

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



T E S I S

**Análisis estructural con base en geometría fractal de la Veta Rosa
del Nv. 2650 al Nv. 2700 en Consorcio Minero Horizonte S.A.**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Geólogo

Autor:

Bach. Anais Sheyla COSME MAURICIO

Asesor :

Dr. Reynaldo MEJÍA CÁCERES

Cerro de Pasco - Perú – 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



T E S I S

**Análisis estructural con base en geometría fractal de la Veta Rosa
el Nv. 2650 al Nv. 2700 en Consorcio Minero Horizonte S.A.**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Tito Marcial ARIAS ARZAPALO
PRESIDENTE

Dr. Favio Máximo MENA OSORIO
MIEMBRO

Mg. Julio Alejandro MARCELO AMES
MIEMBRO

DEDICATORIA

La presente tesis la dedico:

A Dios por brindarme salud y fuerza,

A mi Madre por su esfuerzo y perseverancia,

A mi hermano por ser mi segundo padre,

A mi hermana por no rendirse,

A Kevin por creer en mí.

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por brindarme salud y fuerza, por estar siempre a mi lado en los momentos más difíciles, por cuidar de mí y de mi familia y por permitirme culminar el desarrollo de mi tesis con éxito y adquirir el título profesional de Ingeniero Geólogo.

Agradezco a mi madre: Cecilia Mauricio Carhuaz, por su tenacidad y por haberme brindado su apoyo, a mis hermanos: Cristian y Marylyn por su persistencia, por su apoyo y por haberme impulsado a presentar el presente trabajo de investigación, a Kevin por su liderazgo, su tenacidad, sus lecciones y por absolver mis dudas e interrogantes que reforzaron este proyecto.

Agradezco a la empresa minera consorcio minero horizonte S.A., al ingeniero José Antonio Martínez Mendoza y al equipo de ingenieros geólogos por impartirme sus conocimientos desde que llegue a la empresa, ya que es un yacimiento estructuralmente caótico en la que como geólogos trabajamos para darle el sentido y el orden estructural que corresponde.

Agradezco a los maestros de la escuela profesional de ingeniería geológica, por impartirme sus conocimientos durante mi formación profesional, de ellos aprendí que la practica rompe paradigmas para seguir escalando en el ámbito laboral.

Mi encarecido agradecimiento al ingeniero Reynaldo Mejía Cáceres, por ser mi asesor, por sus orientaciones, aportes y consejos que han permitido concluir con el correspondiente trabajo de tesis, para optar el título profesional de ingeniero geólogo.

RESUMEN

El “Análisis estructural de la veta rosa con base en geometría fractal”, esta centralizada en dos principales niveles, que son el Nv 2650 y el Nv 2700, en consorcio minero horizonte, unidad minera ubicada en la provincia de Pataz, departamento de La Libertad. Tiene como objetivo, analizar estructuralmente con base en geometría fractal la veta rosa, definir el sistema de esfuerzos al tiempo de la mineralización y determinar el régimen tectónico resultante.

Los materiales que se usaron en la toma de datos son: Una brújula (brunton), flexómetro y una cámara fotográfica, y como herramientas se utilizaron formatos en excel. La metodología empleada fue en base a un enfoque analítico, aplicativo y explicativo de datos que se tomaron en interior mina en frentes de labor en veta rosa y en sondajes diamantinos a través de la identificación de evidencias fractales al tiempo de la mineralización (SYN), que fueron medidos con la brújula utilizando la técnica McCoss, registrados en formatos excel y evidenciados en imágenes fotográficas.

Esta información tomada en interior mina se plasmó en un plano geológico en la que se interpretó el comportamiento estructural de la veta rosa en la etapa SYN, obteniendo con el sistema de esfuerzos y el régimen tectónico resultante, un máximo esfuerzo σ_1 en dirección NW/SE 65° (transpresión $A=50^\circ-70^\circ$) que se evidencia en forma de “cabeza de víbora”, que nos brinda una dirección principal del vector de desplazamiento de clavos mineralizados oblicuos (posible plunge), el cual define uno de los principales dominios geológicos del depósito enfocados en altos contenidos de Au, siendo esta una guía en la exploración de nuevos clavos mineralizantes.

Palabras clave: Fractal, Estructural, McCoss.

ABSTRACT

The "Structural analysis of the veta rosa based on fractal geometry" is centralized in two main levels, which are Level 2700 and Level 2650, in the horizon mining consortium, a mining unit located in the province of Pataz, department of La Libertad. . Its objective is to structurally analyze the pink vein based on fractal geometry, define the stress system at the time of mineralization and determine the resulting tectonic regime.

The materials that were used in the data collection are: A compass (brunton), flexometer and a photographic camera, and as tools Excel formats were used. The methodology used was based on an analytical, applicative and explanatory approach to data taken inside the mine on working fronts in the pink vein and in diamond drilling through the identification of fractal evidence at the time of mineralization (SYN). that were measured with the compass using the McCoss technique, recorded in excel formats and evidenced in photographic images.

This information taken inside the mine was reflected in a geological map in which the structural behavior of the pink vein in the SYN stage was interpreted, obtaining with the stress system and the resulting tectonic regime, a maximum stress σ_1 in the NW/SE direction. 65° (transpression $A=50^\circ-70^\circ$) that is evidenced in the form of a "snake head", which gives us a main direction of the displacement vector of oblique mineralized nails (possible plunge), which defines one of the main geological domains of the deposit focused on high Au contents, this being a guide in the exploration of new mineralizing nails.

Keyword: Fractal, Structural, McCoss.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto se propone “Analizar el comportamiento estructural de la veta rosa al tiempo de la mineralización, con base en geometría fractal” a través de evidencias fractales, que se pueden identificar, registrar, procesar y analizar.

Por tanto, el proyecto consta de cuatro capítulos que abarca toda la investigación en base a evidencias fractales (indicadores), datos medidos en laboreo minero por medio de la técnica McCoss, evidencias que están sujetas a todos los tectonismos que ocurrieron en el pasado, datos que ayudaran a definir el sistema de esfuerzos y el régimen tectónico resultante, ya que esta veta está emplazada en una zona de debilidad y cizallamiento, las cuales están compuestas mineralógicamente por cuarzo-sulfuro, que se disponen en franjas e intersecciones tensionales al fallamiento de dirección andina (NW-SE), afectado por posteriores sistemas estructurales de dirección antiandina (NE-SW) que estarían controlando bloques estructurales con mayor o menor grado de erosión.

Comprender este comportamiento es vital para lograr un mejor entendimiento sobre la formación del depósito mineral, así se le facilitará al geólogo hacer predicciones sobre el comportamiento estructural de las demás vetas al tiempo de la mineralización con una aproximación abstracta mucho más cercana a la realidad que las que se hacen por medio de las técnicas convencionalmente empleadas.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	1
1.3. Formulación del problema.....	2
1.3.1. Problema general.....	2
1.3.2. Problemas específicos	2
1.4. Formulación de objetivos	2
1.4.1. Objetivo general	2
1.4.2. Objetivos específicos	2
1.5. Justificación de la investigación	2
1.6. Limitaciones de la investigación.....	3

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio.....	4
2.2. Bases teóricas – científicas.....	5
2.2.1. Bases Científicas	5
2.2.2. Bases Teóricas.....	10
2.3. Definición de términos básicos	29
2.4. Formulación de Hipótesis	34
2.4.1. Hipótesis General	34
2.4.2. Hipótesis Especificas	34
2.5. Identificación de Variables.....	34

2.6.	Definición operacional de variables e indicadores	35
------	---	----

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación	36
3.2.	Nivel de Investigación.....	36
3.3.	Métodos de investigación	37
3.3.1.	Recopilación y Revisión Bibliográfica	37
3.3.2.	Trabajo de Campo	37
3.3.3.	Trabajo de Gabinete	51
3.3.4.	Redacción del informe final	54
3.4.	Diseño de la Investigación.....	54
3.5.	Población y muestra	54
3.5.1.	Población.....	54
3.5.2.	Muestra.....	54
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	54
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	55
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	56
3.9.	Tratamiento estadístico	56

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo	57
4.1.1.	Ubicación y extensión del área de estudio	57
4.1.2.	Accesibilidad.....	58
4.1.3.	Geomorfología	59
4.1.4.	Hidrografía y drenaje	63
4.1.5.	Clima, Vegetación y Fauna	64
4.1.6.	Recursos Naturales	65
4.1.7.	Historia.....	66
4.1.8.	Geología Regional.....	68
4.1.9.	Geología Local	79

4.1.10. Geología Estructural.....	87
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados	91
4.2.1. Resultados de toma de datos	91
4.2.2. Análisis e interpretación de resultados.....	96
4.3. Prueba de hipótesis	96
4.4. Discusión de resultados.....	97

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

LISTA DE FIGURAS

Figura N°01 Evolución en las predicciones en las ciencias de la naturaleza y su relación con las Revoluciones Científicas.....	10
Figura N°02 Estructura fractal de un árbol.	11
Figura N°03 Longitud de una costa.....	11
Figura N°04 Triángulo o Alfombra de Sierpinski.....	12
Figura N°05 Copo de nieve de Koch	12
Figura N°06 La Curva de Hilbert.....	13
Figura N°07 Conjunto de Maldelbrot.....	13
Figura N°08 Conjunto de Julia.....	14
Figura N°09 Una construcción geométrica	15
Figura N°10 Una solución gráfica.....	16
Figura N°11 Representación gráfica de la técnica McCoss	18
Figura N°12 Definición del ángulo A y régimen tectónico resultante	18
Figura N°13 Descripción de fallas geológicas (Base euclidiana)	20
Figura N°14 Resolución de problema estructural (Base euclidiana)	20
Figura N°15 Cizallamiento simple dextral de una zona frágil.	21
Figura N°16 Patrón de fallamiento a lo largo de la falla Dash-e Bayaz, Iran.....	23
Figura N°17 Fractal al tiempo de la mineralización en una veta epitermal	25
Figura N°18 Modelo conceptual sobre el control estructural de la mineralización con base en análisis de la geometría fractal del ejemplo anterior.	27
Figura N°19 Predicción del comportamiento estructural de la cizalla estudiada con base en modelo experimental con transtensión a 110°	27
Figura N°20 Columna Estratigráfica del distrito aurífero de Pataz.....	79
Figura N°21 Diagrama de Streckeisen (QAPF) – Granodiorita.....	85

Figura N°22 Elipsoide de deformación en las etapas PRE, SYN, POST, y su rotación en el tiempo	96
--	----

LISTA DE CUADROS

Cuadro N°01 Data estructural de veta rosa tomada en la GL 655	39
Cuadro N°02 Data estructural de veta rosa tomada en la GL 2384	40
Cuadro N°03 Data estructural de veta rosa tomada en la GL 2269.	41
Cuadro N°04 Data estructural de veta rosa tomada en la GL 249.	42
Cuadro N°05 Data estructural de veta rosa tomada en la GL 326.	43
Cuadro N°06 Data estructural de veta rosa tomada en la GL 2008	44
Cuadro N°07 Data estructural tomada del DDH SF030002.	46
Cuadro N°08 Data estructural tomada del DDH SF030004.	47
Cuadro N°09 Data estructural de veta rosa tomada en superficie (Quebrada Rumpuy).	49
Cuadro N°10 Data estructural de veta rosa tomada en superficie (Bocamina RNG). ..	50

LISTA DE PLANOS

Plano N°01 Plano geológico de la veta rosa	52
Plano N°02 Plano topográfico	53
Plano N°03 Plano de ubicación de la zona de estudio.	59
Plano N°04 Plano geológico regional del distrito aurífero de Pataz.....	78
Plano N°05 Plano Geológico Local	91

LISTA DE TABLAS

Tabla N°01 Las magnitudes relativas	17
Tabla N°02 Variables e indicadores	35

Tabla N°03 Representación del movimiento ángulo A, espectro tectónico, sistema regional de esfuerzos, fotografía, etapa de mineralización y la posición del elipsoide de deformación.....	92
--	----

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

En Consorcio Minero Horizonte S.A., se identificó que no se ha realizado un análisis estructural con base en geometría fractal de ninguna veta, por ende, se determinó identificar evidencias fractales (indicadores de movimiento al tiempo de la mineralización) con características autosimilares, recursivas y de escala invariable que ayuden a analizar el comportamiento estructural de la veta rosa al tiempo de la mineralización, razón del presente proyecto de investigación.

1.2. Delimitación de la investigación

El área de investigación, se encuentra delimitada dentro de dos principales niveles (Nv 2650 y Nv 2700) que se encuentran en las concesiones de la Unidad Minera Consorcio Minero Horizonte S.A., ubicada en el distrito de Parcoy, provincia de Pataz, y departamento de La Libertad.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo analizar estructuralmente con base en geometría fractal la veta rosa del Nv 2650 al Nv 2700 en Consorcio Minero Horizonte?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cómo definir el sistema de esfuerzos al tiempo de la mineralización con base en geometría fractal de la veta rosa del Nv 2650 al Nv 2700 en Consorcio Minero Horizonte?
- ¿Cómo determinar el régimen tectónico resultante con base en geometría fractal de la veta rosa del Nv 2650 al Nv 2700 en Consorcio Minero Horizonte?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Analizar estructuralmente con base en geometría fractal la veta rosa del Nv 2650 al Nv 2700 en Consorcio Minero Horizonte.

1.4.2. Objetivos específicos

- Definir el sistema de esfuerzos al tiempo de la mineralización con base en geometría fractal de la veta rosa del Nv 2650 al Nv 2700 en Consorcio Minero Horizonte.
- Determinar el régimen tectónico resultante con base en geometría fractal de la veta rosa del Nv 2650 al Nv 2700 en Consorcio Minero Horizonte.

1.5. Justificación de la investigación

El análisis estructural de la veta rosa pretende identificar nuevos clavos mineralizantes con base en geometría fractal aplicando la técnica McCoss en una zona ya explotada a través de una reevaluación geológica, para darle más viabilidad

a la mina, ya que resulta más rentable y accesible la exploración y explotación del mineral por la cercanía a la superficie.

1.6. Limitaciones de la investigación

Las restricciones del trabajo a realizarse están conceptuadas en la poca información que se tiene sobre la base de la geometría fractal aplicado en la geología estructural, estas limitaciones tendrán que ser un motivo para que más geólogos puedan aplicarlo y demostrar la versatilidad de este método en diferentes unidades mineras indistintamente del tipo de yacimiento en la que trabajen.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Existen monografías geológicas nacionales anteriores de la zona de estudio realizados por el INGEMMET a través de los cuadrángulos de Pataz y Tayabamba realizadas por (Wilson & Reyes Rivera, 1964), también se ha revisado información sobre la teoría del caos, en la revista “La incertidumbre de pensar en el pasado. La historia de la teoría del caos y su aplicación en arqueología”, por (Garcia Raso, 2008) asimismo se leyó una memoria sobre “La introducción a la geometría fractal”, por (Valdés Vasquez, 2016) lo que nos llevó a investigar sobre Angus McCoss donde presenta en su libro Vol.8, N°6, pp.715 a 718, 1986 “simple constructions for deformation in transpression/transtensión zones” (McCoss, 1986) esta técnica con base en geometría fractal fue aplicada a nivel internacional en la compañía Minera Las Torres S.A. de C.V. Guanajuato, Gto. México, por José Antonio Martínez Mendoza, con la presentación de “Perspectiva de nuevos

depósitos en base a un arreglo estructural caótico en el distrito de Guanajuato” (Martinez Mendoza, 2016), lo mismo ocurrió en Minera Peñasquito, Zacatecas, México, por Claudio P. Flores Rivera con la presentación del “Modelo Estructural de emplazamiento de la brecha freatomagmática, en mina polimetálica Peñasquito” (Flores Rivera, 2017), ambas presentaciones demuestran el análisis estructural del depósito mineral con base en geometría fractal, análisis que se aplicara en la veta rosa y será plasmado en la presente tesis.

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. Bases Científicas

2.2.1.1. Evolución de las predicciones de la naturaleza

En el año de 1962, Thomas Kuhn postuló en su libro *The Structure of Scientific Revolutions* que la ciencia se desarrolla en dos etapas. Una a la que denomina ciencia normal, y otra a la que llama ciencia revolucionaria. La primera está caracterizada por la acumulación de conocimientos, sin cuestionamientos, de los paradigmas aceptados por la comunidad científica y la segunda aparece cuando se rompen los cauces de ese conocimiento y se establecen nuevas concepciones teóricas.

Basado en el postulado de Kuhn, es posible sugerir que la evolución de las predicciones en las ciencias de la naturaleza, ha tenido por lo menos tres grandes épocas revolucionarias (Kuhn, 1962):

- **Primera Revolución: Copernicana**

Eran los albores del s. XVI, y habían transcurrido más de quince siglos del mundo moderno, y la única ciencia disponible era la astrología, es decir, el estudio de la posición y movimiento de los astros como medio para predecir hechos futuros y carácter de las personas.

El orden de la astrología como ciencia normal, se rompe al aparecer publicado en 1507 *Sobre las revoluciones de los orbes celestes* del astrónomo polaco Nicolás Copérnico, donde se formula la teoría heliocéntrica o como los astros del Sistema Solar giran alrededor del sol (Copernico, 1507). Esta revolucionaria idea, acompañaría al Renacimiento Europeo y generaría un profundo cambio en las convicciones filosóficas, marcando un hito en las ideas y cultura predominantes en la época. Casi un siglo después, en 1609, Galileo-Galilei confirmaría con sus observaciones telescópicas *sobre los astros mediceos – las lunas de júpiter* (Galilei, 1984), la teoría de Copérnico y formularía las primeras leyes sobre el movimiento de los astros (Ver Figura N°01).

- **Segunda Revolución: Determinista**

Dos siglos casi transcurrieron desde que Copérnico revolucionara la ciencia y hubiera basado en ella una nueva corriente normal en las investigaciones científicas, que serían continuadas por Galileo y Kepler, y se da la culminación de esta corriente científica cuando aparece en escena en 1687, Isaac Newton revolucionando por segunda vez la ciencia al publicar sus *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural* (Newton, 1687), donde se hallan expuestas las célebres "Leyes de Newton". Conocedor de las leyes de Kepler sobre las órbitas de los planetas y de los estudios de Galileo, estableció en sus Principios Matemáticos de la Filosofía Natural, las leyes fundamentales de la dinámica y dedujo de ellas su famosa Ley de Gravitación Universal.

Uno de los máximos exponentes del determinismo científico que imperó como ciencia normal durante dos siglos, fue el matemático francés Pierre Simón de Laplace que en 1776 afirmaba categóricamente, Si se conociera la velocidad y posición de todas las partículas del universo en un instante dado, entonces se podría predecir su pasado y futuro para el resto de los siglos (Laplace, 1776) (Ver Figura N°01).

- **Tercera Revolución: Caos y Complejidad**

La clarificación y formulación matemática deslumbró a la comunidad a diferencia de los cambios drásticos detonados por los revolucionarios Copérnico y Newton en las Revoluciones Copernicana y Determinista respectivamente, que se dieron a partir de sendas publicaciones científicas, la tercera revolución tiene una historia más azarosa, pues por lo menos tres etapas de rompimiento de paradigmas científicos han ocurrido, desde finales s. XIX. (1892) hasta las postrimerías del s. XX. (1982). La comunidad científica sabía, sin poder demostrarlo, desde finales del s. XIX, que la implícita rigidez determinista impedía explicar muchas de las perturbaciones que ocurrían en la naturaleza. Se asumía, en todo caso que los fenómenos fortuitos o azarosos son, por definición, aquellos cuyas leyes ignoramos”.

El **primer rompimiento** del paradigma determinista se da en 1892. El físico y matemático francés Henry Poincaré, ingeniero de minas fue el primero al menos del que se tiene registro en plantear formalmente las perturbaciones en términos científicos en el concurso de ciencia que había promovido el rey Carlos II de Suecia para celebrar su cumpleaños sesenta. Tras tres años de ardua investigación, presenta resultados en su

ponencia *Métodos Nuevos de la Mecánica Celeste* (Poincaré, 1892), donde confirma la inestabilidad del Sistema Solar, concluyendo que el movimiento de los cuerpos del Sistema Solar prácticamente no se repetía nunca, al menos con total exactitud. Paradójicamente, el futuro, a pesar de ser determinista, era impredecible.

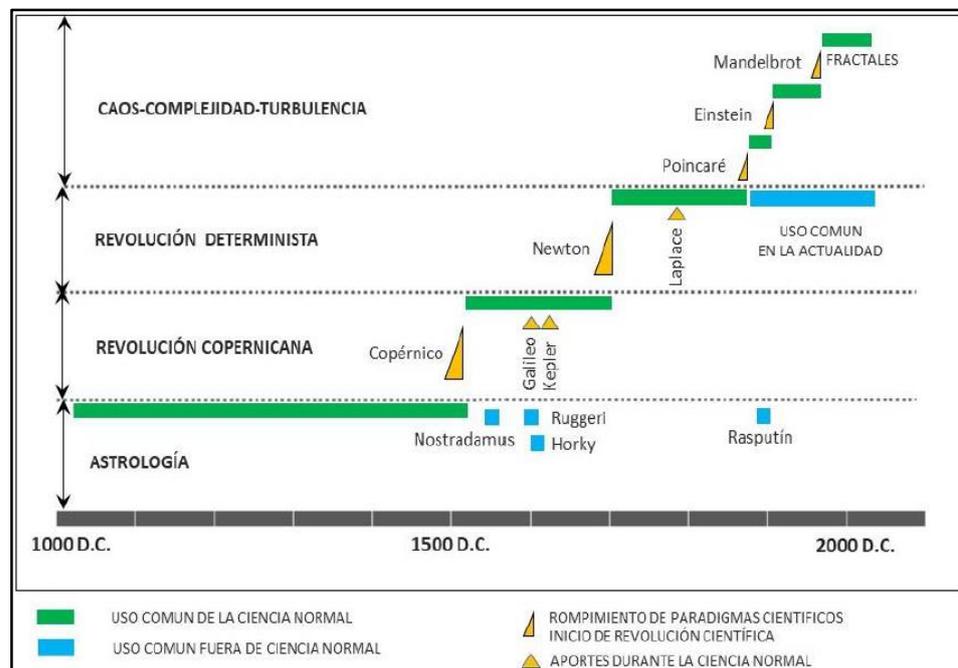
El **segundo rompimiento** y que es representativo de esta revolución de la ciencia está a cargo de Albert Einstein con su famosa *Teoría de la Relatividad*, sin duda uno de los logros más importantes de la física moderna. Fue Publicada en 1916. Einstein propuso que, en presencia de materia y energía, el espacio se puede deformar, formando crestas y valles que causan que los cuerpos se muevan por estas rutas irregulares. Así que, aunque la Tierra se mueve alrededor del Sol, en realidad, la irregularidad persiste y es simplemente la geometría del espacio-tiempo alrededor del Sol la que le dice cómo debe moverse. La teoría de la relatividad general, no sólo explica el movimiento de los planetas, sino que también puede describir la historia y la expansión del Universo, la física de los agujeros negros, la curvatura de la luz de las estrellas y las galaxias distantes (Einstein, 1916).

En 1975 se generó el **tercer rompimiento** de paradigmas. La comunidad científica, se había desbordado por la investigación hacia los fenómenos irregulares y complejos. Es así como se comienza a hablar incesantemente de caos, complejidad, turbulencia, irregularidad, desorden, para explicar muchos de los fenómenos de la naturaleza que se caracterizan por tener un comportamiento que no puede ser descrito por leyes

matemáticas sencillas. Mas extraño aún resultaba el hecho de que este tipo de caos emergía de fenómenos cuya evolución es inicialmente determinista. El máximo exponente de este rompimiento es **Benoit Mandelbrot**. En sus investigaciones acerca del tema, que le llevan más de 30 años (1951-1982), Mandelbrot terminó por acuñar el término fractal para describir formas geométricas cuya estructura se repite en cada una de sus partes, y en las partes de sus partes. Su obra *La geometría fractal de la naturaleza* (1982), marca un hito en la concepción de la ciencia. Hoy en día la geometría fractal, una aproximación más abstracta de la realidad a la dimensión que caracteriza a la geometría convencional, aparece como una explicación lógica a las perturbaciones caóticas. Así, queda implícita en la distribución de galaxias, en las irregularidades de una costa, en las de una montaña, en la forma de un río, en las variaciones del clima e incluso en el latir de un corazón. Se ramifican en nuestro cuerpo en alvéolos y redes neuronales como evolución de sistemas caóticos, constituyen la huella de fallas y fracturas en la corteza, epicentros de temblores, aparecen en la repetición de palabras de un texto, en la variación del clima e incluso en las fluctuaciones de precios de mercado.

Lejos de ser preocupante, se infiere que estas tendencias predictivas dejarán de estar en boga de manera paulatina y que aún los métodos deterministas por muy sofisticados que parezcan también dejarán de estarlo y el caos y los fractales irán ganando terreno conforme se profundice en las investigaciones en este campo y las predicciones que se hagan con esta base se acerquen más a la realidad (Mandelbrot, 1982) (Ver Figura N°01).

Figura N°01 Evolución en las predicciones en las ciencias de la naturaleza y su relación con las Revoluciones Científicas



Fuente: Benoit Mandelbrot (1924-2010) “Padre de la geometría fractal”.

2.2.2. Bases Teóricas

2.2.2.1. *Fractal*

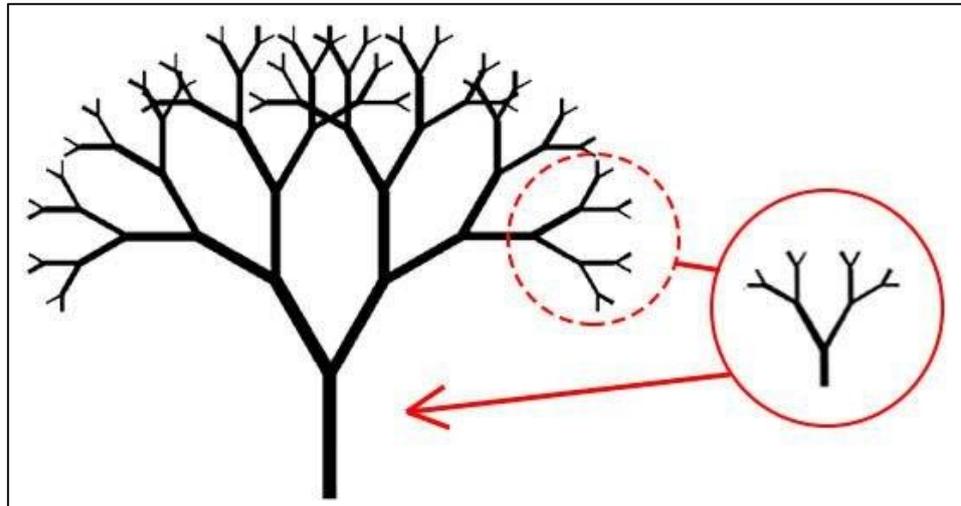
El término “fractal” proviene del vocablo latino “fractus” que se traduce como “fragmentado” y fue acuñado por el francés Benoît Mandelbrot (Mandelbrot, 1982).

La premisa es que un objeto fractal posee la notable propiedad de presentar siempre el mismo aspecto por muy cerca que se le examine **autosimilar**, es decir se repite a si mismo a **diferente escala** y así sucesivamente hasta el infinito **recursivo**.

Por otro lado, se hará la distinción entre un conjunto fractal y un fractal natural. Conjunto fractal lo podemos definir como un ente matemático, cuyas características pueden definirse rigurosamente como el

Triángulo de Sierpinski (Ver figura 4), Copo de nieve de Koch (Ver figura 5), La Curva de Hilbert (Ver figura 6), etc., mientras que el fractal natural se representa a través de objetos naturales que tienen ciertas regularidades que pueden ser la estructura de árboles (Ver figura 2), costas, (Ver figura 3) etc. (Valdés Vasquez, 2016).

Figura N°02 Estructura fractal de un árbol



Fuente: <https://steemit.com/cervantes/@simonmaz/naturaleza-y-matematicas-vi-arboles>.

Figura N°03 Longitud de una costa

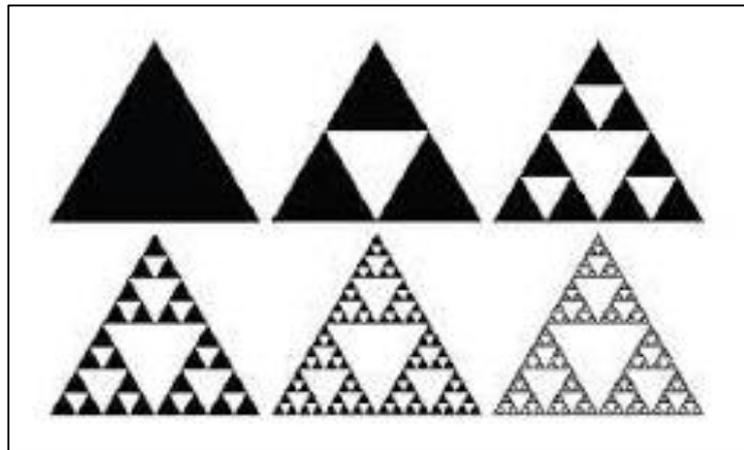


Fuente: <https://animalderuta.wordpress.com/2011/11/07/fractales-y-la-longitud-de-una-costa/>.

- **Fractales Lineales**

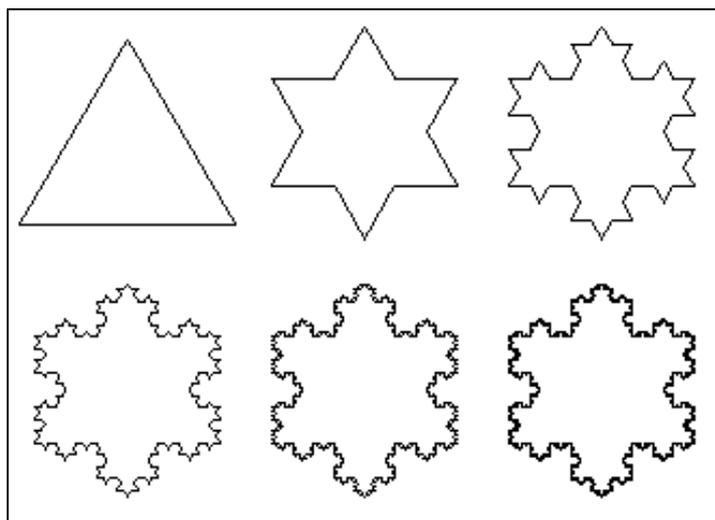
Son aquellos que se construyen con un simple cambio de escala, como lo son los conjuntos fractales creados por el hombre con figuras sencillas (rectas, triángulos, etc.) y la mezcla de ellas. Los ejemplos clásicos de fractales lineales son el Triángulo de Sierpinski (Ver figura 4), Copo de nieve de Koch (Ver figura 5), Curva de Hilbert (Ver figura 6), entre otras. (Valdés Vasquez, 2016).

Figura N°04 Triángulo o Alfombra de Sierpinski



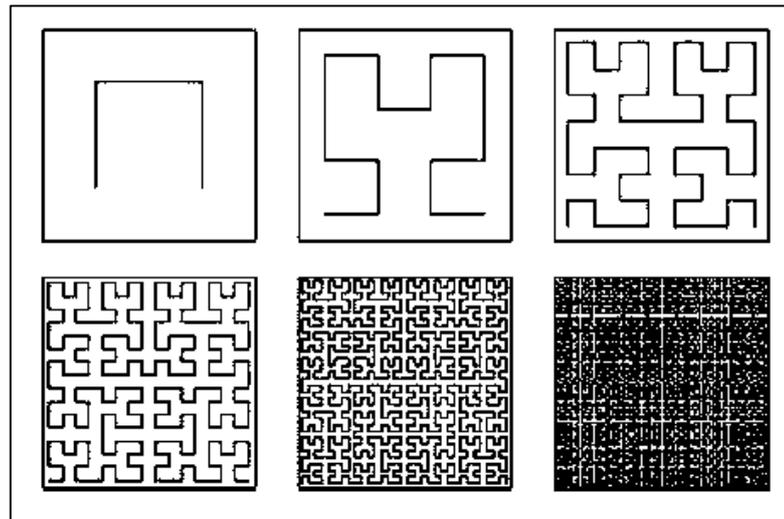
Fuente: Wactaw Sierpinski 1882-1969.

Figura N°05 Copo de nieve de Koch



Fuente: Helge Von Koch 1870-1924.

Figura N°06 La Curva de Hilbert

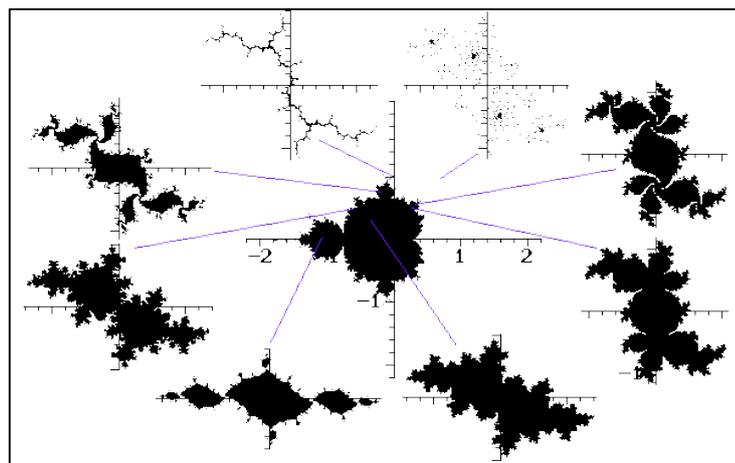


Fuente: David Hilbert 1862-1943.

- **Fractales no Lineales**

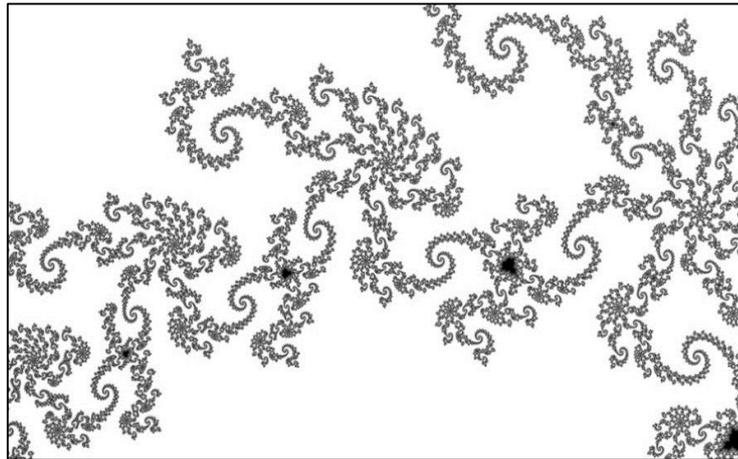
Son aquellos que están formados por los números complejos, debido a esto se les designa el termino de caóticos. Estos fractales son generados por computadoras y creados por el hombre, como lo son el Conjunto de Mandelbrot (Ver figura 7), y el Conjunto de Julia (Ver figura 8), entre otros. (Valdés Vasquez, 2016).

Figura N°07 Conjunto de Maldelbrot



Fuente: Benoît Maldelbrot 1924-2010.

Figura N°08 Conjunto de Julia



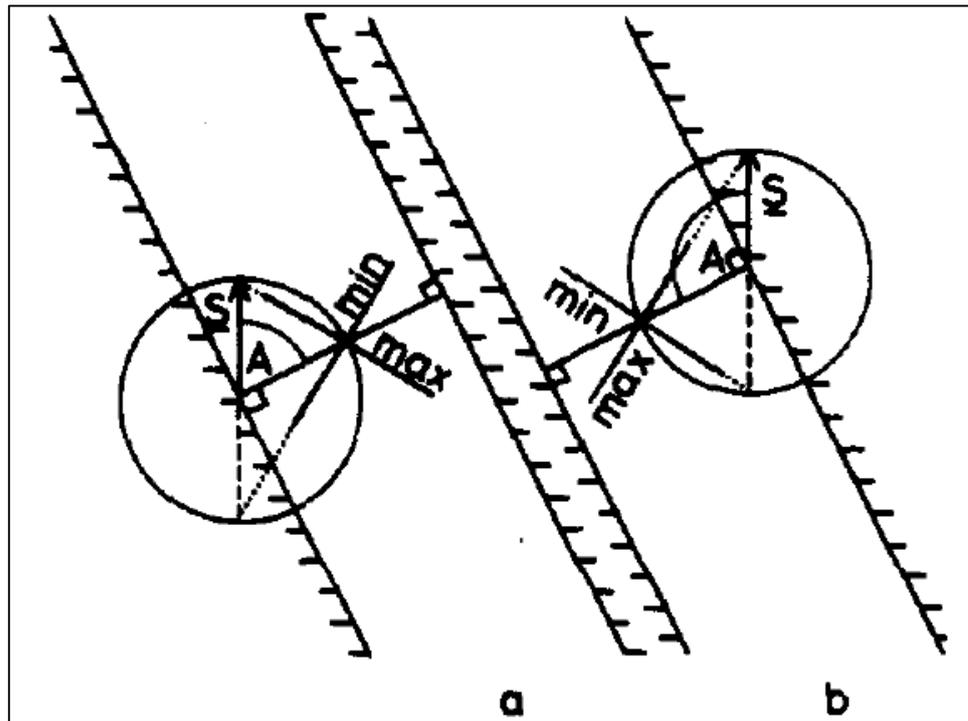
Fuente: Gaston Julia 1878-1929.

2.2.2.2. Técnica McCoss

Método desarrollado por Angus McCoss (1986) para el análisis de áreas deformadas en Transtensión y Transpresión (McCoss, 1986), que se demuestra en una construcción geométrica simple para determinar las orientaciones de los principales ejes del elipsoide de deformación infinitesimal en zonas tectónicas donde los límites convergen o divergen oblicuamente.

La construcción también se puede utilizar para determinar las magnitudes relativas de los ejes principales y la forma del elipsoide, para deformaciones transpresionales/transtensionales infinitesimales y finitas. El análisis conduce a un endurecimiento de las definiciones de los términos utilizados libremente, transpresión, wrench y transtensión. Para simplificar la discusión y enfatizar su utilidad práctica, el modelo se presenta primero en forma geométrica (Ver figura 9).

Figura N°09 Una construcción geométrica



Fuente: Journal of Structural Geology, Vol 8, N°6, pp.715 to 718, 1996.

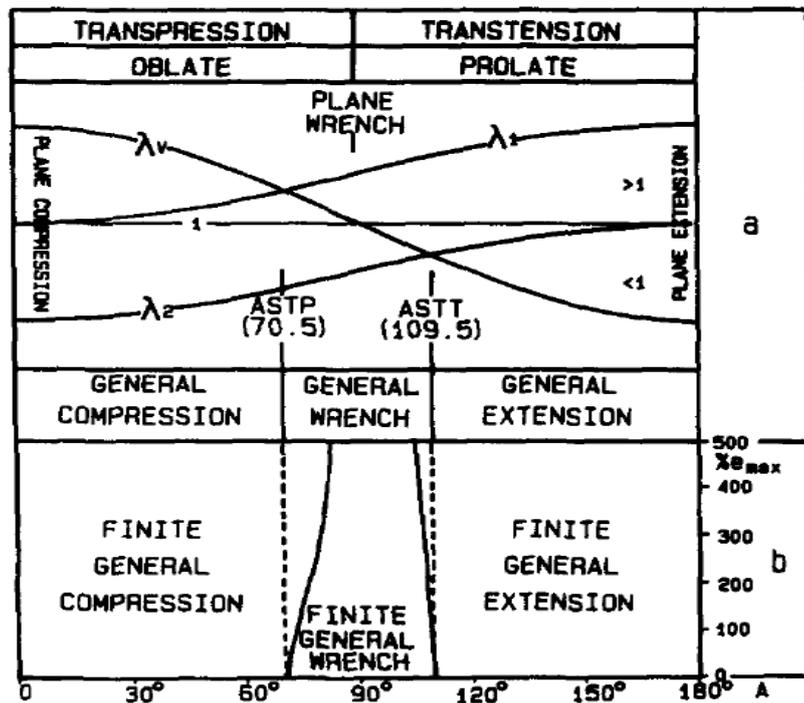
- **Descripción de la figura N°09** Una construcción geométrica para (a) Transpresión y (b) transtensión, que facilita la identificación de las orientaciones de los ejes principales máximo y mínimo de la sección infinitesimal elipse de tensión.

Las magnitudes relativas de los ejes principales de los elipsoides de deformación infinitesimal formado en el volumen constante de Transpresión/Transtensión de Sanderson & Marchini (1984), también se puede determinar a través de la construcción geométrica de la Fig. 9. Esto se logra midiendo el ángulo (A) entre S y la zona normal.

Las magnitudes relativas infinitesimales y el elipsoide, son una función de A y se describen en la Tabla 1 y la Fig. 10(a). Conociendo las magnitudes relativas de los ejes principales, es importante ya que permite identificar el régimen tectónico en la que se formaron.

La nomenclatura adoptada en la Tabla 1, sigue esquemas convencionales. El reconocimiento de valores precisos de A, que se unen claramente en diferentes regímenes ($A = 0^\circ, 180^\circ$, el sinistral y dextral, sistemas donde $A = 70.5^\circ, 90^\circ, 109.5^\circ$) facilita un apriete de la definición de términos vagos como transpresión, wrench y transtensión.

Figura N°10 Una solución gráfica



Fuente: Journal of Structural Geology, Vol 8, N°6, pp.715 to 718, 1996.

- **Descripción de la figura N°10** Una solución gráfica para determinar las características de (a) el elipsoide de deformación infinitesimal y (b) el elipsoide finito. Las orientaciones donde la Transpresión y la transtensión axialmente simétricas ocurren son mostrados por ASTP y ASTT, respectivamente, y es el vertical alargamiento cuadrático principal. En $\lambda_1 > \lambda_2$ son los principales horizontales deformaciones, e_{max} , es la máxima extensión finita.

Los regímenes generales de transpresión, torsión y transtensión están definidos por las orientaciones verticales del máximo, tramos intermedios y mínimos principales respectivamente clasificación de Anderson (1951) con principales tensiones. Se prefiere 'simétrico axialmente' a 'uniaxial' ya que la deformación en estas orientaciones es triaxial.

Los ángulos y campos críticos, detallados en la Tabla 1, pueden extenderse a deformaciones finitas, ya que los ángulos permanecen bastante estables con el aumento de la tensión (Fig. 10b). Cuatro de los límites $A = 0, 180^\circ$ y el sistema sinistral y dextral donde $A = 90^\circ$, permanecen fijo para todas las deformaciones finitas. Los otros cuatro, donde $A = 70,5^\circ$ (Transpresión axialmente simétrica o ASTP) y $109,5^\circ$ (transtensión axialmente simétrica o ASTT), migrar lentamente hacia 90° con tensión creciente, (Fig. 10b).

Tabla N°01 Las magnitudes relativas

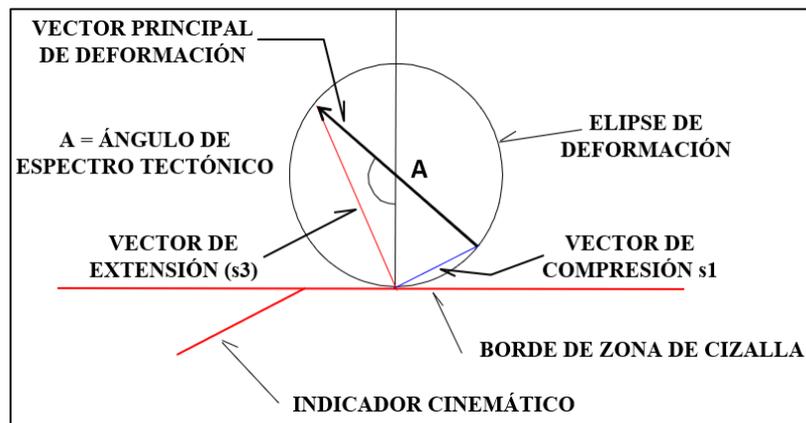
A	Relative magnitudes	Tectonic regimes	Ellipsoid shape
Acute	see below	Transpression	Oblate
Obtuse	see below	Transtension	Prolate
0	$\lambda_v > \lambda_1 = 1 > \lambda_2$	Plane Compression	Planar
$0 < A < 70.5^\circ$	$\lambda_v > \lambda_1 > 1 > \lambda_2$	General Compression	Oblate
70.5° *	$\lambda_v = \lambda_1 > 1 > \lambda_2$	ASTP	AS Oblate
$70.5^\circ < A < 90^\circ$	$\lambda_1 > \lambda_v > 1 > \lambda_2$	General Wrench (c-field)	Oblate
90°	$\lambda_1 > \lambda_v = 1 > \lambda_2$	Plane Wrench	Planar
$90^\circ < A < 109.5^\circ$	$\lambda_1 > 1 > \lambda_v > \lambda_2$	General Wrench (e-field)	Prolate
109.5° *	$\lambda_1 > 1 > \lambda_2 = \lambda_v$	ASTT	AS Prolate
$109.5^\circ < A < 180^\circ$	$\lambda_1 > 1 > \lambda_2 > \lambda_v$	General Extension	Prolate
180°	$\lambda_1 > \lambda_2 = 1 > \lambda_v$	Plane Extension	Planar

Fuente: Journal of Structural Geology, Vol 8, N°6, pp.715 to 718, 1996.

Las magnitudes relativas, los regímenes tectónicos implícitos y formas elipsoidales para valores dados de A , como $S \rightarrow 0$, en una tectónica vertical zona, (Journal of Structural Geology, Vol 8, N°6, pp.715 to 718, 1996).

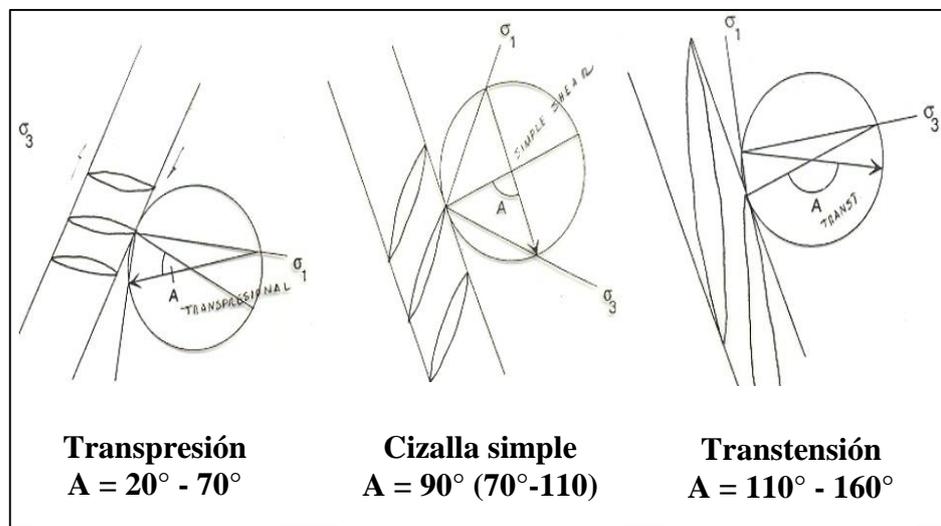
La técnica es aplicada de manera muy simple en campo (moneda y brújula) y da una aproximación de muy buen nivel para la definición del Sistema de Esfuerzos y el Régimen Tectónico (Ver figura 12), haciendo de su uso inmediato una práctica para el geólogo en el campo (Ver figura 11).

Figura N°11 Representación gráfica de la técnica McCoss



Fuente: José Antonio Martínez, 1991.

Figura N°12 Definición del ángulo A y régimen tectónico resultante



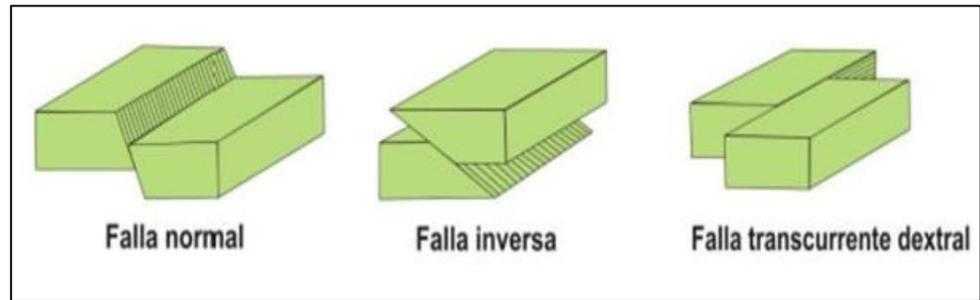
Fuente: José Antonio Martínez, 1991.

2.2.2.3. *Fractales en los Depósitos Minerales*

El hombre se ha obsesionado por entender a nuestro mundo en perfecta armonía resultado de reglas simples y ordenadas, y generalmente el desorden, cuando se detecta, es considerado producto del azar. Por esta razón, cuándo tres siglos antes de la era cristiana, el matemático griego Euclides en su afamada obra *Elementos* propuso de manera formal los teoremas sobre las propiedades de líneas y planos, círculos y esferas, triángulos y conos, etc., es decir de las formas regulares, estos dieron la explicación científica idónea con que se tranquilizó al mundo nada menos que durante 23 siglos. Si bien es cierto que los postulados de Euclides, además de ser poderosos instrumentos de razonamiento deductivo han sido extremadamente útiles en muchos campos del conocimiento, la física, matemáticas, diversas ingenierías, la astronomía, etc. También sabemos que las ideas de Euclides constituyen una considerable abstracción de la realidad, sobre todo en sistemas no lineales o no ordenados en la naturaleza.

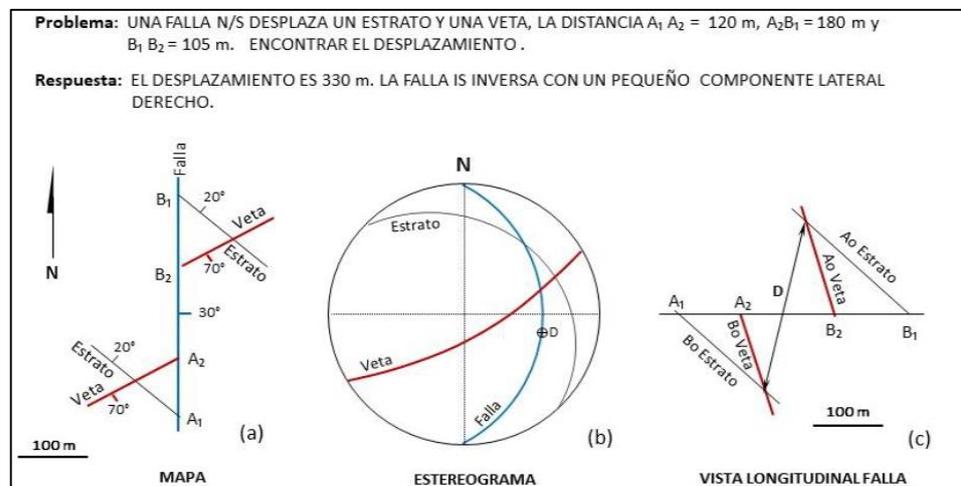
A pesar de esto, las ciencias de la tierra, específicamente la geología estructural, se ha apoyado históricamente en conceptos euclidianos, no solo para explicar (Figura 13), sino para analizar comportamientos, resolver problemas estructurales y hacer predicciones sobre los mismos (Figura14) (Martinez Mendoza, *Caos y Fractales en los depositos minerales*, 2005).

Figura N°13 Descripción de fallas geológicas (Base euclidiana)



Fuente: Descripción de fallas geológicas (Base euclidiana) (José Antonio Martínez, 2005).

Figura N°14 Resolución de problema estructural (Base euclidiana)

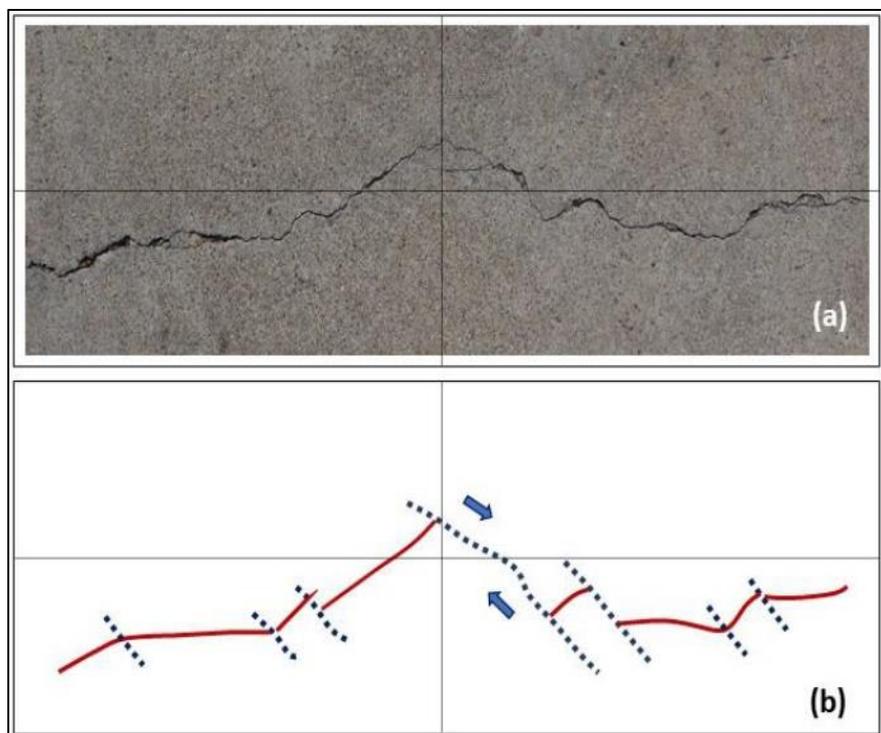


Fuente: Tomado de Ragan, 2009 p.178.

El uso común para resolver problemas sobre bases euclidianas y deterministas en la geología estructural se ha convertido en un hábito. Se aplican métodos matemáticos como teoría de vectores, geometría analítica, proyecciones estereográficas y otros en la resolución de problemas y hacer predicciones y estos métodos han venido siendo depurados cada vez y con más sofisticación para su uso en forma de softwares especializados. Sin duda, la base euclidiana y determinista apoya en la comprensión y ayuda en la predicción, pero es innegable que dichas predicciones son una abstracción muy alejada de la realidad pues los fenómenos tectónicos que generan esas perturbaciones en la corteza en forma de fracturas, pliegues y

fallas obedecen más a un régimen caótico como se muestra en la (Figura 15a), que no puede explicarse con la certeza requerida por métodos convencionales e incluso dan lugar a una distorsión de la realidad, alejándose de ella, muchas de las veces en una opuesta dirección. No es raro encontrar explicaciones euclidianas incorrectas a problemas caóticos como puede observarse en el ejemplo de la (Figura 15b) (Martinez Mendoza, Caos y Fractales en los depositos minerales, 2005).

Figura N°15 Cizallamiento simple dextral de una zona frágil.



Fuente: José Antonio Martínez, 1991

- **Descripción de la figura N°15.** Cizallamiento simple dextral de una zona frágil desarrollando un patrón típico de la Geometría Fractal (a). Interpretación euclidiana incorrecta (por lo regular muy común) sobre el patrón observado (b), note que aparece un patrón de fallas inexistentes con movimiento lateral dextral inesperado (José Antonio Martínez, 1991).

Analizar y estudiar las perturbaciones de los sistemas ordenados resulta tan relevante para entender los fenómenos de la naturaleza que esto no puede ser despreciado, a pesar, y precisamente, porque dichas perturbaciones desarrollan patrones asimétricos. Estos patrones asimétricos se manifiestan como un conjunto de formas que poseen detalle a toda escala, no son diferenciables y exhiben dimensión fraccional.

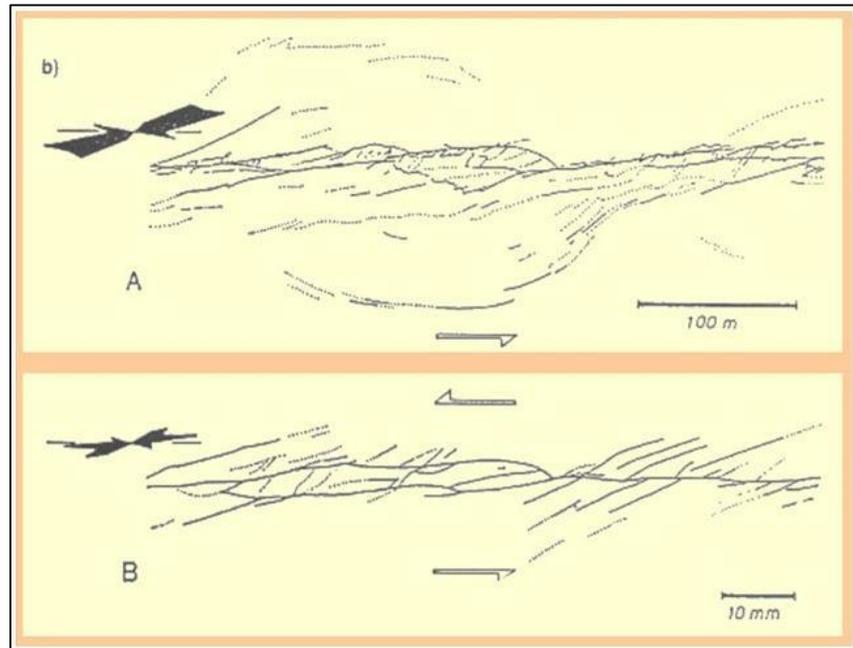
Según Talanquer, el interés de Mandelbrot en el tema nació de su certeza de que "las nubes no son esferas, las montañas no son conos, las costas no son líneas ni círculos, como la corteza de un árbol no es plana ni un rayo viaja en línea recta", y que por otro lado, confirmaba que: "una roca es similar a la montaña de la que forma parte, una rama tiene la misma estructura que la del tronco del que nace, como si la decisión hubiera sido repetir la misma forma a diferentes escalas dentro de un mismo objeto, asegurando una copia del original a cualquier nivel de amplificación, como si se pensara en generar el máximo nivel de diseño con el mínimo costo. Un helecho, un brócoli o una coliflor son muestras vivas de este juego de la naturaleza en el que el mismo patrón de crecimiento se manifiesta a diferentes escalas". Estos conceptos le llevaron a definir las reglas de la geometría fractal, adoptando nuevos paradigmas a la ciencia como hemos visto.

En la Figura 16, se muestra el patrón de fallamiento a lo largo de la falla Dash-e Bayaz, en Irán, formada por el terremoto de 1968, (Hoobs et al, 1976). Ilustra el comportamiento autosimilar de la misma a diferentes escalas. Puede notarse que un fractal (B), obtenido de la misma, muestra características que si bien no son iguales en forma estricta si son

autosimilares al comportamiento a mayor escala (Martínez Mendoza, Caos y Fractales en los depósitos minerales, 2005).

Figura N°16 Patrón de fallamiento a lo largo de la falla Dash-e Bayaz,

Iran



Fuente: Hoobs et al, 1976.

- **Descripción de la figura N°16.** Patrón de fallamiento a lo largo de la falla Dash-e Bayaz, Iran, formada durante el terremoto de agosto de 1968. Ilustra el comportamiento de autosimilar (típico de la geometría fractal) a diferentes escalas (tomado de Hoobs et al, 1976).

2.2.2.4. *Análisis Estructural con base en Geometría Fractal*

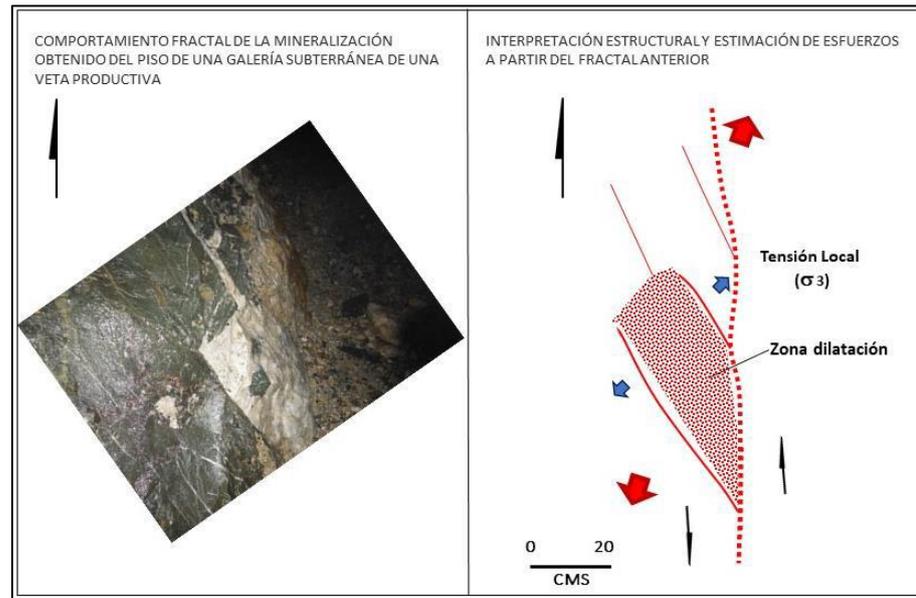
Una vez confirmado que un depósito mineral es un fenómeno de la naturaleza producto de un sistema caótico y que su ocurrencia obedece a que el sistema ordenado al que pertenece sufrió perturbaciones (caos) en un instante dado y en un breve espacio de una región determinada, permitiendo a los fluidos mineralizantes disponibles evolucionar, reaccionar y emplazarse en trampas estructurales que fueron generadas o reactivadas

mientras estuvo en caos. Es entonces lógico suponer, que dado que el sistema no es ordenado mientras ocurrió la mineralización, las estructuras perturbadas durante este lapso y formadoras de trampas, estén regidas por la geometría fractal y muestren por tal motivo las principales características de este tipo de geometría como la recursividad y la autosimilaridad.

Si en una región, distrito, veta o cuerpo mineral es posible identificar la etapa mineralizante, entonces es posible registrar, procesar y analizar adecuadamente las evidencias fractales y con los datos que arroja la comprensión de la geometría fractal de las vetas y/o cuerpos, dará como resultado, hacer predicciones más confiables y reducir por consecuencia y considerablemente el riesgo que esta actividad tiene implícita.

En la figura 17, se observa una región frágil – muy común en las zonas que el geólogo económico explora - un fractal de una veta epitermal productiva en dirección N/S, obtenido en el piso de una galería subterránea, registra el momento de la mineralización y el menor esfuerzo (σ_3 local medido en campo (NE/SE 45°)) en el que esta zona dilatada fue formada. Aquí, ya es posible determinar que la veta estudiada puede ser clasificada como una falla planar oblicua de alto ángulo con movimientos normales y laterales relativos izquierdos (siniestrales) alojada en un corredor estructural de deformación no coaxial y que desarrolla varios juegos de estructuras intra-cizalla (Martinez Mendoza, Caos y Fractales en los depositos minerales, 2005).

Figura N°17 Fractal al tiempo de la mineralización en una veta epitermal



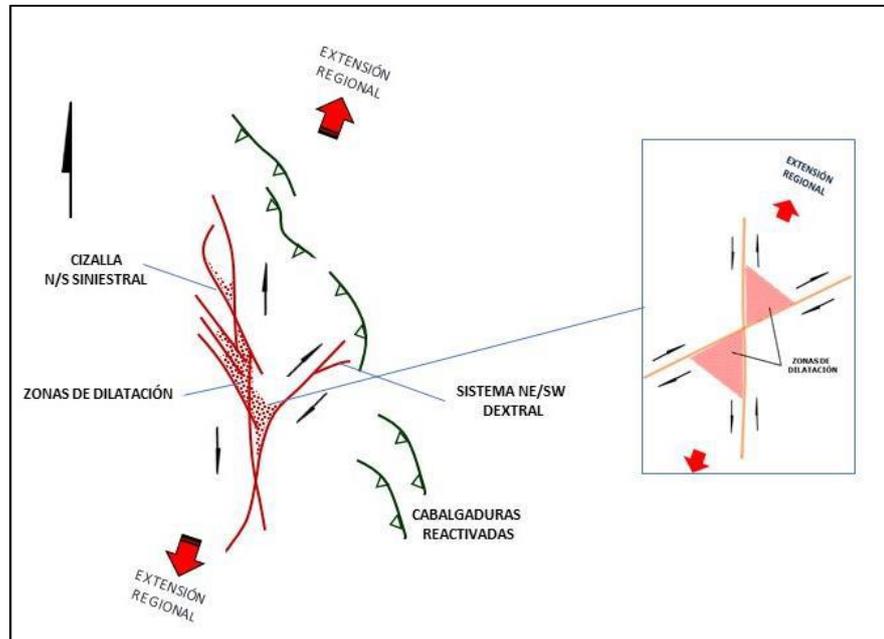
Fuente: José Antonio Martínez, 1991.

- **Descripción de la figura N°17.** Fractal al tiempo de la mineralización en una veta epitermal obtenido del piso de una galería subterránea e interpretación de su comportamiento y estimación de esfuerzos actuantes, (José Antonio Martínez, 1991).

Un análisis de esfuerzos da como resultado la estimación del vector de máximo desplazamiento o extensión regional (σ_3) al tiempo de la mineralización en una dirección NE/SW 22° y con esto puede proponerse el Sistema Regional de Esfuerzos (SRE) bajo el cual se formó la zona dilatada que contiene mineralización en la estructura. La disposición del SRE al tiempo de la mineralización en relación al corredor estructural indica que dicho corredor con dirección preferencial N/S, desarrolla un cizallamiento simple (Simple Shear) con movimientos laterales relativos izquierdos (siniestral) que junto con el movimiento normal observado produce un fallamiento oblicuo normal formado bajo un régimen tectónico típico de transtensión en zonas de estiramiento cortical.

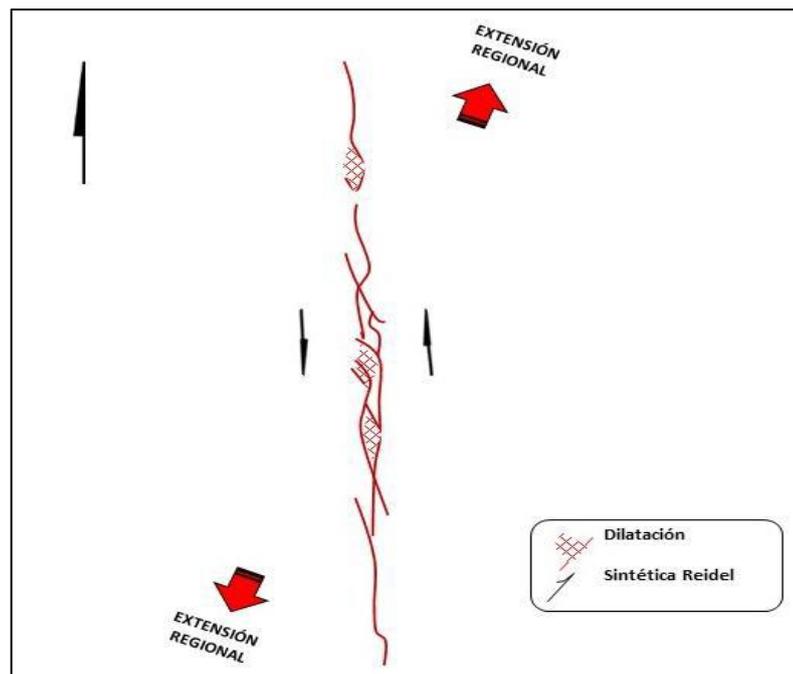
No puede ser rebatido que, dado que el sistema estructural mineralizado ocurre en un instante de tiempo, aparecerán una gama de estructuras que se formaron previamente a la mineralización, otras durante la misma e incluso algunas posteriormente. Análisis de la geometría fractal de todas estas es esencial para definir los principales controles estructurales que presentará la mineralización. En el caso que nos ocupa, además de la principal orientación de la cizalla N/S a N-NW/S-SE, pudo determinarse que al tiempo de la mineralización se formaron estructuras pinadas internas W-NW/E-SE clasificadas como secundarias al corredor principal de la cizalla, su presencia marca la posición de zonas de dilatación. Un sistema NE/SW también está presente en el área y aparentemente fue reactivado al tiempo de la mineralización. Estructuras inversas de bajo ángulo NW/SE (cabalgaduras) que muestran una clara vergencia al NE también fueron observadas y analizadas y se interpretan como estructuras antiguas reactivadas al tiempo de la mineralización. Un análisis cuidadoso, que involucra las estructuras reconocidas y analizadas en sus diferentes etapas permite proponer los modelos conceptuales sobre los controles estructurales de la mineralización (Figura 18). Por último, con base en la geometría fractal del punto inspeccionado, en el grado de transtensión estimado y en modelos experimentales en zonas frágiles sometidas a este tipo de esfuerzos se puede predecir el comportamiento general que tendrá la estructura estudiada (Figura 19) (Martinez Mendoza, Caos y Fractales en los depositos minerales, 2005).

Figura N°18 Modelo conceptual sobre el control estructural de la mineralización con base en análisis de la geometría fractal del ejemplo anterior



Fuente: José Antonio Martínez, 1991.

Figura N°19 Predicción del comportamiento estructural de la cizalla estudiada con base en modelo experimental con transtensión a 110°



Fuente: José Antonio Martínez, 1991.

Resulta cierto, aunque pueda resultar sorprendente, que un solo dato de la geometría fractal puede llevarnos a entender el comportamiento de una veta, definir controles y predecir comportamiento o nuevas trampas. Para reafirmar esta aseveración, hay que recordar que una de las premisas al hacer predicciones con bases euclidianas-deterministas es que la cantidad de información es importante: a mayor cantidad de datos hay más confiabilidad, y aunque hay algo de verdad en esto, pues a mayor cantidad de datos las predicciones tenderán a lograr la precisión, aunque no necesariamente la exactitud.

Pero, dado que un depósito mineral es formado por un sistema caótico y en el caos no importa cuantos datos tengamos del pasado y que una buena comprensión de su geometría fractal puede llevarnos con poca información válida a obtener además de precisión, exactitud, logrando con esto hacer las predicciones con una abstracción mucho más cercana a la realidad que la que se hace con los métodos euclidianos y deterministas. Registrar, procesar y analizar los datos aun cuando estos resulten pocos en cantidad revive la esencia del geólogo económico incitándolo más a la observación, análisis y comprensión con base en el conocimiento que a la metodología determinista de procesamiento de datos y uso indiscriminado de información que desafortunadamente continúa en auge. Por último, cabe destacar una frase atribuida a José Emilio Pacheco (J.M. Berlanga, comunicación personal): Cuando la información sustituye al conocimiento, estas enterado de todo, pero no sabes nada de nada (Martinez Mendoza, *Caos y Fractales en los depositos minerales*, 2005).

2.3. Definición de términos básicos

- **Fractal.** - Un fractal es un objeto geométrico caracterizado por presentar una estructura que se repite a diferentes escalas. En cierto modo, se trata de un patrón sin fin, que está relacionado con un modelo matemático que describe y estudia objetos y fenómenos frecuentes en la naturaleza que no se pueden explicar por las teorías clásicas y que se obtienen mediante simulaciones del proceso que los crea.
- **Caos.** - El caos es la complejidad de la supuesta causalidad en la relación entre fenómenos (eventualidad) sin que se observe una traza lineal que relacione la causa con el efecto, sino más bien, un complejo cálculo.
- **PRE.** - Es un evento tectónico antes de la mineralización.
- **SYN.** - Es un evento tectónico de la mineralización.
- **POST.** - Es un evento tectónico después de la mineralización.
- **Sigma 1 (σ_1).** - Esfuerzo principal en el eje X.
- **Sigma 2 (σ_2).** - Esfuerzo moderado en el eje Y.
- **Sigma 3 (σ_3).** - Esfuerzo débil en el eje Z.
- **Transpresión.** - Es un tipo de deformación, donde un bloque es deformado por fuerzas externas que actúan en ambos extremos hacia un mismo punto que sería el centro del bloque.
- **Cizalla simple.** - Es una deformación plana en la cual el estado deformado de bloques es paralelo entre sí, ya que no se distorsionan y se mantienen con un desplazamiento paralelo.
- **Transtensión.** - Es un tipo de deformación, donde un bloque es extendido por fuerzas externas que actúan en ambos extremos en sentido contrario.

- **Deformación.** - Modificación que sufre una roca o material por acción de una o más esfuerzos.
- **Desplazamiento.** - Es la distancia recorrida por un bloque rocoso a través de un plano de movimiento.
- **Brújula.** - Instrumento que sirve para medir el rumbo (azimut) y el buzamiento de las estructuras geológicas.
- **Rumbo.** - Dirección que sigue la línea de intersección formada entre el plano horizontal y el plano del estrato o estructura geológica, con respecto al norte o al sur.
- **Buzamiento (Dip).** - Término usado para indicar el ángulo de inclinación de las rocas estratificadas o de estructuras geológicas.
- **Veta.** - Estructura paralelepípeda, generalmente mineralizada, presenta una potencia, un largo y una profundidad. Las vetas mineralizadas constituyen yacimientos de rendimiento económico. Las vetas son generalmente el producto del relleno de fracturas o fallas por procesos hidrotermales. Se clasifican en: monometálicas, bimetálicas y polimetálicas.
- **Falla.** - Desplazamiento de un bloque rocoso con respecto a otro colindante a éste o de ambos bloques, a través de un plano denominado plano de falla. Las fallas son producto de esfuerzos tectónicos, producto de la epirogénesis, orogenia, diastrofismo, tectónica de placas o cualquier otro tipo de desplazamiento de parte de la corteza. Una falla ocasiona discontinuidad de las estructuras geológicas. Los esfuerzos pueden ser: tensionales, compresionales, verticales (en ambos sentidos) o inclinados, dando lugar a diversos tipos de fallas.

- **Cizallamiento.** - Es el proceso de fracturamiento de las rocas debido a los esfuerzos tectónicos.
- **Cordillera oriental.** - La Cordillera Oriental es una alineación montañosa que constituye el ramal oriental de la cordillera de los Andes en el Perú. Atraviesa todo el país, desde la frontera ecuatoriana, al norte, hasta la frontera boliviana al sur.
- **Intrusión.** - Penetración de rocas ígneas plutónicas o volcánicas entre rocas preexistentes. Ej. batolitos, lacolitos, lopolitos, diques, sills, etc.
- **Emplazamiento.** - Término usado para referirse a los procesos de intrusión de las rocas ígneas y de depósitos minerales.
- **Ambiente Tectónico.** - Localización respecto del límite de una placa tectónica, en particular un límite a lo largo del cual existe o ha existido actividad tectónica.
- **Trampas Estructurales.** - Una variedad de estructura geológica sellada con capacidad para retener mineralización, tal como una falla o pliegue. Las trampas estructurales se forman donde los cambios producidos en el tipo de roca permiten la retención de mineral.
- **Fosa Tectónica.** - Es una estructura geológica correspondiente a un juego de fallas múltiple compuesta de tres bloques, donde el bloque central desciende y los dos laterales se levantan. Geomorfológicamente, los grabens dan lugar a la formación de valles perfectamente orientados siguiendo la dirección principal de los planos de falla que originaron el graben.
- **Soluciones Hidrotermales.** - Las soluciones hidrotermales de derivación magmática se consideran fluidos residuales que quedan luego de la cristalización de la masa ígnea fundida y que contienen metales base y otros

elementos incompatibles que no pueden acomodarse en los minerales que cristalizan dentro de un magma.

- **Batolito.** - Es una estructura maciza de roca ígnea plutónica cuyo afloramiento en la superficie terrestre supera los 100 Km. de largo y 20 Km. de ancho (más de 2,000 Km²). El Batolito de la Costa (Cordillera Occidental de los Andes Peruanos) presenta tres sectores: 1. Sector Trujillo o Norte que se extiende desde el sur del departamento de Piura hasta cerca de Chimbote. 2. Sector Lima o Central que se extiende desde Chimbote hasta Nazca (más de 700 Km. de largo), y 3. Sector Arequipa o Sur, que se extiende desde Nazca hasta la frontera con Chile. El Batolito de la Costa posiblemente sea una intrusión plutónica que se halla conectado en el sub-suelo, presenta toda variedad de rocas ígneas de las básicas (gabros, sienitas y dioritas) a las ácidas (granodioritas, granitos y pegmatitas) y se ha emplazado en un lapso de aproximadamente 90 M.A. entre 110 M.A. y 20 M.A. de acuerdo con las investigaciones radiométricas realizadas por el Natural Environmental Research Council (Inglaterra) y el INGEMMET.
- **Granodiorita.** - Roca ígnea plutónica, textura fanerítica o granular. Minerales esenciales: cuarzo, feldespatos, predominio de las plagioclasas sobre la ortosa y ferromagnesianos.
- **Granito.** - Roca ígnea plutónica, ácida, los minerales esenciales son el cuarzo y feldespatos con predominio de la ortosa sobre las plagioclasas, presenta como minerales accesorios las micas y los ferromagnesianos (piroxenos y anfíboles), ausencia total de olivino. Su textura es fanerítica o granular, es decir, los minerales se observan a la simple vista del ojo. Los granitos yacen en los batolitos y stocks, algunas veces se les puede encontrar en lacolitos y filones. El granito es de color claro y a mayor contenido de cuarzo y feldespato el granito

se torna más claro, recibiendo en este caso la denominación de granito leucocrata.

- **Tonalita.** - Roca ígnea plutónica intermedia, minerales esenciales: plagioclasas, cuarzo (menos de 10%), anfíboles, biotita; accesorios: ortosa, titanita, magnetita, circón. Se usa como roca ornamental.
- **Diorita.** - Roca ígnea plutónica de textura granular constituida por plagioclasas y ferromagnesianos, contiene cuarzo hasta 5%. Algunas veces contiene cuarzo entre 5%.
- **Monzogranito.** - El monzogranito se distingue como un subtipo dentro del término de clasificación general de granito. Anteriormente este tipo rocoso (monzogranito) se denominó adamellita, quedando el nombre de granito reservado para rocas que se proyectan en el actual campo del sienogranito.
- **Aplita.** - Roca granítica generalmente filoniana de colores claros, ácida, cuyos componentes son: cuarzo, feldespatos alcalinos y mica blanca (muscovita). Su textura es generalmente fina. Se le usa como roca ornamental. Las pegmatitas tienen casi la misma composición, pero su textura es granular.
- **Moscovita.** - Es una mica perteneciente al grupo de los filosilicatos. Silicato alumínico, potásico, contiene fluor, se presenta en láminas, con clivaje lamelar perfecto según la base, color blanco plateado, flexible y elástica, transparente a traslúcida. Se presenta en las pegmatitas, a veces formando verdaderos yacimientos, en las rocas metamórficas, las micacitas, los esquistos verdes, etc.
- **Texturas granulares.** - Se define por el carácter equidimensional de los granos minerales.

- **Texturas Porfíricas.** - Son rocas con cristales grandes (llamados fenocristales) incrustados en una matriz (llamada pasta) de cristales más pequeños.

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

El análisis estructural de la veta rosa se analiza a través de indicadores de movimiento al tiempo de la mineralización con base en geometría fractal.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- El sistema de esfuerzos al tiempo de la mineralización con base en geometría fractal de la veta rosa se define con la técnica McCoss.
- El régimen tectónico resultante con base en geometría fractal de la veta rosa se determina con el resultado del ángulo A resultante.

2.5. Identificación de Variables

2.5.1. Variables Independientes

- Análisis estructural.

2.5.2. Variables Dependientes

- Geometría fractal.

2.5.3. Variables Intervinientes

- Técnica McCoss.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla N°02: Variables e indicadores

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicador
VI Análisis Estructural	Es el estudio de esfuerzos internos, deformaciones y tensiones que actúan sobre una estructura de comportamiento dinámico.	<ul style="list-style-type: none"> - Indicadores de movimiento al tiempo de la mineralización. - Mineralogía 	<ul style="list-style-type: none"> - Cizalla - Bandas de cuarzo gris con pirita fina y diseminación de galena.
VD Geometría Fractal	Es aquella rama de la geometría que estudia los fractales, estos son objetos complejos, con una estructura que se ve repetida cuando la observamos en diferente escala.	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema de esfuerzos al tiempo de la mineralización. - Régimen tectónico resultante. 	<ul style="list-style-type: none"> - Técnica McCoss - Angulo A resultante

Fuente: Bach. A. Cosme Mauricio, 2022.

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación a desarrollar es tipo no experimental de carácter mixto cuantitativo-cualitativo, con predominancia en la investigación cuantitativa; esto debido a que la técnica McCoss utiliza evaluaciones cuánticas que determinan ciertos comportamientos tectónicos como: transpresión, wrench y transtensión.

3.2. Nivel de Investigación

La presente investigación es de nivel descriptivo de acuerdo a las categorías clasificadas por Valderrama (2009, 2010 y 2016), en donde hace mención que una investigación que se refiera a la caracterización de cierto elemento de estudio sea denominado descriptivo.

3.3. Métodos de investigación

Los métodos a emplear para el presente proyecto de investigación son las siguientes: primero, en base a un enfoque analítico, en la identificación de indicadores de movimiento al tiempo de la mineralización; segundo, aplicativo mediante la toma de datos con la técnica Mc Coss y, por último: explicativo, en el análisis interpretativo.

- **Analítico:** Se identificará indicadores de movimiento al tiempo de la mineralización en interior mina en los frentes de labor en veta rosa.
- **Aplicativo:** Se tomarán datos estructurales de veta rosa y de los indicadores al tiempo de la mineralización con la técnica McCoss.
- **Explicativa:** Se plasmará sobre un plano geológico los datos tomados en interior mina, y se explicará el comportamiento estructural obtenido al tiempo de la mineralización con base en geometría fractal de la veta rosa.

3.3.1. Recopilación y Revisión Bibliográfica

En esta etapa se recopiló información bibliográfica en boletines del cuadrángulo, geología histórica, informes de consultores, revistas mineras, memorias, libros y presentaciones de autores reconocidos.

Se obtuvieron planos topográficos, geológicos, y formatos en tablas excel para la toma de datos.

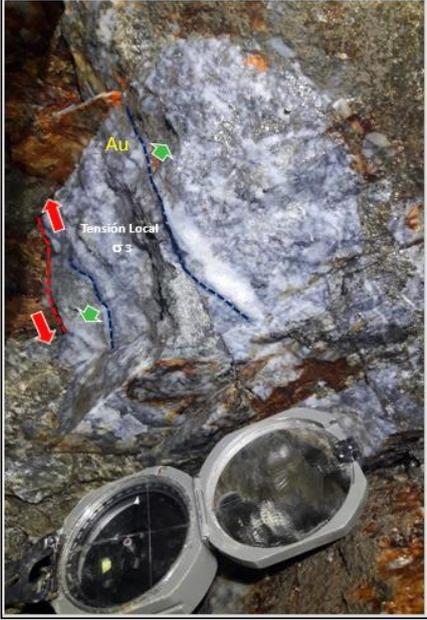
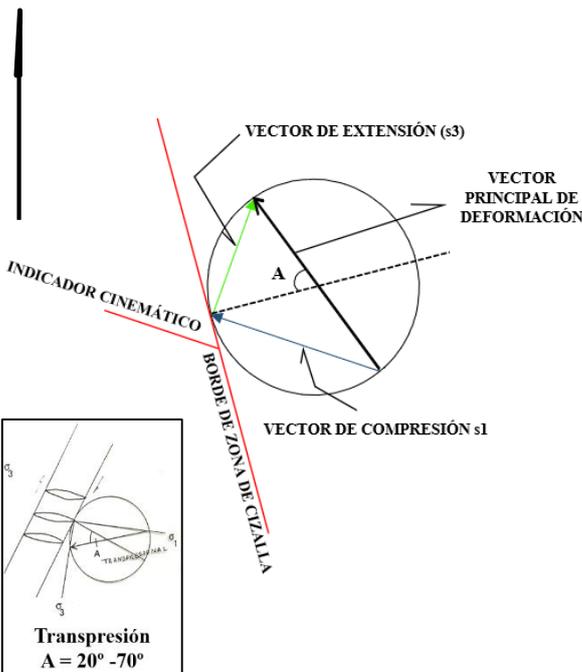
3.3.2. Trabajo de Campo

En interior mina, nos dirigimos a frentes de labor en veta rosa, donde se identificó los indicadores de movimiento al tiempo de la mineralización.

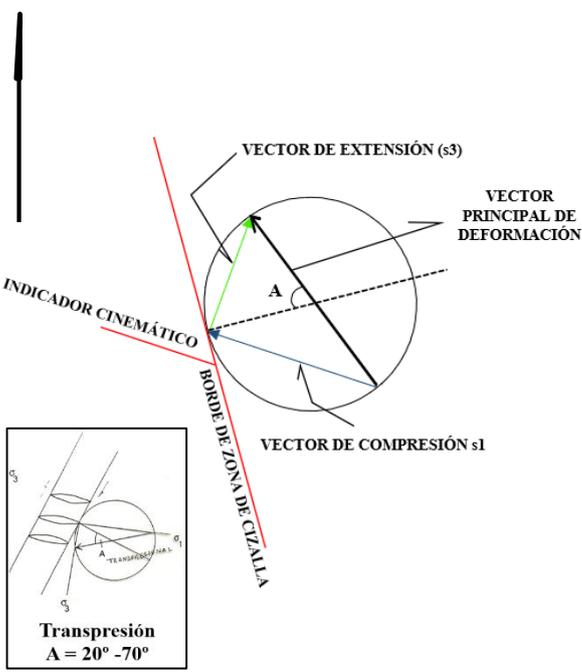
La toma de datos se realizó en 6 galerías (GL 655, GL 2384, GL 2269, GL 249, GL 326 y GL 2008), donde se realizó la descripción geológica de la estructura

y se tomó el azimut de la veta y de la dirección de la mineralización, utilizando la técnica McCoss, datos que se registraron en formatos (Ver Cuadro N°01, N°02, N°03, N°04, N°05 y N°06), asimismo ubicamos un punto topográfico referencial que nos ayudó a ubicar con coordenadas la ubicación donde se tomaron cada uno de los datos fractales y se realizó la toma de fotografía con escala gráfica.

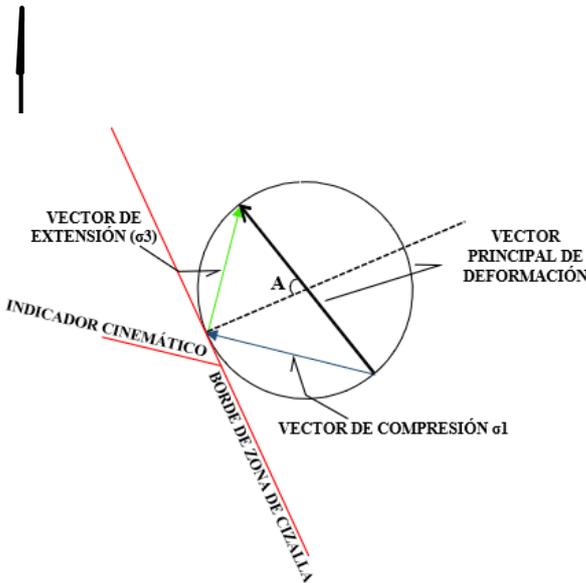
Cuadro N°01 Data estructural de veta rosa tomada en la GL 655

VETA: <u>ROSA</u> NIVEL: <u>2700</u> : <u>GL 655</u>	U.T.M. X: <u>227057.38</u> Y: <u>9112698.63</u> Z: <u>2778.05</u>	ANALISIS ESTRUCTURAL CON BASE EN GEOMETRIA FRACTAL								
FOTOGRAFIA	<div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block; text-align: center; margin-bottom: 5px;">X</div>	PLANTA PERFIL								
		GEOLÓGIA MINERALIZACIÓN Textura: <u>Bandeada</u> <hr/> Minerales: <u>Qz blanco 40%, Py fina</u> <u>diseminada en venillas 5%, Gn diseminada</u> <u>1%</u> <hr/> ROCA DE CAJA Formacion : <u>Batolito de Pataz</u> <hr/> Litologia: <u>Granodiorita</u> <hr/> <hr/> <hr/>								
CALCULO DE ESFUERZOS (Tecnica McCoss)		COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL								
		<table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:70%;">INVERSA</td> <td style="width:30%; text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>NORMAL</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>SINEXTRAL</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>DEXTRAL</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	INVERSA	<input checked="" type="checkbox"/>	NORMAL	<input type="checkbox"/>	SINEXTRAL	<input type="checkbox"/>	DEXTRAL	<input type="checkbox"/>
INVERSA	<input checked="" type="checkbox"/>									
NORMAL	<input type="checkbox"/>									
SINEXTRAL	<input type="checkbox"/>									
DEXTRAL	<input type="checkbox"/>									
		ETAPA vs MINERALIZACION								
		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width:33%;">PRE</th> <th style="width:33%;">SYN</th> <th style="width:33%;">POST</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p style="margin-top: 10px;"> RUMBO = <u>346°</u> INDICADOR = <u>282°</u> A = <u>70°</u> </p> <p style="margin-top: 10px;"> REGIMEN TECTONICO : <u>Transpresión</u> </p>	PRE	SYN	POST		X			
PRE	SYN	POST								
	X									
COMENTARIOS: _____ _____										
Por: Bach. Anais Cosme Mauricio										

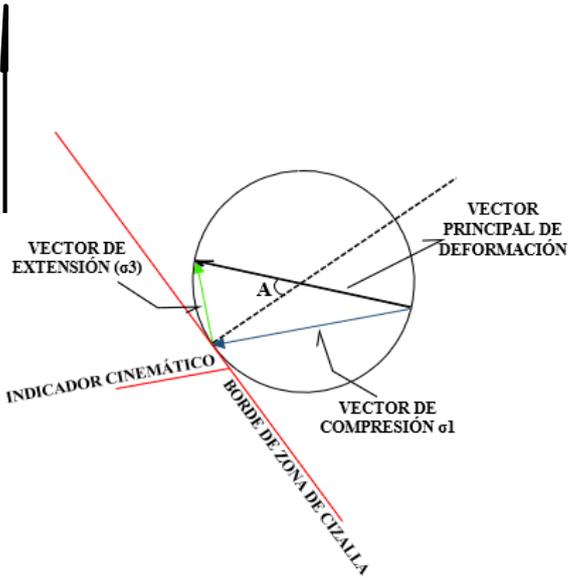
Cuadro N°02 Data estructural de veta rosa tomada en la GL 2384

VETA: <u>ROSA</u> NIVEL: <u>2700</u> : <u>GL 2384</u>	U.T.M. X: <u>227057.38</u> Y: <u>9112698.63</u> Z: <u>2817.39</u>	ANÁLISIS ESTRUCTURAL CON BASE EN GEOMETRÍA FRACTAL														
FOTOGRAFIA	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	PLANTA PERFIL														
	<p align="center">MINERALIZACIÓN</p> Textura: <u>Bandeada</u> <hr/> Minerales: <u>Qz blanco 40%, Py fina</u> <u>diseminada 15%</u> <hr/> <p align="center">ROCA DE CAJA</p> Formacion : <u>Batolito de Pataz</u> <hr/> Litologia: <u>Granodiorita</u> <hr/> <hr/>															
CALCULO DE ESFUERZOS (Tecnica McCoss)		COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL														
 <p align="center">Transpresión A = 20° -70°</p>		<table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:60%;">INVERSA</td> <td style="width:40%; text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>NORMAL</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>SINEXTRAL</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>DEXTRAL</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> <p align="center">ETAPA vs MINERALIZACION</p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:33%;">PRE</th> <th style="width:33%;">SYN</th> <th style="width:33%;">POST</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table> <p>RUMBO = <u>332°</u> INDICADOR = <u>275°</u> A = <u>63°</u></p> <p align="center">REGIMEN TECTONICO : <u>Transpresión</u></p>	INVERSA	<input checked="" type="checkbox"/>	NORMAL	<input type="checkbox"/>	SINEXTRAL	<input type="checkbox"/>	DEXTRAL	<input type="checkbox"/>	PRE	SYN	POST	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
INVERSA	<input checked="" type="checkbox"/>															
NORMAL	<input type="checkbox"/>															
SINEXTRAL	<input type="checkbox"/>															
DEXTRAL	<input type="checkbox"/>															
PRE	SYN	POST														
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>														
COMENTARIOS: _____ _____																
Por: Bach. Anais Cosme Mauricio																

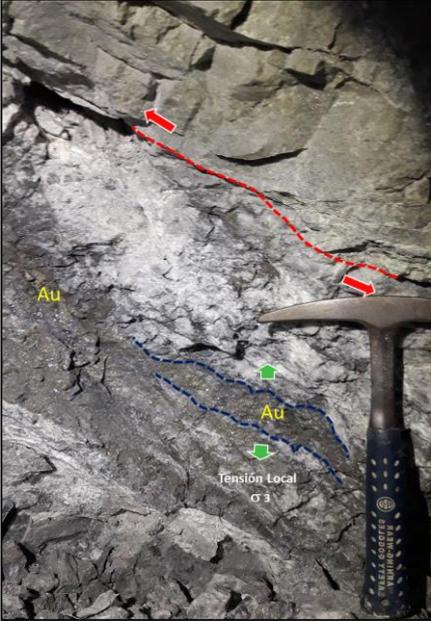
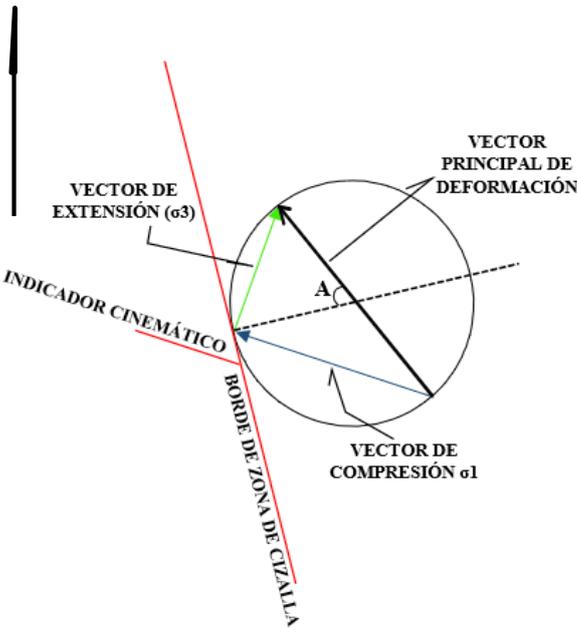
Cuadro N°03 Data estructural de veta rosa tomada en la GL 2269

VETA: <u>ROSA</u> NIVEL: <u>2650</u> : <u>GL 2269</u>	U.T.M. X: <u>227323.52</u> Y: <u>9112258.04</u> Z: <u>2786.61</u>	ANÁLISIS ESTRUCTURAL CON BASE EN GEOMETRÍA FRACTAL								
FOTOGRAFIA	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px;"> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> </div> PLANTA PERFIL	G E O L O G Í A								
	<p align="center">MINERALIZACIÓN</p> Textura: <u>Bandeada</u> <hr/> Minerales: <u>Qz blanco 45%, Py fina</u> <u>diseminada en bandas 8%, intercaladas con</u> <u>bandas de Qz</u> <hr/> <p align="center">ROCA DE CAJA</p> Formacion : <u>Batolito de Pataz</u> <hr/> Litologia: <u>Granodiorita</u> <hr/> <hr/>									
CALCULO DE ESFUERZOS (Tecnica McCoss)	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL									
	<table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:70%;">INVERSA</td> <td style="width:30%; text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>NORMAL</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>SINEXTRAL</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>DEXTRAL</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		INVERSA	<input checked="" type="checkbox"/>	NORMAL	<input type="checkbox"/>	SINEXTRAL	<input type="checkbox"/>	DEXTRAL	<input type="checkbox"/>
INVERSA	<input checked="" type="checkbox"/>									
NORMAL	<input type="checkbox"/>									
SINEXTRAL	<input type="checkbox"/>									
DEXTRAL	<input type="checkbox"/>									
ETAPA vs MINERALIZACION										
<table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:33%;">PRE</th> <th style="width:33%;">SYN</th> <th style="width:33%;">POST</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table> <p>RUMBO = <u>337°</u> INDICADOR = <u>285°</u> A = <u>75°</u></p> <p align="center">REGIMEN TECTONICO : <u>Transpresión</u></p>			PRE	SYN	POST	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
PRE	SYN	POST								
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
COMENTARIOS: _____ _____										
Por: Bach. Anais Cosme Mauricio										

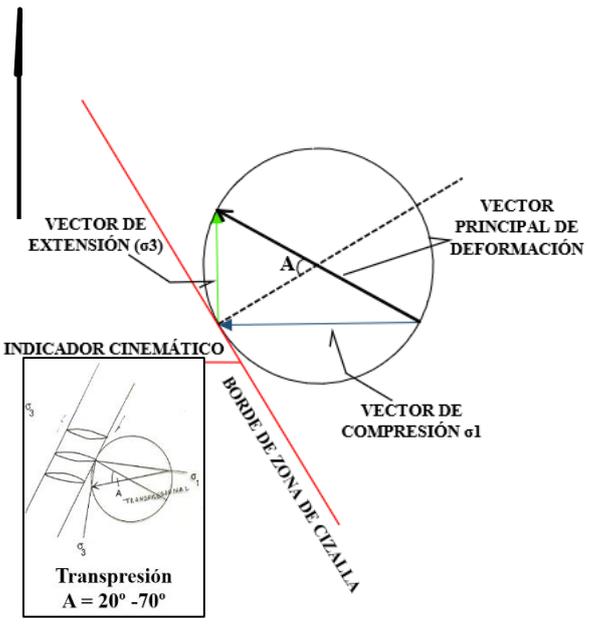
Cuadro N°04 Data estructural de veta rosa tomada en la GL 249

VETA: <u>ROSA</u> NIVEL: <u>2700</u> : <u>GL 249</u>	U.T.M. X: <u>227262.80</u> Y: <u>9112268.47</u> Z: <u>2778.05</u>	ANALISIS ESTRUCTURAL CON BASE EN GEOMETRIA FRACTAL							
FOTOGRAFIA	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px;"> <input type="checkbox"/> </div> PLANTA <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px;"> <input checked="" type="checkbox"/> </div> PERFIL	G E O L O G Í A							
	<p align="center">MINERALIZACIÓN</p> Textura: <u>Bandeada</u> <hr/> Minerales: <u>Qz blanco 50%, Py fina</u> <u>diseminada en venillas 3%</u> <hr/> <p align="center">ROCA DE CAJA</p> Formacion : <u>Batolito de Pataz</u> <hr/> Litologia: <u>Granodiorita</u> <hr/> <hr/>								
CALCULO DE ESFUERZOS (Tecnica McCoss)	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL								
	<table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:70%;">INVERSA</td> <td style="width:30%; border: 1px solid black; text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>NORMAL</td> <td style="border: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td>SINEXTRAL</td> <td style="border: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td>DEXTRAL</td> <td style="border: 1px solid black;"></td> </tr> </table>	INVERSA	X	NORMAL		SINEXTRAL		DEXTRAL	
INVERSA	X								
NORMAL									
SINEXTRAL									
DEXTRAL									
	<p align="center">ETAPA vs MINERALIZACION</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width:33%;">PRE</th> <th style="width:33%;">SYN</th> <th style="width:33%;">POST</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>X</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>RUMBO = <u>326°</u> INDICADOR = <u>260°</u> A = <u>50°</u></p> <p align="center">REGIMEN TECTONICO :</p> <u>Transpresión</u>	PRE	SYN	POST		X			
PRE	SYN	POST							
	X								
COMENTARIOS: _____ _____									
Por: Bach. Anais Cosme Mauricio									

Cuadro N°05 Data estructural de veta rosa tomada en la GL 326

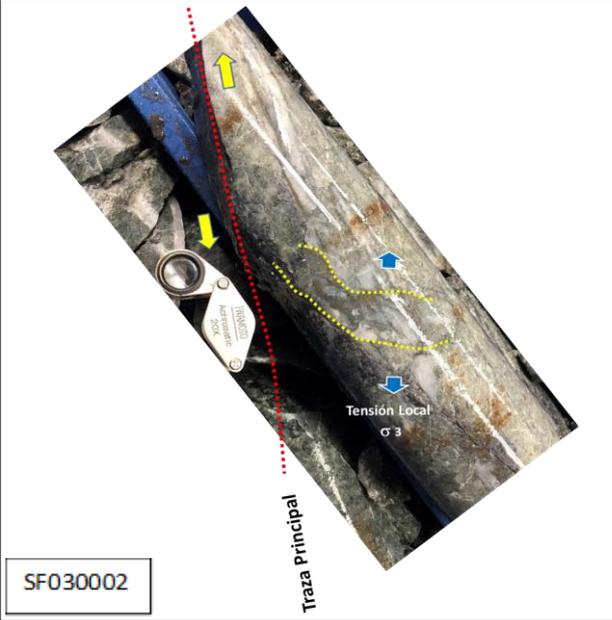
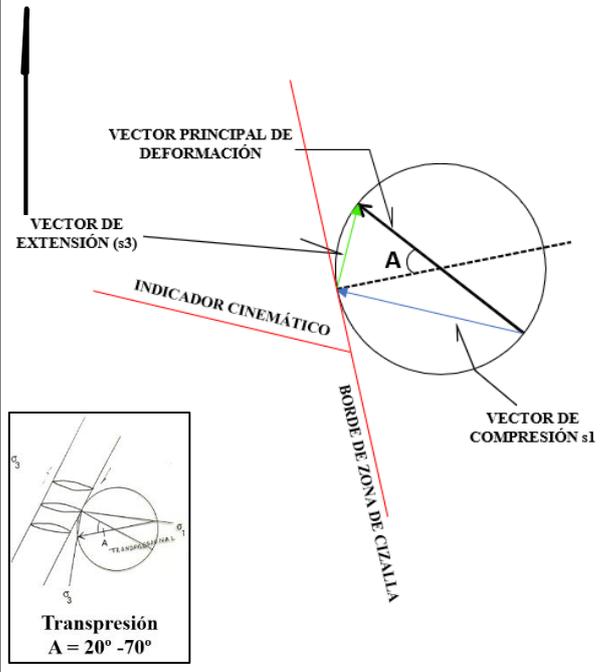
VETA: <u>ROSA</u> NIVEL: <u>2650</u> : <u>GL 326</u>	U.T.M. X: <u>227436.31</u> Y: <u>9112043.72</u> Z: <u>2785.26</u>	ANALISIS ESTRUCTURAL CON BASE EN GEOMETRIA FRACTAL								
FOTOGRAFIA	<div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <input type="checkbox"/> </div> PLANTA	GEOLÓGIA								
<div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <input checked="" type="checkbox"/> </div> PERFIL	<p align="center">MINERALIZACIÓN</p> Textura: <u>Bandeada</u> <hr/> Minerales: <u>Qz blanco 40%, Py fina</u> <u>diseminada en bandas 20%, Gn diseminada</u> <u>2%</u> <hr/> <p align="center">ROCA DE CAJA</p> Formacion : <u>Batolito de Pataz</u> <hr/> Litologia: <u>Granodiorita</u> <hr/> <hr/>									
										
CALCULO DE ESFUERZOS (Tecnica McCoss)		COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL								
		<table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:70%;">INVERSA</td> <td style="width:30%; text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>NORMAL</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>SINEXTRAL</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>DEXTRAL</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	INVERSA	<input checked="" type="checkbox"/>	NORMAL	<input type="checkbox"/>	SINEXTRAL	<input type="checkbox"/>	DEXTRAL	<input type="checkbox"/>
INVERSA	<input checked="" type="checkbox"/>									
NORMAL	<input type="checkbox"/>									
SINEXTRAL	<input type="checkbox"/>									
DEXTRAL	<input type="checkbox"/>									
		<p align="center">ETAPA vs MINERALIZACION</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width:33%;">PRE</th> <th style="width:33%;">SYN</th> <th style="width:33%;">POST</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>RUMBO = <u>348°</u> INDICADOR = <u>290°</u> A = <u>65°</u></p> <p align="center">REGIMEN TECTONICO :</p> <p align="center"><u>Transpresión</u></p>	PRE	SYN	POST		X			
PRE	SYN	POST								
	X									
COMENTARIOS: _____ _____										
Por: Bach. Anais Cosme Mauricio										

Cuadro N°06 Data estructural de veta rosa tomada en la GL 2008

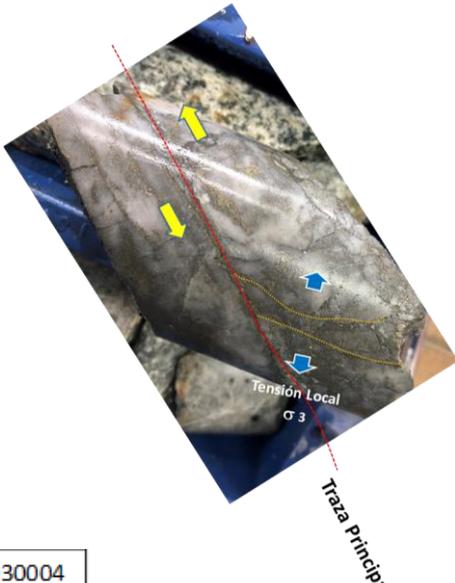
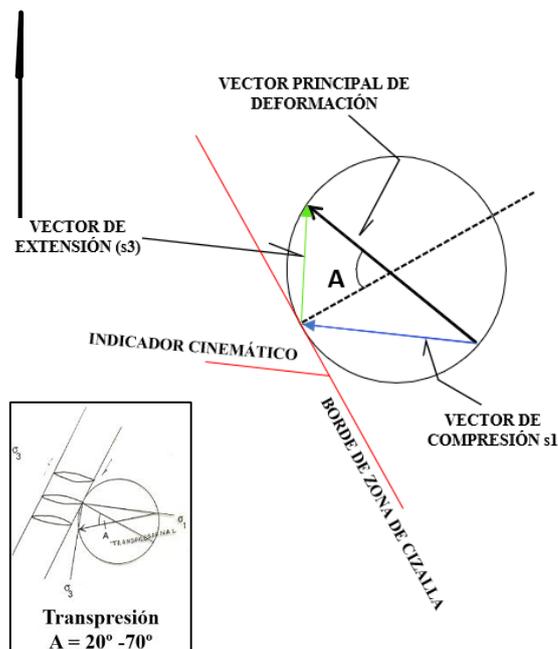
VETA: <u>ROSA</u> NIVEL: <u>2700</u> : <u>GL 2008</u>	U.T.M. X: <u>227407.37</u> Y: <u>9112006.07</u> Z: <u>2821.11</u>	ANALISIS ESTRUCTURAL CON BASE EN GEOMETRIA FRACTAL							
FOTOGRAFIA	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px;"> <input checked="" type="checkbox"/> </div> PLANTA <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px;"> <input type="checkbox"/> </div> PERFIL	G E O L O G Í A							
	<p style="text-align: center;">MINERALIZACIÓN</p> Textura: <u>Bandeada</u> <hr/> Minerales: <u>Qz blanco 40%, Py fina</u> <u>diseminada 10% y en venillas 5%</u> <hr/> <hr/> <p style="text-align: center;">ROCA DE CAJA</p> Formacion : <u>Batolito de Pataz</u> <hr/> Litologia: <u>Granodiorita</u> <hr/> <hr/>								
CALCULO DE ESFUERZOS (Tecnica McCoss)	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL								
	<table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">INVERSA</td> <td style="text-align: center; border: 1px solid black;"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">NORMAL</td> <td style="text-align: center; border: 1px solid black;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">SINEXTRAL</td> <td style="text-align: center; border: 1px solid black;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">DEXTRAL</td> <td style="text-align: center; border: 1px solid black;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	INVERSA	<input checked="" type="checkbox"/>	NORMAL	<input type="checkbox"/>	SINEXTRAL	<input type="checkbox"/>	DEXTRAL	<input type="checkbox"/>
INVERSA	<input checked="" type="checkbox"/>								
NORMAL	<input type="checkbox"/>								
SINEXTRAL	<input type="checkbox"/>								
DEXTRAL	<input type="checkbox"/>								
	<p style="text-align: center;">ETAPA vs MINERALIZACION</p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse; margin: 0 auto;"> <thead> <tr> <th style="padding: 5px;">PRE</th> <th style="padding: 5px;">SYN</th> <th style="padding: 5px;">POST</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; border: 1px solid black;"></td> <td style="text-align: center; border: 1px solid black;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center; border: 1px solid black;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table> <p style="margin-top: 10px;"> RUMBO = <u>330°</u> INDICADOR = <u>268°</u> A = <u>60°</u> </p> <p style="margin-top: 10px;"> REGIMEN TECTONICO : <u>Transpresión</u> </p>	PRE	SYN	POST		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
PRE	SYN	POST							
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
COMENTARIOS: _____ _____									
Por: Bach. Anais Cosme Mauricio									

Asimismo, se tomaron datos estructurales al tiempo de la mineralización en 2 sondajes diamantinos (SF030002 Y SF030004), resultados que se demuestran en los (Cuadro N°07 y N°08).

Cuadro N°07 Data estructural tomada del DDH SF030002

VETA: <u>ROSA</u> NIVEL: <u>2700</u> LABOR: <u>CX 030</u>	U.T.M. X: <u>227188.85</u> Y: <u>9112252.16</u> Z: <u>2824.78</u>	ANALISIS ESTRUCTURAL CON BASE EN GEOMETRIA FRACTAL								
FOTOGRAFIA	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	PLANTA PERFIL								
		<p align="center">MINERALIZACIÓN</p> <p>Textura: <u>Bandeada y brechada</u></p> <hr/> <p>Minerales: <u>Qz blanco 25%, Py fina diseminada 5%, brechas de Qz blanco</u></p> <hr/> <p align="center">ROCA DE CAJA</p> <p>Formacion : <u>Batolito de Patatz</u></p> <hr/> <p>Litologia: <u>Granodiorita</u></p> <hr/>								
CALCULO DE ESFUERZOS (Tecnica McCoss)		COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL								
		<table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:70%;">INVERSA</td> <td style="width:30%; text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>NORMAL</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>SINEXTRAL</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>DEXTRAL</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	INVERSA	<input checked="" type="checkbox"/>	NORMAL	<input type="checkbox"/>	SINEXTRAL	<input type="checkbox"/>	DEXTRAL	<input type="checkbox"/>
INVERSA	<input checked="" type="checkbox"/>									
NORMAL	<input type="checkbox"/>									
SINEXTRAL	<input type="checkbox"/>									
DEXTRAL	<input type="checkbox"/>									
		<p align="center">ETAPA vs MINERALIZACION</p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse; margin: 0 auto;"> <thead> <tr> <th style="width:33%;">PRE</th> <th style="width:33%;">SYN</th> <th style="width:33%;">POST</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table> <p>RUMBO = <u>348°</u></p> <p>INDICADOR = <u>285°</u></p> <p>A = <u>50°</u></p> <p align="center">REGIMEN TECTONICO :</p> <p align="center"><u>Transpresión</u></p>	PRE	SYN	POST	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
PRE	SYN	POST								
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
COMENTARIOS: _____										
Por: Bach. Anais Cosme Mauricio										

Cuadro N°08 Data estructural tomada del DDH SF030004

VETA: <u>ROSA</u> NIVEL: <u>2650</u> : <u>CX 030</u>	U.T.M. X: <u>227188.85</u> Y: <u>9112252.16</u> Z: <u>2824.78</u>	ANALISIS ESTRUCTURAL CON BASE EN GEOMETRIA FRACTAL								
FOTOGRAFIA	<div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin: 0 auto;"> <input checked="" type="checkbox"/> </div> PLANTA PERFIL	G E O L O G Í A								
	<p align="center">MINERALIZACIÓN</p> Textura: <u>Bandeada</u> <hr/> Minerales: <u>Qz blanco 30%, Py fina</u> <u>diseminada 7% y en venillas 3%</u> <hr/> <p align="center">ROCA DE CAJA</p> Formacion : <u>Batolito de Pataz</u> <hr/> Litologia: <u>Granodiorita</u> <hr/>									
CALCULO DE ESFUERZOS (Tecnica McCoss)	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL									
 <p style="font-size: small;">Transpresión A = 20° -70°</p>	<table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">INVERSA</td> <td style="width: 40%; text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>NORMAL</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>SINEXTRAL</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>DEXTRAL</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		INVERSA	<input checked="" type="checkbox"/>	NORMAL	<input type="checkbox"/>	SINEXTRAL	<input type="checkbox"/>	DEXTRAL	<input type="checkbox"/>
INVERSA	<input checked="" type="checkbox"/>									
NORMAL	<input type="checkbox"/>									
SINEXTRAL	<input type="checkbox"/>									
DEXTRAL	<input type="checkbox"/>									
	<p align="center">ETAPA vs MINERALIZACION</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">PRE</th> <th style="width: 33%;">SYN</th> <th style="width: 33%;">POST</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>RUMBO = <u>332°</u> INDICADOR = <u>285°</u> A = <u>68°</u></p> <p align="center">REGIMEN TECTONICO : <u>Transpresión</u></p>		PRE	SYN	POST		X			
PRE	SYN	POST								
	X									
COMENTARIOS: _____ _____										
Por: Bach. Anais Cosme Mauricio										

Con estos datos, se evidencia que el comportamiento estructural de la veta rosa al tiempo de la mineralización, pertenece a un evento transpresivo, propios de la etapa SYN, demostrado en frentes de avance en interior mina como en sondajes diamantinos, por ende, para conocer el comportamiento estructural en una etapa PRE y POST, se tomaron datos en superficie, los cuales se muestra en el (Cuadro N°09 y N°10).

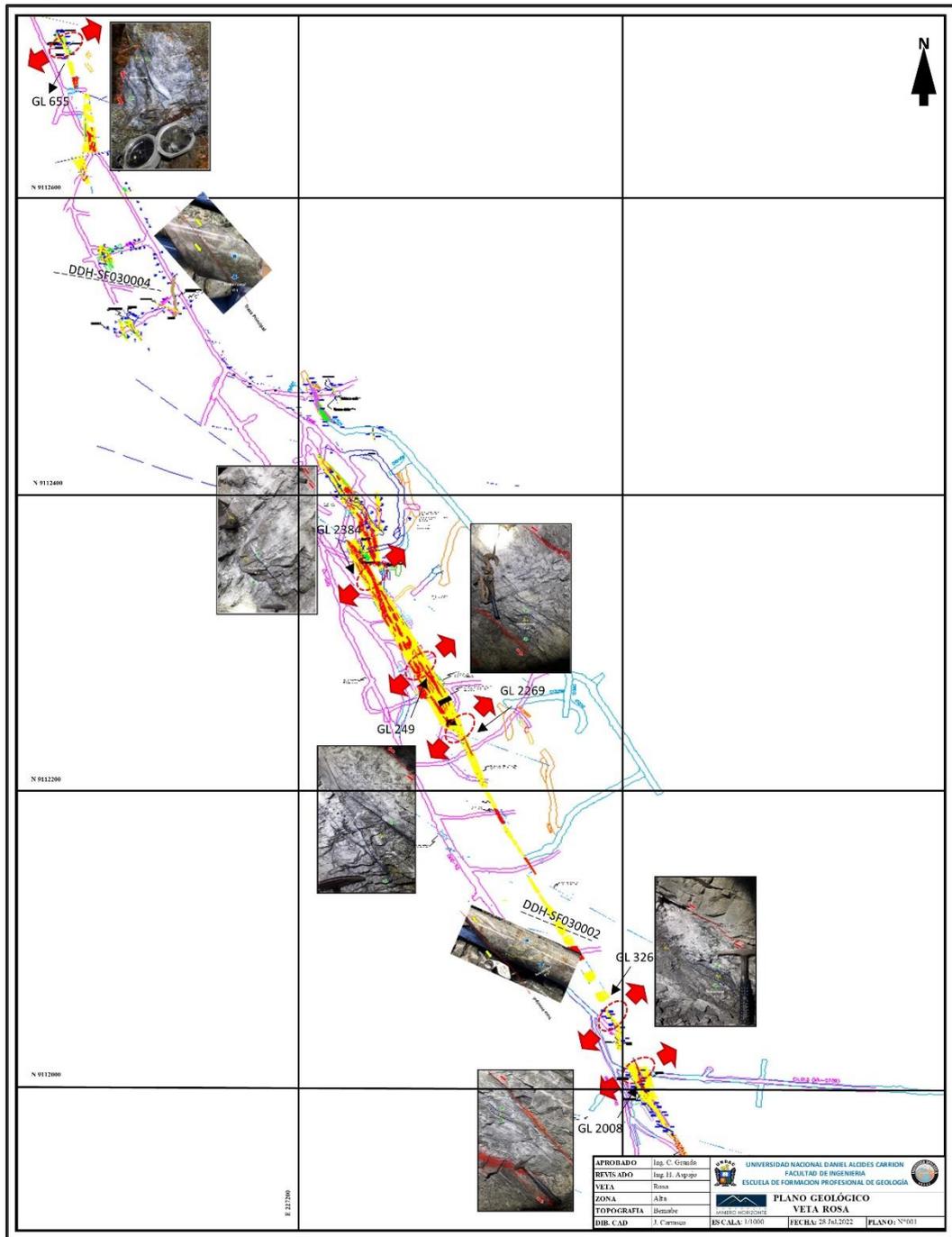
Cuadro N°10 Data estructural de veta rosa tomada en superficie (Bocamina RNG)

<p>U.T.M. X: <u>227313.73</u> Y: <u>9112746.30</u> Z: <u>2957.82</u></p>	<p>ANÁLISIS ESTRUCTURAL CON BASE EN GEOMETRÍA FRACTAL</p>						
<p>FOTOGRAFIA</p>	<p><input type="checkbox"/> PLANTA <input checked="" type="checkbox"/> PERFIL</p>	<p>GEOLOGÍA</p>					
	<p>MINERALIZACIÓN</p> <p>Textura: _____ Minerales: _____ _____ _____</p> <p>ROCA DE CAJA</p> <p>Formacion : <u>Batolito de Pataz</u> Litologia: <u>Granodiorita alterada</u> _____ _____</p>						
<p>CÁLCULO DE ESFUERZOS (Técnica McCoss)</p>	<p>COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL</p>						
	<p>INVERSA <input type="checkbox"/> NORMAL <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>SINEXTRAL <input type="checkbox"/> DEXTRAL <input type="checkbox"/></p> <p>ETAPA vs MINERALIZACIÓN</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>PRE</th> <th>SYN</th> <th>POST</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table> <p>RUMBO = <u>20°</u> INDICADOR = <u>43°</u> A = <u>130°</u></p> <p>REGIMEN TECTÓNICO : <u>Transtensión</u></p>	PRE	SYN	POST			X
PRE	SYN	POST					
		X					
<p>COMENTARIOS: _____ _____</p>							
<p>Por: Bach. Anais Cosme Mauricio</p>							

3.3.3. Trabajo de Gabinete

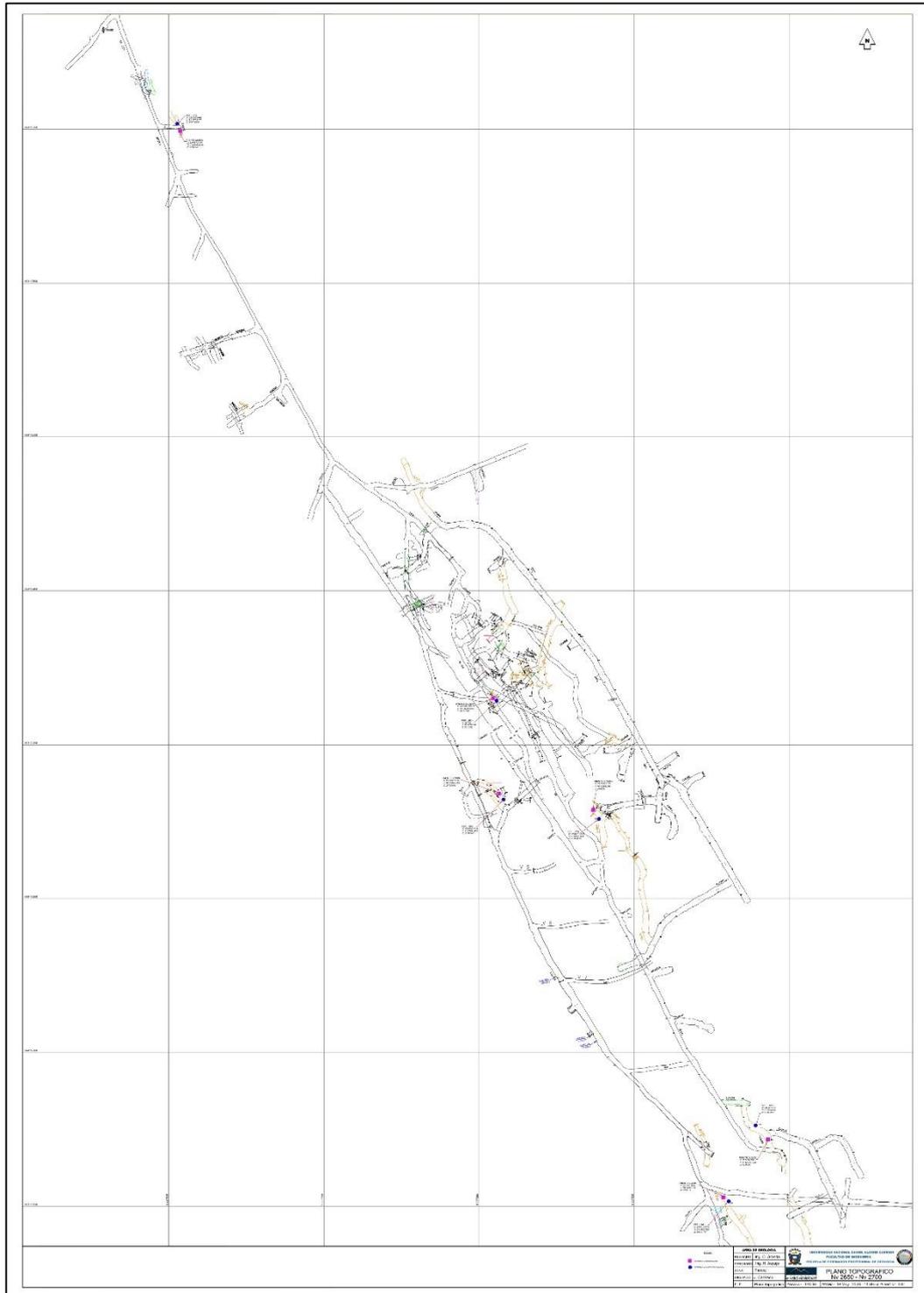
Se ubicaron los datos obtenidos en campo sobre un plano geológico de la veta rosa, para su “Análisis estructural al tiempo de la mineralización con base en geometría fractal” (Ver Plano N°01: Plano geológico de la veta rosa), asimismo se tiene un plano topográfico con la ubicación de los datos tomados (Ver Plano N°02: Plano topográfico).

Plano N°01 Plano geológico de la veta rosa



Fuente: Consorcio Minero Horizonte (28 julio, 2022).

Plano N°02 Plano topográfico



Fuente: Consorcio Minero Horizonte (28 julio, 2022). Ver Anexo N°05.

3.3.4. Redacción del informe final

Con todo lo realizado desde la toma de datos en interior mina y el procesamiento de estos datos en gabinete, se elaboró el presente proyecto de tesis que describe las actividades desde la etapa preliminar hasta la obtención de los resultados como informe final.

3.4. Diseño de la Investigación

El presente trabajo de investigación tiene como diseño de investigación transeccional ya que este se centra en analizar cuál es el nivel o estado de una variable en un momento dado o bien en cuál es la relación entre un conjunto de variables en un punto en el tiempo, se utiliza el diseño transeccional. Además de que en este tipo de diseño se recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único o momento dado.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

El estudio de investigación se desarrolló en dos principales niveles, el Nv 2650 y el Nv 2700, en la que se encuentran las labores de avance en veta rosa.

3.5.2. Muestra

Se tomaron 6 datos en galerías de avance (GL655, GL2384, GL2269, GL249, GL326 y GL2008), 2 datos en sondajes diamantinos (SF030002 y SF030004) y 2 datos en superficie (Boca mina RNG y Quebrada Rumpuy), en total se obtuvieron 10 datos.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Reconocimiento del área de trabajo, identificación de indicadores de movimiento al tiempo de la mineralización en los frentes de labor en veta rosa,

toma de datos con la brújula (Brunton) utilizando la técnica McCoss, ubicación espacial con puntos topográficos en labor y medidas al frente de labor con wincha, uso de formatos y toma de fotografías con escala grafica.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

La confiabilidad del presente trabajo de investigación se presenta por la experiencia de:

José Antonio Martínez Mendoza

Ingeniero Geólogo por la Universidad de SLP, Mx (1982), Posgrado Geología Económica UASLP (1985) y Geología Estructural ERA, Dublín (1991).

Activo por 39 años en la industria minera que ha realizado actividades en Regiones y Distritos Mineros en Canadá, EUA, México, Costa Rica, Perú, Argentina, Brasil y Chile, y ha sido profesor de tiempo parcial en la Universidad de Guanajuato. En Grupo Peñoles: Geólogo de Mina y Superintendente de Exploración en minas: Naica, Sultepec, Zimapán, Guanajuato y La Encantada. En North Mining: Geólogo Sénior explorando por Zn-Au en México y Perú. En Hochschild Mining: Geólogo Sénior, Gerente México y Director Exploración Norteamérica. En Minera Electrum (ECI Exploration & Mining Inc) Gerente General. En Minera Tierra Adentro: Socio fundador y responsable del área de Geología y Exploraciones. Actualmente Consultor para la industria minera en las áreas de exploración, geología de operaciones, inspección y valor de mercado de propiedades mineras, análisis estructural de yacimientos minerales y estimación de recursos minerales entre otros.

Miembro activo de la Asociación de Ingenieros Mineros, Metalurgistas y Geólogos de México A.C. con reconocimiento al mérito profesional en 2005. Ha

publicado artículos técnicos e impartido talleres en técnicas estructurales de campo en Argentina, Chile, Perú y México.

Autor de ensayos y relatos históricos relacionados con la minería: Tierradentro: expediciones y minas de plata en el siglo XVI en México (2016), La Gran Apachería (2018), La Mina Vieja (2019).

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se graficó cada uno de los datos obtenidos con la técnica McCoss, en un plano geológico para su interpretación con el apoyo del software de AutoCAD 2020.

3.9. Tratamiento estadístico

Los datos obtenidos pertenecen a pruebas no paramétricas, por tanto, son datos analíticos e interpretativos en base a características geológicas de mineralización de la veta rosa.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Ubicación y extensión del área de estudio

La unidad minera Parcoy de Consorcio Minero Horizonte S.A. se encuentra ubicada en la confluencia de los ríos Parcoy y Llacuabamba en el Anexo de Retamas, distrito de Parcoy, provincia de Pataz en el departamento de La Libertad, a una altitud promedio de 2,750 m.s.n.m. y sus coordenadas UTM son las siguientes:

Este: 227050

Norte: 9113068

Zona: 18 S

Datum: PSAD56

La mina aurífera está situada a 500 Km. al Norte de Lima sobre el Flanco Oriental de la Cordillera De Los Andes y pertenece a la Cuenca Hidrográfica del

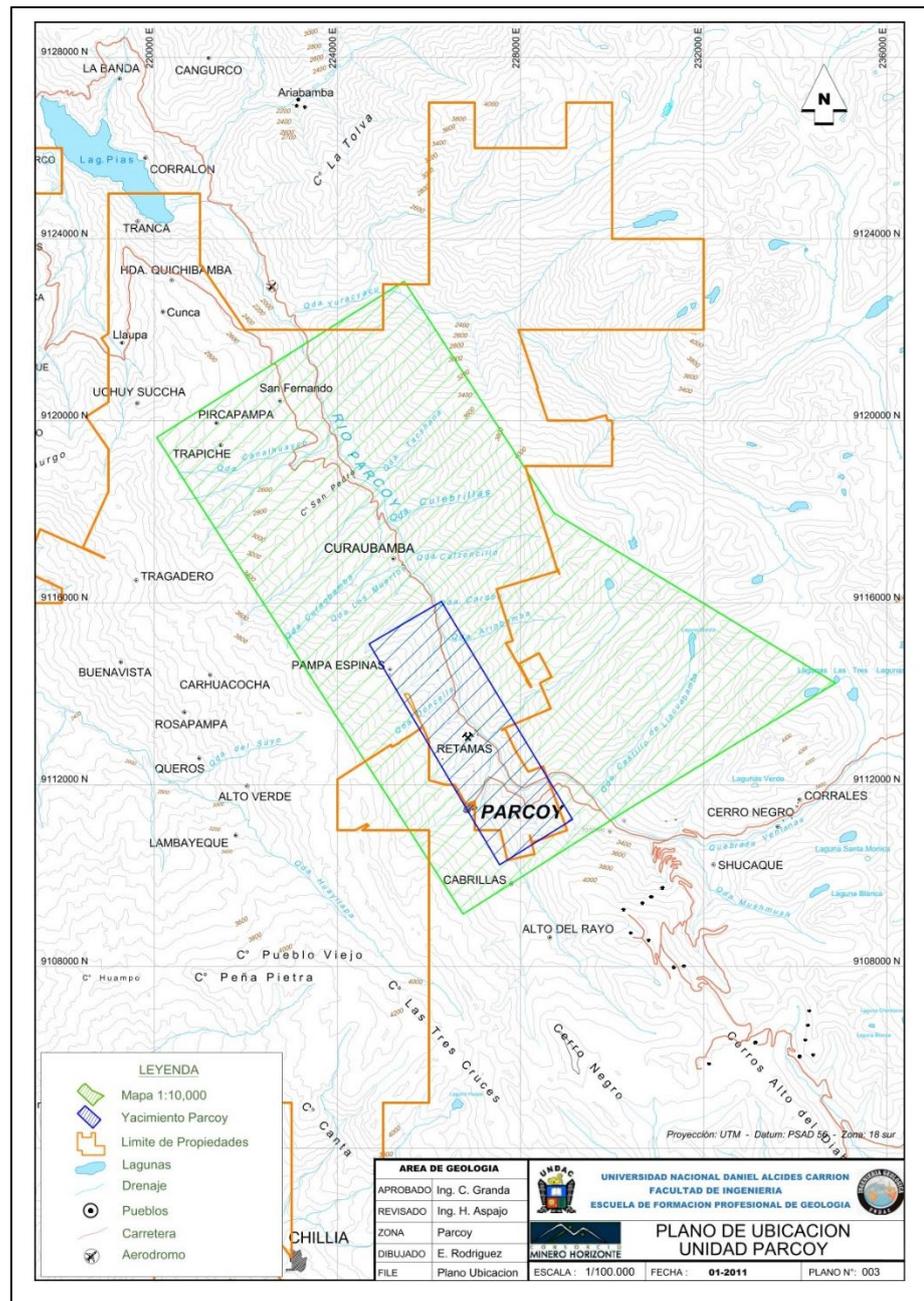
Marañón. De acuerdo a la Carta Geológica del Instituto Geológico, Hoja de Tayabamba (17-I). Las áreas de operación están cerca a los poblados de Retamas, La Soledad, Parcoy, Lúcumas y Llacuabamba (Yana Quecaño, 2014).

4.1.2. Accesibilidad

- ✓ Por Vía Terrestre: El acceso por vía terrestre es el siguiente:
 - Lima – Trujillo: 560 Km. 9 horas
 - Trujillo – Chagual: 440 Km. 9 horas
 - Chagual – Retamas: 40 Km. 3 horas
- ✓ Por Vía Aérea: El acceso por vía aérea en avioneta, se realiza hasta un aeródromo Ubicado en la playa de la laguna de Pías.
 - Lima – Pías: 1 hora 20 minutos
 - Pías - Trujillo: 35 Minutos

Después se continúa vía terrestre río arriba con destino Retamas aproximadamente 30 minutos (Yana Quecaño, 2014).

Plano N°03 Plano de ubicación de la zona de estudio



Fuente: Unidad Minera Consorcio Minero Horizonte, región La Libertad, provincia Pataz, distrito Parcoy (enero, 2011) – Ver Anexo N°06.

4.1.3. Geomorfología

4.1.3.1. Relieve

El relieve de la zona es muy accidentado y abrupto característico de los Andes, con quebradas, ríos encañonados y laderas pronunciadas con fuertes pendientes y elevaciones entre los 3600 y 4200 m.s.n.m. La zona es

un típico valle en formación, emplazado en el flanco occidental de la Cordillera Oriental de los Andes.

El modelaje superficial de la zona ha adoptado caracteres geomorfológicos definidos, debido a la acción de los factores exógenos, así como endógenos que actuaron y actúan en la zona, es decir la fisiografía de la zona es el resultado de la acción de factores climáticos como la humedad y la temperatura que determinan el grado de meteorización de las rocas y suelos, así como el trabajo posterior del viento y el agua, ya sea como agentes erosivos o de transporte de los productos de desintegración de las rocas. Se observan caracteres definidos tales como las elevaciones con cumbres redondeadas y los valles.

El tipo de paisaje se podría clasificar como compuesto y multicíclico, que es el resultado de varios procesos geomorfológicos tales como la erosión pluvial, eólica y la meteorización de las rocas (Alvares Rojas, 2010).

4.1.3.2. Rasgos y Unidades Geomorfológicas

Las unidades geomorfológicas del área son el resultado de los efectos de degradación que ocasionaron los factores climáticos que determinan el grado de meteorización en la zona.

Las unidades geomorfológicas reconocidas en la zona de estudio son:

a. Cordillera Oriental

Constituyen la cadena de elevaciones (C. Lajas, C. Gigante, entre otros) que se alinean en sentido NW-SE coronada por una línea de cumbres que varían entre los 3500 a más de 4200 m.s.n.m., las cuales se alinean con el flanco oriental de la cordillera de los Andes, la erosión glacial ha formado circos glaciares como el caso del C. Mushmush, C. Negro,

formando lagunas glaciares, con respecto a la zona de estudio se encuentran al Este y al Oeste (Alvares Rojas, 2010).

b. Vertiente Cordillerana – Ladera Cordillerana

Es una franja cuya característica principal son sus flancos de fuertes pendientes formado por acción de las aguas de escorrentía de los ríos Llacuabamba y Parcoy, que se unen al río Huinchos para luego llegar hasta la laguna de Pías, las altitudes varían desde los 2600 a los 3500 m.s.n.m., tienen similar orientación que la cordillera y están frecuentemente disectados por valles encañonados de drenaje subparalelo a convergente (Alvares Rojas, 2010).

c. Valle – Cañón

Presencia de valles juveniles en forma de “V” y quebradas que cortan a las laderas, el rango de altitudes varía de los 2600 a más de 4100 m.s.n.m., como Porvenir, Mano de Dios, Pomachay sobre cuyos fondos discurren los ríos Llacuabamba y Parcoy. Son valles encañonados de paredes abruptas que conforman la red hidrográfica de la zona de estudio, en las cabeceras de quebradas se observan depósitos aluviales formando terrazas fluviales, también en algunas partes de los flancos de estos cañones. Sobre estas terrazas se asientan pequeños poblados que desarrollan algo de agricultura, estando muchos de ellos en proceso de deslizamiento (Alvares Rojas, 2010).

4.1.3.3. Procesos Geomorfológicos

El relieve terrestre va evolucionando en la dinámica del ciclo geográfico mediante una serie de procesos constructivos y destructivos que se ven permanentemente afectados por la fuerza de gravedad que actúa

como equilibradora de los desniveles, es decir, hace que las zonas elevadas tiendan a caer y colmatar las zonas deprimidas. Estos procesos hacen que el relieve transite por diferentes etapas. Los desencadenantes de los procesos geomorfológicos pueden categorizarse en cuatro grupos (Alvares Rojas, 2010):

a) Factores Geográficos

El relieve se ve afectado tanto por factores bióticos como abióticos, de los cuales se consideran propiamente geográficos aquellos abióticos de origen exógeno, tales como el relieve, el suelo, el clima y los cuerpos de agua. El clima con sus elementos tales como la presión, la temperatura, los vientos.

El agua superficial con la acción de la escorrentía, la acción fluvial. Los hielos esporádicos en la región en épocas de helada, entre otros. Son factores que ayudan al modelado, favoreciendo los procesos erosivos (Alvares Rojas, 2010).

b) Factores Bióticos

El efecto de los factores bióticos sobre el relieve suele oponerse a los procesos del modelado, especialmente considerando la vegetación que es abundante en la región, sin embargo, existen no pocos animales que colaboran con el proceso erosivo tales como el ganado vacuno, ovino, etc. (Alvares Rojas, 2010).

c) Factores Geológicos

Tales como la tectónica, el diastrofismo, la orogénesis y el vulcanismo, son procesos constructivos y de origen endógeno que se oponen al modelado e interrumpen el ciclo geográfico (Alvares Rojas, 2010).

d) Factores antrópicos

La acción del hombre sobre el relieve es muy variable, dependiendo de la actividad que se realice como la agricultura que es muy común en la región, la minería que debido a que es un distrito minero se tiene bastante actividad en la región, en este sentido y como comúnmente pasa con el hombre es muy difícil generalizar, pudiendo incidir a favor o en contra de los procesos erosivos.

Aunque los distintos factores que influyen en la superficie terrestre se ven incluidos en la dinámica del ciclo geográfico, sólo los factores geográficos contribuyen siempre en dirección al desarrollo del ciclo y a su fin último, la penillanura. Mientras que el resto de los factores (biológicos, geológicos y antrópicos) interrumpen o perturban el normal desarrollo del ciclo.

De la interacción de estos elementos resulta el proceso morfogenético o modelado: dividido en 3 etapas o: tres procesos sucesivos, a saber, la erosión, el transporte y la sedimentación. Este proceso, en gran parte, causante del modelado de la superficie terrestre, teniendo en cuenta una serie de circunstancias (Alvares Rojas, 2010).

4.1.4. Hidrografía y drenaje

El río Molinetes constituye el drenaje principal de la zona, así como sus tributarios (río de la quebrada Mushmush, río de la quebrada Ventanas), tiene una dirección predominante de NW a SE; a la altura de Llacuabamba el río toma el nombre de este anexo, aguas norte se une con el río Huinchos dando lugar al río

Parcoy que entrega sus aguas a la laguna Pías, para luego discurrir con el nombre de río San Miguel el que confluye con el río Marañón.

El drenaje es de régimen permanente y con variaciones en su caudal en temporada de lluvias. En general el drenaje regional es de tipo dendrítico a subparalelo y tiene un control esencialmente litológico, subparalelo, propio de rocas metamórficas (Complejo Marañón) y dendrítico, típico de rocas volcánicas (Volcánicos Lavasen, Grupo Mitu) e intrusivas (Batolito de Pataz) (Alvares Rojas, 2010).

4.1.5. Clima, Vegetación y Fauna

El clima en general es el típico de la región andina, presenta dos variantes climatológicas marcadas durante el año, una lluviosa de noviembre a abril y otra relativamente seca el resto del año, las precipitaciones varían de un lugar a otro debido a factores topográficos locales, por elevaciones que se presentan. La temperatura asciende hasta 20°C durante el día, y en las noches desciende por debajo de los 0°C. En cuanto a la humedad relativa en el área tiene variaciones a lo largo del día siendo las más bajas en horas vespertinas con un 21% e incrementándose estas en las primeras horas del día hasta llegar a un 59% de acuerdo con la época de estación del año. Los vientos predominantes de la zona tienen una dirección SSE, existiendo vientos secundarios de dirección SSW, la velocidad promedio de los vientos es de 3 m/seg., las menores velocidades se presentan entre las primeras horas del día y la mayor intensidad al medio día. (Datos de Estación meteorológica de la mina CMH S.A. 1997).

La vegetación a consecuencia del clima y la altitud de la zona se presenta en dos formas: Una corresponde a los valles y fondos de quebradas en los que se cultiva productos como papa, camote, trigo, maíz, habas, ñuña, etc., también algunos árboles y arbustos pequeños. En las zonas más altas predominan los pastos

naturales, ichu, tajul, quillas, matorrales espinosos entre las que se encuentran las acacias (guarango).

La zona se caracteriza por tener una fauna constituida principalmente por aves silvestres con una diversidad de cerca de 25 especies entre las que se encuentran: *Notrechelidon Cyanoleuca*, *Molothrus Bonariensis*, *Thraupis Epicopus*, *Carduelis Magallanica*, *Sicalis Flaveola*, *Pheucticus Crysopeplus*, *Passer Domesticus*, etc., existiendo también vacunos, ovinos, porcinos y equinos (caballos y asnos). Entre las aves de paso se observó águilas, palomas, santarositas y gallinazos (Alvares Rojas, 2010).

4.1.6. Recursos Naturales

Entre los recursos naturales más importantes en la zona tenemos:

- ✓ **Hidrológico:** Se tiene un buen caudal de agua del cual se podría aprovechar para obtener energía eléctrica, en las diferentes lagunas de la zona también se puede encontrar truchas.
- ✓ **Forestal:** Se aprovecha los pastos naturales para la crianza de ganado doméstico, pero en poca escala, también se cuenta con algunos bosques de eucalipto del cual se provee la mina para el sostenimiento, pero en poca cantidad y en épocas de verano.
- ✓ **Minero:** Este recurso es el más importante ya que ha cambiado la forma de vida de los lugareños cambiando las actividades usuales que se hacían por el trabajo en la mina, a su vez ha dado un matiz más dinámico en la cultura y el comercio de toda la región, cabe mencionar la generación de empleo no sólo minero sino alternativo pero relacionado a esta actividad (Alvares Rojas, 2010).

4.1.7. Historia

A comienzos del siglo XX el polaco Mariano Tarnawiescky (1913 – 1929) realizó un intenso trabajo exploratorio en toda la provincia de Pataz, desde el cerro el Gigante al Sur hasta Pataz hacia el Norte, determinando una serie de estructuras. La firma inglesa Pataz & Parcoy Gold Syndicate Ltd. se establece en la zona y en el año 1918 Mariano Tarnawiescky instala la primera planta de cianuración en Retamas, esto le dio buenos resultados económicos.

El señor Eulogio Fernandini en el año 1934, funda el Sindicato Miner Parcoy S.A., el cual inicia sus actividades al año siguiente.

La Compañía Aurífera Anglo – Peruana S.A., en 1938 explora las vetas Sissy, Chinchiles y Elisa al Oeste de la zona, aparentemente no llegan a procesar mineral, la Compañía, se disolvió y sus concesiones fueron adquiridas por el SIMPAR, es así que el Sindicato Minero Parcoy desarrolla en el área la mina subterránea más grande del País.

Durante los veinticinco años, que el Sindicato Minero Parcoy desarrolla sus operaciones trabaja varias vetas, entre las cuales cabe mencionar Esperanza, Carlos Bernabé, Carmencita - Mishahuara, San Francisco, Encanto, Mishencanto y Cabana en los alrededores de Retamas, Lastenia y Porvenir en la parte alta del cerro el Gigante, se llega a trabajar gran parte del batolito. El cierre de esta empresa se debió a la estabilidad del precio del oro en 35 dólares/onza.

El Sindicato minero Parcoy S.A., en los años 1934 - 1960, explotó mineral por un tonelaje aproximado de 1'200,000 TM y con una ley promedio de 10.84 g Au/TM.

En 1978, Rafael Navarro Grau y Jaime Uranga fundan Consorcio Minero Horizonte S.A. adquieren los derechos mineros que correspondían al Sindicato Minero Parcoy S.A.

Después de cuatro años de intentar procesar los relaves no se obtuvo resultados positivos. Al ver que el proyecto de procesamiento y recuperación de valores de los relaves no se lograba, los directivos de Consorcio Minero Horizonte deciden trabajar la mina. Ya en 1985 realizó exploraciones trabajando la cortada Fernandini, donde se determinó la veta Rosa.

El crecimiento de la empresa empieza con el descubrimiento y desarrollo del clavo Rosa el más importante de Parcoy, con leyes promedio de 10 onzas por tonelada. Luego se descubren los clavos Dolores y Teresa los cuales dan muy buenos resultados. Después de varias dificultades, en 1986 se produce la primera barra de oro la cual pesa 700 gramos.

Pronto la situación económica de la empresa mejora y secuencialmente se apertura nuevos niveles superiores de exploración y desarrollo, ello permite incrementar la producción a 20, 30, 50 y 90 t/día, en el año 1988 la producción es sostenida en 100 TM/día. Para el año 1989, la producción se establece en 150 t / día. A partir del año 1990 la producción de mina se va incrementando paulatinamente a 250, 350, 450, 600, 700, 800, 900, 1000 t/ día.

Actualmente Consorcio Minero Horizonte S.A. viene trabajando la veta Milagros, Split Lourdes y Lourdes en la Zona Norte, Veta Rosa, Encanto y Rosarito en el Zona Central y Candelaria en la Zona Sur, la mineralización permite sostener un ritmo de producción de 1,500 t/día, con una ley del orden de 10,4 gr. Au / t. (Parcoy, 2020).

4.1.8. Geología Regional

La Geología de la zona está vinculada a la evolución estratigráfica y estructural de la cordillera Andina del Norte del Perú, la cual está formada por la superposición de tres ciclos orogénicos, el Precámbrico, el Hercínico y el Andino. El Precambriano corresponde a las rocas del Complejo Marañón y está formado por fillitas, mica esquistos y meta volcánicos. El Hercínico está formado por las pizarras de la Formación Contaya. El plegamiento Eohercínico sucede en un periodo de distensión con la formación de una cuenca intramontañosa que es rellenada por rocas del Grupo Ambo, en el Permiano superior tenemos una acumulación volcánica andesítica conocida como Volcánico Lavasén, que tiene una amplia distribución en las partes altas de Parcoy principalmente al Este, margen derecha del río Parcoy. Una fase Epirogenética genera una emersión y la acumulación de las rocas ferruginosas del Grupo Mitú.

La sedimentación del ciclo Andino que es más notoria en la Cordillera Occidental, comienza con las calizas del Grupo Pucará, cubiertas posteriormente por areniscas del Grupo Goyllarisquizga, calizas de la Formación Crisnejas y por las capas rojas de la Formación Chota. Finalmente se encuentran depósitos aluviales, coluviales y fluviales del Cuaternario Reciente (Parcoy, 2020).

4.1.8.1. Unidades Estratigráficas

A. Precámbrico

- **Complejo del Marañón (Pe-cm)**

La base de la columna estratigráfica de la región está formada por un complejo metamórfico al cual se le da el nombre de Complejo del Marañón. Las rocas del complejo afloran a lo largo del río Marañón sobre un ancho aproximado de 15 Km. El profundo corte del valle del

Marañón permite la observación de un grosor máximo de más de 2 Km. En este complejo metamórfico se distinguen tres unidades, pero no se ha podido descubrir las relaciones estratigráficas entre ellas.

Lo cierto es que la unidad inferior consiste en mica-esquistos, rocas foliadas gris verdosas, la foliación va desde una laminación fina hasta una esquistosidad somera, están asociadas vetillas de cuarzo que generalmente cortan la foliación, sobre la cual aflora una meta-andesita verdosa silicificada, se le conoce también como meta volcánicos, rocas de fenocristales finos a grandes, porfiríticos, lavas de color gris verdoso, aflora en el flanco Este del río Parcoy, con una potencia promedio de 250 mts., en la parte superior por filita negra, verde oliva, textura fina, brilla con esquistosidad, aflora en Llacuabamba. Se le asigna una edad Neroproterozoica-Cambria (Wilson & Reyes Rivera, 1964)

B. Paleozoico inferior

✓ Formación Contaya (O-c)

De edad Ordovícico, yace sobre el Complejo del Marañón en disconformidad angular (Wilson y Reyes 1964) entre los 200 y 600 m. de espesor y de naturaleza sílice – clástico, se pudo determinar una sucesión de cuarcitas masivas, areniscas oscuras, lutitas y en menor proporción calizas, la presencia de graptolites en la secuencia media y superior del Contaya indicaría una sedimentación profunda en la zona de estudio, las formaciones del paleozoico inferior están caracterizadas por un bajo grado de metamorfismo regional, aflora en la margen derecha de la quebrada Castillas. No se ha determinado en

la región períodos de tiempo geológico para el Silúrico y el Devónico (Parcoy, 2020).

C. Paleozoico inferior

✓ Grupo Ambo (Ci-a)

De edad Mississipiano (Carbonífero inferior), esta formación se produjo durante un periodo de distensión de la fase final de la tectónica Eohercínica generando fallamientos normales con subsidencias las que fueron rellenadas con material clástico en ambientes fluviales y deltaicos.

Litológicamente está constituido por areniscas, lutitas y conglomerados pertenecientes al Carbonífero inferior, aflora en la parte sur de la Mina de Parcoy (zona Mishito) con apariencia de (roof pendant) o (techo colgante) sobre yaciendo al intrusivo granodiorítico. Este evento tectónico de distensión genera grandes fallamientos de carácter regional los cuales serán los conductos de emplazamiento de Batolito de Patáz. La distensión y la subsidencia al final del periodo generó un volcanismo efusivo que se prolonga hasta el Pensylvaniano (Parcoy, 2020).

✓ Grupo Mitú (Ps-m)

En algunas áreas de la zona de estudio hacia el contacto con el Batolito de Pataz aflora una formación paleozoica de arenisca y conglomerados de un color rojo oscuro que se ha correlacionado con el grupo Mitú. Aflora en los caseríos de Tambo y Cabrillas, forma una faja paralela al Batolito de Pataz en este sector (Wilson y Reyes 1964).

Los diferentes espesores que presenta el Grupo Mitu, posiblemente tenga su origen en callamientos de pilares y fosas que controlaron la sedimentación y grosor del grupo, ejemplo de ello, es los espesores de ± 300 m. al W de Huaylillas, entre Huacrachuco y San Buenaventura. En otros lugares, tienen 70 – 150 m. o faltan por completo.

El Grupo Mitu de los Andes del Norte, Ha sido asignado al Pérmiano medio a superior (Kummel, 1950; Wilson y Reyes, 1964), por encontrarse encima del Grupo Copacabana y debajo del Grupo Pucará, Aunque el Grupo Copacabana no aflora como secuencia, se presume su presencia en los bloques calcáreos dentro del Grupo Mitu (Parcoy, 2020).

D. Triásico - Jurásico

✓ Grupo Pucara (TrJi-p)

Producto de una sedimentación marina, está conformada por secuencias de calizas grises y carbonosas, con presencia de nódulos de chert, calizas intercaladas con lutitas, dolomitas, margas y areniscas calcáreas. Está conformado por 3 formaciones: Formación Chambará (Tr-ch) Es la secuencia inferior del Grupo Pucará, está conformada de calizas de color gris a gris oscura intercalada con calizas bituminosas, y calizas dolomíticas, Formación Aramachay y Condorsinga (Ji–ar-c) Estas secuencias se caracterizan por la presencia de niveles de Chert en la parte superior de las formaciones. En la zona de Patáz estas formaciones han sido motivo de intensas exploraciones en la búsqueda de Pórfidos o cuerpos de

reemplazamientos obteniendo resultados satisfactorios en una primera etapa, sobre todo en la zona de Chilia, está claro que es un blanco anómalo aún por explorar (Parcoy, 2020).

E. Cretácico

✓ Formación Goyllarisquizga (Ki-g)

En el este peruano, el Grupo Goyllarisquizga esta condensado en una sola secuencia epicontinental de facies areno-cuarzosas, conocida como Formación Goyllarisquizga. (Carta Geológica Nacional, Boletín 55, 1995).

La Formación Goyllarisquizga, se extiende con rumbo NW-SE, desde Huancavelica, siguiendo por Junín, Cerro de Pasco, Valle del Marañón, Huanuco, pasando por el Este de Cajamarca hasta llegar al Ecuador, suprayace en discordancia angular moderada en casi toda su extensión a las calizas Pucara del Jurásico. Por su dureza sus afloramientos forman crestas alargadas y farallones. Aflora en el flanco oeste del río Parcoy.

La Formación Goyllarisquizga está constituida por areniscas cuarcitas blancas de grano medio a grueso microconglomerádicos. Localmente se intercalan con horizontes de lutitas grises a rojizas y derrames volcánicos presenta en estratos medianos a potentes con estratificación cruzada en la cual se encuentran mantos de Carbón (Yacimiento Carbonífero de Goyllar, Pasco).

Estas facies en la región bajo discusión, tiene un grosor variable, pero el grosor máximo se ubica en las vecindades de la Hda. Mayas (Mollebamba); en otros lugares es raro verlo sobrepasar los 200 m.

de espesor. En los alrededores de Huaylillas y Quiches (Tayabamba), Huacrachuco y San Buenaventura (Pomabamba), alcanzan grosores de 50 a 150 m (Parcoy, 2020).

✓ **Formación Crisnejas**

Compuesta por calizas, areniscas calcáreas y lutitas con una potencia de 200 m. Aflora a 60 Km. al norte de Pataz (Benavides 1956). Las calizas son nodulares, arcillosas y tienen una coloración gris a pardo claro, se presenta en capas medianas a gruesas, las areniscas y lutitas ocurren con intercalaciones entre calizas.

A esta formación se les asigna una edad correspondiente a fines del Cretácico Inferior y se le correlaciona con las formaciones Chulec y Pariatambo, también con la formación Chota de la Amazonía (Parcoy, 2020).

✓ **Formación Chota**

Pertenecen a esta formación las denominadas Capas Rojas, litológicamente está constituido por lutitas, areniscas y conglomerados rojos intensos, estos últimos están formados por fragmentos redondeados a sub-redondeados englobados por una matriz areno-cuarzosa, presenta una estratificación cruzada y capas lenticulares gradadas, con una potencia de 200 m. Y se le asigna una edad del Cretáceo Superior (Albiano Superior-Cenomaniano Inferior, 150 MA.) (Wilson y Reyes 1964). Aflora en Alpamarca, camino a Pías, camino a Pataz (Parcoy, 2020).

F. Rocas intrusivas

- **Batolito de Pataz**

El Batolito Carbonífero - Mississipiano de Pataz es parte de una gigante intrusión de composición calco alcalina, el cual se extiende a lo largo de la Cordillera Nororiental (Laubacher y Megard 1985). Tiene una forma lenticular alargada se debe a su emplazamiento a lo largo de una fractura regional de dirección andina NW-SE alineada a lo largo del flanco Oriental del Marañón, este batolito aflora a lo largo de 160 Km. con anchos que varían de 2 a 8 Km. Y largo aproximado de 70 Km., entre Vijus y Buldibuyo, se observa 2 Km. De ancho en Retamas Parcoy.

Litológicamente está compuesto por granodiorita de grano grueso, cuarzo monzonita, granito, tonalita, diorita, las rocas presentan texturas granulares (de grano medio) a micro granulares (de grano fino) hasta porfiríticas (mayormente hipabisales). El porcentaje areal a nivel de todo el batolito es granodiorita y cuarzo monzonita 55%, tonalita 22%, diorita 13%, granito 9%.

Este intrusivo se presenta muy fracturado, sus zonas de debilitamiento y fracturamiento en un comienzo han servido de canales de transporte de las soluciones mineralizantes, que dieron lugar a la formación de las vetas. El Batolito de Pataz está limitado por dos grandes fallas, una al lado NE que lo pone en contacto con el complejo Marañón y la otra al borde SW que lo separa del paquete sedimentario del Mesozoico, ambas fallas son de alto ángulo y probablemente están asociadas a fallas de gravedad que originó la fosa tectónica del

Marañón y han podido servir de canales de transporte de las soluciones de la mineralización.

El batolito de Pataz según dataciones radiométricas las rocas están entre 305 y 332 MA. (Schercieber, 1990), ubicándose dentro del Carbonífero Inferior. Las rocas intrusivas del Batolito de Pataz también han sido datadas por métodos de Ar⁴⁰-Ar³⁹ en biotitas (Haberlin ET.al 2002, Economic Geology Vol. 99-N^o4), los que localizan la edad de 329.2 ±1.4 y 328.1 ±1.2 MA para el monzogranito y la granodiorita, respectivamente del Plutón de Pataz. La aplita fue datada con 322.1 ±2.8 MA en moscovita y 325.4 ±1.4 MA en biotitas, y representan un pulso magmático un poco más joven del Batolito de Pataz.

También se ha datado la intrusión granodiorítica de Parcoy en 329 MA por el método U/Pb en zircones. La aproximación más cercana de la edad de la mineralización es ~314 MA obtenido por 40Ar/39Ar en moscovita, una síntesis en torno a la alteración de las zonas mineralizadas (Haberlin ET.al 2002). La máxima edad de la mineralización fue de 322 ±2.8 MA dada por 40Ar/39Ar en una aplita moscovita. Ambos datos sugieren que la mineralización de oro fue posterior al emplazamiento del Batolito de Pataz 329 MA y de los viejos eventos regionales de deformación (Parcoy, 2020).

- **Stocks Porfíricos:**

Los afloramientos de esta clase de roca se encuentran en diferentes sectores del cuadrángulo en forma de pequeños stocks. Muchos de ellos son de composición granodiorítica a monzonítica; algunos de

ellos son tonalíticos, como los documentados al W de Buldibuyo. No obstante, la datación por $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, a pesar del probable exceso de argon junto con las observaciones de campo indica una edad Cretácica de los stocks porfiríticos (Parcoy, 2020).

G. Rocas Volcánicas

➤ Volcánicos Lavasen

Este volcánico toma el nombre de la quebrada ubicada en el sector NE de cuadrángulo de Pataz, donde se presenta una secuencia de rocas volcánica con escasas intercalaciones sedimentarias, que consiste de rocas piroclásticas brechas, cuerpos subvolcánicos y algunas lavas porfiríticas con coloraciones grises, verdosas, pardo rosadas; las que se expresan como geoformas abruptas tipo farallones, escarpas y cerros conspicuos, con una potencia aproximada de 100 m. En general, los afloramientos de esta unidad tienen pendientes fuertes e inaccesibles en la alta cordillera y un tanto moderadas en los flancos de las mismas.

Teniendo en consideración que los volcánicos Lavasen sobreyace a las rocas plutónicas datadas en 321 millones de años (Schreiber D., 1990) y 338 m.a. (Agapito Sánchez F., 1995), valores que corresponden al Carbonífero Inferior, se asume que esta unidad se formó a fines del Carbonífero inferior Carbonífero superior, pudiendo alcanzar al Permiano inferior (Parcoy, 2020).

H. Depósitos Cuaternarios

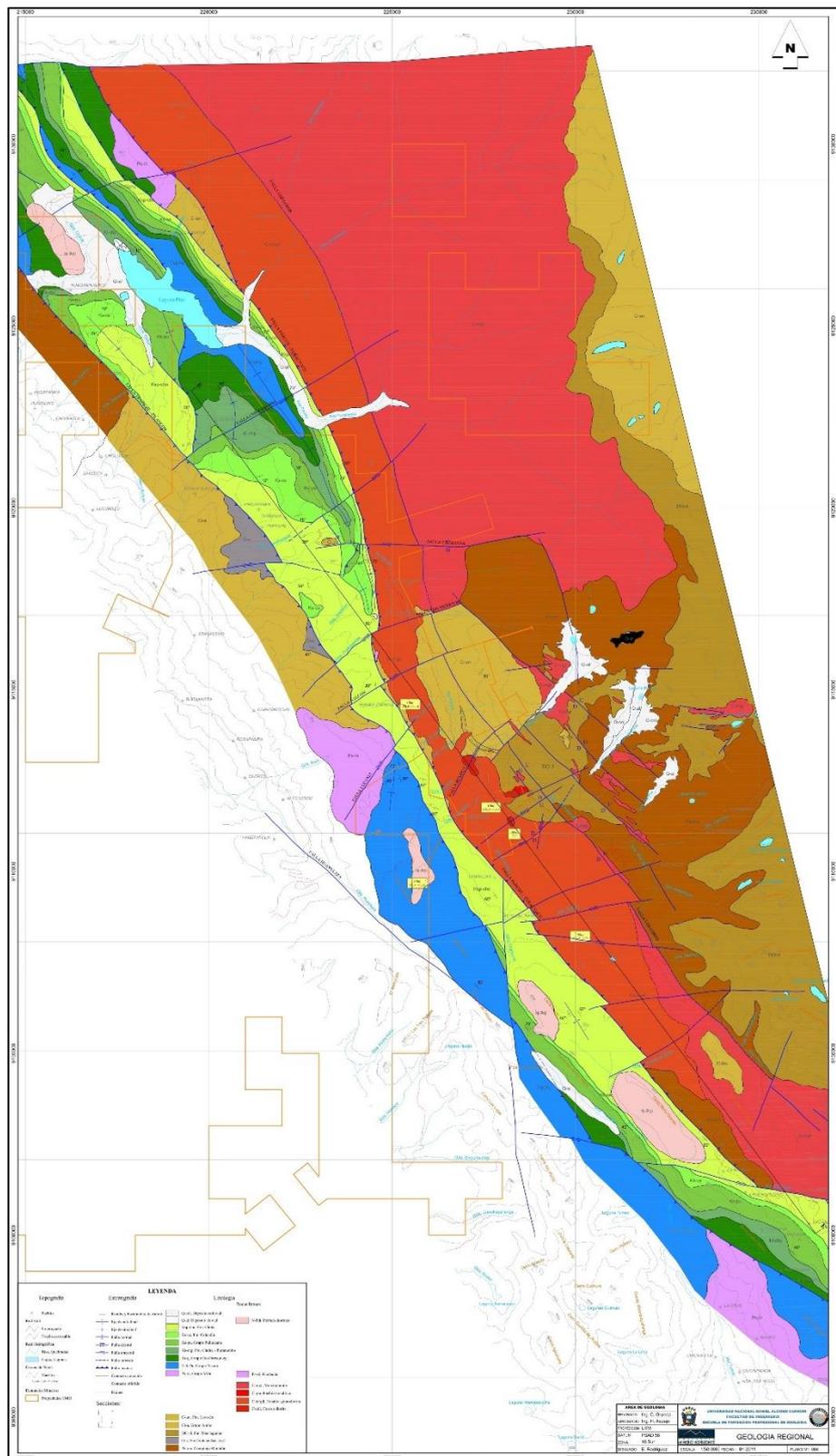
Existen depósitos coluviales sobre el Batolito de Pataz, acompañado de suelos recientes. Se observan acumulaciones de sedimentos fluviales que

muestran una deficiente selección granulométrica sin estratificación definida, formando depósitos cuaternarios recientes generalmente de naturaleza ígnea (terrenos de cultivo actuales), al sur del área de estudio, grandes áreas del Batolito están cubiertas por depósitos coluviales hasta el río Llacuabamba.

Estos depósitos fluviales y coluviales predominan en la región en forma de lechos, terrazas expuestas en las quebradas Huinchus, Vizcachas, Pomachay y Gigante.

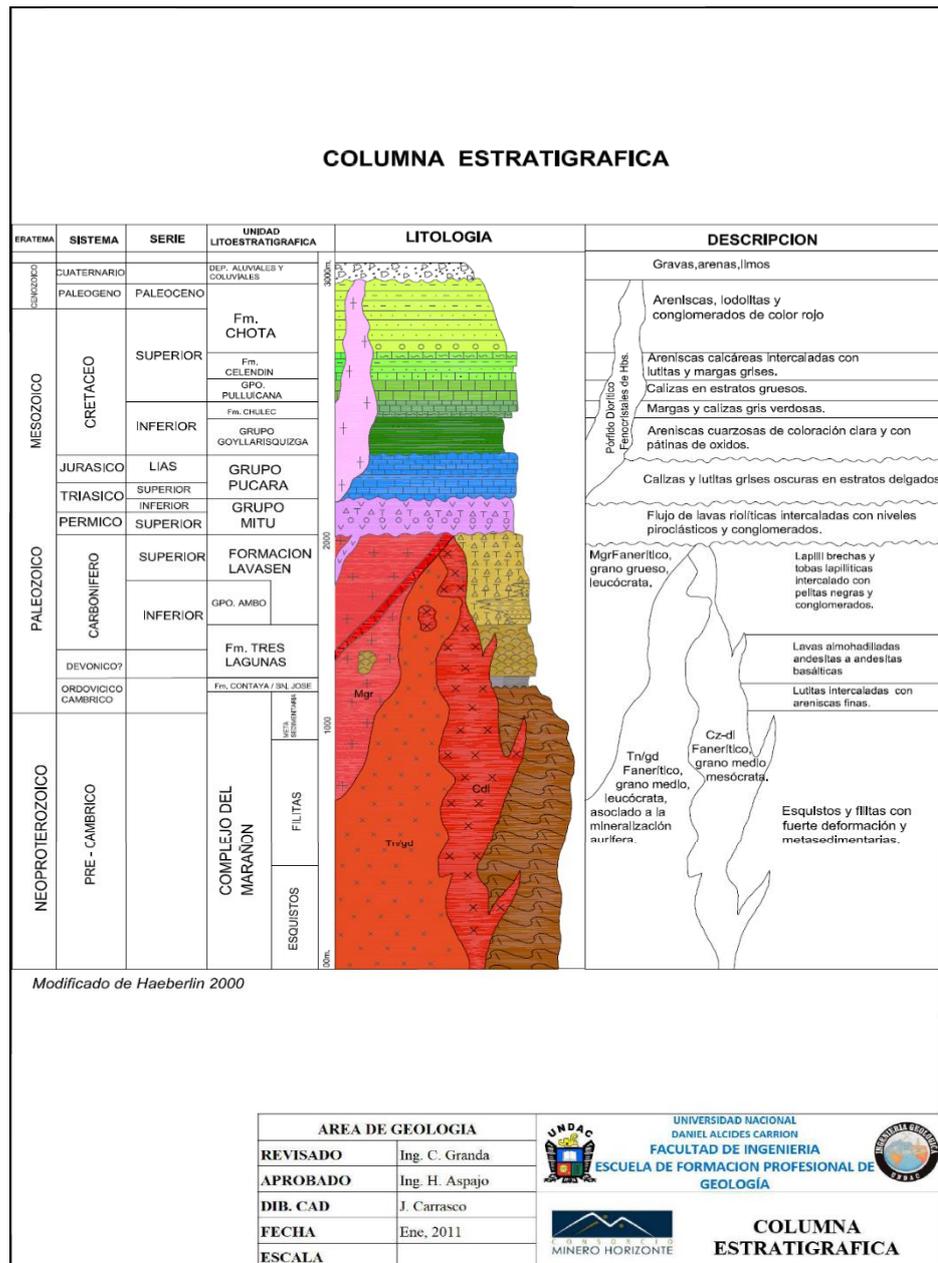
Sus grosores son variables al igual que su extensión, igualmente su composición litoclastica y su fragmentometria, dependieron mucho de las rocas que han servido de fuente y de la distancia a aquella. (Parcoy, 2020). Ver Anexo N°07: Plano Geológico Regional del distrito aurífero de Pataz.

Plano N°04 Plano geológico regional del distrito aurífero de Pataz



Fuente: Consorcio Minero Horizonte (enero, 2011).

Figura N°20 Columna estratigráfica del distrito aurífero de Pataz



Fuente: Consorcio Minero Horizonte (enero, 2011).

4.1.9. Geología Local

Las vetas son típicamente Orogénicas constituidas por relleno de fractura donde prima la asociación “cuarzo-pirita-oro” así como otros minerales asociados en menor magnitud como clorita, sericita, calcita, ±ankerita, ±galena, y ±esfalerita.

Las vetas se alinean en una dirección dominante N20°W con buzamientos al NE tanto de alto como de bajo ángulo (50-80°NE). En la mina Parcoy se han

identificado sistemas de vetas, constituidos por una veta central o principal con ramales y sigmoides asociados. La mayoría de las vetas presentan marcadas variaciones en rumbo y en buzamiento, generando zonas de mayor apertura y enriquecimiento. Las principales vetas son del sistema NW, emplazados en zonas de debilidad y cizallamiento que favorecieron el relleno mineralizante y la formación de los clavos u ore shoots conocidos.

Los sistemas de vetas se encuentran paralelas a los sistemas de fallas regionales de emplazamiento del Batolito, la falla Parcoy-Yuracyacu al Oeste que limita el intrusivo del Batolito con las secuencias sedimentarias del Mesozoico y la falla Los Loros al Este que pone en contacto al intrusivo con las meta-volcánicas y meta-sedimentarios del Complejo Marañón y el Volcánico Lavasen.

Se han reconocido fallas transversales a las regionales, probablemente posteriores a la mineralización, estas son las Fallas: (H, Beta, Norte y Balcón. Estas fallas dividen al Batolito en bloques menores, los cuales presentan posibles movimientos de basculamiento, esto se puede evidenciar por la variación en el buzamiento de las vetas de Norte (alto), Centro y Sur (bajo).

La mineralización con mejores valores de Oro, se encuentra en los cambios significativos en la inclinación de las vetas, así como en la cercanía a las intersecciones de estructuras.

Las cinco estructuras o clavos principales del yacimiento de Parcoy son: (Rosa Orquídea, Milagros, Lourdes, Candelaria y Sissy-Vannya estas tienen longitudes de hasta 400 m, con anchos promedios del orden de los dos metros, su inclinación varía de 35° a 90°, siendo en promedio 65° al Este. Estas estructuras se caracterizan por presentar ensanchamientos (clavos) así como estrangulamientos

de las franjas económicas, muestran ramaleos tipo cola de caballo, desprendimientos de ramales o Splits y sigmoides asociados (Parcoy, 2020).

4.1.9.1. Mineralogía

La mineralogía de la veta rosa y demás estructuras se emplazó en granodioritas del Batolito de Pataz, las soluciones mineralizantes circularon a través de las fracturas preexistentes y se depositaron a lo largo de estas; la reacción con las rocas encajonantes provocó alteraciones hidrotermales causadas por los cambios físicos y químicos que imperaron en el ambiente deposicional. Macroscópicamente podemos decir que la estructura mineralizada consta de: Cuarzo lechoso abundante, pirita y galena, como también cloritas relleno de fracturas y carbonatos. Se distinguen dos clases de pirita, una masiva 65% y otra cristalizada 35%, a su vez esta puede ser de grano fino a medio o semigrueso, también se encuentra oro libre 0.5% dentro de la pirita como también en el cuarzo gris relleno de fracturas.

De estudios mineralógicos realizados anteriormente se tiene los siguientes resultados:

- Minerales Nativos: Oro.
- Minerales Sulfuros: Pirita, Arsenopirita, Pirrotita, Galena
- Minerales Óxidos: Limonita.
- Minerales no Metálicos: Sericita, Cuarzo, Calcita y Cerusita.

Microscópicamente las estructuras mineralizadas están caracterizadas por una mineralización de sulfuros, representada por pirita 40% en asociación con cantidades menores de arsenopirita 10%, y galena en porcentajes hasta de 15 a 20 %. El oro se encuentra en forma nativa formando inclusiones anhedrales y globulares en porosidades de la pirita, también como relleno

de microfracturas de la pirita. En menor proporción se encuentra como inclusiones en el cuarzo cercano a la pirita, como relleno de microfracturas en la ganga silicea, como granos anhédricos localizados en los contactos de pirita – cuarzo, en otras se muestra también como inclusiones dentro de la galena y como inclusiones anhédricas en la arsenopirita (que se halla entre la pirita y el cuarzo). (Estudio Petromineralógico, Alberto Aranda Vercelli, 2007) (Parcoy, 2020).

4.1.9.2. Paragenesis

Los valores económicos auríferos presentan una relación directa con los diferentes tipos texturales los mismos que están asociados a los diferentes eventos mineralógicos y tectónicos, así se ha podido establecer como:

- Cuarzo I, lechoso masivo sin pirita, pobre en oro.
- Cuarzo II, con Pirita I, color latón cristalizado, pirita diseminada a manera de puntos con pequeña presencia de oro.
- Cuarzo III, con Pirita II, de grano medio friable, relacionado al craquelamiento del cuarzo II con valores económicos de oro.
- Cuarzo IV con Pirita III, de grano fino friable y masivo relacionado a fallas paralelas son las más ricas, la galena y la esfalerita, son favorables a la formación del oro.

Una última etapa post-mineralización consistió de cuarzo blanco, calcita y dolomita en venillas transversales, esto indica un ambiente de baja temperatura, la calcita es un control negativo, y en profundidad tiende a disminuir por el aumento de temperatura y aumenta el oro.

Asimismo, un halo de alteración pervasiva verde amarillenta de 10 cm. A 10 mts. de ancho se desarrolla en los contactos entre las rocas plutónicas y hornfels bordeando las zonas mineralizadas. Esta alteración consiste de una intensa seritización con poca clorita, carbonatos y pirita (Parcoy, 2020).

4.1.9.3. Alteraciones Hidrotermales

- Alteración Hipógena

La seritización está caracterizada por la lixiviación del Na, Ca, Mg, Cl, K de las rocas, con un reemplazamiento de los feldespatos, dando lugar a la formación de sericita. El ensamble reconocido es: cuarzo – sericita – pirita – arsenopirita en débiles a moderadas diseminaciones de halos decimétricos, ocurre entre los 400° C a 300° C aproximadamente. En esta zona se observó fuerte seritización, esta alteración tiene vital importancia porque está relacionada a la mineralización aurífera filoniana, es decir es un control favorable para los clavos mineralizados de oro.

La argilización es el producto de la alteración de los feldespatos sódicos y cálcicos y minerales máficos por procesos de lixiviación, formando el ensamble: caolinita – motmorillonita – illita, que ocurre entre los 300° C a 200° C aproximadamente, con halos decimétricos continuos a las vetas y fallas. En la zona de estudio no es muy notable.

La propilitización es de baja temperatura entre 250° c a 180° C, se reconoce por un aspecto verdoso que presentan las cajas. El ensamble observado es: epidota – clorita – pirita y los minerales asociados son de baja temperatura. Se observó moderada propilitización en dimensiones decimétricas a métricas alterando ferromagnesianos (Parcoy, 2020).

- **Alteración Supergena**

La oxidación de las estructuras mineralizadas en la superficie es notable, por la presencia de limonita y de acuerdo al nivel freático y la topografía del yacimiento, esta profundiza hasta los 100 a 200 m. aproximadamente siendo más en las partes disturbadas por cizallamiento y fracturamiento por la percolación de aguas meteóricas, por lo que consideramos que la ley de oro es baja en la superficie por procesos de lixiviación, pero en la zona de óxidos su ley se incrementa.

La alteración supérgena de las cajas debido a la percolación de las aguas meteóricas y circulación de sulfato ferroso más la reactivación de las fallas y el fracturamiento, hacen que las rocas sean fuertemente alteradas (Parcoy, 2020).

4.1.9.4. Litología

a. Granodiorita

Es una roca ígnea plutónica con textura fanerítica parecida al granito. Está principalmente constituida por cuarzo (>20%) y feldespatos, pero contrariamente al granito, contiene más plagioclasas que ortosa. Los minerales secundarios son la biotita, el anfíbol y el piroxeno (Figura 23).

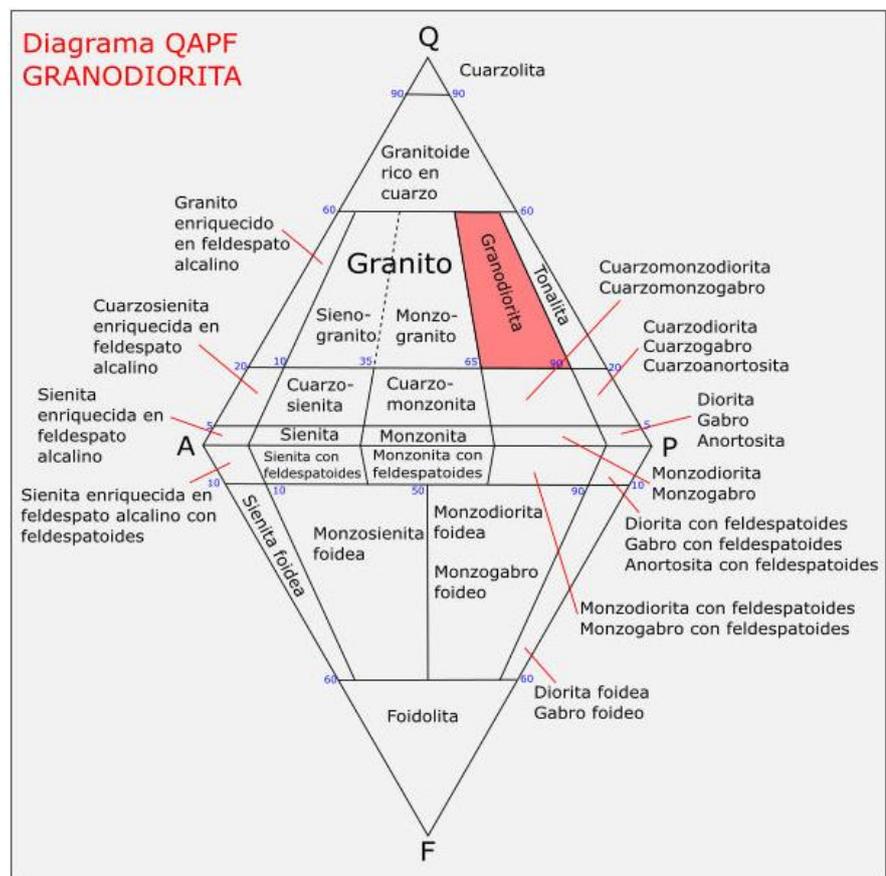
- **Características**

Según el diagrama QAPF, la granodiorita tiene más del 20% de cuarzo, y entre el 65% y el 90% del feldespato es plagioclasa. Una mayor proporción de plagioclasa correspondería a la tonalita.

La granodiorita tiene una composición entre félsica a intermedia. Es el equivalente ígneo intrusivo de la dacita (ígnea extrusiva). Contiene

una gran cantidad de plagioclasa rica en sodio (Na) y calcio (Ca, feldespato potasio, cuarzo y cantidades menores de mica moscovita como componentes minerales de color más claro. La biotita y los anfíboles, a menudo en forma de hornblenda, son más abundantes en la granodiorita que en el granito, lo que le da un aspecto bicolor más evidente o una tonalidad general más oscura. La mica puede presentarse en cristales hexagonales bien formados, y la hornblenda puede aparecer como cristales aciculares (en forma de aguja). También pueden estar presentes cantidades menores de minerales del grupo de los óxidos, como la magnetita, la ilmenita y la ulvita, así como algunos del grupo de los sulfuros.

Figura N°21 Diagrama de Streckeisen (QAPF) – Granodiorita



Fuente: (<https://geologiaweb.com/rocas/granodiorita/>)

- **Textura**

La granodiorita en conjunto con el granito conforma los grandes batolitos que se emplazan a más de 5 kilómetros de profundidad bajo la superficie. Por lo tanto, su textura característica es fanerítica que varía de grano medio a grueso (2mm a 30mm), y son muy raros cuando sus cristales miden menos de 2mm.

- **Origen y Formación**

La granodiorita conforma las raíces de las grandes cadenas montañosas como los Andes, pero también son parte de los grandes cratones continentales.

Por lo tanto, se originan de un magma de composición intermedia generados por la fusión parcial de rocas de la loza oceánica y rocas que conforman la corteza terrestre.

Es decir que en los arcos volcánicos están relacionados con la subducción y en los cratones con la fusión parcial del manto superior y cristalización en un ambiente intermedio en sílice.

b. Dique andesítico

Es una roca ígnea intrusiva de forma tabular, su espesor puede variar de algunos milímetros hasta metros, mientras que su extensión lateral puede alcanzar muchos kilómetros. Las intrusiones de diques se suelen producir a favor de fracturas de carácter distensivo.

Un dique atraviesa capas o cuerpos rocosos preexistentes, lo que implica que un dique es siempre más reciente que la roca en la cual este contenido. Casi siempre presentan una gran inclinación o una inclinación

próxima a la vertical, pero la deformación de origen tectónica puede provocar la rotación de los estratos atravesados por el dique de tal forma de que esta puede volverse horizontal.

En términos de su composición y textura, los diques pueden ser diabásicos, basálticos, graníticos o riolíticos. Los diques pegmatíticos son constituidos por rocas graníticas extremadamente grandes, y se encuentran a menudo asociados con los últimos estadios de una intrusión granítica o con segregaciones metamórficas. Los diques aplíticos son formados por una roca de grano fino con composición granítica.

4.1.10. Geología Estructural

El Batolito de Pataz ha sido afectado por los diversos eventos tectónicos desde los últimos 300 MA. Estos aspectos tectónicos representan el resultado de varios procesos orogénicos y magmáticos ocurridos durante el Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico. Las diferentes estructuras que se presentan en el área de estudio corresponderían a la provincia de bloques fallados (Wilson y Reyes 1967), donde hubo varias etapas de tectonismo y levantamientos.

El batolito de Pataz, tiene fallas pre-mineralización, sin-mineralización y post-mineralización. Previamente el Batolito se habría emplazado en una gran falla regional antigua de rumbo NNW-SSE, cuyos mayores detalles se borraron por efecto de la intrusión del Batolito (P.H. Tumialan 1986).

En la zona de estudio, el sistema de estructuras pre-mineral es complejo, siendo posible que muchas de las estructuras minerales se hayan formado por esfuerzos tectónicos y otros se hayan formado en condiciones de contracción por enfriamiento. Las fallas pre-mineralización son las que controlan la distribución de

las vetas. En la etapa estructural post-mineral la continuidad es muy marcada, las fallas con rumbos promedios a E-W y alto ángulo, son muy fuertes y de variados desplazamientos alcanzando decenas a centenas de metros.

Se observan fallas longitudinales subparalelas en rumbo y buzamiento a las vetas mineralizadas, al parecer son fallas de reactivación que han servido para enriquecer las vetas (Parcoy, 2020).

Los rasgos más saltantes que se presentan dentro del área de estudio son:

4.1.10.1. Plegamientos

Los plegamientos son de extensión regional con ejes orientados de SE a NW, presentándose en las rocas sedimentarias y metamórficas. La dirección probable de los esfuerzos de compresión que originaron estos plegamientos ha sido de NE a SW y NW a SE. Las estructuras mineralizadas reconocidas presentan plegamientos localmente, dificultando su exploración y explotación.

El plegamiento fue probablemente consecuencia de un aumento de velocidad de giro de placa de Nazca tangencialmente hacia el NE, en la tectónica Hercinica, se registró el levantamiento de la mayor parte de la región Andina por una orogénesis, que tuvo su eje en el área correspondiente al flanco pacifico de la cordillera occidental a lo largo de la actual región costera. Los plegamientos afectaron tanto a las capas rojas del Eoceno, como a los arcos volcánicos del Oligoceno y mioceno (Ciclo Andino) (Parcoy, 2020).

4.1.10.2. Fracturamientos

Las rocas intrusivas y del Complejo del Marañón se hallan fuertemente fracturadas, debido a los múltiples eventos tectónicos, estos

fracturamientos siguieron un patrón estructural derivados de la dirección de los esfuerzos tectónicos, se presentan formando sistemas de fracturamiento locales, NW-SE y E-W, paralela a los esfuerzos de compresión que a la vez originaron microfallas, menos frecuentes NE-SW, paralelo a los esfuerzos de tensión. Las vetas comúnmente se presentan fracturadas y/o craqueladas (Parcoy, 2020).

4.1.10.3. Fallas

En la zona de estudio, uno de los problemas en la exploración, es el aspecto estructural, por la complejidad de la zona. Por lo cual se han clasificado en:

a. Fallas longitudinales NW - SE

Estas fallas de rumbo subparalelo - paralelo a las vetas generalmente son postminerales que originan ensanchamientos (cabalgamientos), acuñaamientos y discontinuidad local de las estructuras mineralizadas, muchos de estos son de carácter normal – sinextral e inversa - dextral, con rechazos desde centímetros a varios metros.

Estos constituyen un gran sistema ampliamente desarrollado de fallas y fracturas, que buzan desde los 10° NE en las zonas bajas, hasta más de 60° NE en las zonas altas de la mina.

La reactivación posterior a la mineralización de las fallas, antes mencionada ha ocasionado fallamientos paralelos en el techo de las vetas, esto hace que la caja techo se desmorone con facilidad (Parcoy, 2020).

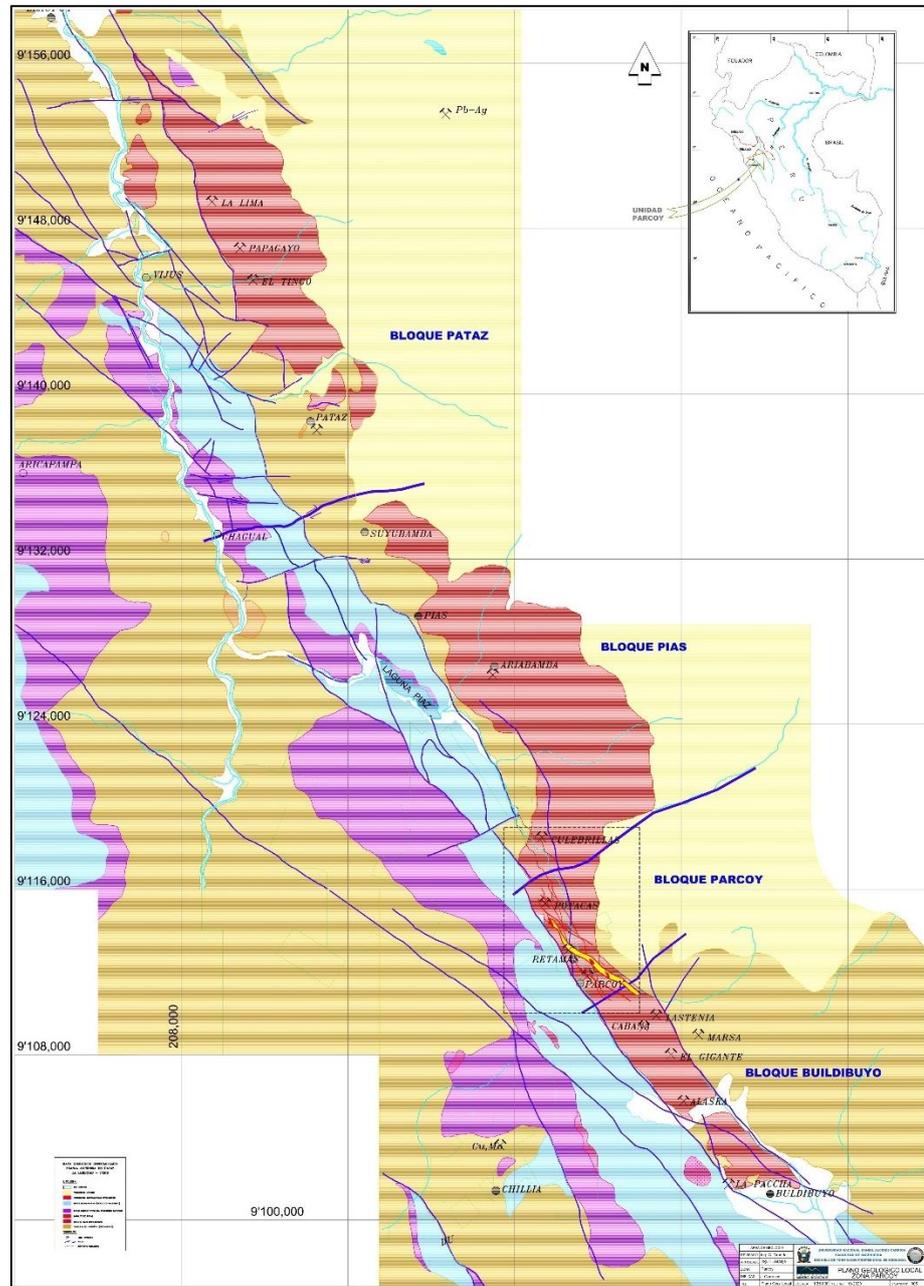
b. Fallas diagonales NNW – SSE A N - S

Estas fallas de rumbo promedio N-S a NNW-SSE y buzamiento alto al W, son fallas que se presentan muchas veces agrupadas en bloque (fallamientos gravitacionales), otras veces como estructuras aisladas relativamente. Las vetas en general se hallan afectadas por este tipo de fallamiento ya sea normal, inverso, sinextral o dextral. Cuando las fallas son de bajo ángulo se presentan como sobre-escurrimientos locales (Parcoy, 2020).

c. Fallas transversales E - W

Estas fallas de rumbo promedio E-W y buzamiento alto al N o S, dividen al intrusivo (Batolito de Pataz) en bloques y por ende los diversos basculamientos, lo cual se evidencia en el diferente buzamiento de las vetas en diferentes bloques. Muchas de estas fallas son pre - mineral al sistema de vetas NW – SE, con reactivaciones post-mineral (Parcoy, 2020). Ver Anexo N°08: Plano Geológico Local.

Plano N°05 Plano Geológico Local



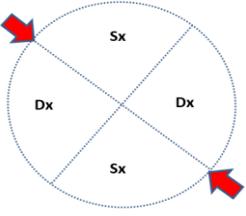
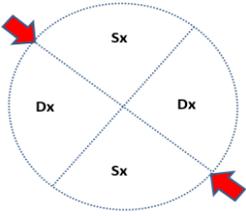
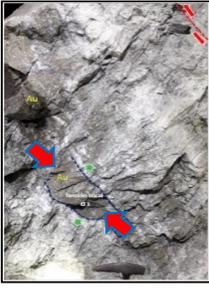
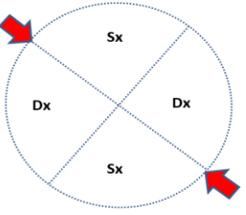
Fuente: Consorcio Minero Horizonte (04 octubre, 2020).

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Resultados de toma de datos

Los datos obtenidos en interior mina, en los frentes de avance en veta rosa, nos dio como resultado una deformación transpresiva de la mineralización que se evidencia en forma de “cabeza de víbora”, comportamiento estructural que también se evidencia en sondajes diamantinos que se presenta en la (Tabla N° 03).

Tabla N°03 Representación del movimiento ángulo A, espectro tectónico, sistema regional de esfuerzos, fotografía, etapa de mineralización y la posición del elipsoide de deformación

	Mov.	Angulo A°	Definición de Espectro	Sistema Regional de Esfuerzos	Fotografía	Etapas de Mineralización	Posición de la Elipsoide de deformación
GL 655 NV 2650	Ix-Sx	70	Transpresión			SYN	
GL 2384 NV 2700	Ix-Sx	63	Transpresión			SYN	
GL 2269 NV 2650	Ix-Sx	75	Transpresión			SYN	

	Mov.	Angulo A°	Definición de Espectro	Sistema Regional de Esfuerzos	Fotografía	Etapas de Mineralización	Posición de la Elipsoide de deformación
GL 249 NV 2700	Ix-Sx	50	Transpresión			SYN	
GL 326 NV 2650	Ix-Sx	65	Transpresión			SYN	
GL 2008 NV 2700	Ix-Sx	60	Transpresión			SYN	

	Mov.	Angulo A °	Definición de Espectro	Sistema Regional de Esfuerzos	Fotografía	Etapas de Mineralización	Posición de la Elipsoide de deformación
SF030002 NV 2700	Ix-Sx	50	Transpresión			SYN	
SF030004 NV 2650	Ix-Sx	68	Transpresión			SYN	

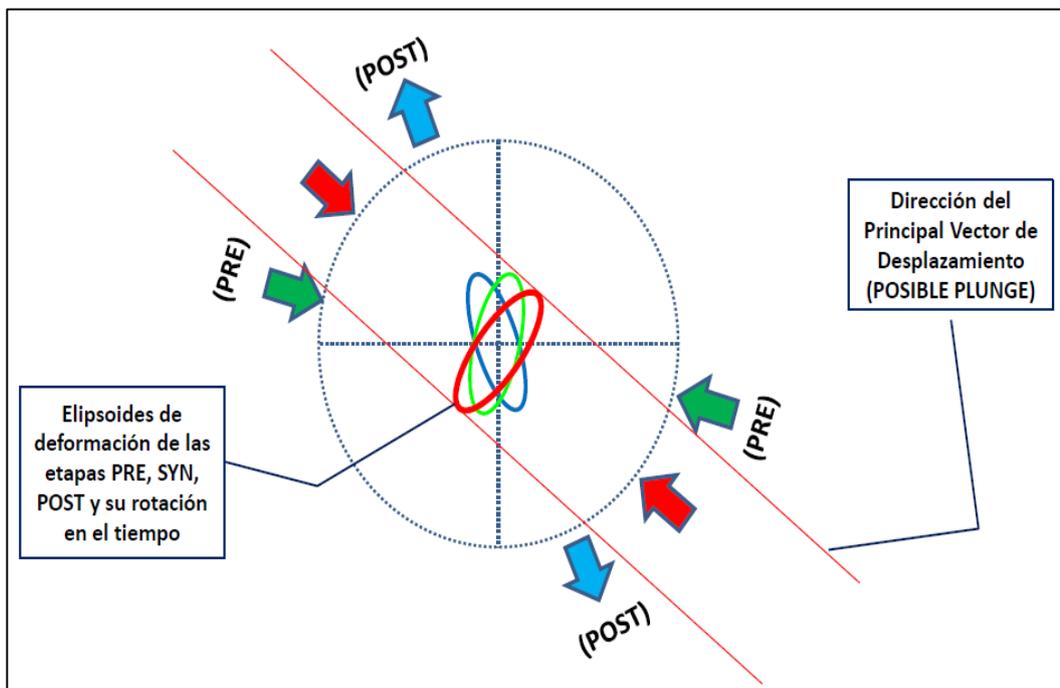
	Mov.	Angulo A°	Definición de Espectro	Sistema Regional de Esfuerzos	Fotografía	Etapas de Mineralización	Posición de la Elipsoide de deformación
SUPERFICIE FALLA 1	Ix	76	Transpresión			PRE	
SUPERFICIE FALLA 2	Nx	130	Transtensión			POST	

Fuente: Bach. A. Cosme Mauricio 2022.

4.2.2. Análisis e interpretación de resultados

Este resultado obtenido, nos muestra que la forma transpresiva de la mineralización en forma de cabeza de víbora obtenida a una escala de labor, se repite a una escala mayor como se puede visualizar el en plano geológico de veta rosa (Plano N°01), siendo una guía para explorar nuevos clavos mineralizados oblicuos en la dirección del principal vector de desplazamiento (Posible plunge) (Ver Figura N°23).

Figura N°22 Elipsoide de deformación en las etapas PRE, SYN, POST, y su rotación en el tiempo



Fuente: Bach. A. Cosme M, 2022.

Elipsoide de deformación en las etapas PRE, SYN, POST, y su rotación en el tiempo, que muestra la dirección principal del vector de desplazamiento (Posible plunge).

4.3. Prueba de hipótesis

Los datos fractales obtenidos en frentes de avance en interior mina (Ver Cuadro N°01, N°02, N°03, N°04, N°05, N°06), en sondajes diamantinos, (Ver

Cuadro N°07, N°08) y en superficie (Ver Cuadro N°09, N°10) llego a determinar el análisis estructural con base en geometría fractal de veta rosa al tiempo de la mineralización, que obedece a un comportamiento estructural transpresivo.

El sistema de esfuerzos se definió con la técnica McCoss (Ver Tabla 03), del que se obtuvo como resultado en la etapa SYN un máximo esfuerzo σ_1 en dirección NW/SE 65° transpresión (A=50°-70°), en la etapa PRE se obtuvo un máximo esfuerzo σ_1 en dirección NW/SE 75°, transpresión (A=70°) y en la etapa POST se obtuvo un mínimo esfuerzo σ_3 en dirección NW/SE 20°, transtensión (A=130°).

El régimen tectónico resultante del ángulo A, corresponde a un evento transpresivo (Ver Figura 22), que define en la rotación del elipsoide de deformación la dirección del principal vector de desplazamiento (Posible plunge), esta dirección es un indicio para la localización de nuevos targets de exploración.

Con todo lo expuesto se demuestra que un “Análisis estructural con base en geometría fractal de una veta”, te permite ver, identificar, medir y analizar eventos geológicos que ocurrieron al tiempo de la mineralización, a lo largo del corredor estructural identificado a diferente escala, logrando ser más asertivos en la exploración.

4.4. Discusión de resultados

A continuación, se resume los principales resultados obtenidos y su discusión.

- Este estudio se inició conociendo el “Modelo estructural de emplazamiento de la brecha freatomagmática, en la mina polimetálica peñasquito” (Claudio P. Flores Rivera), asimismo las “Perspectivas de nuevos depósitos en base a un

arreglo estructural caótico en el distrito de Guanajuato” (José Antonio Martínez Mendoza), lo que impulso a demostrar la versatilidad de la geometría fractal en el depósito orogénico de consorcio minero horizonte.

- Resulta indispensable mencionar que lo aquí propuesto está en etapa de comprobación y que independientemente de los resultados que se obtengan de la exploración, que esperamos sean positivos, esto sin lugar a dudas es un área de oportunidad para el desarrollo e investigación sobre todo en un área relativamente virgen para los estudiosos del caos y la geometría fractal, no solo en el distrito minero de Consorcio sino en prácticamente el mundo entero.

CONCLUSIONES

1. El sistema de esfuerzos al tiempo de la mineralización en la etapa SYN obtuvo un máximo esfuerzo σ_1 en dirección NW/SE 65° transpresión (A=50°-70°), en forma de cabalgadura, conocida como “cabeza de víbora”, este comportamiento estructural controla un alto contenido de Au, el cual define uno de los principales dominios geológicos del depósito.
2. El régimen tectónico resultante corresponde a un evento transpresivo que define la rotación del elipsoide de deformación en la dirección del principal vector de desplazamiento (Posible plunge), esta dirección es un indicio para la localización de nuevos targets de exploración.

RECOMENDACIONES

1. Se conoce que la búsqueda y exploración de depósitos minerales consume tiempo, es cara y riesgosa económicamente sobre todo en un distrito minero que ha sido explotado por años, por ende, recomiendo que se practique esta metodología en la exploración para predecir nuevos depósitos económicos a bajo costo.
2. Por lo que se debe continuar con la toma de datos estructurales con base en geometría fractal de la veta rosa en niveles más profundos, para sustentar con mayor información el comportamiento mineralógico de nuevos clavos mineralizantes e iniciar con la perforación diamantina hacia estos nuevos targets de exploración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

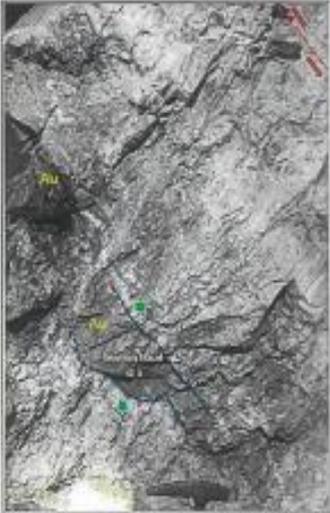
1. Alvares Rojas, H. E. (2010). *Tesis de Grado* . Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín.
2. Copernico, N. (1507). "Sobre las revoluciones de los orbes celestes. Biblioteca Contemporanea: Nacional".
3. Einstein, A. (1916). *Teoria de la Relatividad*. Berlin: Alianza.
4. Flores Rivera, C. P. (2017). "Modelo Estructural de Emplazamiento de la Brecha Freatomagmatica, en la Mina Peñasquito". Col. Cañada del Sol Guadalupe, Zacatecas, México: Minera Peñasquito. Av. Pedro Coronel #94.
5. Galilei, G. (1984). "Sobre los astros mediceos - las lunas de jupiter. En G. Galilei, *Sobre los astros mediceos - las lunas de jupiter*" (págs. 88-90). Madrid: Eudeba.
6. Garcia Raso, D. (2008). "La incertidumbre de pensar en el pasado. La historia de la teoria del caos y su aplicacion en la arqueologia".
7. Kuhn, T. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*.
8. Laplace, P. S. (1776). *La ciencia del Caos*. Francia: Fondo de Cultura Económica.
9. Mandelbrot, B. (1982). *La geometria Fractal de la naturaleza*. Caixa (Museo de la ciencia de la fundacion): Metatemas, libros para pensar la ciencia.
10. Martinez Mendoza, J. A. (2005). *Caos y Fractales en los depositos minerales*. México: Geologia Minera.
11. Martinez Mendoza, J. A. (2016). "Perspectivas de nuevos depositos en base a un arreglo estructural caótico en el distrito de Guanajuato". Guanajuato, Gto. México: Compañia Minera Las Torres S.A. de C.V.
12. McCoss, A. M. (1986). "Simple Constructions for Deformation in Transpression/Transtension Zones". En A. M. McCoss, "Simple Constructions for Deformation in Transpression/Transtension Zones" (pág. 715 a 718). Gran Britain: Pergamon Journals ltd

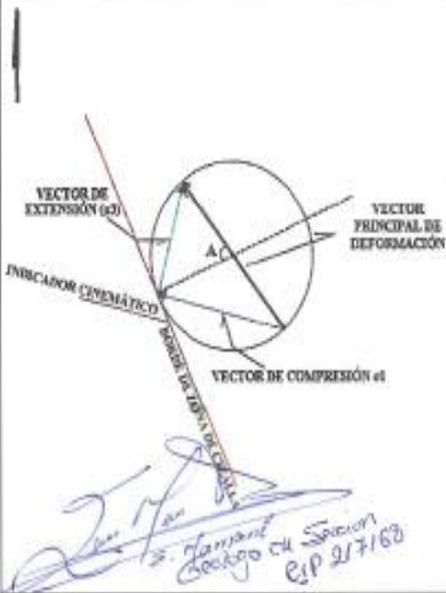
13. Newton, I. (1687). *Principios Matematicos de la Filosofia Natural*. Universidad de Cambridge: Biblioteca Wren del Trinity College.
14. Parcoy, S. d.-U. (2020). *Estudio Geologico del Yacimiento de la Unidad Minera Parcoy*. Trujillo - La libertad: Unidad Minera Parcoy - Pataz.
15. Poicare, H. (1892). *Métodos Nuevos de la Mecánica Celeste*. Cataluña: Departament de Matemàtica Aplicada I. Universitat Politècnica de Catalunya.
16. Valdés Vasquez, P. A. (2016). *"La introduccion a la geometria fractal"*. Chile: Universidad del Bio-Bio. Sistema de bibliotecas.
17. Wilson, J., & Reyes Rivera, L. (1964). *Cuadrangulo de Pataz y Tayabamba (INGEMMET)*. LIMA: Boletin N°9.
18. Yana Quecaño, J. J. (2014). *Analisis de precision y control topografico subterraneo de labores y tajos para el planeamiento del minado en Consorcio Minero Horizonte- Unidad Parcoy*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustin.

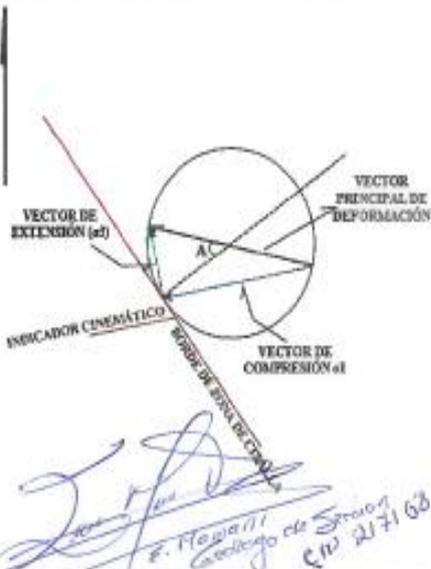
ANEXOS

ANEXO N°02 Procedimientos de validación y confiabilidad

VETA: <u>ROSA</u> NIVEL: <u>2650</u> : <u>GL 655</u>	U.T.M. X: <u>227070.55</u> Y: <u>9112693.83</u> Z: <u>2778.05</u>	ANALISIS ESTRUCTURAL CON BASE EN GEOMETRIA FRACTAL						
FOTOGRAFIA	<input type="checkbox"/> PLANTA <input checked="" type="checkbox"/> PERFIL	GEOLOGÍA						
		MINERALIZACIÓN Textura: <u>Bandeada</u> Minerales: <u>Qz blanco 40%, Py fina</u> <u>diseminada en venillas 5%, Grn diseminada</u> <u>1%</u> ROCA DE CAJA Formacion: <u>Batolito de Patate</u> Litologia: <u>Granodiorita</u>						
CALCULO DE ESFUERZOS (Tecnica McCoss)		COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL						
		INVERSA <input checked="" type="checkbox"/> NORMAL <input type="checkbox"/> SINEXTRAL <input type="checkbox"/> DEXTRAL <input type="checkbox"/> ETAPA vs MINERALIZACION <table border="1" data-bbox="879 1458 1295 1547"> <thead> <tr> <th>PRE</th> <th>SYN</th> <th>POST</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>X</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> RUMBO = <u>346°</u> INDICADOR = <u>282°</u> A = <u>70°</u> REGIMEN TECTONICO : <u>Transpresión</u>	PRE	SYN	POST		X	
PRE	SYN	POST						
	X							
COMENTARIOS:								
Por: Bach. Anais Cosme Mauricio								

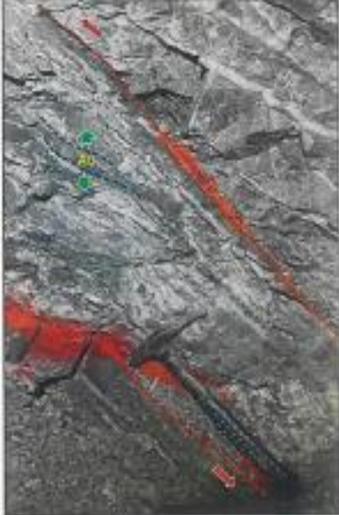
VETA: ROSA NIVEL: 2700 : GL 2384	U.T.M. X: 227267.52 Y: 9112314.16 Z: 2811.31	ANÁLISIS ESTRUCTURAL CON BASE EN GEOMETRÍA FRACTAL													
FOTOGRAFIA	<input type="checkbox"/> PLANTA <input checked="" type="checkbox"/> PERFIL	GEOLOGÍA													
	MINERALIZACIÓN Textura: <u>Bandeado</u> Minerales: <u>Qz blanco 40%, Py fina</u> <u>diseminada 15%</u> ROCA DE CAJA Formación: <u>Botolito de Pataz</u> Litología: <u>Granodiorita</u>														
CÁLCULO DE ESFUERZOS (Técnica McCoss)	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL														
	<table border="1"> <tr> <td>INVERSA</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>NORMAL</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>SINEXTRAL</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>DEXTRAL</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> ETAPA vs MINERALIZACIÓN <table border="1"> <thead> <tr> <th>PRE</th> <th>SYN</th> <th>POST</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table> RUMBO = <u>332°</u> INDICADOR = <u>275°</u> A = <u>63°</u> REGIMEN TECTÓNICO: <u>Transpresión</u>	INVERSA	<input checked="" type="checkbox"/>	NORMAL	<input type="checkbox"/>	SINEXTRAL	<input type="checkbox"/>	DEXTRAL	<input type="checkbox"/>	PRE	SYN	POST	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
INVERSA	<input checked="" type="checkbox"/>														
NORMAL	<input type="checkbox"/>														
SINEXTRAL	<input type="checkbox"/>														
DEXTRAL	<input type="checkbox"/>														
PRE	SYN	POST													
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>													
COMENTARIOS: _____															
Por: Bach/ Análisis Cosme Mauricio															

VETA: <u>ROSA</u> NIVEL: <u>2650</u> : <u>GL 2269</u>	U.T.M. X: <u>227342.12</u> Y: <u>9112234.67</u> Z: <u>2791.22</u>	ANALISIS ESTRUCTURAL CON BASE EN GEOMETRIA FRACTAL						
FOTOGRAFIA	<input type="checkbox"/> PLANTA <input checked="" type="checkbox"/> PERFIL	GEOLÓGIA						
	MINERALIZACIÓN Textura: <u>Bandeada</u> Minerales: <u>Qz blanco 45%, Py fina</u> <u>diseminada en bandas 8%, intercaladas con</u> <u>bandas de Qz</u> ROCA DE CAJA Formacion: <u>Batolito de Pataz</u> Litología: <u>Granodiorita</u>							
CALCULO DE ESFUERZOS (Tecnica McCoss)	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL							
	INVERSA <input checked="" type="checkbox"/> NORMAL <input type="checkbox"/> SINEXTRAL <input type="checkbox"/> DEXTRAL <input type="checkbox"/>	ETAPA vs MINERALIZACION <table border="1"> <thead> <tr> <th>PRE</th> <th>SYN</th> <th>POST</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>X</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> RUMBO = <u>337°</u> INDICADOR = <u>285°</u> A = <u>75°</u> REGIMEN TECTONICO: <u>Transpresión</u>	PRE	SYN	POST		X	
PRE	SYN	POST						
	X							
COMENTARIOS: _____ _____ _____								
Por: Bach. Anais Cosme Mauricio								

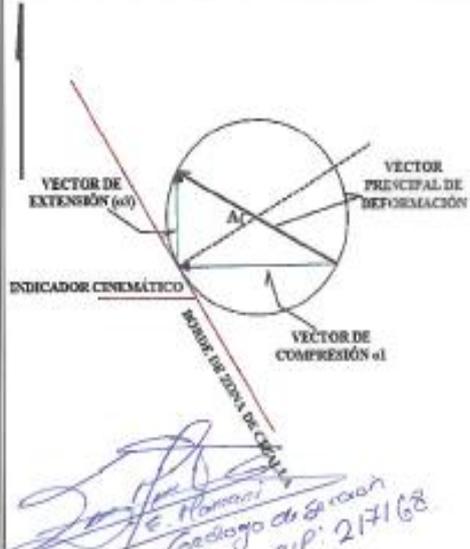
VETA: <u>ROSA</u> NIVEL: <u>2700</u> : <u>GL 249</u>		U.T.M. X: <u>227263.15</u> Y: <u>9112281.12</u> Z: <u>2826.98</u>		ANALISIS ESTRUCTURAL CON BASE EN GEOMETRIA FRACTAL							
FOTOGRAFIA		<input type="checkbox"/> PLANTA <input checked="" type="checkbox"/> PERFIL		GEOLOGÍA							
		MINERALIZACIÓN Textura: <u>Discreta</u> Minerales: <u>Qtz blanco 50%, Py fins</u> <u>diseminada en venillas 3%</u>		ROCA DE CAJA Formacion: <u>Batolito de Putz</u> Litologia: <u>Granodiorita</u>							
CALCULO DE ESFUERZOS (Tecnica McCoss)		COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL									
		INVERSA <input checked="" type="checkbox"/> NORMAL <input type="checkbox"/> SINEXTRAL <input type="checkbox"/> DEXTRAL <input type="checkbox"/>		ETAPA vs MINERALIZACION							
COMENTARIOS: _____ _____ _____		<table border="1"> <thead> <tr> <th>PRE</th> <th>SYN</th> <th>POST</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>X</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		PRE	SYN	POST		X		RUMBO = <u>326°</u> INDICADOR = <u>260°</u> A = <u>50°</u> REGIMEN TECTONICO : <u>Transpresión</u>	
PRE	SYN	POST									
	X										
Por: Bach. Anais Cosme Mauricio											

VETA: <u>ROSA</u>	U.T.M. X: <u>227070.55</u>	ANÁLISIS ESTRUCTURAL CON BASE EN GEOMETRÍA FRACTAL
NIVEL: <u>2700</u>	Y: <u>9112693.83</u>	
: <u>GL 2008</u>	Z: <u>2778.05</u>	

FOTOGRAFIA	<input type="checkbox"/>	PLANTA
	<input checked="" type="checkbox"/>	PERFIL

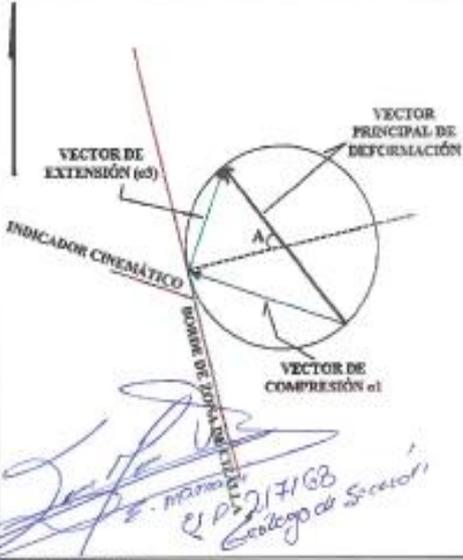
	MINERALIZACIÓN Textura: <u>Bandeada</u> Minerales: <u>Qz blanco 40%, Py fina</u> <u>diseminada 10% y en venillas 5%</u>
	ROCA DE CAJA Formación: <u>Batolito de Patate</u> Litología: <u>Granodiorita</u>

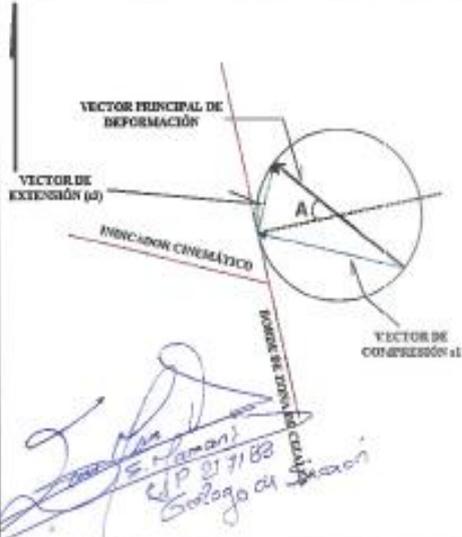
CALCULO DE ESFUERZOS (Técnica McCoss)	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL
---------------------------------------	----------------------------

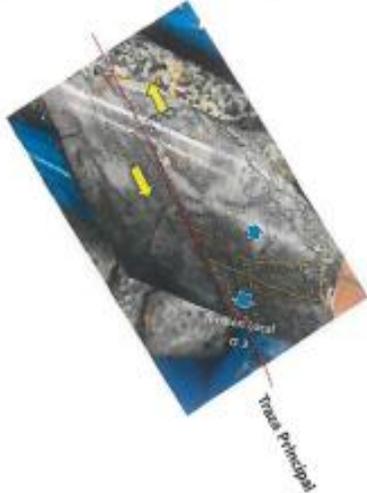
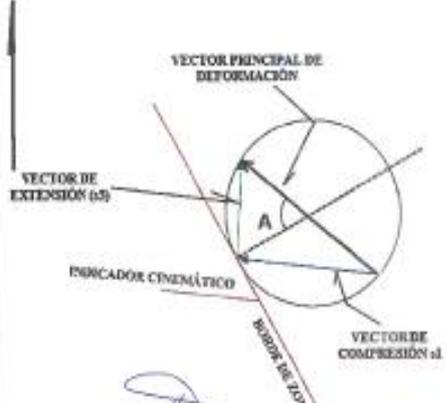
 <p>VECTOR DE EXTENSION (σ₁)</p> <p>VECTOR PRINCIPAL DE DEFORMACION</p> <p>INDICADOR CINEMATICO</p> <p>BANDA DE ZONA DE CAJILLA</p> <p>VECTOR DE COMPRESION (σ₃)</p> <p><i>E. HERNANDEZ</i> Geólogo de Servicio E.P. 217168</p>	INVERSA <input checked="" type="checkbox"/> X NORMAL <input type="checkbox"/> SINEXTRAL <input type="checkbox"/> DEXTRAL <input type="checkbox"/>					
	ETAPA vs MINERALIZACION <table border="1"> <thead> <tr> <th>PRE</th> <th>SYN</th> <th>POST</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>X</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>RUMBO = <u>330°</u> INDICADOR = <u>268°</u> A = <u>60°</u></p> <p>REGIMEN TECTÓNICO: <u>Transpresión</u></p>	PRE	SYN	POST		X
PRE	SYN	POST				
	X					

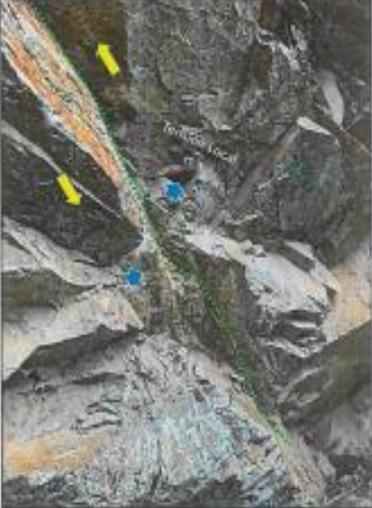
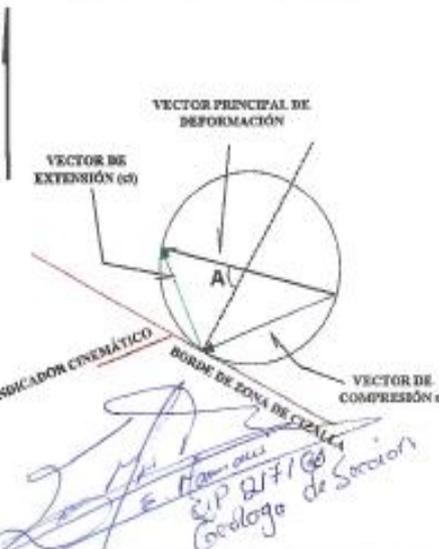
COMENTARIOS: _____

Por: Bach. Anais Cosme Mauricio

VETA: <u>ROSA</u> NIVEL: <u>2650</u> : <u>GL.326</u>		U.T.M. X: <u>227325.34</u> Y: <u>9112166.14</u> Z: <u>2786.10</u>		ANÁLISIS ESTRUCTURAL CON BASE EN GEOMETRÍA FRACTAL							
FOTOGRAFIA		<input type="checkbox"/> PLANTA <input checked="" type="checkbox"/> PERFIL		GEOLOGÍA							
		MINERALIZACIÓN Textura: <u>Bandeada</u> Minerales: <u>Qz blanco 40%, Py fina</u> <u>diseminada en bandas 20%, Gn diseminada</u> <u>2%</u>		ROCA DE CAJA Formación: <u>Batolito de Patate</u> Litología: <u>Granodiorita</u>							
CÁLCULO DE ESFUERZOS (Técnica McCoss)		COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL									
 <p> VECTOR DE EXTENSIÓN (e3) VECTOR PRINCIPAL DE DEFORMACIÓN VECTOR DE COMPRESIÓN (e1) INDICADOR CINEMÁTICO RUMBO DE LA LINEA DE INDICADOR A = 65° </p> <p> <i>El P. 217168 Geólogo de Sector</i> </p>		INVERSA <input checked="" type="checkbox"/> NORMAL <input type="checkbox"/> SINEXTRAL <input type="checkbox"/> DEXTRAL <input type="checkbox"/>									
COMENTARIOS:		ETAPA vs MINERALIZACIÓN									
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>PRE</th> <th>SYN</th> <th>POST</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>X</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				PRE	SYN	POST		X	
PRE	SYN	POST									
	X										
		RUMBO = <u>348°</u> INDICADOR = <u>290°</u> A = <u>65°</u>									
		REGIMEN TECTÓNICO : <u>Transpresión</u>									
Por: Bach. Anais Cosme Mauricio											

VETA: <u>ROSA</u> NIVEL: <u>2700</u> LABOR: <u>CX 030</u>		U.T.M. X: <u>227188.85</u> Y: <u>9112252.16</u> Z: <u>2824.78</u>		ANALISIS ESTRUCTURAL CON BASE EN GEOMETRIA FRACTAL							
FOTOGRAFIA		<input type="checkbox"/> PLANTA <input checked="" type="checkbox"/> PERFIL		GEOLÓGIA							
		MINERALIZACIÓN Textura: <u>Bandeada y brechada</u> Minerales: <u>Qz blanco 25%, Py fina</u> <u>diseminada 5%, brechas de Qz blanco</u>		ROCA DE CAJA Formacion: <u>Basolito de Patate</u> Litología: <u>Granodiorita</u>							
CALCULO DE ESFUERZOS (Tecnica McCoss)		COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL									
		INVERSA <input checked="" type="checkbox"/> X NORMAL <input type="checkbox"/> SINEXTRAL <input type="checkbox"/> DEXTRAL <input type="checkbox"/>									
COMENTARIOS: _____ _____ _____		ETAPA vs MINERALIZACION <table border="1"> <thead> <tr> <th>PRE</th> <th>SYN</th> <th>POST</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>X</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p> RUMBO = <u>348°</u> INDICADOR = <u>285°</u> A = <u>50°</u> </p> <p> REGIMEN TECTONICO : <u>Transgresión</u> </p>				PRE	SYN	POST		X	
PRE	SYN	POST									
	X										
Por: Bach. Anais Cosme Maurício											

VETA: <u>ROSA</u> U.T.M. X: <u>227188.85</u> NIVEL: <u>2650</u> Y: <u>9112252.16</u> : <u>CX 030</u> Z: <u>2824.78</u>		ANALISIS ESTRUCTURAL CON BASE EN GEOMETRIA FRACTAL							
FOTOGRAFIA <input type="checkbox"/> PLANTA <input checked="" type="checkbox"/> PERFIL		GEOLOGÍA							
		MINERALIZACIÓN Textura: <u>Bandeada</u> Minerales: <u>Qz blanco 30%, Py fina</u> <u>diseminada 7% y en venillas 3%</u>							
		ROCA DE CAJA Formación: <u>Batolito de Putaz</u> Litología: <u>Granodiorita</u>							
CALCULO DE ESFUERZOS (Técnica McCross)		COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL							
		INVERSA <input checked="" type="checkbox"/> NORMAL <input type="checkbox"/> SINEXTRAL <input type="checkbox"/> DEXTRAL <input type="checkbox"/>							
		ETAPA vs MINERALIZACION							
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>PRE</th> <th>SYN</th> <th>POST</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>X</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		PRE	SYN	POST		X	
PRE	SYN	POST							
	X								
		RUMBO = <u>332°</u> INDICADOR = <u>285°</u> A = <u>68°</u>							
		REGIMEN TECTONICO : <u>Transpresión</u>							
COMENTARIOS: _____									
Por: Bach. Anals Cosme Mauricio									

VETA: _____ NIVEL: _____ : _____	U.T.M. X: <u>227132.77</u> Y: <u>9112645.47</u> Z: <u>2994.37</u>	ANÁLISIS ESTRUCTURAL CON BASE EN GEOMETRÍA FRACTAL						
FOTOGRAFIA	<input type="checkbox"/> PLANTA <input checked="" type="checkbox"/> PERFIL	GEOLÓGIA						
	MINERALIZACIÓN Textura: _____ Minerales: _____ _____ _____ ROCA DE CAJA Formación: <u>Batolito de Patate</u> Litología: <u>Granodiorita alterada con venillas de Qz</u> _____ _____							
CÁLCULO DE ESFUERZOS (Técnica McCoss)	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL							
	INVERSA <input checked="" type="checkbox"/> NORMAL <input type="checkbox"/> SINEXTRAL <input type="checkbox"/> DEXTRAL <input type="checkbox"/>							
COMENTARIOS: _____ _____	ETAPA vs MINERALIZACIÓN <table border="1" data-bbox="885 1400 1268 1467"> <thead> <tr> <th>PRE</th> <th>SYN</th> <th>POST</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> RUMBO = <u>120°</u> INDICADOR = <u>68°</u> A = <u>76°</u> REGIMEN TECTÓNICO : <u>Transpresión</u>		PRE	SYN	POST	X		
PRE	SYN	POST						
X								
Por: Bach. Anais Cosme Mauricio								

VETA: _____	U.T.M. X: <u>227313.73</u>	ANÁLISIS ESTRUCTURAL CON BASE EN GEOMETRÍA FRACTAL
NIVEL: _____	Y: <u>9112746.30</u>	
: _____	Z: <u>2957.82</u>	

FOTOGRAFIA	<input type="checkbox"/> PLANTA <input checked="" type="checkbox"/> PERFIL	GEOLÓGIA
------------	---	----------



MINERALIZACIÓN

Textura: _____

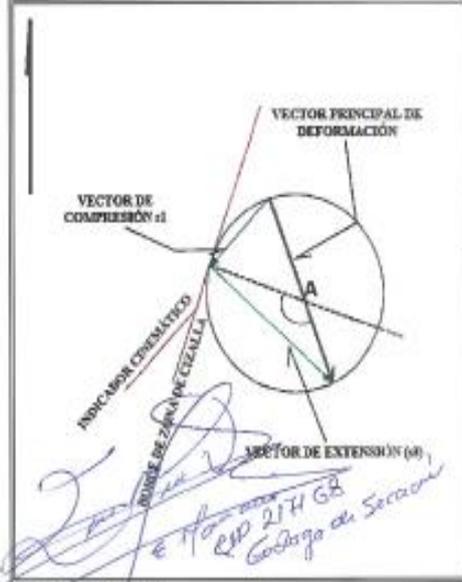
Minerales: _____

ROCA DE CAJA

Formación: Botolito de Patate

Litología: Granodiorita alterada

CALCULO DE ESFUERZOS (Técnica McCoss)	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL
---------------------------------------	----------------------------



INVERSA

NORMAL

SINEXTRAL

DEXTRAL

ETAPA vs MINERALIZACIÓN

PRE	SYN	POST
		X

RUMBO = 20°

INDICADOR = 43°

A = 130°

REGIMEN TECTONICO: Transension

COMENTARIOS: _____

Por: Bach. Anais Cosme Mauricio

ANEXO N°03 Matriz de Consistencia

“ANÁLISIS ESTRUCTURAL CON BASE EN GEOMETRÍA FRACTAL DE LA VETA ROSA DEL NV 2650 AL NV 2700 EN CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A.”			
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS PRINCIPAL	VARIABLES
¿Cómo analizar estructuralmente con base en geometría fractal la veta rosa del NV 2650 al NV 2700 en Consorcio Minero Horizonte?	Analizar estructuralmente con base en Geometría Fractal la veta rosa del NV 2650 al NV 2700 en Consorcio Minero Horizonte.	El análisis Estructural de la Veta Rosa se analiza a través de indicadores de movimiento al tiempo de la mineralización con base en geometría fractal.	Variable Independiente - Análisis estructural Variable Dependiente - Geometría fractal Variable Intervinientes - Técnica McCoss
PROBLEMA ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	
¿Cómo definir el sistema de esfuerzos al tiempo de la mineralización con base en geometría fractal de la veta rosa del NV 2650 al NV 2700 en Consorcio Minero Horizonte?	Definir el sistema de esfuerzos al tiempo de la mineralización con base en geometría fractal de la veta rosa del NV 2650 al NV 2700 en Consorcio Minero Horizonte	El sistema de esfuerzos al tiempo de la mineralización con base en geometría fractal de la veta rosa se define con la técnica McCoss.	
¿Cómo determinar el régimen tectónico resultante con base en geometría fractal de la veta rosa del NV 2650 al NV 2700 en Consorcio Minero Horizonte?	Determinar el régimen tectónico resultante con base en geometría fractal de la veta rosa del NV 2650 al NV 2700 en Consorcio Minero Horizonte.	El régimen tectónico resultante con base en geometría fractal de la veta rosa se determina con el resultado del ángulo A resultante.	

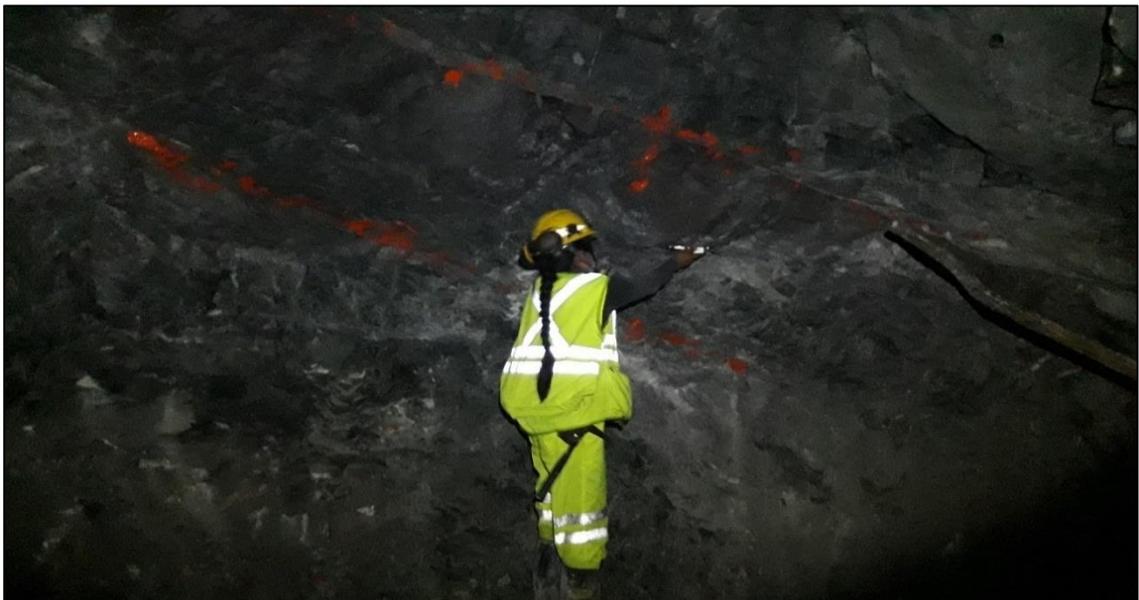
ANEXO N°04 Panel Fotográfico

Fotografía 1.



Descripción: Identificando evidencias fractales de la mineralización de veta rosa, siendo estas recursivas, autosimilares y de escala invariable.

Fotografía 2.



Descripción: Toma de datos de evidencias fractales de veta rosa en la GL 326 NV 2650.

Fotografía 3.



Descripción: Toma de datos de evidencias fractales de veta rosa en la TJ 2384 NV 2700.

Fotografía 4.



Descripción: Registro de datos fractales con la técnica Mc Caos.

Fotografía 5.



Descripción: Toma de datos de evidencias fractales de veta rosa en la TJ 2008 NV 2700.

Fotografía 6.



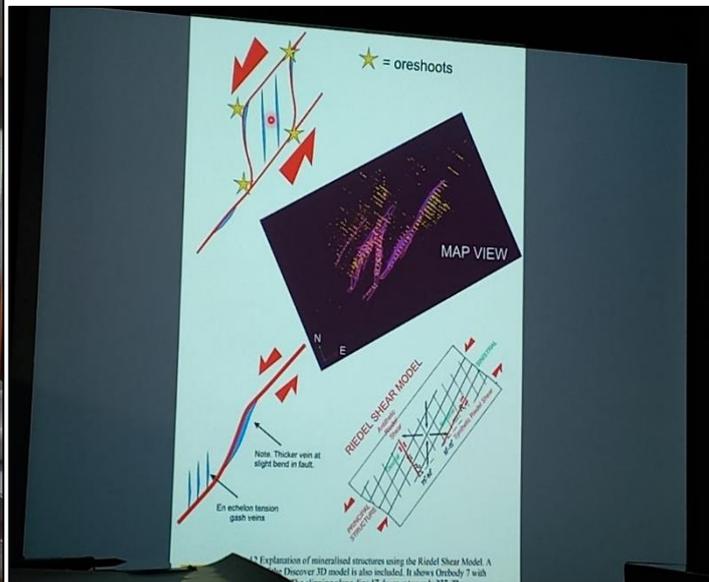
Descripción: Toma de fotografía de la veta rosa en la GL 2269 NV 2650, con escala grafica.

Fotografía 7.



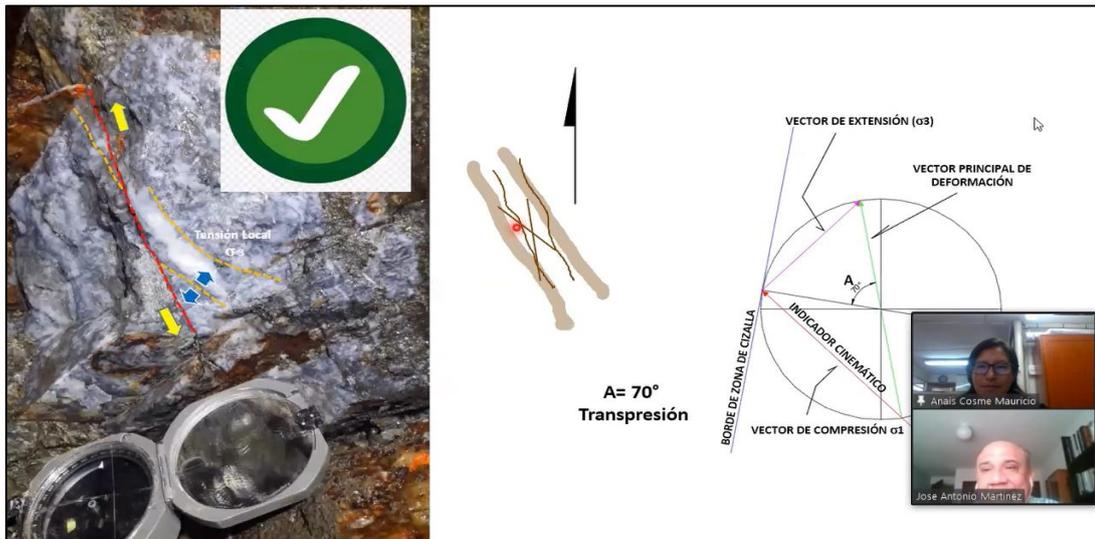
Descripción: Procesamiento de datos estructurales en gabinete.

Fotografía 8.



Descripción: Capacitación dirigida por el Ing. José Antonio Martínez Mendoza, sobre la base de la geometría fractal aplicado en depósitos mineralizados.

Fotografía 9.



Descripción: Revisión de los datos fractales tomados en interior mina, por el Ing. José Antonio Martínez Mendoza, por zoom.

Fotografía 10.



Descripción: El Mg. José Antonio Martínez Mendoza y la Tesista Anais Cosme Mauricio, con una muestra de mano que evidencia rasgos fractales.

ANEXO N°05 Plano topográfico

ANEXO N°06 Plano de ubicación de la zona de estudio

ANEXO N°07 Plano geológico regional del distrito aurífero de Pataz

ANEXO N°08 Plano geológico local