

FACULTAD DE INGENIERÍA
Carrera de **INGENIERÍA GEOLÓGICA**

“MEJORA DEL SISTEMA DE ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD QA/QC EN EL ANÁLISIS DE MUESTRAS BLAST HOLE, EN LA EMPRESA PAN AMERICAN SILVER – U.M. LA ARENA S.A. 2022”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Geóloga

Autores:

Jessica Diana Acosta Flores
Thania Melani Vasquez Campos

Asesor:

Mg. Ing. Miguel Ricardo Portilla Castañeda
<https://orcid.org/0000-0002-3676-7137>

Cajamarca - Perú

JURADO EVALUADOR

| | | |
|---------------------------|-------------------------------------|-----------------|
| Jurado 1 Presidente(a) | Daniel Alejandro Alva Huamán | 43006890 |
| | Nombre y Apellidos | N° DNI |

| | | |
|----------|------------------------------------|-----------------|
| Jurado 2 | Víctor Eduardo Álvarez León | 18034429 |
| | Nombre y Apellidos | N° DNI |

| | | |
|----------|----------------------------------|-----------------|
| Jurado 3 | Wilder Chuquirruna Chávez | 40266106 |
| | Nombre y Apellidos | N° DNI |

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| JURADO EVALUADOR | 2 |
| DEDICATORIA | 3 |
| AGRADECIMIENTO | 4 |
| TABLA DE CONTENIDO | 5 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 8 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 9 |
| RESUMEN | 11 |
| ABSTRACT | 12 |
| CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN | 13 |
| 1.1. Realidad problemática | 13 |
| 1.2. Formulación del problema | 18 |
| 1.3. Objetivos | 18 |
| 1.3.1. Objetivo General | 18 |
| 1.3.2. Objetivos Específicos | 18 |
| 1.4. Hipótesis | 18 |
| CAPÍTULO II: METODOLOGÍA | 19 |
| 2.1. Tipo de diseño de investigación | 19 |
| 2.2. Material | 19 |
| 2.2.1. Unidad de Estudio | 19 |
| 2.2.2. Población | 19 |
| 2.2.3. Muestra | 19 |
| 2.3. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos | 20 |
| 2.3.1. Técnicas de recolección de datos | 20 |
| 2.3.2. Instrumentos de recolección de datos. | 20 |

| | |
|---|-----------|
| 2.4. Métodos | 20 |
| 2.4.1. Etapa de Precampo o Gabinete I | 20 |
| 2.4.2. Etapa de Campo | 24 |
| 2.4.3. Etapa de Post Campo o Gabinete II | 26 |
| 2.5. Aspectos éticos | 26 |
| 2.6. Ubicación y Accesibilidad | 26 |
| 2.7. Geología Regional | 29 |
| 2.8. Geología Local | 33 |
| 2.9. Geomorfología | 36 |
| 2.10. Estratigrafía | 37 |
| 2.10.1. Formación Chicama | 37 |
| 2.10.2. Grupo Goyllarisquizga | 37 |
| 2.10.3. Grupo Calipuy | 39 |
| 2.11. Mineralización | 40 |
| 2.12. Geología Estructural | 41 |
| 2.13. Alteración Hidrotermal | 43 |
| 2.14. Litología presente en el tajo Calaorco | 45 |
| 2.15. Geología Estructural del Tajo Calaorco | 46 |
| 2.16. Alteración y mineralización del Tajo Calaorco | 47 |
| 2.16.1. Propilitización | 47 |
| 2.16.2. Argílica | 47 |
| 2.16.3. Argílica Avanzada | 47 |
| 2.16.4. Silicificación | 48 |
| CAPÍTULO III: RESULTADOS | 49 |
| 3.1. Evaluación de la Precisión | 49 |
| Duplicados de Campo | 49 |
| 3.2. Evaluación de la Exactitud | 51 |
| Estándares o Materiales de Referencia | 51 |
| 3.3. Evaluación de la Contaminación | 58 |

| | |
|---|----|
| Blanco Grueso | 58 |
| CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 60 |
| 4.1. CONCLUSIONES | 60 |
| 4.2. RECOMENDACIONES | 63 |
| REFERENCIAS | 65 |
| ANEXOS | 70 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Valores del estándar | 23 |
| Tabla 2 Coordenadas UTM de la Unidad Minera La Arena..... | 27 |
| Tabla 3 Acceso al área del proyecto | 29 |
| Tabla 4 Resumen de Ratio de Inserción al 2021 | 49 |
| Tabla 5 Resumen de Muestras Duplicadas de Campo..... | 50 |
| Tabla 6 Valores para los estándares acordes a las leyes del yacimiento..... | 51 |
| Tabla 7 Resumen Estándares | 52 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 Diagrama de procesos QAQC..... | 21 |
| Figura 2 Toma de muestra de duplicado de campo BH..... | 22 |
| Figura 3 Muestreo con azadón en Blast Hole..... | 25 |
| Figura 4 Inspección al Laboratorio Certimin..... | 25 |
| Figura 5 Unidad Minera La Arena..... | 27 |
| Figura 6 Ubicación de La Arena..... | 28 |
| Figura 7 Geología Regional..... | 31 |
| Figura 8 Sección Geológica Transversal- La Arena..... | 33 |
| Figura 9 Plano Geológico Local - La Arena..... | 35 |
| Figura 10 Sección Geológica: Intrusión multifásica cortando rocas sedimentarias | 36 |
| Figura 11 Columna Estratigráfica Regional..... | 40 |
| Figura 12 Estructuras minerales NW aflorando en el Tajo Calaorco - La Arena..... | 41 |
| Figura 13 Mapa de estructuras y mineralización - La Arena..... | 43 |
| Figura 14 Mapa de alteración hidrotermal (en superficie) - La Arena..... | 45 |
| Figura 15 Duplicados de Campo..... | 50 |
| Figura 16 Estándar STD_OxC152..... | 53 |
| Figura 17 Estándar ST51_AuOx13..... | 54 |
| Figura 18 Estándar ST52_AuOx29..... | 55 |
| Figura 19 Estándar ST_OxC167..... | 56 |

| | |
|---|----|
| Figura 20 Estándar ST103_AuOx31..... | 57 |
| Figura 21 Estándar ST113_OxG140..... | 58 |
| Figura 22 Blanco Grueso Au ppb..... | 59 |

RESUMEN

La presente investigación, tiene como objetivo principal asegurar y controlar la calidad QA/QC en el análisis de muestras blast hole, en la empresa Pan American Silver – U.M. La Arena S.A, previniendo y detectando errores en el muestreo, procesos de preparación, análisis y reporte de muestras por parte de laboratorio primario. El diseño utilizado es de tipo no experimental transeccional exploratorio, ya que se basa en los resultados químicos de las muestras obtenidas que no fueron manipuladas, fueron obtenidas en un único momento y servirá para comenzar a conocer fenómenos sobre un problema nuevo. Se elaboró, validó y analizó gráficos de Control de Calidad para la Precisión, Exactitud y Contaminación del Muestreo de Blast holes. En esta investigación se evaluó un total de 5643 muestras Blast hole, de las cuales 2154 fueron duplicados de campo, lo que representa un ratio de inserción de 10.52% distribuidos aleatoriamente, el cual es bueno y aceptable. En precisión, la tasa de errores de los resultados de Duplicados de Campo fue menor a 10%. En Exactitud el Sesgo fue menor a 10%. En Contaminación, la evaluación de la preparación de muestras con blancos gruesos fue menor a 5%. El efecto de la mejora del sistema de control y aseguramiento QA/QC en el análisis de muestras blast hole aumentará el nivel de confianza de los resultados de laboratorio. Como resultado final se propuso medidas oportunas para solucionar problemas identificados en el muestreo y análisis químico.

PALABRAS CLAVES: QA/QC, blast hole, contaminación, exactitud, precisión.

ABSTRACT

The main objective of this research is to ensure and control the QA/QC quality in the analysis of blast hole samples, in the company Pan American Silver – U.M. La Arena S.A, preventing and detecting errors in sampling, preparation processes, analysis and reporting of samples by the primary laboratory. The design used is of a non-experimental transectional exploratory type, since it is based on the chemical results of the samples obtained that were not manipulated, were obtained in a single moment and will serve to begin to know phenomena about a new problem. Quality Control charts for Blast hole Sampling Precision, Accuracy and Contamination were prepared, validated and analyzed. In this investigation, a total of 5,643 Blast hole samples were evaluated, of which 2,154 were field duplicates, which represents a randomly distributed insertion ratio of 10.52%, which is good and acceptable. In precision, the error rate of the results of Field Duplicates was less than 10%. In Accuracy, the Bias was less than 10%. In Contamination, the evaluation of the preparation of samples with thick blanks was less than 5%. The effect of the improvement of the QA/QC control and assurance system in the analysis of blast hole samples will increase the confidence level of the laboratory results. As a final result, timely measures were proposed to solve problems identified in the sampling and chemical analysis.

KEYWORDS: QA/QC, blast hole, contamination, accuracy, precision.

NOTA

El contenido de la investigación no se encuentra disponible en **acceso abierto**, por determinación de los propios autores amparados en el Texto Integrado del Reglamento RENATI, artículo 12.

REFERENCIAS

- Ancalle Quispe, F. J. (2020). Logueo geológico, muestreo y QA/QC en perforación diamantina, proyecto Puite-Colorada en el departamento Moquegua de la compañía minera Zahena S.A.C. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa ; Repositorio Institucional - UNSA.*
- Ancco Castillo, M. P. (2016). *Aseguramiento y control de la calidad del muestreo de canales - Mina Animón, Distrito de Huayllay, Provincia de Pasco, Departamento de Pasco.* Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa ; Repositorio Institucional - UNSA.
- Arias, J. (2020). *Técnicas e instrumentos de investigación Científica.* Arequipa: ENFOQUES CONSULTING EIRL.
- Ávila Indo, M. A. (2019). Desarrollo de guía de mejores practicas en estimación de recursos mineros para yacimiento tipo pórfido cuprífero en Chile. *Universidad de Chile: Repositorio académico.*
- AVR Consultores. (23 de 09 de 2022). *AVR Consultores.* Obtenido de AVR Consultores: <https://avrconsultores.cl/tipos-de-duplicados-en-el-control-de-calidad/>
- Buenaventura. (2016). *Manual de control de calidad.*
- Cabezón Gutiérrez, S. (2014). Control de Calidad en la Producción. *Universidad de Valladolid. Escuela de Ingenierías Industriales.*
- Cabrera Huatay, E. M. (2014). Estudio de la geoquímica del yacimiento Au-Cu La Arena, Huamachuco, La Libertad, Perú. *Universidad Nacional de Cajamarca, Repositorio UNC.*

- Canchaya, S. (2010). "QA/QC": ¿Realidad o fantasía? *Sociedad Geológica del Perú, Pub. Esp.* N° 9 , 1315-1318.
- Cano Gonzáles, O. E. (2017). *Geología y Geometalurgia del Pórfido La Arena (Cu, Au), La Libertad - Perú*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería; Repositorio UNI-Tesis.
- Ccama Huanco, M. L. (2017). Aplicación del QA/QC en el proceso geológico, para validar la estimación de recursos y reservas, de la unidad operativa Chungar. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa; Repositorio Institucional - UNSA*.
- Ccapa Cuti, D. (2019). Procesos de operación ore control en el yacimiento pórfido - skarn de la mina Antapaccay Compañía Glen Core - Cuzco, Perú. *Universidad Nacional San Agustín de Arequipa; Repositorio Institucional - UNSA*.
- Dulzaides, M., & Molina, A. (2004). Analisis documental y de información: dos componentes de un mismo proceso. *ACIMED*.
- Farfan Macias, L. (2021). Implementación de un programa de aseguramiento de la calidad y control de calidad (QA/QC) y graficas control en muestras puntuales provenientes de planta concentradora de cobre” en el laboratorio químico constancia-área absorción atómica. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa ; Repositorio Institucional - UNSA*.
- Geología de los Cuadrangulos de Cajamarca, S. M. (1980). Geología de los Cuadrangulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. *Intituto Geologico Minero y Metalurgico*, 26-30.
- Guerrero Sandoval, M. A. (2015). Aplicación del programa de aseguramiento y control de calidad QA/QC en el muestreo geológico de la mina subterranea Raurasa. *Universidad Nacional de Piura ; Repositorio Institucional - UNP*.

- Gutierrez Salinas, E. R. (2021). Control de calidad de muestreo de Blasthole litología y control del mineral del banco 3690, tajo Ferrobamba. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa - Repositorio UNSA*.
- Herrera, C. (2005). *Un modelo de cuaderno de campo para una excursión geográfica por la cuenca de los ríos Jarama y Henares*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- ISO 9001:2000. (2005). Sistema de Gestión de la Calidad. *Ministerio de Fomento*. Recuperado el julio de 2022, de https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/iso90012000.pdf
- Morales Osorio, L. (2018). Control de calidad CQC para el recrecimiento del repósito de relaves de la UEA Animón. *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*.
- Pan American Silver. (2022). *Informe detallado La Arena 2027*. La Arena: Unidad Minera La Arena.
- Polanco Martínez, J. M. (2012). Aplicación de técnicas estadísticas en el estudio de fenómenos ambientales y ecosistémicos. *Universidad del País Vasco*.
- Rojas Pilco, N. M. (2019). Implementación de programa de aseguramiento y control de calidad (QA/QC) para el muestreo de detritos en depósitos tipo pórfido de cobre [Tesis de Grado]. *Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann ; Repositorio Institucional - UNJBG*.
- Sánchez Salazar, E. D., & Sánchez Salazar, J. E. (2015). Implementación de un sistema de control de calidad QA/QC aplicado al análisis de muestras geológicas, para mejorar el nivel de confiabilidad de los resultados de laboratorio, en la empresa Anglo American-Quellaveco-2015. *Universidad Privada del Norte; Tesis digitales - UPNorte*.

- Simon, A. (2007). QA/QC insertion rate: is there and industry standard? The Association of Applied Geochemistry. *23rd International Applied Geochemistry Symposium (IAGS)*, 14-19.
- Simón, A. (2021). Aseguramiento y control de la calidad en la exploración geológica y minera. . *CIDES Corpotraining*.
- Tamayo, M. (2007). *El Proceso de la Investigación Científica* . Mexico: Limusa.
- Valencia Huacotto, A. J. (2020). Ore control y QA/QC en la explotación del cuerpo esperanza por el método sub LEVEL CAVING, Unidad Minera Yauricocha. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa ; Repositorio Institucional - UNSA*.
- Vélez Ríos, J. (2015). *Innovación al control de procesos de muestreo (QA/QC) que validan la estimación de recursos y reservas para el yacimiento epitermal de alta sulfuración en coimolache - Cajamarca, desde su etapa de prospección a mina de oro*. Cajamarca: CIA Minera Coimolache S.A. U.P. Tantahuatay. Obtenido de https://www.academia.edu/29175309/INNOVACION_AL_CONTROL_DE_PROCESOS_DE_MUESTREO_QA_QC_QUE_VALIDAN_LA_ESTIMACION_DE_RECURSOS_Y_RESERVAS_PARA_EL_YACIMIENTO_EPITERMAL_DE_ALTA_SULFURACION_EN_COIMOLACHE_CAJAMARCA_DESDE_SU_ETAPA_DE_PROSPECCION
- Vera, A. (18 de Septiembre de 2022). *Tipos de Investigación*. Obtenido de Tipos de Investigación: <https://sites.google.com/site/misitioweboswaldotomala2016/tipos-de-investigacion>

Zeballos Vega, C. A. (2019). Aseguramiento y control de la calidad del muestreo de Blastholes y análisis químico del laboratorio primario, Mina Constancia – fase de minado 1 Banco 4260. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/10211>