

“Estudio de Mineralización de Au en Secuencias Carbonosas de la Fm. Chimú y su influencia en el Control de Mineral en Lagunas Norte, La Libertad, Perú”

Jose Azan, (Alto Chicama)

El presente trabajo es el resultado del programa de investigación dentro de la Corporación Barrick, específicamente en el yacimiento epitermal Lagunas Norte, ubicado en La Libertad.

Las actividades de campo comprendieron sobre todo en el mapeo geológico de taludes y en menor proporción un mapeo superficial por los alrededores, seguidamente los trabajos involucraron a trabajos de muestreo de taludes. Se utilizó como base los trabajos realizados por los Ingenieros Geólogos de la etapa de Exploraciones y Mina de la Corporación Barrick.

Este trabajo forma parte de un estudio de Aplicaciones de Análisis de data histórica así como data in situ y tiene como objetivo determinar la forma en que existe mineralización de Au en las secuencias sedimentarias carbonosas de las Formación Chimú en Lagunas Norte y sus aplicaciones geológicas y a la operación minera.

Se hace una descripción general de las litologías existentes en los mantos carbonosos que afloran en el área, sus características geológicas, enfocando a litologías y alteraciones de interés, así mismo se grafican los resultados de los muestreos ejecutados. Imagen N° 01 y Cuadro N° 01.



Imagen N° 01: Donde se muestra en Muestreo Estratificado de Techo a Piso Manto II Nivel 4090 Dafne Vista al Oeste.

MANTO III	HOLEID	Espesor	Au	Ag	Cu	C. Total	TCM_MED	TCM	S. Total	SO4_MED	SO4	S
PBH-005565	1-4090-L22	1,4	4,73	3	110	0,05	0,03	0,03	1,15	0,02	0,02	1,13
PBH-005566	1-4090-L23	0,2	44	18	137	5,15	4,73	4,73	1,43	0,08	0,08	1,35
PBH-005567	1-4090-L24	1,2	1,72	5,7	51	0,03		0,03	0,13	0,005	0,005	0,13
PBH-005568	1-4090-L25	0,6	0,63	0,8	463	0,29	0,25	0,25	4,17	0,13	0,13	4,04
PBH-005569	1-4090-L26	0,4	0,05	0,5	443	0,05	0,03	0,03	0,32	0,04	0,04	0,28
PBH-005570	1-4090-L27	0,3	0,4	4,2	469	50,86	50,86	50,86	16,8	0,01	0,01	16,8
PBH-005571	1-4090-L28	0,3	0,2	0,9	428	14,58	14,58	14,58	5,14	0,005	0,005	5,14
PBH-005572	1-4090-L29	1,3	0,55	1,7	445	40,96	40,96	40,96	17,3	0,05	0,05	17,3
PBH-005573	1-4090-L30	0,3	0,88	2,8	68	0,05	0,05	0,05	0,97	0,2	0,2	0,77
PBH-005574	1-4090-L31	2,2	0,32	13,3	71	0,07	0,07	0,07	1,54	0,39	0,39	1,15
PBH-005575	1-4090-L32	0,6	0,09	5,5	119	2,09	1,38	1,38	1,29	0,04	0,04	1,25
PBH-005576	1-4090-L33	1,2	0,06	7,6	20	0,04		0,04	1,8	0,06	0,06	1,74
PBH-005577	1-4090-L34	0,3	1,11	15,5	89	1,66	0,81	0,81	0,42	0,09	0,09	0,33
PBH-005578	1-4090-L35	1,6	0,73	2,6	57	0,04		0,04	0,62	0,09	0,09	0,53

Cuadro N° 011: Resultados en Manto de Carbón 3 Leyes de Au (Verde), TCM Material Carbonoso Total(Rojo) y S (sulfuro Amarillo).

MAPEO GEOLÓGICO Y MUESTREO DE TALUDES.

Se hallaron niveles delgados de distinta composición, dentro de los mantos carbonosos, estos involucraban limolitas, lutitas, carbonosas y sin contenido de carbón, esto con la finalidad de

reconocer litologías que hayan sido alteradas por los fluidos hidrotermales propios del yacimiento, llegando a observar sobre todo en los contactos, estructuras como brechas hidrotermales y además la alteración de rocas sedimentarias, estas se presentan silicificadas. Esto se puede observar en las Imagen N° 02 y 03.



Imagen N° 02 (Izquierda), Alteración de rocas sedimentaria con sílice y 03 (Derecha) Brecha hidrotermal en arenisca.

Una vez identificadas las litologías que pueden ser consideradas como posibles rocas caja, se procedió a ejecutar un muestreo estratificado, de las litologías observadas, con el objetivo de diferenciar las rocas que contienen mineralización y cuáles no, tal como se observan en los Cuadros N° 02 y Gráfico N°01.

MANTO III	HOLEID	Espesor	Au	Ag	Cu	C Total	TCM_MED	TCM	S Total	SO4_MED	SO4	S
PBH-005565	1-4090-L22	1,4	4,73	3	110	0,05	0,03	0,03	1,15	0,02	0,02	1,13
PBH-005566	1-4090-L23	0,2	44	18	137	5,15	4,73	4,73	1,43	0,08	0,08	1,35
PBH-005567	1-4090-L24	1,2	1,72	5,7	51	0,03	0,03	0,03	0,13	0,005	0,005	0,13
PBH-005568	1-4090-L25	0,6	0,63	0,8	463	0,29	0,25	0,25	4,17	0,13	0,13	4,04
PBH-005569	1-4090-L26	0,4	0,05	0,5	443	0,05	0,03	0,03	0,32	0,04	0,04	0,28
PBH-005570	1-4090-L27	0,3	0,4	4,2	469	50,86	50,86	50,86	16,8	0,01	0,01	16,8
PBH-005571	1-4090-L28	0,3	0,2	0,9	428	14,58	14,58	14,58	5,14	0,005	0,005	5,14
PBH-005572	1-4090-L29	1,3	0,55	1,7	445	40,96	40,96	40,96	17,3	0,05	0,05	17,3
PBH-005573	1-4090-L30	0,3	0,88	2,8	68	0,05	0,05	0,05	0,97	0,2	0,2	0,77
PBH-005574	1-4090-L31	2,2	0,32	13,3	71	0,07	0,07	0,07	1,54	0,39	0,39	1,15
PBH-005575	1-4090-L32	0,6	0,09	5,5	119	2,09	1,38	1,38	1,29	0,04	0,04	1,25
PBH-005576	1-4090-L33	1,2	0,06	7,6	20	0,04	0,04	0,04	1,8	0,06	0,06	1,74
PBH-005577	1-4090-L34	0,3	1,11	15,5	89	1,66	0,81	0,81	0,42	0,09	0,09	0,33
PBH-005578	1-4090-L35	1,6	0,73	2,6	57	0,04	0,04	0,04	0,62	0,09	0,09	0,53

Cuadro N° 02: Resultados en Manto de Carbón 3 Leyes de Au (Verde), TCM (Rojo) y S (sulfuro Amarillo).

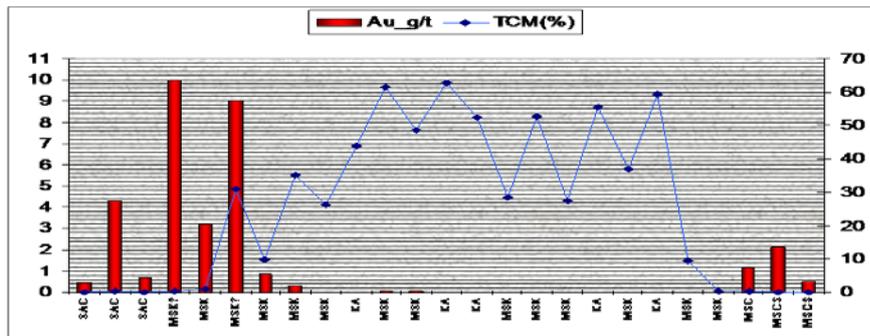


Gráfico N° 01: Relación de Au + TCM, desde el techo hacia el piso del Manto de Carbón I-Nivel 4070 Dafne Valores de Au a la derecha y TCM a la izquierda.

GEOLOGÍA LOCAL

Las rocas presentes en Lagunas Norte, incluyen rocas sedimentarias de edad Jurásica (Grupo Chicama) las cuales afloran en la parte sur y sureste del yacimiento y Cretácea (Formaciones Chimú y

Carhuaz), sobreyacida por rocas volcánicas Miocénicas del Grupo Calipuy, pertenecientes a este Grupo solo se tiene parte del diatrema principal en la zona denominada Dafne en contacto y sobreyacendo a las Andesitas porfiríticas, también en la parte Este, tenemos tobas Dacíticas con ligeras alteraciones de Argílica Avanzada (Cuarzo-Alunita-Pirita). En el área del yacimiento las rocas sedimentarias se encuentran plegadas en un gran anticlinal de orientación NNW-SSE y con vergencia progresiva hacia el este de sur a norte. Además se puede observar una fuerte deformación de los estratos, tal es así que los paquetes carbonosos absorben las fuerzas compresivas-extensivas como producto de la plasticidad de los mismos.

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL

La secuencia sedimentaria de Lagunas Norte, colocada en el flanco noreste de un anticlinal volcado, influenciada por la Tectónica Aymara a Quechua, afectada por un movimiento transtensivo de premineralización (21-19 Ma?), el cual da origen a una alineación de estructuras principales NW, así como también estructuras EW, creando así espacios abiertos propicios para la ascensión de fluidos hidrotermales, en forma de actividad freática y Freatomagmáticas en el Yacimiento Lagunas Norte.

Los controles estructurales juegan el papel más importante para la mineralización, ya que parte de esta se encuentra hospedada en fallas, fracturas, diaclasas, brechas hidrotermales y tectónicas, esto debido a que las rocas sedimentarias, principalmente las areniscas, tienen una alta densidad de fracturamiento y las brechas están muy bien desarrolladas.

Tenemos las principales familias de fallas: Familia de Fallas N140-160S, corresponde al lineamiento Andino y las cuales son paralelas a la estratificación y las cuales se originaron antes de la mineralización. Familia de Fallas EW las cuales se originan por movimiento de las fallas NW, dentro de las cuales se puede observar un brechamiento del tipo hidrotermal, familia de Fallas N140-160N en menor proporción, fallas de poca longitud e intensidad dentro de Lagunas Norte, tenemos: Familia de Fallas N110-130 y Familia de Fallas N40-60S (Cerpa & Bissig 2007) **Imagen N° 04, 05.**



Imagen N° 4: Fam. de Fracturas EW Cerpa & Bissig 2005 Imagen N° Fracturas. N140-160N Cerpa & Bissig 2005



051: Fam. de

MINERALIZACIÓN

De acuerdo a los estudios de secciones delgadas y pulidas, se ha podido identificar minerales propios y característicos de yacimientos de alta sulfuración, sin embargo cabe destacar que en el nivel 4070, aun

nos encontramos en la zona de óxidos y hay ciertos lugares donde se puede hallar zona de transición o sulfuros en sí. Estos son nombrados a continuación según el tipo de mineral:

Metales Nativos:

- Au Nativo
- Cu nativo
- Electrum(70% Au 30% Ag)
- Ag Nativa

- Covelita (SCu)
- Calcopirita (S_2CuFe)
- Galena (SPb)

Óxidos:

- Goethita ($HFeO_3$).
- Limonitas ($HFeO_2$)
- Hematita (Fe_2O_3)
- Magnetita ($FeFe_2O_4$)
- Jarosita ($KFe_3[SO_4]_2[OH]_6$).

Sulfosales:

- Enargita (Cu_3AsS_4)
- Proustita (Ag_3AsS_3)

Minerales Hidratados:

- Crisocola ($CuSiO_3 \cdot nH_2O$)

Minerales de Carbono:

Sulfuros:

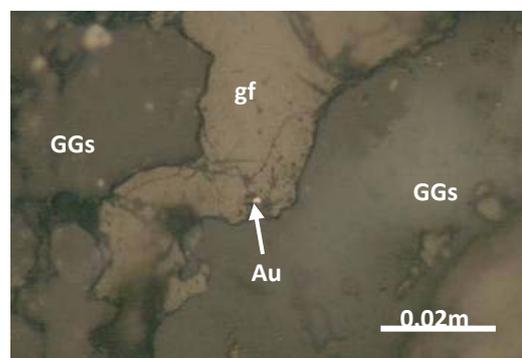
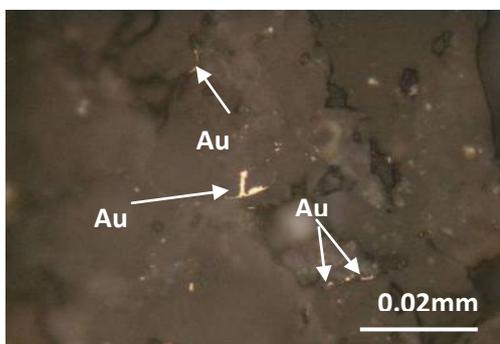
- Pirita (S_2Fe)
- Esfalerita ($(Zn,Fe)S$)

- Grafito (C)
- Antracita

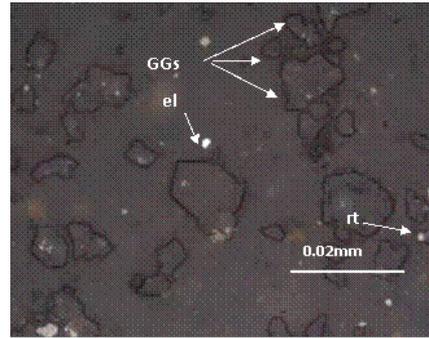
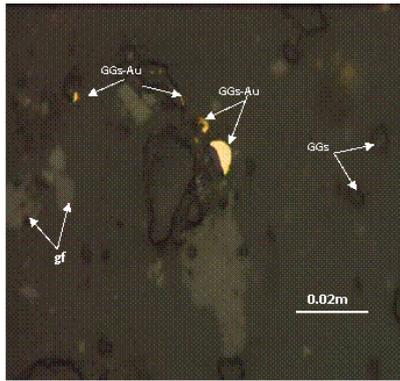
ANÁLISIS MINERAGRÁFICO Y PETROGRÁFICO

En las rocas con mineralización de Au, se procedió a ejecutar secciones pulidas y delgadas con el objetivo de observar el modo en que se presenta la mineralización, en las distintas rocas observadas.

Las principales características, indican que esta es de forma diseminada y rellenando fracturas y microfracturas, en algunos casos acompañado de grafito, este ultimo alteración de rocas carbonosas en conjunto con los fluidos hidrotermales. Esto se observan en las microfotografías N° 01, 02, 03 y 04.



Microfotografía N°01 y 02: Muestras Natural Un grano de oro nativo (Au) incluido en grafito (gf) el que se encuentra entre los granos de ganga (GGs).



Microfotografía N°03 y 04: Muestras Natural Un grano de oro nativo (Au) incluido en grafito (gf) el que se encuentra entre los granos de ganga (GGs).

METALURGIA DE MATERIALES CARBONOSOS

Se ejecutaron pruebas metalúrgicas con muestras obtenidas dentro del tajo. Estas pruebas incluyeron minerales con material carbonoso de diversos valores de contenido carbonoso, determinando así los mejores métodos de extracción para este tipo de minerales

En Lagunas Norte los minerales asociados a rocas carbonosas, en este caso llamados materiales carbonosos tienen un diferente trato para la recuperación de Au, esto basado en los contenidos de Sulfuro (S%) y carbón (TCM%), reduciendo la extracción de Au.

Una de las las pruebas para determinar la influencia del TCM, Sulfuro y contenido de oro sobre la extracción en los minerales contaminados fue la siguiente:

CARBONES EN LAGUNAS NORTE

Dentro del estudio de carbones, según las muestras tomadas en los mantos carbonosos del nivel 4070 en la zona de Dafne, relacionada a los trabajos hechos regionalmente, principalmente por Carrascal, asociando y comparando los resultados con las descripciones obtenidas dentro del yacimiento. Según esta comparación los resultados muestran que los mantos carbonosos están alterados por los fluidos hidrotermales, como por ejemplo en el poder calorífico, en donde los valores están por debajo de los estándares. Grafico N° 02.

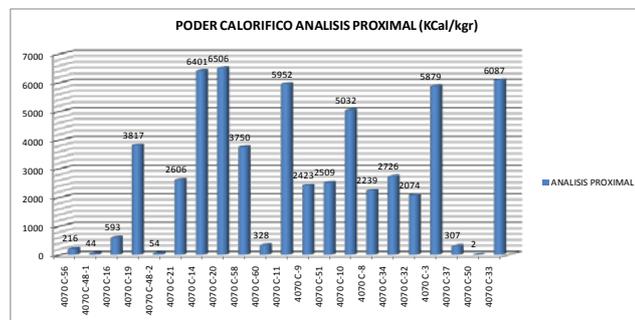


Gráfico N° 02: Valores de Poder Calorífico, en Análisis Proximal

GEOESTADÍSTICA DE DATOS BLASTHOLES

Se han analizado 58,577 datos de blastholes (Detritus de Perforación), teniendo en consideración la asociación de leyes de Au (gr/Tn) TCM (%), S(%) Ag (gr/Tn) y Cu (%) asociados a los dominios litológicos sedimentarios de la Formación Chimú, poniendo mayor énfasis en las rocas sedimentarias de composición carbonosa tales como limolitas/lutitas carbonosas, carbón antracítico así como carbón bituminoso. Se realizaron estadísticas descriptivas así como, histogramas, box plots y scatters plots. Estos datos se han subdivido en 6 rangos para los valores de oro, esto con la finalidad de poder observar de la mejor manera, la variación de TCM en base a los rangos de oro establecidos. Según los graficos presentados, y siempre dependiendo del coeficiente de correlacion y los scatter plots ejecutados, indican que no hay una relación directa entre los valores de oro y material carbonoso, asi mismo los scatter plots inican que hay valores dispersos, dentro de los rangos establecidos anteriormente y valores erráticos, ya que son pocas las asociaciones de valores de oro, relacionados a valores de TCM, ya que dentro del yacimiento y según el muestreo ejecutado, los valores de oro elevados solo son restringidos. Sin embargo los box plots, indican que hay leyes representativas en el código litológico msk, este pertenece a una limolita/lutita carbonosa, pero este código litológico se puede asociar a áreas con fallamiento interstratificado y además a fallamientos que cortan en forma semiperpendicular a los mantos carbonosos

Gráficos para Valores de 5.10 gr/Tn Au ≤ 10.00 gr/Tn, TCM entre 0.20% y 0.50%

		Au_gr/Tn	TCM %
Au_gr/Tn	Pearson Correlation	1	-,170
	Sig. (2-tailed)	,263	
	N	45	45
TCM %	Pearson Correlation	-,170	1
	Sig. (2-tailed)	,263	
	N	45	45

Cuadro N° 03: Coeficiente de Correlación entre Au (gr/Tn) y TCM (%).

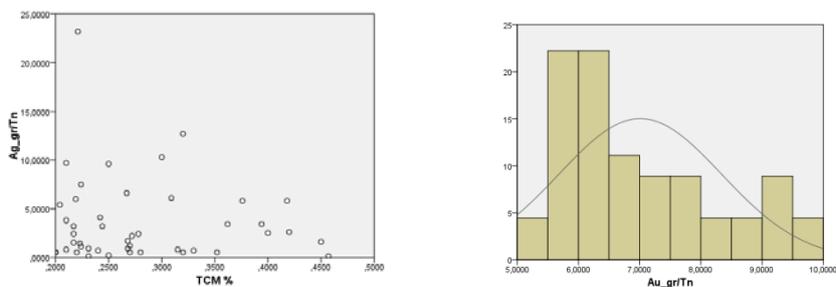


Gráfico N° 032: Scatter Plot para Au (gr/Tn) y Scatter Plot para TCM (%) y Gráfico N°04: Histograma de Frecuencias de Au Acumuladas en %.

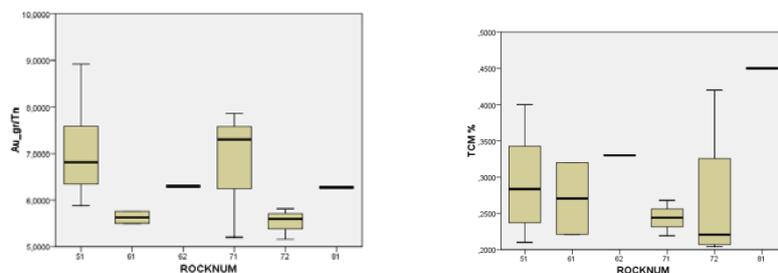


Gráfico N°05: Box Plot para Au (gr/Tn) con respecto a Dominios Litológicos Sedimentarios.

CONCLUSIONES

- Existe mineralización de Au en el piso y techo de ciertos mantos carbonosos pertenecientes a la Formación Chimú, en limolitas carbonosas silicificadas, en estructuras tales como fallas y brechas, condicionados por la porosidad y permeabilidad de las rocas sedimentarias en Lagunas Norte.

- La ocurrencia de oro se presenta libre y de forma diseminada como parte de alteración hidrotermal, tanto en intersticios, en venillas y fracturas microscópicas dentro de estructuras principales, así como parte de la oxidación de sulfuros en las rocas sedimentarias.

- Los mantos carbonosos, en general, contienen mineralización de oro en áreas restringidas, asociadas a intensa alteración y fallamiento; solo ciertos valores muestran carbón fijo y poder calorífico elevados para ser clasificados como carbones antracíticos, además son mantos de carbón con niveles de sulfuro elevado, sobre todo en el Área de Dafne y Alexa.

- Dentro del yacimiento, los mantos carbonosos no presentan una mineralización de oro continua, restringidos por fallas principales, principalmente en la intersección de la familia Este Oeste con Nor Oeste-Sur Este, sin embargo las zonas de mineralización, se encuentran en los contactos de mantos carbonosos y estos deben ser tomados en cuenta para el cálculo de reservas.