

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**T E S I S**

**Geología del proyecto Atalaya para la estimación de los recursos minerales,**

**Compañía Minera Santa Luisa S.A. 2023**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Geólogo**

**Autores:**

**Bach. Ulises Orlando FERNANDEZ CAMPOS**

**Bach. Cesar TUMIALAN ATENCIO**

**Asesor:**

**Mg. Javier LOPEZ ALVARADO**

**Cerro de Pasco – Perú - 2024**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**T E S I S**

**Geología del proyecto Atalaya para la estimación de los recursos minerales,**

**Compañía Minera Santa Luisa S.A. 2023**

**Sustentada y aprobada ante la comisión de Jurados:**

---

**Dr. José Fermin HINOJOSA DE LA SOTA**

**PRESIDENTE**

---

**Dr. Luis Villar REQUIS CARBAJAL**

**MIEMBRO**

---

**Dr. David Johnny CUYUBAMBA ZEVALLOS**

**MIEMBRO**



**Universidad Nacional Daniel Alcides  
Carrión Facultad de Ingeniería  
Unidad de Investigación**

**INFORME DE ORIGINALIDAD N° 101-2024-UNDAC/UIFI**

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**“Geología del proyecto Atalaya para la estimación de los recursos minerales, Compañía Minera Santa Luisa S.A. 2023”**

Apellidos y nombres de los tesistas:

**Bach. FERNANDEZ CAMPOS, Ulises Orlando**

**Bach. TUMIALAN ATENCIO, Cesar**

Apellidos y nombres del Asesor:

**Mg, LOPEZ ALVARADO, Javier**

Escuela de Formación Profesional

**Ingeniería Geológica**

Índice de Similitud

**28%**

**APROBADO**

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 4 de abril del 2024



Firmado digitalmente por MEJIA  
CACERES Reynaldo FAU  
20154605046 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 04.04.2024 12:56:17 -05:00

## **DEDICATORIA**

A nuestros padres por enseñarnos

a perseguir nuestros sueños y

a nuestros maestros por

educarnos

en nuestro camino.

.

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestros queridos padres,  
quienes son guía en nuestros  
caminos, y ser el motivo que  
nos impulsa a seguir  
luchando por nuestras metas.

## RESUMEN

Geología del proyecto atalaya, para la estimación de recursos minerales – Compañía Minera Santa Luisa S.A. El proyecto tiene como objetivo general determinar si la evaluación geología del Proyecto Atalaya es favorable para la estimación de los recursos minerales en la Compañía Minera Santa Luisa S.A. 2023.

La presente investigación analítica y correlacional cumple el propósito fundamental de resolver problemas tales cómo comprobar o desestimar los objetivos planteados. La Investigación Descriptiva, comprende la descripción de registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual de los datos.

El método que se ha seguido para la realización de la presente investigación fue como sigue:

Método deductivo: Análisis de los datos generales para llegar a una conclusión determinativa.

Método inductivo: Obtener la conclusión general a partir de los datos obtenidos y los antecedentes de la Compañía Minera Santa Luisa S.A, corroborando con los datos obtenidos en el trabajo de campo.

El resultado determino los controles geológicos del proyecto atalaya para la Compañía Minera Santa Luisa S.A. Con la estimación de los recursos minerales se incrementa las reservas. El potencial del yacimiento convierte al depósito mineralizado de gran interés, la principal concentración económica del proyecto Atalaya consiste en una combinación de minerales polimetálicos que incluyen zinc (Zn), plomo (Pb), plata (Ag) y cobre (Cu), acompañados de minerales no rentables como pirita, pirrotita, calcita y cuarzo. La tipología de los minerales puede categorizarse en distintos tipos, siendo el ore skarn el más predominante (aproximadamente el 80% del volumen), seguido por sulfuro masivo (alrededor del 10% del volumen), Ore pórfido alterado (cerca del 5% del

volumen), Shiroji (también cerca del 5% del volumen), y trazas de vetas Ag-CuPb-Zn y vetas Ag-Cu-Mn, siendo estas dos últimas de tamaño reducido y sujetas a dimensionamiento tras completar las campañas de exploración pendientes. Por lo tanto, la siguiente fase del proyecto implicará la realización de 30,000 metros de perforación con diamante.

Para el trabajo de campo en minera Santa Luisa se ha realizado la codificación de 02 zonas de mineral, asignando el código 25 para el cuerpo mineral en la Formación Jumasha y 45 para cuerpo mineral del skarn en la Formación Pariahuanca, mediante esta codificación se revisó la estadística descriptiva de los datos originales calculado por la empresa.

**Palabras claves:** Geología, proyecto Atalaya, recursos minerales, sondaje diamantino, yacimiento skarn.

## ABSTRACT

Geology of the Atalaya project, for the estimation of mineral resources – Compañía Minera Santa Luisa S.A. The general objective of the project is to determine if the geological evaluation of the Atalaya Project is favorable for the estimation of mineral resources in Compañía Minera Santa Luisa S.A. 2023.

The present analytical and correlational research fulfills the fundamental purpose of solving problems such as verifying or rejecting the stated objectives. Descriptive Research includes the description of registration, analysis and interpretation of the current nature of the data.

The method followed to carry out this research was as follows:

Deductive method: Analysis of general data to reach a decisive conclusion.

Inductive method: Obtain the general conclusion from the data obtained and the background of the Compañía Minera Santa Luisa S.A, corroborating with the data obtained in the field work.

The result determined the geological controls of the Atalaya project for Compañía Minera Santa Luisa S.A. With the estimation of the mineral resources, the reserves are increased. The potential of the deposit makes the mineralized deposit of great interest, the main economic concentration of the Atalaya project consists of a combination of polymetallic minerals including zinc (Zn), lead (Pb), silver (Ag) and copper (Cu), accompanied by unprofitable minerals such as pyrite, pyrrhotite, calcite and quartz. The mineral typology can be categorized into different types, with ore skarn being the most predominant (about 80% of the volume), followed by massive sulfide (about 10% of the volume), altered porphyry ore (about 5% of the volume), Shiroji (also about 5% of the volume), and trace Ag-CuPb-Zn veins and Ag-Cu-Mn veins, the latter two being small in size and subject to sizing upon completion of pending exploration campaigns. Therefore, the next phase of the project will involve 30,000 meters of diamond drilling.



For the field work at the Santa Luisa mine, the coding of 02 mineral zones has been carried out, assigning code 25 for the mineral body in the Jumasha Formation and 45 for the skarn mineral body in the Pariahuanca Formation. Through this coding, the descriptive statistics of the original data calculated by the company.

**Keywords:** Geology, Atalaya project, mineral resources, diamond drilling, skarn deposit.

## INTRODUCCION

La geología del proyecto Atalaya, para la estimación de recursos minerales, perteneciente a la Compañía Minera Santa Luisa S.A, se encuentra situada a una distancia de 451 kilómetros al noreste de la ciudad de Lima, en el departamento de Ancash, específicamente en la provincia de Bolognesi, distrito de Huallanca. Su topografía es diversa, caracterizada por pendientes suaves en las áreas más bajas y abruptas en la región de la cordillera Chaupijanca, con altitudes que oscilan entre los 3800 y 5175 metros sobre el nivel del mar. El clima que predomina en la zona es típicamente de puna.

### Principio del formulario

El proyecto se encuentra actualmente en una fase intermedia de exploración, habiéndose realizado un total de 81 perforaciones con diamante (equivalentes a 25,840.90 metros) en el sector este del yacimiento (Minas Punta). De estos 81 sondeos, únicamente 49 han sido considerados en la evaluación de los recursos minerales llevada a cabo por la Compañía Minera Santa Luisa.

Para el proyecto Atalaya, una vez se ha calculado el recurso minero, incluido el inferido, se desarrolla un plan minero que abarca la ubicación de la planta concentradora, el periodo de operación de esta última, así como diversas instalaciones clave en diferentes altitudes y ubicaciones dentro del área del proyecto. Estas incluyen la planta concentradora en la parte alta entre las quebradas tributarias a la quebrada Manuherrero a una altitud de 4537 metros, la entrada de la mina a una altitud de 4500 metros en la ladera de la quebrada del mismo nombre, la ubicación de la escombrera en la parte baja de la quebrada, una entrada de servicios a una altitud de 4520 metros en la parte alta de la carretera de acceso al campamento e instalaciones, una entrada de ventilación a una altitud de 4540 metros y una entrada de drenaje al sureste de la

mina, en la ladera de la quebrada tributaria a la quebrada principal de Casacancha a una altitud de 4315 metros.

La inversión que requiere el proyecto ordenado por sectores, sin considerar la contingencia corresponde a: Mina US\$ 26 687 743, a la planta concentradora US\$ 45 518 918, a los servicios generales US\$ 37 549 774, a la construcción de la presa de relaves y su recrecimiento US\$ 39 748 438.

Bajo estas circunstancias, la viabilidad económica del proyecto se encuentra ligeramente por debajo del punto de equilibrio en el escenario base (considerando únicamente las reservas probadas y probables). No obstante, el estudio realizado ha destacado el considerable potencial del depósito y su geometría favorable para la aplicación de métodos de explotación masiva altamente mecanizados y de bajo costo.

La información obtenida en el terreno durante la fase de exploración, junto con la interpretación geológica, se combinan para garantizar un control efectivo de las leyes minerales, lo que, a través de técnicas estadísticas, nos proporcionará una estimación de recursos y reservas confiable.

Existen diversas metodologías para estimar los recursos de un depósito, cada una con sus propios principios y técnicas. Para realizar la estimación de los recursos minerales, emplearemos la herramienta interactiva de planificación Minesight para generar un informe completo del contenido mineral.

El Presente Trabajo de Investigación fue desarrollando en cuatro capítulos como se detalla a continuación:

Capítulo I. Problema de Investigación: Identificación y determinación del problema.

Capítulo II. Marco Teórico: Los antecedentes y las bases teóricas y científicas.

Capitulo III. Metodología y Técnicas de la Investigación: Tipo y nivel de investigación.

Capitulo IV. Resultados y Discusión: Trabajo de campo, análisis y resultados.

## **INDICE**

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**RESUMEN**

**ABSTRACT**

**INTRODUCCION**

**INDICE**

**ÍNDICE DE ILUSTRACIONES**

**ÍNDICE DE TABLAS**

### **CAPITULO I**

#### **PROBLEMA DE INVESTIGACION**

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la Investigación.....	2
1.2.1. Ubicación y Accesibilidad.....	2
1.3. Formulación del Problema .....	4
1.3.1. Problema general .....	4
1.3.2. Problemas Específicos .....	4
1.4. Formulación de Objetivos .....	4
1.4.1. Objetivo general .....	4
1.4.2. Objetivos Específicos .....	4
1.5. Justificación de la Investigación .....	5
1.6. Limitaciones de la Investigación.....	5

### **CAPITULO II**

#### **MARCO TEORICO**

2.1. Antecedentes de estudio.....	7
-----------------------------------	---

2.2.	Bases Teóricas - Científicas.....	17
2.2.1.	Recursos Minerales .....	17
2.2.2.	Tipos de minería .....	21
2.2.3.	Yacimientos tipo skarn.....	22
2.3.	Definición de términos básicos .....	30
2.4.	Formulación de Hipótesis .....	33
2.4.1.	Hipótesis general .....	33
2.4.2.	Hipótesis Específicos.....	33
2.5.	Identificación de las Variables .....	34
2.5.1.	Variable Independiente:.....	34
2.5.2.	Variable Dependiente: .....	34
2.5.3.	Variable Interviniente:.....	34
2.6.	Definición Operacional de Variables e Indicadores .....	35

### **CAPITULO III**

#### **METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVSTIGACION**

3.1.	Tipo de Investigación.....	36
3.2.	Nivel de investigación.....	36
3.3.	Métodos de la Investigación. ....	36
3.4.	Diseño de la Investigación .....	37
3.5.	Población y Muestras .....	37
3.5.1.	Población .....	37
3.5.2.	Muestra .....	37
3.6.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos .....	38
3.6.1.	Técnicas .....	38
3.6.2.	Instrumentos. ....	38

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos. ....	38
3.8. Tratamiento Estadístico.....	39
3.9. Orientación ética filosófica y epistémica .....	39

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Descripción del trabajo de campo .....	40
4.1.1. Geología Regional .....	40
4.1.2. Geología Local .....	44
4.1.3. Geología Estructural .....	47
4.1.4. Geología Económica .....	48
4.1.5. Alteraciones .....	50
4.1.6. Zoneamiento .....	51
4.2. Presentación, Análisis e Interpretación de Resultados.....	53
4.2.1. Base de Datos .....	53
4.2.2. Gravedad Específica .....	55
4.2.3. Topografía .....	56
4.2.4. Revisión y Validación de Recursos Minerales.....	56
4.2.5. Modelo Geológico .....	58
4.2.6. Parámetros del Modelo de Bloques .....	61
4.2.7. Estadística Descriptiva de Datos Originales.....	61
4.2.8. Gráficos Estadísticos de los Datos Originales.....	62
4.2.9. Compósito.....	64
4.2.10. Estadística Descriptiva de los Datos Compositados.....	65
4.2.11. Gráficos Estadísticos de los Datos Compositados.....	66
4.2.12. Valores Capping del Cuerpo Mineral.....	68

4.2.13. Correlación de Metal .....	68
4.2.14. Variografía.....	70
4.3. Prueba de Hipótesis.....	71
4.4. Discusión de Resultados .....	72
4.1.1. Discusión del Plan de Estimación de los Recursos Minerales .....	72
4.4.1. Discretización del Bloque.....	75
4.4.2. Encapsulamiento de Valores Superiores al Capping.....	76
4.4.3. Resultados del Modelo de Bloques .....	76
4.4.4. Validación de los Resultados de la Estimación de Recursos Minerales	77
4.4.5. Validación de los Sesgos Globales.....	79
4.4.6. Clasificación de Recursos Minerales.....	87
4.4.7. Estimación de los Recursos Minerales .....	89
4.4.8. Medido.....	90
4.4.9. Indicado .....	91
4.4.10. Inferido: .....	91
4.4.11. Resultados de la estimación de la Formación skarn Pariahuanca: .....	91
4.4.12. Resultados de la estimación de la Formación Jumasha:.....	92

## **CONCLUSIONES**

## **RECOMENDACIONES**

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Plano de Ubicación del Proyecto Atalaya .....	3
Ilustración 2. Pirita .....	19
Ilustración 3. Skarn de grosularia, Concepción del Oro, Zacatecas MEXICO. ....	23
Ilustración 4. Lista de Minerales Skarn .....	24
Ilustración 5. Forma del depósito tipo Skarn.....	25
Ilustración 6. Mármol .....	26
Ilustración 7. Esquema de endoskarn y exoskarn.....	26
Ilustración 8. Depósitos tipo skarn de Fe, hierro, cobre y oro, y tipo manto Cu-(Ag) en la cordillera de los Andes del sureste de la Provincia de Mendoza (34°–36°S), Argentina. ....	27
Ilustración 9. Esquema de endo y exoskarn. ....	28
Ilustración 10. Mapa Geológico Regional.....	43
Ilustración 11. Plano Geológico Local .....	47
Ilustración 12. Estructura de la Mineralización: Jumasha - Pariahuanca.....	49
Ilustración 13. Control Litológico .....	50
Ilustración 14. Zoneamiento Mineralizado Jumasha.....	52
Ilustración 15. Zoneamiento Mineralizado Pariahuanca .....	53
Ilustración 16. Plano de Distribución de Sondajes.....	56
Ilustración 17. Flujograma de Revisión y Validación - Estimación de Recursos Minerales. ....	57
Ilustración 18. Modelo Litológico.....	59
Ilustración 19. Modelo Mineralizado – Vista Planta.....	60
<b>Ilustración 20. Modelo Mineralizado – Vista Longitudinal .....</b>	<b>61</b>
Ilustración 21. Histograma de los Datos Originales .....	63
Ilustración 22. Curvas de Probabilidad de los Datos Originales .....	64

Ilustración 23. Histograma de Longitud de Muestreo .....	65
Ilustración 24. Histograma de los Datos Compositados.....	66
Ilustración 25. Curva de Probabilidad de los Datos Compositados .....	67
Ilustración 26. Correlación de Elementos – Jumasha.....	69
Ilustración 27. Correlación Elementos – Pariahuanca (Skarn).....	70
Ilustración 28. Orientación Elipsoide de Búsqueda – Jumasha.....	74
Ilustración 29. Orientación Elipsoide de Búsqueda – Pariahuanca (Skarn).....	74
Ilustración 30. Vista Tridimensional del Resultado del Modelo de Bloques .....	76
Ilustración 31. Distribución Líneas de Sección Transversal .....	78
Ilustración 32. Histograma de Diferencias Recurso Medido + Indicado .....	81
Ilustración 33. Swath Plot Dirección E – W : Pariahuanca.....	82
Ilustración 34. Swath Plot Dirección N – S: Pariahuanca .....	83
Ilustración 35. Swath Plot Dirección Elevación: Pariahuanca .....	84
Ilustración 36. Swath Plot Dirección E – W: Jumasha.....	85
Ilustración 37. Swath Plot Dirección N – S : Jumasha.....	86
Ilustración 38. Swath Plot Dirección Elevación: Jumasha.....	87
Ilustración 39. Distribución de Recursos Minerales Proyecto Atalaya.....	89

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de Variables.....	35
Tabla 2. Sondajes para la Estimación de Recursos Minerales .....	54
Tabla 3. Campos de los Registros de las Tablas .....	55
Tabla 4. Reporte Recurso Minerales – Proyecto Atalaya.....	58
Tabla 5. Parámetros del Modelo de Bloques.....	61
Tabla 6. Estadística Descriptiva de los Datos Originales.....	62
Tabla 7. Estadística Descriptiva de los Datos Compositados.....	65
Tabla 8. Valores Límite de los Altos Erráticos .....	68
Tabla 9. Correlación de Elementos – Jumasha.....	69
Tabla 10. Correlación de Elementos – Pariahuanca (Skarn).....	70
Tabla 11. Parámetros Variográficos .....	71
Tabla 12. Campos Modelo de Bloques.....	72
Tabla 13. Parámetros del Plan de Estimación .....	73
Tabla 14. Estadística Descriptiva del Modelo de Bloques.....	79
Tabla 15. Parámetros de Clasificación de Recursos Minerales.....	88
Tabla 16. Recursos Minerales Proyecto Atalaya.....	90
Tabla 17. Recursos Minerales Pariahuanca.....	91
Tabla 18. Recursos Minerales Jumasha.....	92

## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACION**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

En la actualidad la Compañía Minera Santa Luisa S.A., empresa competitiva en el rubro de la minería, requiere efectuar la geología del Proyecto Atalaya, lo cual conllevara a determinar los recursos naturales que se tiene en el área de Huallanca. Por lo que viene realizando ampliaciones en sus diferentes áreas del denuncia para incrementar su producción, se consideró viable efectuar la prospección del Proyecto Huallanca, con la intención de determinar la rentabilidad del mencionado proyecto a fin de incrementar sus reservas por lo que se estableció efectuar la estimación de los recursos minerales del Proyecto Huallanca, mediante sondajes diamantinos y otras técnicas que ayuden a identificar estos recursos.

En la actualidad, el proyecto se encuentra en una fase intermedia de exploración, habiéndose realizado un total de 81 perforaciones con diamante que suman 25,840.90 metros en el lado este del yacimiento (Minas Punta). De estas

81 perforaciones, únicamente 49 han sido consideradas en la estimación de recursos minerales llevada a cabo por la Compañía Minera Santa Luisa.

Los recursos de la empresa se encuentran limitada hasta terminar con la prospección mediante sondajes diamantinos en todo el denuncio, la duración de los recursos todavía no fue estimada en su totalidad, pero se estima que los recursos naturales del denuncio son abundantes y se tiene recursos para muchos años.

La concentración económica de minerales se localiza principalmente en el skarn de las formaciones Pariahuanca y Jumasha, donde se forman cuerpos semimasivos de sulfuros. Desde el punto de vista estructural, la región se caracteriza por una intensa deformación y plegamiento, con una orientación estructural predominante NW-SE que ha generado la presencia de anticlinales y sinclinales debido a la actividad tectónica y la intrusión de rocas. Desde una perspectiva metalogenética, el Yacimiento de Huallanca se encuentra dentro de la franja de skarn de Pb-Zn-Cu-Ag.

## **1.2. Delimitación de la Investigación**

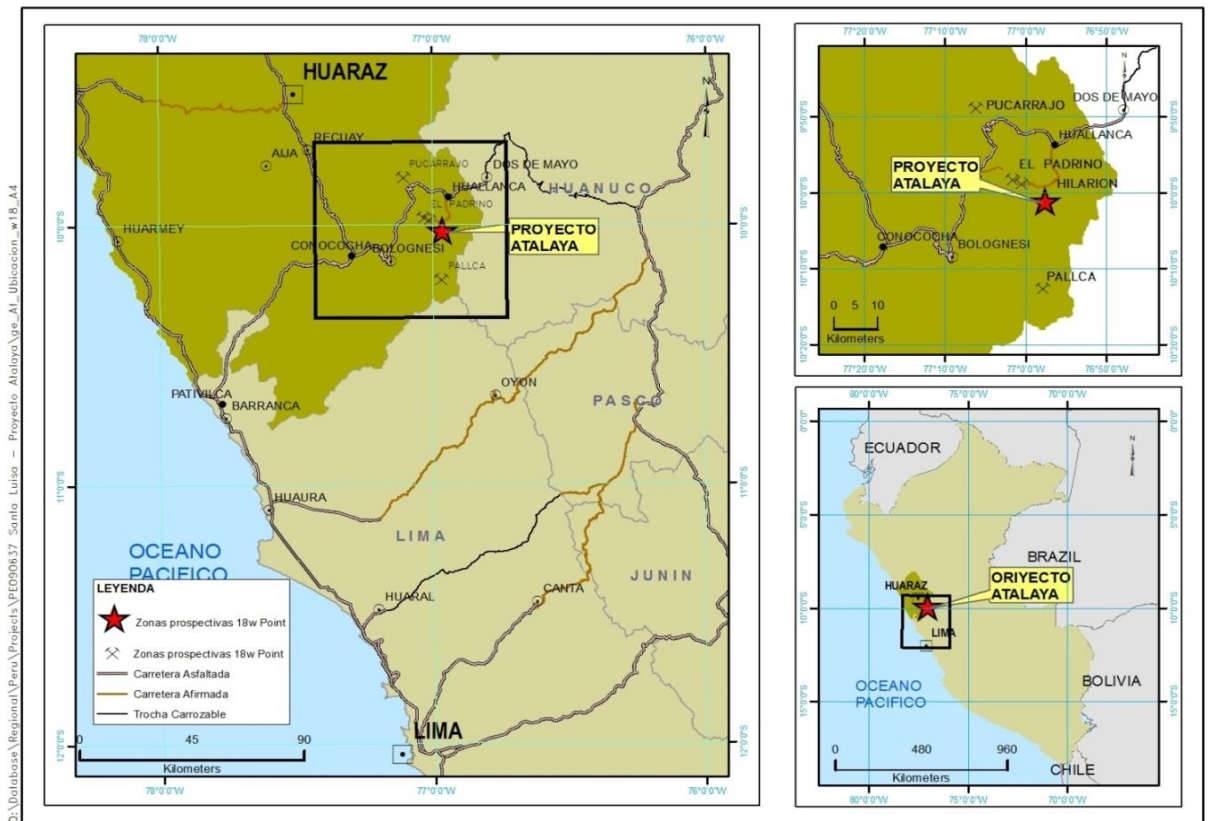
### **1.2.1. Ubicación y Accesibilidad.**

El proyecto Atalaya está situado aproximadamente a 451 kilómetros al noreste de la ciudad de Lima, en el Distrito de Huallanca, Provincia de Bolognesi, Departamento de Ancash. Sus coordenadas son 8 889 121 N y 282 628 E, y se encuentra entre una altitud de 3800 y 5175 metros sobre el nivel del mar en los terrenos de la Comunidad Campesina de Chiuruco. El acceso a Atalaya se logra utilizando la carretera panamericana norte Lima-Pativilca, luego tomando la ruta hacia Conococha y después el desvío hacia Antamina que lleva al distrito de Huallanca. Desde allí, se llega al Kilómetro 18 del camino hacia Pallca y

finalmente se toma un camino de 4 kilómetros que conduce al área del proyecto Atalaya.

Desde una perspectiva geográfica, el proyecto Atalaya se encuentra localizado en la parte alta del río Vizcarra, un tributario del río Marañón. Se sitúa en una planicie que está a una altitud de aproximadamente 4200 metros sobre el nivel del mar, rodeada por pequeños valles delimitados por los cerros Batea, Pan de Azúcar, Runa Huañushca, Ayarnioc, y la cordillera Chaupi Janca Shicra, cuyas altitudes alcanzan hasta los 5175 metros sobre el nivel del mar.

*Ilustración 1.*  
*Plano de Ubicación del Proyecto Atalaya*



*Fuente: Cía. Minera Santa Luisa.*

### **1.3. Formulación del Problema**

#### **1.3.1. Problema general**

¿En qué medida la evaluación geológica del Proyecto Atalaya, es favorable para la Estimación de los recursos minerales de la Compañía Minera Santa Luisa S.A.?

#### **1.3.2. Problemas Específicos**

- a) ¿Cómo interpretar la geología del Proyecto Atalaya, para determinar los controles geológicos del proyecto en la Compañía Minera Santa Luisa S.A.?
- b) ¿Cómo la delimitación de la geología del Proyecto Atalaya permitirá el incremento de las reservas de la Compañía Minera Santa Luisa S.A.?

### **1.4. Formulación de Objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar si la evaluación geológica del Proyecto Atalaya es favorable para la estimación de los recursos minerales en la Compañía Minera Santa Luisa S.A.

#### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- a) Interpretar la geología del Proyecto Atalaya, para determinar los controles geológicos del proyecto en la Compañía Minera Santa Luisa S.A.
- b) Analizar la geología del Proyecto Atalaya para estimar las reservas de la Compañía Minera Santa Luisa S.A.

### **1.5. Justificación de la Investigación**

El objetivo de esta tesis es realizar una estimación de recursos y reservas con el fin de determinar la viabilidad de llevar a cabo la exploración del proyecto Atalaya. El propósito de este estudio es evaluar y demostrar el potencial de la mineralización económica, lo que justificará la realización de estudios geológicos más exhaustivos en el futuro para agregar valor al prospecto.

El proyecto actualmente se encuentra en etapa intermedia de prospección-exploración geológico, habiéndose perforado 25840.90 mts de sondaje diamantina en el lado este del stock (Minas Punta), en 81 sondajes, de los cuales 49, han intervenido en la estimación de recursos minerales realizado por Compañía Minera Santa Luisa.

Para verificar y validar la estimación de recursos minerales del proyecto Atalaya, la empresa proporcionó la información requerida, que incluye la base de datos de las perforaciones realizadas, el modelo geológico y el modelo de bloques. Esta información se entregó en formatos de archivo Excel y MinesSight, lo que facilitará el desarrollo adecuado del presente proyecto.

Así mismo la ejecución del presente proyecto conllevará a su presentación para la obtención del título profesional de Ingeniero Geólogo.

### **1.6. Limitaciones de la Investigación**

El proyecto está limitado en su estudio con referencia a la Cía. Minera Santa Luisa, en el área que corresponde al proyecto, convenientemente para cumplir con lo proyectado en base a los antecedentes obtenidos sobre el yacimiento, para obtener las reservas requeridas y efectuar una adecuada estimación.



Cabe resaltar las limitaciones que se tuvieron en la ejecución del proyecto fueron el acceso limitado para las plataformas de perforación.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

##### **a) Antecedentes internacionales**

- **(Naranjo O., 2017)**, de la Universidad de Chile – Santiago de Chile, presenta su tesis “Modelamiento Geológico y Estimación de Recursos, Yacimiento La Niña, Tongoy, Cementos Melón Sa.”, Este estudio presenta los resultados del modelado geológico y la estimación de recursos de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) en el depósito de La Niña, situado en Tongoy, Región de Coquimbo, y operado por la empresa Cementos Melón SA. Además, este trabajo abarca la evaluación de las concentraciones de cloro (Cl) dentro del depósito, ya que niveles elevados de cloro ( $>0.025\%$ ) pueden ser perjudiciales para los procesos de fabricación de cemento.
- **Picheira, R.(2019)**, Universidad de Concepción Chile, presenta su tesis “Evaluación de metodología para estimación de recursos tipo grade control con el software minero Minesight”, ste estudio se centra en la

evaluación de una metodología para desarrollar un modelo de estimación de recursos de tipo control de grado utilizando un modelo geológico preexistente en Minesight. Esto se logra utilizando una Base de Datos (BD) teórica derivada de mapeos de perforaciones tanto superficiales como subterráneas, que incluyen leyes y litologías de secuencias volcanosedimentarias e intrusivas. Antes de utilizar esta BD teórica, se lleva a cabo una corrección y validación previa. El modelo se basa en la mineralización productiva, como mármol y calizas fosilíferas, así como en el modelo geológico existente, que agrupa estratos en unidades y considera fallas como canales de mineralización, vetas y saltos entre bloques. La estimación de recursos se realiza utilizando métodos de control de grado (medidos, indicados e inferidos), y se evalúa la metodología en un entorno de laboratorio, especialmente en el contexto de la pequeña y mediana minería, comparando sus ventajas con el modelado dinámico-implícito.

- **Lara, R. (2020)**, Universidad de Concepción Chile, presenta su tesis “Estimación de recursos minerales en dominios geo metalúrgicos” menciona que La estimación de recursos minerales es una fase crítica en la evaluación de la viabilidad de un proyecto minero. Durante esta etapa, se lleva a cabo la descripción, el análisis y la clasificación de los recursos presentes en el yacimiento bajo examen. Por lo tanto, una metodología de análisis sólida puede influir significativamente en la viabilidad del depósito. Los dominios geometalúrgicos representan áreas dentro del yacimiento que exhiben características distintivas, lo que permite su identificación y diferenciación. Estas características posibilitan la

estimación mediante algoritmos determinísticos, como el inverso de la distancia, o métodos geoestadísticos, como varias formas de kriging, utilizando información de vecindades con similitud limitada para mejorar la calidad de las estimaciones.

Por lo tanto, este estudio compara las estimaciones realizadas en un depósito polimetálico utilizando dominios geometalúrgicos con aquellas sin su aplicación. El enfoque metodológico consta de dos casos de estudio. El primero, denominado caso simulado, implica la creación de 100 depósitos previamente divididos en dominios geometalúrgicos, donde las variables son simuladas dentro de estos dominios. Luego, se realiza la estimación dentro de dichos dominios y sobre la base completa utilizando información de perforaciones, comparando los resultados con la base de datos original. El segundo caso, denominado caso real, implica la estimación del modelo de bloques de un yacimiento polimetálico utilizando los mismos algoritmos y escenarios. En ambos casos, se lleva a cabo una clasificación de recursos y un análisis económico.

Los resultados muestran que la estimación a través de dominios geometalúrgicos es superior en el caso simulado el 99% de las veces. Además, se observa una disminución promedio en el RMSE (error cuadrático medio) para el cobre del 10.8%, 10.4% y 10.4% para los algoritmos de inverso de la distancia, kriging ordinario y co-kriging ordinario, respectivamente. Para el oro, se registra una disminución del 7.6% para los algoritmos de kriging y del 8.1% para el inverso de la distancia. Además, la precisión en la estimación del tipo de roca aumentó en un 5.2% para el inverso de la distancia y en un 4.7% para el co-kriging

indicador y el co-kriging ordinario. Por último, debido a la menor varianza de kriging, la clasificación de recursos tiende a generar bloques con una incertidumbre reducida, lo que proporciona estimaciones del beneficio económico más confiables.

- **Mella, P. (2020)**, Universidad de Concepción Chile, presenta su tesis “Estimación Polimetálica empleando Técnicas de Inteligencia Computacional” menciona que La estimación de recursos minerales es un paso crucial en las fases posteriores de un proyecto minero, como el diseño y la planificación, ya que una estimación deficiente puede resultar en pérdidas monetarias significativas. Aunque las técnicas geoestadísticas tradicionales, como el Kriging y sus variantes, son ampliamente utilizadas en la industria minera, su eficacia puede disminuir en yacimientos con comportamientos geológicos complejos. Los avances recientes en técnicas de Inteligencia Computacional han suscitado un interés creciente, lo que ha llevado a una serie de investigaciones sobre la estimación de leyes minerales. Por esta razón, se propone utilizar algoritmos como Redes Neuronales Artificiales, Árboles de Regresión y Support Vector Regression para compararlos con el método tradicional de Cokriging Ordinario en situaciones donde exista baja correlación espacial, escasa información de los datos y una alta correlación entre variables.

La metodología propuesta consta de dos casos de estudio: uno simulado y uno real. En el caso simulado, se generan cien simulaciones gaussianas de tres variables continuas pertenecientes a un yacimiento, dividiendo cada conjunto de datos en uno para entrenar los algoritmos y otro para

validarlos. El segundo caso implica un yacimiento real con dos variables continuas, oro y cobre, y cuatro dominios geometalúrgicos, donde se extienden en un modelo de bloques para realizar la estimación de manera independiente.

Los resultados obtenidos, tanto en el caso simulado como en el real, indican que el método Support Vector Regression reduce el error de estimación en comparación con el método tradicional en aproximadamente un 7% en los casos simulados y un 8% en el caso real. Además, este método, junto con los Árboles de Regresión, parecen ser más conservadores en sus estimaciones.

**b) Antecedentes nacionales.**

- **Cutti, G. (2013)** de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Menciona que Históricamente, que el yacimiento de Huanzalá ubicada en el Distrito de Huallanca Provincia de Bolognesi Departamento de Ancash es conocido desde 1925. En 1961 se hace cargo del yacimiento MITSUI MINING SMELTING CO. En mayo de 1964 la Cia. Minera Santa Luisa S.A se realizaron exploraciones en el yacimiento, que consistió en mapeos geológicos detallados en superficie. perforaciones diamand-drill y construcción de túneles. De las observaciones macroscópicas del zoneamiento y análisis microscópico, se consideró que la secuencia del emplazamiento de la mineralización es como sigue:

Formación de los cuerpos de pirita ( $\text{FeS}_2$ ) de gran magnitud y formaciones del skarn, cuyos contornos se emplazó posteriormente la mineralización del zinc y plomo. Posteriormente la mineralización de

esfalerita( $ZnS$ ) roja que incluyo fierro; todo dentro del cuerpo de pirita( $FeS_2$ ) y skarn, después se inició la deposición de la galena( $PbS$ ) y la calcopirita( $Cu_2FeS_2$ ) e inicio de la mineralización de la plata( $Ag$ ). Para luego darse el inicio de la alteración tipo shiroji con la cristalización de la esfalerita ( $ZnS$ ) negra con poco contenido de fierro, luego de esta alteración se produjo la segunda mineralización de cobre ( $Cu$ ) y cambio la bornita ( $Cu_2FeS_4$ )-calcocita ( $Cu_2S$ ) a tennantita. ( $Cu_{12}As_4S_{13}$ ) El tipo shiroji se puede considerar como producto de la alteración de minerales piritosos y minerales en skarn, el cual es observado en el microscopio. sobre la mineralización de plata ( $Ag$ ), inicialmente se depositaron minerales de plomo ( $Pb$ ) - bismuto ( $Bi$ ) que contienen plata ( $Ag$ ); seguidamente cristalizó la galena ( $PbS$ ) argentífera, luego en la última etapa de mineralización de cobre ( $Cu$ ), cristalizó la tennantita ( $Cu_{12}As_4S_{13}$ ).

En abril de 1968 entra en operación la mina Huanzalá explotándose  $Pb$ ,  $Zn$ ,  $Cu$  Y  $Ag$  con una producción de 500 Ton/día.

- **Yana, R** .(2014) Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, desarrolla su tesis “Planeamiento de minado a mediano y largo plazo empresa minera Santa Luisa s.a. proyecto mina Atalaya” Menciona que hoy en día En el ámbito minero, la mejora de la rentabilidad es fundamental para el éxito del negocio, y la planificación estratégica ha demostrado ser una herramienta poderosa que proporciona altos rendimientos a largo plazo para las empresas mineras. Este trabajo de investigación se centra en el

planeamiento a mediano y largo plazo en el proyecto minero Atalaya, utilizando el software especializado Minesight en todo el proceso.

Para este trabajo, se utilizó la topografía del yacimiento y los datos de 58 taladros, los cuales se encuentran contenidos en tablas como la tabla collar (que contiene la ubicación y longitud de los taladros), la tabla survey (con la dirección de los taladros en el espacio) y la tabla Assay (que contiene las leyes de Zinc, Cobre y Plomo). Estas tablas se convierten a un formato ASCII para su importación, validación y visualización en 3D en el software.

Posteriormente, se realiza un modelado geológico de los recursos del yacimiento polimetálico, considerando minerales como la Esfalerita, Galena y calcopirita, y los taladros se compositan a una altura de banco de 15 metros. Se utiliza el método del inverso de la distancia al cuadrado con variografías adicionales para crear un modelo de bloques, codificando los bloques según su confiabilidad en medido, indicado e inferido.

El modelo de bloques se valora según los precios de los metales en el mercado internacional, y se calcula la ley de corte para el Zinc. Luego, se lleva a cabo el planeamiento de minado a largo plazo utilizando el paquete de planeamiento interactivo Minesight Interactive Planner para determinar la vida económica del tajo y los límites óptimos del tajo final. Se realiza un análisis de sensibilidad de precios y se obtienen las fases de minado totalmente diseñadas con la ayuda de la herramienta de Pit expansión. Luego, se utiliza la herramienta de planeamiento interactivo



del Minesight para calcular la estimación de recursos minerales y generar un reporte del total de mineral y desmonte del sólido total.

Los resultados obtenidos muestran un total de 134,820,000 toneladas de mineral valorizado en aproximadamente 3,000 millones de dólares americanos, con un periodo de vida de aproximadamente 13 años y leyes promedio de 1.33% de Zinc, 0.28% de Plomo y 0.05% de Cobre. Además, se identifica la ubicación estratégica del botadero y se establece la ubicación de la planta concentradora con la capacidad de tratamiento establecida.

Finalmente, se lleva a cabo el planeamiento a mediano plazo mediante el cálculo del tonelaje por fase, año y banco, con el objetivo de generar la mayor cantidad de ganancias para la compañía y cumplir con la estrategia establecida en el planeamiento a largo plazo.

- **Mamani, P. (2016)**, de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, desarrolla su tesis “Estudio Geológico y Análisis Estructural de la Veta el Cofre - Provincia de Lampa, Departamento de Puno”; Se trata de una metodología de trabajo para establecer un control litológico-estructural dentro de la mina e investigar el comportamiento de la estructura conocida como "El Cofre". La geología en la zona de la mina consiste en rocas volcánicas del Grupo Tacaza del Neógeno Oligo-Mioceno, que incluyen derrames andesíticos, así como la Formación Palca del Mioceno Inferior, compuesta por rocas piroclásticas y depósitos cuaternarios pleistocénicos y recientes.

El yacimiento exhibe características particulares, con la mineralización como factor principal. Se presenta una falla regional de tipo dextral-

normal con un comportamiento estructural y mineralógico de rumbo promedio N 5° - 18° S y un buzamiento de alto ángulo. Además, se observan fallas locales con rumbo NE-SW en niveles superiores. La principal producción en la mina El Cofre es de oro y plata, correspondiendo al tipo de yacimiento polimetálico epigenético cordillerano de relleno de fisuras.

La mineralización económica es de tipo epitermal de baja sulfuración, específicamente del tipo adularia-sericita, con presencia de minerales argentíferos y valores de zinc, plomo y cobre en ciertos sectores. Se compone principalmente de sulfuros (vetas, brechas, disseminaciones) y en menor proporción de minerales oxidados (diseminados y brechas).

Las estructuras tectónicas en la zona muestran una variedad de formas y orígenes, incluyendo líneas de Charnela o líneas de máxima curvatura del pliegue, lineaciones minerales y estrías de fallas. Se pueden identificar huellas de deformación permanente como tectoglifos y juntas o estilolitos, que son marcas impresas en la roca como resultado de eventos tectónicos.

- **Murrillo, H (2019)** Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, desarrolla su tesis “Incremento de producción de 1700 tm a 2000 tm para el plan de minado 2019 en UEA huanzala Compañía Minera Santa Luisa S.A” Evalúa que en la Compañía Minera Santa Luisa S.A.; Es una empresa de tamaño mediano en la industria minera que se enfoca en la producción de concentrados de zinc, plomo y cobre. Sus exportaciones de zinc están dirigidas principalmente hacia Japón. Las reservas probadas y probables en las vetas 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 permiten a la

Compañía Minera Santa Luisa S.A. continuar con sus actividades de exploración y explotación de recursos minerales. Estos recursos minerales son transportados para su procesamiento en la Planta de Beneficio de la Unidad Minera Huanzalá, la cual opera con una capacidad instalada de 2000 toneladas métricas diarias.

- **Valenzuela, G. (2020)**, de la Universidad Continental, desarrolla su tesis “Evaluación geológica para el cálculo de reservas y estimación de recursos minerales del prospecto minero Chaupiloma”. La presente tesis evalúa geológicamente el prospecto minero Chaupiloma en el 2007, para determinar si es factible o no para continuar con su explotación. Asimismo, el método de la investigación utilizado fue el método deductivo y analítico. En tanto, el tipo de investigación es la aplicada o tecnológica, que es la utilización de los conocimientos en la práctica. Además, el nivel de investigación es descriptivo, también conocido como investigación estadística, pues se describen los datos y características de la población o fenómeno en estudio. Este nivel de Investigación responde a las preguntas: ¿qué, ¿quién, ¿dónde, ¿cuándo y cómo? De la misma manera, el diseño de la investigación es descriptivo, porque se plantean a manera de objetivos. Para esto se dividió el trabajo en capítulos. El capítulo I trata todo lo relacionado al planteamiento del estudio. A su vez, el capítulo II alude el marco teórico. Mientras que el capítulo III menciona la metodología de la investigación. Finalmente, en el capítulo IV se presenta el análisis e interpretación de resultados.

## **2.2. Bases Teóricas - Científicas.**

### **2.2.1. Recursos Minerales**

Los recursos minerales tanto metálicos como no metálicos, su importancia y origen. Además, tipos de minería.



Fuente: <https://concepto.de/recursos-minerales/>

#### **2.2.1.1. ¿Qué son los recursos minerales?**

Los recursos minerales, también conocidos como recursos mineros, son sustancias y compuestos de origen geológico presentes en la corteza terrestre que pueden utilizarse como materia prima en una variedad de procesos industriales. Estos materiales pueden variar ampliamente en su composición, pero comparten un método común de extracción: la minería.

La minería es una actividad humana antigua que implica la búsqueda y extracción de recursos minerales valiosos debajo de la superficie terrestre. Esto se logra a través de la excavación y la apertura de túneles o canteras para separar los elementos buscados de la masa terrestre.

A lo largo de la historia, ha habido períodos de fiebre minera en diferentes partes del mundo, como la "fiebre del oro" en Estados Unidos o la extracción masiva de cobre en Europa y Asia durante la Edad de los Metales en la Prehistoria.

Los recursos minerales se pueden clasificar en dos tipos, como veremos más adelante: metálicos y no metálicos, según los tipos de átomos que los componen. En ambos casos, se los conoce como menas, que son fuentes de los elementos que los componen.

#### **2.2.1.2. Origen de los recursos minerales**

Los recursos minerales generalmente tienen su origen en procesos geológicos, lo que significa que se forman a partir de los cambios graduales y extremos que experimentan diversas rocas en las capas de la tierra, sometidas a condiciones de presión y temperatura extremas.

No obstante, hay recursos que son tan antiguos como el propio planeta y que han experimentado cambios en su presentación a lo largo de milenios. Por ejemplo, se sabe que el núcleo de la Tierra está compuesto principalmente de hierro y níquel, pero en las capas externas se pueden encontrar una amplia variedad de elementos químicos formando diferentes tipos de minerales.

#### **2.2.1.3. Recursos minerales metálicos**

Como su nombre lo indica, este primer tipo de recursos minerales consta de elementos metálicos asociados o constituyendo su núcleo. Poseen una importante cantidad de propiedades tradicionalmente asociadas al metal, como el brillo, la conducción eléctrica o el magnetismo.

Son los recursos minerales más abundantes en nuestro planeta, pero producidos naturalmente a un ritmo muy lento, por lo que se trata de recursos no renovables.

Son ejemplos de este tipo de minerales:

*Ilustración 2.*

*Pirita*



Fuente: <https://mineralesyrocas.com/pirita/>

La pirita se parece al oro, pero tiene mucho menor valor.

A diferencia de los anteriores, estos recursos minerales están compuestos mayormente por elementos químicos no metálicos. Por ende, sus propiedades suelen ser muy distintas: no tienen brillo, ni suelen conducir bien la electricidad, y no responden al magnetismo.

Hay excepciones, claro, pero además poseen otras propiedades interesantes que les hacen indispensables en numerosas industrias.

Son ejemplos de este tipo de minerales:

- La pirita. Un mineral compuesto de azufre y de hierro, cuya apariencia es muy similar al oro, razón por la cual se lo apodaba “oro de tontos”. Es insoluble en agua y combina propiedades metálicas con no metálicas, dependiendo de la concentración de hierro presente.

- La magnetita. Compuesta de hierro y otros elementos asociados, célebre por sus propiedades ferromagnéticas que permitieron a la humanidad antigua descubrir el magnetismo.
- La galena. Cuyo principal elemento es el plomo, y es una de las principales fuentes de este elemento tan empleado en la fabricación de tuberías, envases para contener la radiación ionizante o pigmentos para pinturas.
- El oro nativo. El más célebre de los minerales metálicos, buscado por su enorme valor comercial. Se emplea en la fabricación de joyas, principalmente.
- La bauxita. Mineral compuesto mayormente de aluminio, es sumamente abundante y además una roca blanda.

#### **2.2.1.4. Recursos minerales no metálicos**

- La barita. Principal mena del bario, está compuesta también de azufre. Fue descubierta en 1800 y es un mineral sumamente común en el mundo.
- El grafito. Un mineral de carbono en prácticamente estado de pureza, de color negro brillante, graso al tacto y buen conductor eléctrico. Es el principal recurso para hacer lápices.
- El feldespato. Mineral formado por silicatos de calcio, sodio, potasio, bario o a veces mezclas de estos elementos no metálicos. Constituyen un grupo muy diverso de rocas y son las más comunes de toda la superficie del planeta, conformado casi un 60% de la misma.

### **2.2.1.5. Importancia de los recursos minerales**

En la actualidad, es difícil encontrar algún producto que no contenga componentes de origen mineral. Desde los dispositivos tecnológicos que utilizamos a diario hasta las materias primas empleadas en la cerámica, la metalurgia y otras industrias similares, prácticamente todo lo que nos rodea está compuesto por elementos extraídos mediante la minería.

Estos componentes minerales también son parte integral de numerosos recursos energéticos que se utilizan para generar y consumir electricidad. Por lo tanto, la extracción de recursos minerales, a pesar de ser una actividad antigua, sigue siendo esencial para el desarrollo humano.

Sin embargo, es importante destacar que la actividad minera puede ser peligrosa desde una perspectiva industrial y medioambiental. El daño ecológico causado por la minería suele ser significativo e irreversible, con un impacto considerable en la calidad del agua y del aire, así como en la salud de las personas.

### **2.2.2. Tipos de minería**

La minería subterránea requiere grandes inversiones para ser segura.

La minería consiste en la extracción de minerales de la corteza terrestre, lo cual puede hacerse de cuatro métodos distintos, dando origen a sí a cuatro tipos de minería:

- Minería superficial. Se trata de la excavación a cielo abierto de materiales metálicos y no metálicos, ubicados siempre a profundidades no mayores de 160 metros bajo la superficie. Puede



realizarse en canteras al aire libre, en contrapozos que se ayudan por la gravedad.

- Minería subterránea. Como su nombre indica, se lleva a cabo a grandes profundidades bajo tierra, mediante la construcción de túneles y conductos que se internen en lo profundo y permitan recuperar minerales escasos en la superficie. Esto suele requerir de importantes obras de ingeniería y arquitectura minera.
- Minería por pozos de perforación. Típica de la explotación del petróleo o el gas natural, consiste en la apertura de pozos mediante ductos cilíndricos profundos, para dejar que la sustancia deseada emerja, ya sea por presión o porque se la reemplaza con otras sustancias en lo profundo.
- Minería submarina o de dragado. Dado que bajo el agua también se acumulan los minerales y suelen ser lógicamente más difíciles de recuperar, se inventó la minería de dragado que se emplea en aguas poco profundas (máximo 65 metros bajo la superficie), usando dragas con cabezales de corte y tubos de succión.

### **2.2.3. Yacimientos tipo skarn**

El término skarn fue introducido por petrólogos metamórficos suecos para designar rocas metamórficas regionales o de contacto constituidas por silicatos de Ca, Mg y Fe derivados de un protolito de calizas y dolomitas en las cuales se ha introducido metasomáticamente grandes cantidades de Si, Al, Fe y Mg

*Ilustración 3.*

*Skarn de grosularia, Concepción del Oro, Zacatecas MEXICO.*



Fuente:<https://geologiawed.blogspot.com/2017/05/yacimientos-tipo-skarn.html>

De modo que se entiende por skarn rocas que contienen minerales calcosilicatados, tales como, por ejemplo: diópsido, wollastonita, granate andradita y actinolita.

La mineralogía de alteración aparece típicamente zoneada, existiendo casi siempre una superposición de alteración progradada por minerales de alteración retrogradada.

La roca huésped es típicamente calcárea, caliza, dolomita o rocas sedimentarias clásticas calcáreas (ej. limolita calcárea).

El tipo de depósito Skarn comprende quizás la mayor familia de tipos de depósitos, pudiendo subclasificarse estos de diversas formas.

La subclasificación más usada es por mena, reconociéndose entre otros, skarn de Sn, skarn de W, skarn de Cu y skarns de Zn-Pb.

**Ilustración 4.**

*Lista de Minerales Skarn*

Skarn mineralogy: common minerals, mineral groups, abbreviations and compositions.				
General group	End members	Abbreviation	Composition	Series
<b>Garnet</b>	Grossularite	Gr	$\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	Grandite
	Andradite	Ad	$\text{Ca}_3\text{Fe}_3(\text{SiO}_4)_3$	Grandite
	Spessartine	Sp	$\text{Mn}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	Sub-calcic garnet
	Almandine	Al	$\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	Sub-calcic garnet
	Pyrope	Py	$\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	Sub-calcic garnet
<b>Pyroxene</b>	Diopside	Di	$\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$	Salite
	Hedenbergite	Hd	$\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$	Salite
	Johannsenite	Jo	$\text{CaMnSi}_2\text{O}_6$	
	Fassaite	Fas	$\text{Ca}(\text{Mg,Fe,Al})(\text{Si,Al})_2\text{O}_6$	
<b>Olivine</b>	Larnite	Ln	$\text{Ca}_2\text{SiO}_4$	Monticellite
	Forsterite	Fo	$\text{Mg}_2\text{SiO}_4$	Monticellite
	Forsterite	Fo	$\text{Mg}_2\text{SiO}_4$	Knebelite
	Fayalite	Fa	$\text{Fe}_2\text{SiO}_4$	Knebelite
	Tephroite	Tp	$\text{Mn}_2\text{SiO}_4$	
<b>Pyroxenoid</b>	Ferrosilite	Fs	$\text{FeSiO}_3$	Pyroxmangite
	Rhodonite	Rd	$\text{MnSiO}_3$	Pyroxmangite
	Rhodonite	Rd	$\text{MnSiO}_3$	Bustamite
	Wollastonite	Wo	$\text{CaSiO}_3$	Bustamite
<b>Amphibole</b>	Tremolite	Tr	$\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Actinolite
	Ferroactinolite	Ft	$\text{Ca}_2\text{Fe}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Actinolite
	Manganese actinolite	Ma	$\text{Ca}_2\text{Mn}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	
	Hornblende	Hb	$\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_4\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	
	Pargasite	Pg	$\text{NaCa}_2(\text{Mg,Fe})_4\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	
	Cummingtonite	Cm	$\text{Mg}_2(\text{Mg,Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Sub-calcic amphibole
	Dannemorite	Dm	$\text{Mn}_2(\text{Fe,Mg})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Sub-calcic amphibole
	Grunerite	Gru	$\text{Fe}_2(\text{Fe,Mg})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Sub-calcic amphibole
<b>Epidote</b>	Piedmontite	Pm	$\text{Ca}_2(\text{Mn,Fe,Al})_2(\text{SiO}_4)_2(\text{OH})$	
	Allanite	All	$(\text{Ca,REE})_2(\text{Fe,Al})_2(\text{SiO}_4)_2(\text{OH})$	
	Epidote	Ep	$\text{Ca}_2(\text{Fe,Al})_2(\text{SiO}_4)_2(\text{OH})$	
	Clinozoisite	Cz	$\text{Ca}_2\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_2(\text{OH})$	
<b>Plagioclase</b>	Anorthite	An	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	
<b>Scapolite</b>	Marialite	Ml	$\text{Na}_4\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{14}(\text{Cl,CO}_3,\text{OH,SO}_4)$	
	Meionite	Me	$\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{14}(\text{CO}_3,\text{Cl,OH,SO}_4)$	
<b>Axinite</b>	Axinite	Ax	$(\text{Ca,Mn,Fe,Mg})_3\text{Al}_2\text{BSi}_4\text{O}_{15}(\text{OH})$	
<b>Other</b>	Vesuvianite (idocrase)	Vs	$\text{Ca}_{10}(\text{Mg,Fe,Mn})_2\text{Al}_4\text{Si}_9\text{O}_{34}(\text{OH,Cl,F})_4$	
	Prehnite	Pr	$\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	

\* REE = rare-earth elements

Fuente: Ray, GE y Webster, ICL (1991).

**2.2.3.1. Forma del depósito tipo Skarn**

Los depósitos minerales de tipo skarn presentan una forma irregular y pueden desarrollar extensiones de mena que se distribuyen a lo largo de diversas estructuras planares, como estratos, diaclasas y fallas, entre otras.

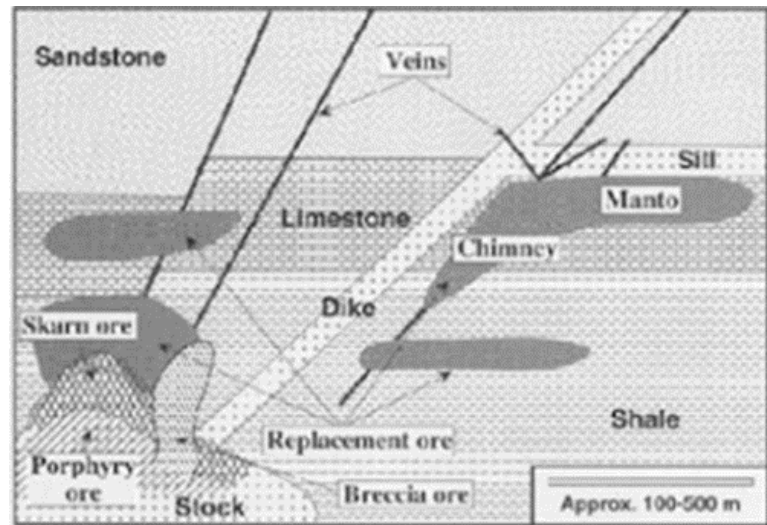
La distribución de estos depósitos dentro de la aureola de contacto no suele ser claramente definida, ya que los cuerpos

mineralizados pueden finalizar abruptamente debido a la presencia de alguna estructura geológica.

La producción principal de depósitos de tipo skarn incluye: ○ Fe  
○ Cu ○ W ○ C (grafito) ○ Zn ○ Pb ○ Mo ○ Sn ○ U ○ Au ○ granate ○ talco  
○ wollastonita. (Franchini et al., 2007).

**Ilustración 5.**

*Forma del depósito tipo Skarn*



Fuente: Franchini et al., 2007.

**2.2.3.3. Características del depósito**

Una vez ocurrida la intrusión del magma con la roca calcárea, estas rocas se convierten en rocas metamórficas, como mármoles, rocas corneanas calcosilicatadas (hornfels) y/o Skarns por efecto del metamorfismo de contacto.

**Ilustración 6.**

*Mármol*



*Fuente: flexiblelearning.auckland.ac.nz*

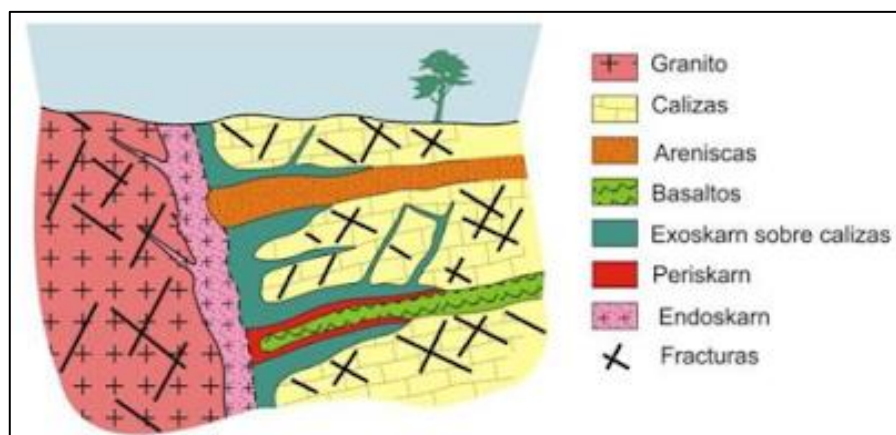
El metamorfismo de contacto afecta a las rocas de caja, pero es frecuente que la intrusión también sufra efectos metasomáticos.

Esto resulta en una zonación:

- Endoskarn: Minerales calcosilicatados entro del intrusivo.
- Exoskarn: skarn en las rocas calcáreas.

**Ilustración 7.**

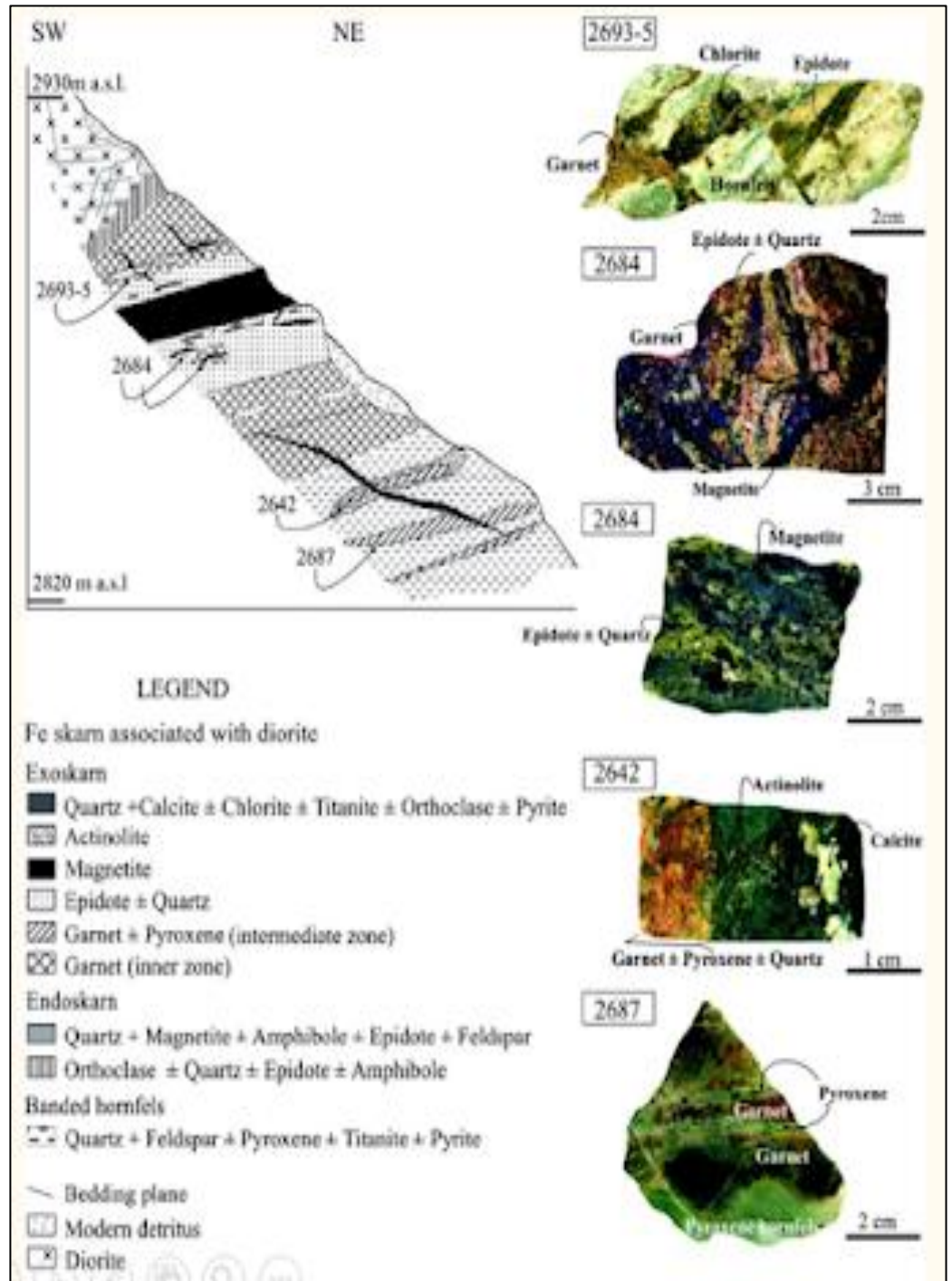
*Esquema de endoskarn y exoskarn.*



*Fuente: Higuera, P. Procesos tardimagmáticos y yacimientos asociados.*

**Ilustración 8.**

*Depósitos tipo skarn de Fe, hierro, cobre y oro, y tipo manto Cu-(Ag) en la cordillera de los Andes del sureste de la Provincia de Mendoza (34°–36°S), Argentina.*



Fuente: Franchini et al., 2007, *Explor Min Geol*, 16: 233-265

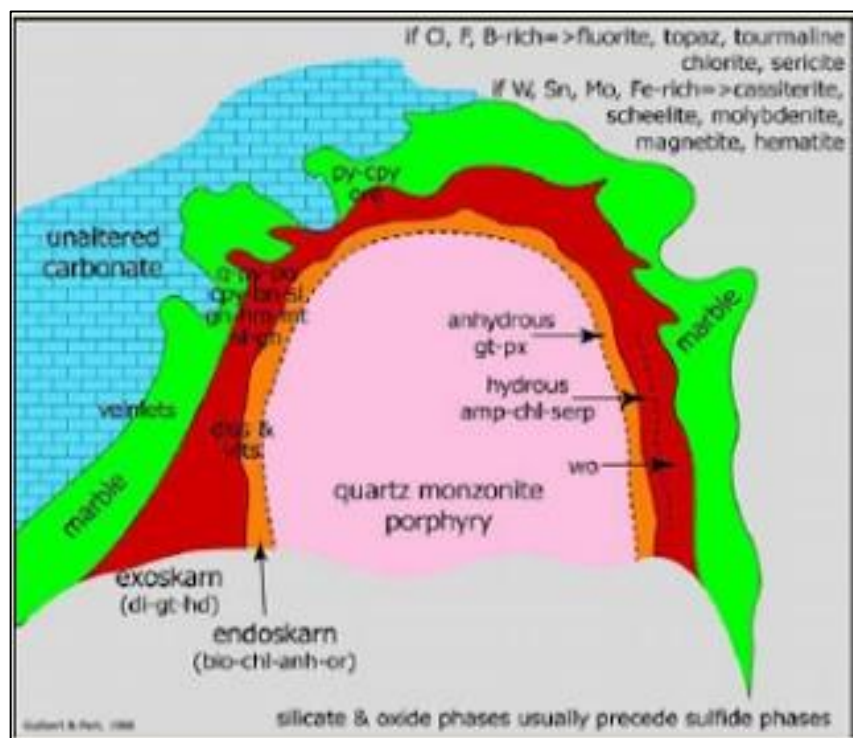
#### 2.2.3.4. Depósitos tipo skarn: endoskarn y exoskarn

El endoskarn ocurre principalmente en la periferia de los plutones intrusivos donde el flujo de Fluidos fue hacia adentro del Plutón o paralelo al contacto de éste.

- Usualmente están ausentes en las intrusiones con mineralización de tipo pórfido debido a que domina el flujo ascendente de los fluidos provenientes del plutón.
- Generalmente los skarn de interés económico son de origen calcáreo y exoskarn.

#### *Ilustración 9.*

*Esquema de endo y exoskarn.*



Fuente: <http://aabetmen.blogspot.cl>

### **2.2.3.5. Etapas de formación de un skarn**

Existen diferentes asociaciones minerales en los depósitos tipo Skarn, y sus procesos de formación son similares, emplazamiento de una intrusión, actividad magmática e hidrotermal, en diferentes niveles en la corteza.

Estos se explican mediante los siguientes procesos:

#### **Skarn prógrado:**

- Metamorfismo isoquímico (metamorfismo de contacto)
- Metasomatismo y reemplazo (exsolución de fluido magmático y comienzo de la mineralización)

#### **Skarn retrógrado**

- Alteración retrógrada (influencia de aguas meteóricas)

#### **Metamorfismo Isoquímico**

- Corresponde a la recristalización metamórfica y cambio mineralógicos reflejando el protolito y circulación de fluidos a alta temperatura formando minerales calcosilicatados y rocas de metamorfismo de contacto llamadas Hornfels o Corneanas.
- Incluye además el desarrollo de: mármol, rocas córneas, cuarcitas, skarn de reacción, skarnoides, talco y wollastonita hacia la periferia (fases anhidras).
- No hay mineralización en esta etapa.

Dolomitas -> Granate, clinopiroxeno, tremolita, talco/ Flogopita

Calizas -> Granate, versuvianita, wollastonita, mármol



## **Metasomatismo y reemplazo**

- Exsolución de fluido magmático

Cristalización del magma y liberación de una fase fluida rica en H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> y vapor (provenientes de la intrusión), la cual genera el skarn o halo de alteración. ○ Se forman minerales anhidros, a temperaturas de 400 y 800°C ○ En esta etapa comienza la mineralización.

### **2.3. Definición de términos básicos**

**Aptiano:** División de la escala temporal geológica, es la quinta edad o piso del Cretácico inferior.

**Caracterización Geológica:** Implica la determinación de las características geológicas, propiedades petrofísicas, límites y capacidad de almacenamiento de las formaciones geológicas que constituyen un yacimiento.

**Cristal:** Llamamos de esta forma a el modo de forma geométrica que tiene cada especie mineral considerando su estructura cristalina se puede connotar la parte física y su diferenciación con otros minerales estas se forman debido a fases de diferenciación de temperatura geológica.

**Cristalografía:** Es la parte de las ciencias geológicas que se encarga del estudio y análisis físico de la cristalización de los minerales

**Cuenca sedimentaria:** Cada una de las zonas deprimidas de la corteza terrestre en donde se acumulan grandes cantidades de sedimentos durante períodos de tiempo importantes.

**Deposito Cuaternario:** Está constituido por una serie de depósitos de origen eólico, volcánico subaereo, deluvial coluvial y aluvial

**Diaclasa:** Fractura (discontinuidad) en los estratos de un cuerpo rocoso sin desplazamiento relativos a ambos lados de esta.

**Espeleología:** Estudio de las actividades naturales (grutas, cavernas, etc.) de la superficie terrestre.

**Estratigrafía:** Determina edades relativas entre las distintas sucesiones de rocas sedimentarias (estratos).

**Factor de concentración:** Es el grado de enriquecimiento que tiene un elemento con respecto a su concentración normal para que resulte explotable en un tipo de yacimiento minero.

**Falla:** Fractura (discontinuidad) en los estratos de un cuerpo rocoso con desplazamiento relativo a ambos lados de esta.

**Fósil:** Resto de un organismo o su impronta (marca de actividad biológica).

**Ganga:** Comprendiendo que la diferencia de importancia por su valor económico se aplica la importancia porque estos minerales acompañan a la mena la cual no quiere decir que en alguna oportunidad que van en conjunto, pero indistintamente esta pueda pasar a ser mineral de mena al resaltar alguna propiedad de valor considerada o nueva en el caso de la investigación económica.

**Gemología:** Estudio de las piedras preciosas.

**Geofísica:** Estudia las características físicas de las rocas.

**Geomorfología:** Estudio de las formas del paisaje terrestre.

**Geoquímica:** Estudia la constitución química de las rocas.

**Hidrogeología:** investiga la interrelación del agua con las rocas.

**Isótopo:** Cada uno de los cuerpos que en el sistema periódico de los elementos se colocan en una misma casilla, corresponden al mismo número atómico.

**Ley de Corte o Cutt of (Lc):** Es la ley mínima que produce un beneficio prefijado de antemano.

**Ley Crítica o Ley Mínima (Lm):** Es la que produce un beneficio nulo en la explotación, tratamiento y comercialización del mineral.

**Ley Media:** Es la concentración que presenta el elemento químico de interés minero en el yacimiento. Se expresa en tantos por ciento (%), gramos por tonelada (g/t) partes por millón (ppm) u onzas por tonelada (oz/t), se debe también al valor intermedio que se posibilita a tener en cuenta sobre todo en los análisis geoestadísticos o de valoración

**Magma:** material de fusión ígnea contenido en el interior terrestre. Constituye la lava que surge en las erupciones volcánicas.

**Mena:** Representado por la terminología geológica de yacimientos al mineral que representa un valor de interés, en un modelo conceptual es la referida a los minerales metálicos, los cuales son aprovechados de la mejor manera al ser tratados metalúrgicamente buscando el grado de concentración por diversos procesos relacionados al mismo que pueden ser tostación, electrolisis etc.

**Menas primarias:** Son la mena que se relaciona a los mismos que han sido depositados durante un periodo primitivo de mineralización. Par lo cual se considera algunos elementos ejemplo como en el cobre, pirita y fierro.

**Menas secundarias:** Estas son un producto propio de alteración de las mimas menas primarias, las cuales dan como resultado una lixiviación o al menos otros procesos superficiales similares por acción hídrica superficiales o descendentes, teniendo algunos de importancia como cobre, covelina, calcosina, cuprita, fierro, limonita, hematita, ocre, etc.

**Mineralogía:** Estudio de los minerales.

**Paleontología:** estudio de los organismos fósiles.

**Petrografía:** Describe las asociaciones de minerales.

Petrología: investiga las asociaciones de minerales.

**Placa:** Cada una de las secciones de distinta forma y tamaño en que se divide la corteza terrestre.

**Reservas minerales:** Las reservas minerales son recursos de los cuales se sabe que son económicamente factibles de ser extraídos. Las reservas o son Reservas Probables o Reservas Comprobadas, los mismos medibles en cantidad que se relaciona al volumen los mismos que se identifican por condiciones técnicas y otros aspectos hacia el mercado

**Sedimentología:** centra su atención en la génesis de las rocas sedimentarias y en los ambientes sedimentarios correspondientes.

**Stock:** Conjunto de materiales y/o mercancías que se almacenan, ya sean destinados a completar el proceso productivo o tengan como destino la venta al cliente.

## **2.4. Formulación de Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

Con la Geología del Proyecto Atalaya, efectuaremos la Estimación de los Recursos Minerales de la Compañía Minera Santa Luisa S.A.

### **2.4.2. Hipótesis Específicos**

- a) Con la interpretación de la geología del Proyecto Atalaya, determinaremos los controles geológicos del proyecto en la Compañía Minera Santa Luisa S.A.
- b) Con la delimitación de la geología del Proyecto Atalaya se incrementará las reservas de la Compañía Minera Santa Luisa S.A.

## **2.5. Identificación de las Variables**

### **2.5.1. Variable Independiente:**

X: Geología del Proyecto Atalaya de la Compañía Minera Santa Luisa S.A.

### **2.5.2. Variable Dependiente:**

Y: Estimación de los Recursos Minerales de la Compañía Minera Santa Luisa S.A.

### **2.5.3. Variable Interviniente:**

Z: Recursos minerales y tipo de Yacimiento que tiene la Compañía minera Santa Luisa S.A.

## 2.6. Definición Operacional de Variables e Indicadores

*Tabla 1.*  
*Operacionalización de Variables*

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE	X: Geología del Proyecto Atalaya de la Compañía Minera Santa Luisa S.A.	La geológica se basa primordialmente en cooprobar los recursos minerales positivos en el proyecto de exploración. Con los resultados obtenidos se determinará su continuidad de las exploraciones. Para incrementar los recursos minerales de la empresa Santa Luisa. Por lo tanto, es importante realizar el estudio geológica del yacimiento para determinar sus recursos minerales.	Parametros Geologicos  Controles Geologicos	Geométricos  Cinemáticos  Dinámicos
VARIABLE DEPENDIENTE	Y: Estimación de los Recursos Minerales de la Compañía Minera Santa Luisa S.A.	La Minera Santa Luisa proyecta incrementar sus reservas para tal efecto se requiere efectuarel estudio del Proyecto Atalaya ya que en base a esta información se determinara los controles Geologicos - Estructurales del Proyecto y la estimacion de los recursos minerales.	Reservas Minerales	Mapeo  Geologica
VARIABLE INTERVINIENTE	Z: Recursos minerales y tipo de yacimiento que tiene la Compañía Minera Santa Luisa S-A-	El potencial del yacimiento que tiene la Minera Santa Luisa S.A. convierte al deposito mineralizado de gran interes, por su forma geometrica es favorable para la aplicación de metodos de estimacion y asi poder saber los recursos minerales que este contiene y saber si economicamente explotable.	Tipo de Yacimiento  (Skarn)	Modelamiento  Geologico.

*Fuente: Elaboración Propia.*

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVSTIGACION**

#### **3.1. Tipo de Investigación**

La presente investigación analítica y descriptiva cumple el propósito fundamental de resolver problemas tales cómo comprobar o desestimar los objetivos planteados en este aparecerán enunciadas en los objetivos de investigación. La Investigación Descriptiva, comprende la descripción de registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual de los datos. Utilizando el método de análisis, se logra caracterizar un objeto de estudio o una situación concreta, señalar sus características y propiedades. Combinada con ciertos criterios de clasificación sirve para ordenar, agrupar o sistematizar los objetos involucrados en el trabajo

#### **3.2. Nivel de investigación**

Tiene nivel exploratorio descriptivo.

#### **3.3. Métodos de la Investigación.**

El método que se ha seguido para la realización de la presente investigación fue como sigue:

Método deductivo: Análisis de los datos generales para llegar a una conclusión determinativa.

Método inductivo: Obtener la conclusión general a partir de los datos obtenidos y los antecedentes de la Compañía Minera Santa Luisa S.A, corroborando con los datos obtenidos en el trabajo de campo.

### **3.4. Diseño de la Investigación**

El diseño de la investigación será de tipo no experimental debido a que se observan situaciones ya existentes y es sistemática y empírica en la que las variables independientes no se manipulan porque ya han sucedido. Las inferencias sobre las relaciones entre variables se realizan sin intervención o influencia directa y dichas relaciones se observan tal y como se han dado en su contexto natural. (Sampieri, 2010).

### **3.5. Población y Muestras**

#### **3.5.1. Población**

La población está conformada por una extensión de propiedad de la Compañía Minera Santa Luisa S.A. que abarca 1200 hectáreas en las coordenadas 8 889 121 N y 282 628 E, por lo que será la parte fundamental en lo que respecta a la población del presente estudio de la Compañía Minera Santa Luisa S.A

#### **3.5.2. Muestra**

Proyecto atalaya de 50 hectáreas que se encuentran dentro de las propiedades de la Compañía Minera Santa Luisa S.A que se extiende desde las coordenadas 8891200N-284500E hasta el punto 8891050N-284200E, el número de muestras es de acuerdo con lo requerido para el análisis y determinación de los recursos. Está conformada por 80 sondajes diamantinos, de los cuales solo 49 han intervenido en la Estimación de Recursos Minerales.



### **3.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

#### **3.6.1. Técnicas**

- **Recopilación y análisis de data**

Se recolecta la información histórica de los trabajos de la mina.

- **Observación directa y toma de datos**

Se realiza observaciones directas de todo el proceso del estudio geológico.

- **Búsqueda de información bibliográfica**

Análisis de los datos de la empresa, también la información obtenida por internet que sirvieron como referencias para la realización del estudio Geológico de la Mina.

#### **3.6.2. Instrumentos.**

##### **Instrumentos de recolección de datos.**

- **Materiales**

- ✓ Planos topográficos.
- ✓ Mapeos anteriores efectuados.
- ✓ Informes geológicos de la Mina.
- ✓ Reporte de procesos Geológicos acontecidos en la mina.
- ✓ Picota, brújula, flexómetro, mapeador.
- ✓ Estación Total.
- ✓ Libreta de campo

### **3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.**

Se realizaron estudios de geología estructural y mineralogía, que nos servirá para establecer el incremento de recursos minerales en el proceso del estudio.

- Técnicas Analíticas e Interpretación de toda la información obtenida en todo el proceso para la Estimación de los Recursos Minerales como:
  - Interpretación y análisis de los datos (descriptivo, exploratorios, predictivo, de diagnóstico y prescriptivos).
  - Análisis de densidades.
  - Interpretar la configuración y la distribución de las estructuras geológicas.
  - Dimensiones del trabajo geológico.

### **3.8. Tratamiento Estadístico**

Con la ayuda del software MineSight se estableció la aplicación de estadística inductiva del proyecto de investigación, debido a que a partir del discernimiento derivado de unas muestras se pretende caracterizar la población. Así como la estadística descriptiva por referirse a la recolección, presentación, descripción, análisis e interpretación de los datos de muestras recolectadas en el proceso, particularmente consiste en resumir estos con uno o dos elementos de información (medidas descriptivas) que establecen la suma de estos.

### **3.9. Orientación ética filosófica y epistémica**

Se estableció la aplicación de estadística inductiva, debido a que a partir del discernimiento derivado de unas muestras se pretende caracterizar la población. Así como la estadística descriptiva por referirse a la recolección, presentación, descripción, análisis e interpretación de los datos de muestras recolectadas en el proceso, particularmente consiste en resumir estos con uno o dos elementos de información (medidas descriptivas) que establecen la suma de los mismos.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

##### **4.1.1. Geología Regional**

La litología predominante en la región está constituida por unidades calcáreas cretácicas, stocks y diques pórfido dioríticos relacionados a la mineralización, y un intrusivo pórfido monzonítico tardío que corta a ambas litologías.

A continuación, se describe la estratigrafía regional:

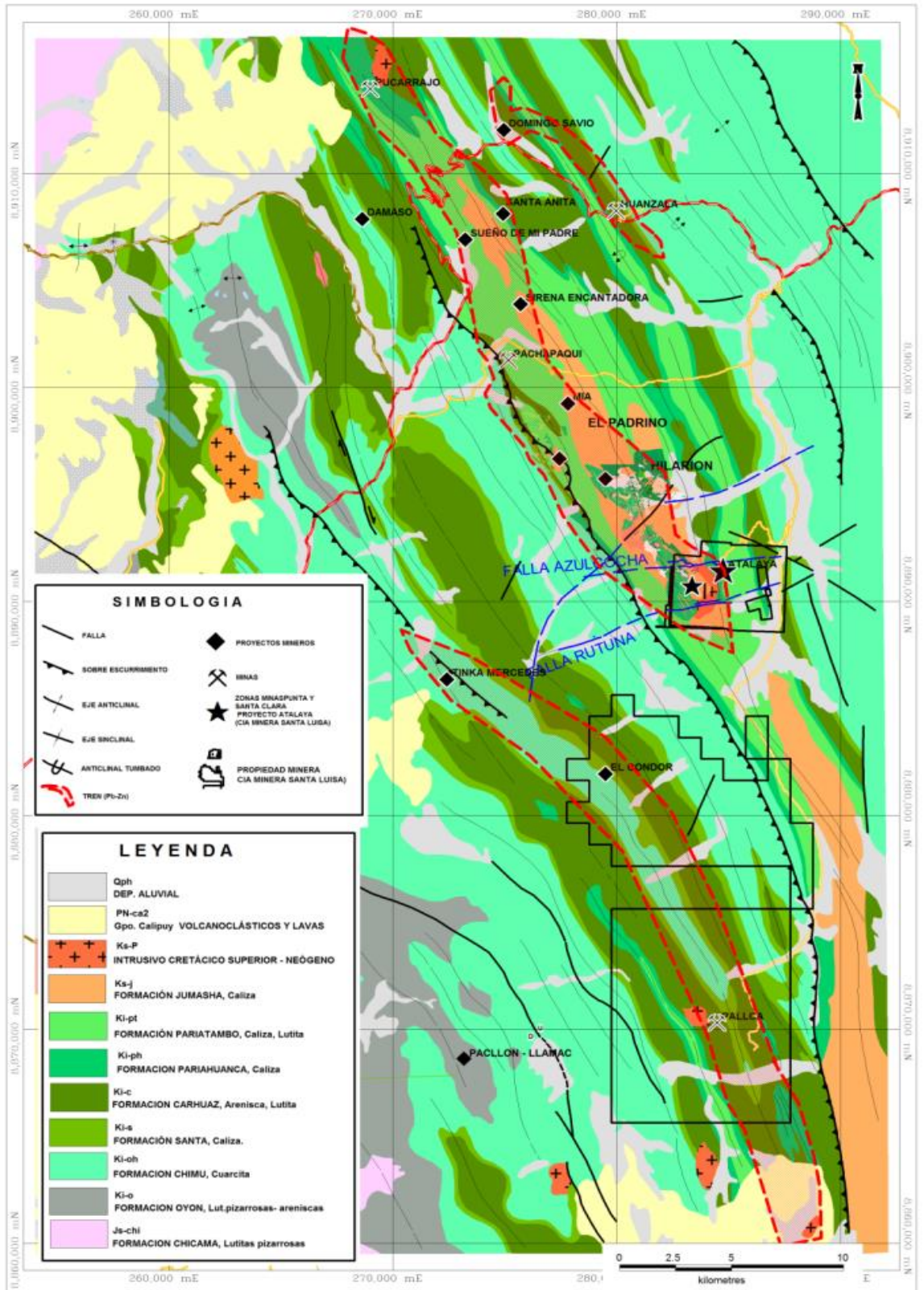
- **Formación Chimú (Valangiano inferior a medio) (Ki-ch);** compuesta por capas de areniscas blancas y macizas, que varían entre 1 m a 3 m. La potencia de esta formación varía entre 100 m a 600 m. La formación Chimú, sobreyace concordantemente a la formación Oyón.
- **Formación Santa (Valangiano Superior) (Ki-s);** compuesta por calizas grises azuladas, con estratos que varían desde centímetros a metros. La potencia de esta formación varía entre 120 m a 150 m, y aflora en la cuenca del Santa. La formación Santa sobreyace a la formación Chimú.

- **Formación Carhuaz (Hauteriviana-Barremiano) (Ki-c);** compuesta por limoarcillitas de color gris – verde, con delgadas capas de yeso. La potencia de esta formación es de 600 m. La formación Carhuaz sobreyace concordantemente a la Formación Santa.
- **Formación Farrat (Aptiano) (Ki-f);** compuesta por areniscas blancas, con potencias delgadas de 20 m, y en algunas zonas no es notoria, por lo que se puede considerar estar representada por limoarcillitas de la parte superior de la formación Carhuaz. La formación Farrat sobreyace a la formación Carhuaz.
- **Formación Parihuanca (Aptiano-Albiano Inferior) (Ki-ph);** compuesta por calizas macizas de color gris azulado, en estratos de 1 m a 2 m. La potencia de esta formación varía desde los 100 m en los Andes Centrales, hasta los 400 m en la Cordillera Huayhuash, así mismo, aflora en la parte este del Cerro Minas Punta y conforma el Cerro Cushuro. La formación Pariahuanca sobreyace a la formación Farrat.
- **Formación Chulec (Albiano Medio) (Ki-chu);** compuesta por intercalación de calizas y margas, caracterizándose por su color amarillo cremoso. La potencia de esta formación es de 50 m aproximadamente. La formación Chulec sobreyace concordantemente a la formación Pariahuanca.
- **Formación Pariatambo (Albiano Medio) (Ki-pt);** compuesta por margas marrón oscuras, con intercalaciones de pizarras a hornfels. La potencia de esta formación puede llegar hasta los 500 m, cerca de la cordillera Huayhuash. La formación Pariatambo sobreyace a la formación Chulec.
- **Formación Jumasha (Albiano Superior a Turoniano) (Ks-j);** compuesta por calizas de color gris, cuyos estratos son de 1m a 2m de espesor. La

potencia de esta formación es de 700 m, sin embargo, en algunas zonas se encuentra erosionada (parte Oeste Cerro Minas Punta). La formación Jumasha sobreyace concordantemente a la formación Pariatambo.

- **Formación Celendín (Coniaciano al Santoniano) (Ks-ce);** compuesta por calizas margosas nodulares, intercaladas con limoarcillitas grises y margas. La potencia de esta formación es de 500 m. La formación Celendín sobreyace concordantemente a la formación Jumasha.
- **Depósitos Cuaternarios (Q-al) (Q-glf) (Q-mo);** compuesto por depósitos aluviales, cerca de los ríos, depósitos fluvioglaciales y morrenas, ubicados en los flancos y fondos de las quebradas.

**Ilustración 10.**  
**Mapa Geológico Regional**



Fuente: Cía. Minera Santa Luisa.

#### **4.1.2. Geología Local**

El entorno geológico del Proyecto está formado por calizas nodulares y/o concreciónales, lutitas y limolitas negras de las formaciones Pariahuanca, Pariatambo y Jumasha; estas formaciones son de edad mesozoica. Tienen pliegues paralelos y apretados, stocks, diques y sills dioríticos y pórfidos de cuarzo – feldespato (Qz – Fpto), dentro de un lineamiento estructural N 325 que es ocupado por la Cordillera Chaupijanca o Shicra Shicra, la cual es integrante del sistema tectónico Andino.

Esta secuencia está cortada por dos eventos principales de intrusión. El primer evento de fase diorítica se manifiesta a manera de stocks y diques, los cuales causaron metamorfismo en las áreas circundantes que se manifiestan en la formación de marmolización, recristalización, silicatación, hornfels y débil proceso de skarnización. Finalmente, el segundo evento de intrusión a la cual se asocia la mineralización, es la ocurrencia de diques y sills de composición pórfido de Qz – Fpto.

En el Anexo B las secciones geológicas (transversal y longitudinal) muestran el comportamiento de la mineralización en profundidad. Se observa que en la Formación Pariahuanca la mineralización se encuentra intruida por diques post-mineralización; mientras que la mineralización en la Formación Jumasha se encuentra en la zona límite del intrusivo y las calizas.

A continuación, se describe la estratigrafía y litología local:

- **Formación Carhuaz (Hauteriviana-Barremiano) (Ki-c)**; compuesta por paquetes delgados de arenisca cuarzosa, arenisca de grano medio y lutitas de grano fino gris oscuras. Esta formación es la más antigua y solo se expone en la quebrada Accopuquio, lado occidental del Cerro Cushuro.

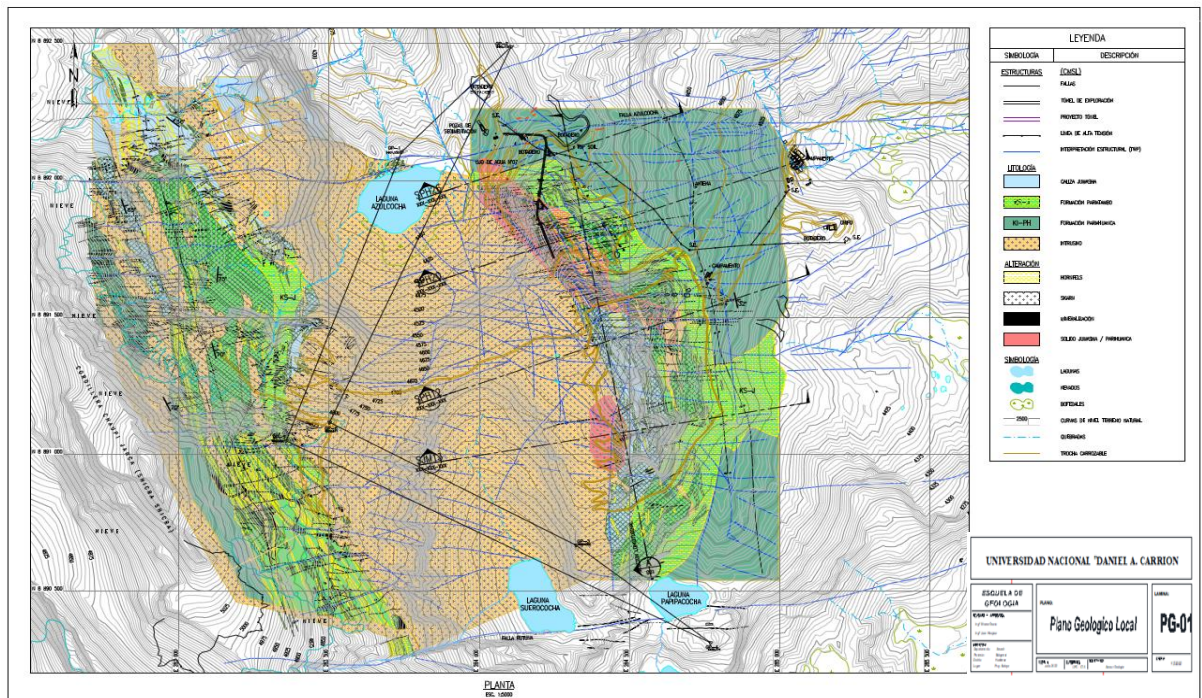
- **Formación Farrat (Aptiano) (Ki-f);** compuesta por areniscas blancas friables de grano medio y en algunas partes cubierto por material cuaternario. Esta formación aflora en lugares cercanos a la formación Carhuaz.
- **Formación Parihuanca (Aptiano-Albiano Inferior) (Ki-ph);** compuesta por calizas macizas de color gris azulado, calizas margozas; y se encuentra intruida por el stock Atalaya, lo cual ha generado aureolas de skarn, donde se ha depositado la mineralización de Zn, Pb, Ag y Cu. Esta formación aflora en la parte este del Proyecto y forma parte del anticlinal Rutuna.
- **Formación Chulec (Albiano Medio) (Ki-chu);** localmente esta formación no ha sido posible reconocerla, debido a su poca potencia, es probable que este integrando los niveles inferiores de la formación Pariatambo.
- **Formación Pariatambo (Albiano Medio) (Ki-pt):** en los Cerros Minas Punta y el extremo oriental de la Cordillera Chaupijanca está compuesta por calizas de color gris oscuro con intercalaciones de hornfels, limoarcillitas y lutitas calcáreas. Esta formación, también aflora en la parte central del Cerro Minas Punta, conformando los flancos del anticlinal Rutuna.
- **Formación Jumasha (Albiano Superior a Turoniano) (Ks-j);** compuesta por calizas de color gris y zonas de skarn con considerables contenidos de Pb y Zn, aflora en la parte occidental del Cerro Minas Punta y esta intruido por el Stock Atalaya. Así mismo, esta formación, aflora en la zona norte de Santa Clara, como el pico más elevado al Oeste de la quebrada Accopuquio.



- **Depósitos Cuaternarios (Q-al) (Q-qlf) (Q-mo);** compuesto por morrenas que se ubican en las cabeceras de las lagunas Surococha y Azulcocha, así mismo se tiene depósitos fluviales y fluvioglaciares, que se ubican en los flancos de las quebradas de Accopuquio, Manuherrero, Susococha, Rutuna y entre otras menores. Los depósitos de pie de monte, son observados principalmente en las faldas de los cerros Minas Punta, Nevado Chaupijanca y otros. Los bofedales se distribuyen principalmente cerca de las lagunas.
- **Rocas Intrusivas;** se presentan en forma de stocks, diques y sills; los cuales instruyen principalmente a las formaciones: Pariahuanca, Pariatambo y Jumasha. La principal geoforma es el stock Atalaya, el cual contribuye a la mineralización.
- **Stock Atalaya;** compuesto por un granito porfirítico, de textura fanerítica equigranular con fenocristales de cuarzo bipiramidal, está emplazado en el eje del sinclinal Azulcocha, su continuidad al norte, se transforma en un dique de 100 m a 180 m. de ancho con orientación preferencial N40W.
- **Sills y diques;** su composición es de granito porfirítico y granodiorita de textura menos gruesa que el Stock Atalaya y con menor desarrollo de los feldespatos alcalinos. Los afloramientos de los sills son mucho mayores que los diques, su dirección preferencial es NW-SE, la variación de potencias es desde centímetros hasta 100 metros. La ocurrencia mayor está en el flanco occidental del Stock Atalaya, resaltando un dique de 2.2 Km. de composición Monzonítica con fenocristales de ortosa de 2 cm a 5 cm. y cuarzo hialino bipiramidal; con potencia promedio de 35 m, En general, se

debe señalar que aún falta determinar la composición de todas las rocas intrusivas que existen en la zona.

**Ilustración 11.**  
*Plano Geológico Local*



Fuente: Cía. Minera SL – Edición Propia.

### 4.1.3. Geología Estructural

Estructuralmente la zona se encuentra fuertemente plegada y disturbada con un lineamiento NW-SE con la presencia de anticlinales y sinclinales, como resultado de un fuerte tectonismo e intrusiones. Metalogenéticamente el yacimiento Atalaya se encuentra ubicado dentro de la franja de Skarn de Pb-Zn-Cu-Ag.

En el proyecto Atalaya, las unidades litológicas, han formado el Anticlinal Rutuna y el Sinclinal Azulcocha, producto del plegamiento. Los ejes de plegamiento tienen tendencia NW-SE, producto de los esfuerzos de compresión en dirección NE-SW. Estos esfuerzos de compresión han

originado fallas inversas del tipo cabalgamiento NW-SW, fracturas y fallas de los sistemas NE-SW y E-W.

El Anticlinal Rutuna, es asimétrico, con buzamiento de 50° en el flanco SW y 20° en el flanco NE, su eje se ubica al este del cerro Minas Punta, el cual es afectado por fallas con dirección EW.

El eje del Sinclinal Azulcocha, se puede determinar en la cuenca de la quebrada Accopuquio, entre la zona de Atalaya y Santa Clara.

Cabe indicar que, en el Plano Geológico local, se ha incluido la interpretación Estructural.

#### **4.1.4. Geología Económica**

La mineralización económica se encuentra principalmente en la Formación Pariahuanca y Jumasha, formando cuerpos semimasivos de sulfuros. Los metales presentes son Zn, Pb, Ag y Cu.

#### **Mineralogía**

La mineralogía presente en el Proyecto Atalaya está conformada por los Óxidos, Carbonatos y Sulfuros.

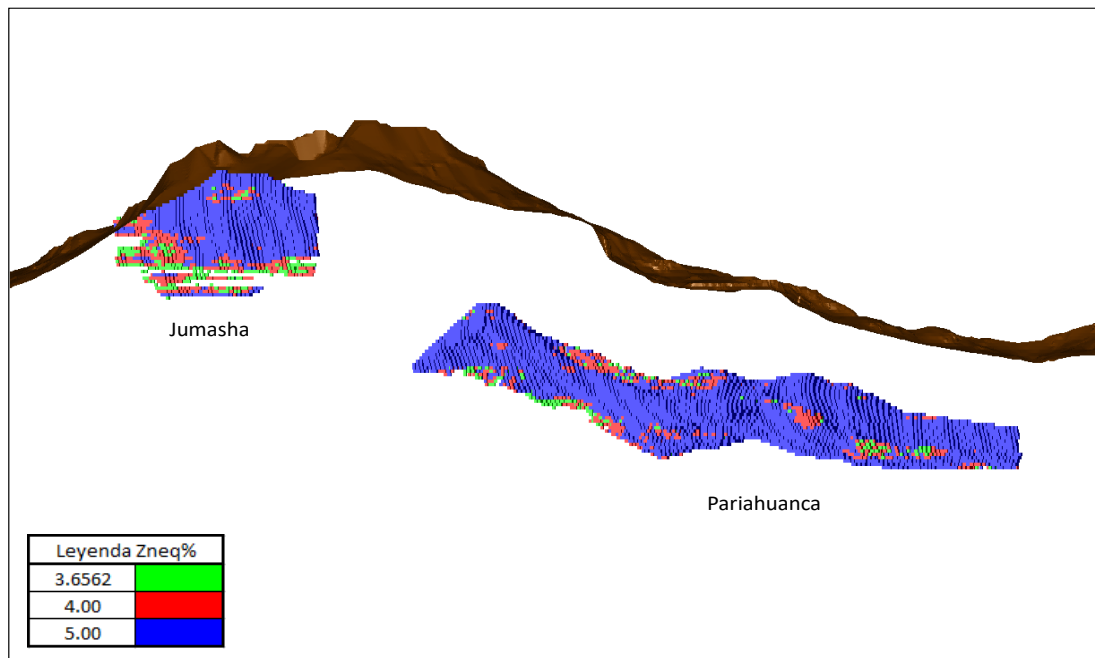
Con respecto a los Óxidos se tiene la presencia de Limonitas y Hematitas. La Limonita se encuentra en casi toda la formación Pariatambo, en forma de pátinas que recubren los estratos y como parte de las alteraciones en relleno de fracturas. La Hematita, se aprecia en la parte norte de las lagunas Rutuna y Papipacocha, generalmente en una extensión considerable, alrededor de unas labores antiguas.

Con respecto a los Carbonatos se tiene la presencia de Calcita y Rodocrosita. La Calcita se encuentra rellenando fisuras; y en algunas partes de la zona norte, se encuentra junto con galena y esfalerita.

Con respecto a los Sulfuros se tiene la presencia de galena, esfalerita, pirita y pirrotita.

**Ilustración 12.**

*Estructura de la Mineralización: Jumasha - Pariahuanca*



*Fuente: Cía. Minera Santa Luisa.*

### **Controles de Mineralización**

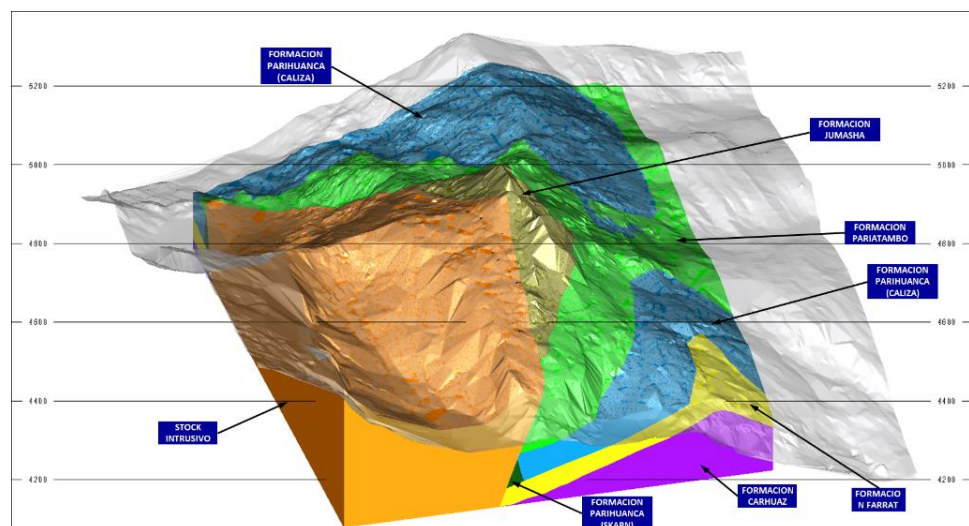
El control de la mineralización está regido por el control mineralógico, estructural y litológico.

En el control mineralógico, se tiene la presencia de granates en determinadas zonas de skarn, lo cual nos indica que la presencia del Pb y Zn se encontrará un poco más lejos, dentro del endoskarn.

En el control estructural, las fallas con rumbo E – W, ubicadas al norte del Proyecto, han sido las conductoras de los fluidos mineralizantes, los cuales han formado vetas a lo largo de la misma falla, con contenidos de Zn, Pb y Calcita. Las fallas principales como Montecocha y Azulcocha, las cuales delimitan la zona de interés económica, tanto al sur como al norte.

En el control litológico, las calizas intercaladas con pizarras y hornfels, de la formación Pariatambo, forman pequeños cuerpos de mineralización, debido a que los hornfels se comportan como capas impermeables que evitan que los fluidos mineralizados reemplacen parte de los cuerpos de caliza. La formación Jumasha y Pariahuanca, por presentar un secuenciamiento homogéneo de las calizas, presentan mayores condiciones para ser reemplazados metasomáticamente. La presencia de rocas intrusivas, con contacto con las rocas sedimentarias, formó cuerpos mineralizados en algunas zonas.

**Ilustración 13.**  
*Control Litológico*



*Fuente: Cía. Minera Santa Luisa*

#### **4.1.5. Alteraciones**

Las alteraciones presentes, en las rocas circundantes, son:

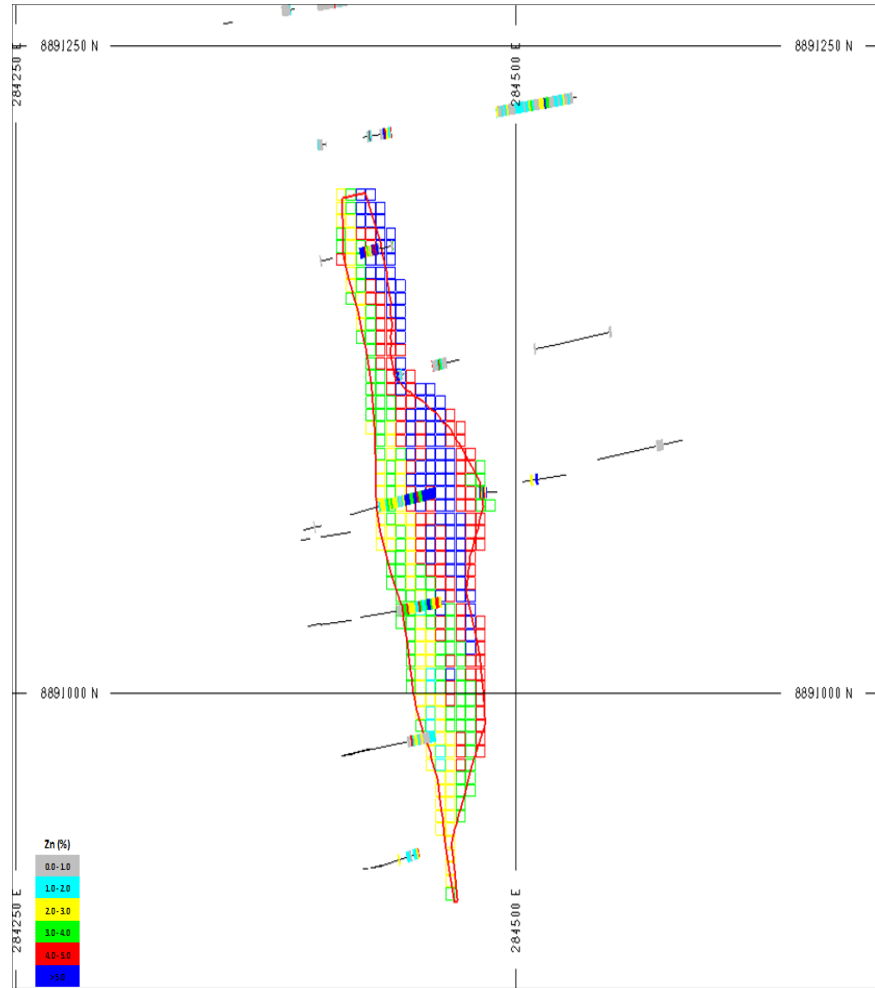
- **Silicificación;** que se encuentra dentro del endoskarn Atalaya, corroborado por la presencia de cuarzo secundario dentro de la roca intrusiva,

- **Sericitización;** conformando parte de venillas provenientes de los feldespatos que contienen las rocas intrusivas, la asociación presente es cuarzo – sericita – pirita.
- **Cloritización;** dentro del stock Atalaya donde se observa la presencia del ensamble cuarzo – clorita – sericita.
- **Propilitización;** Característica de la zona por la presencia del ensamble clorita – epidota – calcita – pirita.
- **Descarbonitización;** su presencia se da en las zonas más alejadas como producto de procesos meteóricos o infiltraciones de agua, generando cavidades, grietas y drusas en las formaciones Jumasha y Pariahuanca.
- **Limonitización;** en superficie, está restringida a la formación Pariatambo, y en los sondajes se observa procesos de oxidación.

#### **4.1.6. Zoneamiento**

Dentro del proceso de skarnización, se diferencia zonas importantes como el Endoskarn y Exoskarn, ambos presentan un zoneamiento gradacional; desde el cuerpo del intrusivo hacia la roca carbonatada.

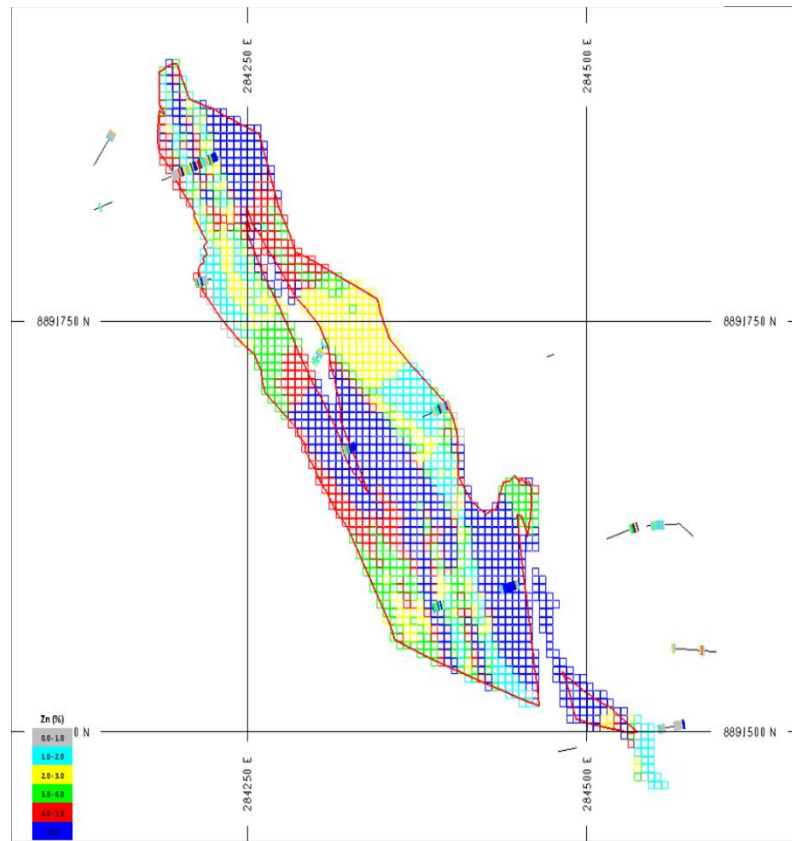
**Ilustración 14.**  
**Zoneamiento Mineralizado Jumasha**



Fuente: Cía. Minera Santa Luisa

### Ilustración 15.

#### Zoneamiento Mineralizado Pariahuanca



Fuente: Cía. Minera Santa Luisa

## 4.2. Presentación, Análisis e Interpretación de Resultados

### 4.2.1. Base de Datos

Compañía Minera Santa Luisa entregó archivos en Excel conteniendo la información Header, Survey, Assay y Litología, de la perforación diamantina descritos en los estudios de control de calidad QA/QC realizados con anterioridad. Esta data fue importada directamente a una nueva base de datos, para ser validada y procesada en el software minero Minesight. Con respecto al archivo Litología, en el proyecto se observa que esta codificación corresponde a las distintas formaciones que se encuentran en el proyecto. Por lo que se recomienda agregar a la base de datos el logueo geológico del core (topografía).



La Base de Datos está conformada por 80 sondajes diamantinos, de los cuales solo 49 han intervenido en la Estimación de Recursos Minerales.

A continuación, se muestra la relación de los sondajes que han intervenido en la Estimación de Recursos Minerales. No estaba incluida en la base de datos muestras de labores subterráneas.

*Tabla 2.*  
*Sondajes para la Estimación de Recursos Minerales*

	<b>Pariahuanca</b>	<b>Jumasha</b>	
	<b>Code: LIT45</b>	<b>Code: LIT25</b>	
	AT07	AT01	
	AT21	AT02	
	AT25	AT03	
	AT27	AT08	
	AT28	AT09	
	AT29	AT10	
	AT30	AT11	
	AT32	AT38	
	AT33	AT39	
	AT34	AT40	
	AT35	AT41	
	AT42	AT51	
	AT43	AT52	
	AT44	AT54	
	AT45	AT55	
	AT46	AT61	
	AT47	AT62	
	AT73	AT63	
	AT75	AT64	
	AT76	AT65	
	AT77	AT66	
	AT78	AT67	
	AT80	AT68	
	AT81	AT69	
	AT82		
<b>Sub Total</b>	<b>25</b>	<b>24</b>	<b>49</b>

*Fuente: Cía. Minera Santa Luisa*

La Tabla 3 muestra la estructura de la información, importada al MineSight.

**Tabla 3.**  
**Campos de los Registros de las Tablas**

Campos de los Registros de las Tablas	
	IDENTIFICACIÓN DEL SONDAJE
	ESTE
<b>HEADER</b>	NORTE
	ELEVACION
	LONGITUD
	IDENTIFICACIÓN DEL SONDAJE
	FROM
<b>SURVEY</b>	TO
	AZIMUT
	DIP
	IDENTIFICACIÓN DEL SONDAJE
	FROM
	TO
	Zn (%)
<b>ASSAYS</b>	Pb (%)
	Ag (Oz)
	Ag (ppm)
	Cu (%)
	Fe (%)
	IDENTIFICACIÓN DEL SONDAJE
	FROM
<b>LITOLOGIA</b>	TO
	CODE LITO

*Fuente: Data Mine Sight.*

#### 4.2.2. Gravedad Específica

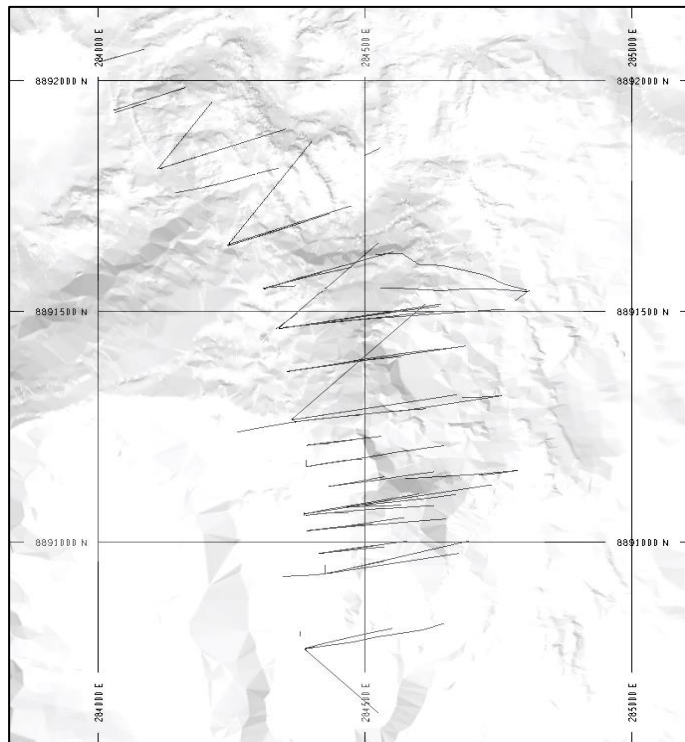
Compañía Minera Santa Luisa ha usado el valor de 3.2 TM / m<sup>3</sup> para el mineral de la Formación Jumasha y 3.4 TM / m<sup>3</sup> para el mineral de la Formación Pariahuanca.

### 4.2.3. Topografía

Compañía Minera Santa Luisa realizó la malla topográfica, utilizando curvas cada 2 m, las cuales han sido levantadas con estación total y amarradas a un punto base conocido. En el proyecto Atalaya no se tiene labores subterráneas.

*Ilustración 16.*

*Plano de Distribución de Sondajes*



*Fuente: Departamento de Topografía*

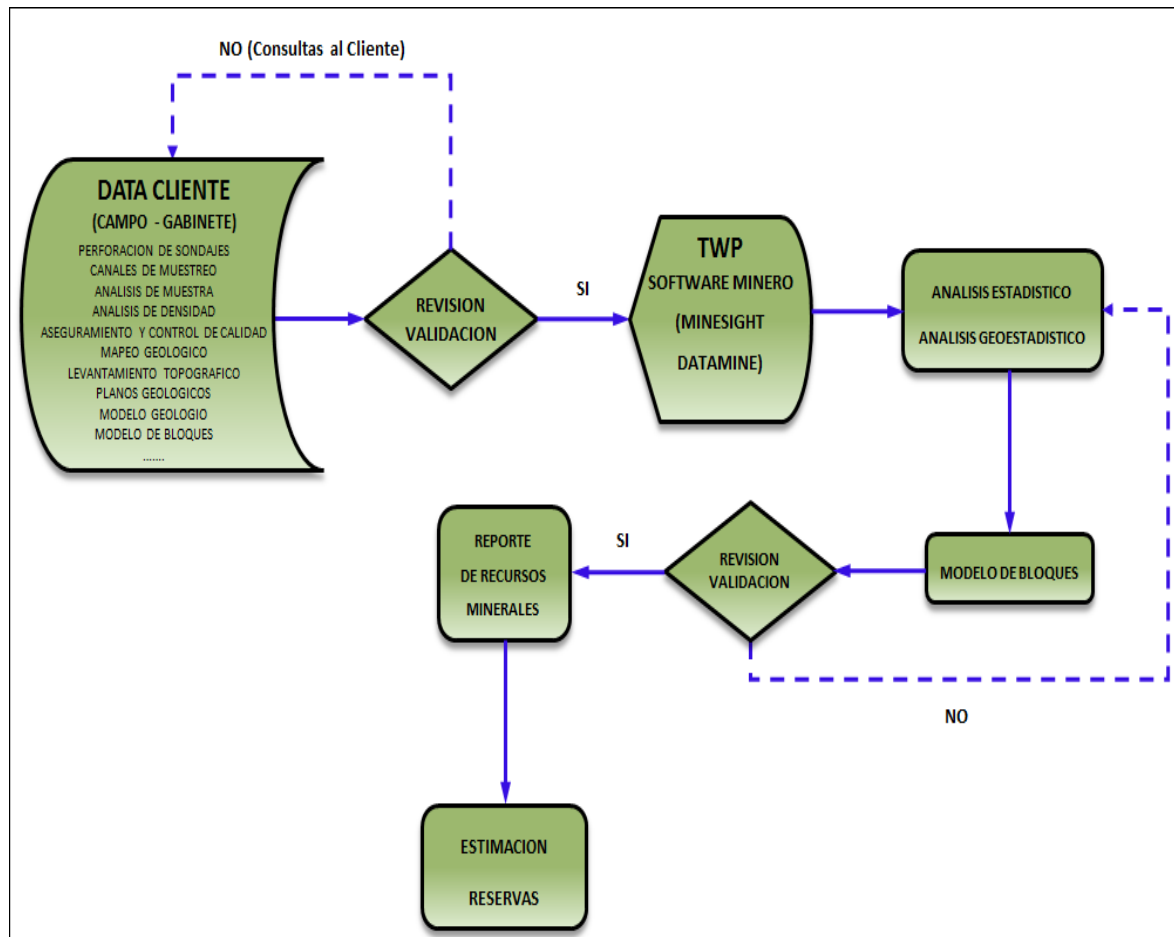
### 4.2.4. Revisión y Validación de Recursos Minerales

Para la Revisión y Validación de la Estimación de Recursos Minerales, del Proyecto Atalaya, Compañía Minera Santa Luisa, entrego la información necesaria, conformada por la base de datos de los sondajes ejecutados, modelo geológico y modelo de bloques. Esta información fue entregada en archivos Excel y formato Minesight.

La Ilustración 1, muestra el flujo grama aplicado, para el proceso de Revisión y Validación de la Estimación de Recursos Minerales.

**Ilustración 17.**

*Flujograma de Revisión y Validación - Estimación de Recursos Minerales.*



*Fuente: Cía. Minera Santa Luisa*

Los resultados de esta revisión y validación afirman, que el cálculo realizado por Compañía Minera Santa Luisa, se encuentra dentro de los estándares y códigos internacionales, sin embargo, se requiere realizar procesos de mejora continua con miras al desarrollo del estudio de Pre-Factibilidad y Factibilidad, estas recomendaciones se muestran en el capítulo de Recomendaciones, del presente informe. El Resumen del Reporte de Recursos Minerales, del Proyecto Atalaya, se muestra en la Tabla.

**Tabla 4.**  
*Reporte Recurso Minerales – Proyecto Atalaya*

RECURSO	Cutoff % Zn	Ton	Zn %	Pb %	Ag Oz/t	Cu %	RECURSO	Cutoff % Zn	Ton	Zn %	Pb %	Ag Oz/t	Cu %
	0.0	4,149,044	4.29	0.67	0.95	0.08		0.0	8,591,148	4.71	0.87	1.13	0.12
	1.0	4,145,444	4.29	0.67	0.95	0.08		1.0	8,585,419	4.71	0.87	1.13	0.12
	2.0	3,823,589	4.51	0.69	0.99	0.08		2.0	8,149,846	4.87	0.89	1.16	0.12
	2.5	3,440,226	4.77	0.73	1.03	0.08		2.5	7,514,196	5.10	0.92	1.19	0.12
<b>MEDIDO</b>	3.0	3,021,926	5.04	0.76	1.07	0.09	<b>MEDIDO</b>	3.0	6,748,178	5.36	0.95	1.23	0.12
	3.5	2,602,863	5.33	0.79	1.11	0.09	<b>INDICADO</b>	3.5	5,905,631	5.66	0.98	1.27	0.13
	4.0	2,176,786	5.64	0.83	1.15	0.09		4.0	5,037,818	5.99	1.01	1.30	0.13
	4.5	1,724,188	6.01	0.85	1.19	0.10		4.5	4,135,049	6.37	1.03	1.35	0.14
	5.0	1,329,774	6.39	0.87	1.23	0.10		5.0	3,378,145	6.74	1.06	1.40	0.14
	0.0	4,442,104	5.10	1.06	1.29	0.15		0.0	19,894,417	4.99	0.90	1.21	0.15
	1.0	4,439,975	5.10	1.06	1.29	0.15		1.0	19,493,047	5.08	0.91	1.22	0.15
	2.0	4,326,257	5.19	1.07	1.31	0.15		2.0	18,044,757	5.36	0.94	1.25	0.15
	2.5	4,073,970	5.37	1.09	1.33	0.15	<b>MEDIDO</b>	2.5	16,743,836	5.60	0.96	1.28	0.15
<b>INDICADO</b>	3.0	3,726,252	5.62	1.11	1.37	0.15	<b>INDICADO</b>	3.0	15,033,466	5.92	0.99	1.31	0.16
	3.5	3,302,768	5.92	1.13	1.39	0.16	<b>INFERIDO</b>	3.5	13,386,016	6.25	1.02	1.34	0.16
	4.0	2,861,032	6.26	1.15	1.42	0.16		4.0	11,830,858	6.58	1.04	1.37	0.17
	4.5	2,410,861	6.63	1.16	1.47	0.16		4.5	9,962,626	7.02	1.09	1.43	0.18
	5.0	2,048,371	6.96	1.18	1.52	0.17		5.0	8,453,097	7.43	1.12	1.48	0.18
	0.0	11,303,269	5.21	0.92	1.27	0.17							
	1.0	10,907,628	5.37	0.94	1.29	0.17							
	2.0	9,894,911	5.76	0.97	1.32	0.18							
	2.5	9,229,640	6.01	1.00	1.35	0.18							
<b>INFERIDO</b>	3.0	8,285,288	6.38	1.03	1.37	0.19							
	3.5	7,480,385	6.72	1.05	1.40	0.19							
	4.0	6,793,040	7.02	1.07	1.43	0.20							
	4.5	5,827,577	7.49	1.13	1.49	0.20							
	5.0	5,074,952	7.89	1.17	1.53	0.21							

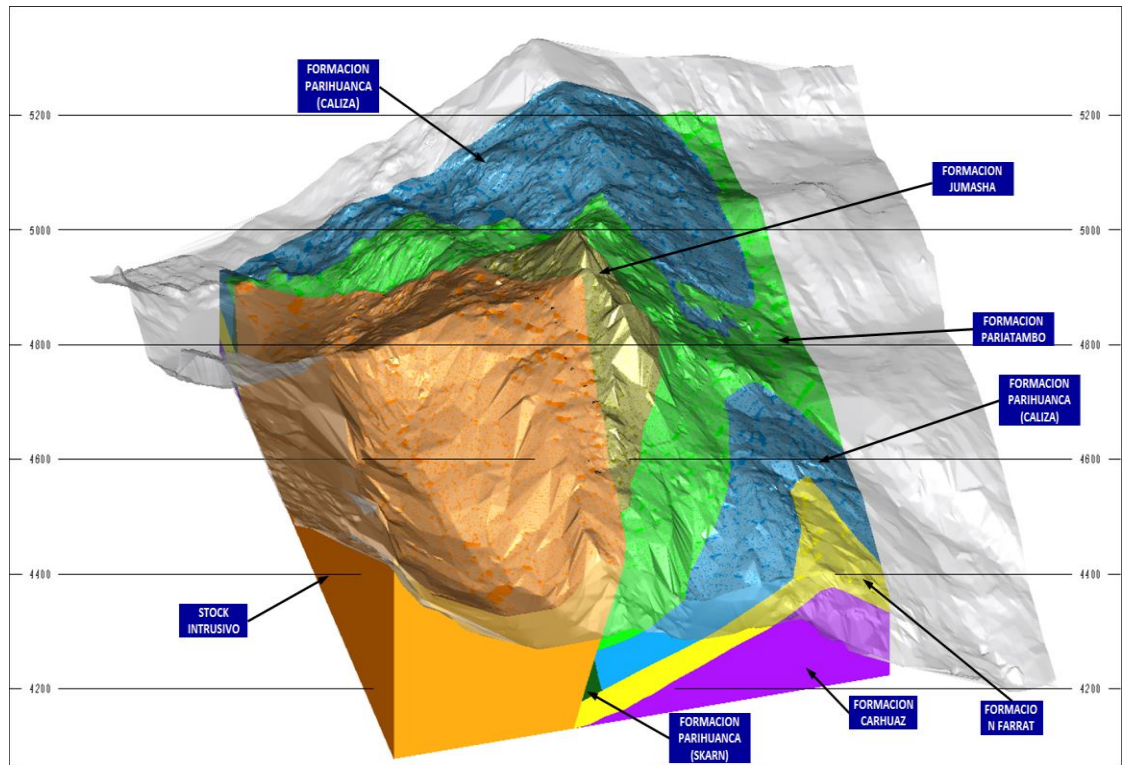
*Fuente: Cía. Minera Santa Luisa*

#### 4.2.5. Modelo Geológico

##### Modelo Litológico

Compañía Minera Santa Luisa en el año 2021 junto al área de geología ha construido el modelo litológico del Proyecto Atalaya, en base a secciones geológicas interpretadas por los geólogos del Proyecto. El modelo litológico comprende las formaciones: Jumasha, Pariatambo, Pariahuanca, Farrat y Carhuaz. Así mismo se ha modelado el intrusivo.

**Ilustración 18.**  
*Modelo Litológico*

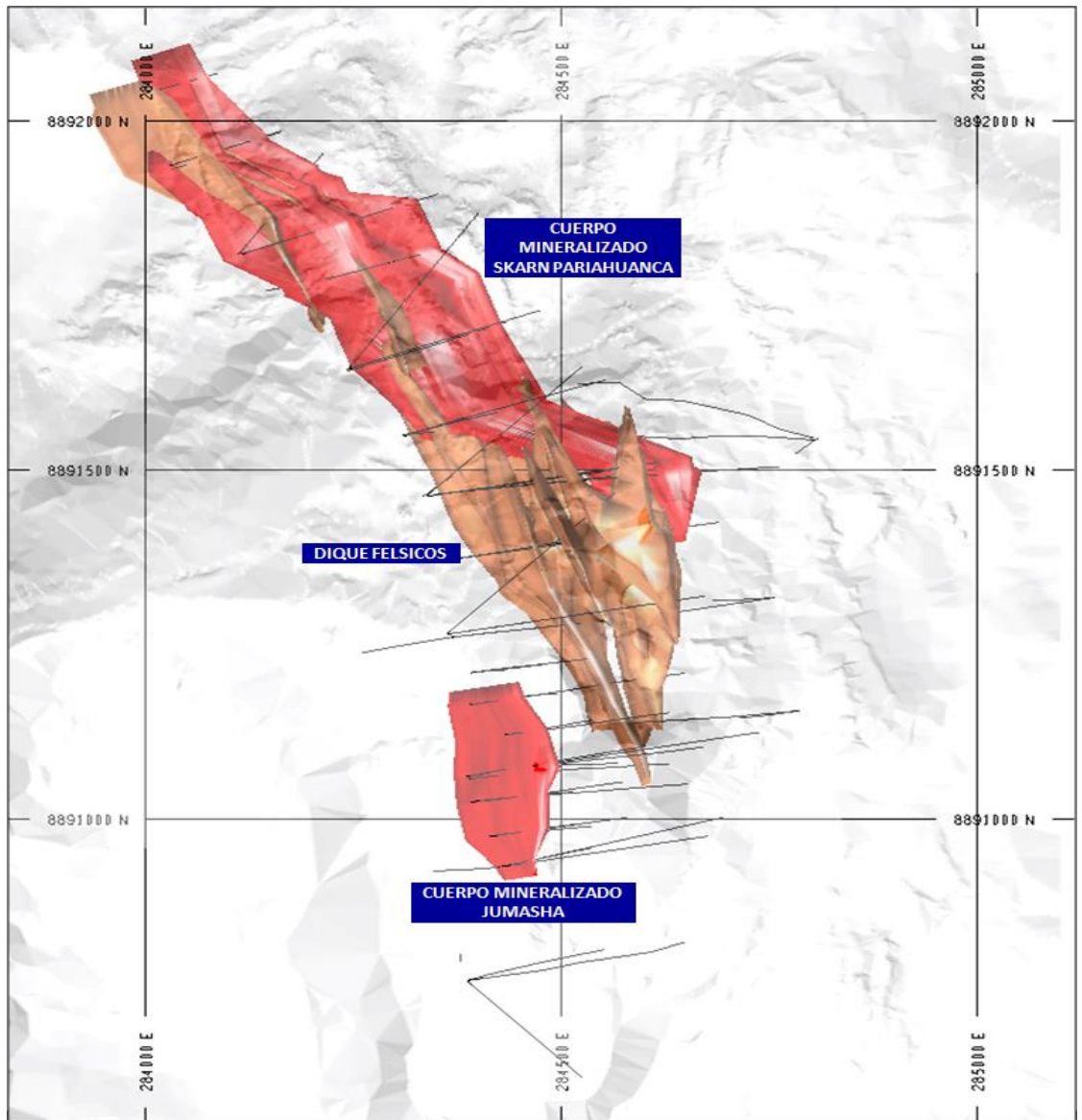


*Fuente: Cía. Minera Santa Luisa – MineSight (2021).*

### **Modelo Mineralizado**

Compañía Minera Santa Luisa elabora el modelo mineralizado, en base al modelo litológico, para lo cual ha realizado envolventes de mineral con una ley mínima de 1% Zn. El modelo mineralizado ha sido interpretado en la Formación Pariahuanca (zona de Skarn) y en la Formación Jumasha, interceptada por diques félsicos.

**Ilustración 19.**  
*Modelo Mineralizado – Vista Planta*

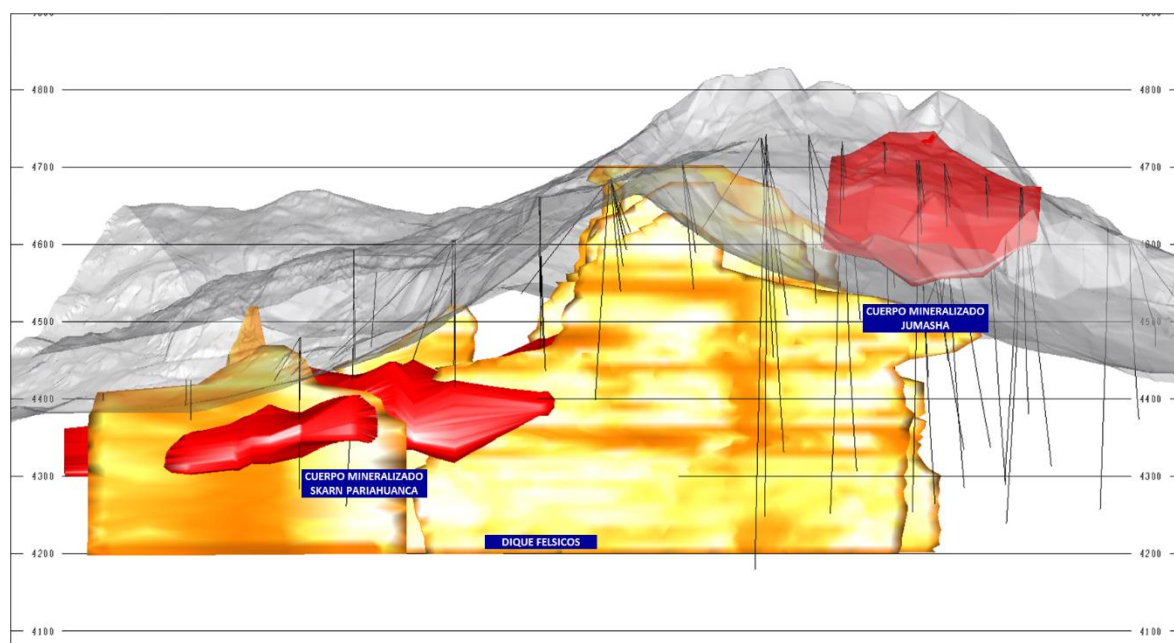


*Fuente: Cía. Minera Santa Luisa – MineSight.*

Se considera que la metodología aplicada por Cía. Minera Santa Luisa, para la construcción del Modelo Geológico, cumple con los requisitos exigidos por la norma canadiense NI43-101.

## Ilustración 20.

### Modelo Mineralizado – Vista Longitudinal



Fuente: Cía. Minera Santa Luisa.

#### 4.2.6. Parámetros del Modelo de Bloques

Compañía Minera Santa Luisa configuró y procesó el modelo de bloques geológico en 3D en MineSight con los parámetros mostrados en la Tabla 6.

Tabla 5.

Parámetros del Modelo de Bloques

	MINIMO	MAXIMO	TAMAÑO BLOCK	# BLOCKS	ROTACION	PTO ORIGEN
ESTE	0	800	5	160	0	283940
NORTE	0	1300	5	260	0	8890900
ELEVACION	4250	4820	5	114	0	0

#### 4.2.7. Estadística Descriptiva de Datos Originales

Compañía Minera Santa Luisa ha realizado la codificación de 02 zonas de Mineral, asignando el código 25 para el cuerpo mineral en la Formación Jumasha y 45 para cuerpo mineral del Skarn en la Formación Pariahuanca. Se usó esta codificación para revisar la estadística descriptiva de los Datos Originales



calculado por la empresa. La Tabla 7 muestra la estadística descriptiva de los cuerpos mineralizado, se observa que los valores altos del Zn, Pb, Ag y Cu, en promedio, se encuentran en la Formación Pariahuanca (skarn), con respecto a los coeficientes de variación estos presentan valores mayores 1, a excepción del Zinc en Jumasha, lo cual nos indicaría que existen algunas pequeñas poblaciones con valores altos.

**Tabla 6.**  
*Estadística Descriptiva de los Datos Originales*

**ESTADISTICA BASICA DE DATOS ORIGINALES : JUMASHA**

Elemento	N° Muestras	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Est.	Varianza	Coef. Var.
Zn (%)	797	0.01	26.00	4.48	3.61	12.99	0.80
Pb (%)	797	0.00	5.20	0.55	0.86	0.74	1.56
Ag (oz)	797	0.01	5.11	0.94	0.76	0.57	0.81
Cu (%)	797	0.00	1.16	0.06	0.06	0.00	0.90

**ESTADISTICA BASICA DE DATOS ORIGINALES : SKARN PARIHUANCA**

Elemento	N° Muestras	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Est.	Varianza	Coef. Var.
Zn (%)	964	0.00	37.20	5.52	5.98	35.74	1.08
Pb (%)	964	0.00	13.80	1.12	1.83	3.34	1.64
Ag (oz)	964	0.00	22.15	1.37	1.52	2.32	1.11
Cu (%)	964	0.00	9.16	0.19	0.45	0.20	2.41

**4.2.8. Gráficos Estadísticos de los Datos Originales**

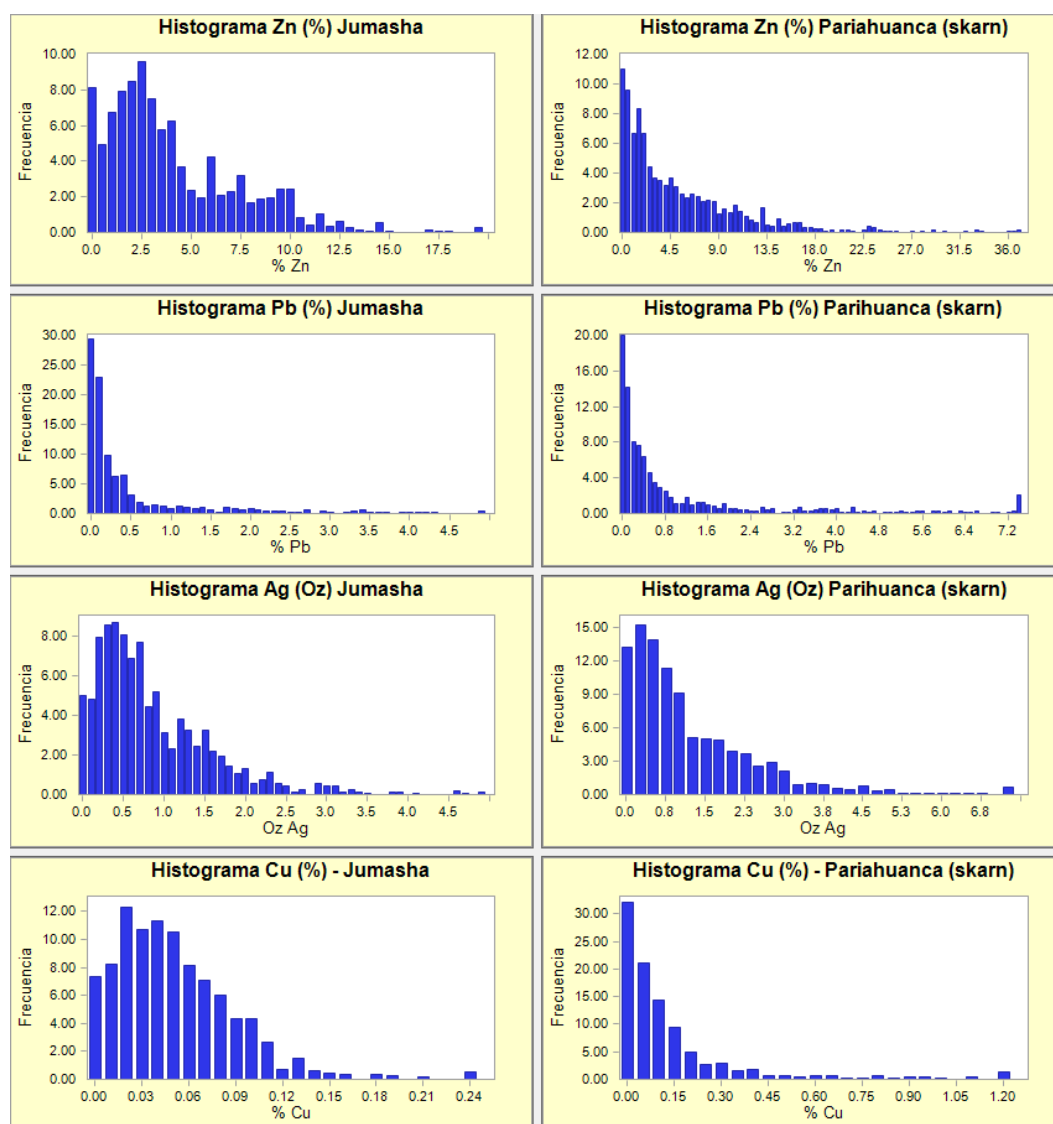
Se realizó gráficos estadísticos (histogramas y curvas de probabilidad) de los datos originales para observar la cantidad de poblaciones, sesgo y posibles valores altos.

Cabe mencionar que los datos originales se obtuvieron con sondajes diamantinos y los mapeos geológicos del Proyecto Atalaya, por lo tanto, los modelos mineralizados se obtuvieron de estos datos.

## Histogramas

En la Ilustración 16 se muestra los histogramas para el Zinc, Plomo, Plata y Cobre, los cuales muestran un sesgo positivo para la zona de mineral.

*Ilustración 21.*  
*Histograma de los Datos Originales*

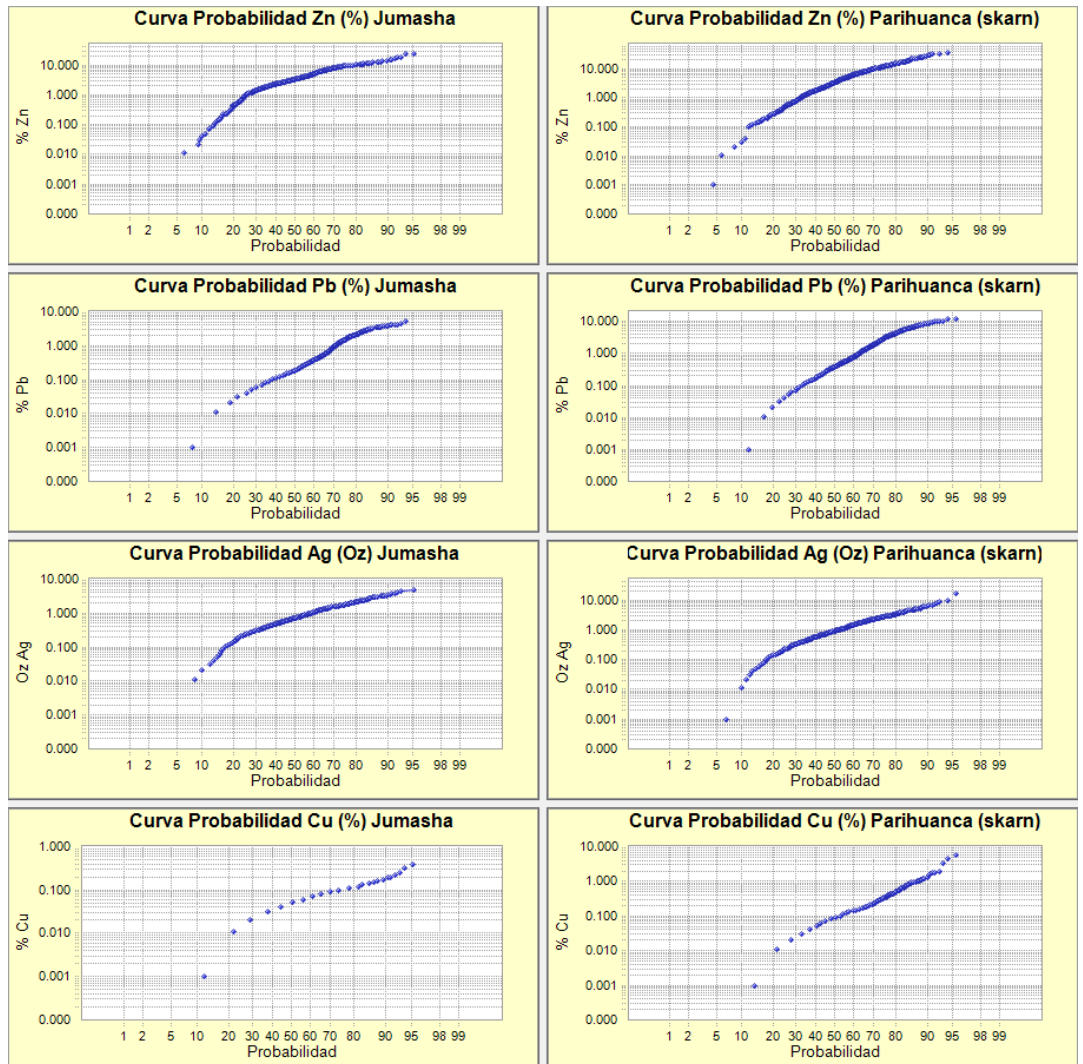


## Curvas de Probabilidad

En la Figura 2.12 se muestra los gráficos de ploteo probabilístico para el Zinc, Plomo, Plata y Cobre, los cuales muestran, en general, una sola población de datos, pero con altos erráticos.

### Ilustración 22.

Curvas de Probabilidad de los Datos Originales

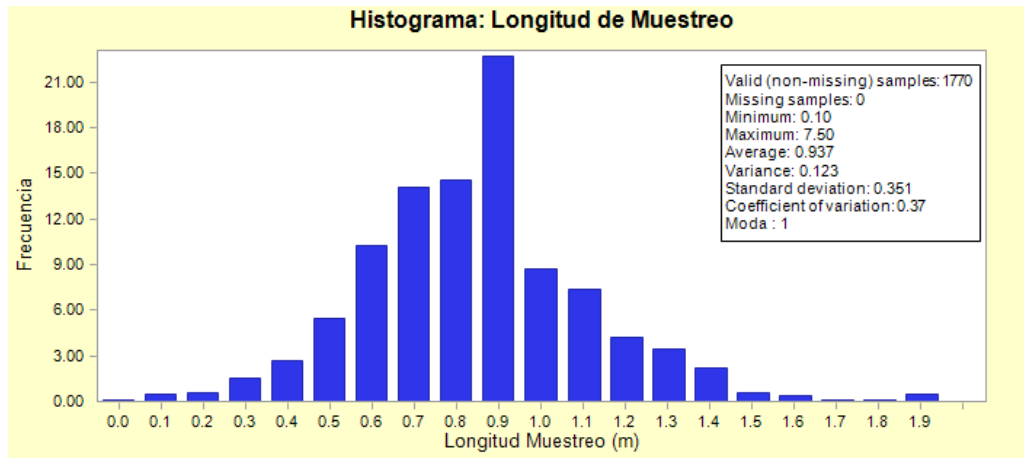


#### 4.2.9. Compósito

Se realizó el compósito de las muestras a 1 m, y condicionó, que las muestras menores a 0.50 m, sean adicionados al tramo anterior. El tamaño de compósito, considerado por la empresa no se encuentra sustentado en el informe de Estimación de Recursos. Para esto se realizó un histograma (Ilustración 18) para corroborar esta longitud y está parcialmente conforme con lo aplicado por Compañía Minera Santa Luisa; sin embargo, se recomienda sustentar este tamaño de compósito en base a un análisis estadístico de mayor detalle.

**Ilustración 23.**

*Histograma de Longitud de Muestreo*



**4.2.10. Estadística Descriptiva de los Datos Compositados**

La Tabla 7 nos muestra la estadística descriptiva de la zona mineral de Jumasha y Pariahuanca. En esta tabla se observa que, Pariahuanca presenta mayores valores, en promedio, del Zn, Pb, Ag y Cu, respecto a Jumasha. El valor del coeficiente de variación para ambas zonas, entre 1 y 2, recomienda realizar una estimación de leyes por Kriging Ordinario.

**Tabla 7.**

*Estadística Descriptiva de los Datos Compositados*

**ESTADISTICA BASICA DE DATOS COMPOSITADOS : JUMASHA**

Elemento	N° Muestras	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Est.	Varianza	Coef. Var.
Zn (%)	680	0.01	20.57	4.27	3.12	9.71	0.73
Pb (%)	680	0.00	4.93	0.54	0.80	0.64	1.49
Ag (oz)	680	0.01	4.63	0.90	0.68	0.46	0.75
Cu (%)	680	0.00	1.16	0.06	0.06	0.00	0.92

**ESTADISTICA BASICA DE DATOS COMPOSITADOS : SKARN PARIHUANCA**

Elemento	N° Muestras	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Est.	Varianza	Coef. Var.
Zn (%)	964	0.00	37.20	5.40	5.17	26.69	0.96
Pb (%)	964	0.00	11.70	1.14	1.72	2.96	1.51
Ag (oz)	964	0.00	22.15	1.34	1.40	1.95	1.04
Cu (%)	964	0.00	7.31	0.18	0.41	0.16	2.21

## 4.2.11. Gráficos Estadísticos de los Datos Compositados

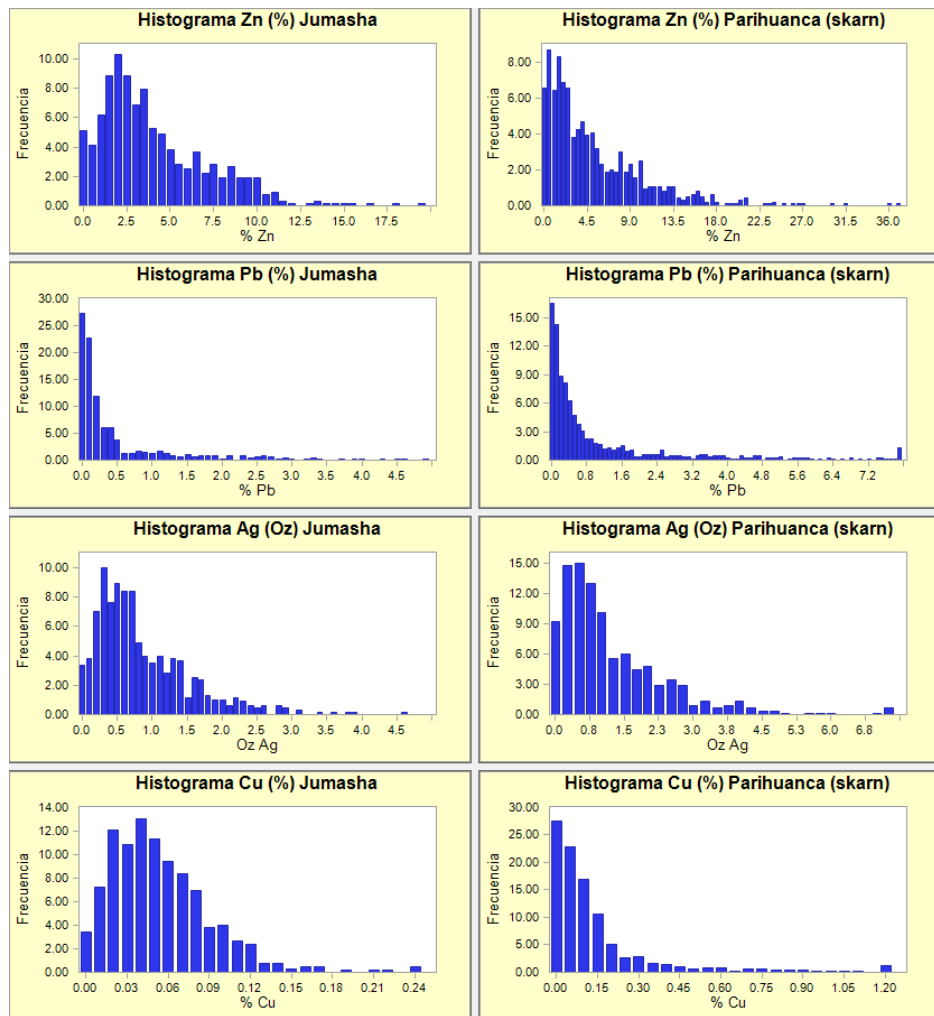
### Histogramas

Se realizó gráficos estadísticos para observar la distribución de los Datos Compositados

En la Ilustración 19 los histogramas para el Zinc, Plomo, Plata y Cobre muestran un sesgo positivo para la zona de mineral.

*Ilustración 24.*

*Histograma de los Datos Compositados*



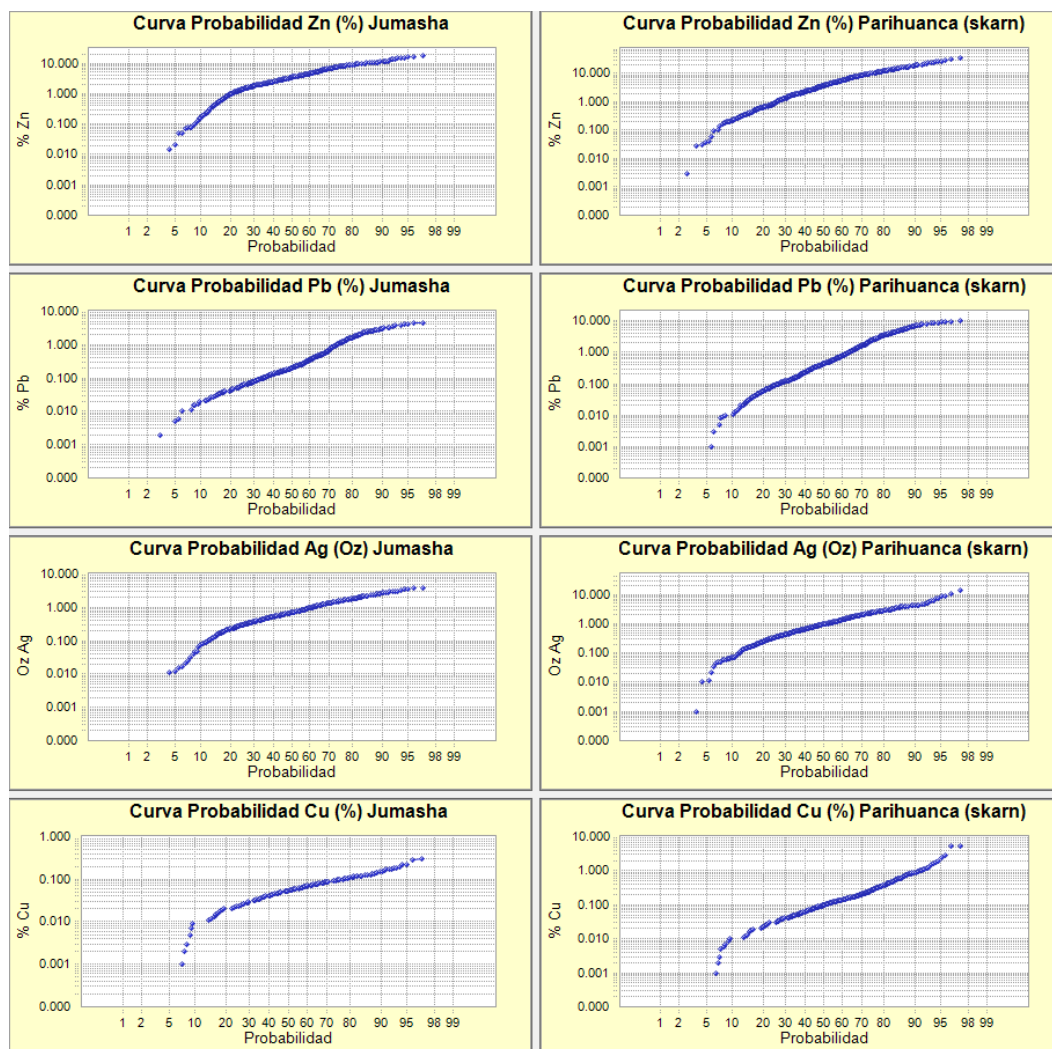
## Curvas de Probabilidad

Se realizó gráficos estadísticos para observar la distribución de los datos.

La Ilustración 20 muestra los gráficos de Curvas de Probabilidad Acumulada, que, junto con los Histogramas, han sido utilizadas para validar el Valor de Capping calculado por CMSL de la Ley de Zinc, Plomo, Plata y Cobre, tanto de la zona de Jumasha y Pariahuanca. En general, se observan una población robusta con altos erráticos.

*Ilustración 25.*

*Curva de Probabilidad de los Datos Compositados*



#### 4.2.12. Valores Capping del Cuerpo Mineral

Todos los histogramas experimentales presentan una ley de distribución “Log” normal. Los histogramas logarítmicos correspondientes manifiestan con mayor claridad la presencia de una población pequeña de valores erráticos. La empresa consideró no eliminar, de la base de datos, los valores mayores o iguales a los valores capping, en lugar de ello, participan en un procedimiento especial de encapsulamiento, en la etapa del Kriging. Se revisó los valores de capping (Tabla 8) para el Zinc, Plomo, Plata y Cobre; y estos coinciden con lo informado por la empresa.

*Tabla 8.*  
*Valores Límite de los Altos Erráticos*

Elemento	Jumasha	Parihuanca
Zn	13	20
Pb	3	8
Ag	3	5
Cu	0	1

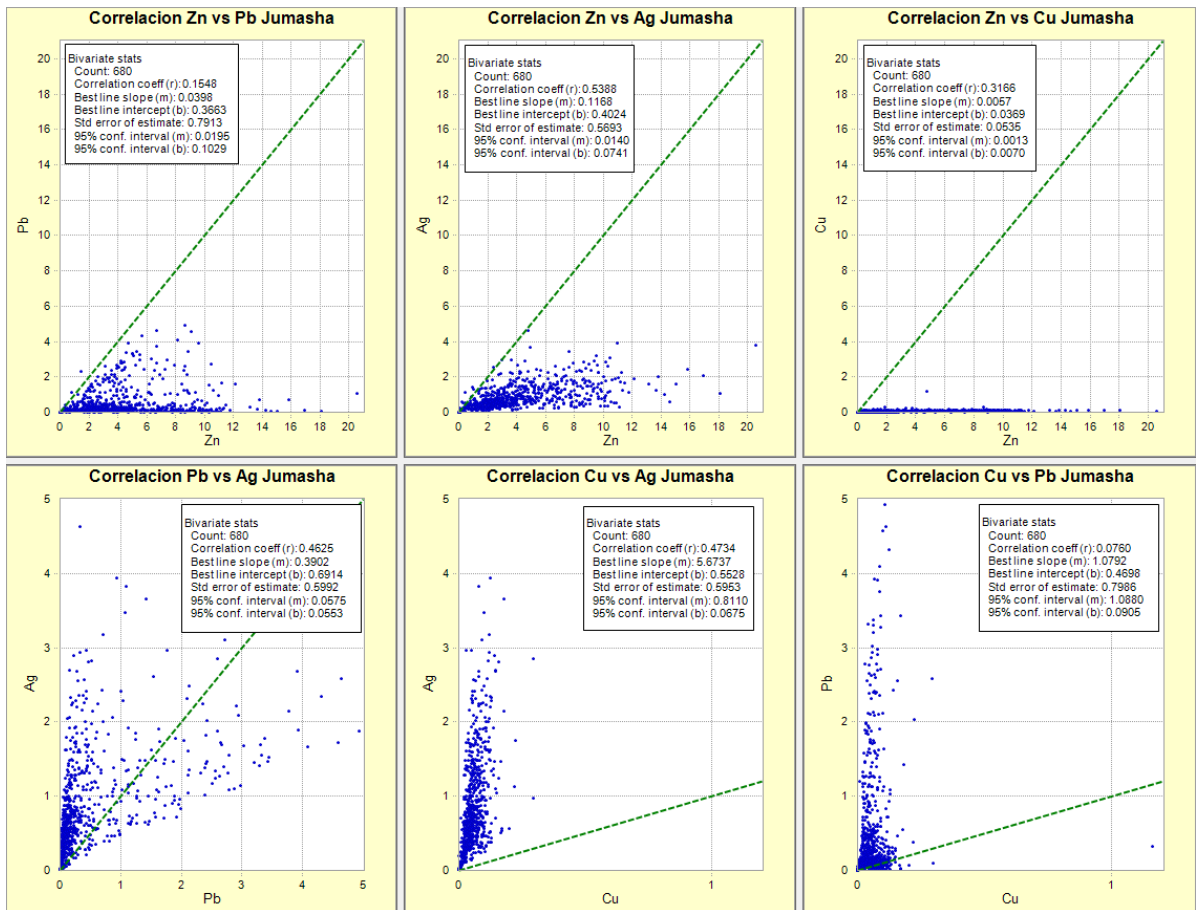
#### 4.2.13. Correlación de Metal

Se considera una correlación menor a 0.5 como pobre, entre 0.5 y 0.8 correlación moderada y mayor a 0.8 como buena. La Tabla 9 y 10 resume la correlación entre los metales en estudio, en la cual, la correlación entre el Zn, Pb, Ag y Cu es pobre; así mismo, esta correlación, es corroborada con los gráficos respectivos (Ilustración 21 y 22). La empresa ha realizado un análisis variográfico por cada elemento debido a que estos no presentan una buena correlación.

**Tabla 9.**  
**Correlación de Elementos – Jumasha**

Elemento	Zn	Pb	Ag	Cu
Zn	1.00	0.15	0.54	0.32
Pb	0.15	1.00	0.46	0.08
Ag	0.54	0.46	1.00	0.47
Cu	0.32	0.08	0.47	1.00

**Ilustración 26.**  
**Correlación de Elementos – Jumasha**

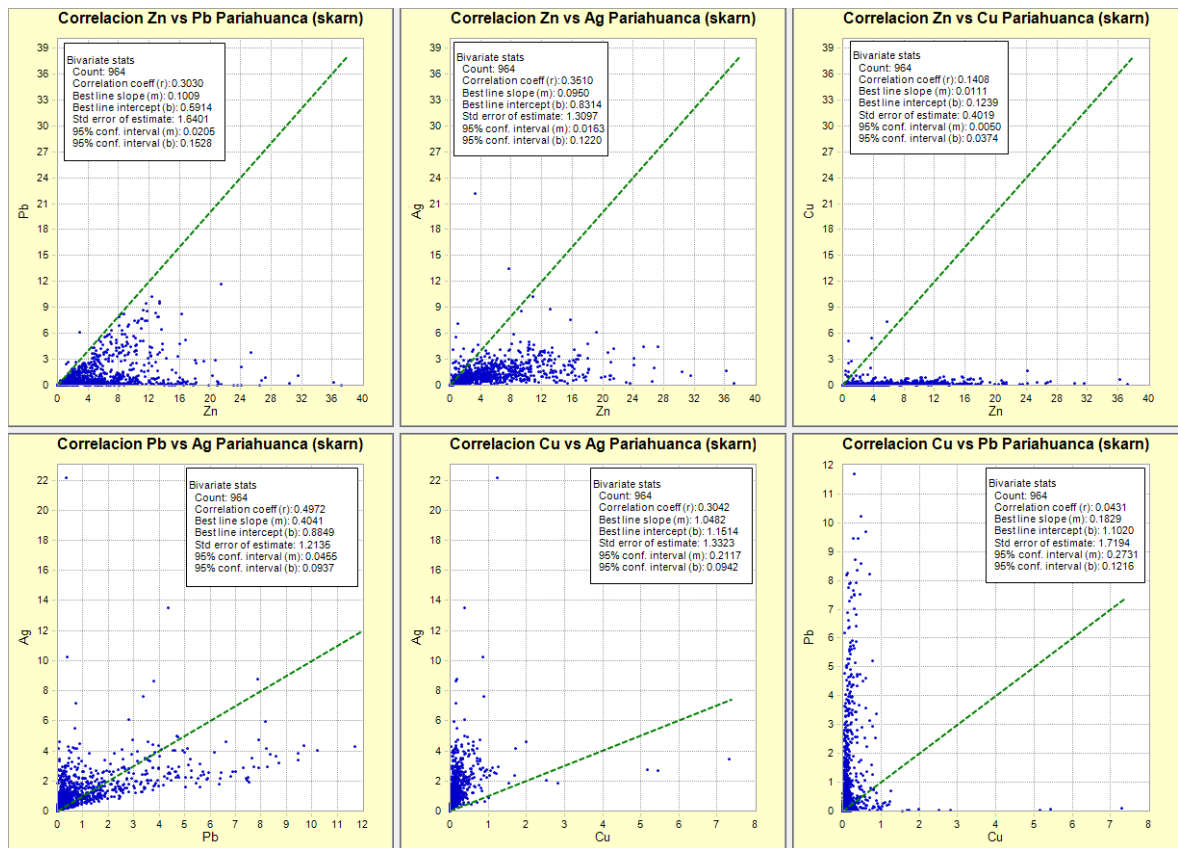




**Tabla 10.**  
**Correlación de Elementos – Pariahuanca (Skarn)**

Elemento	Zn	Pb	Ag	Cu
Zn	1.00	0.30	0.35	0.14
Pb	0.30	1.00	0.50	0.04
Ag	0.35	0.50	1.00	0.30
Cu	0.14	0.04	0.30	1.00

**Ilustración 27.**  
**Correlación Elementos – Pariahuanca (Skarn)**



#### 4.2.14. Variografía

La empresa ha realizado el análisis estructural por dominio litológico (Jumasha y Pariahuanca) y elemento (Zn, Pb, Ag y Cu) a partir de variogramas experimentales en 03 direcciones. La dirección principal tiene la orientación de la estructura con una inclinación de 0° para la zona de Jumasha y de 15° para la

zona de Pariahuanca; esta dirección constituye el eje principal ( $a_1$ ) del elipsoide de influencia. La otra dirección del elipsoide correspondiente al eje ( $a_2$ ), tiene una orientación perpendicular a la estructura con una inclinación en dirección de la estructura y el tercer eje ( $a_3$ ) del elipsoide sigue una dirección perpendicular al plano que forman los ejes ( $a_1$ ) y ( $a_2$ ). La Tabla 11 resume los parámetros variográficos calculados por la empresa. No se ha podido corroborar el modelamiento de los variogramas experimentales, por lo cual se recomienda que, en la estimación de recursos del proyecto Atalaya, proporcionado por la empresa, se detalle este modelamiento.

**Tabla 11.**  
*Parámetros Variográficos*  
*(Jumasha y Pariahuanca)*

ZONA MINERAL - JUMASHA							ZONA MINERAL - PARIHUANCA (SKARN)						
Elemento	Nugget	C <sub>0</sub>	Sill	a <sub>1</sub>	Ang. Int	Dirección	Elemento	Nugget	C <sub>0</sub>	Sill	a <sub>1</sub>	Ang. Int	Dirección
Zn	0.20	0.80	1.00	120	165	Principal	Zn	0.20	0.80	1.00	100	135	Principal
Zn	0.20	0.80	1.00	30	0	Secundaria	Zn	0.20	0.80	1.00	30	-5	Secundaria
Zn	0.20	0.80	1.00	30	-60	Vertical	Zn	0.20	0.80	1.00	30	-25	Vertical
Pb	0.23	0.77	1.00	150	165	Principal	Pb	0.20	0.80	1.00	90	155	Principal
Pb	0.23	0.77	1.00	34	0	Secundaria	Pb	0.20	0.80	1.00	50	20	Secundaria
Pb	0.23	0.77	1.00	20	-70	Vertical	Pb	0.20	0.80	1.00	50	-15	Vertical
Ag	0.55	0.45	1.00	140	170	Principal	Ag	0.40	0.60	1.00	120	135	Principal
Ag	0.55	0.45	1.00	28	0	Secundaria	Ag	0.40	0.60	1.00	30	15	Secundaria
Ag	0.55	0.45	1.00	28	-60	Vertical	Ag	0.40	0.60	1.00	30	-85	Vertical
Cu	0.20	0.80	1.00	90	175	Principal	Cu	0.30	0.70	1.00	120	140	Principal
Cu	0.20	0.80	1.00	30	0	Secundaria	Cu	0.30	0.70	1.00	18	15	Secundaria
Cu	0.20	0.80	1.00	30	-60	Vertical	Cu	0.30	0.70	1.00	16	-75	Vertical

*Fuente: Cía. Minera Santa Luisa.*

#### 4.3. Prueba de Hipótesis

La prueba de hipótesis la efectuamos de acuerdo con la variable Independiente y variable dependiente, que fueron determinada en la investigación y mediante las cuales se acepta la hipótesis: Con la geología del Proyecto Atalaya, efectuaremos la estimación de los recursos minerales de la Compañía Minera Santa Luisa S.A.

Con el proceso de determinar la geología del proyecto Atalaya, se logra estimar los recursos minerales económicos presentes en formación Jumasha y formación Pariahuanca, con estos recursos Cía. Minera Santa Luisa, incrementa sus reservas y producción, manteniéndose como uno de los líderes de la minería en el Perú.

- ❖ **H0:** Geología del Proyecto Atalaya de la Compañía Minera Santa Luisa S.A.
- ❖ **H1:** Estimación de los Recursos Minerales de la Compañía Minera Santa Luisa S.A.
- ❖ **H2:** Recursos minerales y tipo de yacimiento que tiene la Compañía Minera Santa Luisa S.A.

#### 4.4. Discusión de Resultados

##### 4.1.1. Discusión del Plan de Estimación de los Recursos Minerales

##### Determinación de los Campos para el Modelo de Bloques

La Tabla 12 muestra los campos utilizados por Compañía Minera Santa Luisa para el cálculo de recursos en el modelo de bloques y con los cuales se ha realizado la revisión y validación del modelo de bloques.

**Tabla 12.**  
*Campos Modelo de Bloques*

Campo	Descripción	Campo	Descripción
OKZN	Leyes de Zn interpolados por Kriging Ordinario	NCZN	Numero de Compositos calculado para el Zn
OKAG	Leyes de Ag interpolados por Kriging Ordinario	NDZN	Numero de Drillholes calculado para el Zn
OKPB	Leyes de Pb interpolados por Kriging Ordinario	LIT1	Codigo de cuerpo mineralizado en el modelo de bloques
OKCU	Leyes de Cu interpolados por Kriging Ordinario	%LIT1	Porcentaje de cuerpo mineral en el modelo de bloques
NNZN	Leyes de Zn interpolados por Vecino más Cercano	VARZN	Varianza calculada para el Zn
NNAG	Leyes de Ag interpolados por Vecino más Cercano	CATF	Categorización de Recursos (1: Medido 2: Indicado 3: Inferido)
NNPB	Leyes de Pb interpolados por Vecino más Cercano	PEMIN	Peso Especifico Mineral
NNCU	Leyes de Cu interpolados por Vecino más Cercano	PELIT	Peso Especifico Litología
DIZN	Distancia calculada entre compositos para el Zn	LITKT	Codigo de Zona por Categoría
DPZN	Distancia promedio calculada entre compositos para el Zn	DIFZN	Diferencia entre OK y NN

*Fuente: Muestreo de Campo y Planeamiento.*

## Resultado y Orientación del Variograma

Con respecto a los resultados del variograma tenemos que; el primer elipsoide corresponde a tres veces el alcance del variograma, el segundo elipsoide posee parámetros que corresponde al resultado del variograma. Por lo tanto, se considera que los elipsoides de búsqueda generados por la empresa están orientados correctamente. La Tabla 13 muestra los parámetros del segundo Elipsoide de búsqueda (resultado de variograma) usada por la empresa. La Ilustración 27 y 28 muestra la orientación del elipsoide de búsqueda usadas por la empresa para la zona de Jumasha y Pariahuanca.

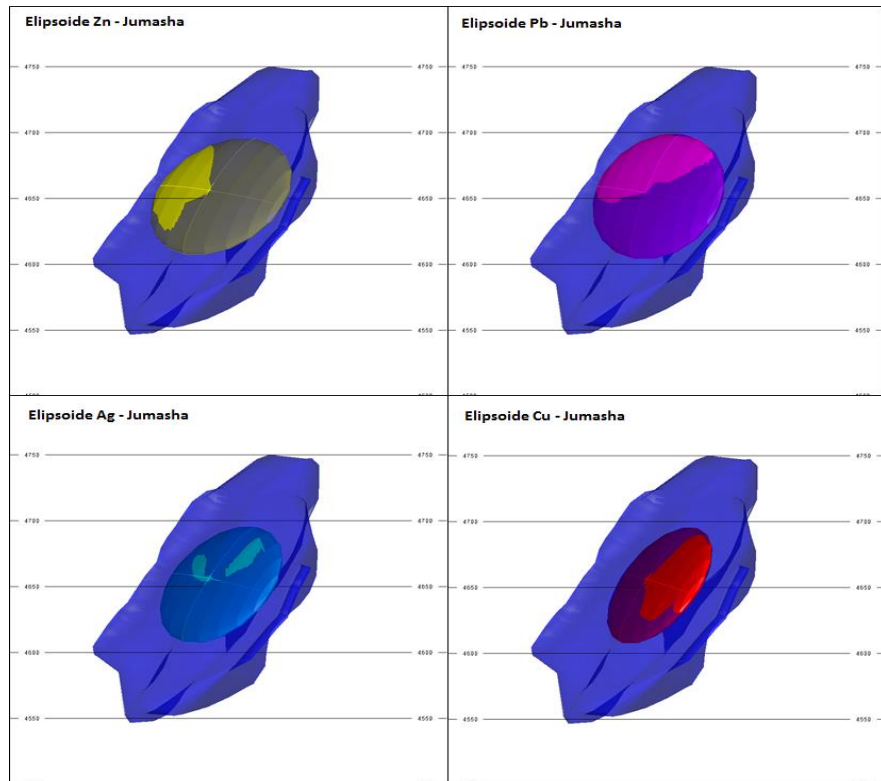
**Tabla 13.**

*Parámetros del Plan de Estimación*

ZONA MINERAL - JUMASHA							ZONA MINERAL - PARIHUANCA (SKARN)						
Elemento	Nugget	C <sub>0</sub>	Sill	a <sub>1</sub>	Ang. Int	Dirección	Elemento	Nugget	C <sub>0</sub>	Sill	a <sub>1</sub>	Ang. Int	Dirección
Zn	0.20	0.80	1.00	120	165	Principal	Zn	0.20	0.80	1.00	100	135	Principal
Zn	0.20	0.80	1.00	30	0	Secundaria	Zn	0.20	0.80	1.00	30	-5	Secundaria
Zn	0.20	0.80	1.00	30	-60	Vertical	Zn	0.20	0.80	1.00	30	-25	Vertical
Pb	0.23	0.77	1.00	150	165	Principal	Pb	0.20	0.80	1.00	90	155	Principal
Pb	0.23	0.77	1.00	34	0	Secundaria	Pb	0.20	0.80	1.00	50	20	Secundaria
Pb	0.23	0.77	1.00	20	-70	Vertical	Pb	0.20	0.80	1.00	50	-15	Vertical
Ag	0.55	0.45	1.00	140	170	Principal	Ag	0.40	0.60	1.00	120	135	Principal
Ag	0.55	0.45	1.00	28	0	Secundaria	Ag	0.40	0.60	1.00	30	15	Secundaria
Ag	0.55	0.45	1.00	28	-60	Vertical	Ag	0.40	0.60	1.00	30	-85	Vertical
Cu	0.20	0.80	1.00	90	175	Principal	Cu	0.30	0.70	1.00	120	140	Principal
Cu	0.20	0.80	1.00	30	0	Secundaria	Cu	0.30	0.70	1.00	18	15	Secundaria
Cu	0.20	0.80	1.00	30	-60	Vertical	Cu	0.30	0.70	1.00	16	-75	Vertical

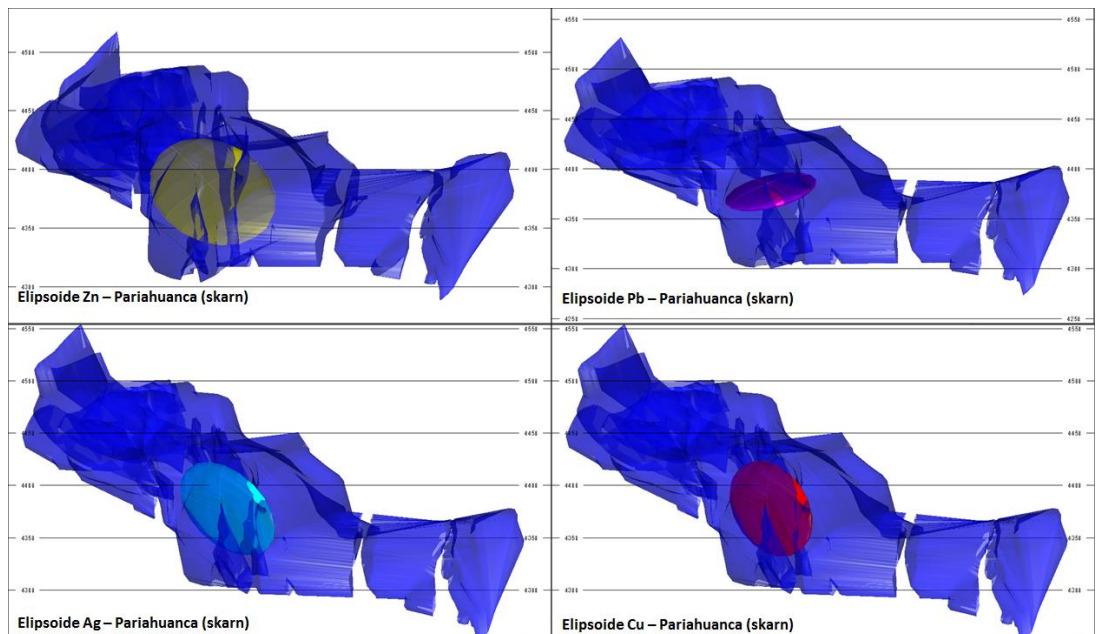
*Fuente: Muestreo de Campo y Planeamiento.*

**Ilustración 28.**  
Orientación Elipsoide de Búsqueda – Jumasha



Fuente: Cía. Minera Santa Luisa – Minesight

**Ilustración 29.**  
Orientación Elipsoide de Búsqueda – Pariahuanca (Skarn)



Fuente: Cía. Minera Santa Luisa – MineSight.

## **Resultado del Número de Compositos**

Se considera que la configuración de los parámetros del número de compósito por block y sondajes, usados por la empresa son los adecuados.

Esta configuración está dada de la siguiente manera:

- Número mínimo de compositos por Block = 2
- Número máximo de compositos por Block = 16
- Número máximo de compositos por Sondaje = 4

La configuración anterior indica que la ley de 01 bloque será estimada con un mínimo de 02 compositos y un máximo de 16 compositos. El número máximo de compositos por sondaje (4), indica que por cada sondaje intervendrá como máximo 4 muestras (compositos). Este parámetro sirve para que la ley asignada al bloque este influenciado (en el mejor de los casos) a lo máximo por 4 sondajes distintos con 4 compositos por cada uno de estos (total 16 compositos por bloque); y sean los más cercanos posibles al bloque que se está estimando la ley. Caso contrario, si no se usara un número máximo de compositos por sondajes (dejarlo libre), cabe la posibilidad que un bloque sea influenciado por 16 compositos de un mismo sondaje, lo cual generaría una subestimación y/o sobre estimación del bloque.

### **4.4.1. Discretización del Bloque**

Para el cálculo numérico de los algoritmos de Kriging Cía. Minera Santa Luisa ha considerado la discretización de 5x5x5 puntos por bloque. Consideramos que la discretización usada por la empresa está dentro de los rangos permitidos

(no es menor a 30 puntos (XxYxZ) y en el eje Z es mayor a la razón entre la altura del banco y la longitud de compósito).

#### 4.4.2. Encapsulamiento de Valores Superiores al Capping

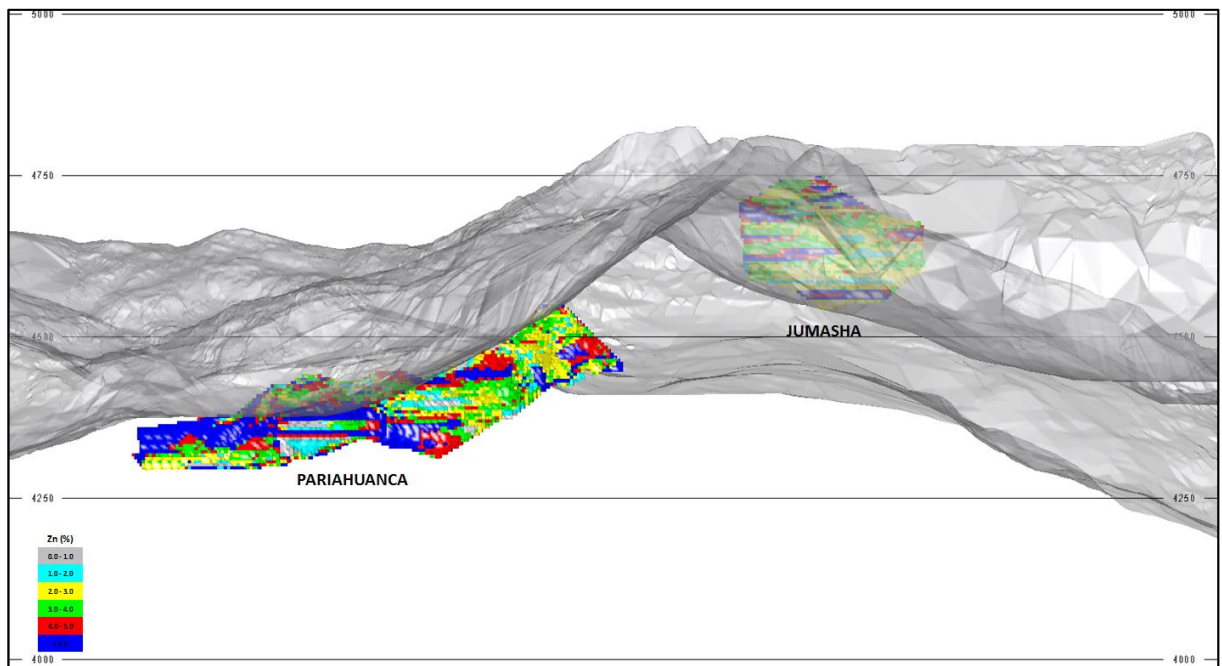
La empresa ha limitado la participación de los valores mayores al “Capping”, en la estimación de cada bloque. Así, si el valor de una ley es mayor al “Capping”, entonces sólo podrá intervenir en un radio de influencia 3D de 5 m (01 block).

#### 4.4.3. Resultados del Modelo de Bloques

Es el modelo de bloques, revisado y validado por nuestra investigación; y contiene las leyes estimadas correspondientes a los bloques unitarios estimados, con tamaño de bloque de 5x5x5 m. Los lados de los bloques unitarios siguen la orientación del paralelepípedo que contiene al modelo geológico, tal como se observa en la ilustración siguiente:

*Ilustración 30.*

*Vista Tridimensional del Resultado del Modelo de Bloques*



*Fuente: Cía. Minera Santa Luisa – Minesight.*

#### **4.4.4. Validación de los Resultados de la Estimación de Recursos Minerales**

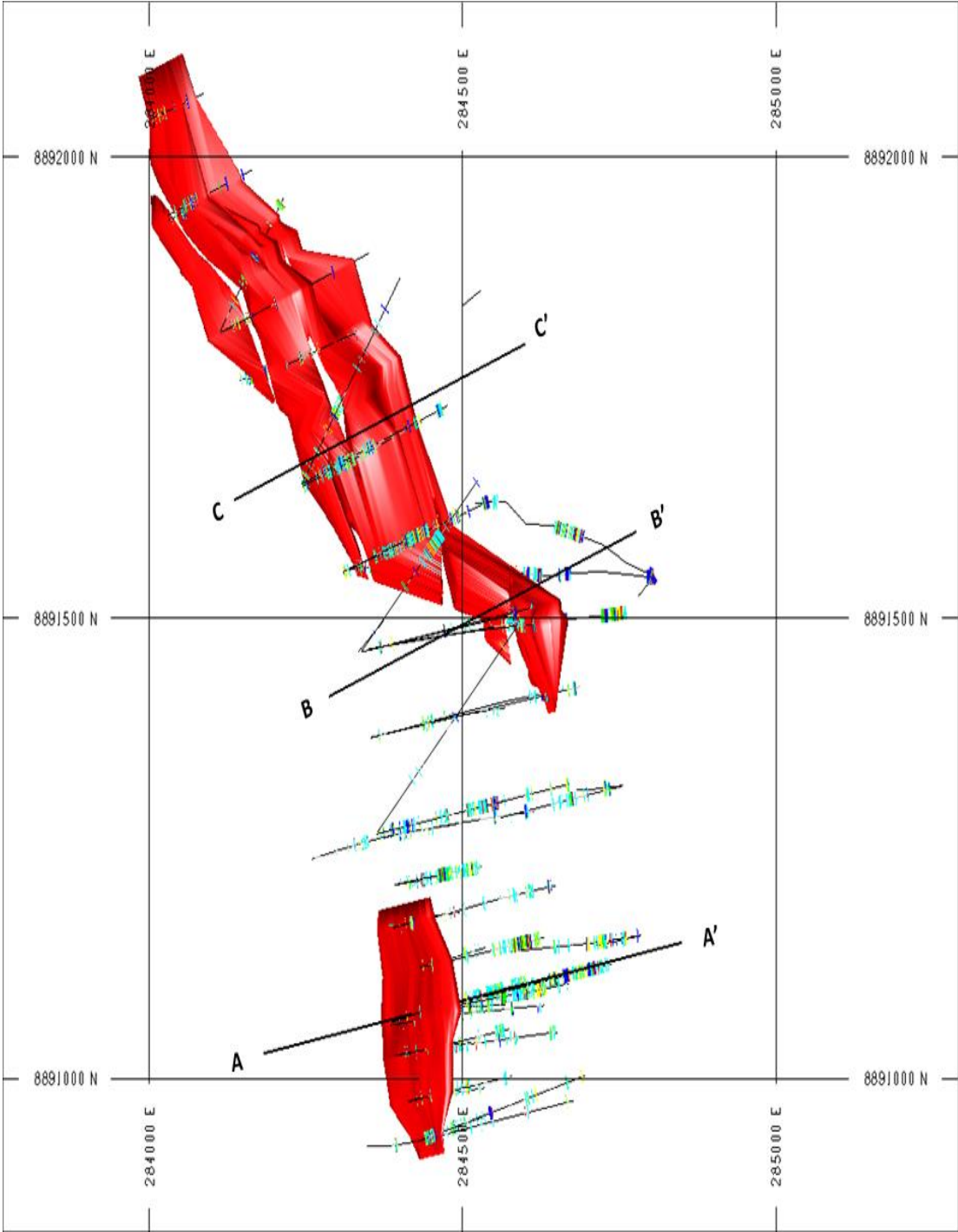
##### **Resultados de la Validación Visual**

Los resultados de la validación visual del modelo de bloques procesado por la empresa, para la ley de Zinc, con la finalidad de observar si las zonas de valores altos y bajos reconocidos en los sondajes se reproducen en el modelo de bloques. Para realizar este proceso se revisó en vistas de sección y en planta.

De la Ilustración 26 a la Ilustración 31 se muestran secciones horizontales y secciones verticales (perpendiculares al yacimiento), en las cuales los resultados comparativos entre los sondajes (compositos) y el modelo de bloques refleja las zonas de alta y baja ley de Zinc, así como también, el zoneamiento de la ley de Zinc sigue la orientación del buzamiento de la estructura mineralizada.



**Ilustración 31.**  
*Distribución Líneas de Sección Transversal*



*Fuente: Cía. Minera Santa Luisa – Minesight*

#### 4.4.5. Validación de los Sesgos Globales

Se realizó la validación de los sesgos globales, para la ley de zinc, plomo, plata y cobre, en base a tablas de estadísticas descriptivas e histogramas de la diferencia entre mde. Esta validación se realizó para el modelo de bloques de la empresa.

#### Estadísticas Descriptivas

La Tabla 14 muestra la estadística descriptiva del modelo de bloques calculado por la empresa y se observa que la Plata (Zona de Mineral en Jumasha) y el Zinc (Zona de Mineral en Pariahuanca) presentan sesgo global. El resto de los elementos, tanto para la zona de mineral de Jumasha y Pariahuanca no presenta sesgo global. El sesgo global es aceptable en el rango +/- 5%.

**Tabla 14.**

*Estadística Descriptiva del Modelo de Bloques*

ESTADISTICA BASICA MODELO DE BLOQUES : JUMASHA								
Elemento	N° Muestras	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Est.	Varianza	Coef. Var.	% Error
OKZN	10,122	0.90	12.84	3.94	1.63	2.65	0.41	4%
OKPB	10,122	0.01	3.23	0.51	0.46	0.21	0.89	4%
OKAG	10,122	0.20	2.29	0.84	0.38	0.14	0.45	7%
OKCU	10,122	0.01	0.39	0.06	0.02	0.00	0.35	3%
NNZN	10,122	0.61	13.66	4.09	2.29	5.25	0.56	
NNPB	10,122	0.01	3.61	0.54	0.63	0.40	1.17	
NNAG	10,122	0.12	2.42	0.90	0.52	0.27	0.58	
NNCU	10,122	0.01	0.35	0.06	0.03	0.00	0.49	

ESTADISTICA BASICA MODELO DE BLOQUES : PARIHUANCA								
Elemento	N° Muestras	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Est.	Varianza	Coef. Var.	% Error
OKZN	16,687	0.54	18.07	5.10	2.04	4.14	0.40	6%
OKPB	16,687	0.01	6.07	1.05	0.72	0.52	0.69	4%
OKAG	16,687	0.15	4.58	1.29	0.53	0.28	0.41	3%
OKCU	16,687	0.01	0.78	0.15	0.10	0.01	0.70	3%
NNZN	16,687	0.51	19.15	5.43	3.59	12.85	0.66	
NNPB	16,687	0.01	6.47	1.09	1.25	1.57	1.15	
NNAG	16,687	0.13	4.86	1.34	0.90	0.82	0.68	
NNCU	16,687	0.01	0.93	0.15	0.14	0.02	0.94	

*Fuente: Cía. Minera Santa Luisa*

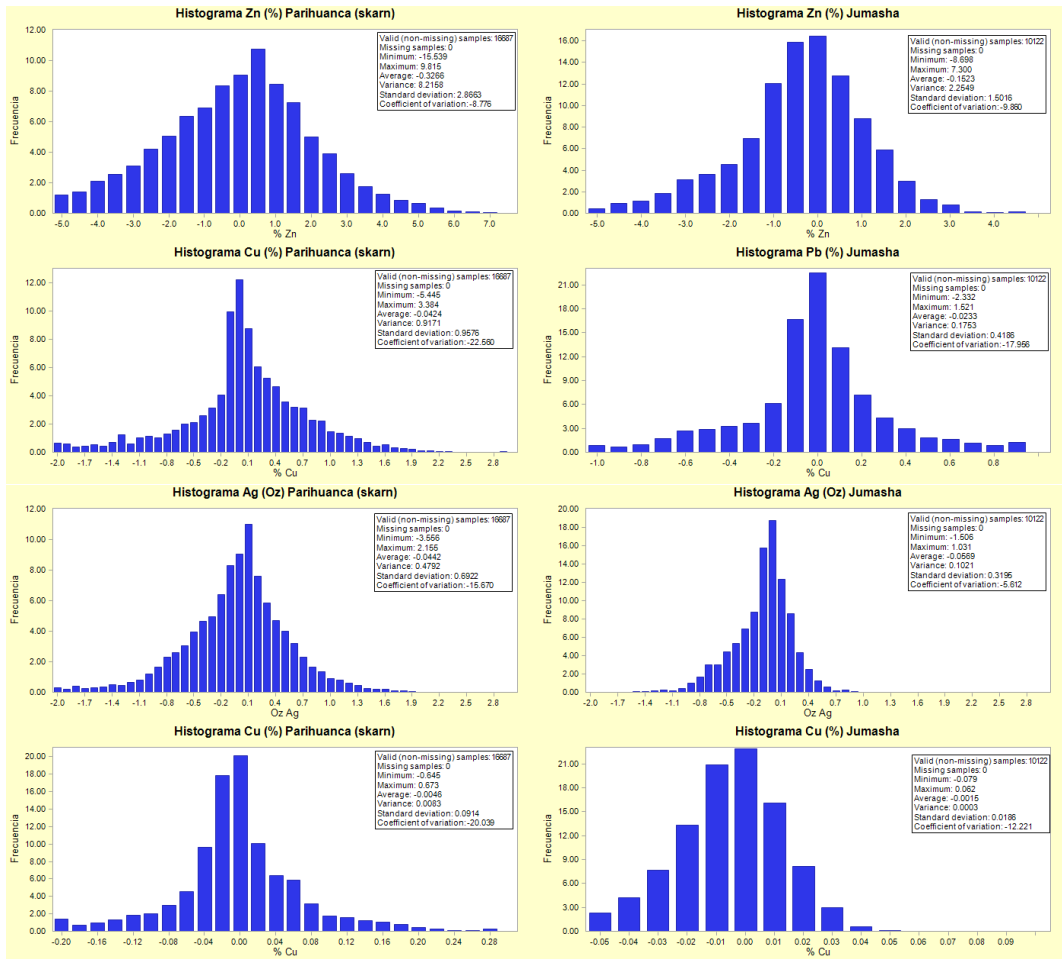
Para los sesgos que superan el error del 5% son denominados sesgos condicionales, que nos indica que se sobre estimó las leyes altas que se tiene de dicho elemento. Por lo tanto, para una mejor precisión es necesario realizar más sondeos así disminuir el % de error, no obstante, este sesgo es aceptable para el modelo y la estimación.

### **Histograma de Diferencias**

Se han construido histogramas experimentales de las diferencias para cada bloque unitario (Ilustración 32), dando como resultado un histograma de diferencias, con una media que tiende a cero y una ley de distribución gaussiana; es decir que dicho histograma de diferencias, satisface (para todo el Proyecto Atalaya) las normas de control de calidad y teoría de errores, para el modelo de bloques realizado por Compañía Minera Santa Luisa.

### Ilustración 32.

#### Histograma de Diferencias Recurso Medido + Indicado



### Validación de Sesgos Locales

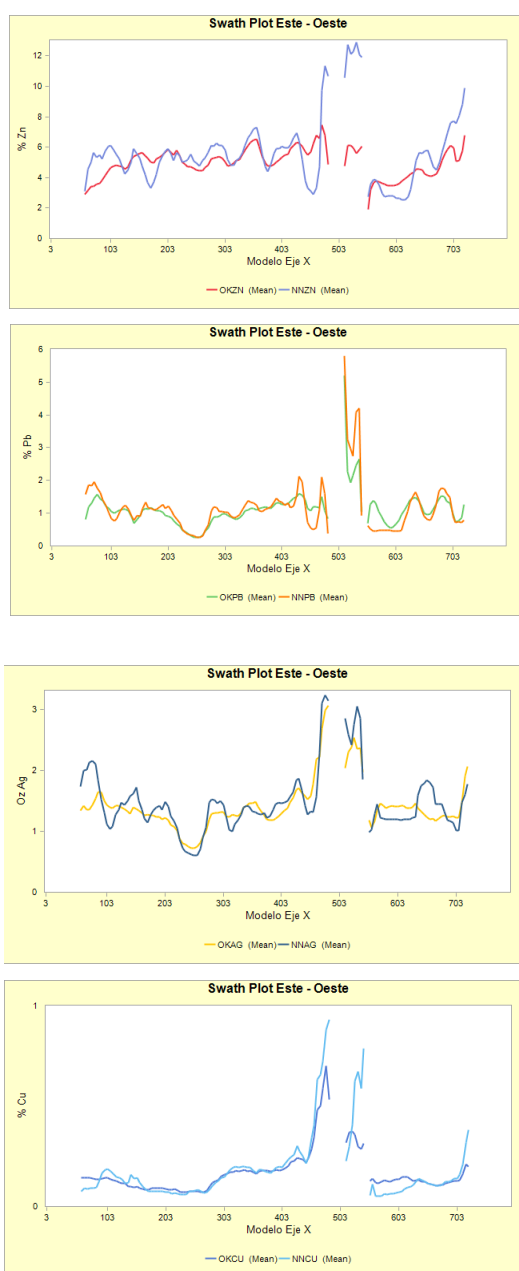
Se realizó la validación del sesgo local, para la ley de zinc, plomo, plata y cobre, para cada zona de mineral interpretada en la Formación Jumasha y en el skarn Pariahuanca. Para esta validación se graficó los promedios de la Ley calculada por Kriging ordinario y por el vecino más cercano; en las direcciones Este – Oeste, Norte – Sur y a lo largo de la elevación. En general se observa el suavizamiento del Kriging ordinario respecto al vecino más Cercano, en el Modelo de Bloques calculado por Compañía Minera Santa Luisa.

La Ilustración 33 a la Ilustración 36 muestra la validación de sesgos locales (Swath Plot) en la dirección Este – Oeste, Norte – Sur y Elevación, para la zona de mineral en la Formación Pariahuanca.

La Ilustración 37 a la Ilustración 39 muestra la validación de sesgos locales (Swath Plot) en la dirección Este – Oeste, Norte – Sur y Elevación, para la zona de mineral en la Formación Jumasha.

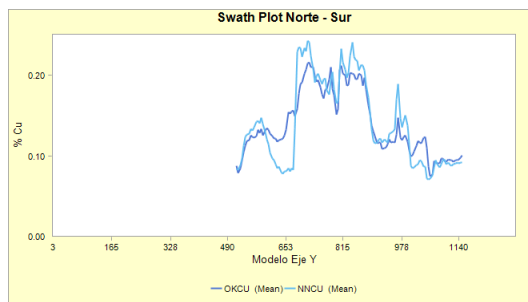
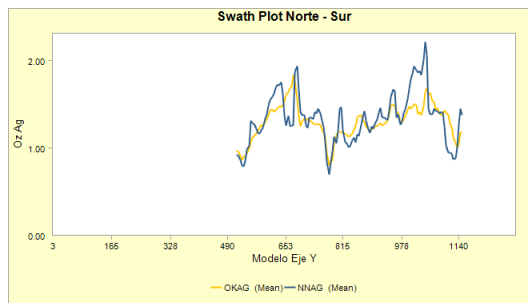
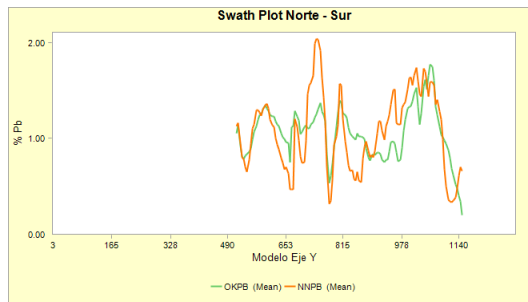
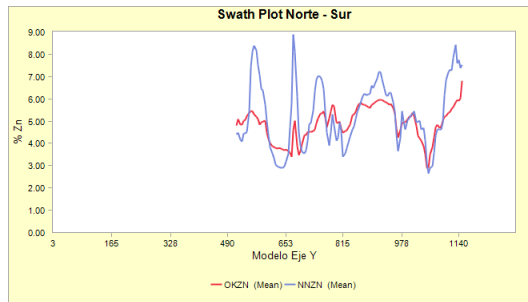
**Ilustración 33.**

*Swath Plot Dirección E – W : Pariahuanca*



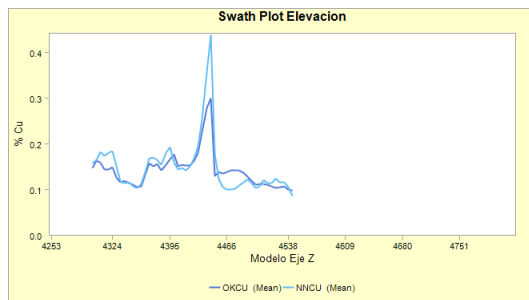
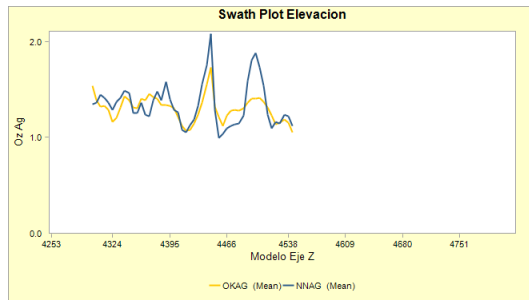
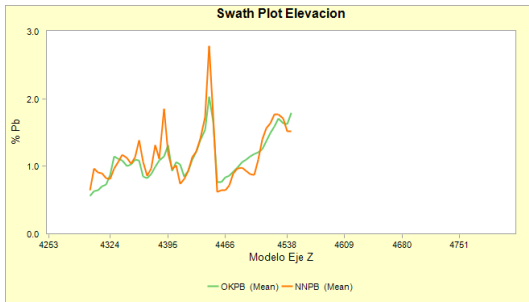
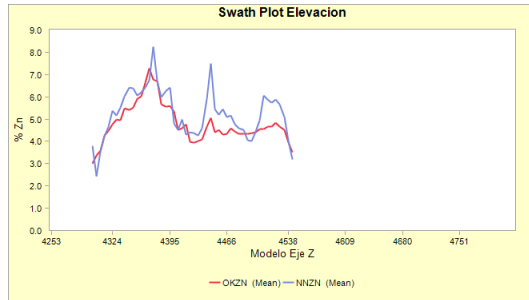
**Ilustración 34.**

**Swath Plot Dirección N – S: Pariahuanca**



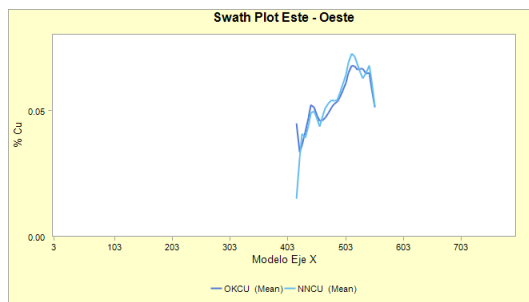
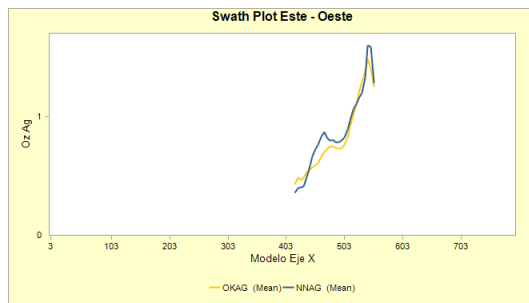
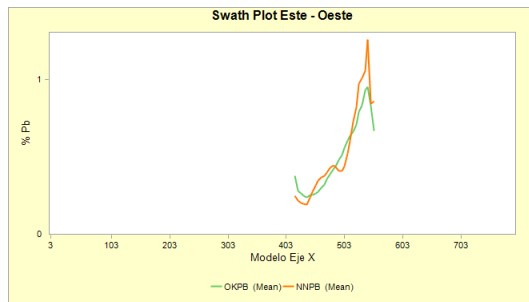
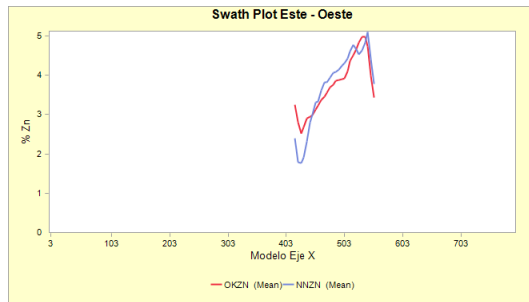
**Ilustración 35.**

**Swath Plot Dirección Elevación: Pariahuanca**



**Ilustración 36.**

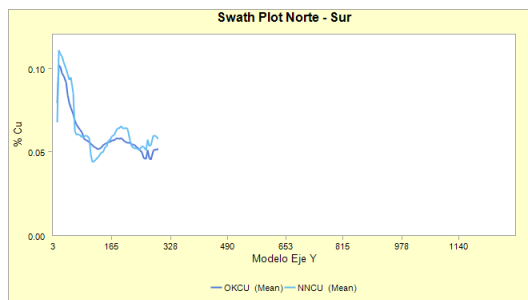
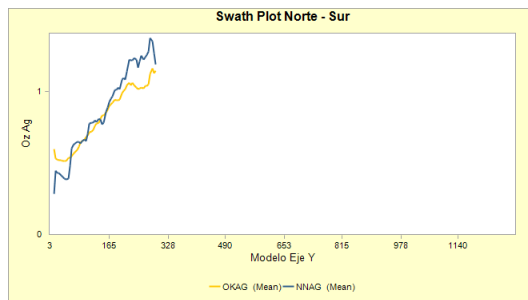
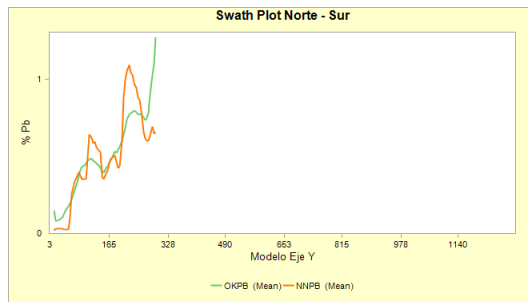
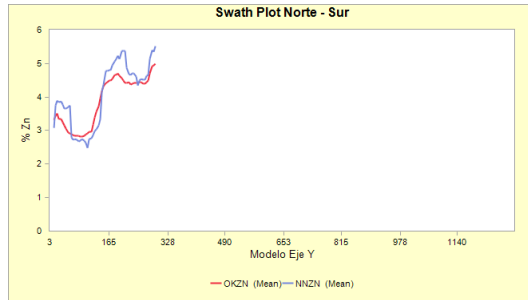
**Swath Plot Dirección E – W: Jumasha**





**Ilustración 37.**

**Swath Plot Dirección N – S : Jumasha**



**Ilustración 38.**

**Swath Plot Dirección Elevación: Jumasha**



**4.4.6. Clasificación de Recursos Minerales**

En la Compañía Minera Santa Luisa, para el Proyecto Atalaya se ha clasificado los recursos minerales en recursos medidos, indicados e inferidos, para cada zona de mineral contenido en la Formación Jumasha y en el skarn Pariahuanca. Esta clasificación está en función del número y separación de

taladros. Así mismo para los recursos indicado se han considerado la distancia (100%) del variograma y para el recurso medido el 50% del alcance del variograma. El alcance del variograma, considerado para la clasificación de los recursos minerales, es con respecto al zinc (elemento principal del Proyecto Atalaya).

En la Tabla 15 se muestra los parámetros usados para categorizar recurso medido e indicado, respecto al recurso inferido, la empresa ha considerado a aquellos bloques que no son medidos ni indicados, pero están dentro de la interpretación geológica. La ilustración 39 muestra la distribución espacial de la clasificación de los recursos minerales del proyecto Atalaya.

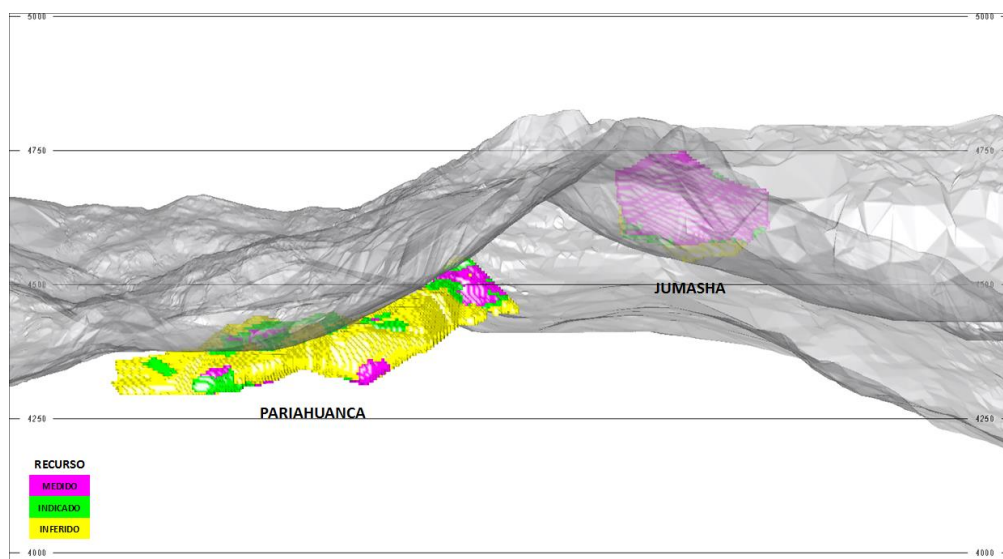
Por lo tanto, se considera que la metodología de clasificación de recursos, realizada por la empresa, debe ser corroborada con otra metodología que sustente estos resultados.

**Tabla 15.**  
*Parámetros de Clasificación de Recursos Minerales*

Recurso Zona	Indicado		Medido	
	# Sondajes	Distancia	# Sondajes	Distancia
Jumasha	3	120	4	60
Pariahuanca	3	100	4	50

**Ilustración 39.**

*Distribución de Recursos Minerales Proyecto Atalaya*



*Fuente: Cía. Minera Santa Luisa – Minesight*

**4.4.7. Estimación de los Recursos Minerales**

En la Tabla 16 se muestra los recursos minerales del Proyecto Atalaya, calculado en coordinación con la Cía. Minera Santa Luisa.

En la Tabla 17 y Tabla 18 se muestra los recursos minerales, para la Formación Pariahuanca (skarn) y Jumasha, del Proyecto Atalaya.

**Tabla 16.**  
*Recursos Minerales Proyecto Atalaya*

RECURSO	Cutoff % Zn	Ton	Zn %	Pb %	Ag Oz/t	Cu %	RECURSO	Cutoff % Zn	Ton	Zn %	Pb %	Ag Oz/t	Cu %
	0.0	4,149,044	4.29	0.67	0.95	0.08		0.0	8,591,148	4.71	0.87	1.13	0.12
	1.0	4,145,444	4.29	0.67	0.95	0.08		1.0	8,585,419	4.71	0.87	1.13	0.12
	2.0	3,823,589	4.51	0.69	0.99	0.08		2.0	8,149,846	4.87	0.89	1.16	0.12
	2.5	3,440,226	4.77	0.73	1.03	0.08		2.5	7,514,196	5.10	0.92	1.19	0.12
<b>MEDIDO</b>	3.0	3,021,926	5.04	0.76	1.07	0.09	<b>MEDIDO</b>	3.0	6,748,178	5.36	0.95	1.23	0.12
	3.5	2,602,863	5.33	0.79	1.11	0.09	<b>INDICADO</b>	3.5	5,905,631	5.66	0.98	1.27	0.13
	4.0	2,176,786	5.64	0.83	1.15	0.09		4.0	5,037,818	5.99	1.01	1.30	0.13
	4.5	1,724,188	6.01	0.85	1.19	0.10		4.5	4,135,049	6.37	1.03	1.35	0.14
	5.0	1,329,774	6.39	0.87	1.23	0.10		5.0	3,378,145	6.74	1.06	1.40	0.14
	0.0	4,442,104	5.10	1.06	1.29	0.15		0.0	19,894,417	4.99	0.90	1.21	0.15
	1.0	4,439,975	5.10	1.06	1.29	0.15		1.0	19,493,047	5.08	0.91	1.22	0.15
	2.0	4,326,257	5.19	1.07	1.31	0.15		2.0	18,044,757	5.36	0.94	1.25	0.15
	2.5	4,073,970	5.37	1.09	1.33	0.15	<b>MEDIDO</b>	2.5	16,743,836	5.60	0.96	1.28	0.15
<b>INDICADO</b>	3.0	3,726,252	5.62	1.11	1.37	0.15	<b>INDICADO</b>	3.0	15,033,466	5.92	0.99	1.31	0.16
	3.5	3,302,768	5.92	1.13	1.39	0.16	<b>INFERIDO</b>	3.5	13,386,016	6.25	1.02	1.34	0.16
	4.0	2,861,032	6.26	1.15	1.42	0.16		4.0	11,830,858	6.58	1.04	1.37	0.17
	4.5	2,410,861	6.63	1.16	1.47	0.16		4.5	9,962,626	7.02	1.09	1.43	0.18
	5.0	2,048,371	6.96	1.18	1.52	0.17		5.0	8,453,097	7.43	1.12	1.48	0.18
	0.0	11,303,269	5.21	0.92	1.27	0.17							
	1.0	10,907,628	5.37	0.94	1.29	0.17							
	2.0	9,894,911	5.76	0.97	1.32	0.18							
	2.5	9,229,640	6.01	1.00	1.35	0.18							
<b>INFERIDO</b>	3.0	8,285,288	6.38	1.03	1.37	0.19							
	3.5	7,480,385	6.72	1.05	1.40	0.19							
	4.0	6,793,040	7.02	1.07	1.43	0.20							
	4.5	5,827,577	7.49	1.13	1.49	0.20							
	5.0	5,074,952	7.89	1.17	1.53	0.21							

En los recursos minerales Medido e Indicado se basan en información detallada e información confiable del muestreo que realizamos y con las pruebas obtenidas de cada sondaje. Las ubicaciones están espaciadas con suficiente cercanía para confirmar continuidad geológica y de ley.

#### 4.4.8. Medido

Nos indica que los recursos minerales en general para el cual se estimó con un alto nivel de confianza en el tonelaje, densidad, características físicas, ley y contenido de mineral.

#### 4.4.9. Indicado

Nos indica que los recursos minerales en general para cual se estimó con un nivel de confianza razonable en el tonelaje, densidad, características físicas, ley y contenido de mineral.

- En el recurso mineral Inferido se infiere a partir de las evidencias geológicas y se asume, pero no se certifica la continuidad geológica o de ley. Se basó en la información inferida mediante los sondajes estos pueden ser limitados o de calidad y confiabilidad incierta.

#### 4.4.10. Inferido:

Nos indica que los recursos minerales que los recursos minerales en general se estimó con un bajo nivel de confianza.

*Tabla 17.  
Recursos Minerales Pariahuanca*

RECURSO	Cutoff % Zn	Ton	Zn %	Pb %	Ag Oz/t	Cu %	RECURSO	Cutoff % Zn	Ton	Zn %	Pb %	Ag Oz/t	Cu %
MEDIDO	0.0	1,102,900	5.02	1.04	1.21	0.14	MEDIDO INDICADO	0.0	5,491,564	5.10	1.06	1.28	0.15
	1.0	1,102,900	5.02	1.04	1.21	0.14		1.0	5,489,435	5.10	1.06	1.28	0.15
	2.0	1,090,257	5.06	1.05	1.21	0.14		2.0	5,368,834	5.18	1.07	1.29	0.15
	2.5	1,045,326	5.18	1.06	1.21	0.14		2.5	5,083,816	5.34	1.09	1.32	0.15
	3.0	966,186	5.38	1.06	1.22	0.14		3.0	4,663,682	5.57	1.11	1.34	0.15
	3.5	865,491	5.63	1.06	1.24	0.14		3.5	4,142,003	5.86	1.12	1.37	0.15
	4.0	764,694	5.88	1.07	1.25	0.15		4.0	3,601,990	6.18	1.13	1.39	0.16
	4.5	605,952	6.30	1.12	1.32	0.15		4.5	3,000,245	6.57	1.16	1.44	0.16
5.0	471,958	6.75	1.14	1.37	0.16	5.0	2,508,413	6.93	1.18	1.49	0.17		
INDICADO	0.0	4,388,664	5.12	1.07	1.30	0.15	MEDIDO INDICADO INFERIDO	0.0	16,643,109	5.18	0.98	1.28	0.16
	1.0	4,386,535	5.12	1.07	1.30	0.15		1.0	16,245,339	5.28	0.99	1.29	0.17
	2.0	4,278,577	5.21	1.08	1.31	0.15		2.0	15,123,297	5.56	1.02	1.32	0.17
	2.5	4,038,490	5.38	1.10	1.34	0.15		2.5	14,197,052	5.77	1.04	1.34	0.17
	3.0	3,697,496	5.62	1.12	1.37	0.16		3.0	12,843,478	6.09	1.06	1.37	0.18
	3.5	3,276,512	5.93	1.14	1.40	0.16		3.5	11,521,664	6.42	1.08	1.40	0.18
	4.0	2,837,296	6.27	1.15	1.43	0.16		4.0	10,303,798	6.73	1.10	1.42	0.18
	4.5	2,394,293	6.64	1.17	1.48	0.17		4.5	8,753,682	7.18	1.15	1.48	0.19
5.0	2,036,455	6.97	1.19	1.52	0.17	5.0	7,521,445	7.58	1.18	1.53	0.20		
INFERIDO	0.0	11,151,545	5.21	0.94	1.28	0.17	INFERIDO	0.0	11,151,545	5.21	0.94	1.28	0.17
	1.0	10,755,904	5.38	0.95	1.30	0.17		1.0	10,755,904	5.38	0.95	1.30	0.17
	2.0	9,754,463	5.77	0.98	1.34	0.18		2.0	9,754,463	5.77	0.98	1.34	0.18
	2.5	9,113,236	6.02	1.01	1.36	0.18		2.5	9,113,236	6.02	1.01	1.36	0.18
	3.0	8,179,796	6.39	1.04	1.39	0.19		3.0	8,179,796	6.39	1.04	1.39	0.19
	3.5	7,379,661	6.73	1.06	1.42	0.19		3.5	7,379,661	6.73	1.06	1.42	0.19
	4.0	6,701,808	7.03	1.08	1.44	0.20		4.0	6,701,808	7.03	1.08	1.44	0.20
	4.5	5,753,437	7.49	1.14	1.50	0.21		4.5	5,753,437	7.49	1.14	1.50	0.21
5.0	5,013,032	7.90	1.18	1.55	0.21	5.0	5,013,032	7.90	1.18	1.55	0.21		

#### 4.4.11. Resultados de la estimación de la Formación skarn Pariahuanca:

nos brinda más cantidad de tonelaje y ley en los recursos INDICADO E INFERIDO pero una menos cantidad a en los recursos MEDIDOS a comparación con la formación Jumasha.

**Tabla 18.**  
*Recursos Minerales Jumasha*

RECURSO	Cutoff % Zn	Ton	Zn %	Pb %	Ag Oz/t	Cu %	RECURSO	Cutoff % Zn	Ton	Zn %	Pb %	Ag Oz/t	Cu %
MEDIDO	0.0	3,046,144	4.02	0.53	0.85	0.06	MEDIDO INDICADO	0.0	3,099,584	4.02	0.52	0.85	0.06
	1.0	3,042,544	4.03	0.53	0.85	0.06		1.0	3,095,984	4.02	0.52	0.85	0.06
	2.0	2,733,332	4.29	0.55	0.90	0.06		2.0	2,781,012	4.29	0.55	0.89	0.06
	2.5	2,394,900	4.59	0.58	0.95	0.06		2.5	2,430,380	4.58	0.58	0.94	0.06
	3.0	2,055,740	4.89	0.62	1.00	0.06		3.0	2,084,496	4.89	0.61	0.99	0.06
	3.5	1,737,372	5.19	0.66	1.04	0.06		3.5	1,763,628	5.19	0.65	1.04	0.06
	4.0	1,412,092	5.52	0.69	1.09	0.06		4.0	1,435,828	5.51	0.69	1.08	0.06
	4.5	1,118,236	5.85	0.70	1.12	0.07		4.5	1,134,804	5.85	0.70	1.12	0.07
	5.0	857,816	6.19	0.71	1.16	0.07		5.0	869,732	6.19	0.71	1.15	0.07
	INDICADO	0.0	53,440	3.71	0.27	0.53		0.05	MEDIDO INDICADO INFERIDO	0.0	3,251,308	4.06	0.50
1.0		53,440	3.71	0.27	0.53	0.05	1.0	3,247,708		4.06	0.51	0.82	0.06
2.0		47,680	3.94	0.28	0.54	0.05	2.0	2,921,460		4.33	0.53	0.86	0.06
2.5		35,480	4.54	0.31	0.58	0.05	2.5	2,546,784		4.64	0.56	0.91	0.06
3.0		28,756	4.94	0.33	0.61	0.06	3.0	2,189,988		4.94	0.59	0.96	0.06
3.5		26,256	5.11	0.33	0.62	0.06	3.5	1,864,352		5.24	0.62	1.00	0.06
4.0		23,736	5.25	0.35	0.66	0.06	4.0	1,527,060		5.57	0.65	1.04	0.06
4.5		16,568	5.65	0.33	0.67	0.07	4.5	1,208,944		5.91	0.66	1.07	0.07
5.0		11,916	6.02	0.33	0.72	0.07	5.0	931,652		6.26	0.67	1.10	0.07
INFERIDO		0.0	151,724	4.85	0.10	0.32	0.06						
	1.0	151,724	4.85	0.10	0.32	0.06							
	2.0	140,448	5.10	0.10	0.32	0.06							
	2.5	116,404	5.69	0.10	0.33	0.06							
	3.0	105,492	6.01	0.09	0.30	0.06							
	3.5	100,724	6.15	0.09	0.30	0.06							
	4.0	91,232	6.39	0.09	0.31	0.06							
	4.5	74,140	6.88	0.09	0.32	0.07							
	5.0	61,920	7.30	0.08	0.33	0.07							

#### 4.4.12. Resultados de la estimación de la Formación Jumasha:

nos brinda menor cantidad de tonelaje y ley en los recursos INDICADO E INFERIDO pero una mayor cantidad a en los recursos MEDIDOS a comparación con la formación skarn Pariahuanca.

## CONCLUSIONES

- Se determino la evaluación geología del Proyecto Atalaya que si es favorable para la estimación de los recursos minerales en la Compañía Minera Santa Luisa S.A.
- Al interpretar la geología del Proyecto Atalaya, se logró determinar los controles geológicos del proyecto en la Compañía Minera Santa Luisa S.A.
- Analizando la geología del Proyecto Atalaya pudimos estimar las reservas de la Compañía Minera Santa Luisa S.A.
- El Tipo de mineral se puede clasificar en ore skarn (ocupa 80 vol. %), sulfuro masivo (10 vol. %), Ore pórfido alterado (5 vol. %), Shiroji (5 vol. %), veta Ag-CuPb-Zn (traza) y veta Ag-Cu-Mn (traza), pero las 2 vetas son pequeñas.
- La Alteración hidrotermal se puede presentar como silisificación, sericitización, cloritización, epidotización y alteración Shiroji, todos están relacionados con la mineralización
- La mineralización económica más importante que presenta el proyecto Atalaya es polimetálica Zn, Pb, Ag, Cu, con minerales no económicos de pirita, pirrotita, calcita y cuarzo. El Tipo de mineral se puede clasificar en ore skarn (ocupa 80 vol. %), sulfuro masivo (10 vol. %), Ore pórfido alterado (5 vol. %), Shiroji (5 vol. %), veta Ag-CuPb-Zn (traza) y veta Ag-Cu-Mn (traza), pero las 2 vetas son pequeñas
- Al NW del denuncia se determinaron estructuras mineralizadas de Zn, Pb y Ag, a lo largo de las fallas E-W.
- La estimación de recursos minerales realizado cumple los requerimientos exigidos por la norma canadiense NI 43-101.
- La revisión y validación de la Estimación de Recursos Minerales, realizadas corrobora este cálculo, y esta validada por la. Geológico del Proyecto Atalaya.



- Para las siguientes etapas (Pre-Factibilidad y Factibilidad) se requiere mejorar el proceso de Estimación de Recursos Minerales.
- El potencial del yacimiento, convierte al depósito mineralizado de gran interés, que debe ser dimensionado.

## **RECOMENDACIONES**

- Realizar la interpretación y el modelamiento 3D de los posibles elementos contaminantes;
- Fundamentar la metodología del cálculo de la Densidad de Mineral y Roca encajonante (o estéril);
- Fundamentar, con un mayor análisis estadístico, la longitud del compósito.
- Realizar un análisis estadístico entre leyes y tipos de litología;
- Realizar un estudio de Contacto Litológico para analizar posibles contactos entre litologías concordantes; y
- Analizar la diferencia en aplicar, o no, una estrategia para los altos erráticos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Bateman, Alan (1959) “Yacimientos Minerales de Rendimiento Económico”. General PUCV Ed. Omega. Madrid, España. 1203 pp.
2. Wilson, J. J. (1967), Geología de los cuadrángulos de Mollebaya, Tayabamba, Huaylas, Pomabamba, Carhuaz y Huari, Ingemmet Bol. N° Serie A. Carta Geológica Nacional del Perú.
3. Bellido Bravo Eleodoro, de Montreuil Luís (1972).- Aspectos Generales de la Metalogenia del Perú. Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de Minería, Servicio de Geología y Minería, Lima.
4. Bonnot, D. (1984), Neotectonique et tectonique active de la Cordillera Blanca et Callejon de Huaylas (Andes nord-peruviennes), Ph.D. thesis, 115 pp, Universite de Paris-Sud, Orsay.
5. Ascue Bravo Wilmar Justo (1984).- Geología Económica del yacimiento polimetálico Andes Tres, Hulnac- Aija- Ancash. Tesis de Bachiller, UNSA, Arequipa.
6. Taylor, B. E. (1986) Magmatic volatiles: Isotopic variation of C, H, and S. Reviews in Mineralogy, v.16, p.185-226.
7. Valera, J, (1987). Geología de los Depósitos de Minerales Metálicos.
8. Bonnot, D., M. Sebrier, and J. Mercier (1988), Evolution geodynamique plio-quadernaire du bassin intra-cordillerain du Callejon de Huaylas et de la Cordillere Blanche, Perou, Geodynamique, 3(1-2), 57-83.
9. Bustillos, M & López J., C (1999) “Manual de Evaluación y Diseño de Explotaciones Mineras”, Entorno Gráfico S. L. Madrid, España, 705 pp.
10. Carras Pallette, C. (2002) “Geología de Minas”. Ed. Omega. Madrid, España. 984 pp.
11. D’ Lessio, P. (2002) “Explotación de metales”. ETS Minas Madrid. España. 382 pp.

12. Wise James M. & Noble Donald C. (2003), Geomorphic evolution of the Cordillera Blanca, northern Perú, Boletín de la Sociedad Geológica del Perú v. 96 p. 65-85.
13. Zhaoshan Chang & L.D. Meinert (2004) the magmatic-hydrothermal transition – evidence from quartz phenocryst textures and endoskarn abundance in Cu-Zn skarns at the Empire Mine, Idaho, USA. Chemical Geology, v.210, p.149-17.
14. L.F.Vassallo, Ph.D., “Yacimientos Minerales Metálicos” 4ª edición 2008. Versión OnLine, Bol-e. Centro de Geociencias, UNAM. Querétaro, México.
15. Villarreal Eder; Raymond Rivera & Alexander Santisteban, (2009), Características metalogenéticas de la cordillera occidental en la región Ancash, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet.
16. Cutti, G. (2013) de la Universidad Nacional de San Cristobal. Pg 12 y 28.
17. Yana, R. (2014) Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa “Planeamiento de minado a mediano y largo plazo empresa minera Santa Luisa s.a. proyecto mina atalaya”. Pg del 5 al 26.
18. Mamani, P. (2016), de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, tesis “Estudio Geológico y Análisis Estructural de la Veta el Cofre - Provincia de Lampa, Departamento de Puno”.
19. Naranjo, O. (2017), de la Universidad de Chile – Santiago de Chile, tesis “Modelamiento Geológico y Estimación de Recursos, Yacimiento La Niña, Tongoy, Cementos Melón Sa.”.
20. Murrillo, H (2019) Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa tesis “Incremento de producción de 1700 tm a 2000 tm para el plan de minado 2019 en UEA huanzala Compañía Minera Santa Luisa S.A” Pg 5 y del 18 al 24.

21. Picheira, R.(2019) Universidad de Concepción Chile, presenta su tesis “Evaluación de metodología para estimación de recursos tipo grade control con Leapfrog”, Pg del 3 al 38.
22. Valenzuela, G. (2020), de la Universidad Continental, tesis “Evaluación geológica para el cálculo de reservas y estimación de recursos minerales del prospecto minero Chaupiloma”.
23. Lara, R. (2020) Universidad de Concepción Chile, presenta su tesis “Estimación de recursos minerales en dominios geo metalúrgicos” Pg del 1 al 134.
24. Mella, P. (2020) Universidad de Concepción Chile, presenta su tesis “Estimación Polimetálica empleando Técnicas de Inteligencia Computacional” Pg del 1 al 145.

## **ANEXOS**

## INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Pariahuanca	Jumasha
Code: LIT45	Code: LIT25
AT07	AT01
AT21	AT02
AT25	AT03
AT27	AT08
AT28	AT09
AT29	AT10
AT30	AT11
AT32	AT38
AT33	AT39
AT34	AT40
AT35	AT41
AT42	AT51
AT43	AT52
AT44	AT54
AT45	AT55
AT46	AT61
AT47	AT62
AT73	AT63
AT75	AT64
AT76	AT65
AT77	AT66
AT78	AT67
AT80	AT68
AT01	AT00
<b>Nombre de sondajes</b>	
Sub Total	25      24 <b>49</b>

Campos de los Registros de las Tablas	
<b>HEADER</b>	IDENTIFICACIÓN DEL SONDAJE
	ESTE
	NORTE
	ELEVACION
<b>SURVEY</b>	IDENTIFICACIÓN DEL SONDAJE
	FROM
	TO
	AZIMUT
	DIP
<b>ASSAYS</b>	IDENTIFICACIÓN DEL SONDAJE
	FROM
	TO
	Zn (%)
	Pb (%)
	Ag (Oz)
	Ag (ppm)
Cu (%)	
Fe (%)	
IDENTIFICACIÓN DEL SONDAJE	
<b>Contenido de datos de cada sondaje</b>	
CODE LITO	

Campo	Descripción
OKZN	Leyes de Zn interpolados por Kriging Ordinario
OKAG	Leyes de Ag interpolados por Kriging Ordinario
OKPB	Leyes de Pb interpolados por Kriging Ordinario
OKCU	Leyes de Cu interpolados por Kriging Ordinario
NNZN	Leyes de Zn interpolados por Vecino más Cercano
NNAG	Leyes de Ag interpolados por Vecino más Cercano
NNPB	Leyes de Pb interpolados por Vecino más Cercano
NNCU	Leyes de Cu interpolados por Vecino más Cercano
DIZN	Distancia calculada entre compositos para el Zn
DPZN	Distancia promedio calculada entre compositos para el Zn

Campo	Descripción
NCZN	Numero de Compositos calculado para el Zn
NDZN	Numero de Drillholes calculado para el Zn
LIT1	Codigo de cuerpo mineralizado en el modelo de bloques
%LIT1	Porcentaje de cuerpo mineral en el modelo de bloques
VARZN	Varianza calculada para el Zn
CATF	Categorización de Recursos (1: Medido 2: Indicado 3: Inferido)
PEMIN	Peso Especifico Mineral
PELIT	Peso Especifico Litología
LITKT	Codigo de Zona por Categoría
DIFZN	Diferencia entre OK y NN

### Parámetros del plan de estimación

- Compañía

Minera Santa

Luisa ha usado el valor de 3.2 TM / m<sup>3</sup> para el mineral de la Formación Jumasha y 3.4 TM / m<sup>3</sup> para el mineral de la Formación Pariahuanca.

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

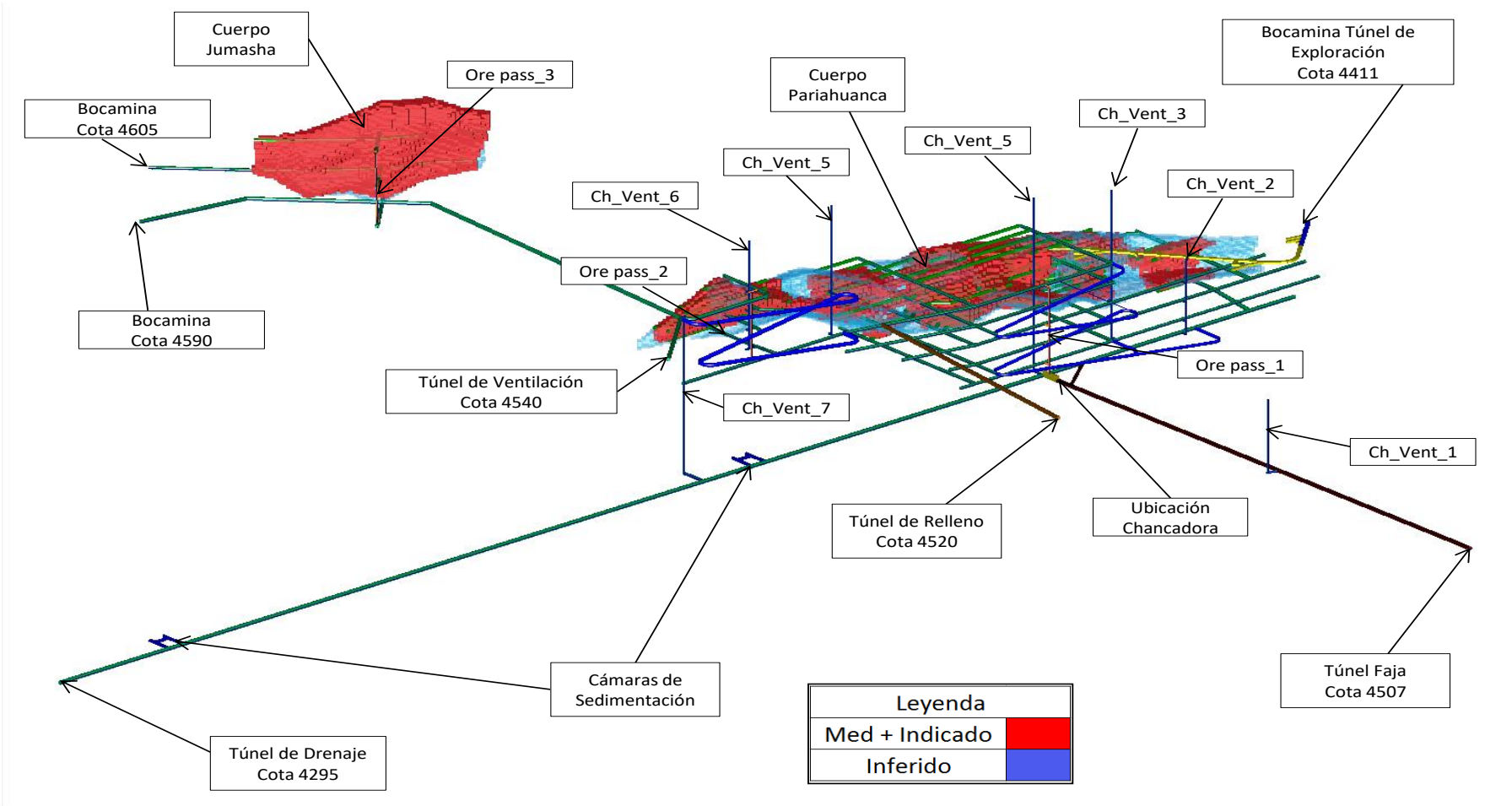
**Título: Geología del Proyecto Atalaya, para la Estimación de los Recursos Minerales - Compañía Minera Santa Luisa S.A.**

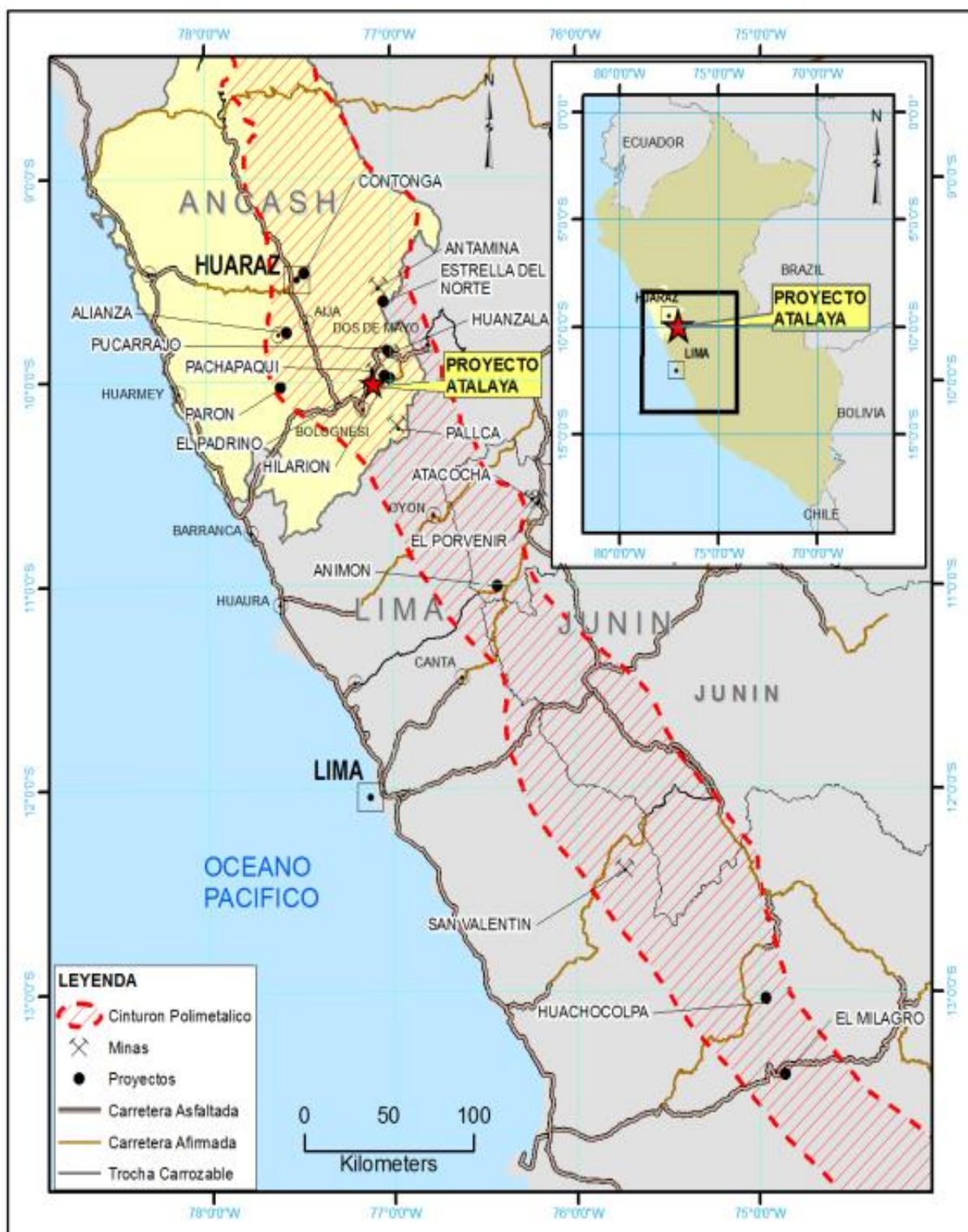
**Tesistas: Bach. Ulises Orlando, FERNANDEZ CAMPOS**

**Bach. Cesar TUMIALAN ATENCIO**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	TIPO Y NIVEL DE INVEST
<p><b>GENERAL:</b> ¿En qué medida la evaluación la geología del Proyecto Atalaya, es favorable para la Estimación de los recursos minerales de la Compañía Minera Santa Luisa S.A.?</p> <p><b>Problemas específicos</b> A. ¿Cómo interpretar la geología del Proyecto Atalaya, para determinar los controles geológicos del proyecto en la Compañía Minera Santa Luisa S.A.? B. ¿Cómo la delimitación de la geológica del Proyecto Atalaya permitirá el incremento de las reservas de la Compañía Minera Santa Luisa S.A.?</p>	<p><b>GENERAL:</b> Determinar si la evaluación geología del Proyecto Atalaya es favorable para la estimación de los recursos minerales en la Compañía Minera Santa Luisa S.A.</p> <p><b>Objetivos específicos</b> A. Interpretar la geología del Proyecto Atalaya, para determinar los controles geológicos del proyecto en la Compañía Minera Santa Luisa S.A. B. Analizar la geología del Proyecto Atalaya para estimar las reservas de la Compañía Minera Santa Luisa S.A.</p>	<p><b>GENERAL</b> Con la Geología del Proyecto Atalaya, efectuaremos la Estimación de los Recursos Minerales de la Compañía Minera Santa Luisa S.A.</p> <p><b>Hipótesis específicas</b> A. Con la interpretación de la geología del Proyecto Atalaya, determinaremos los controles geológicos del proyecto en la Compañía Minera Santa Luisa S.A. B. Con la delimitación realización de la Geología del Proyecto Atalaya se incrementará las reservas de la Compañía Minera Santa Luisa S.A.</p>	<p><b>INDEPENDIENTE</b> X: Geología del Proyecto Atalaya de la Compañía Minera Santa Luisa S.A.</p> <p><b>Variables Dependientes</b> Y: Estimación de los Recursos Minerales de la Compañía Minera Santa Luisa S.A.</p>	<p>Parametros Geologicos</p> <p>Controles Geologicos</p> <p>Recursos Minerales</p>	<p>Geométricos</p> <p>Cinemáticos</p> <p>Dinámicos</p> <p>Mapeo Geologica</p>	<p><b>TIPO:</b> Analítico.</p> <p><b>NIVEL:</b> Descriptivo.</p>







- LEYENDA**
- Cinturon Polimetálico
  - Minas
  - Proyectos
  - Carretera Asfaltada
  - Carretera Afirmada
  - Trocha Carrozable

0 50 100  
Kilometers

