

**ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LA VETA VULCANO CON PERFORACIÓN  
DIAMANTINA, EN CASTROVIRREYNA-HUANCAVELICA**

**ESTIMATION OF THE VULCANO VASE WITH DIAMANTINE DRILLING, IN  
CASTROVIRREYNA-HUANCAVELICA**

J. Luis Candia Ticoná<sup>1</sup>, Héctor R. Machaca Condori<sup>2</sup>

Bachiller en Ingeniería Geológica, Puno ([luchitocandia@gmail.com](mailto:luchitocandia@gmail.com))<sup>1</sup>

M.Sc. Profesor Principal, EPIG, Puno ([rmachaca@gmail.com](mailto:rmachaca@gmail.com))<sup>2</sup>

**RESUMEN**

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar las características geológicas mediante labores subterráneas, sondajes diamantinos y la descripción de secciones pulidas. Cuantificar las reservas minerales en base a sondajes diamantinos y labores de exploración. El área de estudio se encuentra en el flanco oriental de la Cordillera Occidental del Segmento Central de los Andes peruanos. La estratigrafía regional está comprendida por una secuencia de rocas sedimentarias y volcánicas del Cretáceo inferior. Para cumplir los objetivos del presente trabajo se ha realizado diferentes métodos de investigación: mapeo geológico, muestreo geoquímico, perforaciones diamantinas, análisis geoquímico. Geológicamente, el área de estudio está representado por varias formaciones volcánicas, entre la más reciente está la Formación Castrovirreyna y Caudalosa; Los sistemas de fallas que se distinguen son: NW-SE, NE-SW, E-W. Las alteraciones hidrotermales en el área son: agilización, propilitización, silicificación y sericitización. La estimación de reservas dio un resultado de 203,090.00 TM con leyes 5.33OzAg.

**Palabra Clave:** Yacimiento Epitermal, Reserva Mineral, Recursos, Perforación Diamantina.

**ABSTRACT**

The present research work has as objective to determine the geological characteristics through underground workings, diamond drilling and the description of polished sections. Quantify mineral reserves based on diamond drilling and exploration work. The study area is located on the eastern flank of the Western Cordillera of the Central Segment of the Peruvian Andes. The regional stratigraphy is comprised of a sequence of sedimentary and volcanic rocks of the lower Cretaceous. In order to fulfill the objectives of the present work, different research methods have been carried out: geological mapping, geochemical sampling, diamond drilling, geochemical analysis. Geologically, the study area is represented by several volcanic formations, among the most recent being the Castrovirreyna and Caudalosa Formation; The fault systems that are distinguished are: NW-SE, NE-SW, E-W. The hydrothermal alterations in the area are: agilization, propilitization, silicification and sericitization. The reserve estimate gave a result of 203,090.00 MT with laws 5.33OzAg.

**Keyword:** Epithermal Reservoir, Mineral Reserve, Resources, Diamond Drilling.

## 1. INTRODUCCION

La Unidad Caudalosa Grande de Corporación Minera Castrovirreyna S.A.C., se ubica políticamente en la jurisdicción de los distritos: Santa Ana y Castrovirreyna, provincia de Castrovirreyna, departamento y región de Huancavelica, a una altitud que varía de 4,500 a 4,900 m.s.n.m., El yacimiento es de origen hidrotermal, de rango Epitermal, del tipo Low Sulphidation, hospedados en rocas volcánicas de edad neógeno de la formación Caudalosa, emplazado en el importante distrito minero de Castrovirreyna del Perú Central.

En las minas Reliquias y Caudalosa Grande, se han reconocido más de 30 vetas, de las cuales 17 fueron trabajadas desde 1942 por Corporación Minera Castrovirreyna, quedando aún por evaluar otras estructuras y otros prospectos que la Empresa posee dentro del distrito minero de Castrovirreyna, con grandes posibilidades de ubicar Yacimientos Epitermales de tipo Low Sulphidation y High Sulphidation en ambiente volcánico.

## 2. MATERIALES Y METODOS

### 2.1 Ubicación

La mina está ubicada en el distrito minero argentífero de Castrovirreyna, políticamente pertenece a la jurisdicción del distrito de Santa Ana, provincia de Castrovirreyna del departamento de Huancavelica.

Geográficamente la zona de estudio se ubica entre las coordenadas UTM 474,000E y 8°540,000 N a una altitud de 4500 a 4900 msnm. Geológicamente el yacimiento se ubica en el flanco oriental de la Cordillera Oriental del segmento central de los Andes Peruanos, metalogénicamente está ubicada en el distrito minero argentífero de Castrovirreyna.

En el Cuadrángulo de Castrovirreyna hoja 27m.

### 2.2 Geología

En el Cretáceo superior es el tiempo en que se da la inversión tectónica y da origen a la comprensión andina responsable de la elevación de la cadena montañosa. El inicio de la orogénesis no es simultáneo en toda la cadena, siendo una progresión temporal y espacial de efectos tectónicos que se van desplazando al Este.

La convergencia es de dirección N 78,8° E con una velocidad media de 7,9 cm / año. La zona de estudio pertenece al Sinclínorio de Castrovirreyna donde los ejes axiales del plegamiento son truncados por el sistema de fracturamiento de dirección E - O y al este a unos 15 km aflora el sistema de falla Chonta de orientación NO.

La zona está caracterizada por una secuencia de tufos, brechas volcánicas, lavas andesíticas y tufos sub-acuosos (volcánicos Madona) las que se encuentran en capas pseudo-estratificadas,

falladas y poco deformadas; intruyendo a éstas secuencias volcánicas de edad neógena, es notoria la ocurrencia de pórfidos feldespáticos, domos y diatremas a que estaría relacionada parte de la mineralización del distrito. En la mina Caudalosa se han diferenciado los volcánicos Caudalosa y Madona.

El estilo estructural se caracteriza por una serie de fallas Asimismo, se manifiesta tres sistemas de fracturamiento notables: el primer sistema NO – SE, el segundo sistema NE – SO, y el tercer sistema con tendencias E – W, generado por el reacomodo de bloques.

Desde el punto de vista de la Geomorfología la configuración geográfica es montañosa y accidentada, siendo atravesado por la cordillera de los Andes, que lo divide en tres sectores: la zona interandina, caracterizada por las grandes elevaciones de la cordillera y que conforman la mayor parte del territorio; la vertiente occidental, donde las montañas descienden sobre la costa formando una pendiente pronunciada.

### 2.3 Sondajes Diamantinos

Sobre la veta vulcano se perforaron 28 sondajes diamantinos desde superficie e interior mina para delimitar las zonas de mineralización de alta ley.

Además este método fue el método principal para la verificación de todas las ideas, teorías y predicciones de profundización de la mineralización, además con este método se hizo una descripción de la geología a detalle, modelamiento geológico y cubicación de recursos. Así como también definir las características lito-estratigráficas de las diferentes unidades a fin de establecer patrones, que permitan la ubicación de zonas de potencial geológico-minero para la exploración de depósitos polimetálico.

La empresa prestadora de servicios de perforaciones con recuperación de testigos EXPLOMIN, fue la empresa quien perforó en la campaña de perforaciones sobre la veta Vulcano.

Tipo de Linea	Diametro de Testigo	Diametro de Hoyo
	(mm)	(mm)
HQ	63.5	96
NQ	47.6	75.5
BQ	36.5	59.9

### 2.4 Determinación de Bloques de Cubicación

Un bloque de mineral cubicado, es la parte del yacimiento minero formado por una figura geométrica tridimensional limitada por labores mineras, es el resultado de multiplicar la longitud, ancho de veta, altura y peso específico.

Para el bloqueo se recurre a los resultados de los ensayos, utilizando el concepto de clavos mineralizados, estos se agrupan por tramos que en promedio indiquen ley de plata mayor o igual a 3.5 oz Ag/t. teniendo como mínimo 10 m. de longitud, como máximo la distancia económica para este bloque; este bloqueo se complementa con la revisión de planos geológicos y/o mapeos geológicos, secciones y logeos de sondajes diamantinos.

La delimitación de bloques se hace en planos en planta y se transfiere a secciones longitudinales de cubicación de cada veta.

#### **2.4.1 Altura de Bloques**

La altura de bloque se determina como: 1/5 de la longitud muestreada y bloqueada, en algunos casos se ha considerado la altura promedio de los bloques vecinos, cuando la distancia entre bloques no es mayor a 5 m. tomando siempre 1/5 de la longitud total. Se trata en lo posible que los bloques tengan forma geométrica regular como rectángulos, triángulos, etc. que permiten facilitar el cálculo de áreas.

#### **2.4.2 Calculo de Áreas**

Las áreas, son calculadas tomando en cuenta la longitud y altura del bloque (para bloques regulares), en los casos de bloques de contorno irregular, se utiliza el comando área del software AutoCAD.

#### **2.4.3 Gravedad Especifica**

Para la gravedad específica, para el año 2013 se ha considerado la data histórica, como sigue:

- Mineral Polimetálico	= 3.08
- Mineral Argentífero	= 2.80
- Relleno Mineralizado	= 2.50
- Roca Encajonante	= 2.50

### **2.5 Estimación de Leyes**

Este procedimiento esta normado mediante un Procedimiento de Muestreo, orientado a la calidad, se realiza por el Método de Muestreo por Canales, se procede de la siguiente manera:

Verificar las condiciones del terreno antes de iniciar con los trabajos de toma de muestras.

Ubicar el área a muestrear a partir de un punto topográfico, de preferencia y coincidir con la última marca muestreada.

Trazar el canal en forma perpendicular al buzamiento de la veta o estructura mineralizada, con una longitud de hasta 1 m. dependiendo del ancho de la veta (potencia), en vetas más anchas se prepararán canales compuestos, el ancho del canal debe ser de 10 a 20 cm.

Tomar el tiempo de inicio del muestreo.

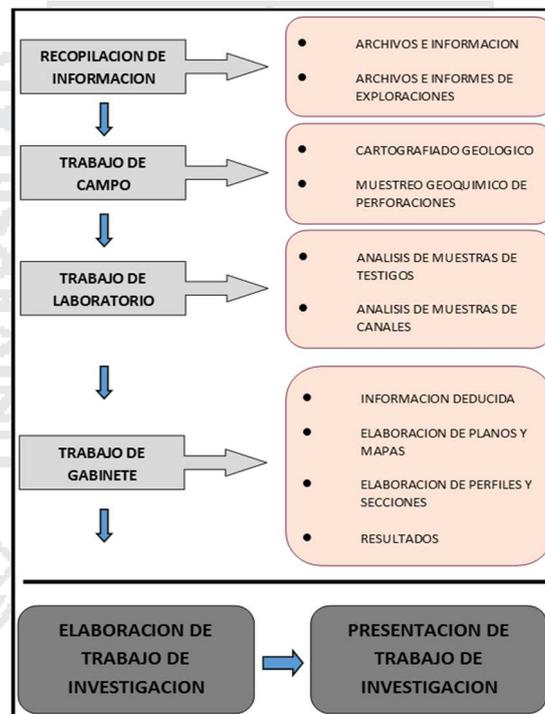
Limpieza del canal, proceder con cincel y comba a limpiar el material dentro de la marca con una profundidad de 2 a 3 cm dejando el fondo lo más uniforme posible.

Toma de muestras, una vez terminado el proceso de limpieza del canal se procede a la toma de material “cortando una banda del ancho del canal con una profundidad de 3 a 4 cm., la recepción del material se realiza directamente en la bolsa de muestreo.

Tomar el tiempo de término del muestreo.

## 2.6 Metodología

La investigación se basó en un estudio analítico y descriptivo.



### 2.6.1 Recopilación de Información

En esta etapa, se recogió toda la información bibliográfica, informes de la zona de estudios, se recopilaron planos geológicos regionales, topografía del cuadrángulo, archivos e informes de INGEMMET, Morche W. y Larico Washington, Setiembre de 1996, Geología del Cuadrángulo de Huancavelica, Boletín N° 73.

### 2.6.2 Etapa de Campo

Los trabajos de campo comprendieron en muestreo de campo y muestreo sistemático de labores subterráneas. Levantamiento topográfico de labores de la veta Vulcano. Mapeo geológico subterráneo, análisis minero gráfico.

### 2.6.3 Etapa de Laboratorio

Esta etapa comprende desde el muestreo geológico de mina preparación, etiquetado y envió a laboratorio para su respectivo análisis de muestra. Las muestras se analizaron en laboratorio de la Unidad San Genaro-Cía. Minera Castrovirreyña.

### 2.6.4 Etapa de Gabinete

Luego del trabajo de campo se procedió a realizar un análisis de muestras comparando en mina y gabinete, comprende la etapa de bloqueo de tramos mineralizados gracias al análisis geoquímico que emite valores económicamente rentables, teniendo en consideración la ley de cut off para la estimación de recursos y reservas.

Es la etapa donde se procesa toda la información recibida de campo, y se trabaja estadísticamente con los resultados de análisis de muestras.

Modelamiento geológico de la veta Vulcano utilizando el software MineSighth.

## 3 RESULTADOS

### 3.1 Veta Vulcano

Es una veta reconocida en una longitud de 400 m. en los niveles 768, 710, 642 y 560.

Es un cimoide de la veta Pasteur; tiene un rumbo promedio E – W y N 85° E con buzamiento de 75° - 80° N; con un ancho promedio de 1.33 m.

La mineralogía está representada por galena, esfalerita, platas rojas (en la parte alta) calcopirita en menor proporción; en ganga de cuarzo y piritita.

La ley del mineral 5.37 Oz Ag, 0.435 gr Au, 1.22 % Pb, 0.09 % Cu, 1.59 % Zn, 7.88 Ag Eq.

### 3.2 Perforación Diamantina

Sobre la veta vulcano se perforaron 28 sondajes diamantinos desde superficie e interior mina para delimitar las zonas de mineralización de alta ley.

Además este método fue el método principal para la verificación de todas las ideas, teorías y predicciones de profundización de la mineralización, además con este método hicimos una descripción de la geología a detalle, modelamiento geológico y cubicación de recursos. Así como también definir las características lito-estratigráficas de las diferentes unidades a fin de establecer patrones, que permitan la ubicación de zonas de potencial geológico-minero para la exploración de depósitos polimetálico.

La empresa prestadora de servicios de perforaciones con recuperación de testigos EXPLOMIN, fue la empresa quien perforó en la campaña de perforaciones sobre la veta Vulcano.

### 3.3 Mineralogía

Minerales de Ag, Au, Pb, Zn, Sb, As, Fe, Cu

Minerales de Mena

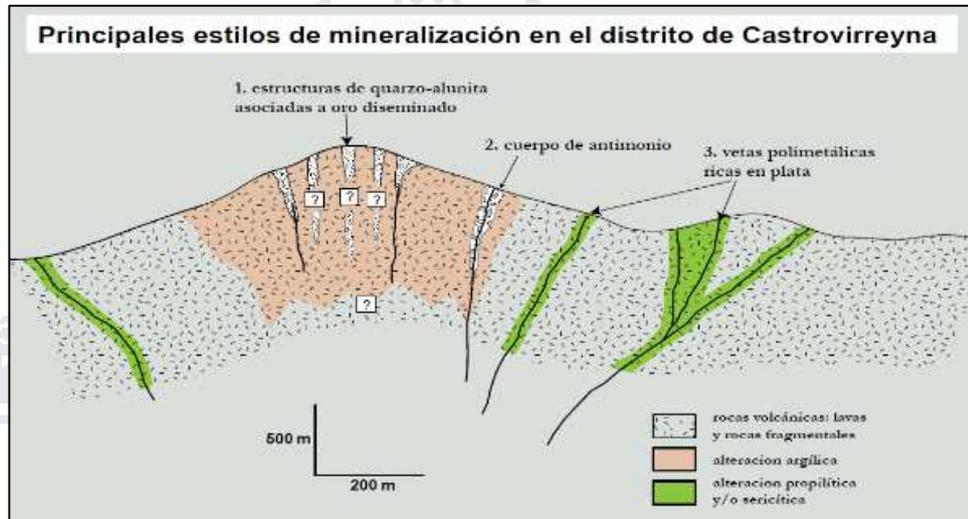
- ✓ Pirargirita ( $\text{Ag}_3\text{SbS}_3$ )
- ✓ Proustita ( $\text{Ag}_3\text{AsS}_3$ )
- ✓ Esfalerita ( $\text{ZnS}$ )
- ✓ Galena ( $\text{PbS}$ )
- ✓ Argentita ( $\text{Ag}_2\text{S}$ )
- ✓ Tetraedrita ( $(\text{Cu,Fe})_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ )

Minerales de Ganga

- ✓ Pirita ( $\text{FeS}_2$ )
- ✓ Rodocrosita ( $\text{MnCO}_3$ )
- ✓ Caolinita ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ )
- ✓ Hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )
- ✓ Limonita ( $\text{FeO}(\text{OH}), \text{nH}_2\text{O}$ )
- ✓ Goethita ( $(\text{FeO}(\text{OH}))$ )
- ✓ Jarosita ( $\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2$ )

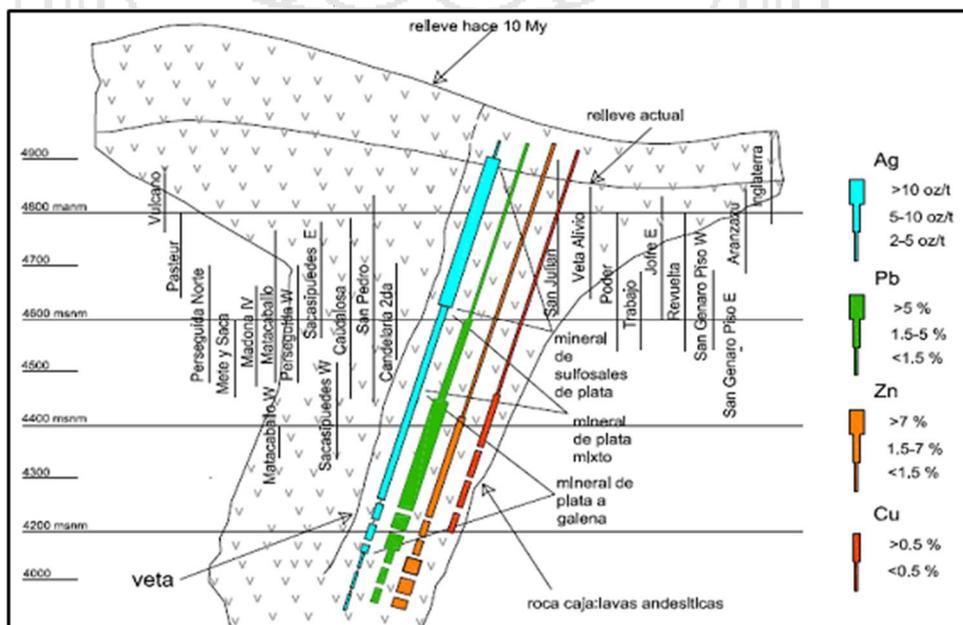
### 3.3 Mineralización

En Caudalosa, Lewis – 1956, reportó minerales de platas rojas en la parte superior y minerales de cobre y plomo en la parte central inferior como enargita, boulangerita, bournonita, se ha reportado tetrahedrita en la parte central-oeste.



### 3.4 Zoneamiento

El zoneamiento en la zona de las platas rojas de Reliquias es local y restringido a una franja pequeña superficial, no debe considerarse como representativo de toda la zona. Este zoneamiento es una aureola de plata exterior seguida por otras de Cu-Pb-Zn, hacia el interior.



### 3.5 Paragénesis

La paragénesis de la veta Vulcano se determinó, por estudio microscopía óptica, probeta pulida y sección delgada, en muestras de mano obtenidas de las galerías del Nv 642 de la veta Vulcano y de forma macroscópica se observó las texturas de las estructuras mineralizadas en las galerías de los diferentes niveles.

PARAGÉNESIS	OBSERVACIONES
Calcopirita, Esfalerita, Pirita	Sulfuros masivos, Pirita idiomorfica
Calcopirita, Tetraedrita, Pirita	Sulfuros masivos bandeados Cristales relictos de Pirita Vetas de Tetraedrita - Calcopirita - Argentita
Pirita, Calcopirita, Galena, Esfalerita	Sulfuros masivos bandeados
Goethita, Cuarzo	Gossan de Fe, Agregados botroidales.

### 3.6 Control Estructural

El control principal es estructural, con una fuerte componente E – W, de acuerdo a la posición de los 3 corredores estructurales:

- Candelaria – Caudalosa
- Sacasipuedes–Matacaballo-Vulcano
- Perlas – Ytanayoc

### 3.7 Control Litológico

El control litológico es conformado por rocas del Mioceno Superior. La Formación Caudalosa, conformada principalmente por lavas de composición andesítica con niveles piroclásticos y algunos niveles de lavas basálticas, sobreyacen las tobas de Choclococha las cuales dieron una edad K-Ar de  $12.2 \pm 1.0$  Ma y  $12.3 \pm 0.3$  Ma. La edad límite superior de la Formación Caudalosa está definida por alunita hipogena datada en  $11.1 \pm 0.3$  Ma.

### 3.8 Análisis de resultado de laboratorio

Para el análisis de resultado de las muestras después del tratamiento realizado en el laboratorio se utilizó gráficos por el software Excel 2013.

Tramo 2	Nº Muestra	Desde (m)	Hasta (m)	Ancho (m)	Ag (Oz)	Au (Gr)	Pb (%)	Cu (%)	Zn (%)	Fe (%)
	1498	106.30	107.60	1.30	7.84	0.53	0.54	0.02	0.73	3.90
	Promedios			1.30	7.84	0.53	0.54	0.02	0.73	3.90
	Error de muestreo - 10%				7.06	0.48	0.49	0.01	0.66	3.51

### 3.9 Cuadros de tonelaje y leyes de reserva y recursos

RECURSO	tms	ancho veta (m)	ancho minado (m)	LEYES DE MINADO					Ley Equivalente
				Oz Ag	gr Au	% Pb	% Cu	% Zn	
PROBADO	33,170.00	1.35	1.41	5.37	0.435	1.22	0.09	1.59	7.88
PROBABLE	22,060.00	1.31	1.37	5.44	0.421	1.28	0.14	2.4	8.31
MEDIDO	5,550.00	1.18	1.28	2.16	0.447	0.69	0.11	1.27	4.11
INDICADO	27,610.00	1.11	1.2	8.56	0.291	1.68	0.1	1.8	11.3
INFERIDO	27,610.00	1.34	1.4	4.68	0.415	1.2	0.12	2.17	7.39
MMINERAL ROTO	87,090.00	1.7	1.8	4.68	0.322	0.54	0.11	0.76	6.06
<b>TOTAL</b>	<b>203,090.00</b>	<b>1.33</b>	<b>1.41</b>	<b>5.33</b>	<b>0.36</b>	<b>0.98</b>	<b>0.11</b>	<b>1.42</b>	<b>7.44</b>

## 4 DISCUSIÓN

En la veta Vulcano, las platas rojas la proustita-pirargirita, predominan en los niveles altos, aproximadamente desde el afloramiento hasta el nivel 560, esta mineralización está acompañada de tetrahedrita en menor proporción. Por debajo del nivel 560 hay un incremento de tetrahedrita, este cambio mineralógico hacia las profundidades es similar a lo observado, en donde las platas rojas van desapareciendo hacia los niveles inferiores.

La ley del mineral 5.37 Oz Ag, 0.435 gr Au, 1.22 % Pb, 0.09 % Cu, 1.59 % Zn, 7.88 Ag Eq.

Cubicación reservas mediadas, indicadas, inferidas y relleno (recurso mineral roto) es de **203,090.00** de TM. 5.33, Ag. Oz/TM., 0.36 Au. Gr/TM., 0.98 %Pb., 1.42 % Zn. 7.44 Ag Eq.

## CONCLUSIONES

1. El estudio de Microscopia de opacos. Determino una característica singular en esta veta Vulcano, la cual dio como resultado la siguiente secuencia paragenética: Cuarzo-Pirita-Barita-Tetraedrita-Calcopirita-Galena-Carbonatos-Argentita-Esfalerita – Pirargirita-Proustita.

2. El estudio nos indica que existe, un zoneamiento vertical hacia el SE con el incremento de un 25% en los valores de Ag, Au y una disminución del 5% del valor de Pb, Zn, lo cual favorece en el incremento de reservas en la cubicación.

3. Por debajo de la cota 4600 los valores de Pb y Zn se incrementan en un 35% típico de los yacimientos Epitermales de baja sulfuración.

4. Una cubicación integral considerando reservas probadas y probables, es de **55,230.00** de TM. 5.40

Ag. Oz/TM., 0.43 Au. Gr/TM., 1.24 %Pb., 1.91 % Zn. 8.05 Ag Eq.

5. Considerando además la cubicación reservas mediadas, indicadas, inferidas y relleno (recurso mineral roto) es de **203,090.00** de TM. 5.33, Ag. Oz/TM., 0.36 Au. Gr/TM., 0.98 %Pb., 1.42 % Zn. 7.44 Ag Eq.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Albinson, F.T.T., 1988, Geologic reconstruction of paleosurfaces in the Sombrete, Colorada, and Fresnillo districts, Zacatecas state, Mexico: Economic Geology, v. 83, p. 1647–1667.
- Arenas M., Noble D.C. 1975, Cronología del Volcánico Terciario y Mineralización del Distrito de Huachocolpa – Julcani, Economic Geology N° 70, pp.388-390.
- Assumpção, M., 1992, The regional intraplate stress field in South America: Journal of Geophysical Research, v. 97, p. 11,889–11,903.
- Bateman, Alan M. (1982): Yacimientos Minerales de Rendimiento Económico. Editorial Omega. Barcelona. España. 5ta Edición. 987 pág.
- Benavides-Cáceres, V., 1999, Orogenic evolution of the Peruvian Andes: The Andean cycle: Society of Economic Geologists Special Publication no. 7, p. 61–107

- Benavides, J. 1983., Alteración y Mineralización en un Sector del Distrito Minero de Julcani., Boletín de la Sociedad Geológica del Perú., N° 72, pp. 99-110
- Davison, I., 1994, Linked fault systems; extension, strike-slip, and contractional, in Hancock, P.L., ed., Continental deformation: New York, Pergamon, p. 121–142.
- Govett G.J.S , 1983 , Rock Geochemistry in Mineral Exploration, Volume 3 , Elsevier Scientific Publishing Company Amsterdam-Oxford-New York
- Hanks H.E. y Webb J.S., 1962 , Geochemistry in Mineral Exploration., Harper&Row Publishers New York and Evanston
- Holdridge, L. R. 1947. «Determination of World Plant Formations from Simple Climatic Data». Science Vol 105 No. 2727: 367-368
- Injoque, J., Valdivia, J., Garcia, L., Caballero, A., Osorio, J., Romel, M., Oscar, M., And Gamarra, L., 1994, Geología del distrito minero de Huachocolpa: Publicación Especial VIII, Congreso de Geología, Tomo I, Lima, Peru, July 20–22, 1994, Extended Abstracts, p. 10–15
- Jamez M., Departamento of geological Sciences, University of Nevada – Reno, 89557
- Lewis, R.W., 1956, Geology and mineralogy of the Castrovirreyna mining district, Huancavelica: Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, v. 30, p. 217–224
- Lewis, R.W., JR., 1964, The geology, mineralogy, and paragenesis of the Castrovirreyna lead-zinc-silver deposits, Perú: U.S. Geological Survey Open-File Report 64–726, 265 p.
- Macedo-Sánchez, O., Surmont, J., Kissel, C., Mitouard, P., And Laj, C., 1992, Late Cainozoic rotation of the Peruvian Western cordillera and uplift of the central Andes: Tectonophysics, v. 205, p. 65–71.
- Masías, A., 1929, Geología de la región minera de Castrovirreyna: Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, v. 3, p. 64–81.
- Mayta O, Herrera J., 1987., Otros Lineamientos Estructurales Mineralizados en Julcani-Huancavelica- Peru, VI Congreso de Geología.
- McKinstry, H.E., 1948, Mining geology: New York, Prentice-Hall, 680 p
- Mégard, F., Noble, D.C., Mckee, E.H., And Bellon, H., 1984, Multiple pulses of Neogene compressive deformation in the Ayacucho intermontane basin, Andes of central Peru: Geological Society of America Bulletin, v. 95, p. 1108–1117

- Morche W. Y Larico Washington, Setiembre de 1996, Geología del Cuadrángulo de Huancavelica, Boletín N° 73 hoja 26-n, pp. 21-102.
- Noble D., 2001, Comments on the Mineral Potencial at Depth in the Central Part of the Julcani District., Memorandum ., Informe CMBSAA.
- Noble D., Silberman M., 1984., Evolución Volcánica e Hidrotermal y Cronología de K – Ar del Distrito Minero de Julcani, Perú., Boletín Sociedad Geológica del Perú – Volumen Jubilar LX Aniversario. Homenaje Dr. George Petersen, Fasc. 5, pp 1-35.

