuchun, asimismo aportar información relevante a los estudiantes y profesionales interesados en estos temas de investigación y dedicados al rubro de exploraciones y minería.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el potencial de manganeso al realizar un estudio geológico en la concesión San Jorge de Chuchun, Distrito de Namora, Cajamarca-2020?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el potencial de manganeso al realizar un estudio geológico en la concesión San Jorge de Chuchun, Distrito de Namora, Cajamarca-2020.

1.3.2. Objetivos específicos

-Identificar las formaciones geológicas de la concesión San Jorge de Chuchun, Distrito de Namora, Cajamarca-2020.

- Identificar los tipos de alteración en la concesión San Jorge de Chuchun, Distrito de Namora, Cajamarca-2020.
- Determinar las zonas con potencial de manganeso en la concesión San Jorge de Chuchun, Distrito de Namora, Cajamarca-2020.
- Realizar secciones en el tajo “Mayrita” de la concesión San Jorge de Chuchun, Distrito de Namora, Cajamarca-2020.
- Evaluar el mercado de manganeso y comparar con las muestras analizadas en laboratorio.

1.4. Hipótesis

El estudio geológico permitirá determinar el potencial de manganeso de la concesión San Jorge de Chuchun, Distrito de Namora, Cajamarca.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

La investigación tuvo un enfoque cualitativo-cuantitativo; por una parte, fue cualitativo porque se obtuvo datos al observar, describir, interpretar y relacionar la teoría con lo observado, y, por otra parte, fue 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: La concesión San Jorge de Chuchun de 1000m x 1000m que abarca una superficie de 100 hectáreas.

Muestra: Las cinco estaciones de muestreo en la concesión San Jorge de Chuchun, de las cuales, para las cuatro primeras muestras se utilizó el muestreo por canales y para la quinta muestra, el método de rock chips.

2.3. Materiales, instrumentos y métodos

2.3.1. Materiales

2.3.1.1. Materiales para Gabinete

Laptop Toshiba Core i5

SOFTWARES: Microsoft Excel y ArcGis 10.3, Leapfrog 4.0

Carta geológica: 15g

Papel bond A4

2.3.1.2. Materiales para Campo

Plano topográfico y Plano Geológico.

Tabla de la Columna Estratigráfica de Cajamarca.

GPS

Brújula

Ácido clorhídrico

Lupa

Rayador

Tablero

Libreta de campo

Protractor

Lápiz, borrador, tajador, lapiceros, colores

Picota

Cámara Fotográfica

Wincha (30m-50m)

2.3.2. 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

Fichas de observación de datos estructurales. Se anotó las coordenadas de cada punto, los datos de azimut y buzamientos, las estructuras en la zona de estudio y puntos de muestreo.

Ficha de observación de muestras. Se describió el tipo de roca, sus características físicas, textura, estructura y su composición mineralógica.

Cuaderno de campo. Se dibujó la litología, Mn y anotaciones de campo.

2.3.3. Métodos

Para la ejecución del trabajo se realizaron los siguientes métodos:

Análisis de información obtenida.

Cartografiado Geológico.

Recolección de datos.

Toma de fotografías.

2.4. Procedimiento

2.4.1. Etapa Preliminar de 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 Mn y su estimación de potencial, 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 1:15000 para el plano regional y 1:4000 para el plano local.

Los criterios de selección para obtener las referencias para esta investigación fueron: uso de palabras claves como estudio geológico, potencial, manganeso, estimación, secciones; estudios publicados preferentemente desde el 2000, pero también algunos publicados entre los años 1980 - 2000; idioma español e inglés; base de datos de Google Académico, Redalyc, Scielo y tener como guía la pregunta de investigación ¿Cuál es el potencial de manganeso al realizar un estudio geológico?

De todos los resultados generados con los criterios de selección se trabajó con 18 estudios relevantes de la base de datos de Google Académico y Scielo; dos de ellos publicados en 1980, en idioma inglés; uno publicado en 1992 y redactado en inglés; uno de 1968 y los otros catorce se publicaron del 2002 en adelante, redactados en idioma español.

En la mayoría de estos estudios, los autores coincidieron en que existen diferentes tipos de yacimientos de Mn; también en que se presenta de varias

formas; los métodos para estimar el potencial van a variar según el tipo de depósito o yacimiento que sea, la litología, las estructuras, las características del Mn y el presupuesto económico del proyecto. Por lo tanto, la investigación de estos antecedentes fue de suma importancia para diferenciar los tipos de yacimientos de Mn que existen y los diferentes métodos que se emplean para estimar el Mn, ya que estos varían, como lo mencionaron los diversos autores; además, estos conocimientos de estudios tanto geológicos, como litológicos y estructurales permitirán a exploradores identificar zonas de posible mineralización.

A continuación, se muestra la tabla con los estudios que se han seleccionado como antecedentes para esta investigación:

Tabla 1.

Estudios seleccionados para la investigación

BASE DE DATOS	ESTUDIOS	AUTOR (ES)	AÑO	IDIOMA	REVISTA
GOOGLE ACADÉMICO	Control Estructural y Litológico en el Emplazamiento de Yacimientos Minerales en el Sector Condorama – Paratia (Cusco – Puno), Sur Del Perú.	Aguilar, R., Cerpa, L., Muñoz, L., Torres, D. y Cereceda, C.	2010	Español	INGEMMET
GOOGLE ACADÉMICO	Evaluación y estudio geológico del manganeso en el sector “Patiño” (Cajamarca – San Pablo).	Bazán, E.	2018	Español	TESIS

GOOGLE ACADÉMICO	Geology and Geochemistry of Manganese. En Varentsov, I. M., y Grasselly G. Y. (Eds),	Bazán, E	2018	Español	UNESCO
GOOGLE ACADÉMICO	Desarrollo de métodos analíticos automáticos para la determinación de metales en el medio ambiente laboral.	Cespón, R.	2007	Español	TESIS
GOOGLE ACADÉMICO	Yacimientos de manganeso cobaltífero del Campo de Calatrava (Ciudad Real).	Crespo, A. y Lunar, R.	2014	Español	TESIS
GOOGLE ACADÉMICO	Estudio de Geología	Gobierno Regional de Cajamarca	2009	Español	LIBRO VIRTUAL
GOOGLE ACADÉMICO	Particularidades de la mineralización de Manganeso en la Provincia de Oriente, Cuba.	Katsitadze, H.; Holmgren, C. y Porro, A.	1968	Español	RED CUBANA DE LA CIENCIA
GOOGLE ACADÉMICO	Estudio metalogenético de los yacimientos de manganeso del departamento de Sobremonte, provincia de Córdoba, Sierras Pampeanas Orientales.	Leal, P.	2002	Español	TESIS
GOOGLE ACADÉMICO	Yacimientos sedimentarios	Liñan, J.	2016	Español	FUNDACIÓN UNIVERSITA

	por precipitación química.				RIA DEL ÁREA ANDINA
GOOGLE ACADEMICO	Depósitos de Mn en Camañas (Teruel): geología y mineralogía.	López, A.	2014	Español	TESIS
GOOGLE ACADÉMICO	Cálculo de reservas.	Minero, P.	2020	Español	SCRIBD
GOOGLE ACADÉMICO	Contrasting mineralogical-geochemical signatures of manganese oxides; guides to metallogenesis	Nicholson, K.	1992	Inglés	MAGAZINE ECONOMIC GEOLOGY
GOOGLE ACADÉMICO	Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba.	Reyes, L.	1980	Español	INGEMMET
SCIELO	Metalogenia del depósito de manganeso Santa Rosa, Baja California Sur, México.	Rodríguez, A., Blanco, D., Canet, C., Gervilla, F., González, E., Prol, R., Morales, S., García, M.	2010	Español	Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana
GOOGLE ACADÉMICO	Clasificación de los yacimientos de manganeso y ejemplos de depósitos mexicanos e internacionales.	Rodríguez-Díaz, A., Villaseñor-Cabral, M., Canet, C., Prol-Ledesma, R., y Camprubí, A.	2005	Español	Boletín de la Sociedad Mexicana de Mineralogía
GOOGLE ACADÉMICO	Controles estructurales para la exploración de depósitos minerales	Rodríguez, R., Soberón, O., Ccallo, W. y Choquehuanc a, S.	2017	Español	INGEMMET

	estratégicos en el sur de la Cordillera Oriental del Perú.				
GOOGLE ACADÉMICO	Políticas públicas en salud y su impacto en el seguro popular en Culiacán, Sinaloa, México	Ruiz, M.	2011	Español	TESIS DOCTORAL
GOOGLE ACADÉMICO	Depósitos sedimentarios autóctonos.	Tapia, J. y Durán, P.	2015	Español	SCRIBD

Nota: Los 18 estudios seleccionados para la investigación encontrados en la base de datos de Google Académico y Scielo. Fuente: Propia (2020).

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); la wincha 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 de manganeso, además, se registró los puntos de donde se consiguieron las muestras. Asimismo, se identificó las distintas litologías, se midió el azimut y buzamientos de las estructuras haciendo uso de la brújula geológica. Finalmente, se realizó secciones geológicas en el tajo principal de la mineralización.

2.4.3. Etapa de Gabinete

Se analizó los datos tomados en campo y se creó una base de datos en Microsoft Excel con toda la información obtenida para ser trabajadas con el software ArcGIS 10.3 y así elaborar los planos geológicos y topográficos. Luego, se interpretó las secciones geológicas realizadas en el tajo principal y se aplicó el método de secciones o perfiles para estimar el potencial de la mineralización de manganeso utilizando el software Leapfrog 4.0.

También, se realizó la investigación sobre el mercado de manganeso, sus porcentajes aceptables en sus diferentes elementos y el precio según el contenido de % del Mn. Además, se procedió a enviar las cinco muestras de mineral de manganeso al laboratorio para su análisis y conocer el % de los elementos. Finalmente, se hizo una comparación con lo investigado anteriormente.

A continuación, explicaremos brevemente sobre el método de perfiles y el procedimiento empleado para obtener la estimación del potencial de Mn del tajo MAYRITA con el Leapfrog.

Método de los Perfiles

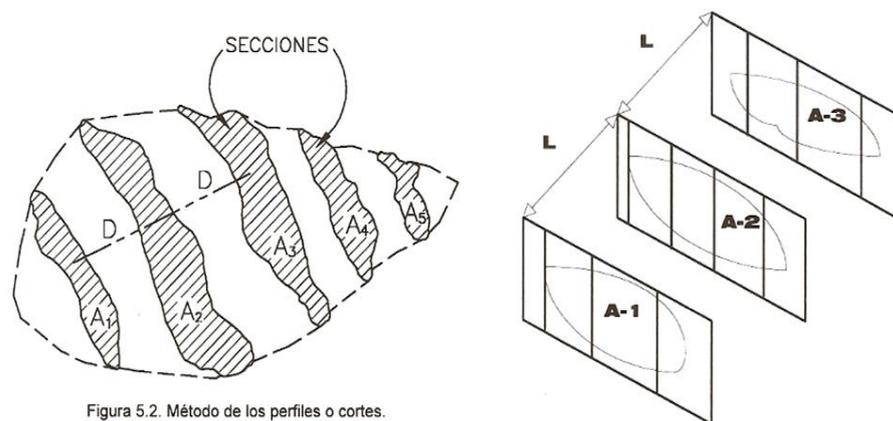


Figura 5.2. Método de los perfiles o cortes.

Figura 2. Método de los perfiles o secciones. Fuente: Minero, P. (2020)

Se usa cuando se tienen cuerpos mineralizados de desarrollo irregular y que han sido estudiados mediante sondeos distribuidos regularmente de forma que permiten establecer cortes o perfiles en los que se basa el cálculo de reservas o cortes verticales, delimitando la mineralización y determinando superficies de los perfiles (Minero, 2020).

Para el cálculo de la reserva de manganeso del tajo principal “MAYRITA” se realizó el siguiente procedimiento en el software LEAPFROG GEO 4.0:

1° Se inició cargando las secciones al leapfrog, seleccionando “NEW CROSS SECTION FROM IMAGE”

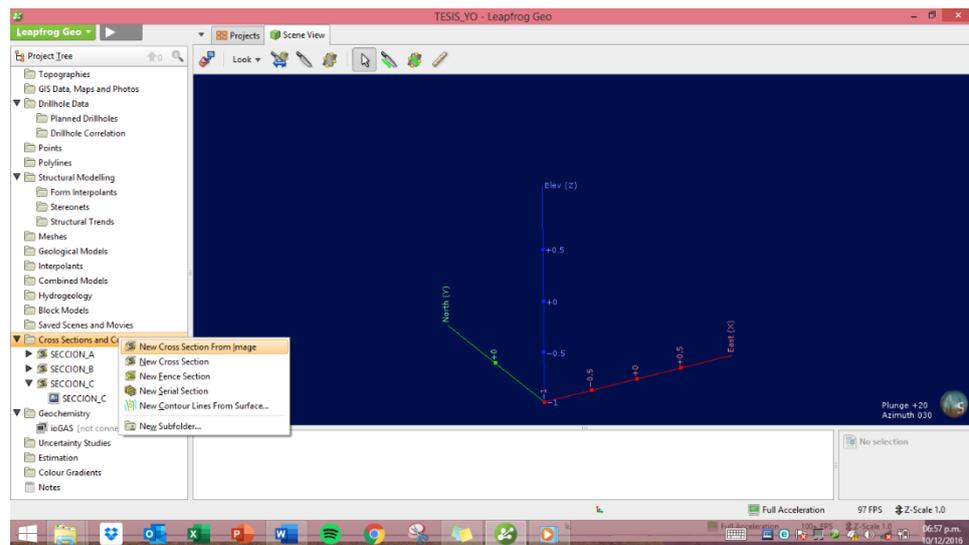


Figura 3. Cargando secciones A-A', B-B' y C-C' al software Leapfrog. Fuente: Propia (2020).

2° Ubicamos los puntos con los markers para su Georreferenciación y luego seleccionamos IMPORT.

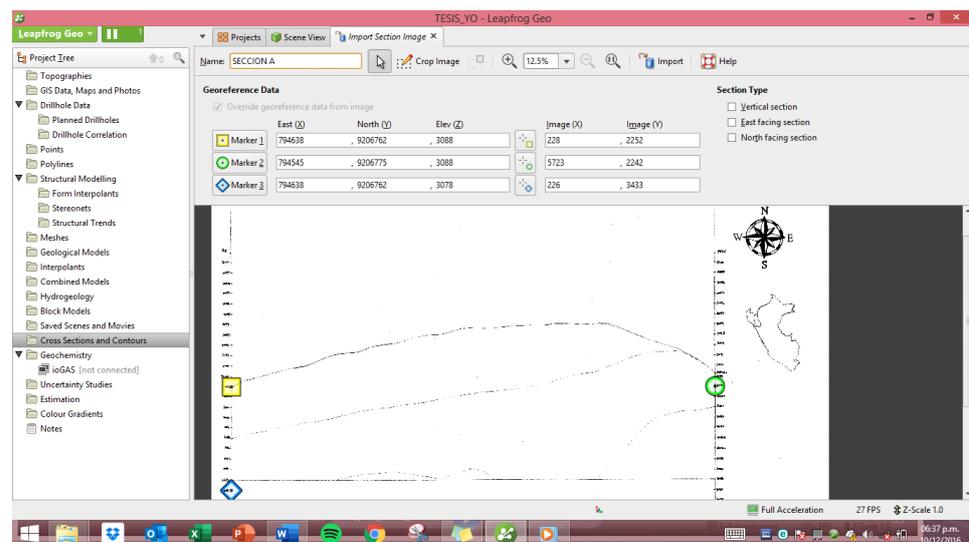


Figura 4. Georreferenciación de las secciones A-A', B-B' y C-C'. Fuente: Propia (2020).

3° Para cada sección se realizó lo mismo y se seleccionó VIEW OBJECT.

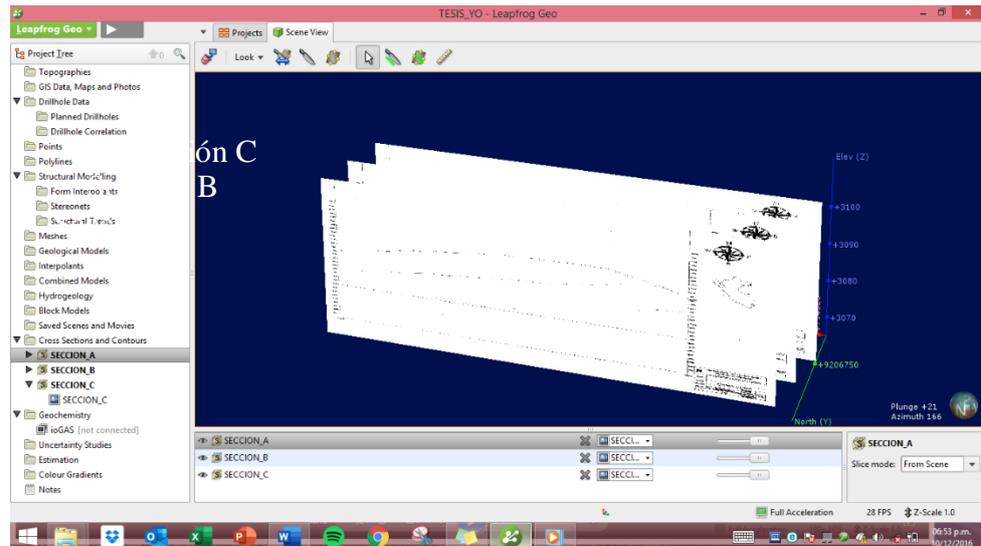


Figura 5. View Objet para la sección A-A', B-B' y C-C'. Fuente: Propia (2020).

4° Luego, se creó las polilíneas de las tres superficies (arenisca, manganeso y marga) de cada sección para iniciar la digitalización.

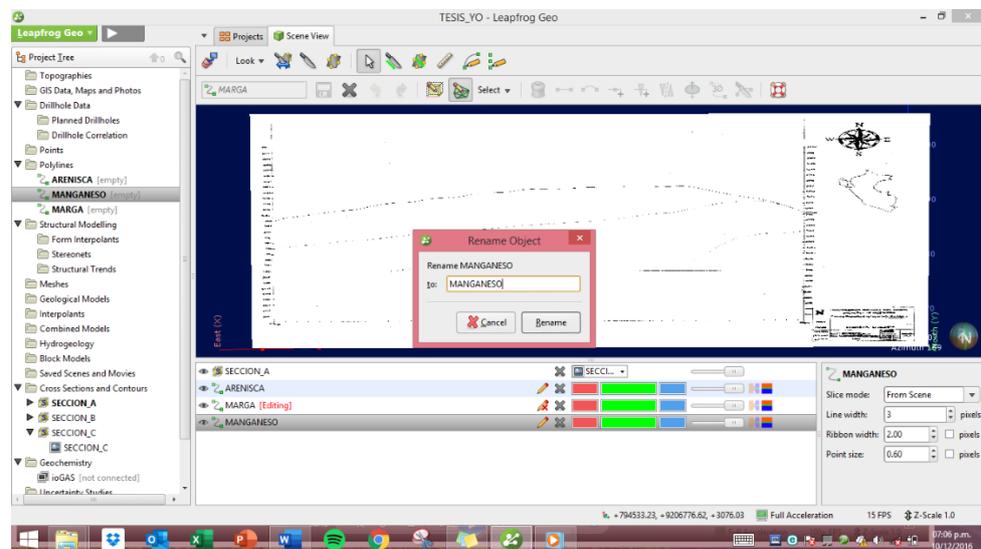


Figura 6. Creación de polilíneas para las tres superficies (arenisca, manganeso y marga) de la sección A-A', B-B' y C-C'. Fuente: Propia (2020).

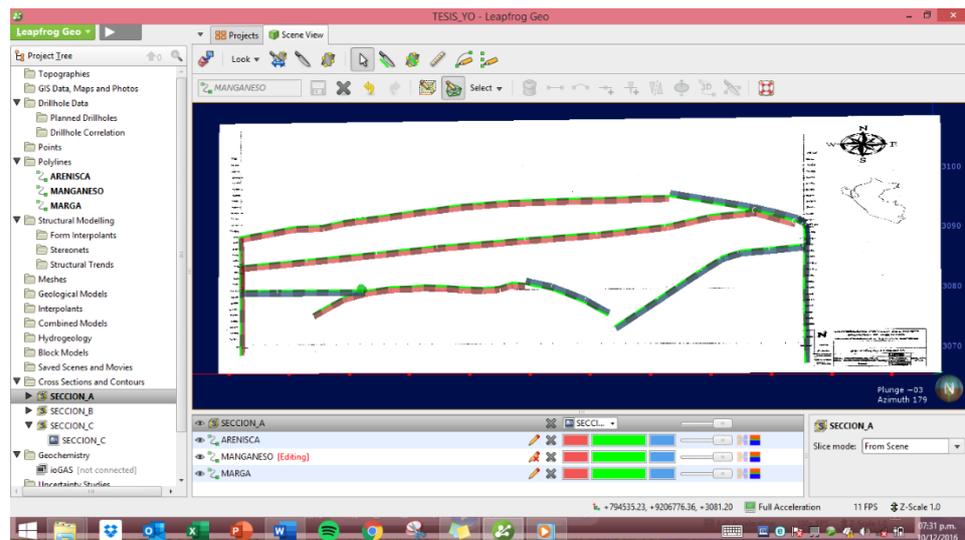


Figura 7. Presentación de las polilíneas creadas para la arenisca, manganeso y marga de la sección A-A'. Fuente: Propia (2020).

5° Luego, se crearon los MESHES usando las polilíneas (arenisca, manganeso, marga) de cada sección.

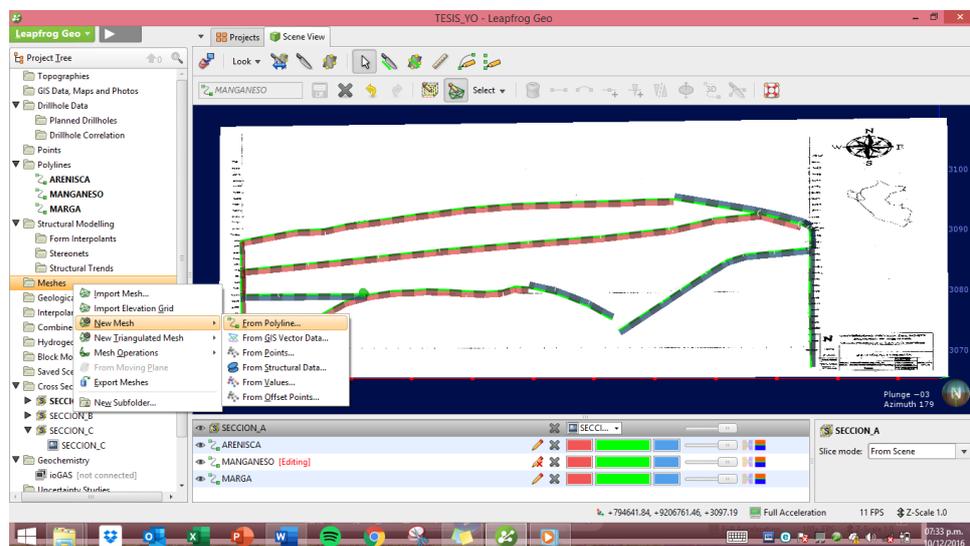


Figura 8. Creación de meshes basándose en las polilíneas creadas. Fuente: Propia (2020).

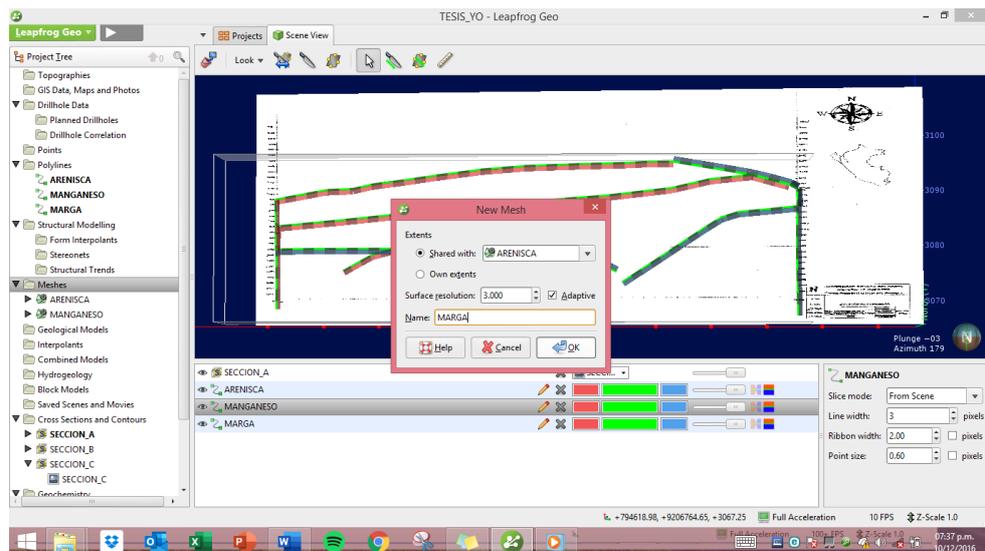


Figura 9. Nombrar al nuevo mesh según corresponda, en este caso, a la “Marga”. Fuente: Propia (2020).

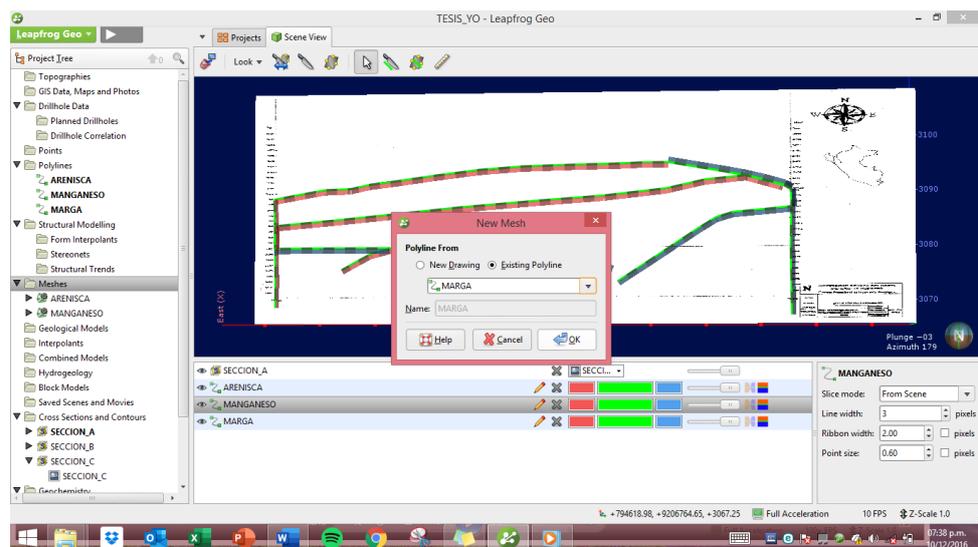


Figura 10. Creación del mesh de marga usando la polilínea existente de marga. Fuente: Propia (2020).

6° Luego, creamos el modelo geológico que abarcó las tres superficies (arenisca, manganeso y marga).

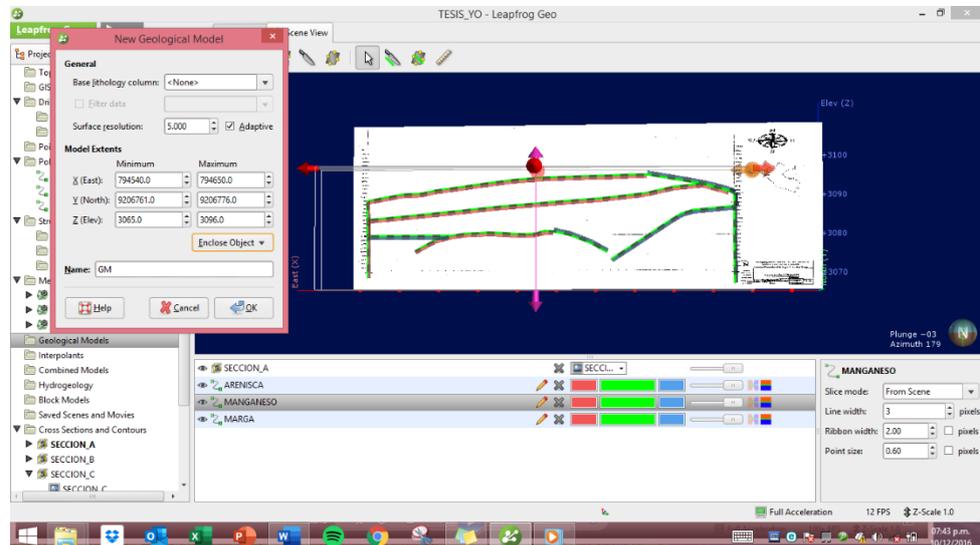


Figura 11. Creación del modelo geológico llamado “GM”. Fuente: Propia (2020).

7° Luego creamos las litologías para luego originar las cronologías de las mismas (arenisca, manganeso, marga).

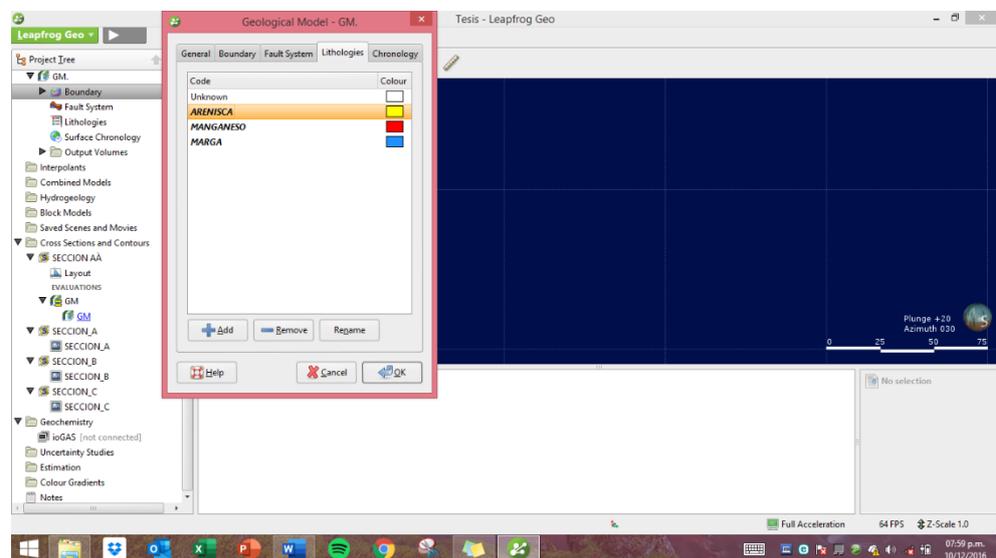


Figura 12. Creación de las tres superficies dentro del boundary del modelo geológico GM. Fuente: Propia (2020).

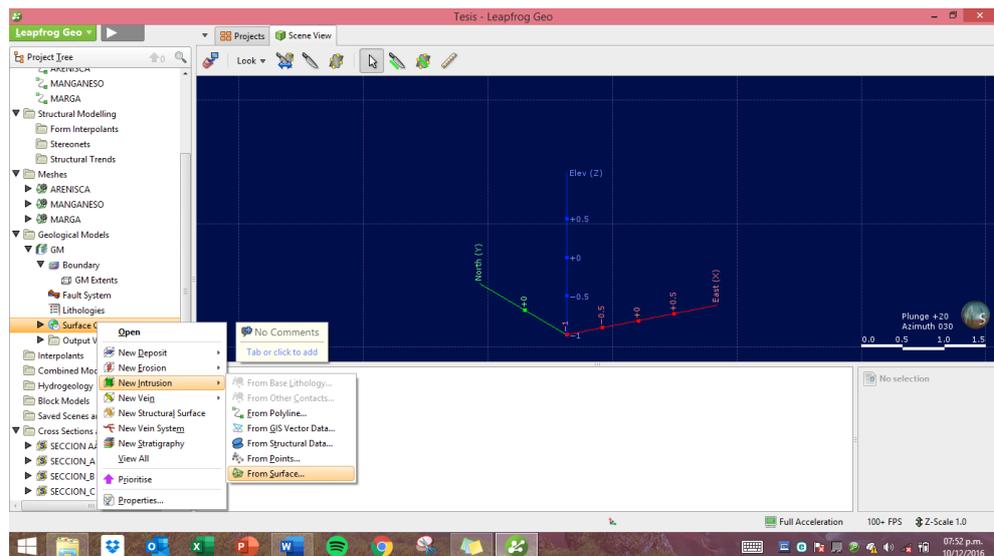


Figura 13. Creación de intrusiones dentro del modelo GM, basándose en las superficies (arenisca, manganeso y marga). Fuente: Propia (2020).

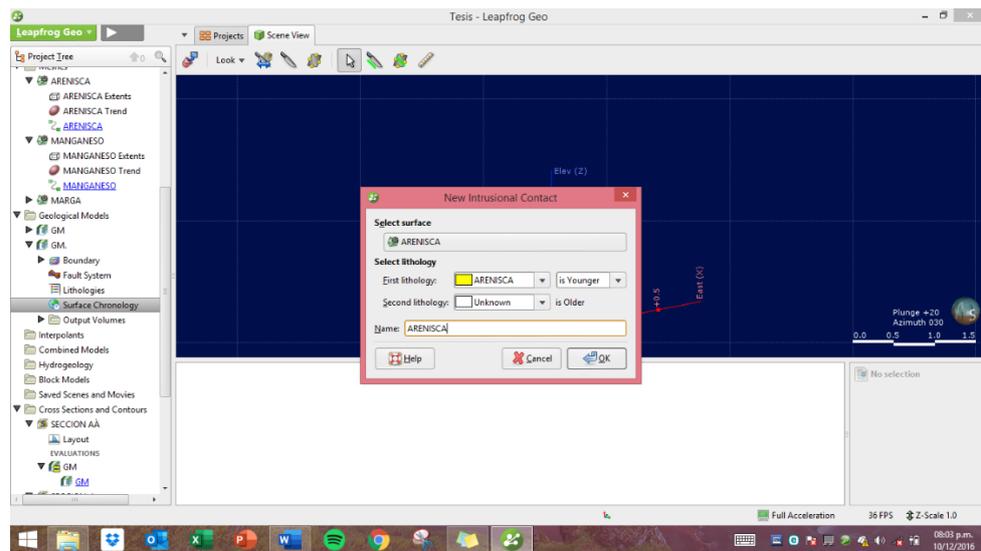


Figura 14. Nombrar las superficies y establecer los contactos de cada una para su creación. Fuente: Propia (2020).

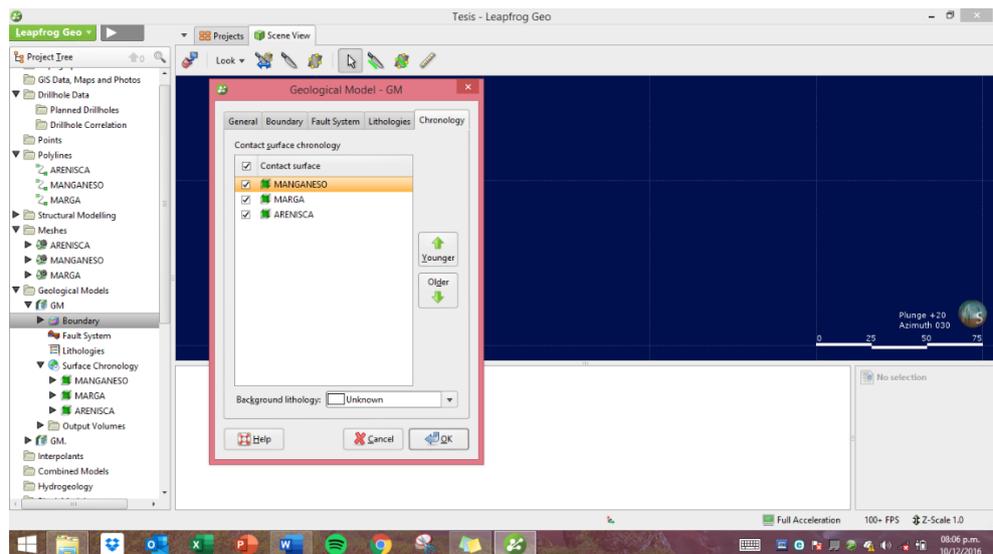


Figura 15. Establecer la cronología de las superficies creadas. Fuente: Propia (2020).

8° Se generó los volúmenes de las superficies (arenisca, manganeso, marga).

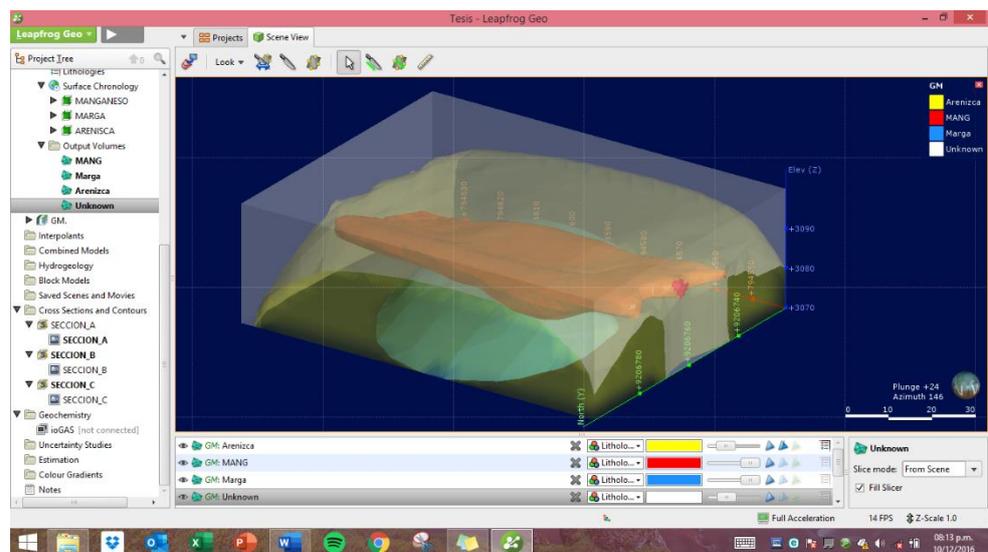


Figura 16. Presentación de los volúmenes de cada superficie creada anteriormente. Fuente: Propia (2020).

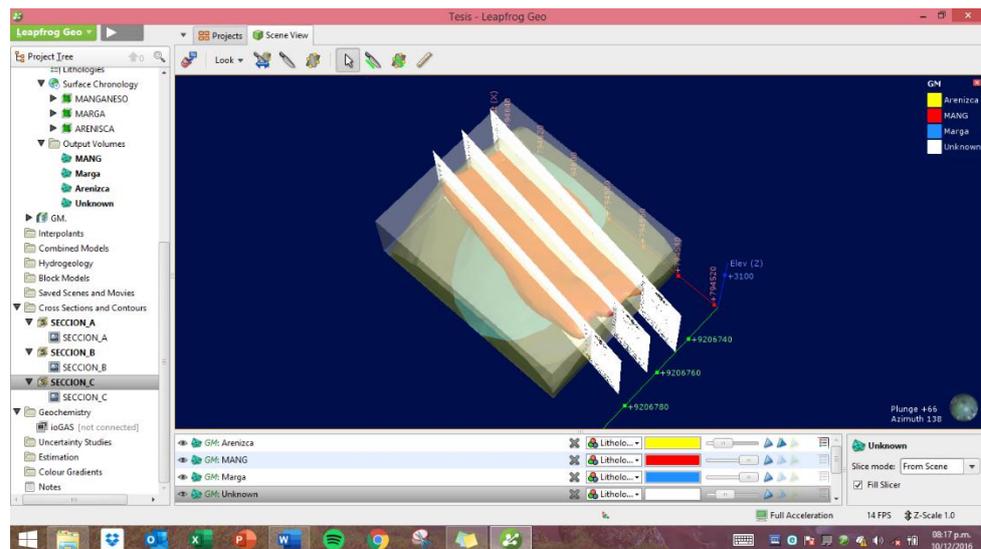


Figura 17. Presentación de las tres secciones y los volúmenes de cada superficie creada.
Fuente: Propia (2020).

9° Finalmente, se seleccionó el manganeso para conocer su área y volumen.

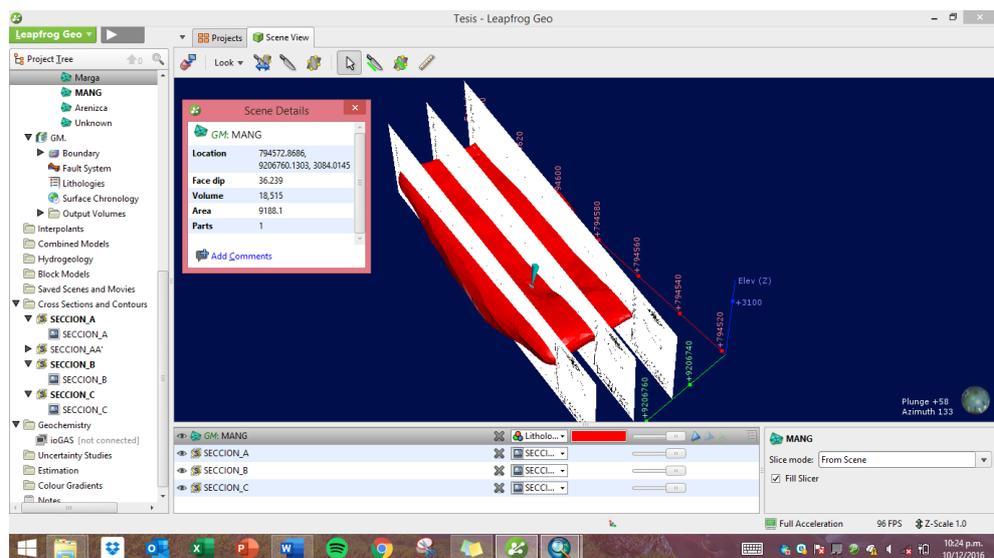


Figura 18. Presentación de las tres secciones con el área y volumen del manganeso. Fuente: Propia (2020).

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Ubicación

3.1.1. Ubicación geográfica

La zona de estudio se encuentra a una altitud entre los 2900 y 3200 m. s. n. m entre el centro poblado Hda. El Milagro y el cerro Papelillo y está ubicada en la parte Noroeste del Cuadrángulo de San Marcos (15-g). Además, está constituida por 100 hectáreas, con la posición geográfica delimitada por las siguientes coordenadas.

Tabla 2.

Coordenadas de la zona de estudio

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

Nota: El sistema de coordenadas empleado es UTM –WGS84, zona 17S. Fuente: Propia (2020).

3.2. Ubicación política

El área de estudio comprende el centro poblado Hda. El Milagro y el cerro Papelillo, se encuentra ubicada en el Distrito de Namora, Provincia y Departamento de Cajamarca (Zona 17).

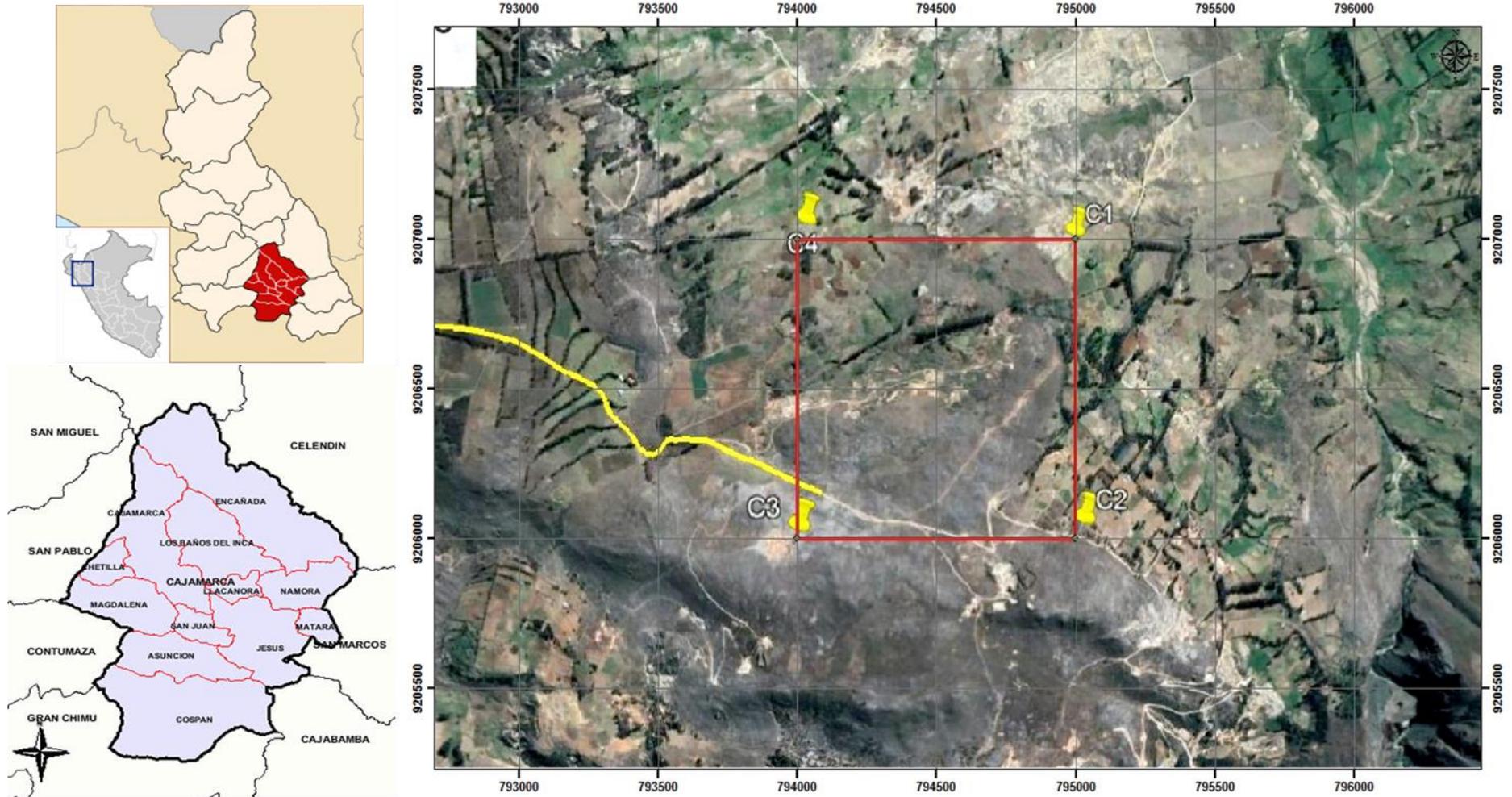


Figura 19. Ubicación política de la zona de estudio. Fuente: Google Earth (2019).

3.3. Accesibilidad

El acceso es mediante carreteras tipo asfaltadas y trochas. Además, se cuenta con dos vías de acceso a la zona de estudio.

El primer acceso fue por la carretera 8B, a una distancia de 34,9 km con un tiempo de 1 hora; inició en Cajamarca (Plazuela Bolognesi), luego en dirección hacia Baños del Inca (Av. Atahualpa), se siguió por la carretera 8B hasta llegar al cruce de Namora, desde el cruce se transitó por la carretera CA-1501 y se continuó por la carretera de Chuchun/CA-1502 (Concesión San Jorge de Chuchun).

El segundo acceso fue por la carretera 3N, a una distancia de 28.5 km con un tiempo de 1 hora y 15 min aproximadamente; inició en Cajamarca (Plazuela Bolognesi), nos dirigimos a la carretera Vía de Evitamiento Sur con dirección hacia Llacanora, luego continuamos en la carretera 3N hasta Namora y finalmente llegamos a la Concesión San Jorge de Chuchun.



Figura 20. Accesibilidad a la zona de estudio. Fuente: Google Earth (2019).

3.4. Clima

El clima de la zona estudio se clasificó como cálido y templado. En Namora, los veranos fueron largos, frescos y nublados y los inviernos fueron cortos, fríos, secos y parcialmente nublados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varió de 3 °C a 18 °C y rara vez bajó a menos de 1 °C o subió a más de 20 °C.

3.5. Lluvia

La temporada de lluvia duró 8 meses, del 17 de septiembre al 21 de mayo, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros. La mayoría de la lluvia cayó durante los 31 días centrados alrededor del 20 de marzo, con una acumulación total promedio de 56 milímetros.

El periodo del año sin lluvia duró 3,9 meses, del 21 de mayo al 17 de septiembre. La fecha aproximada con la menor cantidad de lluvia fue el 21 de julio, con una acumulación total promedio de 1 milímetros.

3.6. Flora y fauna

El distrito de Namora estuvo cubierta de arbustos (73 %) y tierra de cultivo (12 %). Las especies predominantes de estos bosques, según la percepción de los pobladores, fueron el eucalipto (*Eucalyptus globulus*), el pino (*Pinus sp.*), ciprés (*Cupresus sp.*), el palto (*Persea Americana*) y la taya (*Caesalpinia Spinosa*).

En lo que se refiere a la fauna se pudo encontrar ganado vacuno, pequeños reptiles como las lagartijas, aves denominadas comúnmente “zorzales”, etc.

3.7. Geología Regional

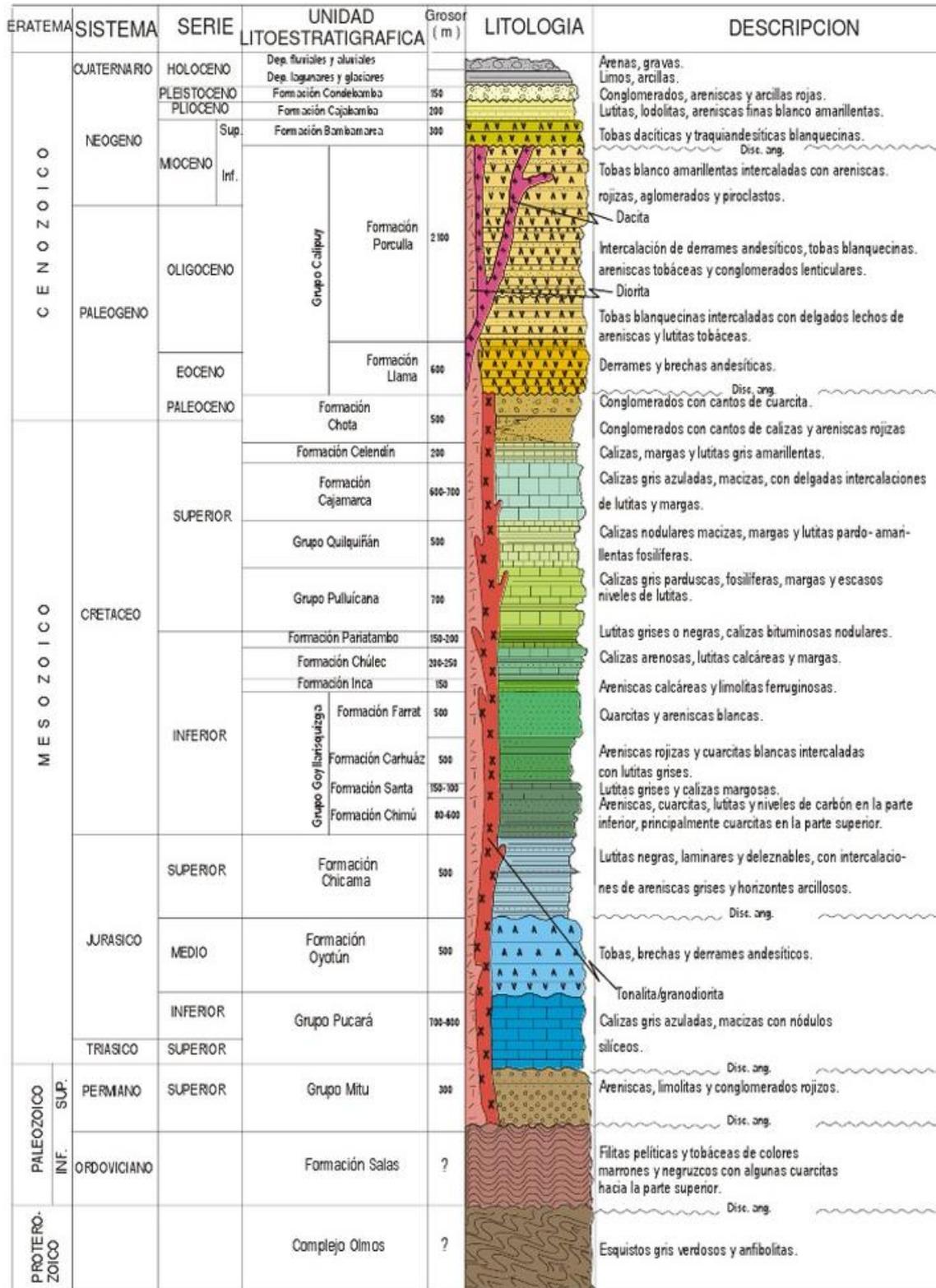
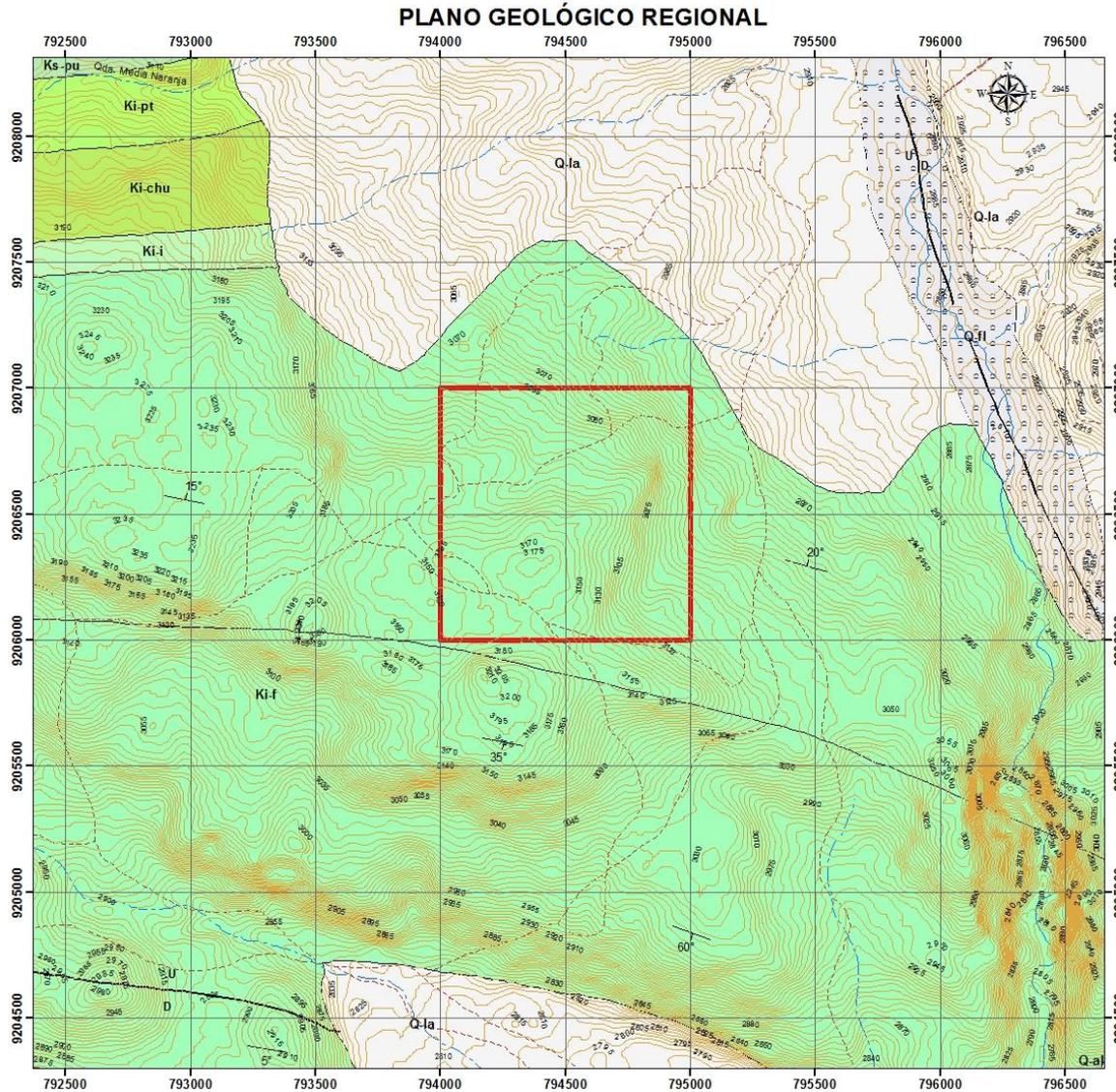


Figura 21. Columna estratigráfica de Cajamarca, Cajabamba y San Marcos. Fuente: Orbsa Geología UNC (2013).

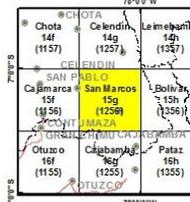


LEYENDA

ERA	SISTEMA	SERIE	EDAD (Ma)	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS
CUATERNARIO	HOLOCENO	0.01	Depósito fluvial	Acumulaciones más jóvenes de gravas, arenas y limos depositados en los cauces de ríos formando terrazas.
			Depósito lacustino	Material fino arenoso-arcilloso, con intercalaciones de gravas, depositadas en pequeñas cuencas antes ocupadas por lagunas.
MESOZOICO	CRETACICO	100.5	Formación Pullucana	Areniscas, cuarcitas, lutitas y niveles de carbón en la parte inferior, y cuarcitas en la parte superior.
			Formación Paritambo	Areniscas, cuarcitas, lutitas y niveles de carbón en la parte inferior, y cuarcitas en la parte superior.
			Formación Obulec	Areniscas, cuarcitas, lutitas y niveles de carbón en la parte inferior, y cuarcitas en la parte superior.
			Formación Inca	Caliza masiva arenosa, brechas calcáreas, areniscas y lutitas ferruginosas en capas delgadas intercaladas con caliza impura.
			Formación Farat	Areniscas, cuarcitas blanquecinas y margas bien estratificadas en capas medianas e intercaladas con horizontes de lutitas grises, margosas y ro sacas.

SÍMBOLOS

	Rumbo y buzamiento de estratos
	Concesión
	Curvas de nivel
	Río secundario
	Quebrada
	Falla normal
	Eje de anticlinal
	Carretera afirmada, transitable
	Camino carrozable
	Camino de herradura



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA Carrera Profesional de Ingeniería Geológica			
TE SIS	ESTUDIO GEOLÓGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL DE MANGANESO EN LA CONCESION SAN JORGE DE CHUCHUN, DISTRITO DE NAMORA, CAJAMARCA-2020		
PLANO	PLANO GEOLÓGICO REGIONAL		
ASESOR	ING. PORTILLA CASTAÑEDA, M.	DISTRITO:	NAMORA
TE SISTA S	Bach. CHUCTAYA SOTO, K Bach. MARTINEZ MOSTACERO, F	PROVINCIA:	CAJAMARCA
ESCALA	1:15000	DEPARTAMENTO:	CAJAMARCA
SISTEMA DE COORDENADA S	WGS 84 UTM - ZONA 17S	PLANO	1001

3.7.1. Cretácico

3.7.1.1. Cretácico inferior

3.7.1.1.1. Grupo Goyllarisquizga

Formación Farrat

Esta formación representa el nivel superior de la parte clástica del Cretácico inferior, esta formación suprayace con aparente concordancia a la Formación Carhuáz y subyace con la misma relación a la Formación Inca (Benavides, 1956).

Localmente la Formación Farrat está conformada por afloramientos resistentes a la erosión y formando escarpas y altas cumbres largas. Litológicamente, consta de areniscas blanquecinas cuarzosas de grano medio a grueso.

3.7.1.1.2. Grupo Crisnejas

Formación Inca

La formación Inca infrayace concordantemente a la Formación Chúlec y suprayace con la misma relación a la formación Farrat. En diversas zonas de Cajamarca se ha observado que gradualmente se intercalan areniscas calcáreas de grano medio a fino con lutitas ferruginosas, dando en superficie un matiz rojizo, con evidente acción de limonitización (Benavides, 1956).

Formación Chúlec

Esta formación suprayace concordantemente a la Formación Inca e infrayace con la misma relación a la Formación Pariatambo (Benavides, 1956).

Litológicamente, consta de una secuencia bastante fosilífera de calizas mudstone, lutitas calcáreas y margas.

Formación Pariatambo

La formación Pariatambo yace concordantemente con la Formación Chúlec e infrayace, con suave discordancia a la Formación Yumagual (Benavides, 1956).

Litológicamente consiste de una alternancia de lutitas con estratos delgados de calizas bituminosas negruzcas.

3.7.1.2. Cretácico Superior

Formación Pullucana

La litología predominante es una caliza arcillosa, grisácea, que intemperiza a crema o marrón claro y que se presenta en capas medianas, nodulares e irregularmente estratificadas. Intercaladas con las calizas, hay capas de margas marrones y lutitas grisáceas o verdosos, así como algunas capas de limonitas y areniscas. (Gobierno Regional de Cajamarca, 2009).

3.7.2. Depósitos Clásticos Cuaternarios

En discordancia angular sobre todas las unidades descritas anteriormente se tiene una variedad de depósitos cuaternarios, en las zonas más elevadas se localizan los depósitos glaciares y fluvio-glaciares, y en menor escala depósitos aluviales en las faldas de cerros y laderas de valles, y finalmente los fluviales en los lechos de los ríos.

3.8. Geología Local

Formación Farrat

En la concesión San Jorge de Chuchun, litológicamente constó de rocas macizas de areniscas con contenido de cuarzo de color blanquecino, de grano medio a grueso y de arenas deleznable.

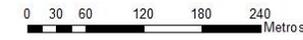
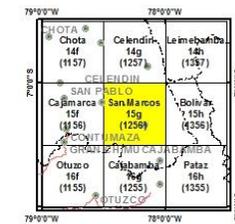
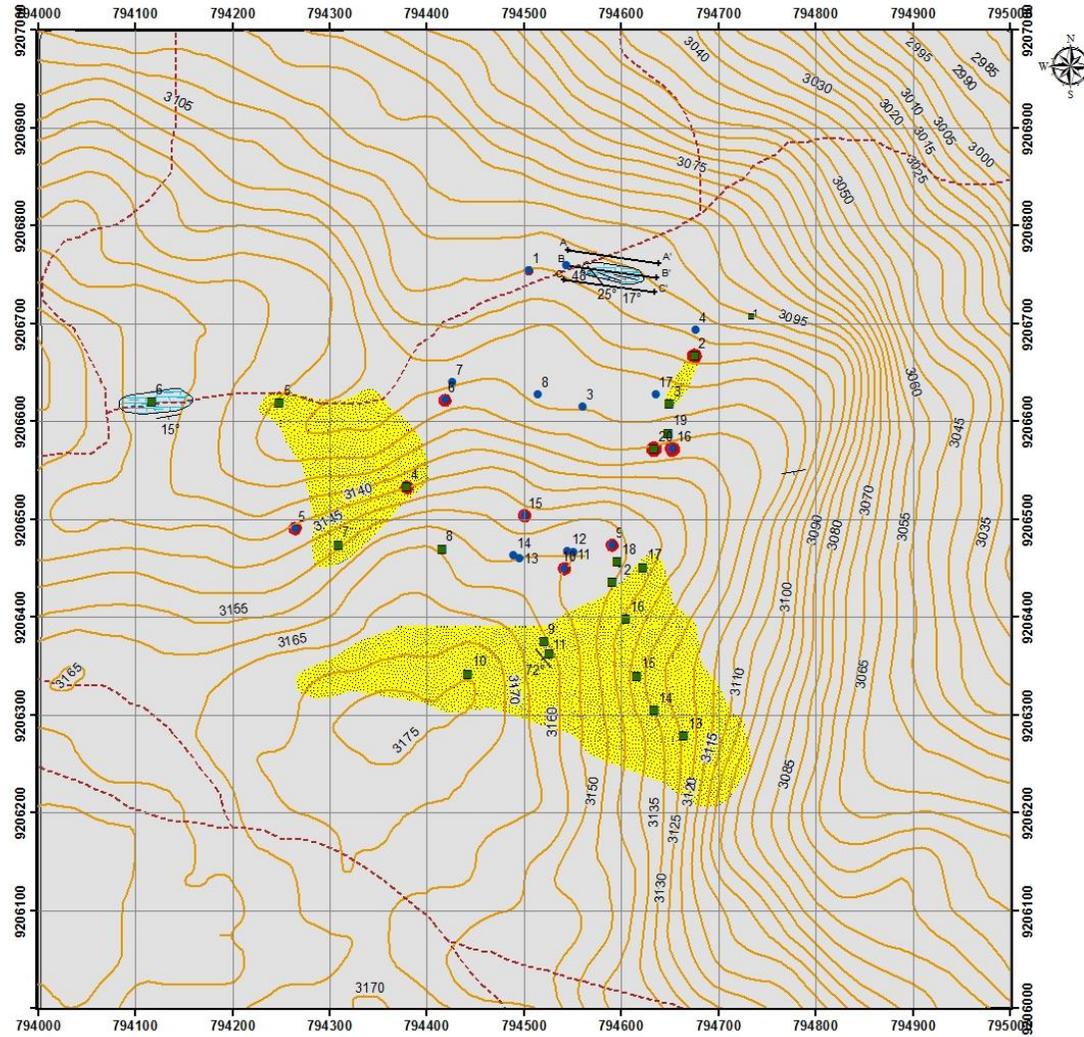


Figura 22. Afloramiento de roca maciza de arenisca. Este: 794520, Norte: 9206375 y Cota: 3144 m.
Fuente: Propia (2020).

Depósitos Clásticos Cuaternarios

En la concesión San Jorge de Chuchun se observó grietas de desecación debido a la presencia de depósitos lagunares, además, en gran parte de la concesión se presencié mayor contenido de suelo orgánico y una vegetación frondosa.

PLANO GEOLÓGICO DE LA CONCESIÓN SAN JORGE DE CHUCHÚN



 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA Carrera Profesional de Ingeniería Geológica</p>			
TE SIS	ESTUDIO GEOLÓGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL DE MANGANESO EN LA CONCESIÓN SAN JORGE DE CHUCHUN, DISTRITO DE NAMORA, CAJAMARCA-2020		
PLANO	PLANO GEOLÓGICO DE LA CONCESIÓN SAN JORGE DE CHUCHÚN		
ASESOR	ING. PORTILLA CASTAÑEDA, M.	DISTRITO: NAMORA	PLAN O N°01
TE SISTAS	Bach. CHUCTAYA SOTO, K. Bach. MARTÍNEZ MOSTACERO, F.	PROVINCIA: CAJAMARCA	
ESCALA	1:4000	DEPARTAMENTO: CAJAMARCA	

3.9. Petrología

Las rocas sedimentarias se formaron en la superficie de la tierra por procesos de erosión y alteración de rocas preexistentes; es decir, una roca preexistente expuesta en la superficie de la tierra pasó por un proceso sedimentario, básicamente corresponde a erosión (mecánica, química y biológica) o intemperismo; transporte por corrientes de agua (ríos), hielo (glaciares), o atmósfera (viento); depósito en cuencas deprimidas (lagos, deltas, estuarios, plataformas marinas relativamente someras, fosas); compactación y diagénesis, con esta última, llegó a convertirse en una roca sedimentaria durante la formación en estas cuencas de pilas sedimentarias estratificadas.

Las rocas sedimentarias generalmente se clasificaron, según su génesis, en detríticas o clásticas y químicas o no clásticas.

Rocas sedimentarias detríticas o clásticas: formados por acumulación de partículas o sedimentos denominadas “detritus” o “clastos” procedentes de los materiales producto de la intemperie y la erosión en la superficie; éstos fueron transportados y finalmente depositados, por lo que presentan una textura denominada clástica. Estas a su vez se clasificaron sobre todo por el tamaño de los clastos, que es el fundamento de la distinción entre conglomerados, areniscas y rocas arcillosas.

Rocas sedimentarias químicas: estas rocas sedimentarias han sido formadas debido a la deposición de sustancias disueltas por procesos químicos. Casi todas estas rocas se originaron por precipitación química en extensiones de agua superficial, ya sea por procesos químicos inorgánicos o por la actividad química de los organismos (rocas sedimentarias bioquímicas).

Sin embargo, también existen rocas sedimentarias que fueron formadas por la mezcla de rocas detríticas y rocas químicas (de origen químico) como las margas. Este tipo de rocas también fueron encontradas en la concesión San Jorge de Chuchun.

En la formación Farrat se ha encontrado principalmente rocas areniscas compuestas por fragmentos de roca y cuarzo. Para que se forme esta roca sedimentaria, estos minerales se compactaron y acumularon por el efecto del aire o la presión del agua y una vez que entran en contacto, fueron compactándose cada vez más por el efecto de la presión que ejercían los depósitos sobre dichos minerales. La roca arenisca fue de granulado variable, por lo que se distinguió en tres grupos: las rocas de grano fino (0,063-0,2 mm), grano medio (0,2-0,63 mm) y grano grueso (0,63-2 mm).



Figura 23. Vegetación con afloramientos de roca maciza de arenisca. Este: 794590, Norte: 9206436 y Cota: 3131 m. Fuente: Propia (2020).

Es común ver grandes cantidades de arenisca en la superficie de los mares, lagos y ríos. Con el arrastre de sedimentos y diferentes partículas, más la presión que ejerció el agua, se puede dio lugar a la formación de esta roca.



Figura 24. Rocas areniscas alteradas. Este: 794379, Norte: 9206533 y Cota: 3118 m. Fuente: Propia (2019).



Figura 25. Grietas de desecación por la posible presencia de una microlaguna, presentan estratificación debido a los aportes de sedimentos de los cuatro lados de la microlaguna. Este: 794649, Norte: 9206618 y Cota: 3091 m. Fuente: Propia (2019).

Además, se observó arenas, debido a que la roca arenisca puede elevarse a la tierra y descomponerse en arena, que luego se depositará en lechos y volverá a hacerse arenisca.



Figura 26. Potencia de 1m de arena. Este: 794264, Norte: 9206491 y Cota: 3127 m. Fuente: Propia (2020).

De la concesión San Jorge de Chuchun se recogió muestras de areniscas de grano medio, arenisca ferruginosa y rocas marga, las cuales fueron descritas en las tablas que se presentan a continuación:

Tabla 3.

Muestra N°01 de roca arenisca.

Característica	Descripción	
Coordenadas	Norte: 794591	Este: 9206746
Cota	3085 msnm	
Clase	Roca sedimentaria	
Subclase	Detrítica siliciclástica	
Color	Blancas, amarillas y grisáceas compactadas por el sílice o carbonato.	
Brillo	Vítreo	
Dureza	6-7	
Raya	Blanca	
Reacción con HCl	No	
Textura	Clástica	
Tamaño de grano	De grano medio a grueso	
Minerales	De fragmentos de cuarzo, mica y feldespatos, entre otras rocas y minerales del tamaño de la arena.	
Nombre de la Roca	Arenisca	

Imagen



Nota: La descripción de la muestra N° 01 se realizó a escala mesoscópica.

Tabla 4.

Muestra N°02 de roca arenisca ferruginosa.

Característica	Descripción	
Coordenadas	Norte: 794617	Este: 9206748
Cota	3079 msnm	
Clase	Roca sedimentaria	
Subclase	Detrítica siliciclástica	
Color	Café, rojas o rojizas en las que han actuado los óxidos de hierro.	
Brillo	Sedoso	
Dureza	3	
Raya	Rojo	
Reacción con HCl	No	
Textura	Clástica	
Tamaño de grano	De grano medio a grueso.	
Minerales	Cuarzo, óxidos.	
Nombre de la Roca	Arenisca Ferruginosa	

Imagen



Nota: La descripción de la muestra N°02 se realizó a escala mesoscópica.

Tabla 5.

Muestra N°03 de roca marga.

Característica	Descripción	
Coordenadas	Norte: 794588	Este: 9206746
Cota	3078 msnm	
Clase	Roca sedimentaria	
Subclase	Intermedia carbonatada	
Color	Blanco, grisáceo o amarillento	
Brillo	Opaco	
Dureza	3	
Raya	Blanca	
Reacción con HCl	Sí	
Textura	Mudstone	
Tamaño de grano	De grano fino	
Minerales	Minerales arcillosos y carbonato cálcico (CaCO ₃)	
Ambiente de formación	Entornos marinos o lacustres.	
Nombre de la Roca	Marga	

Imagen



Nota: La descripción de la muestra N°03 se realizó a escala mesoscópica.

3.10. Alteración

En la concesión San Jorge de Chuchun el factor de intemperismo y meteorización, se encontraron en la alteración de los materiales rocosos expuestos al aire, a la humedad y al efecto de la materia orgánica; puede ser intemperismo mecánico o de desintegración, y químico o de descomposición, pero ambos procesos, por regla general interactuaron. Las variaciones de humedad y temperatura incidieron en ambas formas de intemperismo todas las veces que afectaron la roca desde el punto de vista mecánico, al igual que el agua y el calor favorecieron las reacciones químicas que la alteran.

Por ejemplo, entre los metales, el hierro se oxida más rápidamente y entre los silicatos, el cuarzo resiste más que los otros de la serie. Además de las diferentes formas de intemperismo químico en el área de estudio predominó la oxidación, aquí los componentes de las rocas reaccionaron con el oxígeno que se halló disuelto en el agua y ocurre frecuentemente en los compuestos de hierro donde fue más visible por los colores rojizos y amarillentos del óxido e hidróxido férrico, respectivamente. Asimismo, la roca marga fue producto de la alteración que ocurre en la roca caliza.



Figura 27. Arenisca deleznable con óxidos de Fe. Este: 794248, Norte: 9206619 y Cota: 3113 m.
Fuente: Propia (2020).



Figura 28. Areniscas con oxidación de Fe (limonítico), presencia de ojos de cuarzo. Este: 794675,
Norte: 9206667 y Cota: 3078m. Fuente: Propia (2019).



Figura 29. Presencia de limonita y hematita. Este: 794418, Norte: 9206622 y Cota: 3102m. Fuente: Propia (2020).



Figura 30. Óxidos, arcillas y areniscas. Este: 794633, Norte: 9206572 y Cota: 3110m. Fuente: Propia (2020).

3.11. Afloramientos de Manganeso

El manganeso es uno de los elementos más abundantes de la corteza terrestre, se encuentra en la tierra, los sedimentos, las rocas, el agua y los productos biológicos. Entre los minerales que contienen manganeso, los óxidos, carbonatos y silicatos son los más importantes. La fuente comercial más importante de manganeso es el dióxido de manganeso (MnO_2), que se encuentra naturalmente en depósitos sedimentarios de pirolusita.

Los diferentes afloramientos de Mn se presentaron en forma de mantos y la mineralización se encontró paralela a la estratificación de las rocas margas (depósitos concordantes).

Estos afloramientos tuvieron lugar en la superficie terrestre o a escasa profundidad debido a que fueron formados por procesos exógenos.

Estos procesos exógenos ocasionaron que el Mn precipitara en aguas de lagos poco profundos (50-300m), llegando a formar este tipo de afloramientos sedimentarios observados en campo, conocidos también, como depósitos sedimentarios de precipitación química. Además, la deposición de Mn se encontró asociada principalmente con carbonatos como las margas, arcillas y areniscas deleznales.

De la misma manera, Rodríguez Díaz (2005) indicó que los depósitos sedimentarios, se caracterizan por su carácter exógeno, relacionados con procesos de erosión y diagénesis de rocas.



Figura 31. Afloramiento de Mn debajo de la arena, está alterado por intemperismo. Este: 794264, Norte: 9206491, Cota: 3127m. Fuente: Propia (2020).



Figura 32. Presencia de manganeso y areniscas. Este: 793988, Norte: 9206524, Cota: 3125 m. Fuente: Propia (2019).



Figura 33. Poca evidencia de la presencia de manganeso y areniscas con óxido. Potencia del afloramiento de Mn de 2m. Este: 794504, Norte: 9206754 y Cota: 3088 m. Fuente: Propia (2020).



Figura 34. Presencia de rocas calcáreas en el manto de manganeso. Este: 794543, Norte: 9206760 y Cota: 3086 m. Tajo 1. Fuente: Propia (2019).



Figura 35. Rocas calcáreas alteradas. Manto de 0.30cm de Mn con rocas margas y areniscas. Este: 794676, Norte: 9206694 y Cota: 3076 m. Fuente: Propia (2019)



Figura 36. Arenisca con relictos de Mn. Este: 794595, Norte: 9206457 y Cota: 3133m. Fuente: Propia (2020).



Figura 37. Afloramiento del Mn descubierto. Este: 794418, Norte: 9206622 y Cota: 3102 m. Fuente: Propia (2020).



Figura 38. En la base de la estratificación se observa una intercalación de arcillas con arenas ferruginosas y el Mn se encuentra más compacto. Este: 794550, Norte: 9206466 y Cota: 3137 m. Fuente: Propia (2020).



Figura 39. Continúa el Mn con arcillas. Potencia de Mn de 10 cm. Este: 794544, Norte: 9206468 y Cota: 3136 m. Fuente: Propia (2020).



Figura 40. Presencia de Mn en cuaternarios con algunos fragmentos de arenisca ferruginosa, arenisca deleznable blanca y arcillas. Este: 794495, Norte: 9206460 y Cota: 3139m. Fuente: Propia (2020).



Figura 41. Afloramiento de Mn con intercalación de arenas y arcillas. Este: 794488, Norte: 9206463 y Cota: 3138m. Fuente: Propia (2020).



Figura 42. Intercalación Mn con arcillas y óxidos (Hematita y limonita). Este: 794500, Norte: 9206504 y Cota: 3134m. Fuente: Propia (2020).



Figura 43. Mn con arcillas, areniscas y óxidos. Este: 794652, Norte: 9206572 y Cota: 3109m.
Fuente: Propia (2020).

3.12. Datos estructurales



Figura 44. Dirección de rocas areniscas. Azimut N140° y buzamiento 72SW. Este: 794525, Norte: 9206363 y Cota: 3146 m.s.n.m. Fuente: Propia (2020).



Figura 45. Areniscas sobre rocas calcáreas. Este: 794573, Norte: 9206750 y Cota: 3078 m.s.n.m. Fuente: Propia (2020).



Figura 46. Rocas calcáreas con azimut N115° y buzamiento 39SW. Fuente: Propia (2020).



Figura 47. Secuencias sedimentarias calcáreas con azimut N140° y buzamiento 48SW. Este: 794571, Norte: 9206748 y Cota: 3077 m.s.n.m. Fuente: Propia (2019).



Figura 48. Secuencias sedimentarias calcáreas con azimut N110° y buzamiento 25SW. Este: 794588, Norte: 9206746 y Cota: 3078. Fuente: Propia (2020).



Figura 49. Punto de la sección con presencia de areniscas sobre el manto de manganeso con fragmento o roca sedimentaria y una banda delgada extensa de arcilla. Azimut N103° y buzamiento 17S. Este: 794603, Norte: 9206746 y Cota: 3078 m.s.n.m. Fuente: Propia (2020).

3.13. Secciones del tajó principal “MAYRITA”

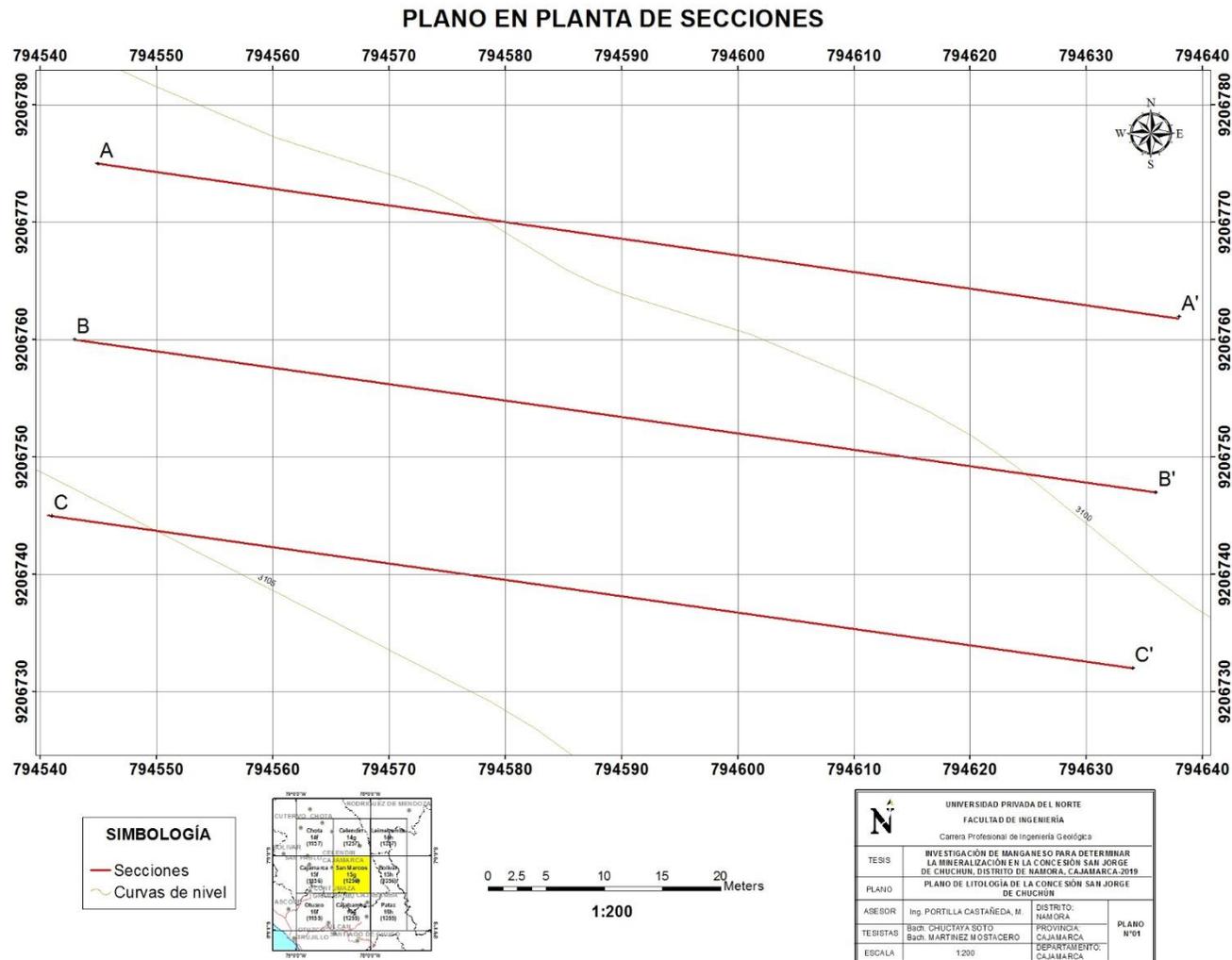


Tabla 6.

Coordenadas de los puntos de la sección A-A', sección B-B' y sección C-C'.

Secciones	ID	E	N
Sección A	A	794545	9206775
	A'	794638	9206762
Sección B	B	794543	9206760
	B'	794636	9206747
Sección C	C	794541	9206745
	C'	794634	9206732

Nota: El sistema de coordenadas empleado es UTM –WGS84, zona 17S. Fuente: Propia (2020).



Figura 52. Sección B-B'. Este: 794617, Norte: 9206748 y Cota: 3076 m. Fuente: Propia (2020).

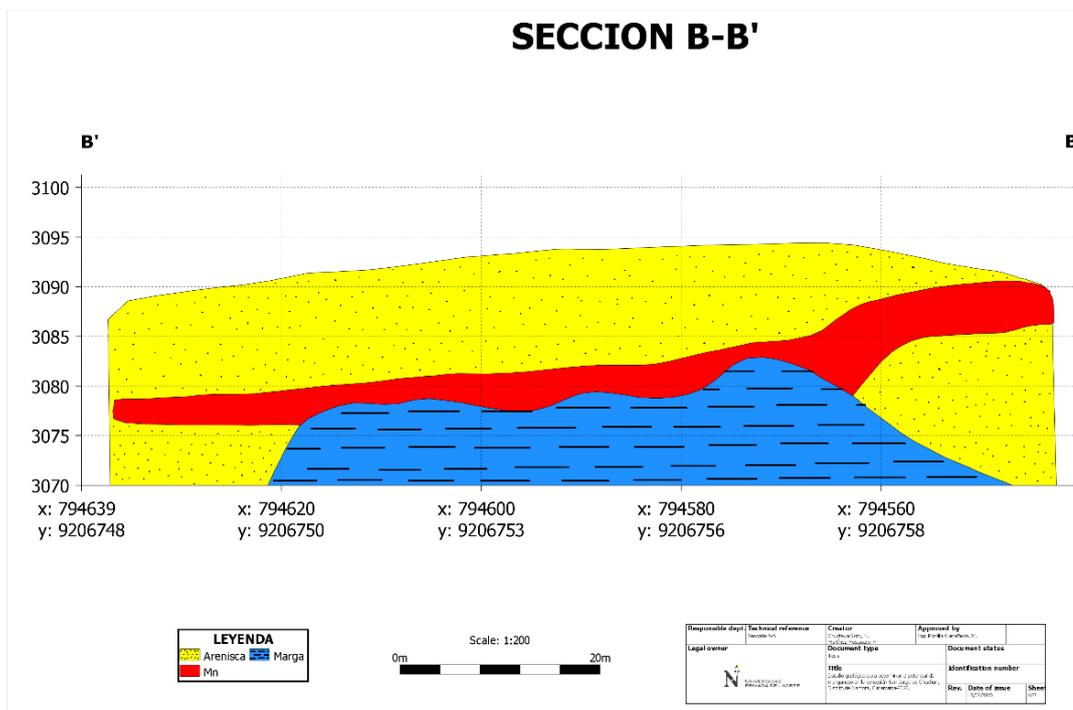


Figura 53. Sección B-B'. Fuente: Propia (2020).



Figura 54. Sección C-C'. Este: 794542, Norte: 9206746 y Cota: 3074 m. Fuente: Propia (2020).

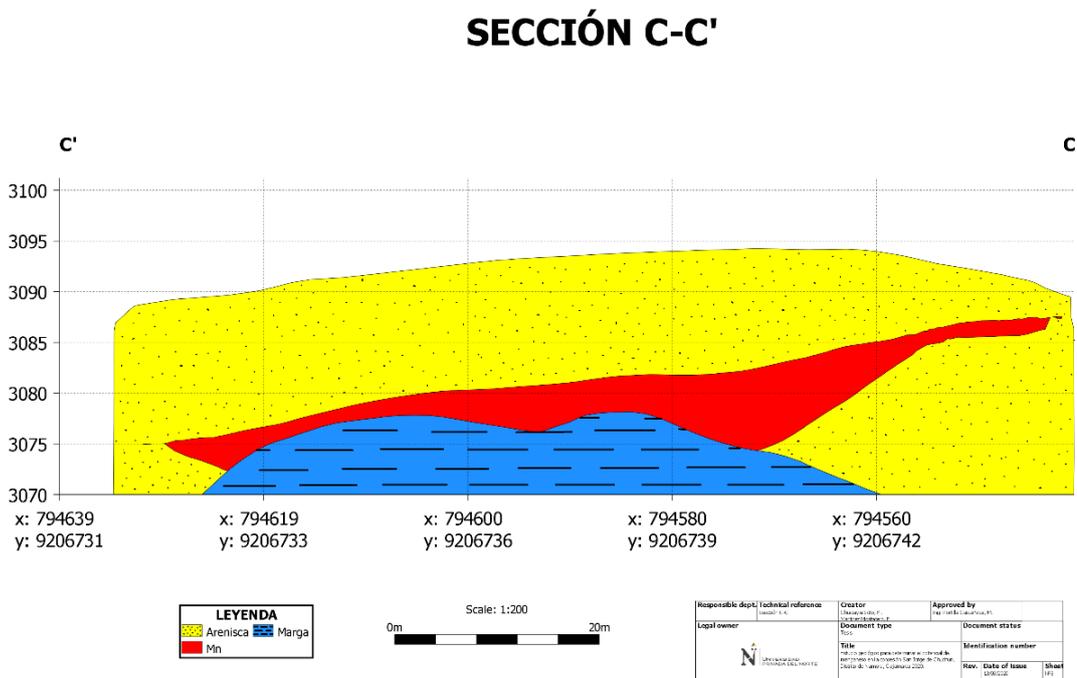


Figura 55. Sección C-C'. Fuente: Propia (2020).

3.14. Cálculo de reserva del manganeso

Ahora, los datos obtenidos del Mn usando el software Leapfrog son los siguientes:

Área de la mineralización: 9188.1 m²

Volumen de la mineralización: 18515 m³

La densidad de la muestra de manganeso es de $2.4 \frac{gr}{cm^3}$ o $2400 \frac{kg}{m^3}$

Fuente: Manuel Óscar Zambrano Chilón

CALCULO DE TONELAJE:

$$Tn = V \times \rho \times \frac{1Tn}{1000Kg}$$

Tonelaje de mineralización:

$$Tn = 18515 m^3 \times 2400 \frac{kg}{m^3} \times \frac{1Tn}{1000Kg}$$

$$Tn = 44436 Tn$$

3.15. Mercado del manganeso

3.15.1. Mercancía y Origen

Manganeso Natural, Perú.

Composición química:

Tabla 7.

Porcentajes aceptables para el Mn, sus elementos asociados y la humedad. .

ELEMENTO	PORCENTAJE
Mn	>40%
Fe	6.0% máximo
SiO₂	12.0% máximo
Al₂O₃	12% máximo
P	0.1% máximo
BaO	3.0% máximo
Humedad	8% máximo a 105 grados

Nota: Para que el Mn sea comerciable debe presentar como mínimo 40% y para sus elemento asociados y humedad los porcentajes máximos que están establecidos en la tabla.

Fuente: Manuel Óscar Zambrano Chilón (2020).

3.15.2. Precio

- a. Moneda: dólares estadounidenses (USD)
- b. Precios: Mn: Precio CIF (USD por 1%)

Tabla 8.

Precio CIF (\$USD) según el porcentaje de Mn.

PORCENTAJE DE Mn	PRECIO \$
<40%	Rechazo o renegocio
40% - 42%	4.05
42% - 44%	4.20
44% - 46%	4.30
46% - 48%	4.40
48% - 50%	4.50
50%	4.60

Nota: El precio CIF según el porcentaje de Mn que presenten los resultados de los análisis de muestras.

Fuente: Manuel Óscar Zambrano Chilón (2020).

Por ejemplo: contenido de Mn = 40%

$$\text{Valor total} = 40 \times 4.05 \times 1 \text{ Tn}$$

$$\text{Valor total} = \$162.00 \text{ por Tn.}$$

3.16. Análisis de muestras de manganeso por método analítico

El análisis de las muestras recolectadas en campo se realizó en el laboratorio INGECONSULT & LAB S.R., el cual nos brindó los reportes por cada muestra y en promedio se observó que dicho mineral es comercial, manganeso > 40% (mayor detalle ver del anexo N°20 al N°24).

Tabla 9.

Puntos de estación de muestreo en el manto y afloramiento.

MUESTREO	N° muestra	X	Y	Z
MUESTREO POR CANALES	M-1	794539	9206759	3087
	M-2	794579	9206744	3077
	M-3	794606	9206741	3088
	M-4	794447	9206730	3083
MUESTREO ROCK CHIPS	M-5	794550	9206466	3137

Nota: Se obtuvieron 5 muestras usando el métodos de canales y rock chips. Fuente: Propia (2020).

Tabla 10.

Composición química del mineral.

MUESTRA	CONTENIDO %				
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	BaO	Humedad %
M-1	1.65	2.72	12.42	0.14	18.00
M-2	1.66	2.70	14.39	0.12	16.00
M-3	1.64	2.73	14.52	0.16	19.00
M-4	1.61	2.74	13.82	0.15	16.00
M-5	1.66	2.73	15.73	0.17	15.00

Nota: Los resultados de las muestras se obtuvieron por el método analítico. Fuente: Laboratorio INGECONSULT & LAB S.R.L.

Tabla 11.

Composición química del manganeso y otros elementos.

COMPONENTE QUÍMICO	CONTENIDO EN %		
	MANGANESO (Mn)	FIERRO (Fe)	FÓSFORO (P)
M-1	41.20	12.80	<0.02
M-2	40.50	13.40	<0.02
M-3	41.30	11.90	<0.02
M-4	40.70	14.20	<0.02
M-5	32.30	16.40	<0.02

Nota: Los resultados de las muestras se obtuvieron por el método analítico. Fuente: Laboratorio INGECONSULT & LAB S.R.L.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

El aporte del estudio geológico nos permitió conocer las características litológicas, estructurales y mineralógicas, para estimar el potencial de manganeso de la concesión San Jorge de Chuchun, Distrito de Namora, Cajamarca.

Las actividades desarrolladas en la concesión San Jorge de Chuchun permitieron conocer que es un depósito sedimentario, además, se determinó las alteraciones, litologías, estructuras y mineralización en la zona de estudio.

En primer lugar, en la etapa de mapeo superficial se determinó que la roca caja en toda el área de estudio fueron rocas areniscas pertenecientes a la formación Farrat (según la columna estratigráfica regional), dichas rocas presentaron alteración por procesos exógenos, intemperismo o meteorización fisicoquímica, debido a que se encontraron muy deleznable y con presencia de oxidación ferruginosa.

También se observó la presencia de pequeños afloramientos de manganeso, los cuales permitieron realizar muestreos geoquímicos y una interpretación sobre el aporte del manganeso hacia toda una cuenca. Esta geomorfología lacustrina tiene lineamiento W-E y el aporte de Mn denotó una orientación SE-NW, el cual nos dio la idea que dicho aporte de manganeso se concentró en las partes bajas de la cima.

Esta idea, se respaldó con la teoría de Rodríguez-Díaz, Villaseñor-Cabral, Canet, Prol-Ledesma, y Camprubí (2005) donde mencionan que los depósitos sedimentarios, son depósitos exógenos, presentan cortezas de intemperismo, y están relacionados con procesos de erosión y diagénesis de rocas; del mismo modo que permiten la acumulación de manganeso en las cuencas sedimentarias.

Sin embargo, a pesar de ser un depósito sedimentario tuvo que originarse a partir de un depósito hidrotermal, por ello que se planteó posibles teorías de donde ha surgido este yacimiento de manganeso; según Park (1956) y Rakhmanov (1967) mencionan que los depósitos sedimentarios incluyen a los depósitos vulcanogénicos, formados a partir de exhalaciones de manantiales termales en el fondo marino.

Por otro lado, Katsitadze, H.; Holmgren, C. y Porro, A. (1968) mencionan a los geólogos Simons y Straczek, (1958) y Mrña, (1963) quienes destacan que los depósitos de minerales vulcanógeno-sedimentarios tienden, muchas veces, a las zonas de las dislocaciones tectónicas. E. Sokolova indicó que los minerales rellenan fracturas, formando lentes que yacen concordantemente con las rocas encajantes, pero estos cuerpos minerales, sin embargo, se manifestaron dentro de zonas tectónicas activas.

La asociación de los depósitos de minerales de origen vulcanógeno-sedimentario a las fallas se deben a que estas mismas con toda probabilidad sirvieron como canales para las soluciones mineralíferas, las cuales naturalmente ascendieron por las zonas debilitadas y se depositaron en la cuenca marina cerca de las fuentes termales.

Por otro lado, Katsitadze, H.; Holmgren, C. y Porro, A. (1968), señaló que el acuñaamiento de las interestratificaciones de areniscas, también acuña la mineralización de manganeso; en este caso las emanaciones volcánicas submarinas pudieron surgir lejos de los yacimientos y la sedimentación de manganeso, produciéndose en lagunas o cuencas donde hay ausencia de manifestaciones vulcanógenas.

Al realizar el mapeo de secciones geológicas en dirección a la mena del manganeso se visualizó que presenta un techo de arenisca ferruginosa deleznable y en la base se apreció las margas ligeramente alteradas a arcillas por procesos exógenos, también,

los estratos de las rocas margas tuvieron una orientación N117°, siendo este dato, un aporte para la interpretación que dicho manganeso se situó en una cuenca y que a mayor profundidad y más cercano al flanco izquierdo o pegado a la zona de aporte incrementó el potencial de dicho mineral, confirmándose con las calicatas de exploración realizadas en el depósito Mayrita.

La mineralización de manganeso se encontró en forma de mantos, principalmente como Mn de forma terrosa y algunos relictos de pirolusita, de igual manera Bazán (2018) indicó en su teoría que el manganeso se encuentra en mantos estratiformes que ocurre mayormente concordante con la estratificación de lutitas, areniscas y calizas, a veces denominados sombreros de manganeso. Además, estos mantos de mineralización mostraron saltos y englobaron algunos fragmentos de la roca caja, lo cual confirmó el transporte de mineral a una cuenca sedimentaria.

Los análisis de las muestras del mineral de manganeso realizados en el laboratorio Ingeconsult & Lab SRL, determinaron que estas muestras tienen leyes de Mn a nivel de exploración y en afloramientos 32% y en el manto mismo una ley promedio de 41%, el cual con estas leyes es totalmente comercializable.

La única limitante para la comercialización, fue el porcentaje de humedad, debido a que la exportación solo permite un máximo de 10% y si no existe una manera para disminuir este porcentaje de humedad, esto se verá penalizado. Es por ello que se sugirió el uso de briquetas para que el porcentaje de humedad se reduzca.

Las recomendaciones que sugerimos a los dueños de la concesión para que puedan seguir explotando el manganeso en los lugares correctos para optimizar costos y gastos, además de tener en cuenta este estudio geológico, son: hacer un programa de perforación diamantina en las zonas de importancia mineralógica, realizar un análisis

geoquímico para determinar los minerales asociados al manganeso y así, poder realizar una correlación entre ellos, también, realizar un mapeo superficial a mayor detalle de áreas aledañas a la concesión para ubicar el posible origen del manganeso y como ya lo mencionamos anteriormente, el uso de briquetas.

4.2. Conclusiones

- Realizar el estudio geológico nos permitió conocer las características litológicas, estructurales y mineralógicas de la concesión San Jorge de Chuchun, Distrito de Namora, Cajamarca-2020 y así determinar que el potencial de Mn es de 44 436 Tn.
- Se identificó que las formaciones geológicas de la concesión San Jorge de Chuchun corresponden a la formación Farrat y depósitos cuaternarios, ya que se reconocieron areniscas blancas y deleznales.
- Las alteraciones que se presentaron en la concesión San Jorge de Chuchun se deben a procesos exógenos como el intemperismo, resultado de ello son los óxidos presentes (hematita, limonita) y arcillas.
- Se reconocieron 17 zonas de afloramiento de Mn, entre las cuales, unas presentaron mayor proporción de Mn que otras, y algunas incluyeron goethita y pirolusita. La de mayor concentración e importancia fue el tajo “Mayrita” del cual realizamos la estimación de su potencial.
- Al realizar las secciones en el tajo “Mayrita” en la concesión San Jorge de Chuchun se pudo estimar su potencial empleando el software LEAPFROG 4.0.
- Cuando evaluando el mercado de Mn, el porcentaje aceptable mínimo para su comercio es de 40% y su valor a este porcentaje es de \$4.05. Analizando los resultados de las muestras de laboratorio con el mercado de Mn, concluimos que las

muestras M-1, M-2, M-3, M-4 son aceptables para su comercio porque presentaron porcentajes mayores a 40%, a diferencia de la M-5 que tiene 32.30% de Mn.

REFERENCIAS

- Aguilar, R., Cerpa, L., Muñoz, L., Torres, D. y Cereceda, C. (2010). *Control Estructural y Litológico en el Emplazamiento de Yacimientos Minerales en el Sector Condorama – Paratia (Cusco – Puno), Sur Del Perú*. Perú: INGEMMET. Recuperado de: http://apps.ingemmet.gob.pe/bitstream/ingemmet/398/2/Control_estructural_litologico_yacimientos_minerales_Condorama_Paratia.PDF
- Bazán, E. (2018). *Evaluación y estudio geológico del manganeso en el sector “Patiño” (Cajamarca – San Pablo)*. Perú: Universidad Nacional de Cajamarca. Recuperado de: https://kupdf.net/download/proyecto-de-tesis-manganeso_5ca18d04e2b6f57d6ce07908_pdf
- Borchert, H. (1980). *Geology and Geochemistry of Manganese*. En Varentsov, I. M., y Grasselly G.Y. (Eds), 2° Simposio Internacional sobre Geología y Geoquímica del Manganeso, Australia. UNESCO. Hungría, 45-60.
- Cespón, R. (2007). *Desarrollo de métodos analíticos automáticos para la determinación de metales en el medio ambiente laboral*. Recuperado de: https://books.google.com.pe/books?id=BQwTqorJNIsC&pg=PA44&lpg=PA44&dq=boisonadas+de+manganeso+en+depositos+sedimentarios&source=bl&ots=_vtM0YyMQb&sig=ACfU3U0SyLRAYwMix1wxv_VryWmUhfjFDA&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiH7veosNfnAhWjLLkGH5ZDZQQ6AEwC3oECAsQAQ#v=onepage&q&f=false
- Coe, A. (2010). *Geological Field Techniques*. Reino Unido: published by Blackwell Ltd in association with The Open University.

- Crespo, A. y Lunar, R. (2014). *Yacimientos de manganeso cobaltífero del Campo de Calatrava (Ciudad Real)*. Recuperado de: https://previa.uclm.es/_users/higueras/tema/campos/MnCCal.html
- Cronan (2000). *Yacimientos sedimentarios de nódulos y costras de Mn-polimetálicas*. Recuperado de: http://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/16/16218/figuras_de_nodulos_y_costras_de_M.pdf
- Gobierno Regional de Cajamarca (2009). *Estudio de Geología*. Recuperado de: <https://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/GEOLOGIA.pdf>
- Katsitadze, H.; Holmgren, C. y Porro, A. (1968). *Particularidades de la mineralización de Manganeso en la Provincia de Oriente, Cuba*. Recuperado de: <http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/1968-katsiradze%20et%20al.pdf>
- Leal, P. (2002). *Estudio metalogénico de los yacimientos de manganeso del departamento de Sobremonte, provincia de Córdoba, Sierras Pampeanas Orientales*. Argentina: Tesis de la FCNyM-UNLP. Recuperado de: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/4608>
- Liñan, J. (2016). *Yacimientos sedimentarios por precipitación química*. Recuperado de: <https://slideplayer.es/slide/4012421/>
- López, A. (2014). *Depósitos de Mn en Camañas (Teruel): geología y mineralogía*. Recuperado de: <http://zaguan.unizar.es/record/13328/files/TAZ-TFG-2014-010.pdf>
- Minero, P. (2020). *Cálculo de reservas*. Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/58981418/CALCULO-DE-RESERVAS>

- Nicholson, K. (1992). *Contrasting mineralogical-geochemical signatures of manganese oxides; guides to metallogenesis*. Econ. Geol., 87, 1253-1264. Recuperado de: <https://pubs.geoscienceworld.org/segweb/economicgeology/article-abstract/87/5/1253/21035>
- Oblitas, J (2018). *Guía de la Facultad de Ingeniería 2da versión*. Perú: Universidad Privada del Norte.
- Orbasa Geología UNC (2013) *Columna Estratigráfica de Cajamarca*. Recuperado de: <https://sites.google.com/a/unc.edu.pe/orbasa/archivos/hidrocarburos>
- Reyes, L. (1980). *Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba*. Perú: INGEMMET. Recuperado de: <http://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/ingemmet/150>
- Rodríguez, A., Blanco, D., Canet, C., Gervilla, F., González, E., Prol, R., Morales, S., García, M. (2010). *Metalogenia del depósito de manganeso Santa Rosa, Baja California Sur, México*. México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-33222010000100009
- Rodríguez-Díaz, A., Villaseñor-Cabral, M., Canet, C., Prol-Ledesma, R., y Camprubí, A. (2005). *Clasificación de los yacimientos de manganeso y ejemplos de depósitos mexicanos e internacionales*. México: Boletín de Mineralogía. Recuperado de http://www.geologia.unam.mx/igl/deptos/geoq/canetc/Art_3_Augusto.pdf
- Rodríguez, R., Soberón, O., Ccallo, W. y Choquehuanca, S. (2017). *Controles estructurales para la exploración de depósitos minerales estratégicos en el sur de la Cordillera*

Oriental del Perú. Perú: INGEMMET. Recuperado de:
http://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/ingemmet/1047/1/Rodriguez-Controles_estructurales_exploracion.pdf

Ruiz, M. (2011). *Políticas públicas en salud y su impacto en el seguro popular en Culiacán, Sinaloa, México* (tesis doctoral). Universidad Autónoma de Sinaloa, México.

Servicio Geológico Mexicano (2017). *Rocas sedimentarias*. Recuperado de:
<https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Rocas/Rocas-sedimentarias.html>

Tapia, J. y Durán, P. (2015). *Depósitos sedimentarios autóctonos*. Recuperado de:
http://www.pepeline.cl/wp-content/uploads/2013/08/MN632_10_2015.pdf

ANEXOS

ANEXO N° 1. Base de Datos de los afloramientos de Manganeso.

ID	E	N	Z(m)	Azimet	Buz	Descripción
1	794504	9206754	3088			Presencia de manganeso y areniscas con óxido. Potencia del afloramiento de Mn de 2m
2	794543	9206760	3086			Punto alto de la sección: presencia de rocas areniscas sobre el manto de manganeso.
3	794560	9206615	3102			Presencia de un afloramiento de manganeso
4	794676	9206694	3076			Rocas calcáreas con mayor intensidad de erosión. Manto de 0.30cm de Mn con rocas margas y areniscas.
5	794264	9206491	3127			Flecha roja: potencia de 1m de arena. Afloramiento de Mn debajo de arena, está alterado por intemperismo.
6	794418	9206622	3102			Presencia de Mn con óxidos limonítico y hematítico.
7	794426	9206640	3085			Transición del suelo (roca madre). Presencia de Mn debajo del suelo.
8	794514	9206628	3097			Afloramiento de Mn
9	794590	9206474	3136			Areniscas oxidadas con Mn en forma de fragmentos.
10	794541	9206450	3141			Areniscas oxidadas.
11	794550	9206466	3137			En la base de la estratificación se observa una intercalación de arcillas con arenas ferruginosas y el Mn se encuentra más compacto.
12	794544	9206468	3136			Continúa el Mn con arcillas. Potencia de Mn 10 cm.
13	794495	9206460	3141			Presencia de Mn en cuaternarios con algunos fragmentos de arenisca ferruginosa, arenisca deleznable blanca y arcillas.
14	794488	9206463	3138			Afloramiento de Mn con intercalación de arenas y arcillas.
15	794500	9206504	3134			Intercalación Mn con arcillas y óxidos (Hematita y limonita).
16	794652	9206572	3139			Mn con arcillas, areniscas y óxidos.
17	794635	9206628	3092			Presencia de Mn con suelo orgánico.

ANEXO N° 2. Base de Datos de los puntos de Campo.

ID	E	N	Z(m)	Azimut	Buz	Descripción
1	794733	9206707				No hay presencia de manganeso, solo material aluvial. Alrededor rocas areniscas
2	794675	9206667	3078			Areniscas con oxidación de Fe (limonítico), presencia de ojos de cuarzo
3	794649	9206618	3091			Presencia de bloques grandes de caliza en areniscas. Grietas de desecación por la posible presencia de una microlaguna, presentan estratificación debido a los aportes de sedimentos de los cuatro lados de la microlaguna. Posible formación de la microlaguna antes de la mineralización del manganeso.
4	794379	9206533	3118			Areniscas alteradas.
5	794248	9206619	3113			Suelos arcillosos rojizos
6	794117	9206620	3116	N260	15SE	Roca Marga
7	794308	9206474	3133			Afloramiento de arenisca.
8	794415	9206470	3139			Vegetación
9	794520	9206375	3144			Afloramiento de roca maciza de arenisca.
10	794441	9206342	3153			Afloramiento de roca maciza de arenisca.
11	794525	9206363	3146	N140	72SW	Dirección de rocas areniscas.
12	794590	9206436	3131			Vegetación
13	794663	9206279	3123			Afloramiento de roca maciza de arenisca.
14	794633	9206305	3123			Afloramiento de roca maciza de arenisca.
15	794615	9206340	3124			Afloramiento de roca maciza de arenisca.
16	794604	9206398	3128			Afloramiento de roca maciza de arenisca
17	794621	9206451	3127			Afloramiento de roca maciza de arenisca
18	794595	9206457	3133			Arenisca con rastros de Mn.
19	794648	9206588	3111			Vegetación.
20	794633	9206572	3110			Óxidos, arcillas y areniscas.

ANEXO N° 3. Base de Datos de los puntos de la sección BB'

ID	E	N	Z(m)	Azimut	Buz	Descripción
1	794543	9206760	3086			Punto de inicio de la sección: presencia de rocas calcáreas sobre el manto de manganeso.
2	794573	9206750	3078	N115	39SW	Areniscas sobre rocas calcáreas.
3	794571	9206748	3077	N140	48SW	Secuencias sedimentarias calcáreas.
4	794582	9206745	3076			Punto bajo de la sección: rocas calcáreas con menor presencia del manto del manganeso.
5	794588	9206746	3078	N110	25SW	Secuencias sedimentarias calcáreas. Potencia del manto de Mn de 2m.
6	794603	9206746	3078	N103	17SW	Punto de la sección con presencia de areniscas sobre el manto de manganeso con fragmento de roca sedimentaria y una banda delgada extensa de arcilla.
7	794617	9206748	3079			Continuación de areniscas con manganeso.
8	794636	9206747	3076			Punto final de la sección: presencia de areniscas sobre el manganeso.

ANEXO N° 4. Presencia de bloques grandes de marga en areniscas. Posible formación de la microlaguna antes de la mineralización del manganeso.

Este: 794649

Norte: 9206618

Cota: 3091



ANEXO N° 5. Continúa el afloramiento de manganeso debajo de la arena.

Este: 794264

Norte: 9206491

Cota: 3127



ANEXO N° 6. Presencia de un afloramiento de manganeso.

Este: 794560

Norte: 9206615

Cota: 3102

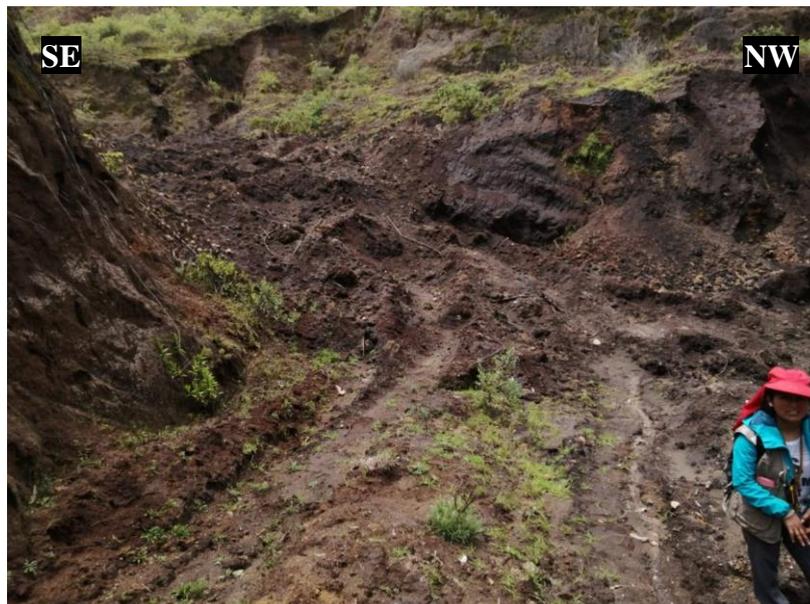


ANEXO N° 7. Afloramiento de Mn con suelo orgánico.

Este: 794514

Norte: 9206628

Cota: 3097



ANEXO N° 8. Poca presencia de Mn con oxidación de limonita y hematita.

Este: 794418

Norte: 9206622

Cota: 3102



ANEXO N° 9. Afloramiento de Mn con arenas y rocas margas.

Este: 794426

Norte: 9206640

Cota: 3085



ANEXO N° 10. Presencia de Mn con suelo orgánico.

Este: 794635

Norte: 9206628

Cota: 3092



ANEXO N°11. Punto de inicio de la sección: presencia de rocas calcáreas sobre el manto de manganeso.

Este: 794543

Norte: 9206760

Cota: 3086



ANEXO N°12. Punto bajo de la sección: rocas calcáreas con menor presencia del manto del
manganeso.

Este: 794582

Norte: 9206745

Cota: 3076



ANEXO N°13. Continuación de areniscas con manganeso.

Este: 794617

Norte: 9206748

Cota: 3079



ANEXO N°14. Punto final de la sección: presencia de areniscas sobre el manganeso.

Este: 794636

Norte: 9206747

Cota: 3076



ANEXO N°15. Muestra N°1 obtenida del Tajo 1 de forma perpendicular de la mineralización de Mn.

Este: 794539

Norte: 9206759

Cota: 3087

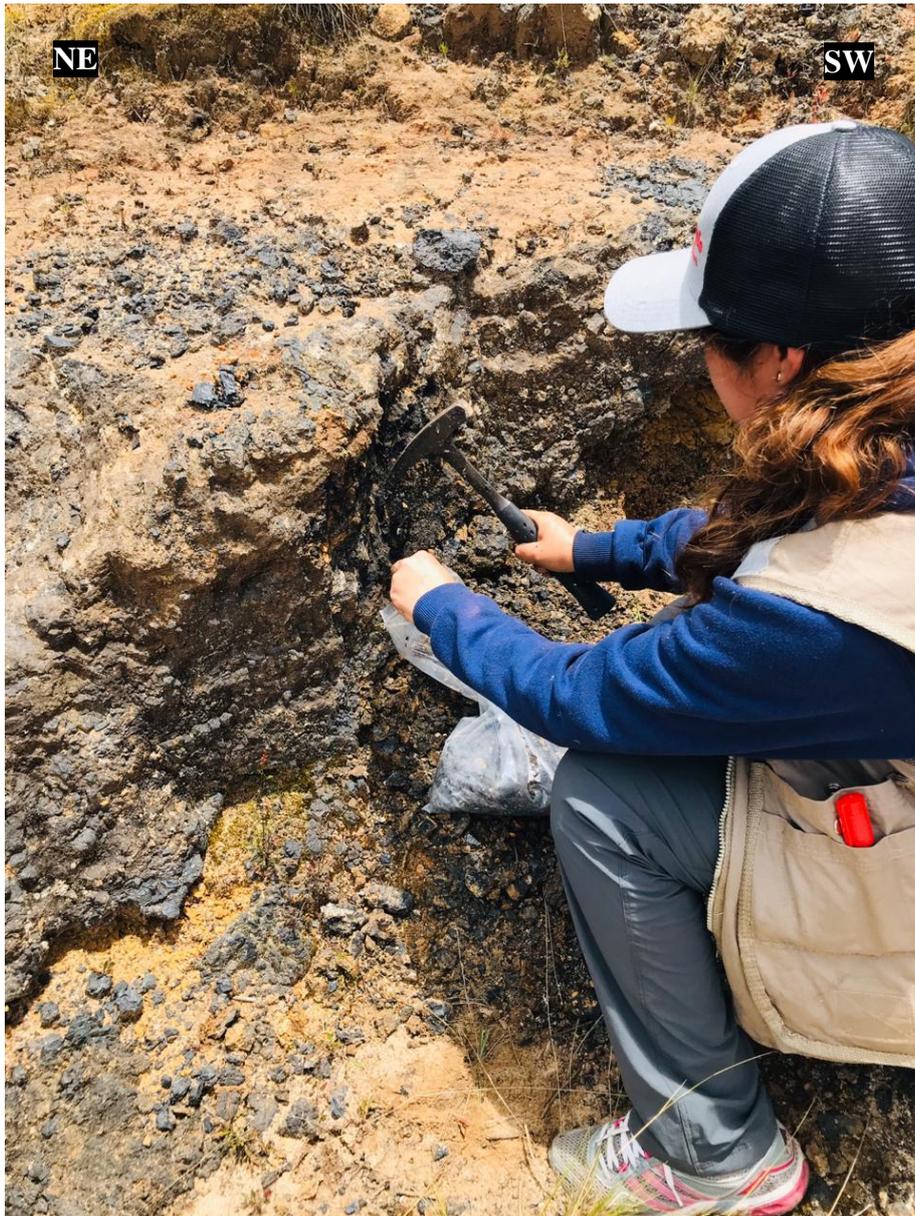


ANEXO N°16. Muestra N°5 obtenida de uno de los afloramientos de Mn mediante el método de puntos o rock chips, consta de realizar el muestreo en diferentes puntos de mineralización.

Este: 794550

Norte: 9206466

Cota: 3137



ANEXO N°17. Descripción Mineralógica de la muestra de Pirolusita

MUESTRA N°4	
Nombre del Mineral	Pirolusita
Formula Química	MnO ₂
Dureza	2 – 6,5
Sistema de Cristalización	Tetragonal.
Hábito	Dendrítico
Brillo	Metálico
Transparencia	Opaco.
Color	Negro a gris oscuro.
Color De Raya	Negro azulado.
Identificación	Soluble en ácido clorhídrico.
Ambiente	Lacustres, depósitos marinos superficiales y zonas pantanosas, en la zona de oxidación de los yacimientos de manganeso o bien en depósitos formados por la circulación de agua de precipitaciones.
Imagen	

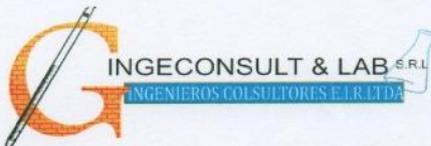
ANEXO N°18. Descripción Mineralógica de la muestra de Goethita

MUESTRA N°5	
Nombre del Mineral	Goethita
Formula Química	$\alpha\text{-Fe}^{3+}\text{O(OH)}$.
Dureza	5
Sistema de Cristalización	Ortorrómico
Hábito	Botroidal
Brillo	Adamantino
Transparencia	Opaco
Color	Pardo rojizo o negruzco, pardo amarillento
Color De Raya	Pardo amarillento
Formación	Se forma por oxidación de depósitos ricos en hierro.
Imagen	

ANEXO N°19. Descripción Mineralógica de la muestra de Mn.

MUESTRA N°6	
Simboliza	Mn
Tipo básico	Metal
Grupo de Strunz	Metales de transición (grupo 7) sulfatos
Color	Gris plateado; los colores que presenta según el estado de oxidación: +2: rosa, +3: rojo, +4: marrón, +5: azul, +6: verde, +7: violeta.
Sistema Cristalino	Cúbico
Dureza	Para las variedades mullidas y terrosas: dureza 2, para las cristalinas: dureza hasta 5 – 6.
Brillo	Metálico o metaloide
Formación u origen	Nunca se encuentra en la naturaleza en estado nativo. Debido a su gran afinidad por el oxígeno generalmente se presenta en forma de óxidos y también en la de silicatos y carbonatos. La mena de este mineral mayormente utilizado en la industria es la Pirolusita (MnO_2), de un 63% de manganeso, pero se usan otras como la braunita ($MnS_{12}O_3$) de 69%, la rodonita, la rodocrosita, etc. Es abundante en la corteza terrestre. Entre sus combinaciones naturales destacan óxidos, silicatos y carbonatos: pirolusita o manganesa, rodocrosita o dialogita son las más importantes; otras menos importantes son hausmannita, psilomelana (manganomelana), manganita, rodonita, braunita, hübnerita ($MnWO_4$).
Imagen	

ANEXO N°20. Análisis fisicoquímico de la muestra M-1



INGECONSULT & LAB S.R.L.
INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.T.A.

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
 Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
 Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
 Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
 PROYECTOS – ASESORIA Y CONSULTORIA
 CELULAR : 948818861

ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE UNA MUESTRA DE MINERAL DE MANGANESO

SOLICITA: CHUCTAYA SOTO KATHERINE JULIET
MARTINEZ MOSTACERO FIORELLA DIANIRA

TESIS: ESTUDIO GEOLÓGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL DE MANGANESO EN LA CONCESIÓN SAN JORGE DE CHUCHÚN; DISTRITO DE NAMORA, CAJAMARCA - 2020

PROCEDENCIA: SAN JORGE DE CHUCHUN – NAMORA – CAJAMARCA - 2020

MUESTRA: M-1

FECHA: 17-02-2020

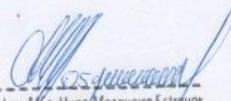
A) COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL MINERAL

MUESTRA	CONTENIDO EN %				
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	BaO	Humedad %
M-1	1.65	2.72	12.42	0.14	18.00

B) COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL MANGANESO Y OTROS ELEMENTOS

COMPONENTE QUÍMICO	CONTENIDO EN %		
	MANGANESO(Mn)	FIERRO(Fe)	FÓSFORO(P)
M-1	41.20	12.80	< 0.02

NOTA : La muestra fue alcanzada a este laboratorio por el interesado, al que luego se procedió a hacer el análisis respectivo.



Ing. MSc. Hugo Mosquera Estraver
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27664

ANEXO N°21. Análisis fisicoquímico de la muestra M-2



INGECONSULT & LAB S.R.L.
INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.T.D.A.

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
 Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
 Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
 Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
 PROYECTOS – ASESORIA Y CONSULTORIA
 CELULAR : 948818861

ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE UNA MUESTRA DE MINERAL DE MANGANESO

SOLICITA: CHUCTAYA SOTO KATHERINE JULIET
MARTINEZ MOSTACERO FIORELLA DIANIRA

TESIS: ESTUDIO GEOLÓGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL DE MANGANESO EN LA CONCESIÓN SAN JORGE DE CHUCHÚN; DISTRITO DE NAMORA, CAJAMARCA - 2020

PROCEDENCIA: SAN JORGE DE CHUCHUN – NAMORA – CAJAMARCA - 2020

MUESTRA: M-2

FECHA: 17-02-2020

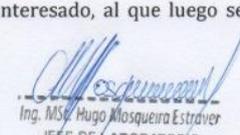
A) COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL MINERAL

MUESTRA	CONTENIDO EN %				
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	BaO	Humedad %
M-2	1.66	2.70	14.39	0.12	16.00

B) COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL MANGANESO Y OTROS ELEMENTOS

COMPONENTE QUÍMICO	CONTENIDO EN %		
	MANGANESO(Mn)	FIERRO(Fe)	FÓSFORO(P)
M-2	40.50	13.40	< 0.02

NOTA : La muestra fue alcanzada a este laboratorio por el interesado, al que luego se procedió a hacer el análisis respectivo.



Ing. MS. Hugo Mosquera Estraver
JEFE DE LABORATORIO
CÍP 27664

ANEXO N°22. Análisis fisicoquímico de la muestra M-3



INGECONSULT & LAB S.R.L.
INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.T.D.

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
 Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
 Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
 Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
 PROYECTOS – ASESORIA Y CONSULTORIA
 CELULAR : 948818861

ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE UNA MUESTRA DE MINERAL DE MANGANESO

SOLICITA: CHUCTAYA SOTO KATHERINE JULIET
MARTINEZ MOSTACERO FIORELLA DIANIRA

TESIS: ESTUDIO GEOLÓGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL DE MANGANESO EN LA CONCESIÓN SAN JORGE DE CHUCHÚN; DISTRITO DE NAMORA, CAJAMARCA - 2020

PROCEDENCIA: SAN JORGE DE CHUCHUN – NAMORA – CAJAMARCA - 2020

MUESTRA: M-3

FECHA: 17-02-2020

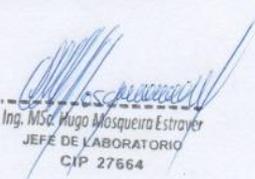
A) COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL MINERAL

MUESTRA	CONTENIDO EN %				
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	BaO	Humedad %
M-3	1.64	2.73	14.52	0.16	19.00

B) COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL MANGANESO Y OTROS ELEMENTOS

COMPONENTE QUÍMICO	CONTENIDO EN %		
	MANGANESO(Mn)	FIERRO(Fe)	FÓSFORO(P)
M-3	41.30	11.90	< 0.02

NOTA : La muestra fue alcanzada a este laboratorio por el interesado, al que luego se procedió a hacer el análisis respectivo.



Ing. MSc. Hugo Mosquera Estrayer
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27664

ANEXO N°23. Análisis fisicoquímico de la muestra M-4



INGECONSULT & LAB S.R.L.
INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.T.D.A.

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
 Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
 Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
 Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
 PROYECTOS – ASESORIA Y CONSULTORIA
 CELULAR : 948818861

ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE UNA MUESTRA DE MINERAL DE MANGANESO

SOLICITA: CHUCTAYA SOTO KATHERINE JULIET
 MARTINEZ MOSTACERO FIORELLA DIANIRA

TESIS: ESTUDIO GEOLÓGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL DE MANGANESO EN LA CONCESIÓN SAN JORGE DE CHUCHÚN; DISTRITO DE NAMORA, CAJAMARCA - 2020

PROCEDENCIA: SAN JORGE DE CHUCHUN – NAMORA – CAJAMARCA - 2020

MUESTRA: M-4

FECHA: 17-02-2020

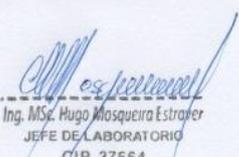
A) COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL MINERAL

MUESTRA	CONTENIDO EN %				
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	BaO	Humedad %
M-4	1.61	2.74	13.82	0.15	16.00

B) COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL MANGANESO Y OTROS ELEMENTOS

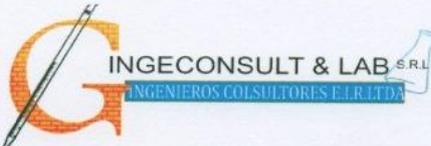
COMPONENTE QUÍMICO	CONTENIDO EN %		
	MANGANESO(Mn)	FIERRO(Fe)	FÓSFORO(P)
M-4	40.70	14.20	< 0.02

NOTA : La muestra fue alcanzada a este laboratorio por el interesado, al que luego se procedió a hacer el análisis respectivo.



Ing. MSc. Hugo Mosquera Estrada
JEFE DE LABORATORIO
QIP 27664

ANEXO N°24. Análisis fisicoquímico de la muestra M-5



INGECONSULT & LAB S.R.L.
INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.T.D.A.

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
 Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
 Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
 Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
 PROYECTOS – ASESORIA Y CONSULTORIA
 CELULAR : 948818861

ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE UNA MUESTRA DE MINERAL DE MANGANESO

SOLICITA: CHUCTAYA SOTO KATHERINE JULIET
MARTINEZ MOSTACERO FIORELLA DIANIRA

TESIS: ESTUDIO GEOLÓGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL DE MANGANESO EN LA CONCESIÓN SAN JORGE DE CHUCHÚN; DISTRITO DE NAMORA, CAJAMARCA - 2020

PROCEDENCIA: SAN JORGE DE CHUCHUN – NAMORA – CAJAMARCA - 2020

MUESTRA: M-5

FECHA: 17-02-2020

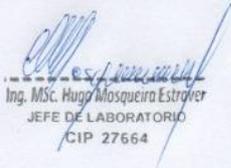
A) COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL MINERAL

MUESTRA	CONTENIDO EN %				
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	BaO	Humedad %
M-5	1.66	2.73	15.73	0.17	15.00

B) COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL MANGANESO Y OTROS ELEMENTOS

COMPONENTE QUÍMICO	CONTENIDO EN %		
	MANGANESO(Mn)	FIERRO(Fe)	FÓSFORO(P)
M-5	32.30	16.40	< 0.02

NOTA : La muestra fue alcanzada a este laboratorio por el interesado, al que luego se procedió a hacer el análisis respectivo.



Ing. MSc. Hugo Mosquera Estrover
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27664