



Universidad Autónoma de San Luis Potosí  
Facultad de Ingeniería  
Centro de Investigación y Estudios de Posgrado

## Control estructural de la mineralización del Distrito Minero de Asientos Aguascalientes.

### T E S I S

Que para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias en Geología Aplicada

Presenta:

Ing. Guillermo Cuellar González

Asesor:

Dr. Margarito Tristán González

Co-Asesor:

Dr. José Ramón Torres Hernández

San Luis Potosí, S. L. P.

Enero de 2016





**UASLP**

Universidad Autónoma  
de San Luis Potosí

15 de enero de 2015

**AL ING. GUILLERMO CUELLAR GONZÁLEZ  
P R E S E N T E.**

En atención a su solicitud de Temario, presentada por los **Dres. Margarito Tristán González y José Ramón Torres Hernández**, Asesor y Co-asesor de la Tesis que desarrollará Usted, con el objeto de obtener el Grado de **Maestro en Ciencias en Geología Aplicada**. Me es grato comunicarle que en la Sesión del H. Consejo Técnico Consultivo celebrada el día 15 de enero del presente, fue aprobado el Temario propuesto:

**TEMARIO:**

**"Control estructural de la mineralización del Distrito Minero de Asientos, Aguascalientes"**

- INTRODUCCIÓN.
1. GEOLOGÍA.
  2. TECTÓNICA.
  3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.
  4. CONTROL ESTRUCTURAL DE LA MINERALIZACIÓN.
- CONCLUSIONES.  
REFERENCIAS.

**"MODOS ET CUNCTARUM RERUM MENSURAS AUDEBO"**

**A T E N T A M E N T E**

**M. I. JORGE ALBERTO PÉREZ GONZÁLEZ**  
**DIRECTOR.**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
SAN LUIS POTOSÍ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIRECCION**



**FACULTAD DE  
INGENIERÍA**

Copia. Archivo  
\*etn.

Av. Manuel Nava 8  
Zona Universitaria - CP 78290  
San Luis Potosí, S.L.P.  
tel. (444) 826 2330 al39  
fax (444) 826 2336  
www.uaslp.mx

## CONTENIDO

	<b>RESUMEN</b>	ix
	<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
	Objetivo.	2
	Antecedentes	3
	Metodología	4
	Localización y vías de acceso	5
	Provincias geológicas	7
	Fisiografía y Geomorfología.	8
<b>1</b>	<b>GEOLOGÍA.</b>	11
1.1	Geología Regional	11
1.2	Geología de la Sierra de Asientos.	16
1.3	Estratigrafía del área de estudio.	18
	A. Terreno Guerrero	18
	Unidad Carbonatada (Ksc).	19
	Flysch de Asientos.	21
	B) Secuencia Volcánica.	23
	Toba Lítica Minerva (Ttm)	23
	Riolita Altamira (Tra).	25
	Ignimbrita Las Manzanillas (Tim).	28
	C) Rocas Intrusivas	31
	Diques Cuarzo-Monzonítico (Tcm)	31
	D) Rocas Metamórficas.	32
	Hornfel (Th).	32
	E) Cuaternario.	32
	Coluvion (Qcl).	32
	Aluvión (Qal).	33
<b>2.</b>	<b>TECTÓNICA</b>	35
2.1	Evolución tectónica mesozoica y cenozoica.	35

<b>3</b>	<b>GEOLOGÍA ESTRUCTURAL</b>	42
3.1	Control estructural regional.	42
3.2	Primer evento (pre-mineral).	42
3.3	Segundo evento (zona de cizalla).	44
3.4	Tercer evento (fallas extensionales y basculamientos).	46
3.5	Bloques estructurales	50
3.5.1	Análisis estructural de los Bloques	52
<b>4</b>	<b>CONTROL ESTRUCTURAL DE LA MINERALIZACIÓN</b>	58
4.1	Reseña histórica	58
4.2	Zonas mineralizadas de la Sierra de Asientos.	60
4.3	Zonas mineralizadas del área de estudio.	61
4.3.1	Zonas Mineralizadas al bajo de la falla MNP. Sistema N45°W	61
	Veta San Matías.	61
	Veta Palmira.	61
	Veta Zuloaga.	61
	Veta El Diablo.	61
	Veta El Ángel.	62
	Veta Santa Clara-Don Federico.	62
	Veta Minerva.	62
	Veta Porvenir	62
	Veta El Orito.	63
	Veta Las Mercedes.	63
	Veta Misterio.	63
	Veta San Jerónimo.	64
	Veta Las Rusias.	65
4.3.2	Vetas al alto de la Falla MNP. Sistema N45°W.	66
	Veta Santa Francisca.	66
4.3.3	Fracturamiento N10°E.	67
4.4	Yacimientos minerales.	67
4.4.1	Edad de la mineralización.	67

4.4.2	Manifestación de vetas en superficie	68
4.4.3	Oxidación (To)	68
4.4.4	Alteraciones (ALT)	69
4.5	Modelo Geológico de la mineralización.	69
4.5.1.	Porvenir-Santa Francisca.	69
4.6	Paragénesis y Zoneamiento	71
	A) Paragénesis	71
	B) Zoneamiento.	73
4.7.	Blancos de exploración.	73
	<b>CONCLUSIONES</b>	74
	<b>REFERENCIAS</b>	

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Localización y vías de acceso al área de estudio (Modificado de Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1999).	06
Figura 2	Mapa de la provincia geológica de la Faja Ignimbrítica Mexicana y localización del área de estudio (Tomado de Ortega-Gutiérrez et al., 1992).	08
Figura 3	Provincias Fisiográficas y área de estudio Lugo-Hubp (1990).	10
Figura 4	Distribución del Terreno Guerrero en la porción occidental de México (Modificado de Campa y Coney, 1983)	12
Figura 5	Mapa que muestra el área de estudio y la localización de las estructuras mayores de la Mesa Central. GT: Graben de Tepehuanes, GR: Graben de Rodeo, LS: Laguna de Santiaguillo, GRCH-O: Graben Río Chico-Otinapa, GA: Graben de Aguascalientes, FVH: Falla Villa Hidalgo, FBV: Falla Buena Vista, FO: Falla El Obraje, FVA: falla Villa de Arriaga, FLP: falla Los Pájaros, GC: graben El Cuarenta, FB: Falla del Bajío, GS: Graben de la Saucedá, GB: Graben de Bledos, GVR: Graben Villa de Reyes, GVA: graben de Villa de Arista, GE: graben de Enramadas, DQ: depresión de La Quemada, SSM: Sierra de San Miguelito, SG: Sierra de Guanajuato, SC: Sierra de Catorce, SS: Sierra de Salinas, RC: Real de Catorce, G: Guanajuato, SLP: San Luis Potosí, SMR: Santa María del Río, SLDP: San Luis de La Paz, ND: Nombre de Dios, SMA: San Miguel de Allende, Q: Querétaro (Modificado de Nieto-Samaniego et al., 2005.	15

Figura 6	Columna estratigráfica compuesta del área de estudio. Tcm: Diques Cuarzo-Monzoníticos	18
Figura 7	Lomeríos donde aflora la Unidad Carbonatada al sur- oriente de la Mina San Jerónimo (vista al norte).	20
Figura 8	Se aprecia un paquete del Flysch de Asientos imbricado sobre sedimentos de la Unidad Carbonatada.	23
Figura 9	Panorámica del Cerro Las Peñitas, donde se aprecian las oleadas piroclásticas de la toba lítica Minerva (Viendo al poniente).	24
Figura 10	Detalle del depósito de la toba lítica Minerva, donde se aprecia la gran cantidad de líticos en la matriz sin soldar (tomada en el Arroyo La Jabonera).	24
Figura 11	Afloramiento de la riolita Altamira, donde se aprecian pliegues dejados por la fluidez intensa desarrollada durante el flujo.	26
Figura 12	Vista panorámica del domo de Altamira, representa la zona de fuente de la riolita Altamira (viendo al norte).	27
Figura 13	Grafica de concordia que muestra la edad de la muestra TAGS-1, de la riolita Altamira, dando una edad de 29.80±0.53 Ma (X=2 461 471.361; Y=800 174.555).	27
Figura 14	Remanente de la ignimbrita Las Manzanillas, en el Cerro Las Manzanillas, afectada por una falla normal.	28
Figura 15	Detalle de la ignimbrita Las Manzanillas, donde se aprecia un lítico rotado por la fluidez de la lava y fiamés de pómez orientados y muy colapsados.	29
Figura 16	Tajo a cielo abierto que muestra el espesor del vitrófido basal de la ignimbrita Las Manzanillas (Viendo hacia el oriente).	30
Figura 17	Grafica de concordia de la muestra TAGS-2, correspondiente a la ignimbrita Las Manzanillas. X= 2 460 693.328; Y= 799 420.569.	30

Figura 18	Se aprecia uno de los dique afloran en la falda poniente del Cerro de Altamira	32
Figura 19	Depósito de gravas en el Arroyo Piedras Negras, donde se ve cubierto por un depósito de ceniza volcánica.	33
Figura 20	Sección esquemática viendo al SE del cinturón orogénico, mostrando al Terreno Guerrero, Mesa Central y Franja de Plata y su relación con volcanismo y mineralización asociada	38
Figura 21	(A). La unidad Carbonatada también fue deformada, originando la imbricación de la secuencia a través de abanicos de fallas inversa. B) deformación de los sedimentos flysch, con desarrollo de foliación intensa y cuarzo de segregación el cual fue plegado.	43
Figura 22	(A). La unidad carbonatada se encuentra imbricada sobre el Flysch de Asientos: B) Sedimentos del Flysch Asientos, con desarrollo de pliegues y cuarzo de segregación.	43
Figura 23	Mapa estructural de la zona de cizalla Porvenir-San Jerónimo, donde se aprecia la zona de extensión principal con alteración intensa (color café) y el sistema de fracturas <i>riedels</i> (N45°W) ocupadas por vetas (en color rojo), indicando el sentido anti-horario. En la porción norte el emplazamiento del domo de Altamira (color rosa).	45
Figura 24	Diagrama de planos y polos del sistema de fallas Porvenir-Minerva-San Jerónimo, donde se muestra el campo de esfuerzo local: B) Diagrama de rosas donde se aprecia el promedio de dirección de inclinación del buzamiento de los planos del sistema de fallas Porvenir-Minerva-San Jerónimo.	46

- Figura 25 A) Afloramiento donde se aprecia la falla normal Minerva la No Pensada, en la porción poniente Cerro Las Cuchillas, poniendo en contacto a la riolita Altamira con sedimentos del TG: B) Plano de falla donde se aprecia un relicto del espejo de falla con las estrías normales de la Falla Minerva la No Pensada, en una afloramiento en la ladera sur del Cerro Las Cuchillas. TG: Terreno Guerrero; Tra: riolita Altamira. 47
- Figura 26 Plano de la falla oblicua a la falla MNP, corresponde a una falla normal oblicua derecha desarrollada en la riolita Altamira con pitch de 57° SE. Exhibe indicadores cinemáticos (estrías, escalones y medias lunas). 48
- Figura 27 A) Basculamientos medidos en las capas de piroclásticos de la toba lítica Minerva (en color negro) indicando basculamiento NNW, y en color azul los planos de foliación de flujo en la riolita Minerva con dirección principal de basculamiento al ENE y NE: B) Diagrama de rosas y densidad de polos con el promedio de dirección de buzamiento de ambas unidades. 49
- Figura 28 A) Grafico del conjunto de planos de foliación de flujo de la riolita Altamira (en azul) y planos de capas de los piroclásticos de la toba lítica Minerva (rojo) para la zona sur del área: B) Diagrama de rosas y densidades que muestra el promedio de dirección de buzamiento al SW de ambas unidades. 49
- Figura 29 Mapa estructural del área estudiada, donde se marcó la separación de bloques localizados al alto de la falla principal en color azul, que cruza el área de norte a sur. Los círculos en color gris, representan los bloques en el alto de la falla. 51

- Figura 30 A) Estereograma que muestra la posición de las capas del flujo piroclástico de la toba lítica Minerva vs foliación de flujo de la riolita Minerva en el Cerro Las Peñitas, indicando una discontinuidad ente el depósito de las unidades B) Diagrama de rosas que presenta el promedio de la dirección de inclinación (NW) del buzamiento de capas de la toba lítica Minerva y foliación de flujo de la riolita Minerva. 54
- Figura 31 Estereograma que muestra la posición de la capa del flujo piroclástico de la toba lítica Minerva vs flujo de la riolita Altamira en el Cerro Las Cuchillas. A) Muestra solo ligera diferencia entre el ángulo de basculamiento entre ambas unidades volcánicas. B) Diagrama de rosas donde se aprecia algunas diferencias entre el promedio de dirección de inclinación en ambas unidades predominando hacia el SE. 55
- Figura 32 Cerro de las Manzanillas indicando la secuencia de depósito de la ignimbrita Las Manzanillas. En el inserto de la esquina inferior izquierda se aprecia el plano de falla. 56
- Figura 33 Estereograma que muestra el doble buzamiento de las unidades ignimbrita Las Manzanillas y riolita Altamira. A) debido al deslizamiento y basculamiento del alto de la falla hacia el NW, la ignimbrita Las Manzanillas adoptó su posición actual. B) El diagrama de rosas confirma, que la ignimbrita Las Manzanillas se depositó sobre un bloque basculado hacia el NW. 57
- Figura 34 (A) Muestra la dirección de máximo esfuerzo, indicando que se trata de una zona de tensión donde el bloque del alto se desliza hacia el NE, en este caso, señalado por el promedio de inclinación en la Figura 34 (B). 65

Figura 35 Muestra mineral que refleja reemplazamiento (Mina Santa Francisca Nivel 2030, Sección 160-N). Se observan fragmentos de rocas del (TG) que están siendo reemplazados por sulfuros de Ag-Pb, cuarzo blanco lechoso y calcita.

67

Figura 36 Modelo geológico estructural propuesto para el Distrito Minero de Asientos. Donde (A) representa el modelo para el yacimiento de la mina El Porvenir, y B) propone el modelo para la Mina Santa Francisca. Tdr=Tra: riolita Altamira; Ttm: toba lítica Minerva; Tcm: dique Cuarzo-Monzonítico; Kfa: Flysch de Asientos; Kcu: Unidad Carbonatada

71

## **AGRADECIMIENTOS.**

Este trabajo se realizó con recursos propios del autor. Por tal motivo, solo queda agradecer a las siguientes personas.

A mis maestros.

Dr. Alfredo Tovar Torres, Margarito Tristán González y José Ramón Torres Hernández

Ing. Guillermo Labarthe Hernández que siempre me brindo su ayuda y su grandiosa amistad a cambio de nada ¡gracias! nunca lo olvidare.

Doy Gracias al Ingeniero Justo Wong Salinas. Director General de Operaciones de Minera FRISCO, por permitirme el acceso a la Compañía minera FRISCO unidad asientos. Área de estudio del presente trabajo. De la misma manera agradezco infinitamente a los ingenieros Gerentes de Operación Marco Antonio Flores, Cesar Augusto Maldonado Sáenz y Mario Aponte Barrera gerente de exploración, todos ellos de Minera FRISCO.

Qué bueno es tener cinco dedos en la mano para contar los amigos que me apoyaron económicamente para la realización de esta investigación; ellos son Dr. José Antonio Pérez Venzor, Ingenieros. José de Jesús Rubio Avilés, Guadalupe Sánchez Canela y Fabiola Martínez Gámez.

Agradezco a los Doctores. Ricardo Saucedo Girón y Yamzul Ernesto Ocampo Díaz por su desinteresado pero muy importante apoyo en la realización de

fechamientos de rocas volcánicas TAGS-1 y TAGS-2 pertenecientes al área de estudio, así como a los estudiantes del área de Ciencias de la Tierra Francisco J. Pérez Aguilar y Karina Narváez por su apoyo en la separación de circones de las muestras mencionadas.

También doy gracias por su apoyo en la elaboración de planos y figuras a los Ingenieros José Luis Motilla Moreno y Guadalupe Sánchez Canela.

## RESUMEN

Al realizar un análisis estructural, en el diseño de vetas de superficie y obras subterráneas en el Distrito Minero de Asientos, con el objetivo de conocer el control de la mineralización y su relación con los procesos volcánicos que se desarrollaron durante la fase extensiva del sistema de cuencas y sierras, que sucedieron en la Mesa Central durante el Terciario, se incluyen las minas productivas de Santa Francisca, Minerva, El Porvenir y San Jerónimo, para conocer el comportamiento geológico en el área de estudio.

El Distrito Minero de Asientos, está formado por una secuencia de rocas carbonatadas, areniscas limolitas y lavas asociadas de afinidad marinas pertenecientes al Terreno Guerrero que fueron intusionadas y cubiertas por rocas piroclásticas y efusivas félsicas emplazadas por estructuras dómicas como Altamira.

La secuencia volcánica y la formación de espacios abiertos se inició con la presencia de una zona de cizalla con una dirección de máximo esfuerzo de  $178^\circ$  que formó en planta un diseño tipo *Riedel* donde posteriormente fueron rellenadas con lavas de composición cuarzo-monzoníticas y minerales de rendimiento económico como Au, Ag, Pb, Zn, y Cu.

Durante la fase extensiva y con un rumbo de  $N10^\circ W$  se desarrolló la falla Minerva La No Pensada (MNP), con deslizamiento hacia el oriente que corta y desplaza la estructura Porvenir-San Jerónimo originalmente formada, hasta alcanzar la posición en la que se encuentra actualmente la Mina Santa Francisca.

El fallamiento y fracturamiento al alto de la falla debido al basculamiento y fragmentación de bloques, reactiva fallas, que afectan el depósito de rocas piroclásticas y efusivas durante el Oligoceno tardío. El fracturamiento premineral que afectan a la zona mineral, no se ven reflejadas en las rocas volcánicas que lo cubren.

La última fase volcánica que representa la ignimbrita Las Manzanillas, cubre y esconde los fallamientos, fracturamientos y alteración hidrotermal que se desarrollaron durante fases anteriores.

## INTRODUCCIÓN

El área de estudio se localiza en la porción nororiente del estado de Aguascalientes, en el municipio de Asientos, formando parte de la Región Minera y Distrito Minero Tepezalá-Asientos, donde la actividad minera se ha desarrollado en periodos de tiempo diferentes desde el tiempo de la Colonia, sobresaliendo las minas de Santa Francisca, El Porvenir, El Orito, Minerva, San Jerónimo y San Pedro, cuya mineralización predominante ha sido de Au, Ag, Pb, Zn y Cu. Los depósitos del Distrito Minero de Asientos son principalmente vetas que se encuentran encajonadas en una secuencia de rocas mesozoicas pertenecientes al Terreno Guerrero (TG), compuesto de una secuencias volcanosedimentarias (capas calcáreas y andesitas, meta-areniscas y filitas). Los paquetes de esta litología están ensamblados tectónicamente formando abanicos imbricados de fallas inversas de bajo ángulo, lo cual ocurrió por el acortamiento de la secuencia durante la orogenia Laramide, ocasionando la acreción del TG sobre el Terreno Sierra Madre (TSM; Campa y Coney, 1983). Toda la secuencia volcanosedimentaria está intrusionada por diques félsicos con orientación predominante NW-SE, con el mismo rumbo del sistema de vetas. Sobre la secuencia sedimentaria marina se encuentran discordantes paquetes de rocas volcánicas terciarias (Oligoceno), de composición riolítica cuyas lavas formaron domos endógenos y exógenos, los cuales formaron coladas extensas que derramaron principalmente al oriente, además de flujos piroclásticos que se encuentran intercalados entre las lavas. El objetivo de este trabajo es el de realizar un análisis estructural del sistema de vetas que forman el depósito mineral de las

minas Santa Francisca, El Porvenir, Minerva, El Orito y San Jerónimo, además de determinar su relación con los eventos volcánicos del área de Asientos. Se analizó el sistema de fallas con componente lateral izquierdo que fueron las causantes de formar los conductos para el emplazamiento de vetas, generando zonas de extensión y juegos de fracturas de cizalla *riedel* a lo largo de sus trazas. Para determinar el control geológico y estructural del área se realizó mapeo a diferentes escalas, en interior mina y superficie, con el fin de coleccionar datos estructurales y plasmarlos en planta y en secciones, tomando en cuenta los indicadores de movimiento para definir la cinemática de las fallas. El análisis estructural a detalle de los bloques que fragmentaron el alto de la falla Minerva-La no Pensada, se analizaron en diagramas estereográficos para determinar la actitud que sufrieron los bloques durante la deformación. El resultado del análisis estructural arrojó que la mineralización en vetas fue controlado por un evento de fallamiento lateral que sucedió después de terminar el evento orogénico laramídico y antes del proceso de extensión tipo Cuencas y Sierras. Las vetas se emplazaron en las zonas de extensión (sigmoides) y en sistemas de fracturas *riedel*. Todo este proceso se desarrolló dentro de la secuencia volcanosedimentaria del TG.

El conocimiento actual de esta configuración estructural permitirá la localización de nuevos blancos de exploración, sobre todo donde las fallas se encuentren cubiertas por las rocas volcánicas.

### **Objetivo.**

Realizar un análisis estructural del sistema de vetas del Distrito Minero de Asientos, que abarque el interior y superficie en las minas de Santa Francisca,

El Porvenir, Minerva, El Orito y San Jerónimo, con el fin de estudiar el mecanismo que controló la mineralización en vetas y su relación con los procesos volcánicos que afectaron el área durante el Terciario.

### **Antecedentes**

Payan-González (1976) realizó una investigación sobre los depósitos de fosforita en la zona del Cerro de San Juan en las inmediaciones del poblado de Tepezalá, Aguascalientes, con el objetivo de definir el potencial y calidad de la fosforita, lo cual no fue muy positivo.

Maldonado-Reyes y Mesa-Serrano (1980) elaboraron un Informe sobre el reconocimiento y muestreo regional en la zona del poblado de Tepezalá donde aflora una secuencia de capas de caliza, con el fin de ver la factibilidad de darle uso para cemento.

Labarthe-Hernández *et al.* (1987) realizaron una cartografía geológica de la Sierra de Asientos, Aguascalientes, con el objetivo de contar con un mapa geológico que sirviera de base para encontrar nuevos blancos de exploración y así de esta manera aumentar reservas minerales. Se cartografió una secuencia de sedimentos terrígenos (areniscas y lutitas) y una secuencia carbonatada ambas de edad mesozoica; además de un paquete de rocas volcánicas efusivas y piroclásticas y diques félsicos del Terciario. Se dio nombres formacionales informales tanto a los sedimentos marinos como a los volcánicos.

Chávez-Polínda *et al.* (1995), realizaron una cartografía geológica con el objetivo de encontrar nuevos blancos de exploración para el área de las minas El Porvenir

y El Orito en el área de Asientos, tratando de localizar la continuidad de ambos cuerpos minerales a profundidad y aumentar las reservas minerales.

Cárdenas-Flores (1997), efectuaron una cuantificación de la calidad de la caliza con la finalidad encontrar la materia prima con suficiente calidad para la fabricación de cemento, concluyendo que la caliza que afloran en el área presentan buena calidad para la instalación de una planta. Actualmente se produce cemento para la compañía cementera Cruz Azul ubicada en el municipio de Tepezalá, Aguascalientes.

Consejo de Recursos Minerales (1997), realizó la cartografía geológica-minera de la Carta Zacatecas F-13-6, escala 1:250 000, dentro de la cual se localiza la zona del Distrito Minero de Tepezalá-Asientos, con el objetivo de definir la estratigrafía, tectónica e inventario geológico-minero de esta región.

Consejo de Recursos Minerales (2000), la cartografió la zona generando la Carta Geológica-Minera y Geoquímica de Rincón de Romos F-13- B 89, escala 1:50 000, donde se localiza el área del Distrito Minero de Tepezalá-Asientos. Su objetivo fue el de contar con un mapa geológico que sirviera como apoyo para la exploración de los yacimientos minerales de la zona.

## **Metodología**

La primera etapa de este trabajo fue la consulta de la información disponible de trabajos realizados en el área de estudio y alrededores, tales como publicaciones científicas, trabajos de tesis, reportes técnicos gubernamentales, libros e informes inéditos.

La siguiente etapa consistió en la digitalización del plano geológico base, a partir las cartas topográficas de INEGI Luis Moya F-13-B79 y Rincón de Romos F-13-B89, escala 1:50000; para esto se utilizaron los programas ArcGIS 9.3, AutoCAD 2014 y CorelDRAW X5.

El trabajo de campo consistió en el levantamiento de la mayoría de los niveles en obras subterráneas de las minas de Santa Francisca, El Porvenir, Orito y Minerva, más los levantamientos de superficie donde se colectaron datos geológicos y estructurales escala 1:500, 1:1000 y 1:10000. Los datos estructurales se trataron con el programa *Stereo32* con el fin de realizar el análisis estructural. Se colectaron muestras de roca de las unidades volcánicas para su fechamiento, el cual se realizó en los laboratorios de la Universidad de Arizona por el método de U/Pb utilizando zircones. El trabajo final consistió en elaboración final de secciones, mapas y manuscrito.

### **Localización y vías de acceso**

El área de estudio se encuentra localizada a 61 km al nororiente de la ciudad de Aguascalientes, limitada por las coordenadas con respecto al meridiano de Greenwich de 102°04'13", 102°07'43" de Longitud Oeste y de 22°12'10" y 12° 15' 25" de Latitud Norte, cubriendo una área de 36 km<sup>2</sup> dentro del municipio de Asientos, Aguascalientes (Figura 1).

El acceso al área se realiza a través de tres carreteras pavimentadas, además de otros caminos vecinales como brechas y terracerías que se pueden transitar en cualquier temporada del año y en tipos de vehículo deferentes e incluso con camiones de varios ejes con capacidad de hasta 40 toneladas o más (Figura 1).

-El acceso principal es partiendo de la ciudad de Aguascalientes, en dirección al norte, por la Carretera Federal No 45 México-Ciudad Juárez, al llegar a la altura del poblado de Rincón de Romos se intersecta con la Carretera Estatal No 22, para después dirigirse en dirección al oriente hasta los poblados de San Antonio, Tepezalá y Asientos (Figura 1).

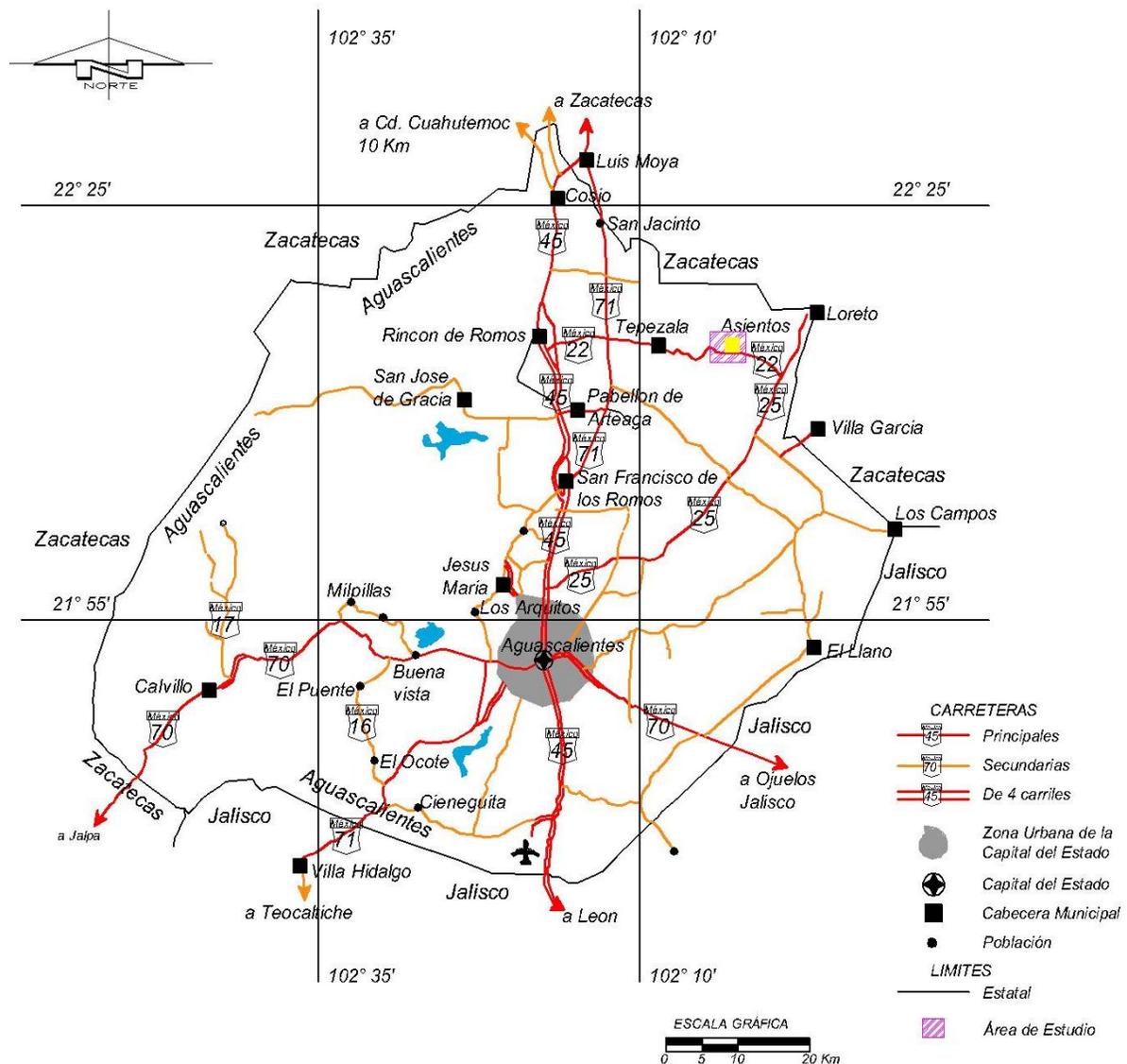


Figura 1. Localización y vías de acceso al área de estudio (Modificado de Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1999).

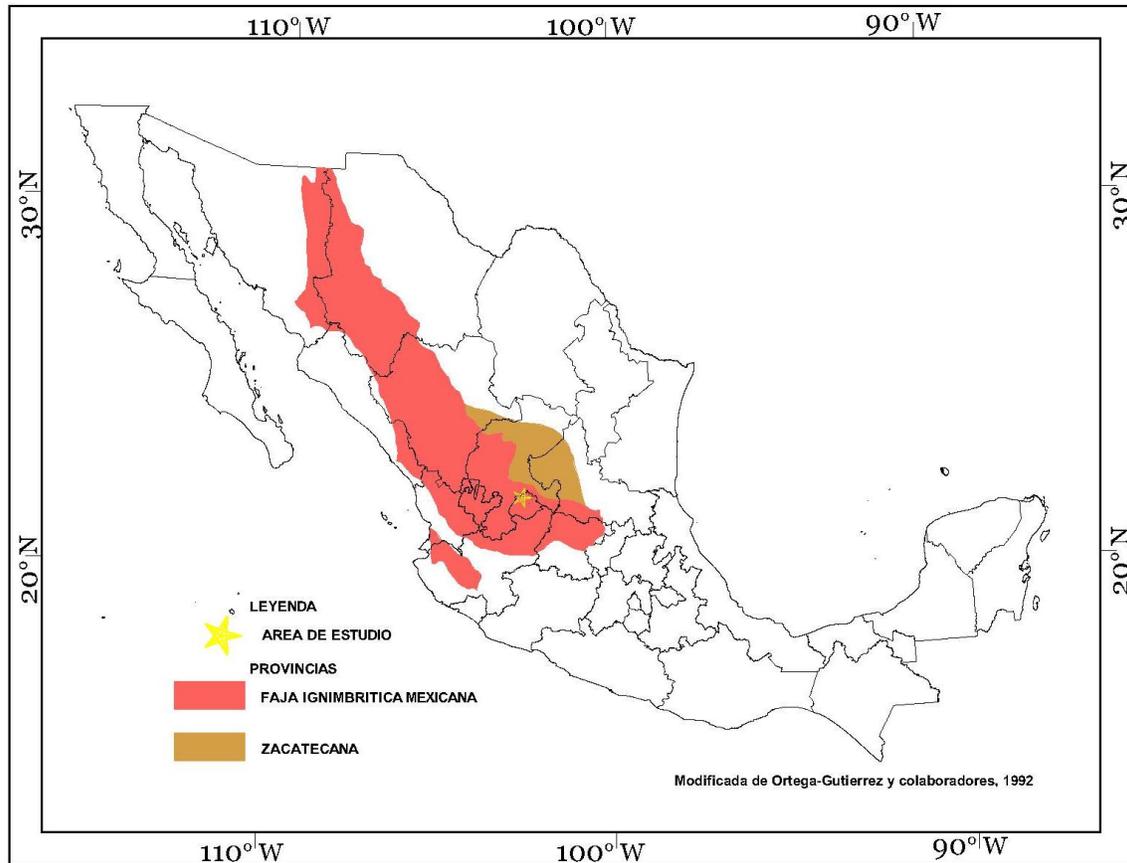
-El segundo acceso principal es partiendo de la ciudad de Aguascalientes de donde se parte al norte por la Carretera Federal No 45 México-Ciudad Juárez, al llegar al entronque con la Carretera Estatal No 25 (km 6.5), se toma hacia el oriente con dirección al poblado de Loreto, Zacatecas, hasta alcanzar el entronque con la Carretera Estatal No 22 a la altura del Poblado de Ciénega Grande, en donde se continua en dirección hacia el poniente, hasta arribar al poblado de Asientos (Figura 1).

-La tercera opción, es partiendo de la ciudad de Aguascalientes en dirección hacia el norte sobre la Carretera Federal No 45 México-Ciudad Juárez, al llegar al kilómetro 15 se toma hacia el oriente para incorporarse a la Carretera Estatal No 71, que comunica al poblado de Luis Moya, Zacatecas. Al llegar a la altura del poblado de San Antonio se intersecta la Carretera Estatal No 22, la cual continua en dirección al oriente hasta alcanzar el poblado de Tepezalá y de esa manera arribar al área de estudio. Esta carretera es de gran importancia debido a que cruza el área de interés en dirección oriente-poniente y comunica a los poblados de Ciénega Grande, Asientos, Tepezalá, San Antonio y Rincón de Romos, con la ciudad de Aguascalientes (Figura 1).

### **Provincias geológicas**

El área de estudio se encuentra localizada al sur-oriente de la provincia geológica de la Faja Ignimbrítica Mexicana (Ortega-Gutiérrez *et al.*, 1992; Figura 2). Provincia Producto del máximo paroxismo ignimbrítico (*Flare Up*), evento que sucedió durante el Paleógeno Medio-Tardío (Henry y Aranda Gómez, 1992), dando origen a la Sierra Madre Occidental de la República Mexicana y parte de la Mesa

Central. Este volcanismo tanto efusivo como explosivo fue principalmente de composición félsica.



**Figura 2. Mapa de la provincia geológica de la Faja Ignimbrítica Mexicana y localización del área de estudio (Tomado de Ortega-Gutiérrez *et al.*, 1992).**

La sierra de Asientos se localiza en el límite de la provincia Zacatecana (Figura 2), en el hombro oriente del Graben de Aguascalientes, que se caracteriza por ser una estructura amplia tipo *horst*, constituida en su base por rocas sedimentarias del Terreno Guerrero e intrusionadas por diques félsicos y cubiertas por un paquete de rocas volcánicas del Terciario.

### **Fisiografía y Geomorfología.**

El área de estudio está ubicada en el borde sur poniente de la Mesa Central (Lugo-Hubp, 1990) y a su vez en el borde oriente de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental (Figura 3).

La altitud de la zona de estudio se levanta desde los 2100 msnm en las partes topográficamente más bajas, hasta alcanzar los 2670 msnm en el Cerro Altamira, el cual adquiere la forma de una pirámide truncada, considerándose una de las montañas más elevadas del estado de Aguascalientes junto con el Cerro San Juan que alcanza los 2540 msnm. Ambos visibles desde cualquier punto en las cercanías al área de estudio.

Los sedimentos marinos del (TG) que afloran en el área están dispuestos en una franja orientada norte-sur y surponiente, formando lomeríos de pendientes suaves y formas redondeadas a excepción de aquellas que presentan alguna combinación con rocas de origen volcánico. Estas geofórmulas se encuentran disectadas por una red de drenaje dendrítico rectangular y un poco radial debido a una estructura semi-circular que presentan los afloramientos, sobre todo en las rocas volcánicas que se encuentra al poniente del área. Los arroyos de Las Pilas y El Tepozán, tienen cauces angostos y ligeramente profundos con gradiente abrupto, sobre todo en las márgenes de estos, vertiendo su escurrimiento laminar hacia el valle de Aguascalientes.

Con base a las características físicas antes mencionadas, se puede definir que esta área se encuentra dentro del ciclo geomorfológico combinado, entre una etapa de madurez en los afloramientos del TG y de juventud en las zonas donde afloran las rocas volcánicas, que se distinguen por escarpes pronunciados y pendientes de gradiente mediano.

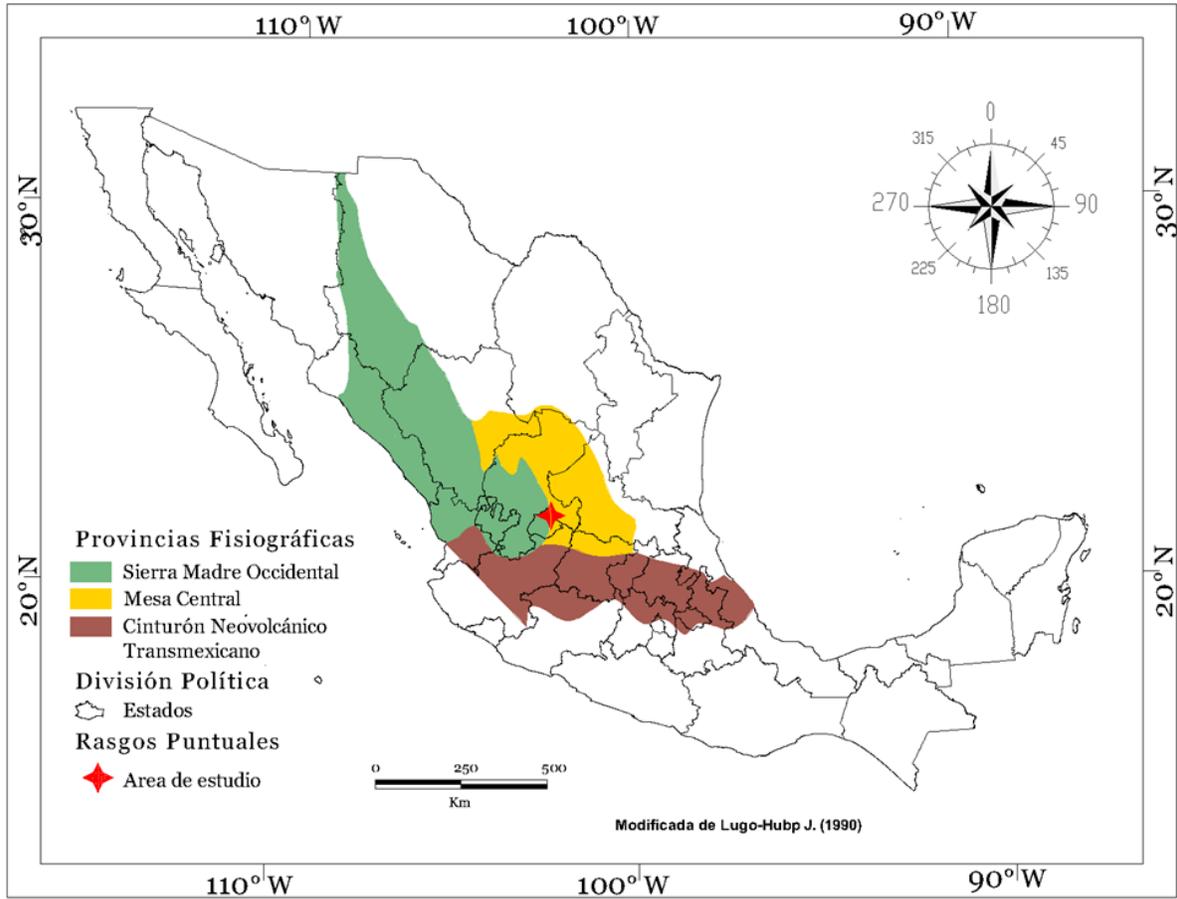


Figura 3. Provincias Fisiográficas y área de estudio Lugo-Hubp (1990).

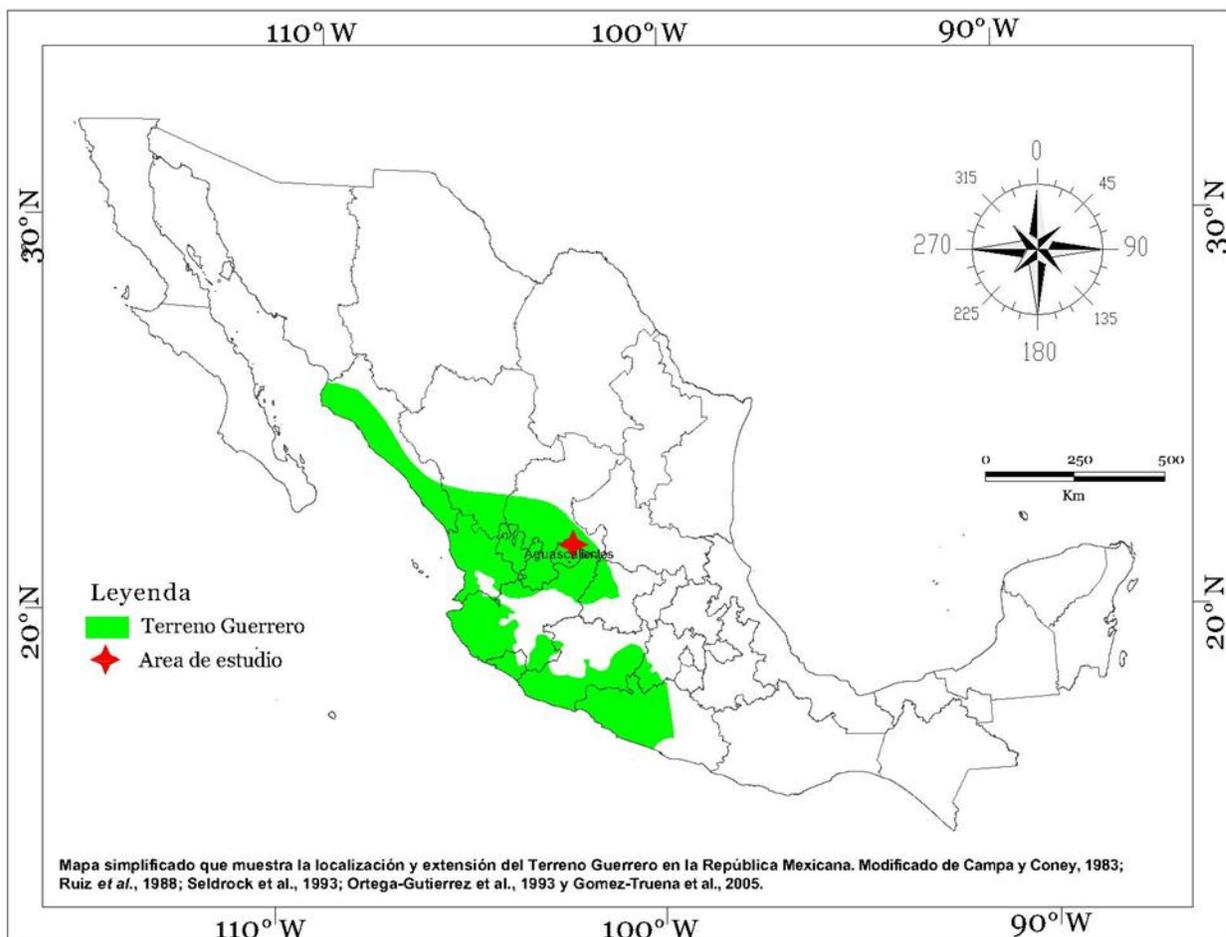
# 1. GEOLOGÍA

## 1.1. Geología Regional

La región donde se encuentra el Distrito Minero de Tepezalá-Asientos, se localiza dentro de la secuencia volcanosedimentaria conocida como Terreno Guerreo (Figura 4), el cual es un terreno acrecionado que se encuentra en gran parte del occidente de México (Campa y Coney, 1983). El TG está caracterizado por vulcanismo submarino y formado a la vez por cinco terrenos, que registran un vasto y complejo proceso relacionado a subducción influenciado por translación con fallamiento. Los cinco terrenos en cuestión son Teloloapan, Guanajuato, Arcelia, Tahue y Zihuatanejo, en este último se encuentra el área de estudio. El Terreno Zihuatanejo fue formado por ensambles de sedimentos pelágicos depositados sobre un piso oceánico y acrecionados al continente a finales del Triásico y Jurásico Temprano (complejo de subducción), los cuales están sobreyacidos discordantemente por ensambles de rocas volcanosedimentarias relacionadas a un arco marino del Jurásico Tardío-Cretácico (Centeno-García *et al.*, 2008).

En esta porción de México estas secuencia se distinguen por estar formadas por intercalaciones de sedimentos carbonatados con rocas volcánicas, principalmente andesitas, intrusionadas por cuerpos gabroicos, como sucede en la zona de Zacatecas, donde se le conoce como Roca Verde, la cual ha sido objeto de numerosos estudios desde Burckhardt (1906). Escalona-Alcázar *et al.* (2009) utilizaron el nombre de Complejo Volcanosedimentario Las Pilas para esas rocas verdes que afloran al norte de la ciudad de Zacatecas. En las inmediaciones de

Fresnillo, Zacatecas se conoce como Formación Chilitos, descrita como un conjunto de lavas almohadilladas y brechas de color verde (Cserna, 1976); en la localidad de la Tesorera, Zacatecas, está constituida por lavas almohadilladas intercaladas con calizas micríticas, fechadas con radiolarios como del Valanginiano-Hauteriviano (Yta *et al.*, 1990 y Yta, 1992). Aranda-Gómez *et al.* (1989), describió estas secuencias en el área de La Tomatina, al poniente de la ciudad de Aguascalientes, en el hombro poniente del Graben de Aguascalientes, donde la fecharon con radiolarios como del Jurásico Tardío.



**Figura 4. Distribución del Terreno Guerrero en la porción occidental de México (Modificado de Campa y Coney, 1983)**

Centeno-García y Silva-Romo (1997), sugirieron que el depósito de las rocas del TG ocurrió en aguas profundas, en un escenario de intra-arco o cuenca tras-arco (*back arc*). Toda la secuencia del TG, fue acrecionada en el Cretácico Tardío al Terreno Sierra Madre por el acortamiento de la orogenia Laramide (Centeno-García y Silva-Romo, 1997).

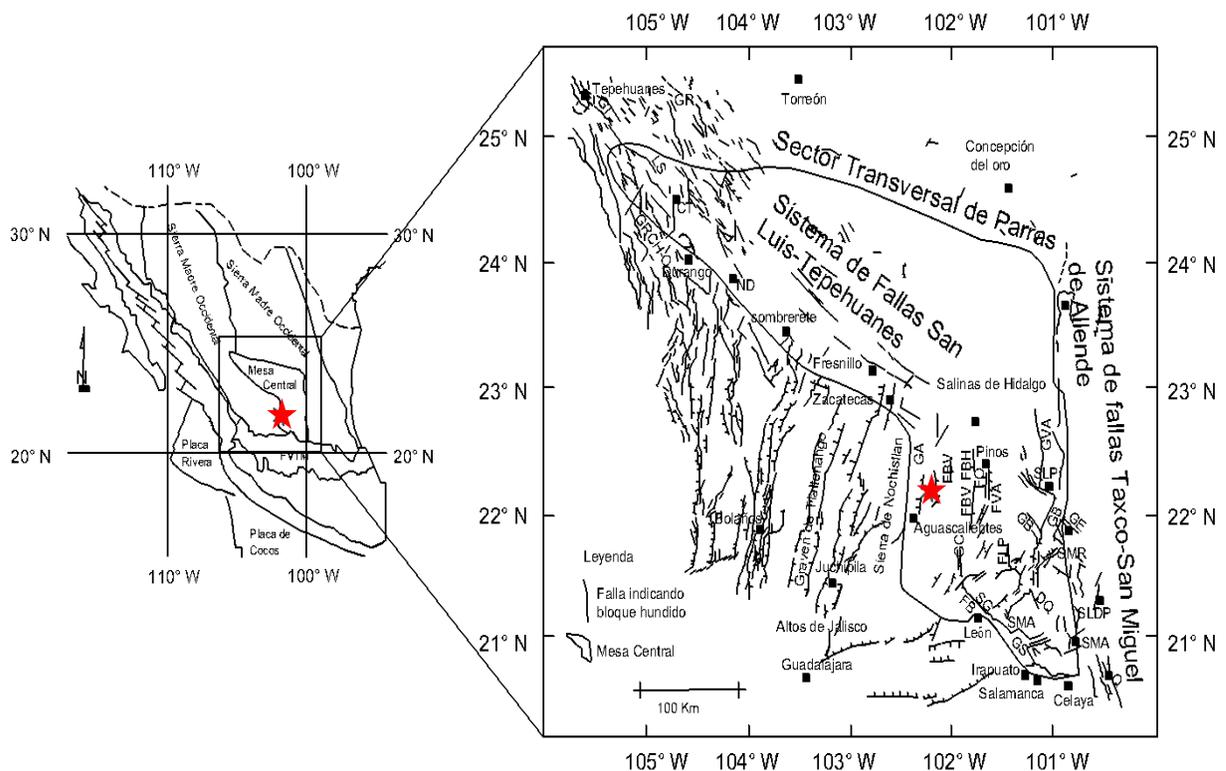
Al final el evento orogénico laramídico en el Terciario Temprano, se ha detectado en la porción suroriental de la Mesa Central, un evento que genero zonas de transpresión y transtensión, originado que núcleos de rocas más antiguas se encuentren ahora exhumadas formando montañas que sobresalen sobre los extensos valles que forman esta porción de México, También se generaron cuencas tipo pull-apart que se aprecian como valles rellenos de sedimentos clásticos (Tristán-González *et al*, 2009). Este evento dio origen a múltiples fallas con componentes laterales que originaron los conductos para las primeras fases de vulcanismo desde el Eoceno medio al Oligoceno temprano y por ende la formación de conductos para el emplazamiento de fluidos hidrotermales que formaron las vetas de los principales distritos mineros de la Mesa Central. Este evento se considera como de transición entre el final de la orogenia Laramide y la formación de la Provincia de Cuencas y Sierras de México (Henry y Aranda Gómez, 1992) que es contemporánea a eventos volcánicos en diferentes periodos de la reactivación de las fallas (Tristán-González, 2008) y como consecuencia de este fallamiento se generaron bloques basculados al NE.

En la porción norte y poniente de la Sierra de Asientos, se tiene registro de la actuación de fallamiento normal, que genero el sistema de fallas San Luis Tepehuanes (SFSLT; Nieto-Samaniego *et al.*, 2005; Loza-Aguirre *et al.*, 2008)

estos lineamientos forman una franja de fallas que abarca el límite norte y sur de la MC y buena parte de su límite occidental. El SFSLT consiste de un sistema de lineamientos de dirección NW-SE que se extiende desde San Luis de La Paz, Guanajuato, hasta Tepehuanes, Durango; con evidencias de actividad durante el Eoceno y Oligoceno y actividad en el Plioceno-Cuaternario solamente en su segmento NW. Su traza coincide burdamente con el límite donde se truncan las secuencias de rocas volcánicas cenozoicas de la Sierra Madre Occidental, con las secuencias volcanosedimentarias mesozoicas, y con el límite norte de los *grabens* que forman la provincia de Cuencas y Sierras meridional (Figura 5). En el SFSLT se pueden reconocer dos segmentos; uno está constituido por la porción oriental que se extiende de San Luis de la Paz, Guanajuato, hasta Salinas de Hidalgo en San Luis Potosí, constituyendo el límite entre las regiones meridional y septentrional de la Mesa Central. Dentro de este segmento, entre San Luis de la Paz y Santa María del Río, se ha cartografiado un sistema formado por numerosas fallas normales con rumbo NW-SE y buzamiento al SW, que en algunos lugares forman fosas tectónicas y desplazan principalmente a rocas del Oligoceno temprano (Labarthe-Hernández y Tristán-González, 1981; Tristán-González, 1986), lo que indica una edad máxima de actividad en el Oligoceno tardío. Otro de los segmentos importantes dentro del SFSLT se localiza en las inmediaciones de la ciudad de Zacatecas, donde se han cartografiado dos sistemas de fallas mayores (Ponce y Clark, 1988; González-Arroyo *et al.*, 1997; Loza-Aguirre *et al.*, 2008; Tristán-González, 2008; Tristán-González *et al.*, 2012).

En el hombro oriental del Graben de Aguascalientes, se encuentran hileras de rocas volcánicas orientadas paralelamente a la falla oriental del graben, que

consisten de domos y piroclásticos de composición félsica y cuerpos plutónicos de granodiorita dentro del cual se emplazaron diques de edad eocénica (Tristán-González *et al.*, 1994; Quevedo-Coronado, 2007; Franzetti, 2009). Dentro de esta franja se encuentran las rocas volcánicas y vetas del Distrito Minero de Asientos, donde se localiza la zona de este estudio. Este distrito se encuentra en un pilar tectónico (horst) entre los *grabens* de Loreto y Aguascalientes.



**Figura 5.** Mapa que muestra el área de estudio y la localización de las estructuras mayores de la Mesa Central. GT: Graben de Tepehuanes, GR: Graben de Rodeo, LS: Laguna de Santiaguillo, GRCH-O: Graben Río Chico-Otinapa, GA: Graben de Aguascalientes, FVH: Falla Villa Hidalgo, FBV: Falla Buena Vista, FO: Falla El Obraje, FVA: falla Villa de Arriaga, FLP: falla Los Pájaros, GC: graben El Cuarenta, FB: Falla del Bajío, GS: Graben de la Sauceda, GB: Graben de Bledos, GVR: Graben Villa de Reyes, GVA: graben de Villa de Arista, GE: graben de Enramadas, DQ: depresión de La Quemada, SSM: Sierra de San Miguelito, SG: Sierra de Guanajuato, SC: Sierra de Catorce, SS: Sierra de Salinas, RC: Real de Catorce, G: Guanajuato, SLP: San Luis Potosí, SMR: Santa María del Río, SLDP: San Luis de La Paz, ND: Nombre de Dios, SMA: San Miguel de Allende, Q: Querétaro (Modificado de Nieto-Samaniego *et al.*, 2005).

## I.2. Geología de la Sierra de Asientos.

La porción de la Sierra de Asientos donde se encuentra el área de estudio, está conformada por una secuencia de rocas marinas mesozoicas perteneciente al Terreno Guerrero (Campa y Coney, 1983) y cubierta por remanentes de rocas volcánicas piroclásticas y efusivas félsicas del Terciario (Figura 6).

Las rocas basales del área del Distrito Minero Tepezalá-Asientos está conformada por rocas mesozoicas que pertenecen al TG, donde se ha determinado que las rocas más antigua pertenece a una secuencia de capas de caliza muy deformadas que se intercalan con horizontes de andesitas (secuencia volcanosedimentaria), que en este trabajo se le ha denominado Secuencia Carbonatada; sus características litológicas son muy parecidas a la reportada por Aranda-Gómez *et al.* (1989), para la localidad de La Tomatina en el hombro occidental del Graben de Aguascalientes donde la fecharon con radiolarios como del Jurásico Tardío. Para esta zona no se han realizado fechamientos por lo que provisionalmente se le sigue considerando como del Cretácico Temprano. En la porción poniente del hombro del Graben de Aguascalientes aflora una secuencia de capas de caliza, la cual presenta un grado deformación menor a la anterior, por lo que provisionalmente se le ha considerado dentro de la Secuencia Carbonatada. Es en esta zona donde se extrae la caliza para el cemento. Otra de la secuencia sobresaliente son los sedimentos tipo *flysch* que se le ha denominado como *Flysch* de Asientos (Tristán-González *et al.*, 1994) formados de capas de meta-arenisca y filita, con cuarzo de segregación plegado y dislocado. En general toda esta secuencia del TG se encuentra formando un abanico de fallas inversas de ángulo bajo, cuyos paquetes se imbrican, lo que hace difícil ubicar e manera más

exacta su posición estratigráfica original. En la zona de Saucedo de Mulatos, Zacatecas, al norte de la Sierra de Asientos, los sedimentos *flysch* que ahí afloran se encuentran subyaciendo a la Secuencia Carbonatada (Tristán-González *et al.*, 1994). (Anexo 5)

Sobre la secuencia volcanosedimentarias del TG, hay evidencias de depósitos clásticos continentales, compuestos de conglomerados y limos que pertenecen a lo que Edward (1955) nombró como Lechos Rojos, semejantes a los que afloran en Guanajuato, Zacatecas y en la zona del Campo Volcánico de San Luis Potosí (Formación Cenicera; Labarthe-Hernández *et al.*, 1982), cuya edad se ha determinada como del Paleoceno-Eoceno temprano. Estos depósitos afloran en la periferia norte del área de estudio, conservado el nombre de Formación Cenicera dado por Labarthe-Hernández *et al.* (1987). La secuencia volcánica de la Sierra de Asientos se inició con erupciones de oleadas piroclásticas (toba lítica Minerva) que abren el conducto para el ascenso de la lava que formaron los domos de la riolita Altamira, cuyos conductos se alinean con el sistema de fallas NW-SE. Otro evento volcánico contemporáneo fue la erupción piroclástica, que en trabajos anteriores se le había nombrado como dacita Cerro de La Cruz y que en este trabajo se renombra como ignimbrita Las Manzanillas, de la que quedan algunos remanentes al oriente de la Mina Santa Francisca. Las últimas erupciones piroclásticas que han quedado como remanentes en forma de mesetas corresponde a flujos piroclásticos con alto grado de soldamiento, muy semejantes a la ignimbrita Panalillo Superior que afloran en los campos volcánicos de San Luis Potosí y Guanajuato (Labarthe-Hernández *et al.*, 1982). También en el área afloran una serie de diques cuarzo-monzoníticos y riolíticos, estos últimos aprovecharon las

fallas principales y fracturas *riedels* para emplazarse. Los diques más jóvenes que atraviesan a las rocas del TG, como a las rocas volcánicas, son diques riolíticos.

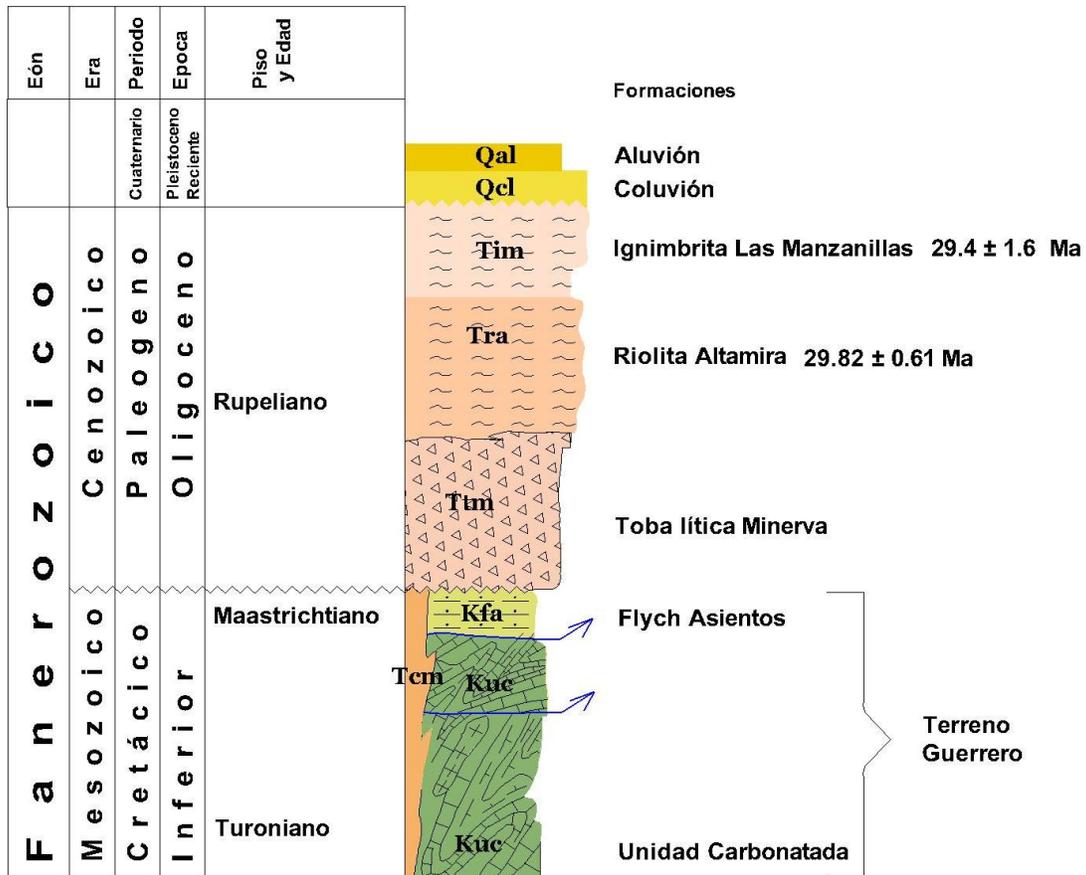


Figura 6. Columna estratigráfica compuesta del área de estudio. Tcm: Diques Cuarzo-Monzoníticos

### I.3. Estratigrafía del área de estudio.

#### A. Terreno Guerrero

La secuencia de rocas marinas que afloran en el área de estudio, corresponde a un ensamble tectónico formado de paquetes de rocas carbonatadas y sedimentos tipo *flysch*, por lo que se describen de forma separada (Figura 6).

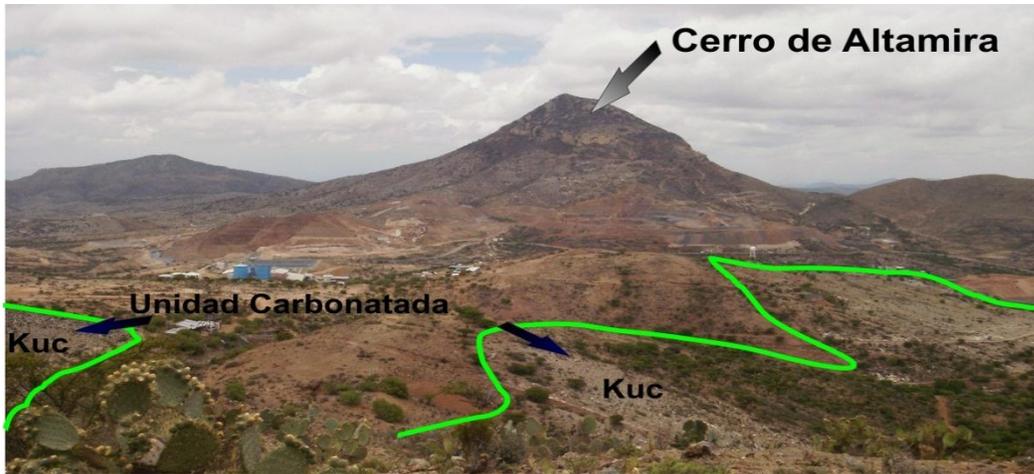
### *Unidad Carbonatada (Ksc).*

En este trabajo se nombra a la secuencia compuesta de capas de caliza como Unidad Carbonatada. En el trabajo de Labarthe-Hernández *et al.* (1987), se le dieron nombres formacionales tomados de la nomenclatura de la secuencia estratigráfica de la Cuenca Mesozoica del Centro de México, esto solo por su semejanza litológica, nombrando a la secuencia carbonatada como Formación Indidura y a la secuencia *flysch* como Formación Caracol.

La Unidad Carbonatada se encuentra aflorando una faja angosta en dirección norte sur, aflorando principalmente en el extremo poniente del área de estudio, al lado norte y sur oriente del Cerro Altamira, en el Cerro de Fátima, en los lomeríos donde se encuentra ubicada las minas del Orito y San Jerónimo (Figura 7) y en las de Minerva, El Socorro, Palmira, al oriente de La no Pensada, en el Cerro Varas Amarillas y en la zona que abarca el parteaguas del Arroyo Las Pilas.

De la cima a la base se presenta como una secuencia de capas de caliza de color gris claro a gris oscuro en bancos de hasta 1.0 m de espesor, los cuales disminuyen hacia la base a estratos de 5-20 cm con intercalación de algunas brechas calcáreas, observándose también intercalaciones esporádicas de estratos que varían de 3-10 cm de limolita y caliza arcillosa, de color gris claro. Además, presentan algunas laminaciones de limolita de color violáceo. En las obras subterráneas estas calizas adquieren un color de gris oscuro a negro. La presencia de algunos horizontes de jaspes da la apariencia de capas de pedernal de color oscuro o rojizo. En algunas ocasiones se ha podido observar en varias minas que estos paquetes tienen espesores de hasta 30 m o más. Es notoria la

presencia de juegos de vetillas de calcita de segregación que se cruzan en las capas de caliza



**Figura 7. Lomeríos donde aflora la Unidad Carbonatada al sur-orienté de la Mina San Jerónimo (vista al norte).**

En la mayor parte del área, el color predominante de las capas de caliza es de gris claro a café violáceo, que se intercalan con horizontes de derrames lávicos de composición andesítica y riolítica. La tonalidad de las andesitas es de color verde oscuro y de color café claro a verde olivo cuando son riolitas. Los horizontes de andesita están dispuestos en forma de escamas o almendras concordantes a la estratificación presentando una estructura lajosa, con longitud y espesor variable, encontrándose separados en algunas ocasiones por fallas inversas de bajo ángulo. Los cuerpos granitoides presentan color gris claro a verde olivo cuando están cloritizados. Al inicio de la rampa negativa, tabla izquierda que conduce al Rebaje 2087 de la Mina Santa Francisca se parecían muy compactos.

La presencia de cuerpos andesíticos y granitoides concordantes a las capas de los sedimentos marinos, se pueden localizar a cualquier nivel dentro de las minas del

área de estudio, mostrando forma y tamaño muy irregular, encontrando sedimentos marinos aun dentro de los cuerpos andesíticos.

Se correlaciona con la Formación Chilitos que aflora en el Distrito Minero de Fresnillo, Zacatecas (Cserna, 1976) con los sedimentos marinos del complejo basal localizados en el Cerro La Tomatina y El Cabrito al poniente de la ciudad de Aguascalientes (Aranda-Gómez *et al.*, 1989).

Se encuentra subyaciendo a los derrames volcánicos del Terciario y a sedimentos cuaternarios. El contacto inferior de esta unidad no se observan en el área. Sin embargo, la presencia de fallas inversas múltiples es muy frecuente, haciendo más difícil calcular su espesor debido a la repetición de espesores. En base al contenido de radiolarios para el área de la Tomatina, donde Aranda-Gómez *et al.* (1989) le asignaron una edad Jurásico Tardío-Cretácico Temprano, en esta localidad se le asigna tentativamente esa edad.

#### *Flysch de Asientos.*

En la primera cartografía realizada por Labarthe-Hernández *et al.* (1987), le dieron el nombre a estas rocas como Formación Caracol, solo por su semejanza litológica con los sedimentos *flysch* que afloran en la Cuenca Mesozoica del Centro de México. Tristán-González *et al.* (1994) le dieron el nombre de *Flysch* de Asientos y la describieron como una secuencia de meta-areniscas y filitas, cruzadas por lentes abundante cuarzo de segregación deformado. Estos sedimentos afloran en la porción oriental del hombro del Graben de Aguascalientes y en la localidad de la Saucedá de Mulatos al norte de Asientos, donde se encuentra subyaciendo a un paquete de rocas carbonatadas.

Dentro del área de interés, esta unidad aflora en el lado norte y surponiente del Cerro Altamira y en los lomeríos donde se encuentra ubicada la Mina El Orito y en la porción sur de los cerros Los Pelones, Lomas El Azafrán y en la zona que abarca el parteaguas del Arroyo Las Pilas.

En general este depósito es una secuencia de capas de arenisca (meta-areniscas) de color café verdoso de grano fino a medio, cuyos componentes principales son fragmentos redondeados de cuarzo, feldespato y hojuelas de micas de color blanco (muscovita) y esporádicos cristales de pirita levemente oxidados. El grueso de los estratos es de 5 a 20 cm que se intercalan con filitas de tacto graso y algunos lentes de caliza de color gris claro (Figura 8). Estas rocas se encuentran afectadas por metamorfismo de bajo grado, donde se aprecia esquistosidad simple y bastones de cuarzo de color blanco lechoso formados por segregación debido a metamorfismo dinámico durante el proceso de deformación de acortamiento.

El contacto inferior de esta unidad no se observan en el área, debido a las múltiples imbricaciones que se presentan en la secuencia. Los contactos por falla inversa, algunas veces están brechados (cataclasitas), debido a fallamiento inverso.

El *flysch* de Asientos se encuentra subyaciendo a los derrames volcánicos del Terciario y a sedimentos cuaternarios.

Las obras mineras subterráneas y el área del tajo abierto El Porvenir, se han desarrollado en esta unidad.



**Figura 8. Se aprecia un paquete del *Flysch* de Asientos imbricado sobre sedimentos de la Unidad Carbonatada.**

B) Secuencia Volcánica.

*Toba Lítica Minerva (Ttm)*

A este depósito se dio el nombre informal de toba lítica Minerva (Labarthe-Hernández *et al.*, 1987) y representa el inicio de la actividad volcánica de la zona de la Sierra de Asientos. Aflora principalmente en el Cerro Las Peñitas (Figura 9), al oriente de la Mina Minerva, en el bloque del alto de la falla Santa Francisca, en una franja de 8 m de espesor en la ladera norte del cerro de Las Cuchillas y en el lecho del Arroyo La Jabonera justo a unas decenas de metros al alto de la falla Minerva-La No Pensada.

Se trata de un depósito de ceniza de color crema que intemperiza en café amarillento, con líticos abundantes subredondeados a angulosos de rocas sedimentarias y volcánicas de color café (Figura 10), con escasos fenocristales de

cuarzo y sanidino (1 a 2 %), en una matriz de ceniza vítrea con pómez sin colapsar. Se trata de un flujo piroclástico sin soldar, en algunos sitios se encuentra silicificado con fracturamiento paralelo al rumbo de la falla de Santa Francisca. Se trata de una secuencia de flujos y oleadas piroclásticas sin soldar.



**Figura 9. Panorámica del Cerro Las Peñitas, donde se aprecian las oleadas piroclásticas de la toba lítica Minerva (Viendo al poniente).**



**Figura 10. Detalle del depósito de la toba lítica Minerva, donde se aprecia la gran cantidad de líticos en la matriz sin soldar (tomada en el Arroyo La Jabonera).**

Descansa discordante sobre los sedimentos marinos del TG y subyace a los derrames de la riolita Altamira.

En base a la sección medida, utilizando como apoyo el corte de barrenos de exploración con recuperación de núcleos, se determinó un espesor de 190 m.

*Riolita Altamira (Tra).*  
(29.80±0.53 Ma).

Originalmente descrita por Labarthe-Hernández *et al.* (1978), con el nombre de riolita San Miguelito, esto por su parecido litológico con las lavas de los domos riolíticos que afloran en el campo Volcánico de San Luis Potosí. En este trabajo considerando que esas rocas volcánicas se encuentran lejanas a la zona de Asientos; en este trabajo se propone el nombre informal de riolita Altamira.

Su afloramiento tipo se encuentra en el Cerro de Altamira donde se considera su fuente y cuyos flujos derramaron principalmente hacia el oriente formando amplios lóbulos.

El flujo en su parte basal consiste de una roca de color rojo ladrillo a gris claro y gris oscuro, de textura porfirítica muy fluidal, con 10 a 20% de fenocristales de 2 a 4 mm de sanidino y cuarzo, en una matriz desvitrificada, con magnetita diseminada parcialmente alterada a hematita. El sanidino se presenta euhedral y el cuarzo subhedral a anhedral. Es frecuente observarle esferolitas en las márgenes del domo de Altamira y en las bases de los flujos.

Se determinaron zonas de posible fuente por donde fue emitida esta lava, además de la del cerro de Altamira se localiza otra en el área de Santa Francisca, al sur de la zona de transformadores, donde se aprecia un vitrófido brechoide, con

fluidez vertical, con franjas desvitrificadas, abundantes depósitos de calcedonia en fracturas, huecos y depósito de fase de vapor, con litofisas rellenas de calcedonia. Las coladas de la riolita Altamira cubrieron una topografía irregular adaptándose a la paleotopografía, en cuya base se desarrolló un vitrófido de color negro, el cual se encuentra de forma irregular y aspecto brechoide. En los derrames superiores presenta planos de fluidez abundantes (Figura 11) se observan algunas superficies antiguas de erosión sin vitrófido entre la separación de cada flujo. En algunos lugares la riolita Altamira se presenta silicificada y decolorada, algunas veces con óxidos de hierro y calcita en fracturas.

Dentro del área de estudio, se encuentran el Cerro de Altamira (Figuras 12 y 7) que representa la estructura dómica más importante del área, formando un domo de tipo exógeno en la Sierra de Asientos, del cual se desprende una serie de diques félsicos que forman el sistema mineralizado Minerva-El Orito (Figura 7).



**Figura 11. Afloramiento de la riolita Altamira, donde se aprecian pliegues dejados por la fluidez intensa desarrollada durante el flujo.**

El espesor de la riolita Altamira varía de 220 a 200 m y en la parte sur de la Mina Santa Francisca tiene 200 m. Sobreyace a la toba lítica Minerva, con un vitrófido irregular de 2 m de espesor. Subyace a la ignimbrita Las Manzanillas.



Figura 12. Vista panorámica del domo de Altamira, representa la zona de fuente de la riolita Altamira (viendo al norte).

Se realizó un fechamiento sobre circones, los resultados en la Figura 13.

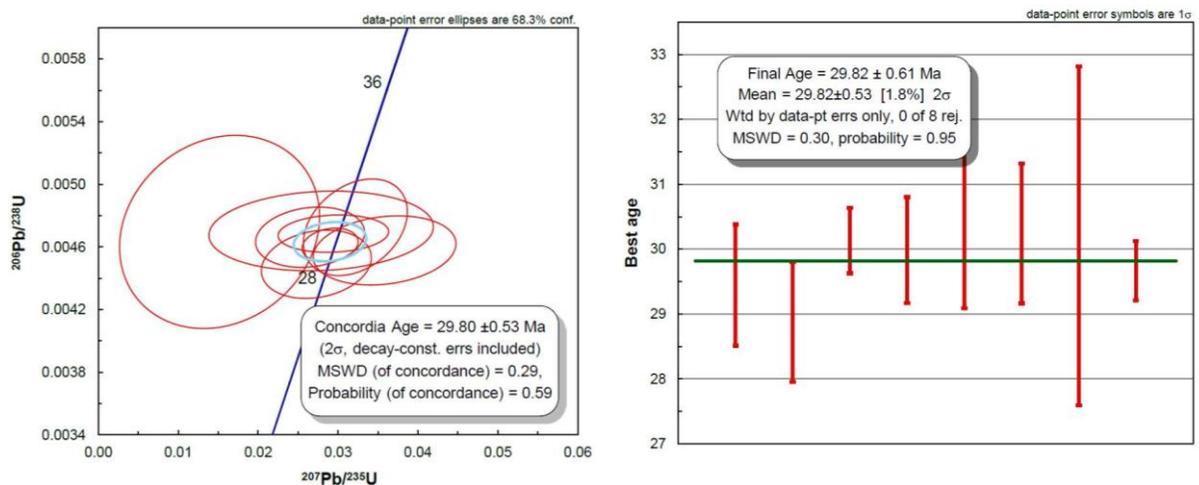


Figura 13. Grafica de concordia que muestra la edad de la muestra TAGS-1, de la riolita Altamira, dando una edad de  $29.80 \pm 0.53$  Ma ( $X=2\ 461\ 471.361$ ;  $Y=800\ 174.555$ ).

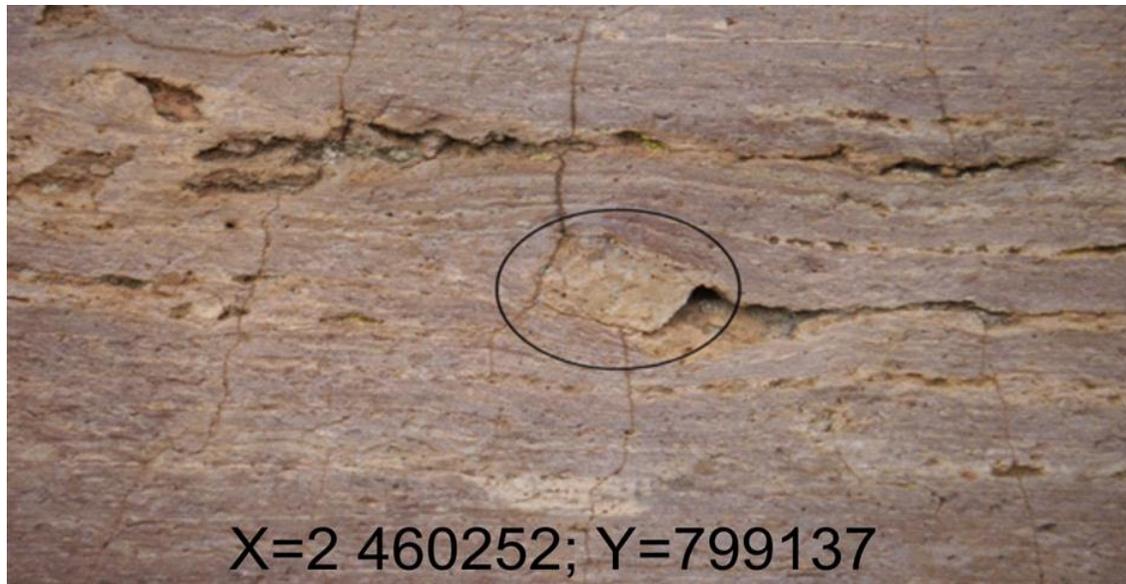
*Ignimbrita Las Manzanillas (Tim).*  
(29.4±1.6 Ma)

Descrita informalmente como dacita Cerro de La Cruz por Labarthe-Hernández *et al.* (1987) en la cartografía geológica del Distrito Minero de Asientos. En este trabajo esta unidad aflora con mayor detalle en el Cerro Las Manzanillas, por lo que se prefirió usar este nombre local. Esta localidad se encuentra inmediatamente al sur de la presa de jales de la Unidad Minera FRISCO. Su afloramiento principal es en el Cerro Las Manzanillas (Figura 14), donde corona la parte alta de los cerros, sobre todo hacia el oriente hasta llegar al Cerro de La Cruz.



**Figura 14. Remanente de la ignimbrita Las Manzanillas, en el Cerro Las Manzanillas, afectada por una falla normal.**

Se trata de una roca de color café oscuro a violeta con 15% de fenocristales pequeños de 1 a 3 mm de sanidino euhedral y escaso cuarzo anhedral, en matriz desvitrificada, muy fluidal mostrando líticos arrastrados dentro de ella, por lo que se puede considerar como una ignimbrita de alto grado (Figura 15).



**Figura 15. Detalle de la ignimbrita Las Manzanillas, donde se aprecia un lítico rotado por la fluidez de la lava y *fiamés* de pómez orientados y muy colapsados**

También se observan vesículas sub-esféricas y pómez abundante bien colapsada formando una estructura de *fiamé*.

La base de esta ignimbrita es un vitrófido de color negro. En el afloramiento del oriente del área de la Mina Santa Francisca, cubre discordante a la riolita Altamira, sobre una superficie de erosión antigua, constituida por fragmentos angulosos mal clasificados de la riolita Altamira y de vitrófido color negro y verde en matriz de color rojo ladrillo arcillo-arenosa y poco consolidada. Su vitrófido basal ha sido descubierto por el minado a tajo abierto (Figura 16).

El espesor aproximado es de 75 m en el área del Cerro Las Manzanillas.

En el área de estudio, esta unidad representa la última actividad volcánica. Sobreyace a los flujos de la riolita Altamira

La edad de esta roca fue fechada en base a circones en la Universidad de Arizona, por el método U-Pb, la cual dio  $29.3 \pm 1.6$  Ma (Figura 17).



Figura 16. Tajo a cielo abierto que muestra el espesor del vitrífico basal de la ignimbrita Las Manzanillas (Viendo hacia el oriente).

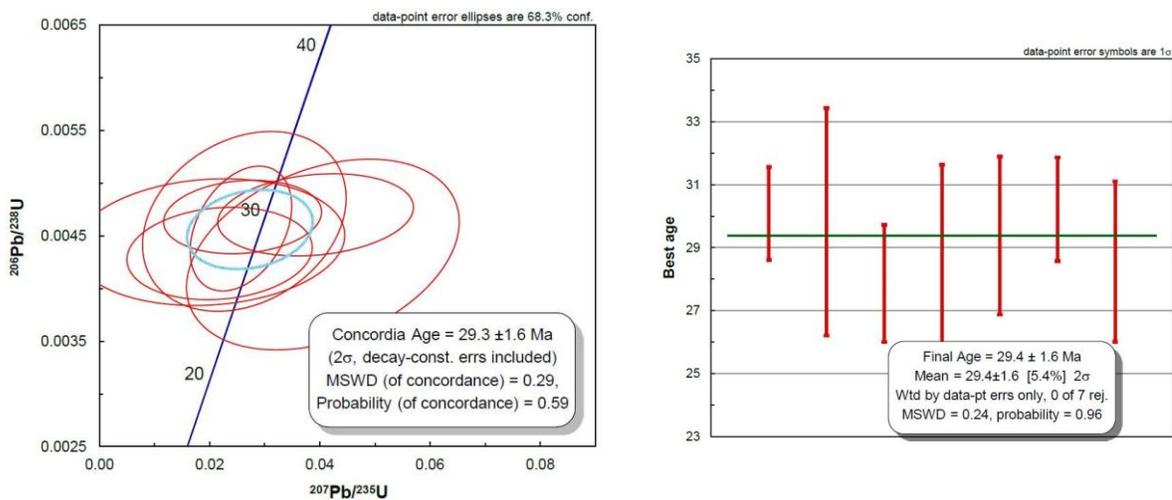


Figura 17. Grafica de concordia de la muestra TAGS-2, correspondiente a la ignimbrita Las Manzanillas. X= 2 460 693.328; Y= 799 420.569.

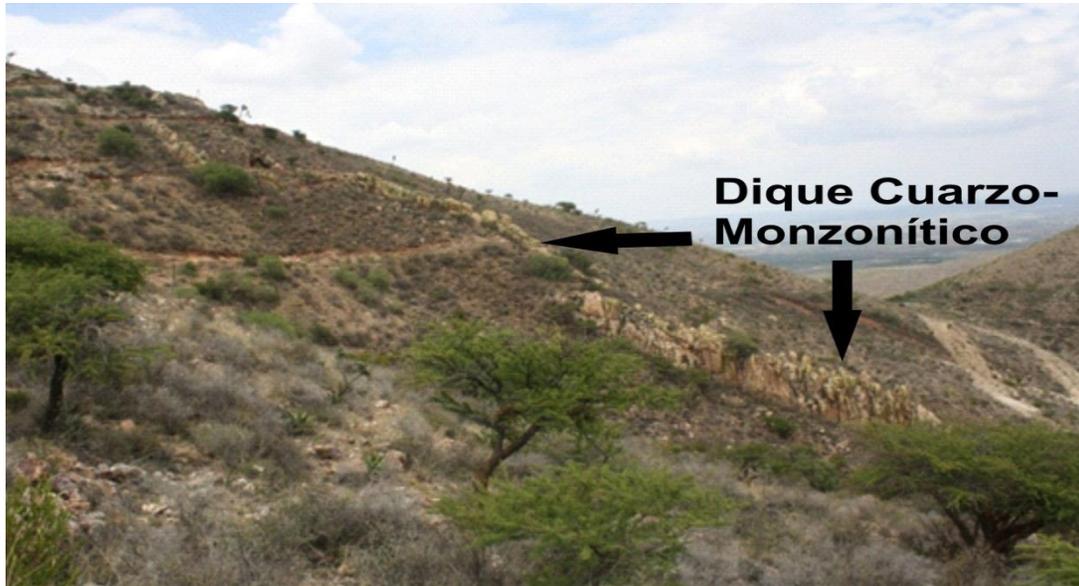
## C) Rocas Intrusivas

### *Diques Cuarzo-Monzonítico (Tcm)*

En el área de estudio, desde las minas San Jerónimo hasta Minerva, se presenta un enjambre de diques con arreglo en *echelón* de rumbo N50°W, de composición granodirítica y cuarzo-monzonítica (Figura 18). Se describen como una roca de color gris claro que intemperiza a amarillento, con textura holocristalina, inequigranular, seriada, con cristales de 0.5 a 2 mm de plagioclasa seritizada, cuarzo, biotita alterada a clorita y esfena, ortoclasa ligeramente seritizada, algo de epidota y minerales opacos (Labarthe-Hernández *et al.*, 1987). Algunos de estos diques están muy silicificados con foliación de flujo casi vertical, varían de 1 a 10 m de espesor.

En interior mina es común encontrar estos diques dentro del cuerpo mineral, otros diques que al parecer son de última generación cruzan al cuerpo mineral tal como sucede en el nivel 3+43 sección 725 y 550 N, al sur de la Mina Porvenir y en Santa Francisca en el área de Pilares del nivel 2070; entre las secciones 270 y 300-N. cuando aparece al alto del cuerpo mineral para salir de este hacia el alto con un rumbo de N45°W. También se encuentran alejados de los cuerpos minerales, tal como se observa cuando corta de forma perpendicular al crucero de conexión entre las minas El Porvenir y Minerva.

Se observa que parte del enjambre de diques cuarzo-monzoníticos que parten del Cerro de Altamira hacia el sur, forman parte del mismo conducto alimentador que dio origen al domo de Altamira (Figura 18).



**Figura 18.** Se aprecia uno de los dique afloran en la falda poniente del Cerro de Altamira

D) Rocas Metamórficas.

*Hornfel (Th).*

Se le da el nombre de *hornfel* a la transición de una silicificación cuando se conserva la estratificación original, pero algunas veces se pierde, este fenómeno sucede sobre todo en rocas marinas del (TG), presentándose como una roca de color gris oscuro a gris verdoso que intemperiza a un color café claro

E) Cuaternario.

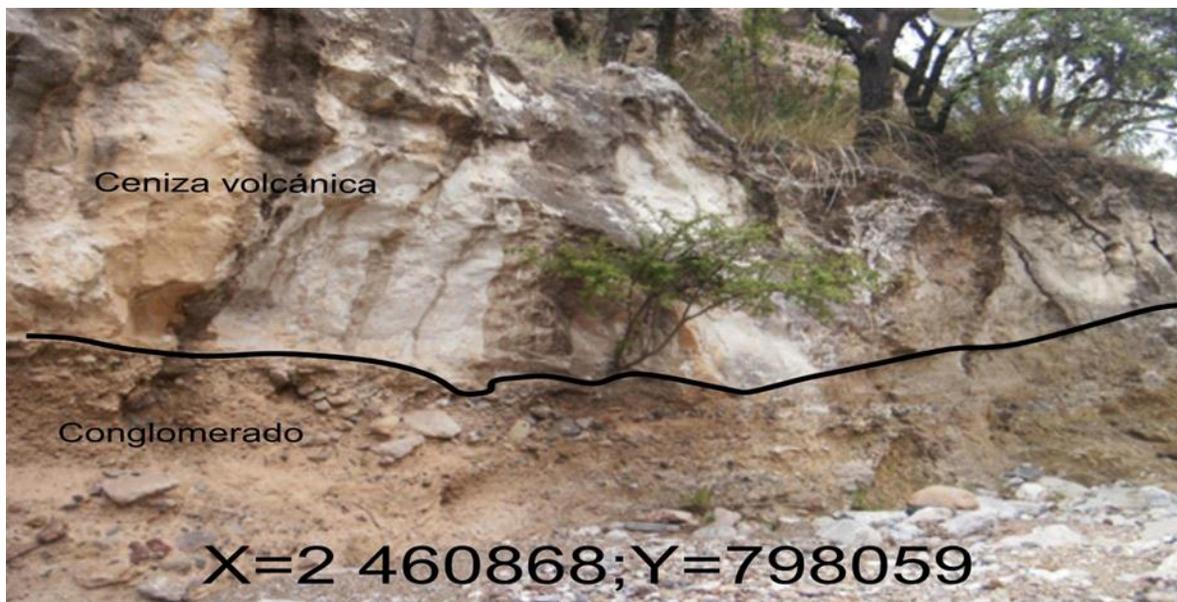
*Coluvion (Qcl).*

Se describe a estos depósitos como aquellos fragmentos de rocas de tamaño variado que se han depositado en las laderas de los cerros por efecto de la gravedad y aquellos materiales que no han tenido un transporte significativo, se encuentra por lo general sin consolidar, están formados por las rocas del macizo

rocoso de donde fueron desprendidos. El afloramiento más extenso, se localiza inmediatamente al norte del poblado de Asientos.

Aluvión (Qal).

Son aquellos depósitos que rellenan las depresiones y valles, así como capas delgadas que cubren lomeríos. Además, de aquellos que se encuentran formando terrazas en las márgenes de los causes, sobre todo en las márgenes del Arroyo Piedras Negras (Figura 19), donde se aprecia constituido por gravas subredondeadas y mal clasificadas, de fragmentos constituidos por caliza, arena y arcillas intercaladas con cenizas volcánicas



**Figura 19. Depósito de gravas en el Arroyo Piedras Negras, donde se ve cubierto por un depósito de ceniza volcánica.**

Los espesores de estos depósitos varían de 1-6 m y se localizan preservadas en depresiones angostas y profundas, mezclados con material mal clasificado sin

presentar alguna coherencia entre los materiales que lo constituyen, formando el material donde se desarrolla la cubierta vegetal.

En el pozo *robbins* de la Mina Santa Francisca, Sección 285-N, registró en su corte litológico un espesor de 80 m, deduciendo que este tipo de material rellenó un terreno muy irregular.

## 2. TECTÓNICA

### 2.1. Evolución tectónica mesozoica y cenozoica.

Producto de varios ciclos de congregación, disgregación de continentes y una influencia profunda en la evolución de la corteza terrestre, atmosfera, clima y vida durante millones de años, las 20 placas que forman la litosfera, se movieron lateralmente unas contra otras a menos de 10 cm por año, cabalgando sobre una litosfera plástica y caliente del manto terrestre. Después de seis eventos de formación y rompimiento de continentes, el escenario tectónico que representa la conformación de México está formado por una gama de provincias geológicas.

Con una superficie 2 000 000 de km<sup>2</sup>, la República Mexicana contiene el 80% de las provincias geológicas, que pertenecen a unidades litoestratigráficas que abarcan desde el Mesozoico al Cenozoico, el 7% pertenecen a rocas que representan al Precámbrico (Proterozoico Tardío; Ortega-Gutiérrez *et al.*, 1992) y el resto a otras. De acuerdo a estas cifras, se deduce que la geología expuesta en México, está formada en su mayoría por rocas jóvenes de 225 Ma (Ortega-Gutiérrez *et al.*, 1992), particularmente mesozoicas, cenozoicas y recientes.

Durante el Jurásico Tardío el mar pre-Pacífico inundó áreas bajas, extensas y planas de un complejo ígneo y/o metamórfico, constituido por gneises, esquistos, rocas meta volcánicas y cristalinas, formando un conjunto de rocas de edad precámbrica (Greenvillianas), donde por debajo de ellas no existen rocas sedimentarias (López-Ramos, 1974), encontrándose también bloques de rocas metamórficas de edad Paleozoico Temprano, Triásico y Jurásico (López-Ramos, 1974).

El conjunto de bloques que constituyen el basamento se encuentran limitados por diferentes tipos de fallas, formando un mosaico muy diverso de rocas que se encuentran dispuestos de una manera caótica (Eguiluz De *et al.*, 2000), que fueron previamente deformados, transportados y agrupados por orogenias anteriores (Anderson y Schmidt, 1983), consolidándose como un bloque continental a finales del Pérmico al Triásico Temprano (Barboza-Gudiño *et al.*, 1998), donde a partir del Calloviano-Oxfordiano y debido a una transgresión marina, fueron nuevamente inundados a consecuencia de la ruptura central del Océano Atlántico (Coney y Campa, 1984), que se asoció a la evolución de la margen pasiva o apertura del Golfo de México (Barboza-Gudiño *et al.*, 1998), donde se depositaron sedimentos en la cuenca del antepaís, primero evaporitas, terrígenos y carbonatos para formar la secuencia sedimentaria de la cuenca Mesozoica del Centro de México (Carrillo-Bravo, 1982), con un espesor de más de 5000 m y una edad que abarca desde el Triásico Tardío a finales del Cretácico (Carrillo-Bravo 1982).

La destrucción de la placa Farallón, producida por el descenso una fría y densa corteza oceánica, por debajo del flanco poniente de un arco continental más rígido llamado Pangea, ocurrió durante el Cretácico Tardío-Eoceno (Coney y Campa, 1984) y un poco más tardío (Eguiluz De *et al.*, 2000), causando que los sedimentos marinos profundos, hayan sido rasurados y apilados linealmente a lo largo de la antigua línea de costa, originando una acumulación de *melanges* constituidos por fragmentos de la corteza oceánica (Dickinson, 1982), y litoferoclastos volcánicos, encontrándose constituidas como una miscelánea de rocas (Campa Uranga, 2010) formadas por capas de caliza, arenisca y lutita

ineterdigitadas con andesita y riolita, junto con basaltos, gabros, y rocas ultrabásicas que fueron deformados y empujados a un escenario continental (Dewey,1976; Bon-Avraham *et al.*, 1982), obteniendo como resultado un intenso apilamiento y deformación plástica compresiva que origino un fallamiento y plegamiento complejo.

A consecuencia de este empuje, se desarrollaron orógenos periféricos y cuencas donde se depositarían los desechos de las primeras pulsaciones de la orogenia Laramide, que influenciaron el fallamiento y levantamientos en el frente de montaña del Cinturón Fallas y Cabalgaduras (Eguiluz De *et al.*, 2000).

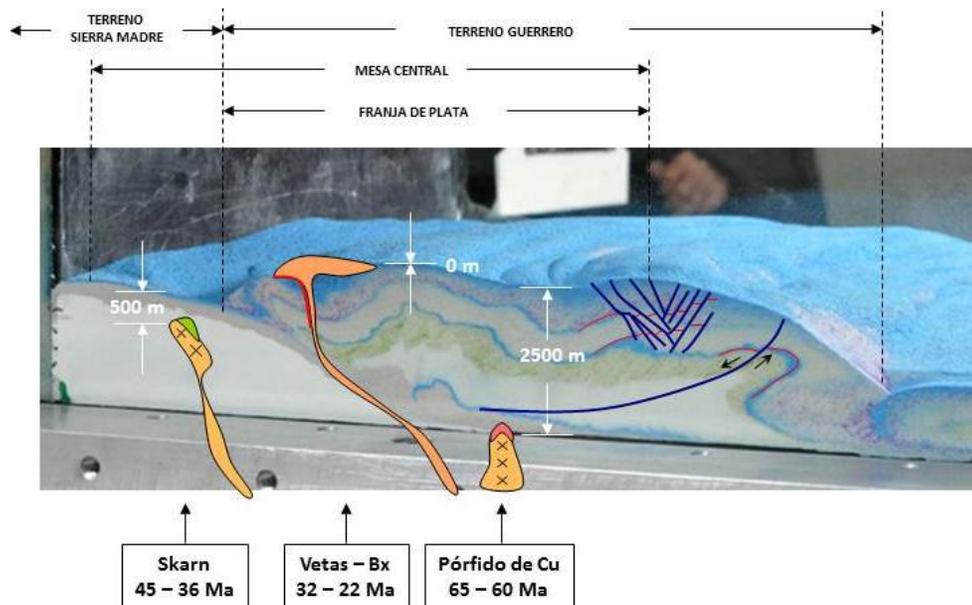
Este sistema complejo de acreción produjo que el Cratón Americano creciera un 30% (Coney y Campa, 1984), evolución que se desarrolló en gran parte del territorio Mexicano, mediante un ensamble de masas corticales, con historias geológicas y eventos tectónicos diferentes (Campa y Coney, 1983).

Uno de los ensamblajes corticales más importantes durante la historia geológica de la República Mexicana está representado por el Terreno Guerrero y su colisión con la margen pasiva de Pangea. De acuerdo a patones de REE y LREE estos sedimentos acrecionados pertenecen a un sistema orogénico de rocas de arco de islas volcánico según Centeno-García y Silva-Romo (1997) y de arco de márgenes continentales de tipo andino de acuerdo a Coney y Campa (1984).

A consecuencia de este empuje, se desarrollaron orógenos periféricos y cuencas debido a la destrucción y apilamiento de un conjunto de arcos magmáticos submarinos y elementos asociados, que constituyen una zona de colisión o sutura, que se localiza entre el Terreno Guerrero y el Terreno Sierra Madre formando un cinturón orogénico, donde los componentes acrecionados estuvieron sujetos a

esfuerzos de cizalla rotacional, generando fallas de movimiento lateral (Tristán-González y Torres-Hernández, 1994) en *echelón* en cada bloque y separados por fallas transcurrentes (Coney y Campa, 1984).

Solo una mínima parte del cinturón orogénico o zona de sutura aflora entre los límites de los estados de San Luis Potosí y Zacatecas, en un área de Pinos, Zacatecas y al sur de Peñón Blanco, en el estado de San Luis Potosí, S. L P, marcando el límite entre el TG y el Terreno Sierra Madre. El (TG) cabalgó Figura 20 sobre sedimentos de la CMCM. En esta región se encuentra un cinturón donde se emplazaron los principales yacimientos minerales de México, conocido como Franja de Plata.



**Figura 20. Sección esquemática viendo al SE del cinturón orogénico, mostrando al Terreno Guerrero, Mesa Central y Franja de Plata y su relación con volcanismo y mineralización asociada.**

Al conjunto de eventos tectónicos que se desarrollaron durante el Mesozoico Tardío y Cenozoico temprano, se le denominó orogenia Laramide (Dana, 1896;

Campa y Coney, 1982) o Hidalgoense nombrada por Cserna (1960); evento que marcó al periodo de deformación de acortamiento más extenso y profundo ocurrido en el la Placa Norteamericana (Coney y Campa, 1984), fenómeno cuya consecuencia fue el origen de las cadenas montañosas en el oriente de México (Cinturón de Pliegues y Cabalgaduras).

Al finalizar el evento de compresión laramídico y durante una etapa de transición a una tectónica extensiva tipo Cuencas y Sierras, estuvo caracterizada por fallamiento laterales a través del cual se llevó a cabo el emplazamiento de cuerpos intrusivos de composición granodiorítica y riolítica, en la porción sur y suroriental de la Mesa Central (Tristán-González, 2008; Tristán-González *et al.*, 2015), tales como Peñón Blanco (González-Faustino, 1978; Labarthe-Hernández *et al.*, 1982; Aranda-Gómez *et al.*, 2007; Tristán-González, 2008) La Tesorera (Yta, 1992; Mujica-Mondragón y Jacobo-Albarrán, 1983; Tristán-González *et al.*, 1994; Quevedo-Coronado, 2007; Cruz-Márquez, 2010; Cuellar-Cárdenas, 2012; Tristán-González *et al.*, 2015); La Saucedá en el estado de Zacatecas (Tristán-González *et al.*, 1994; Quevedo-Coronado, 2007; Franzetti, 2009); Intrusivo Comanja (Mujica-Mondragón y Jacobo-Albarrán, 1983; Zimmermann, 1990; Botero-Santa, 2011). A este evento de transtensión y transpresión se encuentran relacionados gran parte de los yacimientos minerales de la porción oriental y suroriental de la Mesa Central, emplazados en zonas de tensión a lo largo de las trazas de las fallas laterales.

Posterior al evento de transición, la zona se vio dominada por un evento de extensión cortical regional, que forma parte de la provincia de Cuencas y Sierras de México (Henry y Aranda-Gómez, 1992), caracterizada por el desarrollo de fallas

normales (pilares y fosas tectónicas) cuya orientación predominante es NW-SE y la presencia de bloques basculados al NE, reflejando una extensión lístrica (Tristán-González, 2008) y dando lugar a medios *grabens*. Esta extensión fue episódica y cada pulso de extensión estuvo íntimamente relacionado con las etapas de vulcanismo en el Oligoceno-Mioceno (Henry y Aranda-Gómez, 1982).

El basculamiento y levantamiento de los bloques, produjo fallas listicas y conjugadas de extensión, dando origen a fosas donde se depositaron los sedimentos terciarios continentales, conocidos como Formación Cenicera (Labarthe-Hernández *et al.*, 1982), conglomerados Charcas (Tristán-González y Torres-Hernández, 1994), Conglomerado Rojo de Guanajuato y Zacatecas (Edwards, 1955; Aranda-Gómez y McDowell, 1998; Tristán-González *et al.*, 2012) y Formación Balsas en Taxco. Algunos derrames Andesíticos se intercalaron con los conglomerados (Labarthe-Hernández *et al.*, 1982; Aranda Gómez y McDowell, 1997).

Los eventos que sucedieron durante el Terciario fue de fallamiento y vulcanismo Aranda Gómez *et al.* (2000). El vulcanismo que se generó en la Mesa Central formó los campos volcánicos San Luis Potosí (CVSLP), Rio Santa María (CVRSM), Guanajuato (CVG) y campos volcánicos del suroriente de Zacatecas y oriente de Aguascalientes (La Tesorera, Asientos, González Ortega, La Giganta, Santa Inés etc; Aguillón-Robles *et al.*, 2009). Los cuales son de composición félsica, cuyas lavas formaron una gran variedad de domos riolíticos con asociación de flujos piroclásticos de menor volumen que las lavas (Labarthe-Hernández *et al.*, 1982; Aguillón-Robles *et al.*, 2009).

Conforme cesó la subducción, gradualmente inició el magmatismo origen intraplaca que se encuentran con una combinación de basaltos suavemente alcalinos y toleíticos Aranda-Gómez *et al.* (2000), que fueron expulsados por fisuras de rumbo NW-SE, con rápido ascenso que inhibió el estacionamiento de cámaras magmáticas (Torres-Aguilera, 2005), siendo eminentemente fisural (Labarthe-Hernández *et al.*, 1982; Henry y Aranda-Gómez, 1982; Aguilón-Robles *et al.*, 1994; Torres Aguilera, 2005).

Seguido por otro *hiatus* magmático, después del volcanismo del Terciario existió una nueva serie de rocas volcánicas de estilo intraplaca que está representado por basanitas y basaltos de edad cuaternaria (Labarthe-Hernández *et al.*, 1982; Aranda-Gómez *et al.*, 1991).

El área donde se localiza el Distrito Minero Tepezalá-Asientos, forma parte del hombro oriental del Graben de Aguascalientes (Figura 5), que forma parte del sistema de *grabens* de la provincia de Cuencas y Sierras Meridional (Ferrari, 2005) y forma el límite entre la Provincia Fisiográfica de La Mesa Central y la de la Sierra Madre Occidental, la cual tiene una orientación predominante N-S (Nieto-Samaniego *et al.*, 2005). Forma parte del pilar tectónico entre las fosas de Loreto y Aguascalientes, en el cual se desarrolló un vulcanismo andesítico y félsico que evolucionó desde el Eoceno al Oligoceno (Tristán-González *et al.*, 2015), y se ha relacionado con los yacimientos minerales de esta región.

### 3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

#### 3.1. Control estructural regional.

Desde el punto de vista regional, la Sierra de Asientos, forma parte de una estructura tipo pilar tectónico. Su límite oriental lo forma la falla poniente del Graben de Loreto y el poniente la falla oriental del Graben de Aguascalientes. Se considera como el hombro oriental del Graben de Aguascalientes. En este hombro afloran ventanas de rocas volcánico-sedimentarias del (TG), las cuales fueron acortadas por el evento de deformación laramídico. Además de otros eventos tectónicos poslaramídicos posteriores que se desarrollaron durante el Terciario, que fueron los responsables de volcanismo y formación de yacimientos minerales.

#### 3.2. Primer evento (pre-mineral).

La secuencia volcánico-sedimentaria del (TG), se encuentra muy deformada, producto de un metamorfismo regional de bajo grado, cuyas rocas desarrollaron en su etapa más tardía de deformación plegamiento y fallamiento inverso. La secuencia pasó de su etapa dúctil, a una etapa frágil donde desarrolló un sistema de fallas inversas que imbricaron la secuencia formando abanicos de fallas. Los tipos de pliegues originados en su etapa dúctil son diversos, desde pliegues muy cerrados, pliegues recostados y recumbentes con vergencia al NE, los cuales en su mayoría fueron dislocados, por lo que solo son partes de pliegues, sobre todo en la Unidad Carbonatada (Figura 21A) y en el *Flysch* de Asientos (Figura 21B). Los horizontes donde abunda la presencia de filitas fueron las zonas favorables para el desarrollo de los despegues. Se puede apreciar en varios sitios que la

Unidad Carbonatada está despegando sobre el *Flysch* de Asientos por falla inversa (Figura 22A) y el *Flysch* de Asientos se puede ver muy deformado con pliegues múltiples y cuarzo de segregación disgregado por fallas inversas (Figura 22B).

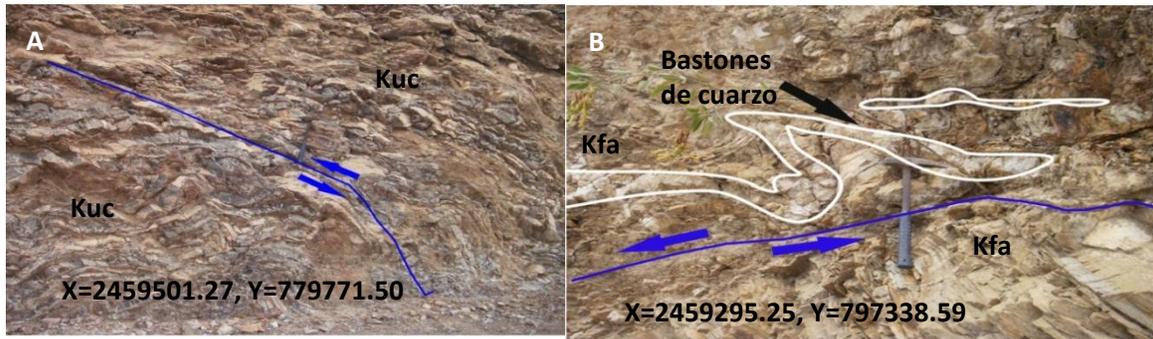


Figura 21. A) La unidad Carbonatada también fue deformada, originando la imbricación de la secuencia a través de abanicos de fallas inversa. B) deformación de los sedimentos *flysch*, con desarrollo de foliación intensa y cuarzo de segregación el cual fue plegado.

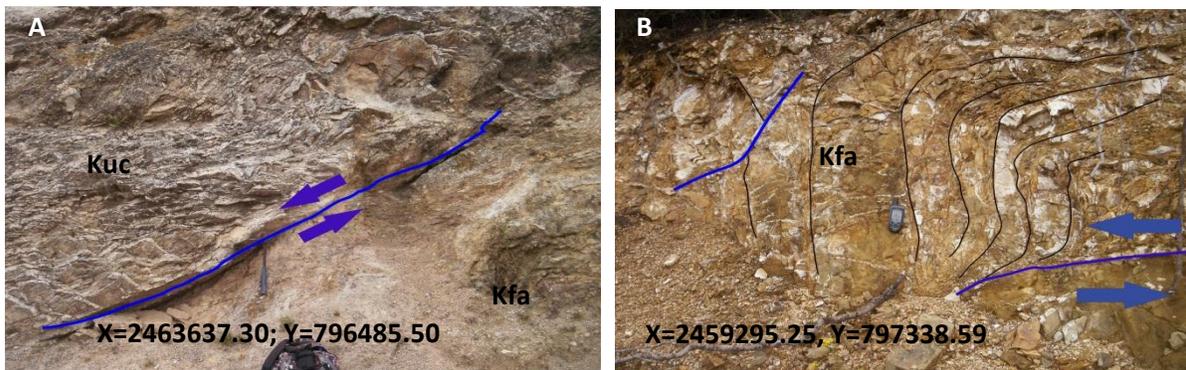


Figura 22. A) La unidad carbonatada se encuentra imbricada sobre el *Flysch* de Asientos: B) Sedimentos del *Flysch* Asientos, con desarrollo de pliegues y cuarzo de segregación.

Los planos de falla inversa presentan una zona delgada de cataclasita, formada principalmente de harina de falla y brechas de fragmentos finos producto de la cataclisis de las capas calcáreas y algunos de esos planos sirvieron como conductos para alojar mineralización.

### 3.3. Segundo evento (zona de cizalla).

El segundo evento de fallamiento fue causado por un evento de transición ocurrido al finalizar la orogenia Laramide, hay evidencias de la presencia de un sistema de falla con movimiento lateral izquierdo de rumbo NNW ( $\sim 15^\circ$ ), generando zonas de cizalla paralelas a las trazas de las fallas y desarrollo de fracturas de cizalla *riedel*. Este sistema originó los conductos para el emplazamiento de la primera fase de volcanismo (domos y diques) y contemporáneamente el emplazamiento del sistema mineralizado Porvenir-San Jerónimo, localizado sobre la zona de cizalla que incluyen fracturas del sistema *riedel* N45°W en color rojo (Figura 23). En este mapa se aprecia la zona de cizalla, donde el color café representa la zona de alteración dentro de una estructura tipo *dúplex* extensional donde se desarrollaron vetas en sus márgenes y parte central, *riedels* (en color rojo) y en su porción norte el emplazamiento del domo de Altamira (Figura 23). La forma de la zona de cizalla sugiere que en este tramo de la zona hubo transtensión. Hacia su porción sur (fuera del mapa) también se formó otro domo sobre la zona de cizalla (Cerro Pachón), el cual se encuentra muy alterado (silicificado). En los niveles subterráneos de las minas el Orito-Porvenir se aprecia el plano de la falla principal con estrías en posición horizontal y otros indicadores cinemáticos, como escalones y medias lunas que indican el sentido anti-horario de la falla.

Se tomaron datos estructurales con el formato dirección de inclinación de todos los planos de fallas en el interior de las diferentes minas del sistema Porvenir-El Orito-San Jerónimo, así como en superficie, los cuales se graficaron en un estereograma (Figura 24 A) utilizando los programas *Stereo32* y *Stereonet8*, donde se aprecian planos con rumbos que varían de N-S hasta N50°W que

representan en conjunto los planos de falla de la zona de cizalla así como los *riedels* representados en rojo en el mapa de la Figura 23.

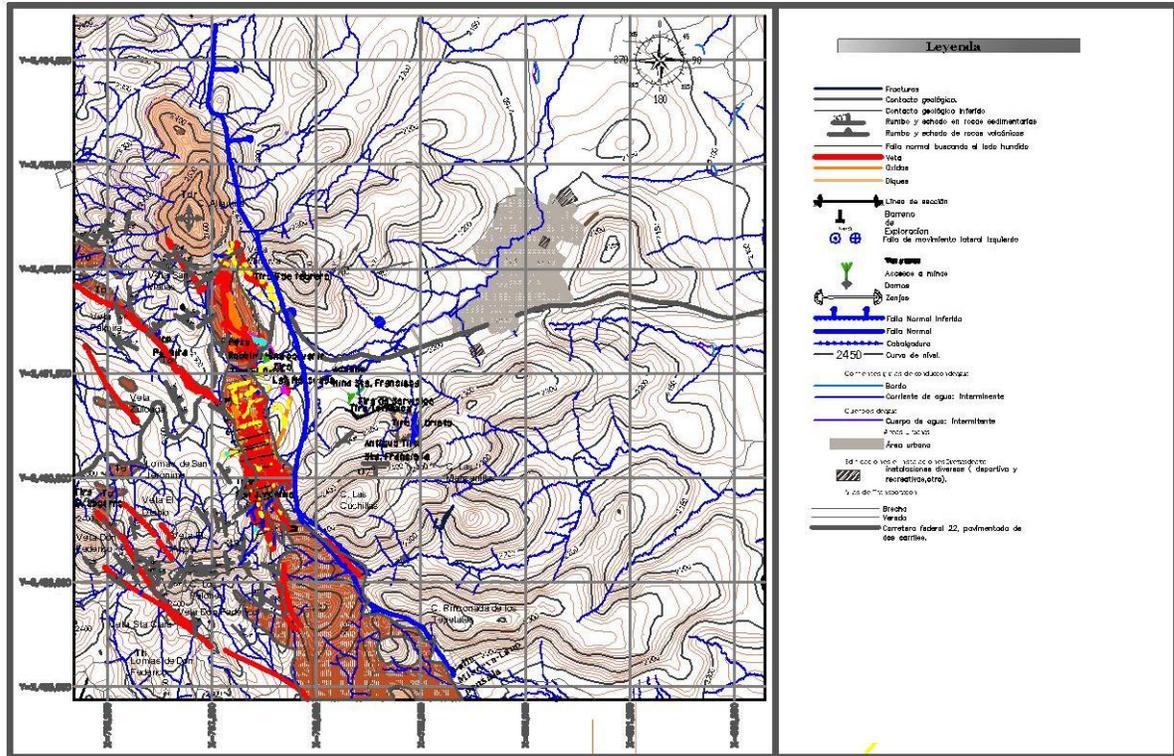
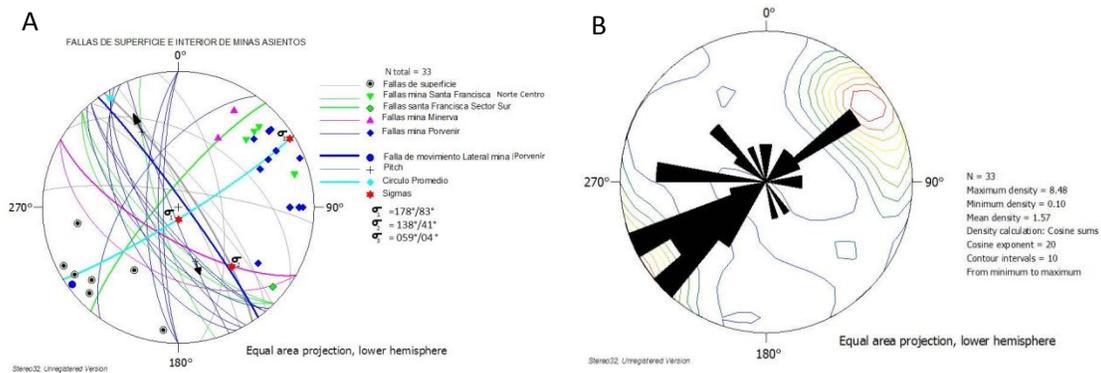


Figura. 23. Mapa estructural de la zona de cizalla Porvenir-San Jerónimo, donde se aprecia la zona de extensión principal con alteración intensa (color café) y el sistema de fracturas *riedels* (N45°W) ocupadas por vetas (en color rojo), indicando el sentido anti-horario. En la porción norte el emplazamiento del domo de Altamira (color rosa).

Se obtuvo el esfuerzo máximo  $\sigma_1$  de las fallas el Porvenir y El Orito de  $178^\circ/73^\circ$  (Figura 24 A). Se puede ver que la mayoría de los planos de falla tienen una dirección de inclinación al SW y rumbo NW que representa el sistema principal Porvenir-Orito-San Jerónimo, y además se aprecia el sistema N45°W que corresponde al sistema de fracturas *riedels* (N45°W), ambos sistemas ocupados por vetas y diques de diferente espesor.

En la Figura 24B, se aprecia la tendencia general de dirección inclinación de los planos de las diferentes fallas (SW), las cuales según la Figura 24A, son en la mayoría de alto ángulo.



**Figura 24. A) Diagrama de planos y polos del sistema de fallas Porvenir-Minerva-San Jerónimo, donde se muestra el campo de esfuerzo local; B) Diagrama de rosas donde se aprecia el promedio de dirección de inclinación del buzamiento de los planos del sistema de fallas Porvenir-Minerva-San Jerónimo.**

### 3.4. Tercer evento (fallas extensionales y basculamientos).

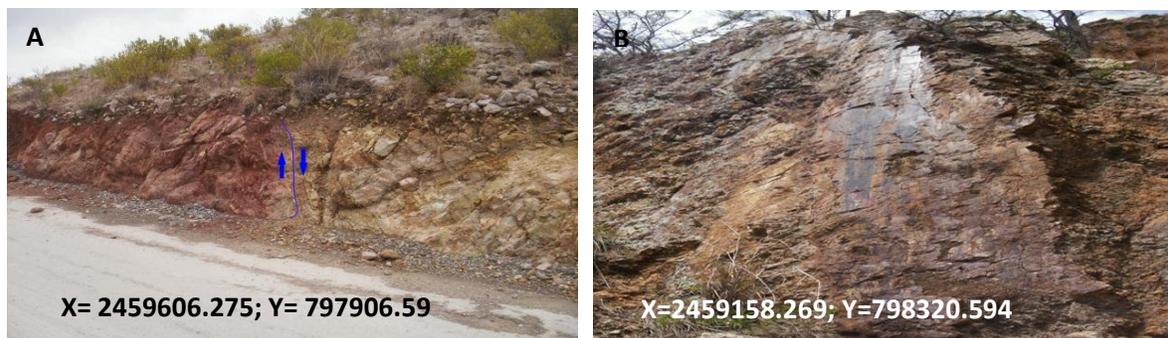
Después de finalizar el evento de fallas de transtensión, hay un evento de extensión que regionalmente se conoce como Cuencas y Sierras de México (Henry y Aranda-Gómez, 1992), el cual se desarrolló en diferentes etapas durante el Paleógeno. Para esta porción de la Mesa Central, se tiene registro que la máxima extensión se llevó a cabo en el Oligoceno, estos autores argumentan que la extensión estuvo ligada íntimamente con las diferentes etapas de volcanismo. Para la zona del Distrito Minero Tepezalá-Asientos se fechó el piroclástico riolítico más joven que aflora en esta área (riolita Las Manzanillas), dando una edad de  $29.4 \pm 1.6$  Ma con U-Pb en circones; esta ignimbrita fue afectada por fallas normales, lo que sugiere que el último evento de fallamiento ocurrió posterior a

esta fecha. Estas fallas bascularon los bloques al NE, lo cual es típico del fallamiento extensional tipo Cuencas y Sierras.

La falla principal que aparece en el mapa de la Figura 23 en color azul, forma parte del límite poniente de la zona de cizalla, se conoce con el nombre de Minerva-la No Pensada, la cual es una falla normal que atraviesa al área de estudio de norte a sur con un rumbo que varía de N15°-20°W en su porción norte, a N45°W en su segmento sur, con inclinación de su plano al NE con un ángulo que varía de 70° a 30° y en algunos casos hasta 90°(Figuras 25A y 25B).

El desarrollo regional de la falla MNP, fue el mecanismo detonador que dejó al descubierto la evolución estructural antes y después de la actividad volcánica, así como su relación con los yacimientos minerales en el Distrito Minero de Tepezalá-Asientos.

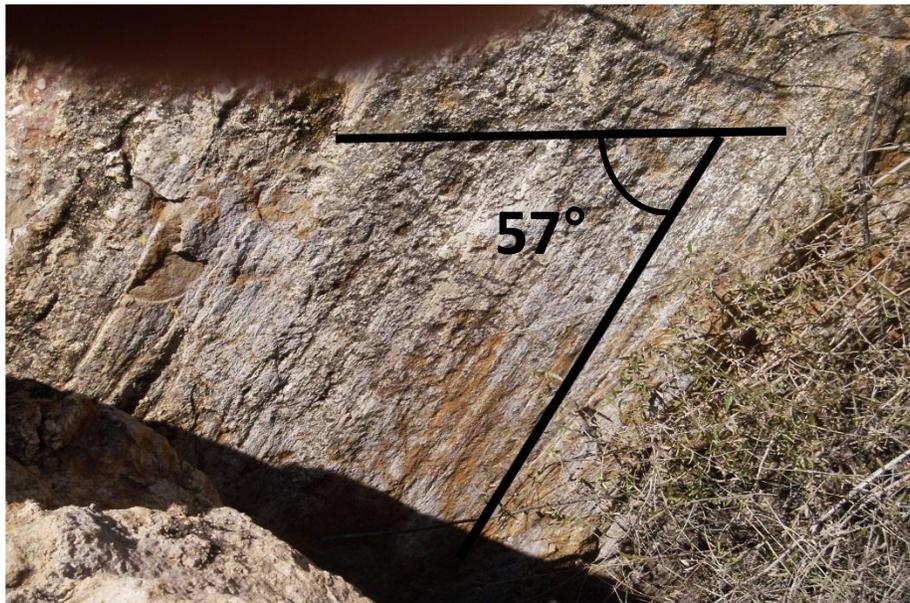
Esta falla adquiere importancia debido a que expone las estructuras mineralizadas al bajo en la zona de cizalla, generadas en el segundo evento de fallamiento.



**Figura 25. A) Afloramiento donde se aprecia la falla normal Minerva la No Pensada, en la porción poniente Cerro Las Cuchillas, poniendo en contacto a la riolita Altamira con sedimentos del TG: B) Plano de falla donde se aprecia un relicto del espejo de falla con las estrías normales de la Falla Minerva la No Pensada, en una afloramiento en la ladera sur del Cerro Las Cuchillas. TG: Terreno Guerrero; Tra: riolita Altamira.**

En la porción sur del alto de la falla MNP, el fracturamiento en la zona de cizalla se encuentra cubierto, por las rocas del dominio volcánico que cubren totalmente al área oriente. Las rocas volcánicas (toba lítica Minerva y riolita Altamira) se encuentran silicificadas y con óxidos de hierro en fracturas sobre todo en las cercanías de la zona de falla. El plano de la falla MNP expuesto en las rocas volcánicas presenta indicadores cinemáticos como estrías, escalones y medias lunas que indican el sentido de movimiento de los bloques.

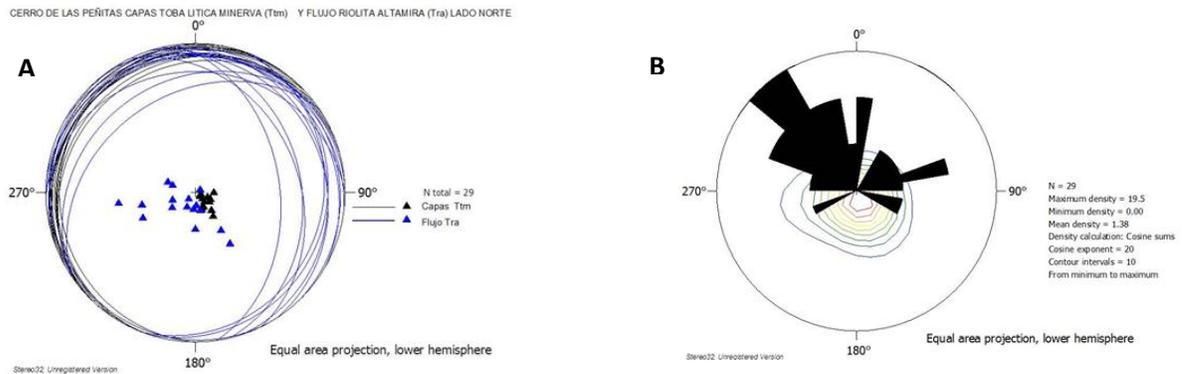
Además de la falla MNP, se encuentran otras dos fallas extensionales oblicuas a ella (Figura 26), representadas por la falla de Santa Francisca y la falla al poniente de la presa de jales que muestran el mismo rumbo pero con echados opuestos, el de Santa Francisca buzando hacia el SW y la otra al NE.



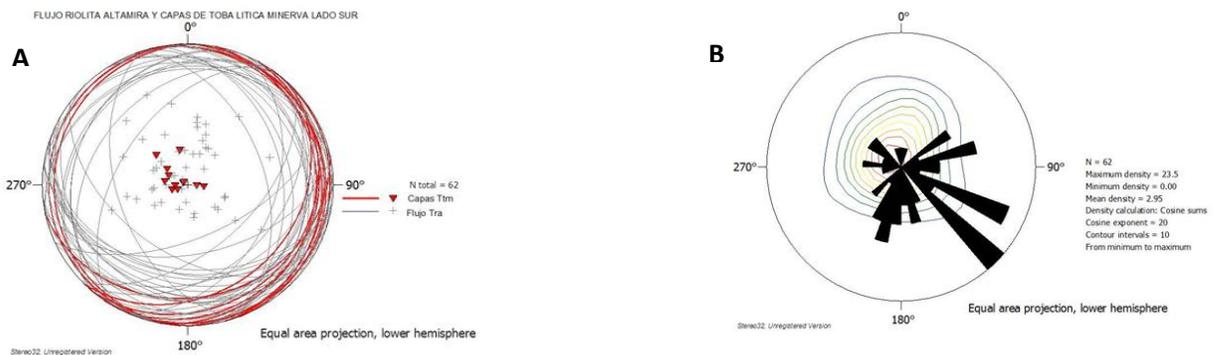
**Figura 26. Plano de la falla oblicua a la falla MNP, corresponde a una falla normal oblicua derecha desarrollada en la riolita Altamira con *pitch* de 57° SE. Exhibe indicadores cinemáticos (estrías, escalones y medias lunas).**

Para analizar los basculamientos se midió en campo la actitud de las foliaciones de flujo de los derrames riolíticos de la cubierta volcánica (en la porción norte y sur

del área de estudio), principalmente al alto de la falla MNP, los cuales se analizaron en estereogramas. En las Figuras 27 y 28, tanto para la porción norte y sur, se observó que existen variaciones muy importantes en la posición de los planos de foliación de flujo de la riolita Minerva y las capas de la toba Lítica Minerva.



**Figura 27. A) Basculamientos medidos en las capas de piroclásticos de la toba lítica Minerva (en color negro) indicando basculamiento NNW, y en color azul los planos de foliación de flujo en la riolita Minerva con dirección principal de basculamiento al ENE y NE: B) Diagrama de rosas y densidad de polos con el promedio de dirección de buzamiento de ambas unidades.**



**Figura 28. A) Grafico del conjunto de planos de foliación de flujo de la riolita Altamira (en azul) y planos de capas de los piroclásticos de la toba lítica Minerva (rojo) para la zona sur del área: B) Diagrama de rosas y densidades que muestra el promedio de dirección de buzamiento al SW de ambas unidades.**

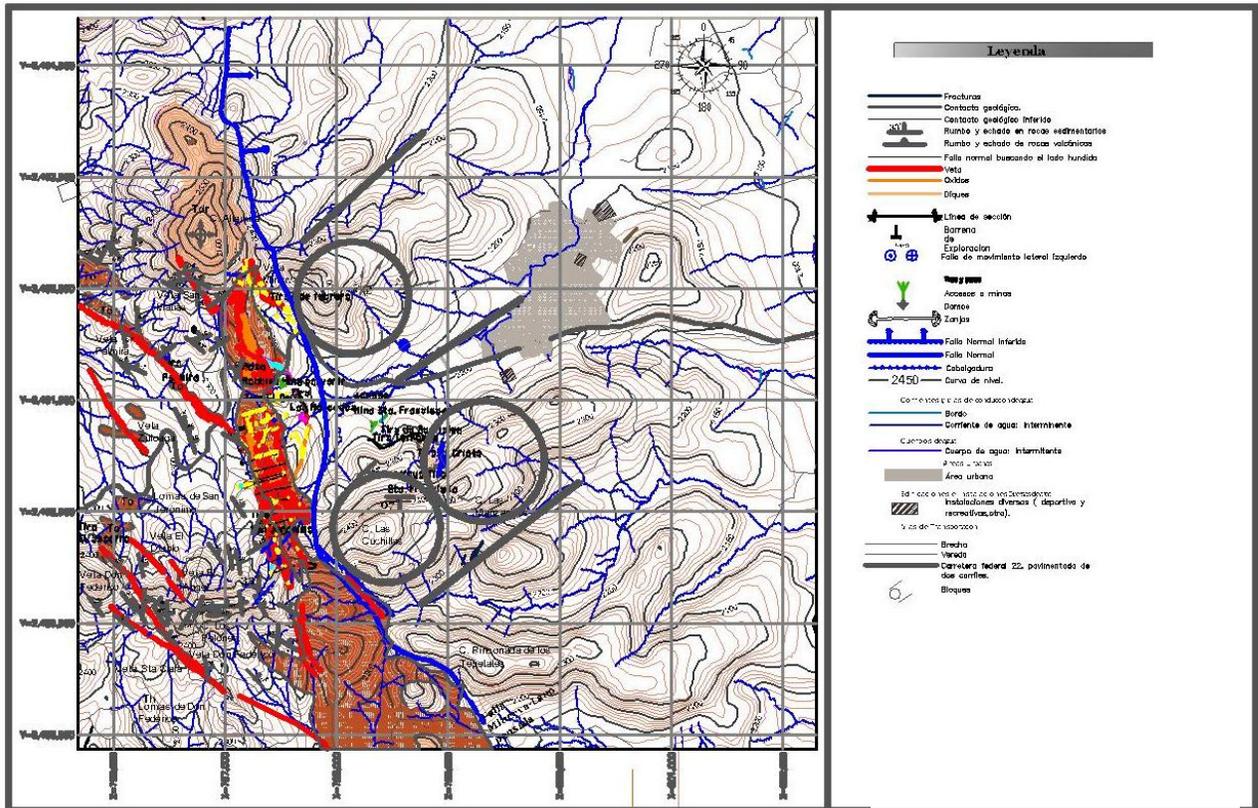
La comparación entre foliaciones de la riolita Minerva y capas de la toba lítica Minerva indican irregularidades muy importantes entre ambas unidades, debido a

la movilidad de la lava, de la riolita Minerva que formó múltiples pliegues enmascarando el basculamiento real, lo cual no es muy seguro para determinar la actitud del basculamiento. En la Figura 27 A, para la zona norte, la actitud de basculamiento para ambas unidades varía entre NNW y NNE, lo cual es más o menos semejante, dando un promedio de basculamiento según la Figura 27B al NW. En la Figura 28 correspondiente a la zona sur, se aprecia en el diagrama de la figura A más consistencia en la actitud del basculamiento de las capas de la toba lítica Minerva, señalando basculamiento principal al SE, en cambio en la riolita Minerva las inclinaciones son más dispersas, debido a la movilidad de la lava. En ambas zonas se aprecia que los basculamientos no son semejantes, con buzamientos opuestos unos al NW y los otros al SE.

### 3.5. Bloques estructurales

El tercer evento la zona se vio afectada por un mecanismo extensional originando el patrón de fallas normales que bascularon la secuencia de rocas de la región. En base a los resultados obtenidos en el análisis estructural, el área de estudio se dividió en bloques, los cuales se muestran en la (Figura 29) limitados por líneas de color gris. Uno de estos límites coincide con el Arroyo Piedras Negras y en las obras subterráneas de la Mina Santa Francisca, se aprecia una zona de intenso fracturamiento en la Sección 400-N del Nivel 1980-N que interrumpe la continuación del cuerpo mineral hacia el norte. Este límite de bloque también determina una zona de mala calidad de la roca, ocasionando caídos constantes que obligan a ademar con un sistema de anclado y enmallado la obra minera que

posteriormente se cubre con concreto lanzado para evitar caídos constantes y algún accidente fatal.



**Figura 29.** Mapa estructural del área estudiada, donde se marcó la separación de bloques localizados al alto de la falla principal en color azul, que cruza el área de norte a sur. Los círculos en color gris, representan los bloques en el alto de la falla.

De acuerdo al anterior planteamiento, se amplía la misma suposición para los arroyos paralelos al que se toma como referencia, que marcan la principal hidrografía dentro del área de estudio y son los limites principales, hacia el norte y sur del arroyo principal que es el Piedras Negras, ya que cruza la parte media del distrito minero en el área de Asientos. Los bloques representados con círculos en la Figura 29, son tres:

Bloque 1. Corresponde al bloque norte, que comprende el Cerro Las Peñitas, formado por la toba lítica Minerva (Ttm) y el flujo de la riolita Altamira (Tra).

Después de analizar los estereogramas de este lugar se observa que existe una diferencia muy marcada entre la toba lítica Minerva (Ttm) y el flujo de la riolita Altamira (Tra) mostrando buzamientos antagónicos entre ellos.

*Bloque 2.* Bloque sur que se localiza en el Cerro Las Cuchillas entre la falla MNP y el alto de la falla de Santa Francisca. Formado en la base por una delgada capa de 8 m de espesor de la Toba Lítica Minerva (Ttm) y el flujo de la riolita Altamira arriba de esta. La presencia de una delgada capa de la toba lítica Minerva (Ttm) como elemento índice dentro de la estratigrafía del Cerro Las Cuchillas, indica de la misma forma que en el Cerro Las Peñitas, la evidencia más fuerte de la dirección y magnitud de basculamiento que este bloque adoptó durante el flujo de la riolita Altamira (Tra), sobre todo, por localizarse entre fallas de gran importancia local.

*Bloque 3.* Bloque localizado al bajo de la falla Santa Francisca, formado por la riolita Altamira (Tra) y la ignimbrita Las Manzanillas (Tim). Se localiza en el Cerro Las Manzanillas. La falla localizada debajo de la ignimbrita Las Manzanillas, generó una depresión topográfica donde se depositó esta unidad, considerando que fue el control estructural para tal caso, evidenciando el movimiento que realizó este bloque antes del depósito de la ignimbrita y que se observa en el promedio de las variaciones en la dirección de buzamiento que el estereograma señala.

### 3.5.1. Análisis estructural de los bloques

De acuerdo con las observaciones de campo, el depósito del flujo piroclástico de la toba lítica Minerva (Ttm) se realizó sobre una superficie muy irregular, formada

por el rompimiento en bloques del alto de la falla (MNP), que se generó durante la fase de transtensión que afectó a los sedimentos del TG.

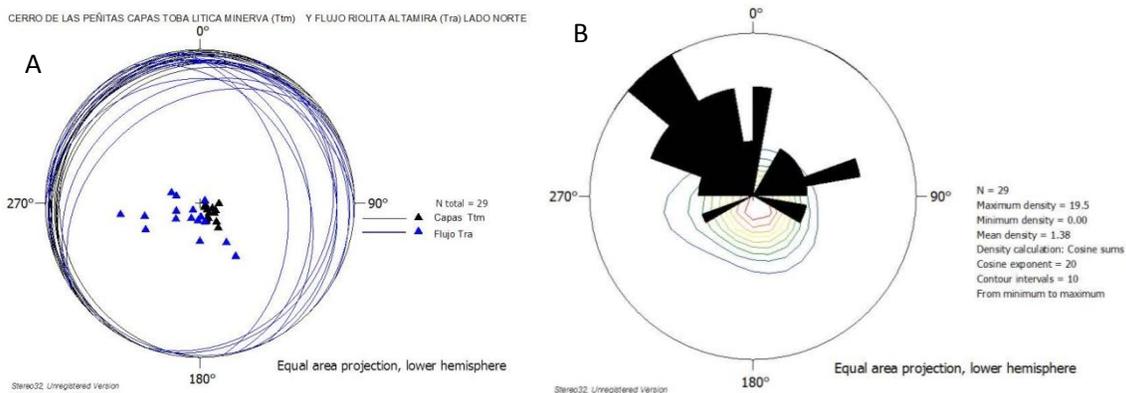
En base a los análisis realizados en estereogramas y observaciones realizadas en campo, mediante la aplicación de los datos estructurales colectados en campo Anexos 1 y 2, se nombran como bloque 1, 2, y 3 a los sitios donde las características evolutivas quedaron bien definidas durante el evento volcánico-estructural. Estos bloques se localizan en los cerros Las Peñitas, Las Cuchillas y Las Manzanillas Figura 29.

Tomando como referencia la posición actual de las capas de la toba lítica Minerva que afloran en el Cerro Las Peñitas vs el derrame del flujo de la riolita Altamira, se designó como Bloque 1 a este sitio, el cual contiene evidencias de mayor movimiento. Este bloque se basculó hacia el NW (Figura 27A), causando la formación de una depresión profunda donde se depositó la toba lítica Minerva y donde alcanza su mayor espesor.

Según análisis estructural realizado en este bloque, se determinó que antes de que el derrame del flujo de la riolita Altamira se iniciara, el Bloque 1 se basculó de nueva cuenta, haciéndolo hacia el oriente. Posteriormente el derrame de la riolita Altamira fluye en esa dirección, sobre las capas de la toba lítica Minerva que presentan un buzamiento contrario a la dirección del flujo. El contraste entre la posición de capas de la toba lítica Minerva y flujo riolítico Altamira se observa en el estereograma de la Figura 30 donde el doble basculamiento del bloque 1 queda de manifiesto.

Aunque el flujo de la riolita Altamira consta de al menos tres derrames consecutivos, la variación en la foliación de flujo no es contrastante al deslizarse

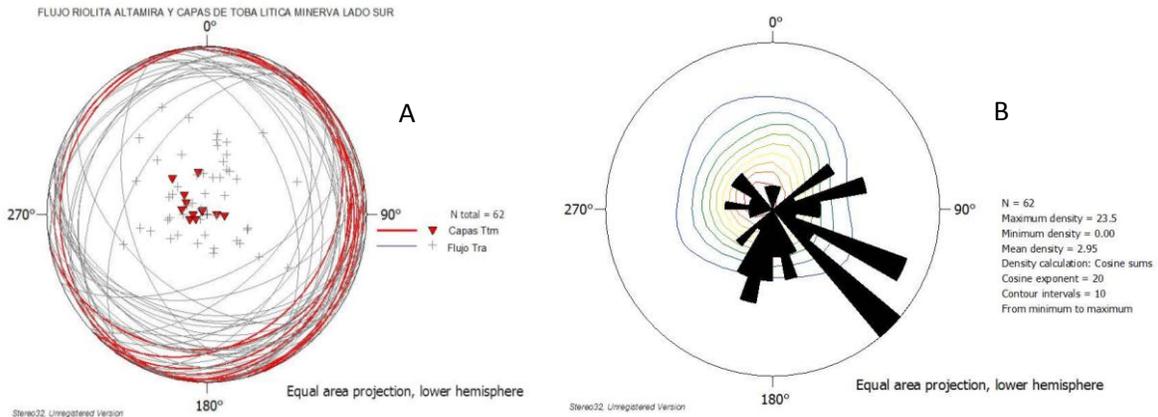
por superficies irregulares mostrando algunos pliegues de flujo y algunas rampas. El Bloque 1 permanece inmóvil durante el periodo que el derrame se mantuvo activo.



**Figura 30. A) Estereograma que muestra la posición de las capas del flujo piroclástico de la toba lítica Minerva vs foliación de flujo de la riolita Minerva en el Cerro Las Peñas, indicando una discontinuidad ente el depósito de las unidades B) Diagrama de rosas que presenta el promedio de la dirección de inclinación (NW) del buzamiento de capas de la toba lítica Minerva y foliación de flujo de la riolita Minerva.**

El Bloque 2, se localiza en el Cerro Las Cuchillas, entre la falla MNP y la falla de Santa Francisca. Se utilizó una capa índice de la toba lítica Minerva que aflora en la falda norte del Cerro Las Cuchillas con un espesor promedio de 8 m. La foliación de flujo de la riolita Altamira se usó como marcador de movimiento.

El diseño del estereograma de la Figura 31, muestra que este bloque sufrió un ligero basculamiento hacia el SE hasta alcanzar los 10° en promedio, manteniéndose inmóvil por un largo tiempo, aun durante el flujo de la riolita Altamira.



**Figura 31. Estereograma que muestra la posición de la capa del flujo piroclástico de la toba lítica Minerva vs flujo de la riolita Altamira en el Cerro Las Cuchillas. A) Muestra solo ligera diferencia entre el ángulo de basculamiento entre ambas unidades volcánicas. B) Diagrama de rosas donde se aprecia algunas diferencias entre el promedio de dirección de inclinación en ambas unidades predominando hacia el SE.**

El derrame de la riolita Altamira fluyó hacia el SE sobre una superficie casi plana, mostrando poca variación en la actitud de la foliación de flujo. Las pocas irregularidades que se observan en la variación de la foliación de flujo, en el estereograma, depende en gran medida de la viscosidad de la lava de la riolita Altamira, alterando el diseño del estereograma.

En base a los resultados obtenidos con los estereogramas de las Figuras 30 y 31, se estima que el bloque norte de Las Peñitas y el de Las Cuchillas al sur, se movieron independientemente uno del otro, en superficies de giro que se encuentran señalados por la presencia de arroyos paralelos que separan el límite de movimiento entre bloques. El Arroyo Piedras Negras al cruzar al área de estudio, separa los bloques 1 del 2 y 3 indicando uno de estos límites, localizado sobre el Arroyo Hondo o de La Jabonera un cambio abrupto en la inclinación de la falla MNP de 70° a 30° a corta distancia, lo que sugiere que este arroyo es parte de otro eje de fracturamiento, donde los bloques se rompen y se basculan al alto de la falla MNP. En este lugar, el contacto de los sedimentos del TG con la toba

lítica Minerva lo hace con un vitrófido de color negro en el afloramiento que se encuentra sobre el lecho de este arroyo (punto número 97, del Anexo 1 y 2).

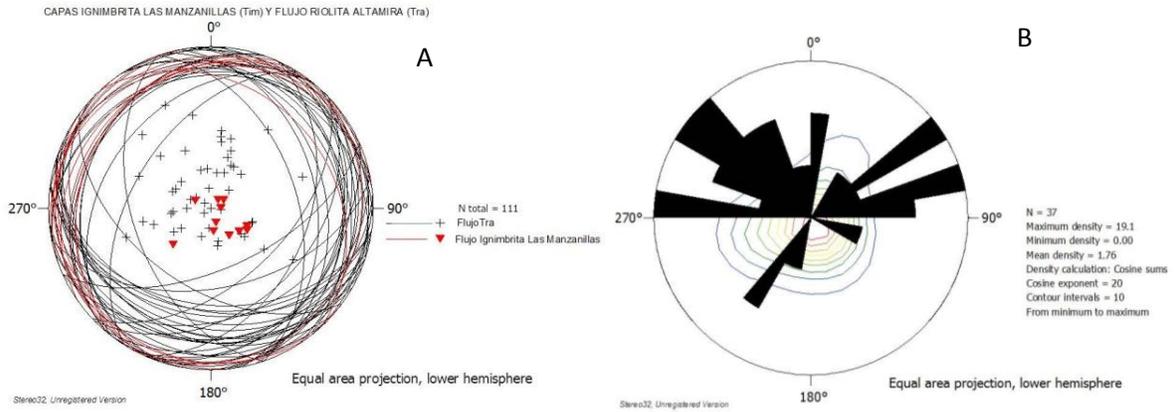
Bloque 3. Después de un periodo de erosión, se depositó la ignimbrita Las Manzanillas sobre una antigua superficie de erosión, que presenta fragmentos poco re-trabajados de material volcánico en matriz arcillo-arenosa poco consolidado. Cubre una falla de rumbo de N40°W (Figura 32). La falla cubierta por el depósito de la ignimbrita Las Manzanillas en su proyección hacia profundidad, donde el cuerpo mineral de Santa Francisca se intersecta con los niveles 2060-S, 2030-S, y 1980-S, corta e interrumpe su continuidad hacia el sur, marcando momentáneamente el fin de este cuerpo mineral a esos niveles.



**Figura 32. Cerro de las Manzanillas indicando la secuencia de depósito de la ignimbrita Las Manzanillas. En el inserto de la esquina inferior izquierda se aprecia el plano de falla.**

Los bloques del alto de la falla MNP continúan en movimiento, según lo indica la configuración del estereograma de la Figura 33, que muestra el depósito de la

ignimbrita Las Manzanillas vs flujo de la riolita Altamira. Según datos colectados en campo (Anexo 1 y 2).



**Figura 33. Estereograma que muestra el doble buzamiento de las unidades ignimbrita Las Manzanillas y riolita Altamira. A) debido al deslizamiento y basculamiento del alto de la falla hacia el NW, la ignimbrita Las Manzanillas adoptó su posición actual. B) El diagrama de rosas confirma, que la ignimbrita Las Manzanillas se depositó sobre un bloque basculado hacia el NW.**

## **4. CONTROL ESTRUCTURAL DE LA MINERALIZACIÓN.**

### 4.1. Reseña histórica.

Es bien sabido que después de la conquista de México, los Españoles emprendieron su aventura, recorriendo las localidades que les habían señalado con indicios de minerales de oro y plata; fue así, como en su recorrido desde la Gran Tenochtitlan, hacia el norponiente, descubren los distritos mineros más importantes que a la fecha se encuentran en operación en la República Mexicana, tal es el caso de los depósitos minerales de Guanajuato, Jalisco en las inmediaciones del Río Grande o Santiago, San Luis Potosí, Zacatecas, Durango, Chihuahua y el único distrito minero en el estado de Aguascalientes, parte del cual, es tema del presente trabajo.

Los antiguos pobladores que habitaban la gran Chichimeca en el Siglo XVI del México prehispánico (Quezada y Limón, 1965): estaban formados por Caxcanes, Guachichiles y Zacatecos, hombres nómadas cuyas características de ser necios, reacios y feroces, fueron vencidos después de una exhausta y feroz lucha; al llegar los españoles a la región de lo que hoy es Asientos.

Se asigna a Don Diego de Ibarra en consorcio con otros terceros un sitio de ganado mayor, con dos caballerías de terreno, nombrando a ese lugar como la Hacienda del Carro, ubicado en lo que hoy se conoce como González Ortega, Zacatecas. Don Diego de Ibarra fue el pionero en la exploración del área de estudio, empezando con los primeros trabajos en las minas de esta localidad, por ese motivo, se le conoce como fundador del pueblo de Asientos, siendo su

fundación el 23 de julio de 1548. Actualmente, se conoce a esta localidad como Asientos de Ibarra cabecera municipal, que pertenece al estado de Aguascalientes. Al arribo de Don Benito Gaspar de Larrañaga al poblado del Asientos, nuevamente le inyecta una gran inversión para poner en marcha la operación de las minas, que hasta ese momento seguían abandonadas. Esta nueva inversión, hace que a Don Benito Gaspar de Larrañaga le sea reconocido como un gran benefactor de la región, por fomentar el desarrollo del pueblo, al poner en marcha las minas de San Jerónimo, San Pedro, La No Pensada y El Orito. Este distrito minero se expandió con una gran cantidad de obras mineras que operaron condicionadas al precio de los metales y a las revueltas sociales tal y como ocurrió con el paro que ocasionó la Independencia de México en 1810 y la Revolución Mexicana en 1910. Después de estas guerras, existió un lapso de tiempo sin que se operara alguna de las minas del área de Asientos.

El estaño colectado en menor cantidad durante el tiempo de lluvias, al lavar los sedimentos de arenas en los arroyos y en algunas obras localizadas en las laderas del Cerro de Altamira, este mineral, fue el precursor de la posterior apertura de todas las minas, las cuales posteriormente cambiaron su explotación de estaño a oro, plata y cobre.

Posteriormente, después de pasar por un periodo de inactividad, las minas de esta región fueron operadas por una gran cantidad de compañías mineras y dueños de fondos mineros, que bajo diferentes procesos de beneficio obtuvieron una gran cantidad de onzas de oro y plata, así como otros elementos tales como plomo, cobre y zinc.

El grupo CARSO es el propietario de la mayor parte de los fondos mineros que conforman al Distrito Minero de Asientos. Abarcando la mayor parte de la Sierra de Asientos. Actualmente esta unidad minera se encuentra operada por FRISCO.

#### 4.2. Zonas mineralizadas de la Sierra de Asientos.

En el estado de Aguascalientes existe una región minera sobresaliente que se conoce como Tepezalá-Asientos, que se caracteriza por mineralización de Au, Ag; Pb, Zn, Cu, Fosforita. Los tipos de yacimientos son vetas, diseminados, *skarn* y brechas. Dentro de esta región se localiza el Distrito Minero de Tepezalá-Asientos, donde sobresalen las minas de Santa Francisca, El Porvenir, El Orito, Minerva, San Gerónimo y San Pedro (SGM, 2014). En base a 400 localidades que presenta la Carta Metalogenética (Salas 1975; *in* Campa y Coney 1983), se deduce que el 70% de los yacimientos minerales en México corresponden a aquellos que contienen minerales preciosos con o sin contenido de plomo, zinc y cobalto. Se encuentran localizados dentro de los terrenos volcano-sedimentarios acrecionados como Alisitos, Guerrero y Juárez (Campa y Coney, 1983).

Hacia el sur y surponiente de la Sierra de Asientos se localiza una estructura semi-circular abierta hacia el poniente del área de estudio, abarca el Cerro San Juan, Puerto de La Concepción y Tepezalá, área donde, en su mayoría, afloran de vetas angostas sobre los sedimentos del TG, cuyos espesores no son mayores de 2.0 m de rumbo N45°W. La veta más importante corresponde a San Pedro del Cobre, con mena de Cu, Zn y menor Ag como productos primarios.

Al surponiente de la Sierra de Asientos, son abundantes las rocas sedimentarias del (TG) donde predomina la Unidad Carbonatada, existe una serie de tajos a cielo

abierto, donde se explota carbonato de calcio como materia prima para la fabricación de calidra y cemento Portland.

#### 4.3. Zonas mineralizadas del área de estudio. (Anexo 4)

##### 4.3.1. Zonas mineralizadas al bajo de la falla MNP. Sistema N45°W.

Hacia la falda sur y oriente de la Sierra de Asientos, aflora una serie de vetas mineralizadas, hospedadas en el (TG), separadas de la secuencia volcánica del Terciario por la falla regional Minerva-La no Pensada. Las principales vetas son:

##### Veta San Matías.

Veta de longitud variable, angosta, dentro de una zona protegida por dependencias gubernamentales. Poco estudiada. Sin potencial.

##### Veta Palmira.

Cuerpo mineral con 2 700 m de longitud, y buzamiento hacia el NE con un espesor promedio de 2 m con contenidos importantes de calcopirita, galena, y en menor grado, esfalerita en matriz de cuarzo con pirita y óxidos de fierro, de color rojo intenso hacia ambas paredes de la roca huésped.

En la porción norte se observa un dique ocupando parte de la abertura de la veta, presentando sulfuros hacia ambos contactos de la roca huésped.

##### Veta Zuloaga.

Estructura mineral de longitud variable, interrumpido a lo largo de su afloramiento. Su importancia es muy baja. Su potencial también.

##### Veta El Diablo.

Estructura mineral de longitud variable, interrumpida a lo largo de su afloramiento. Con bajo potencial económico.

### Veta El Ángel.

Cuerpo mineral de longitud variable interrumpida a lo largo de su afloramiento, dando apariencia de ser parte de la continuación hacia el SE de la anterior estructura.

Vetas consideradas como la proyección hacia el sur oriente de la veta Peñuela.

### Veta Santa Clara-Don Federico.

Veta de longitud variable debido a su continua interrupción tanto en superficie como en obras subterráneas, espesor que va de 3 m a 0.75 m. Está constituida principalmente de sulfuros de Pb, Zn y menor Ag.

### Veta Minerva.

Estructura con 300 m de longitud con un ancho que va de 1.0 m a 4.0 m con mineralización económica de Ag, Pb y Zn bajo, por lo que es parte importante del distrito; el cuarzo y la pirita son abundantes como ganga. Al norte de este yacimiento se encuentra un dique dentro de la estructura mineral, en algunas ocasiones presenta mineralización angosta en los respaldos de este.

### Veta Porvenir

Con una longitud aproximada de 500 m y espesor variable que va de 40 m a 3 m con echado de 75° a 80° al poniente. Este cuerpo mineral presenta en sección transversal una secuencia paragenética definida, en su parte superior, consiste de una zona de óxidos con cantidades rentables de oro.

Minada por tajo abierto; presenta Goethita, Jarosita, altaita, pirrotita, especularita diseminada y carbonatos de cobre. En la zona de transición de óxidos a sulfuros hacia abajo de la esta sección.

Minado por métodos subterráneos; los sulfuros de Zn son la mena principal del distrito en la variedad de marmatita-wurtzita, polimorfo de alta temperatura de SFeZn (Deer *et al.*, 1971).

La Ag-Pb y Cu disminuyen hacia la parte baja del yacimiento; el Au está ausente. Los minerales de ganga están formados principalmente por abundante sílice, arsenopirita y pirita

#### Veta El Orito.

Cuerpo mineral con 500 m de longitud, está formado por dos vetas paralelas de cuarzo con cantidades económicas de Au y Cu en la variedad de *electrum* y calcopirita, con indicaciones de Pb-Zn en matriz de cuarzo, y menor calcita como ganga. Su espesor promedio es de 3.5 m, con echado de 75° al poniente.

#### Veta Las Mercedes.

Continuación hacia el sur de la Veta El Orito, hasta posicionarse a un lado del tiro de manto Las Mercedes, lugar donde la estructura desaparece.

Las vetas que se localizan entre la zona del sistema Orito y San Jerónimo corresponden a cuerpos rentables pero angostos, donde dominan los minerales de Cu-Pb en matriz de cuarzo. Su disposición en “*echelón*” en planta, muestran no tener alguna relación entre ellos. Se trata al parecer de cuerpos independientes.

#### Veta Misterio.

Estructura con 300 m de longitud y un espesor promedio de 1.0 m con mineralización de Cu, con menores cantidades de Ag-Pb.

Su amplitud solo se observa en obra subterránea que parte de la Mina El Orito hacia el poniente por el Nivel 5.

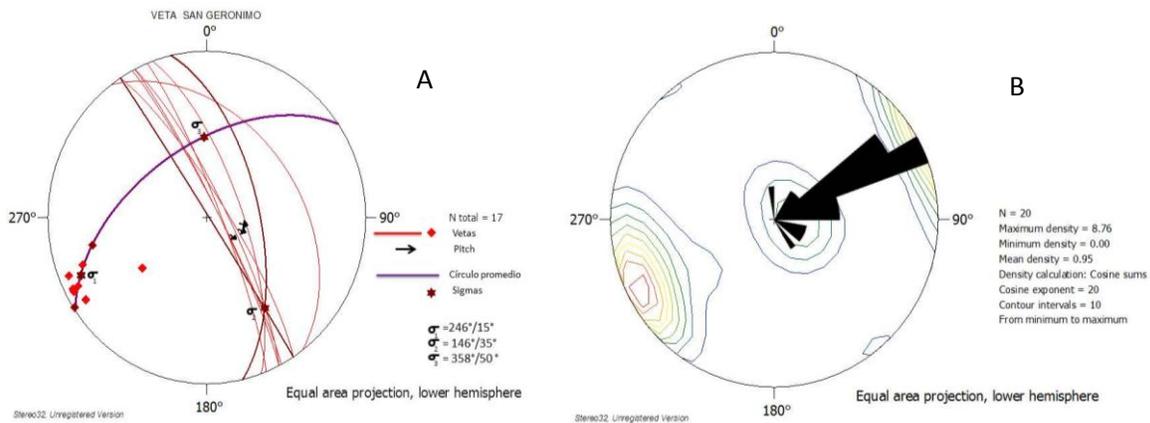
### Veta San Jerónimo.

Área que en superficie cuenta con algunos trabajos mineros como tiros y otras obras mineras dispersas, mostrando estructuras que se encuentran separadas por algunos diques y vetas que son cortados y desplazados por zonas de corrimiento, mientras que otras, solo marcan su presencia con afloramientos constantes, sin tener actividad minera.

El cuerpo mineral de San Jerónimo se encuentra localizado hacia el lado poniente de la zona de cizalla. Cuenta con un tiro de manteo y está formado por un cuerpo mineral de 300 m de longitud y echado hacia el poniente de  $60^\circ$  a vertical; su espesor promedio es de 1.5 m de ancho con un contenido de mineral Cu-Zn. Hacia la parte central de este yacimiento se encuentra un ramaleo de vetas de sulfuros en matriz de cuarzo que llega a tener hasta 25 m de ancho.

Debido a la amplitud que presenta la zona de alteración en el área de San Jerónimo se aprecia en campo una variedad de vetas de cuarzo con cantidades pequeñas de sulfuros de Cu y menores cantidades de Ag, en matriz de cuarzo blanco con echado hacia el oriente a casi vertical.

Hacia el oriente del tiro San Jerónimo, muy próximo a la Falla MNP y paralela a esta, se encuentra una veta que muestra una longitud mayor a 150 m, constituida por cuarzo blanco y espesor mayor de 3.0 m con bajos contenidos de minerales económicos, se analizó esta veta utilizando estereogramas Figura 34 con el objetivo de definir su presencia dentro de esta zona.



**La Figura 34 (A) Muestra la dirección de máximo esfuerzo, indicando que se trata de una zona de tensión donde el bloque del alto se desliza hacia el NE, en este caso, señalado por el promedio de inclinación en la Figura 34 (B).**

En base a los resultados obtenidos al utilizar los estereogramas, se estima que las vetas con contenidos de sulfuros se formaron en aberturas originadas por el movimiento de cizalla regional, mientras que las vetas de cuarzo que afloran en esta área, están más relacionadas a esfuerzos de tensión muy locales como fue el desarrollo de la falla (MNP). En ambos casos, de acuerdo a lo observado en campo, se estima que la veta estudiada, localizada al bajo de la falla (MNP) debe tener una longitud considerable, sobre todo a lo largo de esta falla. No se descarta su interés económico ya que pertenece a la parte alta de un sistema hidrotermal como producto de relleno de cavidades.

### Veta Las Rusias.

Veta de aproximadamente 250 m de longitud con echado hacia el SE y un espesor promedio de 1.7 m. Aflora en superficie, está formada principalmente de cuarzo blanco lechoso a traslúcido con calcita, en algunos lugares la presencia de sulfuros es de errática a ausentes. Por el tipo de estructura y contenido de mineral

que muestra la ganga de cuarzo y calcita, se deduce su origen como de relleno de cavidades.

#### 4.3.2. Vetas al alto de la Falla MNP. Sistema N45°W.

##### Veta Santa Francisca.

Esta estructura representa el único yacimiento mineral más importante y productivo del Distrito Minero de Asientos (Anexo 6). La veta está dividida en tres sectores a consecuencia de la presencia de interrupciones a lo largo de esta. Su interrupción es debido a pequeñas fallas o fracturas que truncan y desplazan la continuidad del cuerpo mineral en planta. Presenta una longitud de 1400 m y un espesor variable que va de 36 m a 3.5 m con buzamiento de 75° hacia el SW. Hacia la Sección 320-N presenta un echado de 30° a una elevación de 2100 m que pasa hasta alcanzar los 75° a una elevación de 2030 m sobre la misma sección.

La veta se encuentra constituida principalmente de sulfuros de Ag y Pb. como mena principal Zn, Cu y Au en menor cantidad con leyes rentables, la alta producción eleva su rendimiento económico. Los minerales de ganga están formados por pirita, arsenopirita, calcita. El cuarzo se presenta muy abundante como matriz, siendo un mineral muy abrasivo para su molienda. El reemplazamiento mineral es muy notable según se observa en la Figura 35.



**Figura 35. Muestra mineral que refleja reemplazamiento (Mina Santa Francisca Nivel 2030, Sección 160-N). Se observan fragmentos de rocas del (TG) que están siendo reemplazados por sulfuros de Ag-Pb, cuarzo blanco lechoso y calcita.**

#### 4.3.3. Fracturamiento N10°E.

Fracturamiento abierto con ausencia de material de relleno, con rumbo N10°E que corta al cuerpo mineral, con separación variable entre ellas de hasta 10 m o menos, desplazando hacia el NE al cuerpo mineral, dando un aspecto de cierto arqueamiento en planta. En la Sección 200-S del Nivel 2030 m, el desplazamiento en planta alcanza los 80 m

Tanto el fallamiento N45°W como el fracturamiento N10°E que se encuentran en los yacimientos del Distrito Minero de Asientos, no afectan a las rocas volcánicas que lo cubren, separando eventos tectónicos y volcánicos en tiempo y espacio.

#### 4.4. Yacimientos minerales.

##### 4.4.1. Edad de la mineralización.

En base a los fechamientos obtenidos en rocas volcánicas de la riolita Altamira y la Ignimbrita Las Manzanillas se estima que la edad de los yacimientos del Distrito Minero de Asientos, son contemporáneos a la actividad volcánica. Sin embargo, la gran influencia que presentan los diques con los yacimientos del distrito y con la alimentación de estos para la formación del Domo Altamira, también apoya, la correlación de los depósitos minerales y el volcanismo en espacio y tiempo.

#### 4.4.2. Manifestación de vetas en superficie

La presencia de vetas de cuarzo blanco lechoso con intercalaciones de calcita del mismo color, presentan un espesor que va de .70 a 3.0 m, estas estructuras difieren en rumbo con respecto a las demás. La ausencia de alteración en ambos lados de la veta, sugiere que se trata de vetas relacionadas a un sistema de tensión.

#### 4.4.3. Oxidación (To)

Desde la parte norte de la mina El Porvenir, hasta el límite sur del área de estudio; pasando por la Mina de San Jerónimo, se encuentra una franja de tonalidad fuerte de color rojizo a café claro y verde en estratos delgados del *Flysch* de Asientos, esta tonalidad también ocurre en zonas muy cercanas a ambos lados de las vetas. Dentro de esta zona se observa la presencia de una serie de diques y vetas de cuarzo blanco lechoso, algunas veces cristalino, con patrón anastomosado y bordeados por esta tonalidad. Esta área se encuentra predominantemente dentro de la zona de cizalla. Zona que se encuentra paralela al bajo de la falla MNP. Al bajo de esta falla, la presencia de oxidación varía de intensa en áreas cercanas a los cuerpos minerales del sistema Porvenir-San Jerónimo, a débil o ausente lejos de ellos. La presencia de óxidos de hierro solo es abundante en las fracturas

delgadas y orientadas en un rumbo de N45°W que se presentan en la toba lítica Minerva localizadas en el Cerro Las Peñitas.

En las inmediaciones de la Mina Santa Francisca, en el borde poniente de la presa de jales junto a las oficinas generales de la compañía minera FRISCO, aflora una roca de color rojo a amarillo limón que cambia totalmente el color y aspecto de la roca original, observándose que por la posición estratigráfica que guarda, se infiere, se trata de la toba lítica Minerva.

#### 4.4. 4. Alteraciones (ALT)

La presente simbología, se usa, para designar a una zona argilizada de fuerte a mediana intensidad, de color blanco, donde se encuentra un pequeño afloramiento que se localiza entre la Mina Minerva y el socavón San Juan, alineado al alto de la Falla MNP, Este errático afloramiento se encuentra en la intersección de la falla regional de MNP con una falla paralela al cuerpo mineral de Santa Francisca que intercepta a la falla regional.

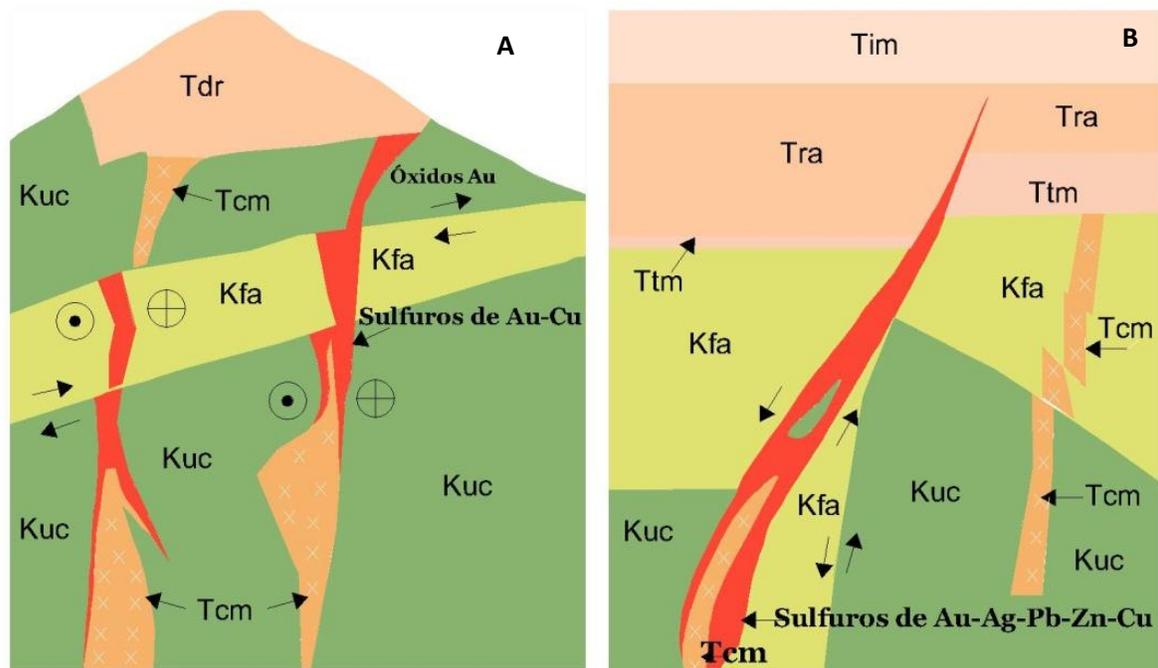
#### 4.5. Modelo Geológico de la mineralización.

##### 4.5.1. Porvenir-Santa Francisca.

En base al nivel de erosión que actualmente presenta el Distrito Minero de Asientos, se distinguen dos zonas muy bien definidas, cada una de ellas, presentando diferentes contenidos metálicos que implica el nivel de erosión que han alcanzado. Estos niveles se encuentran a ambos lados de la falla MNP donde se localizan hacia el poniente el sistema Porvenir-San Jerónimo y hacia el oriente la Mina Santa Francisca.

El modelo geológico estructural propuesto para la mina El Porvenir Figura 37(A), se basa en una erosión diferencial profunda, sobre el TG, que expone la zona de cizalla con fracturas abiertas de movimiento lateral izquierdo, las cuales fueron invadidas por cuerpos intrusivos cuarzo-monzoníticos, y minerales de alta temperatura, afines a su profundidad, durante del proceso de enfriamiento del sistema hidrotermal dominante en la región. La presencia de diques alimentadores refleja la asociación de los cuerpos minerales y el volcanismo del Terciario con la formación de estructuras dómicas a partir de los cuales los diferentes eventos volcánicos se llevaron a cabo.

En cuanto al modelo propuesto para la mina Santa Francisca, Figura 37 (B), se basa en el fallamiento que origino la falla (MNP) la cual corta y desplaza las estructuras tipo *riedel* que fueron desarrolladas durante el movimiento que causo la zona de cizalla. Estas estructuras posteriormente fueron sepultadas por diferentes volúmenes de rocas volcánicas que cubren y esconden cualquier tipo de actividad tectónica.



**Figura 36. Modelo geológico estructural propuesto para el Distrito Minero de Asientos. Donde (A) representa el Modelo para el yacimiento de la mina El Porvenir, y B) propone el modelo para la Mina Santa Francisca. Tdr=Tra: riolita Altamira; Ttm: toba lítica Minerva; Tcm: dique Cuarzo-Monzonítico; Kfa: Flysch de Asientos; Kcu: Unidad Carbonatada**

#### 4.6. Paragénesis y Zoneamiento

##### A) Paragénesis

Se considera que el yacimiento mineral del Distrito Minero de Asientos consiste de un yacimiento distal de reemplazamiento metasomático y relleno de espacios abiertos. Originado por el flujo de fluidos mineralizantes de origen hidrotermal controlados fuertemente por canales de alta permeabilidad, causando esporádicamente pequeñas zonas de agilización, y oxidación de las rocas encajonantes sobre todo al alto o al bajo de la falla que los contiene.

Según los minerales contenidos en la mena, ganga, y la textura del mineral. Se estima que este tipo de yacimiento se formó a una temperatura que oscila entre

los 100° a 320°C (Camprubí *et al.*, 2003) con soluciones que tuvieron una conexión tenue con la superficie (Park y McDiarmid, 1975)

El ramaleo de vetas y estructuras angostas de alta ley de la veta Santa Francisca se localiza al alto de la falla MNP, sugiere que los fluidos mineralizantes alcanzaron a invadir parte la toba lítica Minerva y a la riolita Altamira, lo que se aprecia en el contacto de ambas unidades en el Nivel 3 por arriba de la elevación 1185 m. En la sección longitudinal A-B-C-D (Anexo 3), se observa que la mayor parte de la potencia de este yacimiento se encuentra abajo de la secuencia volcánica. Entre la elevación 1185 m y hasta 1980 m, se encuentra la zona más rica del yacimiento de Santa Francisca, donde se depositó gran cantidad de minerales ricos en Ag-Pb y cantidades bajas de Zn en la variedad esfalerita. Por debajo de esta elevación, la presencia de Cu aparece de forma muy errática, sin embargo, según barrenaciones de exploración con recuperación de núcleos realizada arriba de los 1800 m, se observa que el Cu aumenta.

Las vetas del sistema Porvenir, Orito y Minerva junto con Santa Francisca representan actualmente las estructuras más productivas que proporcionan en diversos volúmenes y mezclas la cantidad adecuada de mineral para la operación de la planta de beneficio a un ritmo de 4000 Tons/día.

## B) Zoneamiento.

El zoneamiento regional sugiere que la parte profunda de las vetas ocurre en la mayor parte del distrito, con la presencia de minerales de Cu, Au y Zn de alta temperatura expuestos en vetas en el TG. Este zoneamiento se encuentra en el bajo de la falla MNP, donde la erosión profunda ha dejado al descubierto la mayor parte de los cuerpos minerales del área poniente del distrito.

La presencia de cualquier tipo de mineral al alto de la falla regional MNP es muy errática debido a la cobertura de rocas volcánicas que se encuentran escondiendo las estructuras *riedels* mineralizadas.

### 4.7. Blancos de exploración.

Los mejores lugares para la localización de cuerpos minerales de dimensiones grandes y gran contenido de Ag-Pb, se pueden encontrar solo en rocas volcánicas. La presencia de superficies oxidadas y decoloradas por alteración hidrotermal junto con superficies de corrimiento de bloques, presentan un gran interés geológico para su evaluación por métodos directos como la barrenación de diamante con recuperación de núcleos.

## CONCLUSIONES

Después de realizar un análisis estructural de superficie e interior mina con el fin de determinar el mecanismo que controló la mineralización de las minas Santa Francisca, Minerva, Sistema Porvenir-San Jerónimo y su relación con el volcanismo asociado en el Distrito Minero de Asientos, se concluye lo siguiente.

□ Se realizó una reinterpretación de la estratigrafía, adecuándola en el contexto de los Terrenos tectonoestratigráficos, situando a la secuencia que aflora en el Distrito Minero de Asientos, como unidades volcanosedimentarias pertenecientes al Terreno Guerrero y se renombró a las unidades de acuerdo a su ambiente de depósito, separándolas como Unidad Carbonatada y *Flysch* de Asientos.

□ Se definieron los eventos tectónicos que afectaron al área, detectándose que los sedimentos volcanosedimentarios fueron acortados hacia el oriente durante la deformación Laramide, generando pliegues múltiples y abanicos de fallas inversas de ángulo bajo que dislocaron y repiten la secuencia.

□ El segundo evento de deformación se desarrolló después del cese de la orogenia Laramide, y consistió en el desarrollo de fallas con movimiento lateral izquierdo, que formaron zonas de transtensión a lo largo de su traza, generando zonas de cizalla paralelas a las fallas y que generaron los conductos para el emplazamiento del primer evento mineral y los primeros pulsos de volcanismo.

□ El tercer evento tectónico es típicamente extensional que reactivó las fallas pre-existentes, desarrollando fallas normales oblicuas, que dislocaron a la secuencia volcánica más joven del distrito.

□ El primer evento mineralizante en el distrito y el más importante, se encajonó en los sedimentos marinos del Terreno Guerrero, formando una zona de cizalla de movimiento lateral izquierdo, con formación de fracturas de cizalla Riedel de rumbo N45°W, las cuales fueron invadidas por diques cuarzo-monzoníticos y soluciones hidrotermales que viajaron por los conductos abiertos, remplazando las brechas desarrolladas dentro de estos.

□ Contemporáneamente al volcanismo, se activó la falla de tensión Minerva La No Pensada que sirvió de conducto para el emplazamiento los primeros eventos de productos piroclásticos y derrames de la riolita Altamira.

□ La falla Minerva La No Pensada corta y desplaza hacia el oriente las fracturas *riedels* mineralizadas durante el movimiento de la falla. La reactivación de las fallas antiguas pone de manifiesto la circulación de fluidos hidrotermales que alteraron a la riolita Altamira.

□ La emisión de la ignimbrita Las Manzanillas cubre y enmascara cualquier tipo de actividad tectónica pasada.

□ Tomando como base los anteriores criterios se estima que los cuerpos minerales mayores se encuentran hacia el oriente de la Falla Minerva La No Pensada, donde la reactivación de fallas que se llevaron a cabo, manifiestan que la alteración hidrotermal es evidente.

- El rumbo de los diques cuarzo-monzoníticos localizados en la falda oriente del cerro de Altamira, coincide con la dirección de máximo esfuerzo de la falla de movimiento lateral izquierdo de rumbo N10°W. Según estos señalamientos se deduce que los diques y la mineralización se formaron casi al mismo tiempo de la actividad volcánica dentro de las estructuras ya preparadas.
  
- El fracturamiento pre-mineral en el Terreno Guerreo también fueron conductos importantes receptores de mineralización, cuyas aberturas alojaron grandes cantidades de mineral de rendimiento económico.
  
- Según estos señalamientos se deduce que los diques y la mineralización se formaron casi al mismo tiempo de la actividad volcánica dentro de las estructuras ya preparadas.
  
- La evolución tectono-magmática se encuentra preservada en las evidencias geológicas y estructurales así como los rasgos geomorfológicos que presenta el área estudiada, los mecanismos de la formación y depósito de los yacimientos minerales están íntimamente relacionados con el movimiento de una falla de movimiento lateral izquierdo y sus fracturas *riedels*, que definen la posición y la dirección de máximo esfuerzo que dio origen a los conductos por los cuales los diques se inyectaron, y dieron inicio a la actividad volcánica del lugar.
  
- La presencia de estructuras abiertas dio origen a que los fluidos mineralizantes originados por la alteración retrograda circularan por las cavidades y diera origen al depósito de mena en el distrito.

- Todos los eventos anteriormente mencionados actuaron de una manera conjunta durante el evento volcánico del Terciario, que se manifestó sobre todo en la porción sur y sur poniente de la Mesa Central a causa de la formación de la provincia de Cuencas y Sierras durante el Oligoceno-Mioceno.

## REFERENCIAS.

**Aguilón-Robles, A., 1983**, Cartografía de las hojas Espíritu Santo, Pinos, El Obraje, Ojuelos Estados de San Luis Potosí, Jalisco, Guanajuato y Zacatecas: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología y Metalurgia. Folleto Técnico 93, 76 pp.

**Aguillón-Robles, A., Tristán-González, M., Aguirre-Díaz, G.J., Bellon, H., 2009**, Syn-extensional intra-plate trachydacite-rhyolitic dome volcanism of the Mesa Central, southern Sierra Occidental volcanic province, Mexico: Journal of Volcanology and Geothermal Research, 187, 33-52.

**Aranda Gómez, J.J., 1989**, Geología Preliminar del Graben de Aguascalientes, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista (8) 1, 22-32.

**Aranda-Gómez. J. J., Aranda-Gómez, J. M., Nieto-Samaniego, A. F., 1989**, Consideraciones acerca de la evolución tectónica durante el Cenozoico de la Sierra de Guanajuato y la parte meridional de la Mesa Central: Universidad Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista (8) 1, 33-46.

**Aranda-Gómez. J. J., Henry, C. D., Luhr, J., 2000**, Evolución tectonomagmática post-paleocénica de la Sierra Madre Occidental y de la porción meridional de la provincia tectónica de Cuencas y Sierras, México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 53(1), 59-71.

**Aranda-Gómez, J.J., Molina-Garza R., McDowell, F.W., Vasallo-Morales, L.F., Ortega-Rivera, A.M., Solorio-Munguía, J.G., Aguilón-Robles A., 2007**, The relationship

between volcanism and extension in the Mesa Central: the case of Pinos, Zacatecas, Mexico: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 24(2), 216-233.

**Barboza-Gudiño, J.R., Tristán-González, M., Torres-Hernández, J.R., 1998**, The Late Triassic-Early Jurassic active continental margin of western North America in north eastern Mexico: *Geofísica International*, 37, 283-292.

**Bartolini, C., Lang, H., Cantu-Chapa, A., Barboza-Gudiño, R., 2001**, The Triassic Zacatecas Formation in central México: Paleotectonic, paleogeographic, and paleobiogeographic implications, *in* Bartolini, C., Buffler, T. R., and Cantu-Chapa, A., eds., *The western gulf of Mexico basin: Tectonics, sedimentary basins, and petroleum systems: AAPG Memoir75*, p 295-315.

**Botero-Santa, P.A., 2011**, Origen y evolución de la falla de El Bajío en el sector noroeste:, Universidad Nacional Autónoma de México, Juriquilla, Qro, México, tesis de maestría, 113 pp.

**Burckhardt, C., 1906**, Sobre el descubrimiento del Triásico marino en Zacatecas: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 2, 43-45.

**Burt, M. D., Sheridan, F. M., Bikun, V. J., Christiansen, H. E., 1982**, Topaz Rhyolites-Distribution, Origin, and Significance for Exploration: *Economic Geology*, 77, 1818-1836.

**Camprubi, A., González-Partida, E., Levresse, G., Trilla, J., Carrillo-Chávez A. 2003**, Depósitos epítimales de alta y baja sulfuración: una tabla comparativa: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, (56)1, 10-18.

**Campa y Coney., 1983**, Tectono-stratigraphic terranes and mineral resource distributions in México, *Canadian Journal of Earth Sciences*, 20, 1040-1051.

**Campa-Uranga, M.F., 2010**, Terrenos tectonoestratigraficos, Universidad Autónoma de la Ciudad de México, p.13.

**Carrillo-Bravo, J., 1982**, Exploración Petrolera de la Cuenca Mesozoica del Centro de México: Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, 34(1), 21-46

**Centeno-Garcia, E., Ruiz, J., Coney, J. P., Patchett, J. P., Ortega Gutierrez, F., 1993**, Guerrero terrane of Mexico: its role in the Southern Cordillera from new geochemical data. Department of Geosciences, University of Arizona, Tucson, Arizona 85721.

**Centeno-García E. y Silva Romo G., 1997**, Petrogenesis and tectonic evolution of Central México during Triassic Jurassic time, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, (14), 2, 244- 260.

**Cserna, Z., 1976**, Geology of the Fresnillo area, Zacatecas, México: Geological Society of America, 87, 1191-1199.

**Consejo de Recursos Minerales, 1999**, Carta Geológico-Minera del Estado de Guerrero: Pachuca, Hidalgo, México, Secretaria de Energía y Minas e Industria Paraestatal, Subsecretaria de Minas e Industria Básica, Consejo de Recursos Minerales, 262.

**Consejo de Recursos Minerales 1992**, Monografía Geológico-Minera del Estado de Jalisco: Pachuca, Hidalgo, México, Secretaria de Energía y minas e Industria Paraestatal, Subsecretaria de Minas e Industria Básica, Consejo de Recursos Minerales, 122.

**Consejo de Recursos Minerales, 1991**, Monografía Geológico-Minera del Estado de Zacatecas: Pachuca, Hidalgo, México, Secretaria de Energía y Minas e Industria Paraestatal, Subsecretaria de Minas e Industria Básica, Consejo de Recursos Naturales, 154.

**Coney, J. P., y Campa-Uranga, M. F., 1984**, Terrenos sospechosos de aloctonía y acreción del occidente y sur del continente Norteamericano. Boletín del Departamento de Geología, Universidad de Sonora, 1. 1-24.

**Cruz-Márquez, J., 2010**, El sistema de diques y domos félsicos del Eoceno en el complejo volcánico de La Tesorera, Zacatecas: Características geoquímicas y significado tectónico, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Facultad de Ingeniería, Tesis de Maestría, 117 p.

**Cuellar-Cárdenas, M.A., Nieto-Samaniego, A.F., Levresse, G., Alaniz-Álvarez, S.A., Solari L., Ortega-Obregón, C., López-Martínez, M., 2012**, Límites temporales de la deformación por el acortamiento Laramide en el centro de México: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 29(1), 179-203.

**Dickinson R. W., Snyder S., Walter., 1978**, Plate Tectonics of the Laramide orogeny, Geology Society of America Memory, 1-13.

**Edwards, J. D., 1955**, Studies of some early Tertiary red conglomerates of Central Mexico: U.S. Geological Survey Professional Paper 264-H, 153-185.

**Eguiluz-De Antuñano, S., 2000**, Tectónica de Sierra Madre Oriental, México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. 53, 1-26.

**Escalona-Alcázar, F. J., Delgado-Argote, L. A., Weber, B., Núñez-Peña, E. P., Valencia, V.A., Ortiz-Acevedo, O., 2009**, Kinematics and U-Pb dating of detrital zircons from the Sierra de Zacatecas, México: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 26(1), 48-64.

**Dietz, R. S. y Holden, J. C., 1970**, Reconstruction of Pangea. Break up and dispersion of continents, Permian to present: Journal of Geophysical Research, 75, 4937-4956: in Longoria, J.F., 1994 Recognition and characteristics of a strike-slip fault system in Mexico

and its Mesozoic transpressional regime: Implications in plate tectonics and paleogeography reconstruction, (11) 1, 77-104.

**Dickinson, W.R., 1978**, Plate tectonics of the Laramide orogeny: Geological Society of America Memoirs, 151, 355-366.

**Ferrari, L., Valencia-Moreno, M., Bryan, S., 2005**, Magmatismo y tectónica de la Sierra Madre Occidental y su relación con la evolución de la margen occidental de Norteamérica: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, LVII (3), 343-378.

**Franzetti, M., 2009**, Contribution à l'étude des massifs plutoniques de la Tesorera et de La Sauceda, Mexique: Université de Bretagne Occidentale, Brest, France, Mémoire Master 1, 39 pp.

**Fyfe, W. S., (1973)**, The Generation of Batholiths, Geology Department, Manchester University, Manchester (Great Britain) Tectonophysics, 17, 273-283.

**González-Arroyo, A.; Chávez-Rangel, F. J.; Martínez-Tovar, M.; García-Ruiz J. M., Ramírez-Gutiérrez, J. G., 1997**, Informe Geológico-minero y Geoquímico de la Carta Zacatecas, F 13-6, escala 1:250,000, Consejo de Recursos Minerales, Estado de Zacatecas.

**Gamond, F. J., 1987**, Bridge structures as sense of displacement criteria in brittle fault zone, Journal of Structural Geology, 9 (5/6), 609-620.

**Guilbert, M. J. y Park, F. P., 1999**, Ore Deposits, Freeman, p. 985

**Jacques, M. y Pierre, V., 2001**, Tectónica: Limusa, Noriega editores, p 259.

**Labarthe-Hernández, G., Tristán-González, M., 1980**, Cartografía Geológica Hoja Santa María del Rio, San Luis Potosí, S. L. P., Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología y Metalurgia, Folleto Técnico 67, 32pp.

**Labarthe-Hernández, G., Tristán-González, M., 1981**, Cartografía Geológica Hoja Ahualulco, San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología y Metalurgia, Folleto Técnico 70, 34pp.

**Labarthe-Hernández, G; Tristán-González, M. 1980**, Cartografía Geológica Hoja San Francisco, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología y Metalurgia, Folleto Técnico 69, 28pp.

**Labarthe-Hernández, G., Tristán-González, M., Aguilón-Robles, A., 1982**, Estudio Geológico Minero del área de Peñón Blanco, Estados de San Luis Potosí y Zacatecas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología y Metalurgia, Folleto Técnico 76, 63pp.

**Labarthe-Hernández, G., Tristán-González, M., Aranda-Gómez, J. J., 1982**, Revisión estratigráfica del Cenozoico de la parte central del Estado de San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología y Metalurgia, Folleto Técnico 85, 208pp.

**Labarthe-Hernández, G., Tristán-González, M., Jiménez-López, L., Aguilón-Robles, A., 1987**, Estudio Geológico del Área de Asientos-Tepezalá, Aguascalientes, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología. Informe interno, Minas de San Luis, 57pp.

**Labarthe-Hernández, G., Tristán-González, M., Aguilón-Robles, A., Jiménez-López, L. S., Romero, A., 1989**. Cartografía Geológica 1:50,000 de las hojas El Refugio y Mineral El Realíto, Estados de San Luis Potosí y Guanajuato: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología, Folleto Técnico 112, 76pp.

**Longoria, J. F., 1994**, Recognition and Characteristics of a Strike-slip fault system in Mexico and its Mesozoic transpressional regime: implications in plate tectonics and

paleogeographic reconstruction, Boletín del departamento de la Universidad de Sonora 11, 77- 104.

**López-García, L. D., 2010**, Geología del Campo Volcánico de Charcas, S. L. P., Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ingeniería, Tesis de Licenciatura, 107pp.

**López-Ramos, E., 1974**, Geología General y de México; México D.F, 3ª Edición.

**McDowell, W. F., Keizer P. R., 1977**, Timing of mid-Tertiary volcanism in the Sierra Madre Occidental between Durango City and Mazatlan, Mexico, Department of Geological sciences, University of Texas at Austin, Austin, Texas 78712, 1479-1487

**Loza-Aguirre, I., Nieto-Samaniego, A. F., Alanís-Álvarez, S.A., Iriondo, A., 2008**, Relaciones estratigráficas estructurales en la intersección del sistema de fallas San Luis-Tepehuanes y el graben de Aguascalientes, México Central: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 25(3), 533-548.

**Morán-Zenteno, D. J., Martiny, B., Tolson, G., Solís-Pichardo, G., Alba-Aldave, L., Hernández-Bernal, M. del S., Macías-Romo, C., Martínez-Serrano, R., Schaaf, P., Silva-Romo, G., 2000**, Geocronología y características geoquímicas de las rocas magmáticas terciarias de la Sierra Madre del Sur, Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 53, 27-58

**Moran-Zenteno, D. J., Cerca, M., Dunkan, K. J., 2005**. La evolución tectónica y magmática Cenozoica del suroeste de México: avances y problemas de interpretación, Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, (57) 3, 319-341.

**Mújica-Mondragón, R., Albarrán, J., 1983**, Estudio petrogenético de las rocas ígneas y metamórficas del Altiplano Mexicano: Instituto Mexicano del Petróleo, Subdirección Técnica de Exploración, Proyecto C-1156, informe técnico (Inédito).

**Nieto-Samaniego, A. F., 1990 (1992)**, Fallamiento y estratigrafía cenozoicos en la parte sudoriental de la Sierra de Guanajuato; Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista (9) 2, 146-155.

**Nieto-Samaniego, A.F., Alaniz-Alvarez, S.A., Camprubí í Cano, A., 2005**. La Mesa Central: estratigrafía, estructura y evolución tectónica cenozoica: Boletín Sociedad Geológica Mexicana, 57 (3), 285–318.

**Ortega-Gutiérrez, F., Mitre-Salazar L.M., Roldan-Quintana J., Aranda-Gómez J.J., Moran-Centeno, D., Alanís-Álvarez S.A., Nieto-Samaniego A.F., 1992**, Carta Geológica de la República Mexicana escala 1: 2 000 000: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología y Secretaria de Energía Minas e Industria Paraestatal, Consejo de Recursos Minerales , 5ª edición , 1 mapa, 1 Folleto, 71pp.

**Park y MacDiarmid, 1975**, Ore Deposits, Third Edition, Freeman, 529pp.

**Padilla y Sánchez R. J., (1987)**, Apuntes de Geotectónica, Maestría en Ingeniería de Exploración de Recursos Energéticos del Subsuelo, DEPMI, Universidad Nacional Autónoma de México, 148pp..

**Philip-Kearey., Frederick, J.V., 1996**, Global Tectonics: Blackwell Science Ltd. 21-25.

**Ponce, B.F.S., Clark, K.F., 1988**, The Zacatecas Mining District: A Tertiary Caldera Complex Associated with Precious and Base Metal Mineralization: Economic Geology, 83(8), 1668-1682.

**Quevedo-Coronado, A. E., 2007**, Geología y Estructura de las zonas afectadas por la intrusión de los cuerpos plutónicos de Peñón Blanco, La Saucedá y Noria del Cerro, Estado de San Luis Potosí y Zacatecas. Universidad Autónoma De San Luis Potosí, Facultad de Ingeniería, Tesis de Licenciatura, 66 pp.

**Sánchez-Zavala, J. L.; Centeno-García, E.; Ortega-Gutiérrez, F., 1999**, Review of Paleozoic stratigraphy of México and its role in the Gondwana-Laurentia connections, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Geological Society of América, Special Paper, 336, 211-224.

**Servicio Geológico Mexicano., 2005**, Carta Santa María del Río F14C14. Escala 1:50,000. San Luis Potosí, S. L. P.

**Silva-Romo, G., Mendoza-Rosales, C. C., 2009**, Evaluación Geológica de los modelos para el truncamiento Cenozoico del sur de México: Erosión por subducción y *detachment* del bloque Chortis: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, (26)1, 165-176.

**Torres-Aguilera, J.M., 2005**, Caracterización petrográfica y geoquímica del vulcanismo bimodal en el semigraben de Bledos, en el Campo Volcánico de San Luis Potosí: San Luis Potosí, México. Tesis de Maestro en Ciencias, Facultad de Ingeniería, UASLP, 159 pp.

**Torres, J., Rojas-Escudero, I.; Salas-Hernández, H., 2001**, Carta Geológico-Minera y Geoquímica de la hoja Rincón de Romos, F13-B 89, Servicio Geológico Mexicano. Estado de Aguascalientes, Aguascalientes.

**Tristán-González, M., 1986**, Estratigrafía y tectónica del graben de Villa de Reyes, en los estados de San Luis Potosí y Guanajuato, México: San Luis Potosí, México, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología y Metalurgia, Folleto Técnico 107, 91 pp.

**Tristán-González, M.; Torres-Hernández, J. R., 1994**, Geología de la Sierra de Charcas, Estado de San Luis Potosí, México, Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, (11) 2, 117-138

**Tristán-González, M., (2008)**, Evolución Tectono-Volcánica durante el Paleógeno en la porción sur-oriental de la Mesa Central: Universidad Nacional Autónoma De México, Centro de Geociencias, UNAM, Tesis Doctoral, 207pp.

**Tristán-González, M., Aguirre-Díaz, G.J., Labarthe-Hernández, G., Torres-Hernández, J.J., Bellon, H., 2009**, Post-Laramide and pre-Basin and Range deformation and implications for Paleogene (55-25 Ma) volcanism in central Mexico: A geological basis for a volcano-tectonic stress model: Tectonophysics, 471, 136-152, DOI: 10.1016/j.tecto.2008.12.021.

**Tristán-González, M., Torres-Hernández, J. R., Labarthe-Hernández, G., Aguilón-Robles; A.; Yza-Guzmán R., (2012)**, Control estructural para el emplazamiento de vetas y domos félsicos en el Distrito Minero de Zacatecas, México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, (64)3, 253-367.

**Tristán-González, M., Aguilón-Robles, A., Barboza-Gudiño J.R., Cruz-Márquez, J.,, García-Arreola, M.E., Bellon, H., Franzetti, M., Labarthe-Hernández, G.,2015**, Características geoquímicas y significado tectónico del complejo de diques y domos félsicos del Eoceno de la Tesorera, Zacatecas, en la Mesa Central, México: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, (32)3, 455-474

**Yta, M., 1992**, Etude géodynamique et métallogénique d'un secteur de la "Faja de Plata", Mexique: la zone de Zacatecas–Francisco I. Madero–Saucito: Orleans, France., Université d'Orleans, Tesis doctoral, 287 pp.

**Yta, M., Lapierre, H., Monod, O., Wever, P., 1990,** Magmatic and structural characteristics of the Lower Cretaceous arc–volcano–sedimentary sequences of Saucito–Zacatecas–Fresnillo (Central Mexico); Geodynamic implications: München, Geowissenschaftliches Lateinamerika Kolloquium, Ludwig–Maximilians–Universität, Mémoire, 85.

**Zimmermann, J.L., Stein, G., Lapierre, H., Vidal, R., Campa, M.F., Monod, O., 1990,** Données géochronologiques nouvelles sur les granites laramiens du centro et l'ouest du Mexique (Guerrero et Guanajuato): Société Géologique de France, Réunion des Sciences de la Terre, 13, Grenoble, France, p. 127.

## ANEXO 01

## MEMORIA DE LEVANTAMIENTO DE CAMPO, DISTRITO MINERO ASIENTOS, AGUASCALIENTES.

PTOS	WGS 84		UTM NAD 27		Descripcion	Buzamiento	Angulo	Pitch
	Y	X	Y	X				
1	798902	2 460260	798898.577	2 460267.308	Capa Ttm	75	9	
2	798884	2 460245	798880.577	2 460252.307	Falla	81	64	75
3	798804	2 460221	798800.578	2 460228.305	Base capa Ttm	125	3	
4	798749	2 460197	798745.578	2 460204.304	Capa Ttm	133	3	
5	798726	2 460180	798722.578	2 460187.303	foto capas			
6	798699	2 460183	798695.578	2 460190.303	falla y foto	230	73	
7	798676	2 460170	798672.579	2 460177.302	falla	215	60	
8	798629	2 460162	798625.579	2460169.301	Capa Ttm	168	21	
9	798569	2 460142	798565.580	2 460149.300	Capa Ttm	90	7	
10	798319	2 460196	798315.58	2 460203.297	Base Capa Ttm			
11	798267	2 460194	798263.58	2 460201.297	Capa Ttm			
12	798257	2 460159	798253.581	2 460166.295	Cima Capa Ttm			
13	798270	2 460130	798266.581	2 460137.295	Contacto vitrofido			
14	798288	2 460114	798284.581	2 460121.295	Flujo vitrofido	130	15	
15	798259	2 460084	798255.582	2 460091.293	Contacto Tra			
16	798191	2 460036	798187.583	2 460043.291	Contacto Tra			
17	797830	2 459980	797826.585	2 459987.284	Capas Kfa	132	69	
18	797918	2 459864	797914.586	2 459871.282	Capa Ttm	135	25	
19	797904	2 459849	797900.586	2 459856.281	Contacto Kfa-Tra			
20	797893	2 459822	797889.587	2 459829.281	Contacto Kfa-Tra	119	12	
21	797887	2 459800	797883.587	2 459807.280	Contacto Kfa-Tra			
22	797885	2 459785	797881.587	2 459792.297	Contacto Kfa-Tra			
23	797885	2 459627	797881.589	2 459634.275	Falla	232	70	
24	797910	2 459599	797906.59	2 459606.275	Falla	232	70	
25			797950.241	2459489.28	Falla	28	80	
26	798026	2 459517	798022.59	2 459524.27	Flujo Tra	71	46	
27	798081	2 459540	798077.59	2 459547.276	Alteracion			
28	798112	2 459572	798108.589	2 459579.277	Flujo Tra	201	19	
29	798139	2 459608	798135.589	2 459615.278	Falla	65	80	
30	799331	2 460717	799327.569	2 460724.327	Flujo Tra	133	4	
31	799341	2 460696	799337.569	2 460703.327	Vitrofido capa	101	13	
32	799351	2 460692	799347.569	2 460699.327	Vitrofido	69	6	
33	799307	2 460578	799303.571	2 460585.323	Tim	339	7	
34	799280	2 460551	799276.571	2 460558.322	Tim	353	11	
35	799266	2 460524	799262.572	2 460531.321	Tim	120	9	

ANEXO 01 (CONTINUACION)

MEMORIA DE LEVANTAMIENTO DE CAMPO, DISTRITO MINERO ASIENTOS, AGUASCALIENTES.

PTOS	WGS 84		UTM NAD 27		Descripcion	Buzamiento	Angulo	Pitch
	Y	X	Y	X				
36	799017	2 460138	799013.578	2 460145.306	Contacto Tim-fotos	308	18	
37	798889	2 460099	798885.579	2 460106.303	Flujo Tra	225	13	
38	798857	2 460070	798853.579	2 460077.302	Flujo Tra	198	27	
39	798839	2 460054	798835.58	2 460061.301	Flujo Tra	209	24	
40	798736	2 460014	798732.585	2 460021.299	Flujo Tra	190	18	
41	798667	2 459986	798663.581	2 459993.297	Flujo Tra	175	20	
42	798583	2 459950	798579.582	2 459957.295	Flujo Tra	350	19	
43	798429	2 459883	798425.584	2 459890.29	Flujo Tra	310	20	
44	798147	2 459727	798143.587	2 459734.282	Fracturamiento	52	69	
45	798141	2 459725	798137.587	2 459732.282	Flujo Tra	289	23	
46	798095	2 459703	798091.587	2 459710.280	Flujo Tra	290	22	
47	798077	2 459687	798073.588	2 459694.280	Flujo Tra	302	50	
48	797408	2 459316	797404.596	2 459323.259	Falla inversa y foto	178	19	
49					Kfa	40	26	
50	797365	2 459292	797361.596	2 459299.258	foto Pleg. intenso			
51	797342	2 459288	797338.596	2 459295.257	Kfa foto	90	30	
52	797308	2 459295	797304.596	2 459302.257	Kfa	83	34	
53	797308	2 459332	797304.596	2 459339.258	Falla	143	33	
54	797339	2 459373	797335.595	2 459380.260	Ksc	81	46	
55	797221	2 459351	797217.596	2 459358.257	Kfa	65	35	
56	797244	2 459348	797240.596	2 459355.258	Kfa	79	45	
57	797454	2 459368	797450.595	2 459375.261	Falla inversa y foto	162	34	
58	797574	2 459500	797570.592	2 459507.267	Falla puerto	72	51	
59	797538	2 459339	797534.595	2 459346.262	Falla	23	39	
60	798212	2 459587	798208.589	2 459594.279	Flujo Tra	156	32	
61	798212	2 459587	798208.589	2 459594.279	Flujo Tra	114	40	
62	798349	2 459566	798345.588	2 459573.280	Flujo Tra	137	52	
62b	798776	2 459890	798772.582	2 459897.226	Flujo Tra	199	31	
63	798782	2 459898	798778.582	2 459905.296	Fracturas de tension	91	71	
64	798855	2 459813	798851.583	2 459820.295	Flujo Tra	165	53	
65	798727	2 459786	798723.584	2 459793.292	Flujo Tra	205	54	
66	798717	2 459767	798713.584	2 459774.292	Foto Flujo Tra	221	23	
67	798652	2 459721	798648.585	2 459728.289	Flujo Tra	74	30	
68	798608	2 459698	798604.585	2 459705.288	Flujo Tra	114	21	
69	798542	2 459608	798538.587	2 459615.284	Flujo Tra	175	10	

## ANEXO 01 (CONTINUACION)

## MEMORIA DE LEVANTAMIENTO DE CAMPO, DISTRITO MINERO ASIENOS, AGUASCALIENTES.

PTOS	WGS 84		UTM NAD 27		Descripcion	Buzamiento	Angulo	Pitch
	Y	X	Y	X				
70	798468	2 459556	798464.588	2 459563.282	Flujo Tra	119	20	
71	798445	2 459466	798441.589	2 459473.279	Foto Flujo Tra	156	59	
72	798338	2 459568	798334.588	2 459575.280	Flujo Tra	251	50	
73	798263	2 459563	798259.589	2 459570.279	Flujo Tra	136	37	
74	798188	2 459598	798184.589	2 459605.279	Flujo Tra	196	51	
75	798140	2 459610	798136.589	2 459617.278	Falla normal	214	65	
76	798135	2 459609	798131.589	2 459616.278	Flujo Tra	189	34	
77	798033	2 459515	798029.59	2 459522.274	Foto flujo Tra			
78	797775	2 459494	797771.592	2 459501.270	Foto Deformacion int			
79	797586	2 459014	797582.599	2 459021.254	Kfa	45	36	
80	797572	2 459032	797568.599	2 459039.254	Kfa			
81	797555	2 459102	797551.598	2 459109.255	Foto Kfa bastones Cz	2	42	
82	797550	2 459147	797546.597	2 459154.257		72	47	
83	797510	2 459247	797506.596	2 459254.259	Foto Ksc	23	10	
84	797542	2 459277	797538.596	2 459284.260	Ksc	130	45	
85	797569	2 459400	797565.594	2 459407.264	Kfa	140	47	
86	798808	2 459748	798804.584	2 459755.292	Flujo Tra	188	37	
87	798839	2 459759	798835.584	2 459766.293	Flujo Tra	169	49	
88	799065	2 459778	799061.583	2 459785.297	Flujo Tra	165	20	
89	799065	2 459759	799061.583	2 459766.297	Flujo Tra	308	34	
90	799219	2 459718	799215.583	2 459725.298	Flujo Tra	115	27	
91	799304	2 459702	799300.583	2 459709.299	Fracturas de tension			
a	799249	2 459655	799245.584	2 459662.297	Fracturas de tension			
b	799245	2 459648	810157.812	2 460047.924	Fracturas de tension			
c	799220	2 459549	799216.585	2 459556.293	Fracturas de tension			
d	799134	2 459550	799130.585	2 459557.292	Fracturas de tension			
92	798988	2 459704	798984.584	2 459711.294	Flujo Tra	55	4	
93	798993	2 459723	798989.584	2459730.295	Flujo Tra	56	18	
94	799342	2 460667	799338.569	2 460674.326	foto vitofido Tra-Tim			
95	798378	2 459529	798374.589	2 459536.280	Flujo Tra	196	57	
96	798357	2 459502	798353.589	2 459509.279	Flujo Tra	150	47	
97	798452	2 459126	798448.594	2 459133.270	Falla La no Pensada	60	43	
98	798573	2 459060	798564.594	2 459067.270	Falla	52	70	
99	798674	2 459100	798670.593	2 459107.272	Vitrofitido-Ttm			
100	798680	2 459163	798676.593	2 459170.274	Capa Ttm	268	5	

ANEXO 01 (CONTINUACION)

MEMORIA DE LEVANTAMIENTO DE CAMPO, DISTRITO MINERO ASIENTOS, AGUASCALIENTES.

PTOS	WGS 84		UTM NAD 27		Descripcion	Buzamiento	Angulo	Pitch
	Y	X	Y	X				
101	798751	2 459169	798747.592	2 459176.276	Cima Ttm			
102	788990	2 459187	798986.591	2 459194.280	Cto Vitrofito-Tra			
103	798840	2 459195	798836.591	2 459202.278	Flujo Tra	218	12	
104	798899	2 459241	798895.591	2 459248.280	Flujo Tra	348	17	
105	798907	2 459220	798903.591	2 459227.279	Cto Ttm-Tra			
106	799156	2 459247	799152.589	2 459254.284	Foto cto Vitrofito			
107	800005	2 459266	800001.586	2 459273.297	Flujo Tra	288	22	
108	800199	2 459682	800195.579	2 459689.312	Falla			
109	800209	2 459702	800205.579	2 459709.313	Flujo Tra	205	24	
110	799770	2 460454	799766.57	2 460461.327	Fractura-Riedels	99	94	
111	799809	2 460499	799805.57	2 460506.329	Flujo Tra	82	20	
112	799826	2 460542	799822.569	2 460549.330	Flujo Tra	5	10	
113	799918	2 460712	799914.566	2 460719.336	Falla y fotos			
114	800165	2 461244	800161.558	2 461251.355	Flujo Tra	188	40	
115	798565	2 461939	798561.555	2 461946.350	Falla	35	47	85
116	798537	2 461965	798533.555	2 461972.350	Flujo Tra y foto	310	22	
117	798605	2 462232	798601.551	2 462239.358	Flujo Tra	214	26	
118	798702	2 462388	798698.548	2 462395.364	Flujo Tra	5	47	
119	798628	2 462502	798624.547	2 462509.366	Tim	323	42	
120	798491	2 462495	798487.547	2 462502.364	Tim	206	35	
121	798257	2 462249	798253.552	2 462256.354	Tim	197	30	
122	798232	2 461905	798228.557	2 461912.344	Flujo Tra	216	50	
123	798195	2 461924	798191.557	2 461931.344	Falla p. y foto	7	80	65
124	798181	2 461747	798177.559	2 461754.338	Flujo Tra	308	20	
125	798215	2 461658	798211.56	2 461665.336	Cto Ttm-Tra	278	5	
126	798405	2 461649	798401.56	2 461656.339	Capas Ttm	273	9	
127	798663	2 461421	798659.562	2 461428.337	Falla	54	52	
128	803775	2 667753	803767.415	2 667768.659	Fotos Oriente Altam.	297	48	
129			797640.56	2 461855.333	Cto. Domo Kfa	110	50	85
130			797644	2 461848	Flujo Tra	269	25	
131	797693	2 461747	797689.561	2 461754.331	Lamina delgada Tra			
132	796507	2 459859	796503.592	2 459866.260	Lamina delgada Tim			
133	796507	2 459859	796503.592	2 459866.260	Quimica de roca			
134	799354	2 460760	799350.568	2 460767.329	Vitrofito- Tim	200	56	
135	799420	2 460691	799416.569	2 460698.328	FotosTim	300	13	

ANEXO 01 (CONTINUACION)

MEMORIA DE LEVANTAMIENTO DE CAMPO, DISTRITO MINERO ASIENTOS, AGUASCALIENTES.

PTOS	WGS 84		UTM NAD 27		Descripcion	Buzamiento	Angulo	Pitch
	Y	X	Y	X				
136	799424	2 460686	799420.569	2 460693.328	fech. Tim. TAGS-2			
137	799158	2 460269	799154.575	2 460276.312	Fotos Falla Tim	50	72	60
138	799164	2 460297	799160.575	2 460304.313	Fotos vista al W			
139	799155	2 460266	799151.576	2 460273.312	Fotos base Tim			
140	799136	2 460265	799132.576	2 460272.312	Tim	286	28	
141	799132	2 460258	799128.576	2 460265.312	Cto. Tra-Tim			
142	799137	2 460252	799133.576	2 460259.311	Tim	217	6	
143	799136	2 460251	799133.576	2 460259.311	Tim	262	5	
144	799135	2 460253	799131.576	2 460260.311	Tim	233	8	
145	799070	2 460193	799066.577	2 460200.309	Tim	325	16	
146	799031	2 460182	799027.577	2 460189.308	Tim	47	26	
147	799010	2 460175	799006.577	2 460182.307	Tim	300	21	
148	799005	2 460171	799001.577	2 460178.307	Foto Tim			
149	799001	2 460158	798997.578	2 460165.307	Tim	295	20	
150	799010	2 460145	799006.578	2 460152.307	Cto. Vitrofitido-Tim	308	6	
151	798808	2 460223	798804.577	2 460230.306	Foto capa Ttm			
152	798718	2 460181	798714.578	2 460188.303	Aflor. Capa lado sur			
153	798730	2 460184	798726.578	2 460191.303	Foto capa Ttm lado sur			
154	798717	2 460258	798713.577	2 460265.305	Capa Ttm	75	10	
155	798962	2 460432	798958.574	2 460439.314	Fujo Tra	18	15	
156	798834	2 460427	798830.575	2 460434.312	Falla Sta. Francisca	206	55	
157	798967	2 460516	798963.573	2 460523.316	Flujo Tra	113	11	
158	798936	2 460519	799009.573	2 460526.317	Flujo Tra	85	19	
159	799013	2 460508	799009.573	2 460515.370	Flujo Tra	79	35	
160	799144	2 460479	799140.573	2 460486.318	Flujo Tra	90	12	
161	796167	2 460405	796163.586	2 460412.270	Flujo Tra	165	28	
162	799185	2 460349	799181.574	2 460356.315	Cto.vitrofitido-Tim			
163	799197	2 460397	799193.574	2 460404.316	Cto. Inf. Tra			
164	799255	2 460524	799251.572	2 460531.321	Flujo Tra	126	9	
165	799274	2 460527	799270.571	2 460534.321	Flujo Tra			
166	799290	2 460643	799286.57	2 460650.325	Flujo Tra	132	20	
167	797622	2 459461	797618.593	2 459468.266	Veta sist. Jeronimo	68	83	
168	797638	2 459378	797634.594	2 459385.264	F. Veta sist. Jeronimo	86	80	
169	797677	2 459259	797673.595	2 459266.262	Veta sist. Jeronimo			
170	797633	2 459161	797629.597	2 459168.258	F. Veta sist. Jeronimo	68	83	

## ANEXO 01 (CONTINUACION)

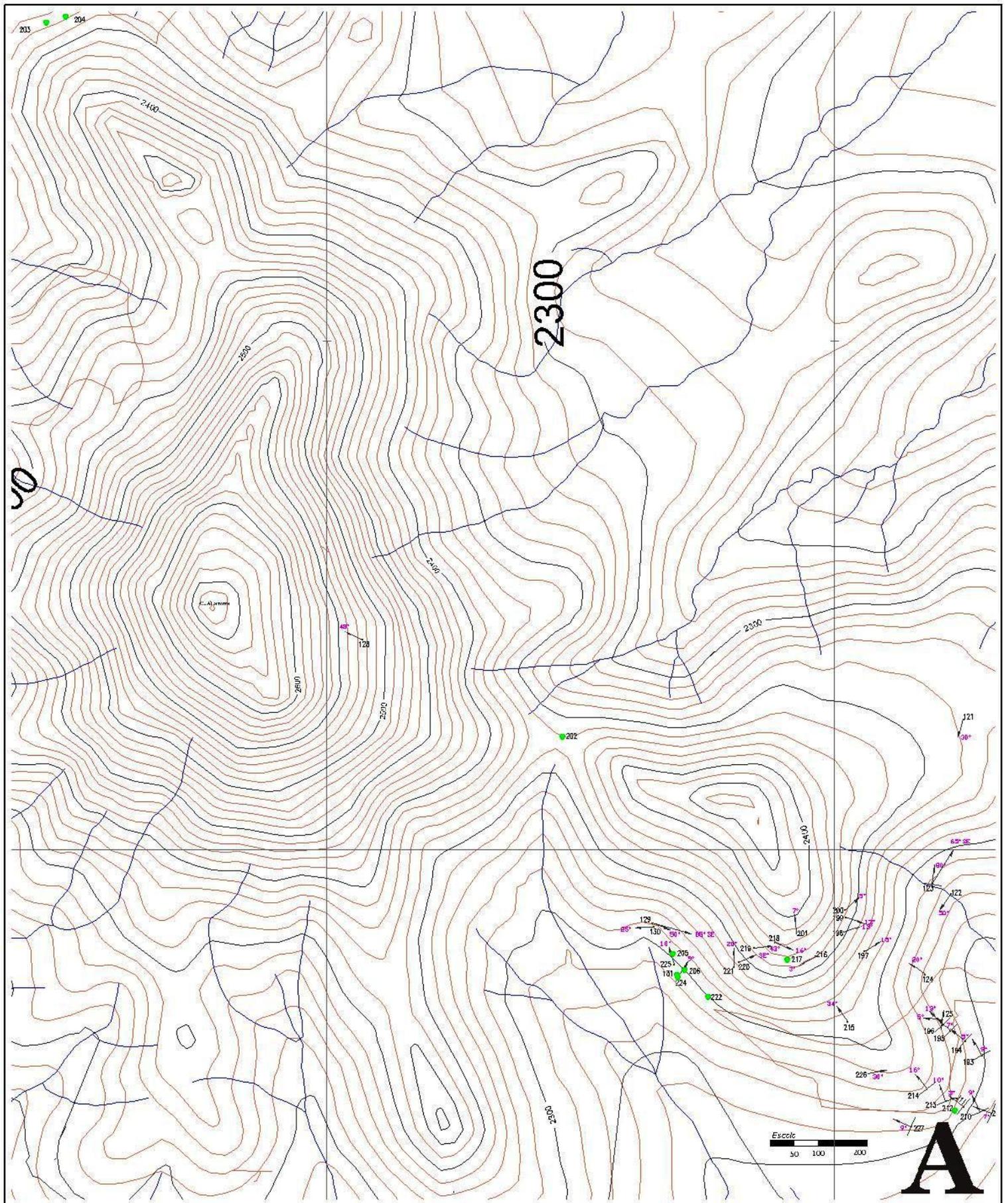
## MEMORIA DE LEVANTAMIENTO DE CAMPO, DISTRITO MINERO ASIENTOS, AGUASCALIENTES.

PTOS	WGS 84		UTM NAD 27		Descripcion	Buzamiento	Angulo	Pitch
	Y	X	Y	X				
171	797662	2 459086	797658.598	2 459093.257	Foto carbonatos-areni			
172	797693	2 459085	797689.598	2 459092.257	Socavon			
173	797757	2 459057	797753.598	2 459064.257	Silisificacion en sedi.			
174	798367	2 459088	798363.595	2 459095.267	Veta sist. Jeronimo	57	89	
175	798367	2 459096	798363.595	2 459103.268	Veta sist. Jeronimo			
176	798356	2 459109	798352.595	2 459116.268	Veta sist. Jeronimo	63	84	77
177	798325	2 459137	798321.594	2 459144.268	Veta sist. Jeronimo	62	84	
178	798324	2 459151	798320.594	2 459158	Fotos	46	80	77
179	798295	2 459191	798291.594	2 459198.269	Veta sist. Jeronimo	63	80	
180	798152	2 459329	798148.592	2 459336.271	Veta sist. Jeronimo			
181	797578	2 459619	797574.591	2 459626.270	Veta sist. Jeronimo	53	42	
182	797561	2 459637	797557.591	2 459644.270	Veta sist. Jeronimo	57	80	77
183	797520	2 459683	797516.59	2 459690.271	Veta sist. Jeronimo	70	72	
184	797678	2 459852	797674.587	2 459859.278	Veta sist. Jeronimo	77	63	
185	797646	2 460191	797642.583	2 460198.287	Veta sist. Jeronimo	83	87	
186	797833	2 460288	797829.581	2 460295.293	Bx Falla Ksc			
187	797855	2 460285	797851.58	2 460292.293	Foto Sed. Recientes			
188	797954	2 460497	797950.577	2 460504.300	Foto Sed. Recientes			
189	798059	2 460868	798055.572	2 460875.312	Foto Sed. Recientes			
190	798568	2 461415	798564.562	2 461422.335	Foto cerro Las Peñitas			
191	798375	2 461432	798371.563	2 461439.333	Capa Ttm	303	9	
192	798380	2 461454	798376.562	2 461461.333	Capa Ttm	285	3	
193	798293	2 461588	798289.561	2 461595.336	Capa Ttm	330	9	
194	798260	2 461616	798256.561	2 461623.336	Capa Ttm	310	5	
195	798231	2 461636	798227.56	2 461643.336	Capa Ttm	316	7	
196	798216	2 461648	798212.56	2 461655.336	Capa Ttm	318	13	
197	798062	2 461793	798058.559	2 461800.338	Flujo Tra	57	15	
198	798021	2 461831	798017.559	2 461838.338	Flujo Tra	72	13	
199	798025	2 461860	798021.558	2 461867.339	Flujo Tra	108	13	
200	798024	2 461874	798020.558	2 461881.340	Flujo Tra	46	5	
201	797928	2 461827	797924.559	2 461834.337	Flijo Tra	356	7	
202	797468	2 462214	797464.556	2 462221.340	Falla puerto Altamira			
203	796452	2 463619	796448.54	2 463626.364	Kfa			
204	796489	2 463630	796485.54	2 463637.365	Fech. Kfa Tags-3			
205	797685	2 461788	797681.561	2 461795.332	Flujo Tra			

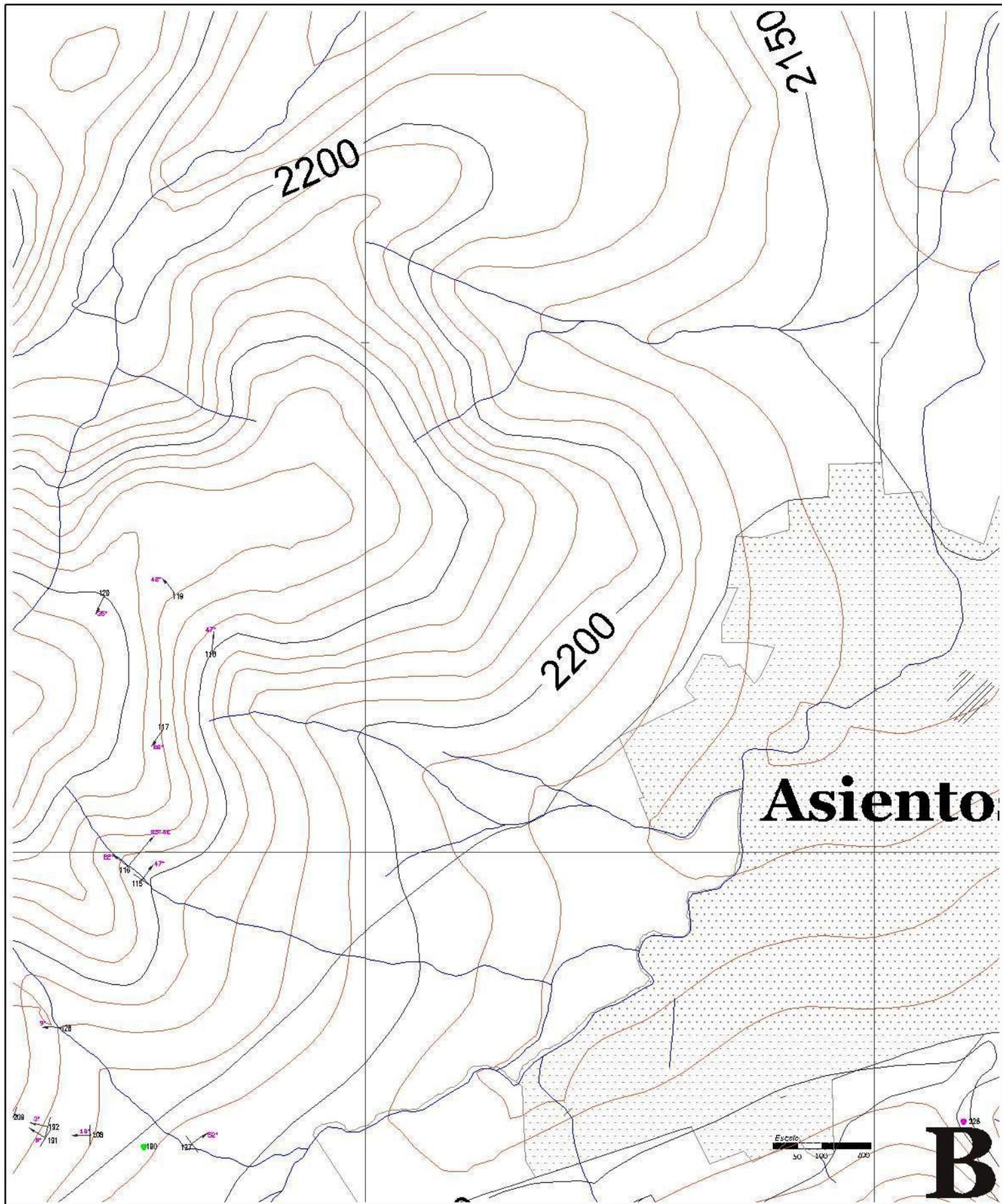
## ANEXO 01 (CONTINUACION)

## MEMORIA DE LEVANTAMIENTO DE CAMPO, DISTRITO MINERO ASIENTOS, AGUASCALIENTES.

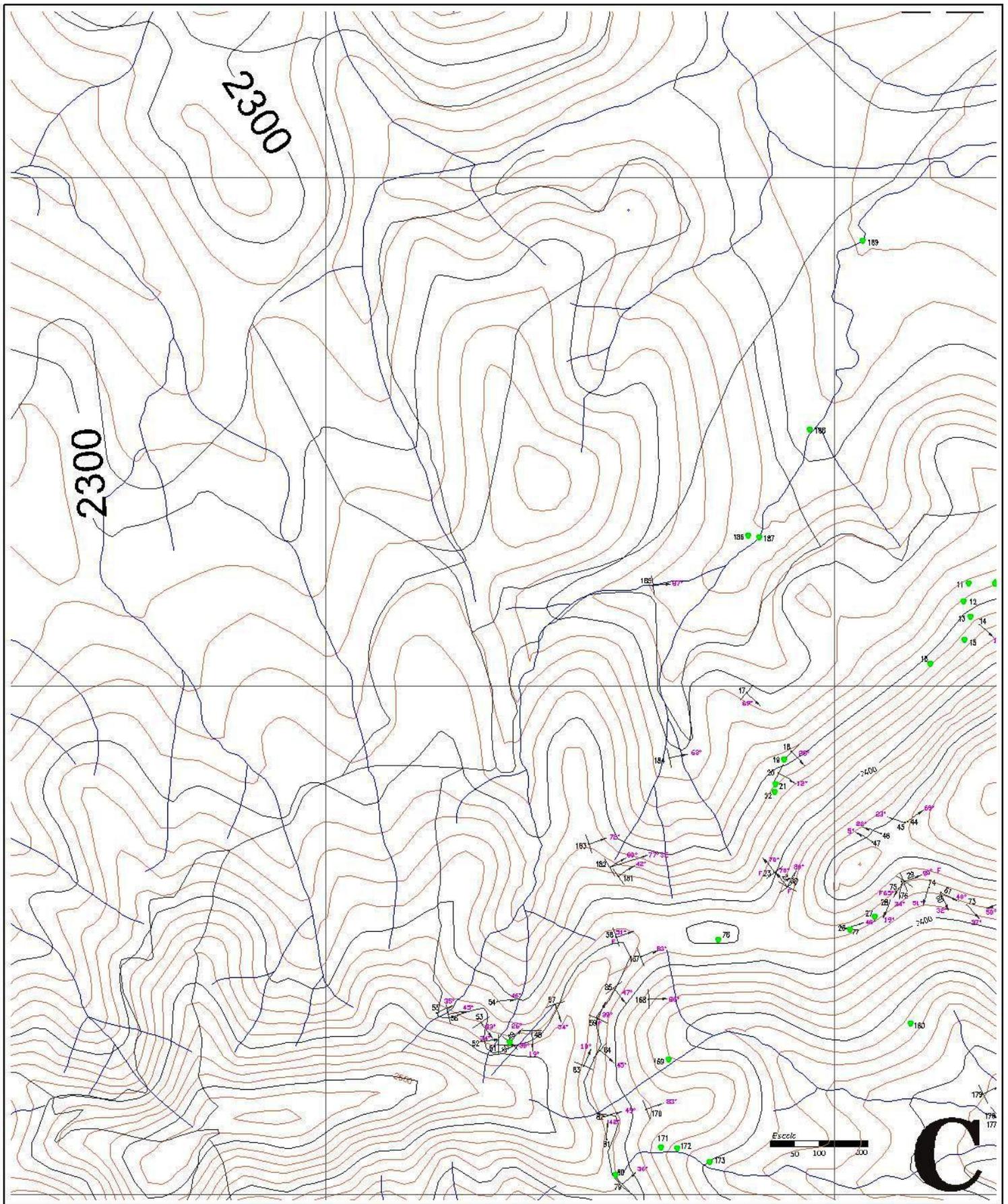
PTOS	WGS 84		UTM NAD 27		Descripcion	Buzamiento	Angulo	Pitch
	Y	X	Y	X				
206	797708	2 461755	797704.561	2 461762.331	Foto pliegues de flujo			
207	798515	2 461280	798511.564	2 461287.331	Foto Sed. Recientes			
208	798463	2 461438	798459.562	2 461445.334	Capa Ttm	270	10	
209	798312	2 461474	798308.562	2 461481.333	Capa Ttm	291	7	
210	798289	2 461476	798285.562	2 461483.333	Capa Ttm	337	9	
211	798257	2 461487	798253.562	2 461494.332	Capa Ttm	308	3	
212	798239	2 461480	798235.563	2 461487.332	Foto a detalle Ttm			
213	798222	2 461498	798218.562	2 461505.332	Capa Ttm	340	10	
214	798185	2 461522	798181.502	2 461529.332	Capa Ttm	323	16	
215	798029	2 461654	798025.561	2 461661.333	Flujo Tra	326	34	
216	797966	2 461783	797962.559	2 461790.336	Flujo Tra	240	3	
217	797910	2 461775	797906.56	2 461782.335	Foto entre flujos Tra			
218	797885	2 461810	797881.559	2 461817.336	Flujo Tra	111	16	
219	797845	2 461799	797683.561	2 461806.335	Flujo Tra	82	43	
220	797814	2 461771	797810.56	2 461778.333	Flujo Tra	64	32	
221	797805	2 461761	797801.56	2 461768.333	Flujo Tra	0	20	
222	797754	2 461702	797750.561	2 461709.331	Pliegues de Flujo Tra			
223	0	0	0	0	0	0	0	
224	797695	2 461741	797691.561	2 461748.331	Flujo Tra	30	9	
225	797687	2 461767	797683.561	2 461774.331	Flujo Tra	345	10	
226	798069	2 461552	798065.562	2 461559.331	Flujo Tra	77	30	
227	798154	2 461448	798150.563	2 461455.330	Capa Ttm	294	9	
228	800178	2 461464	800174.555	2 461471.361	Fech. Tra. TAGS-1			
229			799001	2 460327	Flujo Tra	58	22	
230			799042	2 460365	Flujo Tra	56	34	
231			799073	2 460417	Flujo Tra	76	34	
232			799251	2 460515	Flujo Tra	89	14	



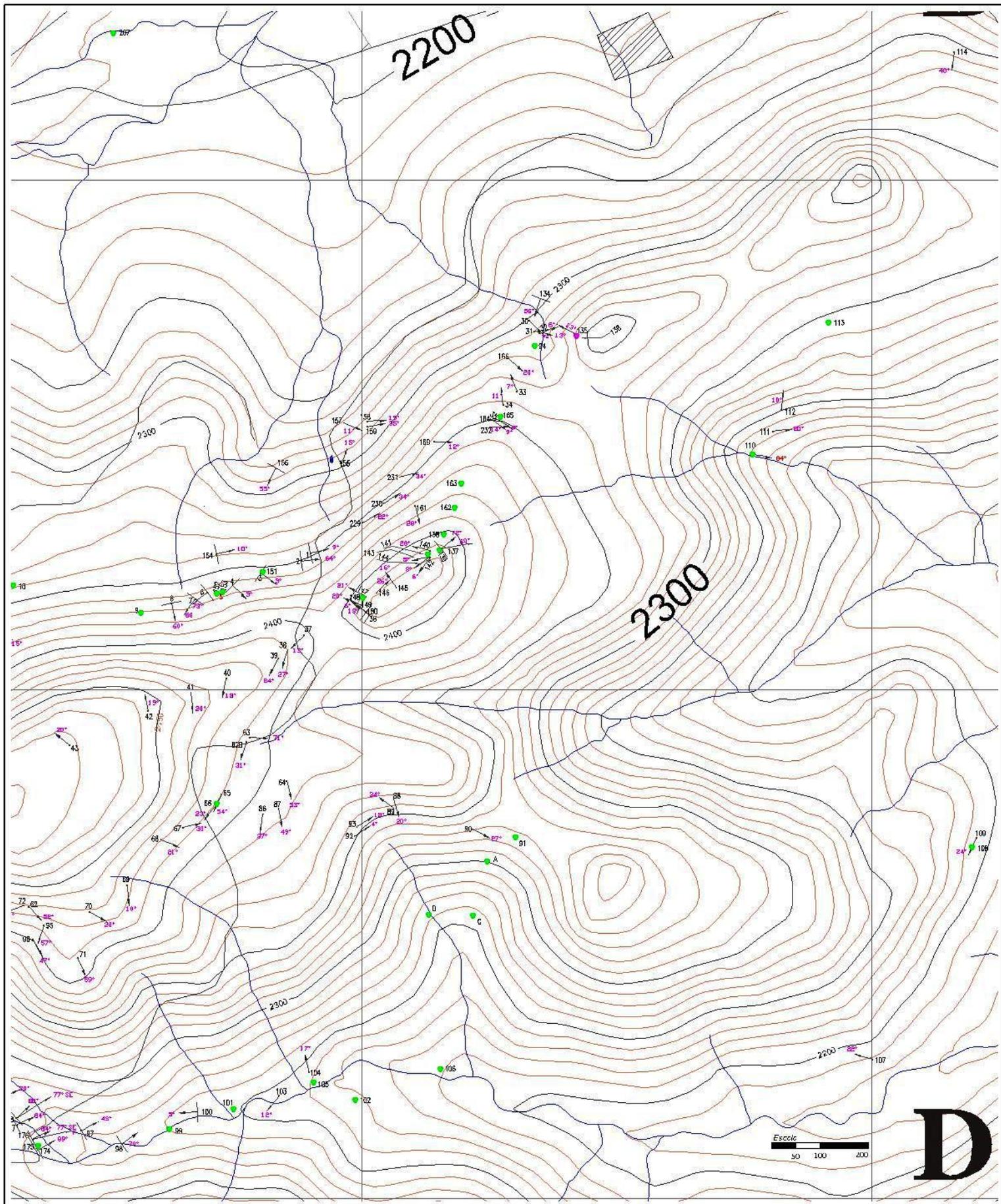
**ANEXO 2. LOCALIZACIÓN DE DATOS DE CAMPO DE LA FIGURA 1**



**ANEXO 2. LOCALIZACIÓN DE DATOS DE CAMPO DE LA FIGURA 1 (CONTINUACIÓN).**

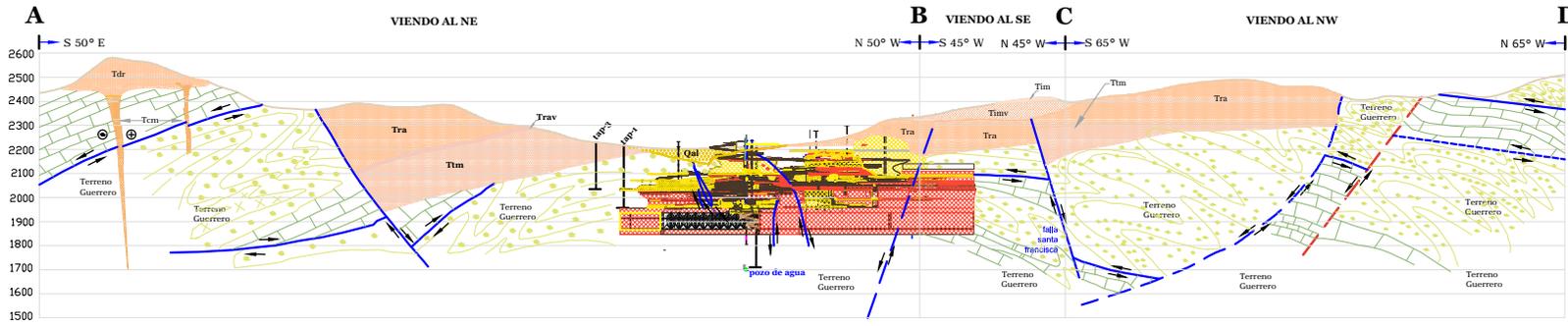


**ANEXO 2. LOCALIZACIÓN DE DATOS DE CAMPO DE LA FIGURA 1 (CONTINUACIÓN).**



**ANEXO 2. LOCALIZACIÓN DE DATOS DE CAMPO DE LA FIGURA 1 (CONTINUACIÓN).**

# SECCIÓN LONGITUDINAL A-D DISTRITO MINERO DE ASIENTOS, AGUASCALIENTES, MÉXICO



COLUMNA ESTRATIGRÁFICA

- Qal** ALUVIÓN.- Está constituido por gravas, arenas y arcillas, forman las terrazas en los márgenes de los cauces.
- Qel** COLUVIÓN.- Consiste de sedimentos que forman delgadas cubiertas que se depositan en las laderas de los cerros, constituido por bloques de diferentes magnitudes.
- Jales** JALES.- Material constituido como producto de la separación de los minerales económicos
- ROCAS VOLCÁNICAS**
- Tim** IGNIMBRITA LAS MANZANILLAS.- Ignimbritas riolíticas rojizas muy fluidales, con un vítrófilo de color negro. Timv VITRÓFIDO BASAL.
- Tra** RIOLITA ALTAMIRA.- Consiste de al menos tres derrames riolíticos de color rojizo a gris claro, textura porfírica y fluidal; con 10-20% de fenocristales de sanidino y cuarzo . Trav VITRÓFIDO BASAL .
- Tm** TOBA LÍTICA MINERVA. De color crema, presenta líficos angulares a subarredondados; contiene de 1-2% de fenocristales de cuarzo y sanidino, y pómez sin colapsar.
- ROCAS SEDIMENTARIAS.**
- Kfa** FLYCH ASIENTOS.- Estratos de Arenisca de color verdoso de grano fino a grueso intercalada con limolitas y algunas calizas lenticulares con espesor grueso, afectado por metamorfismo dinámico.
- Kue** UNIDAD CARBONATADA.- Consta de estratos de caliza de 5 a 10 cm. De espesor intercalados con laminaciones de limolitas de color violáceo.
- ROCAS INTRUSIVAS**
- Tem** DIQUES .- Diques cuarzo-monzoníticos y riolíticos.
- Tdr** DOMO RIOLÍTICO.- Domo exógeno , que presenta algunos tipos de alteración mala foliación de flujo (Argilización y silicificación)
- Alt** ALTERACIÓN HIDROTHERMAL. Compuesta principalmente por silicificación y argilización de la roca encajonante.
- HORNFEL**- De color gris oscuro verdoso, presenta bandas de silicificación y algunos lentes de cuarzo blanco lechoso, en forma de bastones.
- CUERPO MINERAL**
- ZONA CON MINERAL**
- ZONA DE MINERAL EXTRAIDO**

Terreno Guerrero

LEYENDA

- TIRO VERTICAL
- BARRENO DE EXPLORACIÓN
- FALLA DE MOVIMIENTO LATERAL IZQUIERDO, sección transversal
- VETA
- CABALGADURA
- FALLAS NORMALES Y FRACTURAS INFERIDAS
- FALLAS NORMALES Y FRACTURAS
- PERFIL DE SECCIÓN LONGITUDINAL A-A'
- RUMBO DE SECCIÓN
- PLAN DE MINADO BARRENACIÓN LARGA
- OBRAS MINERAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ (U.A.S.L.P.)  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POSGRADO EN CIENCIAS EN GEOLOGÍA APLICADA

NOMBRE DE TESIS:  
"CONTROL ESTRUCTURAL DE LA MINERALIZACIÓN DEL  
DISTRITO MINERO DE ASIENTOS, AGUASCALIENTES."



SECCIÓN LONGITUDINAL A-D  
DISTRITO MINERO ASIENTOS, AGUASCALIENTES,  
MÉXICO

INVESTIGADOR:  
ASIENTOS, AGUASCALIENTES,  
MÉXICO

ESCALA:  
1:20 000

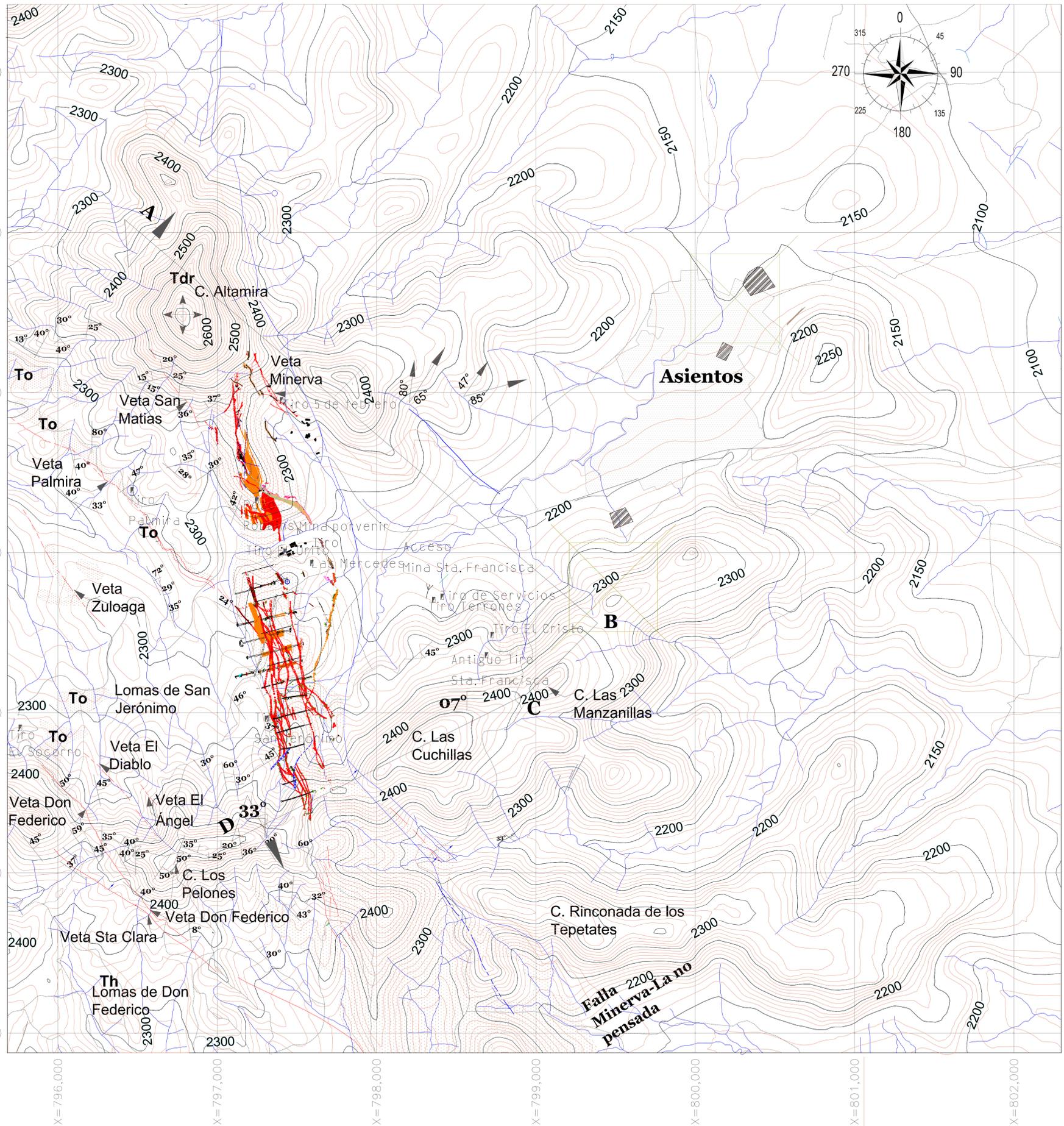
UNIDAD:  
METROS

ASISTENTE:  
ING. GUILLERMO CUELLAR  
GONZÁLEZ

ELABORÓ:  
ING. GUILLERMO CUELLAR  
GONZÁLEZ

ANEXO 03





## Columna Estratigráfica

- Qal** ALUVIÓN.— Está constituido por gravas, arenas y arcillas, forman las terrazas en los márgenes de los cauces.
- Qcl** COLUVIÓN.— Consiste de sedimentos que forman delgadas cubiertas que se depositan en las laderas de los cerros, constituido por bloques de diferentes magnitudes.
- Jales** JALES.— Material constituido como producto de la separación de los minerales económicos
- ROCAS VOLCÁNICAS**
- Tim** GNIMBRITA LAS MANZANILLAS.— Lavas riolíticas rojizas muy fluidales, con un vitrófido de color negro. Timv VITRÓFIDO BASAL.
- Tra** RIOLITA ALTAMIRA.— Consiste de al menos tres derrames riolíticos de color rojizo a gris claro, textura porfirítica y fluidal; con 10–20% de fenocristales de sanidino y cuarzo . Trav VITRÓFIDO BASAL .
- Ttm** TOBA LÍTICA MINERVA. De color crema, presenta líticos angulares a subarredondados; contiene de 1–2% de fenocristales de cuarzo y sanidino, y pómez sin colapsar.
- ROCAS SEDIMENTARIAS.**
- Kfa** FLYSCH ASIENTOS.— Estratos de Arenisca de color verdoso de grano fino a grueso intercalado con limolitas y algunas calizas reticulares con espesor grueso, afectado por metamorfismo dinámico.
- Kuc** SERIE CARBONATADA.— Consta de estratos de caliza de 5 a 10 cm. De espesor intercalados con laminaciones de limolitas de color violáceo.
- Tir** DIQUES .— Diques cuarzo–monzoníticos y riolíticos.
- Tdr** DOMO RIOLITICO.— Domo exógeno , que presenta algunos tipos de alteración (Argilización y silicificación)
- ALTERACIONES**
- Alt** ALTERACIÓN HIDROTHERMAL. Compuesta principalmente por silicificación y argilización de la roca encojonante.
- To** OXIDACIÓN.—
- Th** HORNFEL.— De color gris oscuro verdoso, presenta bandas de silicificación y algunos lentes de cuarzo blanco lechoso, en forma de bastones.
- CUERPO MINERAL**
- ZONA CON MINERAL**
- ZONA DE MINERAL EXTRAIDO**

**Terreno Guerrero**

## Leyenda

- Fracturas
- Contacto geológico.
- Contacto geológico inferido
- 33° Rumbo y echado en rocas sedimentarias
- ▲ Rumbo y echado de rocas volcánicas
- Falla normal buscando el lado hundido
- Veta
- Oxidos
- Diques
- Línea de sección
- Barreno de Exploración
- Falla de movimiento lateral izquierdo
- Tiros y pozos
- Accesos a minas
- Dornos
- Zanjas
- Falla Normal Inferida
- Falla Normal
- Cabalgadura
- 2450 Curva de nivel.
- Corrientes y vías de conducción de agua**
- Bordo
- Corriente de agua: intermitente
- Cuerpos de agua**
- Cuerpo de agua: intermitente
- Áreas Urbanas**
- Área urbana
- Edificaciones e Instalaciones Diversas de área**
- Instalaciones diversas ( deportiva y recreativas,otro).
- Vías de Transportación**
- Brecha
- Vereda
- Carretera federal 22, pavimentada de dos carriles.

## VETAS, DIQUES Y FALLAS

TESIS:  
CONTROL ESTRUCTURAL DE LA MINERALIZACIÓN DEL DISTRITO MINERO DE ASIENTOS, AGUASCALIENTES

FUENTE:  
CARTAS TOPOGRÁFICAS  
INEGI: F13B79 Y F13B89

ESCALA:  
1:30 000

DIBUJO Y ELABORÓ:  
ING. GUILLERMO CUELLAR GONZÁLEZ

ADOTACIÓN:  
METROS

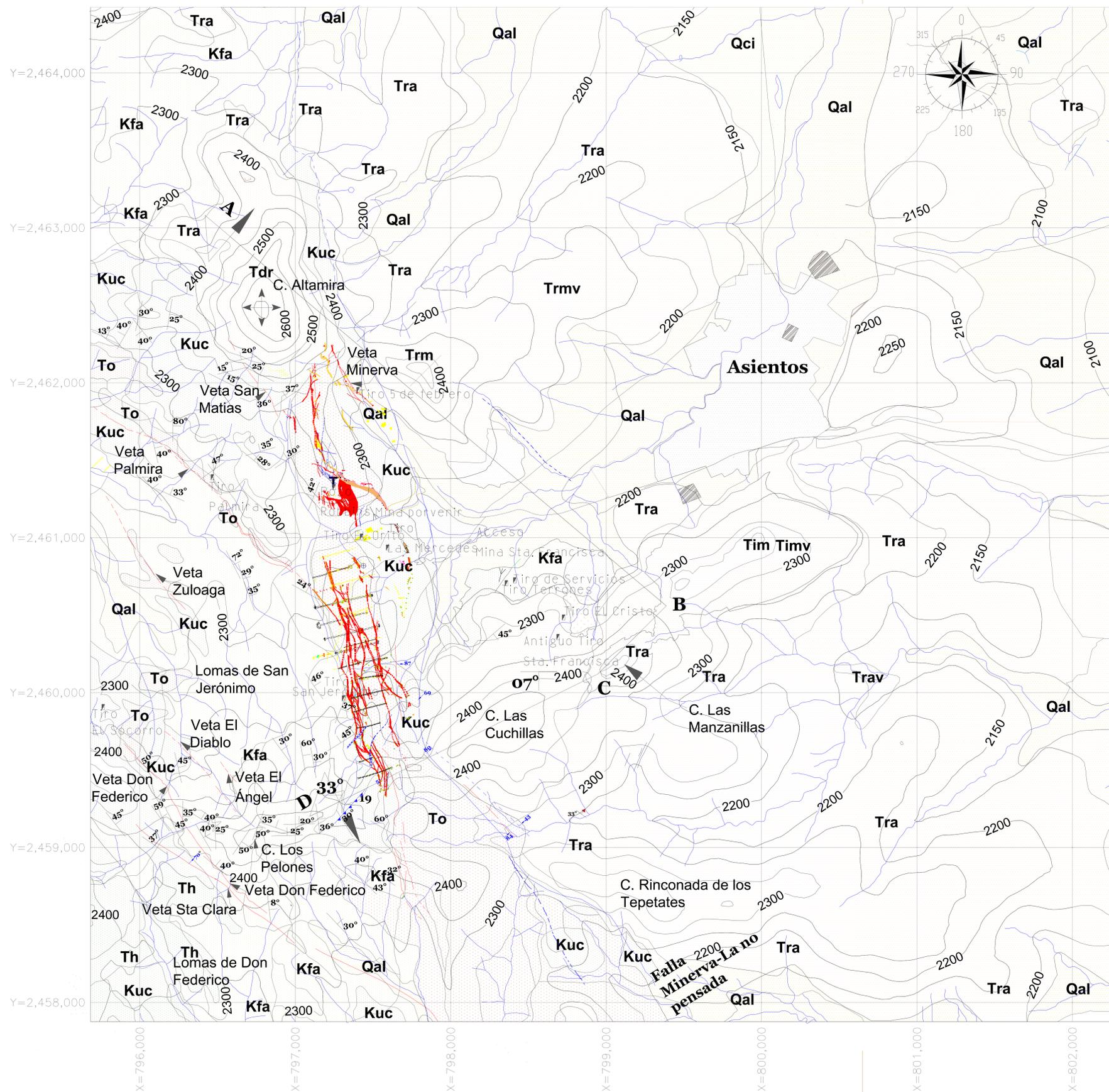
CURVAS DE NIVEL A  
CADA 50 MTS.

UBICACIÓN:  
ASIENTOS, AGUASCALIENTES,  
MEXICO

A N E X O 04



# GEOLOGIA DE SUPERFICIE DISTRITO MINERO ASIENTOS, AGUASCALIENTES, MEXICO



## Columna Estratigráfica

<b>Qal</b>	ALUVIÓN.- Está constituido por gravas, arenas y arcillas, forman las terrazas en los márgenes de los cauces.
<b>Qcl</b>	COLUVIÓN.- Consiste de sedimentos que forman delgadas cubiertas que se depositan en las laderas de los cerros, constituido por bloques de diferentes magnitudes.
<b>Jales</b>	JALES.- Material constituido como producto de la separación de los minerales económicos
<b>ROCAS VOLCÁNICAS</b>	
<b>Tim</b>	GNIMBRITA LAS MANZANILLAS.- Lavas riolíticas rojizas muy fluidales, con un vitrófido de color negro. Timv VITRÓFIDO BASAL.
<b>Tra</b>	RIOLITA ALTAMIRA.- Consiste de al menos tres derrames riolíticos de color rojizo a gris claro, textura porfírica y fluidal; con 10-20% de fenocristales de sanidino y cuarzo. Trav VITRÓFIDO BASAL.
<b>Ttm</b>	TOBA LÍTICA MINERVA. De color crema, presenta líticos angulares a subarredondados; contiene de 1-2% de fenocristales de cuarzo y sanidino, y pómez sin colapsar.
<b>ROCAS SEDIMENTARIAS.</b>	
<b>Kfa</b>	FLYSCH ASIENTOS.- Estratos de Arenisca de color verdoso de grano fino a grueso intercalado con limolitas y algunas calizas reticulares con espesor grueso, afectado por metamorfismo dinámico.
<b>Kuc</b>	UNIDAD CARBONATADA.- Consta de estratos de caliza de 5 a 10 cm. De espesor intercalados con laminaciones de limolitas de color violáceo.
<b>Tir</b>	DIQUES .- Diques cuarzo-monzoníticos y riolíticos.
<b>Tdr</b>	DOMO RIOLITICO.- Domo exógeno , que presenta algunos tipos de alteración (Argilización y silicificación)
<b>ALTERACIONES</b>	
<b>Alt</b>	ALTERACIÓN HIDROTHERMAL. Compuesta principalmente por silicificación y argilización de la roca encajonante.
<b>To</b>	OXIDACIÓN.-
<b>Th</b>	HORNFEL.- De color gris oscuro verdoso, presenta bandas de silicificación y algunos lentes de cuarzo blanco lechoso, en forma de bastones.
<b>CUERPO MINERAL</b>	
	ZONA CON MINERAL
	ZONA DE MINERAL EXTRAIDO

Terreno Guerrero

## Leyenda

	Fracturas		Falla Normal Inferida
	Contacto geológico.		Falla Normal
	Contacto geológico inferido		Cabaladura
	Rumbo y echado en rocas sedimentarias		2450 Curva de nivel.
	Rumbo y echado de rocas volcánicas	<b>Corrientes y vías de conducción de agua</b>	
	Falla normal buscando el lado hundido		Bordo
	Veta		Corriente de agua: intermitente
	Oxidos	<b>Cuerpos de agua</b>	
	Diques		Cuerpo de agua: intermitente
	Línea de sección		Áreas Urbanas
	Barreno de Exploracion		Área urbana
	Falla de movimiento lateral izquierdo		<b>Edificaciones e Instalaciones Diversas de área</b>
	Tiros y pozos		instalaciones diversas ( deportiva y recreativas,otro).
	Accesos a minas		<b>Vías de Transportación</b>
	Domos		Brecha
	Zanjas		Veredo
			Carretera federal 22, pavimentada de dos carriles.



PROYECTO: GEOLOGIA DE SUPERFICIE MODIFICADA DE ING. LABARTHE-HERNANDEZ Y COLABORADORES, 1987.

TESIS: CONTROL ESTRUCTURAL DE LA MINERALIZACION DEL DISTRITO MINERO DE ASIENTOS, AGUASCALIENTES

FUENTE: CARTAS TOPOGRÁFICAS INEGI: F13B79 Y F13B89

ESCALA: 1:30 000 ACOTACION: METROS

A N E X O 05

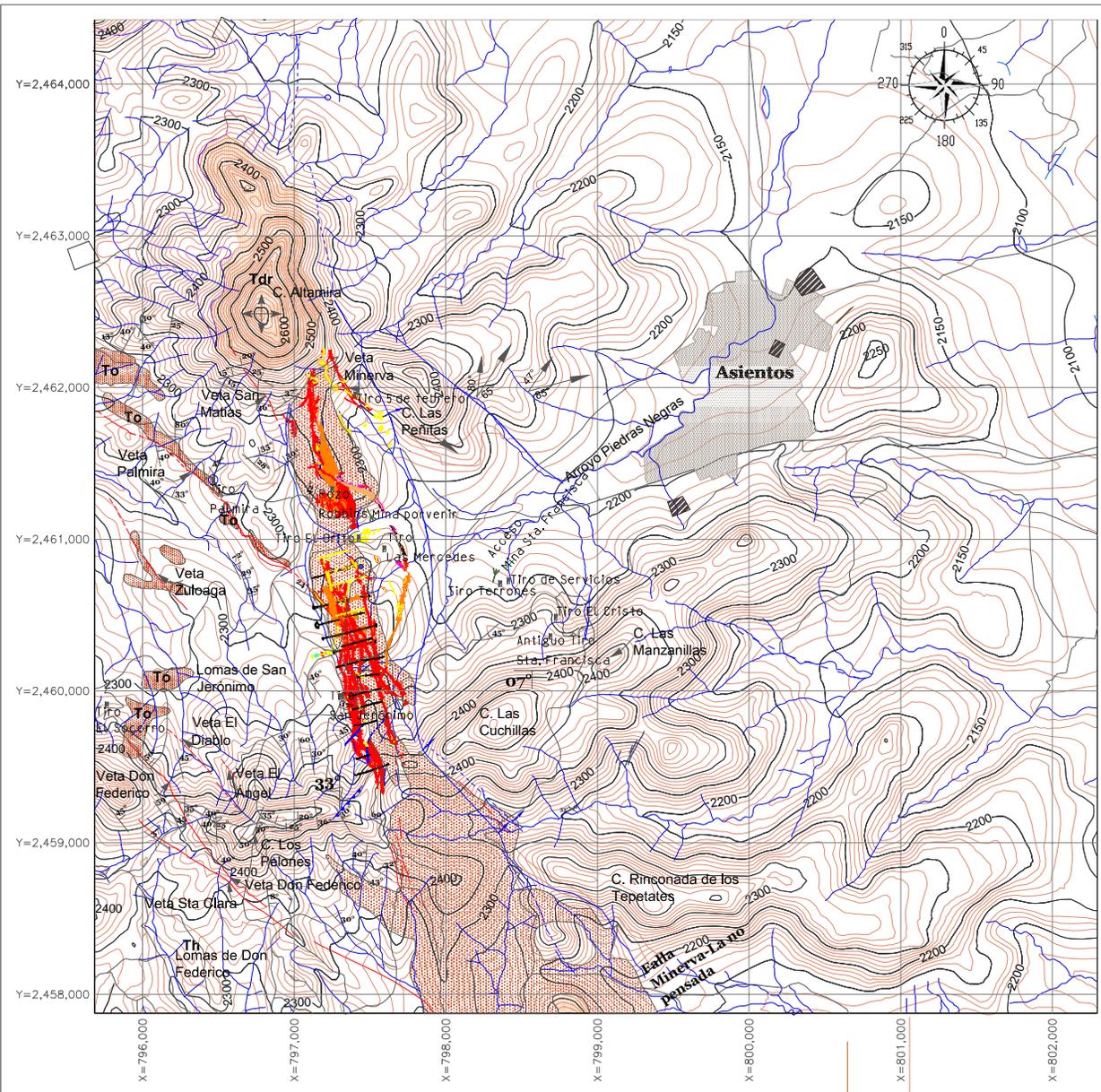
DEBUIÓ Y ELABORÓ: ING. GUILLERMO CUELLAR GONZÁLEZ

CURVAS DE NIVEL A CADA 50 MTS.

UBICACIÓN: ASIENTOS, AGUASCALIENTES, MEXICO



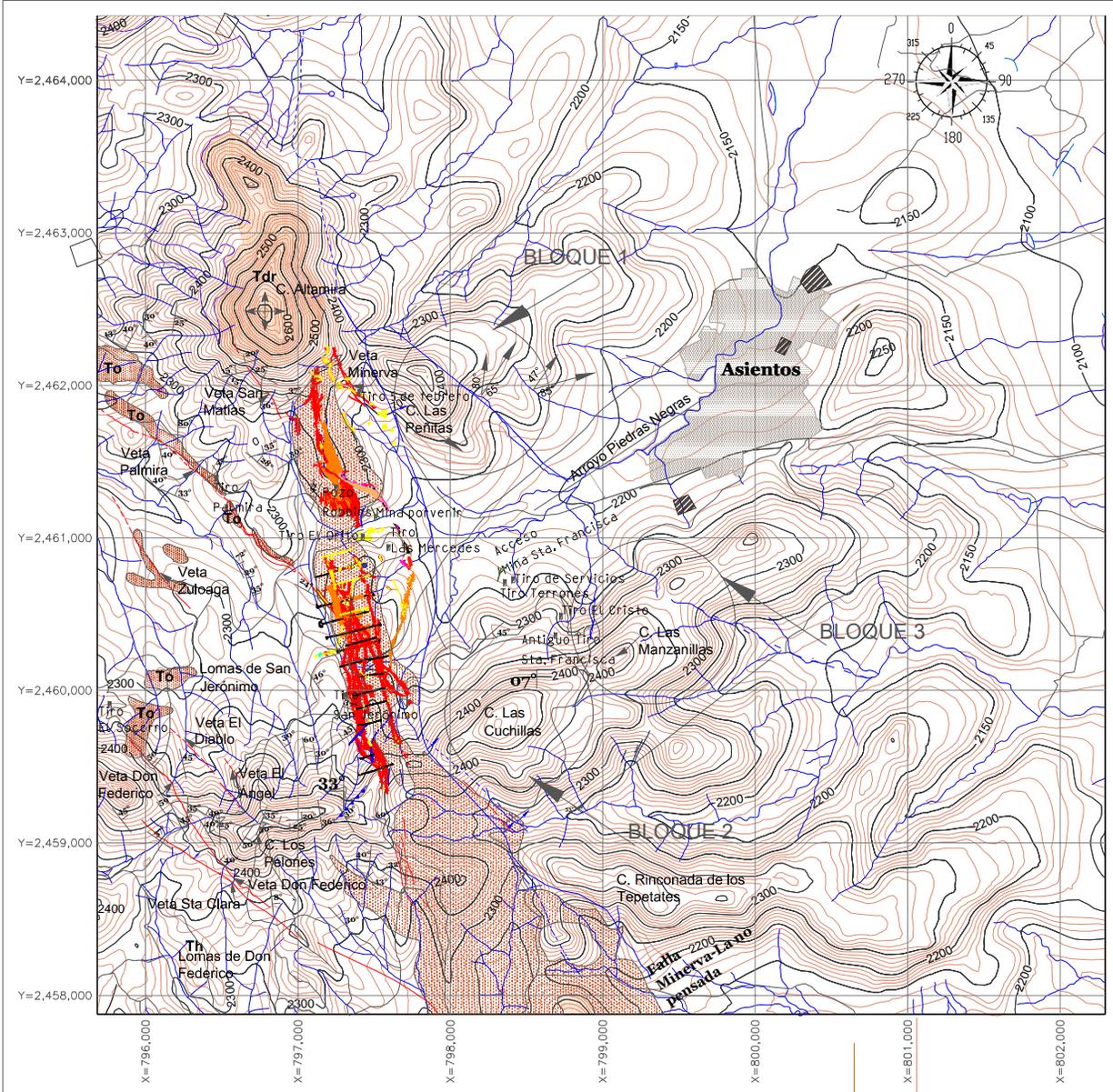




### Leyenda

- Fracturas
- Contacto geológico.
- Contacto geológico inferido
- Rumbo y echado en rocas sedimentarias
- Rumbo y echado de rocas volcánicas
- Falla normal buscando el lado hundido
- Veta
- Oxidos
- Diques
- Línea de sección
- Barrenos de exploración
- Falla de movimiento lateral izquierdo
- Tiro y pozos
- Accesos a minas
- Domos
- Zanjas
- Falla Normal inferida
- Falla Normal
- Cabalgadura
- Curva de nivel.
- Corrientes y vías de conducción de agua
- Bordo
- Corriente de agua: intermitente
- Cuerpos de agua
- Cuerpo de agua: intermitente
- Áreas Urbanas
- Área urbana
- Edificaciones e Instalaciones Diversas de área instalaciones diversas ( deportiva y recreativas, otro).
- Vías de Transportación
- Brecha
- Vereda
- Carretera federal 22, pavimentada de dos carriles.

INSTITUTO MEXICANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS		GOBIERNO DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES	
PROYECTO: <b>DISEÑO ESTRUCTURAL DE SUPERFICIE</b>			
OBJETIVO: <b>CONTROL ESTRUCTURAL DE LA MINERALIZACIÓN DEL DISTRITO MINERO DE ASIENTOS, AGUASCALIENTES</b>			
FUENTE: CARTAS TOPOGRÁFICAS INEGI: F13879 Y F13889		DISEÑO Y ELABORACIÓN: ING. GUILLERMO CUELLAR GONZÁLEZ	
ESCALA: 1:30 000		UBICACIÓN: ASIENTOS, AGUASCALIENTES, MEXICO	
UNIDAD DE MEDIDA: METROS		CURVAS DE NIVEL A CADA 10 MTS.	
FIGURA 23			



### Leyenda

- Fracturas
- Contacto geológico.
- Contacto geológico inferido
- Rumbo y echado en rocas sedimentarias
- Rumbo y echado de rocas volcánicas
- Falla normal buscando el lado hundido
- Veta
- Oxidos
- Diques
- Línea de sección
- Barreno de Exploración
- Falla de movimiento lateral izquierdo
- Tros y pozos
- Accesos a minas
- Domos
- Zanjas
- Falla Normal Inferida
- Falla Normal
- Cabalgadura
- 2450 Curva de nivel.
- Corrientes y vías de conducción de agua
- Bordo
- Corriente de agua: intermitente
- Cuerpos de agua
- Cuerpo de agua: intermitente
- Áreas Urbanas
- Área urbana
- Edificaciones e Instalaciones Diversas de área instalaciones diversas ( deportiva y recreativas, otro).
- Vías de Transportación
- Brecha
- Vereda
- Carretera federal 22, pavimentada de dos carriles.
- Bloques

PROYECTO:  
DISEÑO ESTRUCTURAL DE SUPERFICIE

TÍTULO:  
CONTROL ESTRUCTURAL DE LA MINERALIZACIÓN DEL DISTRITO MINERO DE ASIENTOS, AGUASCALIENTES

AUTOR:  
ING. GUILLERMO CUELLAR GONZÁLEZ

BASES:  
CARTAS TOPOGRÁFICAS INEGI: F13879 Y F13889

ESCALA:  
1:30 000 METROS

CURVAS DE NIVEL A CADA 10 MTS.

UBICACIÓN:  
ASIENTOS, AGUASCALIENTES, MEXICO

FIGURA 29

3/22/2014



Image © 2016 DigitalGlobe

Google earth

2001

Fechas de imágenes: 3/22/2014 22°28'44.80" N 101°10'51.14" O elevación 2134 m alt. ojo 2.43 km

3/22/2014

N

Image © 2016 DigitalGlobe

Google earth

2001

Fechas de imágenes: 3/22/2014 22°28'44.02" N 101°10'50.24" O elevación 2130 m alt. ojo 2.64 km



3/22/2014



Image © 2016 DigitalGlobe

Google earth

2001

Fechas de imágenes: 3/22/2014 22°28'53.30" N 101°10'39.65" O elevación 2074 m alt. ojo 3.24 km

4/2/2001

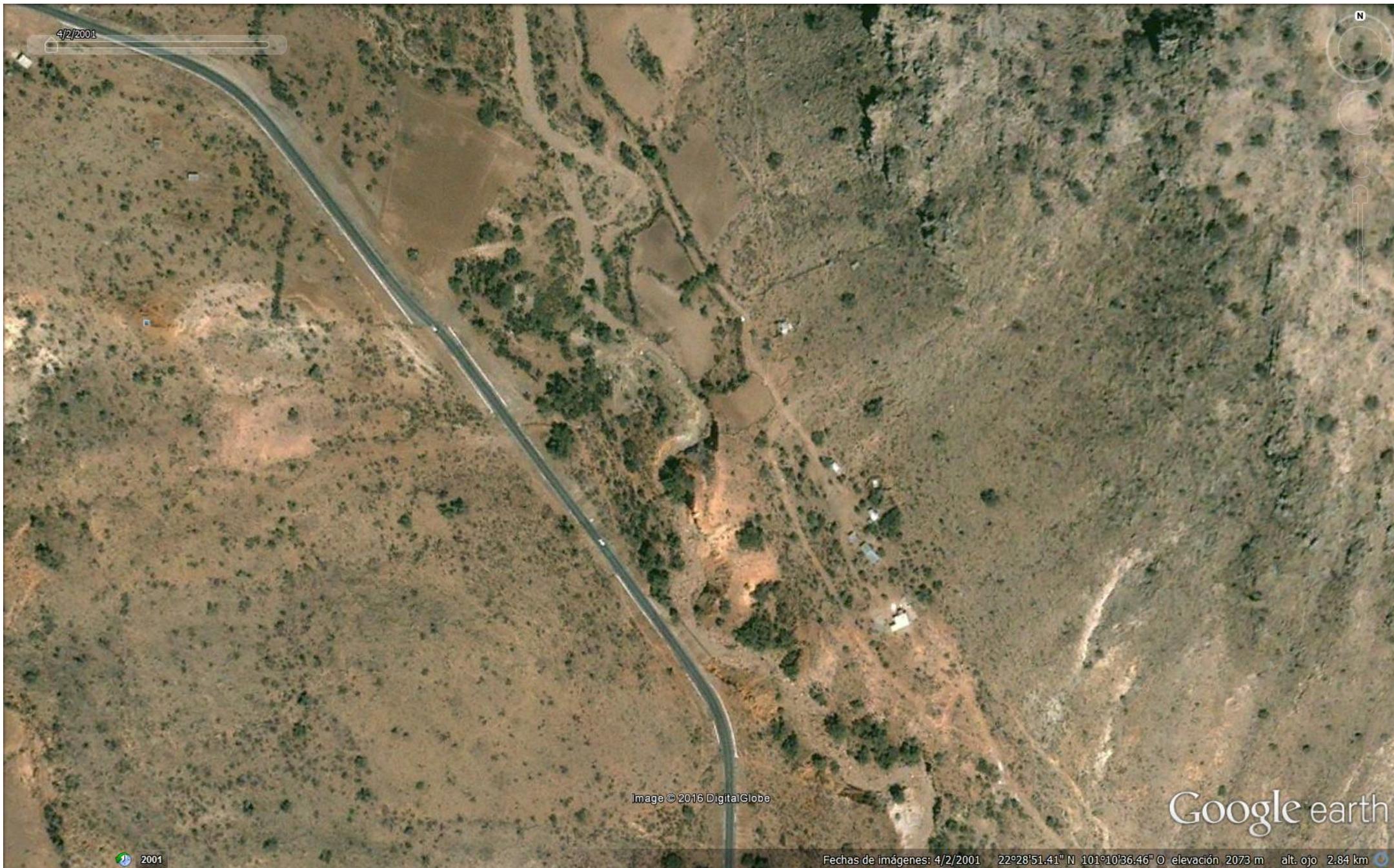


Image © 2016 DigitalGlobe

Google earth

2001

Fechas de imágenes: 4/2/2001 22°28'44.73" N 101°10'51.30" O elevación 2135 m alt. ojo 2.38 km



4/2/2001

Image © 2016 DigitalGlobe

Google earth

2001

Fechas de imágenes: 4/2/2001 22°28'51.41" N 101°10'36.46" O elevación 2073 m alt. ojo 2.84 km

4/5/2014



Image © 2016 DigitalGlobe

Google earth

2001

Fechas de imágenes: 4/5/2014 22°28'44.82" N 101°10'51.92" O elevación 2138 m alt. ojo 2.37 km



12/8/2002



Image © 2016 DigitalGlobe

Google earth

2001

Fechas de imágenes: 4/2/2001 22°28'51.97" N 101°10'39.52" O elevación 2073 m alt. ojo 3.32 km

12/8/2002

N

Image © 2016 DigitalGlobe

Google earth

2001

Fechas de imágenes: 4/2/2001 22°28'47.87" N 101°10'48.77" O elevación 2113 m alt. ojo 2.73 km

12/28/2010



Image © 2016 DigitalGlobe

Google earth

2001

Fechas de imágenes: 12/28/2010 22°28'44.80" N 101°10'51.14" O elevación 2134 m alt. ojo 2.43 km



12/28/2010

Image © 2016 DigitalGlobe

Google earth

2001

Fechas de imágenes: 12/28/2010 22°28'50.68" N 101°10'39.05" O elevación 2072 m alt. ojo 3.12 km