

**APOYO AL DISEÑO, ACONDICIONAMIENTO Y FUNCIONAMIENTO DE LA
UNIDAD DE INCLUSIONES FLUIDAS Y VÍTREAS DEL LABORATORIO DE
MICROSCOPIA DE GIGBA.**

MARVING CAMACHO LASSO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE FISICOQUIMICAS

ESCUELA DE GEOLOGIA

BUCARAMANGA

2014

**APOYO AL DISEÑO, ACONDICIONAMIENTO Y FUNCIONAMIENTO DE LA
UNIDAD DE INCLUSIONES FLUIDAS Y VÍTREAS DEL LABORATORIO DE
MICROSCOPIA DE GIGBA.**

MARVING CAMACHO LASSO

**Trabajo de Grado para optar al título de
Geólogo**

Director

CARLOS ALBERTO RIOS REYES

Geólogo PhD

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE FISICO - QUIMICAS

ESCUELA DE GEOLOGIA

BUCARAMANGA

2014

DEDICATORIA

A mis padres, María Elena Lasso Sánchez y Herwin Camacho Chacón, que al brindarme amor, confianza, dedicación y sacrificio me dieron la posibilidad de estudiar y ser una gran persona, a mi abuela Mercedes que ha sido mi confidente y no quiere despedirse sin verme profesional.

A mis hermanos, Erving, Darwin y Kevin, son los pilares de mi vida, mis mejores amigos, por estar en los peores y mejores momentos de mi vida, por enseñarme lo que es la unión familiar por encima de cualquier obstáculo.

A María Fernanda Carrillo y su familia, aunque se encuentre alejada, por brindarme su amor y corazón durante el tiempo más difícil de la carrera, por darme la mano en los buenos y malos momentos.

Sobre todo a Dios, por ser el artífice de todos mis logros, por darme la oportunidad de seguir creciendo como persona.

Marving Camacho Lasso

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, durante el tiempo de realización del proyecto me brindaron apoyo y confianza, por compartir todos los momentos de mi vida, a mis amigos, a Carlos Cote por brindarme su amistad y respaldo durante la vida universitaria, al profesor Carlos Alberto Ríos Reyes, por darme la oportunidad de realizar esta pasantía y por su acompañamiento en el tiempo del proyecto, a todos los docentes que tuve la oportunidad de conocer y que hicieron la formación en mi como un futuro profesional. Gracias.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	12
1. DEFINICION DEL PROBLEMA.....	14
2. JUSTIFICACION	15
3. MARCO DE REFERENCIA.....	16
4. ESTADO ACTUAL	20
5. MODELO CIENTIFICO.....	27
6. METODOLOGIA.....	29
□ Fase de revisión.....	29
□ Fase de preparación de materiales.....	30
□ Fase de resultados y elaboración del informe final	30
CONCLUSIONES	32
REFERENCIAS	33

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Crstial de cuarzo (9mm) que contiene una inclusión fluida (petróleo, gas, angua y residuos solidos bituminosos). Encontrado en 1991 en Valle di S. Lucano (Dolomiti, Italia). Tomado de <i>Paolo Scotti collection. Giacomo Brandazzi& Enrico.</i>	16
Ilustración 2. Ejemplo de inclusión salinera después de su formación y su atrapamiento. Tomada de geovirtual, universidad de atacama, departamento de minas.	17
Ilustración 3. Diagrama de técnicas espectrométricas a partir de las IF. Tomado de Levresse et al., 2006.	18
Ilustración 4. Esquema actual del laboratorio de microscopia del GIGBA. Realizado por Autor.	21
Ilustración 5. Imagen tomada del laboratorio actual, mostrando la zona de equipos de computo. Tomada por Autor	22
Ilustración 6. Imagen tomada del laboratorio actual, mostrando la zona de microscopia. Realizada por Autor.	22
Ilustración 7. Zona donde se acondicionara la unidad de inclusiones fluidas y vítreas. Tomada por autor.	23
Ilustración 8. Area de reuniones. Tomada por autor.	23
Ilustración 9. Platina de calentamiento/enfriamiento LINKAM modelo THMS-600.	24
Ilustración 10. Cámara refrigerada Moticam 5000	25
Ilustración 11. LNP94 Liquid Nitrogen Pump LINKAM	25
Ilustración 12. Modelo general de los equipos de inclusiones fluidas y vítreas. Tomada de Universidad de Oviedo.	27
Ilustración 13. Flujograma de actividades de la pasantía. Realizado por Autor.	29
Ilustración 14. Plano ideal para el laboratorio de microscopia del GIGBA, con la unidad de inclusiones fluidas y vítreas. Realizado por Autor.	31

RESUMEN

APOYO AL DISEÑO, ACONDICIONAMIENTO Y FUNCIONAMIENTO DE LA UNIDAD DE INCLUSIONES FLUIDAS Y VÍTREAS DEL LABORATORIO DE MICROSCOPIA DE GIGBA*

AUTOR

CAMACHO LASSO, Marving**

PALABRAS CLAVE

Inclusiones fluida y vítreas, Yacimientos minerales, Microscopia óptica.

DESCRIPCION

El Laboratorio de Mineralogía Óptica y Petrografía de la UIS posee moderno equipamiento para llevar a cabo investigaciones mineralógicas y petrográficas de cualquier tipo de material geológico (rocas, vetas, sedimentos de corriente, arenas negras, relaves y concentrados, procedentes de distintos trabajos de exploración minera, minas en producción, plantas metalúrgicas, etc.) con aplicación en exploración de yacimientos minerales, control de procesos de plantas concentradoras y obras civiles. Busca ser reconocido como el centro de referencia líder por la aportación de conocimiento en diferentes técnicas de microscopías y prestador de servicios de laboratorio de microscopía, así como la aportación de conocimiento innovador para el estudio de la ciencia e ingeniería de los materiales, cuyos clientes incluyen compañías de la industria minera y petrolera, empresas de ingeniería civil y consultorías, industrias de la construcción, universidades, así como grupos y centros de investigación.

En esta pasantía se plantea la adecuación de una unidad de inclusiones fluidas y vítreas para hacer parte de los servicios prestados por el Grupo de Investigación en Geología Básica y Aplicada, GIGBA. Se propone una remodelación y adecuación al espacio existente, se toman las cotizaciones de los materiales necesarios para un buen funcionamiento de la unidad de inclusiones fluidas y vítreas. Las inclusiones fluidas son porciones pequeñas de líquido o de gas o de una mezcla de estas dos fases, que fueron atrapadas en minerales. Sus tamaños varían de unos décimos de micrómetros y unos cientos micrómetros de diámetros, raramente se puede encontrar inclusiones de diámetros de unos centímetros o decímetros. El laboratorio de microscopia óptica del GIGBA, estará en condiciones de evaluar numerosas cuestiones de orden metalogenico.

* Tesis de grado

** Facultad de ingenierías físico- químicas, Escuela de Geología, Director Carlos Alberto Ríos reyes.

ABSTRACT

SUPPORT DESIGN, PACKAGING AND OPERATING UNIT FLUID INCLUSIONS AND LABORATORY VITREOUS GIGBA MICROSCOPY*

AUTHOR

CAMACHO LASSO, Marving**

KEYWORDS

Fluid and glassy incorporations, mineral Deposits, optical Microscopy.

DESCRIPTION

Optics Laboratory of Mineralogy and Petrography of the UIS has modern equipment to conduct mineralogical and petrographic investigations of any kind of geological materials (rocks, veins , stream sediments , black sands , tailings and concentrates from various mining exploration work , producing mines , metallurgical plants , etc. .) with application in exploration of mineral deposits, process control concentrator plants and civil works. It seeks to be recognized as the leading reference center for the provision of knowledge in different microscopy techniques and service provider microscopy laboratory , as well as providing innovative knowledge for the study of science and engineering of materials, whose clients include companies in the mining and oil industry, civil engineering companies and consultancies , construction industries , universities and research centers and groups .

In this internship the appropriateness of a unit and vitreous fluid inclusions arises to be part of the services provided by the Research Group on Basic and Applied Geology, GIGBA. Remodeling and adaptation to the space is proposed, the prices of materials needed for proper operation of the unit of fluid and melt inclusions are taken. Fluid inclusions are small portions of liquid or gas or a mixture of these two phases, which were trapped in minerals. Their sizes vary from tenths of micrometers to a few hundred micrometers in diameter, can be found rarely inclusions inches diameter or decimeters. The laboratory GIGBA optical microscopy, will be able to evaluate many issues metallogenic order.

* Degree Thesis

** Physical- chemistry Engineering Faculty, Geology Department, Director Carlos Alberto Ríos Reyes.

INTRODUCCION

El presente documento corresponde a la descripción de las actividades que han sido desarrolladas durante la pasantía “APOYO AL DISEÑO, ACONDICIONAMIENTO Y FUNCIONAMIENTO DE LA UNIDAD DE INCLUSIONES FLUIDAS Y VÍTREAS DEL LABORATORIO DE MICROSCOPIA DE GIGBA”.

La realización de esta pasantía brinda, al estudiante de geología la posibilidad de adquirir las competencias necesarias para entender la técnica analítica (microtermometría de inclusiones fluidas y vítreas), la posibilidad de determinar ciertas variables fisicoquímicas básicas, con aplicación tanto para el campo académico acerca de los fluidos mineralizantes de numerosas tipologías de yacimientos minerales, como para la exploración minera.

Además, esta técnica es la base de la aplicación de técnicas analíticas "avanzadas" o trazadoras del origen de los fluidos tales como la geoquímica elemental de halógenos en los solutos, la geoquímica de gases mediante espectrometría de masas cuadrupolar (QMS) o la geoquímica isotópica de gases nobles. Entre las variables de interés que esta técnica permite determinar, las principales son (1) la temperatura de homogeneización, que constituye la temperatura mínima de atrapamiento de las inclusiones fluidas y que, en determinadas circunstancias, equivale a la temperatura de atrapamiento, y (2) la salinidad del fluido, expresada como porcentaje en peso equivalente de NaCl y, en caso de inclusiones con cristales hijos, expresada como porcentaje en peso de NaCl, KCl, MgCl₂, u otros solutos.

Los datos obtenidos mediante microtermometría de inclusiones fluidas son útiles (y, en algunos casos, insustituibles) para evaluar numerosas cuestiones de orden metalogenético como (1) el rango de temperatura y presión de formación de un

yacimiento, (2) la capacidad de transporte de ciertos metales por los fluidos, (3) los mecanismos de precipitación mineral o (4) para acotar las posibles fuentes de los fluidos mineralizantes. Adicionalmente, la distribución espacial de los datos microtermométricos, en conjunto con la distribución de determinados minerales o asociaciones minerales, es particularmente útil para obtener criterios de exploración en un cuerpo mineralizado conocido, o bien en un área no minada en proceso de evaluación.

Herramientas importantes que aportan mayor experiencia y habilidad en el ámbito académico y permiten al estudiante lograr un mejor enfoque en su profesión.

Como objetivo general se planteó, contribuir en la puesta en marcha de la unidad de inclusiones fluidas e inclusiones vítreas del laboratorio de microscopia del grupo GIGBA.

En cuanto a los objetivos específicos se tienen, promover la puesta en marcha en el acondicionamiento necesario para que la unidad de inclusiones fluidas y vítreas emprenda un desempeño productivo, apersonarse en la toma de cotizaciones de los materiales que sean necesarios para poner en marcha la unidad de inclusiones fluidas y vítreas.

1. DEFINICION DEL PROBLEMA

Existen otros tipos de geotermómetros y geo barómetros, de tipo paragenético, de química mineral o isotópicos, pero la microtermometría de inclusiones fluidas tiene las ventajas de: no estar sujeta a un mineral concreto o a un grupo restringido de minerales (salvo a los que son mínimamente transparentes), permitir la obtención de temperaturas a microescala, pudiéndose trazar temporalmente la evolución de un fluido mineralizante a escalas muy diversas, ser la única técnica que permite caracterizar la composición en solutos de los fluidos mineralizantes, permitir reconstrucciones difíciles o imposibles de establecer mediante otras técnicas, como isotermas detalladas a escala de depósito, distrito o provincia metalogenética, así como estimaciones de la posición de paleosuperficies o paleoniveles freáticos, y las inclusiones fluidas no son afectadas por procesos de oxidación superficial o meteorización.

Esta es, por lo tanto, una técnica sumamente versátil que ha devenido rutinaria en la investigación académica en el campo de la metalogenia. A pesar de que su uso en la exploración minera ha crecido considerablemente, todavía no constituye una técnica de uso generalizado en dicha actividad. Asimismo, esta técnica adquiere mucha mayor potencia cuando se apoya en estudios petrográficos y mineralógicos detallados (difracción de rayos-X, espectrofotometría de infrarrojo, microscopía electrónica de barrido, microsonda electrónica, etc.). Muchos de estos métodos, incluida la microtermometría de inclusiones fluidas, son relativamente baratos y proporcionan información inmediata, con lo que no resultan onerosos para la exploración minera.

Es importante la implementación de nuevos conocimientos tanto académicos como profesionales, por eso el grupo GIGBA y la escuela de geología de la universidad industrial de Santander estarán en la capacidad de prestar nuevos servicios a la comunidad en general.

2. JUSTIFICACION

La presente pasantía se justifica en el hecho de permitir al pasante apoyar al proceso de diseño, acondicionamiento y funcionamiento de la unidad de inclusiones fluidas y vítreas del laboratorio de microscopia de GIGBA, enriqueciendo sus conocimientos y habilidades obtenidos durante su proceso de aprendizaje y así mismo.

A su vez las inclusiones fluidas han conservado las propiedades químicas y físicas de las soluciones provenientes, y se consideran las inclusiones fluidas como muestras directas de las fases volátiles, que han circulado por la litosfera durante el tiempo geológico. Los resultados de los estudios microtermométricos contribuyen a la caracterización de varios procesos naturales, que ocurren en la corteza terrestre y en que las inclusiones fluidas juegan un papel muy importante. Entre otros se mencionan (el transporte y el depósito de menas, la génesis de los distintos tipos de roca, la formación y migración del petróleo, el volcanismo explosivo, la energía geotérmica, y el transporte de contaminantes).

3. MARCO DE REFERENCIA

Las inclusiones fluidas son interrupciones o defectos en la estructura cristalina de un mineral que han atrapado algún tipo de fluido durante el crecimiento del mismo. Éstas representan porciones atrapadas de los líquidos, gases y fundidos a partir de los cuales se produjo el crecimiento cristalino. Por ello, las inclusiones fluidas (incluyendo las de fundido) pueden ser usadas, previo análisis petrográfico, para reconstruir las condiciones ambientales del crecimiento cristalino, así como para caracterizar químicamente los fluidos a partir de los que se formaron los minerales que las contienen (e. g. Roedder, 1984; Goldstein y Reynolds, 1994; Van den Kerkhof y Hein, 2001).

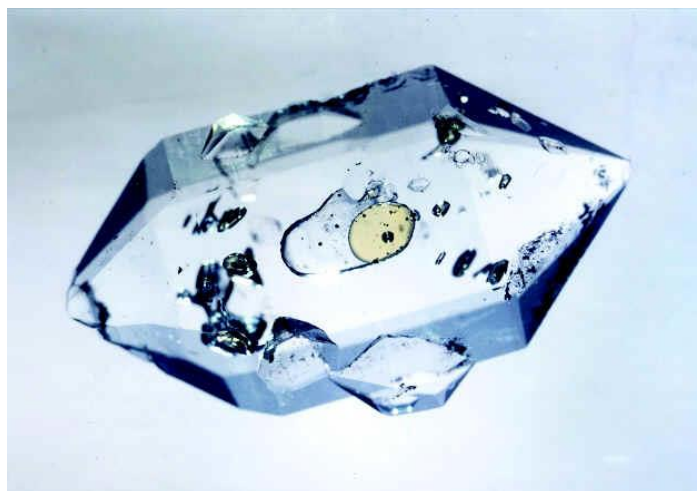


Ilustración 1. Cristal de cuarzo (9mm) que contiene una inclusión fluida (petróleo, gas, agua y residuos sólidos bituminosos). Encontrado en 1991 en Valle di S. Lucano (Dolomiti, Italia). Tomado de *Paolo Scotti collection. Giacomo Brandazzi & Enrico.*

Los dos siguientes métodos de estudios de las inclusiones fluidas se basan en la modificación de las relaciones de fases por influencia térmica: la **termometría de homogeneización** y la **criometría**. En general las modificaciones son reversibles

y repetibles, y permiten controlar, si las inclusiones fuesen herméticamente cerradas desde su formación o no.

La microtermometría es el método de medir temperaturas correspondientes a transiciones de fases en inclusiones fluidas. Supuesto que la composición y la densidad del fluido atrapado en una inclusión no fuesen modificadas desde su formación se puede determinar su temperatura de homogeneización T_h y su temperatura de fusión T_m .

El diagrama de presión en función de la temperatura ilustra la historia de una inclusión salinera después de su formación y su atrapamiento. Manteniendo un volumen constante el enfriamiento de la inclusión causa una disminución de la presión del fluido, lo que ilustra la sección de la curva desde el punto A al punto B. En el punto B_1 se observa la formación de una burbuja de gas. El punto D marca las condiciones de temperatura y presión correspondientes a la inclusión saturada con respecto a uno de sus constituyentes. Al bajar más la temperatura dicho constituyente inicia a cristalizar. Las condiciones de temperatura y presión correspondientes están señaladas por el punto D_1 . (Universidad de Atacama, Departamento de Minas). (Ilustración 2).

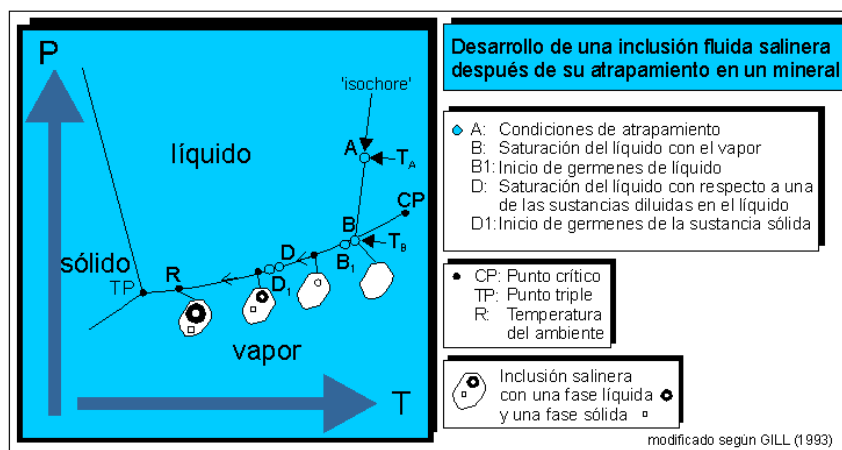


Ilustración 2. Ejemplo de inclusión salinera después de su formación y su atrapamiento. Tomada de geovirtual, universidad de atacama, departamento de minas.

Los datos más comunes que se obtienen a partir de la micro termometría de inclusiones fluidas son (1) la temperatura del eutéctico del sistema químico, que informa sobre la complejidad química de los solutos, (2) la temperatura de fusión de la hidrohalita, que permite determinar la cantidad de CaCl_2 relativa a la de NaCl en el sistema, (3) la temperatura de fusión del hielo, que permite calcular la salinidad total del fluido en inclusiones sin cristales hijos, (4) la temperatura de fusión de clatratos (hidratos de CO_2 , CH_4 , etc.), que permite identificar la presencia de algunos gases en las inclusiones, (5) la temperatura de solubilización de cristales hijos, que permite calcular la salinidad para determinados componentes en inclusiones con cristales hijos y (6) la temperatura de homogeneización. (Bol. Soc. Geol. Mex v.62 n.1 México 2010)



Ilustración 3. Diagrama de técnicas espectrométricas a partir de las IF. Tomado de Levresse et al., 2006.

A partir de las observaciones microscópicas, se puede distinguir tres tipos genéticos de inclusiones: primarias, secundarias y pseudosecundarias.

Inclusiones primarias. Cuando los cristales crecen o recristalizan en un medio fluido de naturaleza homogénea se forman irregularidades de crecimiento capaces de atrapar pequeñas porciones del fluido.

Inclusiones secundarias. Se incluyen aquí todas las inclusiones que se generan con posterioridad a la formación del cristal. Así pues si un cristal se fractura en presencia de un fluido de solubilidad finita, el fluido penetra en la fractura y comienza una acción de disolución y recristalización del mineral, reduciendo la superficie y atrapando un conjunto de inclusiones secundarias.

Inclusiones seudosecundarias. Si un cristal se fractura durante su crecimiento, los fluidos nutrientes entran dentro de la fractura y quedan atrapados dentro del cristal. Las inclusiones formadas por este proceso reciben el nombre de seudosecundarias. (las inclusiones fluidas: método de análisis e interpretación J. Mangas y J. Sierra)

4. ESTADO ACTUAL

El Laboratorio de Mineralogía Óptica y Petrografía de la UIS posee moderno equipamiento para llevar a cabo investigaciones mineralógicas y petrográficas de cualquier tipo de material geológico (rocas, vetas, sedimentos de corriente, arenas negras, relaves y concentrados, procedentes de distintos trabajos de exploración minera, minas en producción, plantas metalúrgicas, etc.) con aplicación en exploración de yacimientos minerales, control de procesos de plantas concentradoras y obras civiles.

Está dedicado al avance del conocimiento y la investigación mineralógica y petrográfica de cualquier tipo de material geológico no solo para entender los procesos y condiciones de formación sino también con aplicación en exploración de yacimientos minerales, control de procesos de plantas concentradoras y obras civiles, utilizando métodos de observación, análisis y experimentación, así como personal altamente calificado, mediante un proceso de mejoramiento continuo y altos estándares.

Esta pasantía está basada en el acondicionamiento del laboratorio, modificación del espacio para complementarlo con una unidad de inclusiones fluidas y vítreas. Para ello es necesario la remodelación de divisiones, muebles, electricidad, pintura, etc., lo necesario para el buen funcionamiento de la unidad.

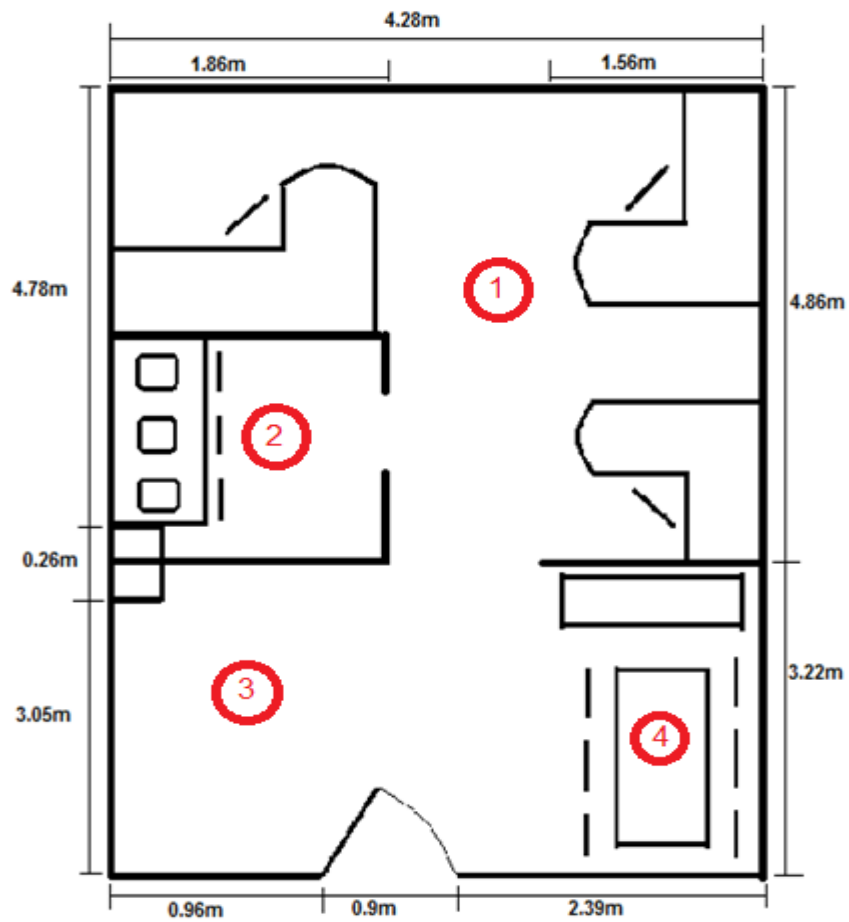


Ilustración 4. Esquema actual del laboratorio de microscopia del GIGBA. Realizado por Autor.

Zona 1. En este espacio del laboratorio se encuentran disponibles tres escritorios de trabajo disponibles para equipos de cómputo, para un mejor procesamiento y una mejor organización de datos.



Ilustración 5. Imagen tomada del laboratorio actual, mostrando la zona de equipos de cómputo. Tomada por Autor

Zona 2. Es la zona encargada del funcionamiento de los diferentes microscopios, donde se lleva a cabo el estudio y análisis de las muestras obtenidas por el GIGBA.



Ilustración 6. Imagen tomada del laboratorio actual, mostrando la zona de microscopía. Realizada por Autor.

ZONA 3. Después de varias opciones y varios modelos, este es el espacio que se obtuvo apropiado a remodelar y acondicionar para poner en marcha la unidad de inclusiones fluidas y vítreas.



Espacio para la unidad de inclusiones fluidas y vítreas

Ilustración 7. Zona donde se acondicionara la unidad de inclusiones fluidas y vítreas. Tomada por autor

Zona 4. Es el espacio donde se realizan reuniones, con el fin de exponer los resultados así como también discutir los nuevos proyectos a realizar.

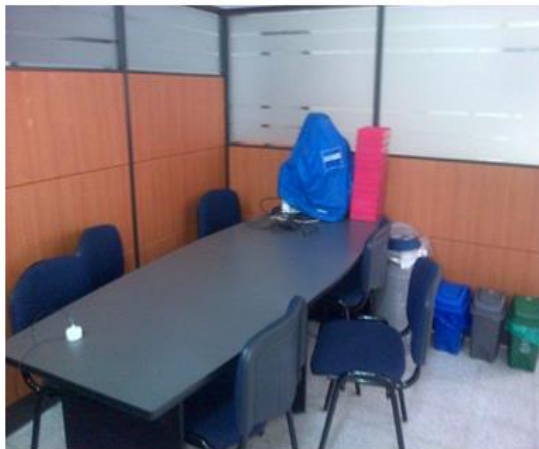


Ilustración 8. Área de reuniones. Tomada por autor.

El laboratorio de microscopía óptica del GIGBA, con la adquisición de la unidad de inclusiones fluidas y vítreas estará en la capacidad de suplir diversas aplicaciones en diferentes campos de la mineralogía aplicada, sin embargo, tiene su mayor utilidad en el análisis micro termométrico determinando la temperatura y salinidad de los fluidos; información que puede ser aplicada en los problemas inmediatos de la exploración minera como en problemas de amplio espectro como lo es el estudio de las condiciones físico-químicas de la depositación mineral.

Otros datos obtenidos de inclusiones son los referidos a la estimación de la presión confinante, densidad total promedio del material atrapado y la composición de las fases individuales presentes.

Actualmente el laboratorio cuenta con una Platina de calentamiento/enfriamiento LINKAM modelo THMS-600. Es una de las platinas de calentamiento/enfriamiento más utilizadas en muchas aplicaciones donde se requieren altas tasas de calentamiento/enfriamiento y precisión de 0,1 °C.

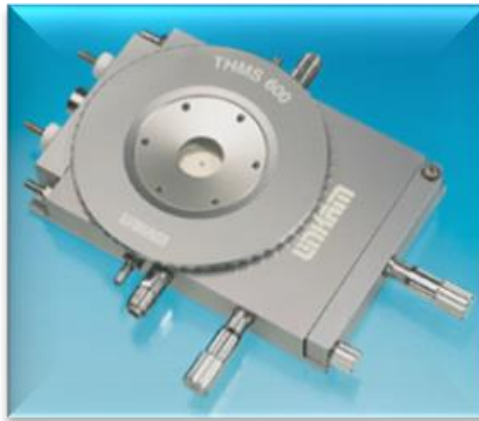


Ilustración 9. Platina de calentamiento/enfriamiento LINKAM modelo THMS-600.

Una cámara refrigerada Moticam 5000. La Moticam 5000 es una cámara refrigerada de alta sensibilidad y resolución. Diseñada para imágenes de máxima resolución de 2580x1944, asegura un análisis óptimo. Incorpora también sistema

de refrigeración Peltier para la reducción de ruido y refrigeración hasta 10 grados por debajo de la T^a ambiente.



Ilustración 10. Cámara refrigerada Moticam 5000

LNP94 Liquid Nitrogen Pump LINKAM. El sistema de refrigeración LNP está diseñado para ofrecer un control preciso del flujo de nitrógeno líquido que permite velocidades de enfriamiento controlados tan rápido como 130C/min o tan lento como 0.1C/min.



Ilustración 11. LNP94 Liquid Nitrogen Pump LINKAM

Actualmente estos equipos no se encuentran en funcionamiento debido a que no están las condiciones apropiadas para el buen funcionamiento, para esto se deben hacer modificaciones como la electricidad, el cableado, la adecuación de un espacio cerrado con la existencia de un aire acondicionado etc.

Claramente se puede decir que el laboratorio de microscopía óptica del GIGBA, es de carácter transversal debido a que, por el funcionamiento de este mismo se pueden tratar distintas disciplinas como los yacimientos minerales, la mineralogía, la geociencias entre otras.

Se espera que el alumno tenga la posibilidad de apreciar en forma práctica, el modo en que las distintas especialidades de la geología interactúan. Asimismo, que el alumno tendrá la oportunidad de sintetizar y generalizar sus conocimientos con el fin de entender, y ser capaz de resolver, problemas más allá del ámbito de su especialidad, identificando fenómenos y procesos que son comunes en las distintas disciplinas relacionadas con una misma ciencia de la tierra.

Otras entidades que prestan el servicio de estudio de inclusiones fluidas y vítreas en Colombia son por ejemplo del Departamento de Geociencias de la Universidad Nacional de Colombia en Bogotá y el ICP.

Ofrecen pruebas de laboratorio que apoyan los procesos de refinación y transporte de alta confiabilidad, realizadas con la más avanzada tecnología y el rigor técnico y científico exigido por los entes acreditadores.

5. MODELO CIENTIFICO

A nivel mundial el modelo general de un laboratorio de inclusiones fluidas y vítreas dispone de una platina calentadora-refrigeradora Linkan THMS600, instalada en el laboratorio de Yacimientos Minerales del Departamento de Geología, para la realización de ensayos microtermométricos entre $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $600\text{ }^{\circ}\text{C}$, y patrones de calibración para temperaturas inferiores a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ con inclusiones sintéticas, y para temperaturas superiores a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ con sustancias patrón de temperatura de fusión conocida. Esta platina se encuentra instalada en un microscopio óptico LEICA DM2500 con objetivos Leica L20x plan, L50x PL Fluotar y L100x PL Fluotar, y tiene adaptada una cámara digital que posibilita la captura de imágenes para posteriores análisis



Ilustración 12. Modelo general de los equipos de inclusiones fluidas y vítreas. Tomada de Universidad de Oviedo.

La microtermometría de inclusiones fluidas es una técnica analítica que permite determinar ciertas variables fisicoquímicas básicas, con aplicación tanto para el campo académico acerca de los fluidos mineralizantes de numerosas tipologías de yacimientos minerales, como para la exploración minera. Además, esta técnica es la base de la aplicación de técnicas analíticas "avanzadas" o trazadoras del origen

de los fluidos tales como la geoquímica elemental de halógenos en los solutos, la geoquímica de gases mediante espectrometría de masas cuadrupolar (QMS) o la geoquímica isotópica de gases nobles. Entre las variables de interés que esta técnica permite determinar, las principales son (1) la temperatura de homogeneización, que constituye la temperatura mínima de atrapamiento de las inclusiones fluidas y que, en determinadas circunstancias, equivale a la temperatura de atrapamiento, y (2) la salinidad del fluido, expresada como porcentaje en peso equivalente de NaCl y, en caso de inclusiones con cristales hijos, expresada como porcentaje en peso de NaCl, KCl, MgCl₂, u otros solutos. (Bol. Soc. Geol. Mex v.62 n.1 México 2010)

Los datos obtenidos mediante microtermometría de inclusiones fluidas son útiles (y, en algunos casos, insustituibles) para evaluar numerosas cuestiones de orden metalogénico como (1) el rango de temperatura y presión de formación de un yacimiento, (2) la capacidad de transporte de ciertos metales por los fluidos, (3) los mecanismos de precipitación mineral o (4) para acotar las posibles fuentes de los fluidos mineralizantes. (Bol. Soc. Geol. Mex v.62 n.1 México 2010)

Adicionalmente, la distribución espacial de los datos microtermométricos, en conjunto con la distribución de determinados minerales o asociaciones minerales, es particularmente útil para obtener criterios de exploración en un cuerpo mineralizado conocido, o bien en un área no minada en proceso de evaluación. (Bol. Soc. Geol. Mex v.62 n.1 México 2010)

6. METODOLOGIA

La pasantía que se realizó fue el emprendimiento hacia la mejoría del grupo de investigación GIGBA, y por consiguiente la mejoría de la escuela de geología de la Universidad Industrial de Santander en cuanto a el fortalecimiento de los estudiantes, los bienes y servicios prestados por la escuela.

La metodología realizada se basó en tres fases principales

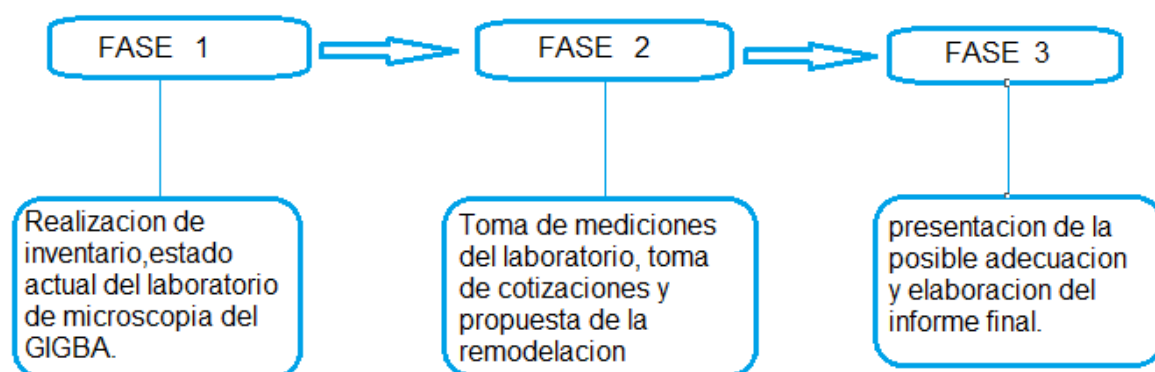


Ilustración 13. Flujo grama de actividades de la pasantía. Realizado por Autor.

- **Fase de revisión**

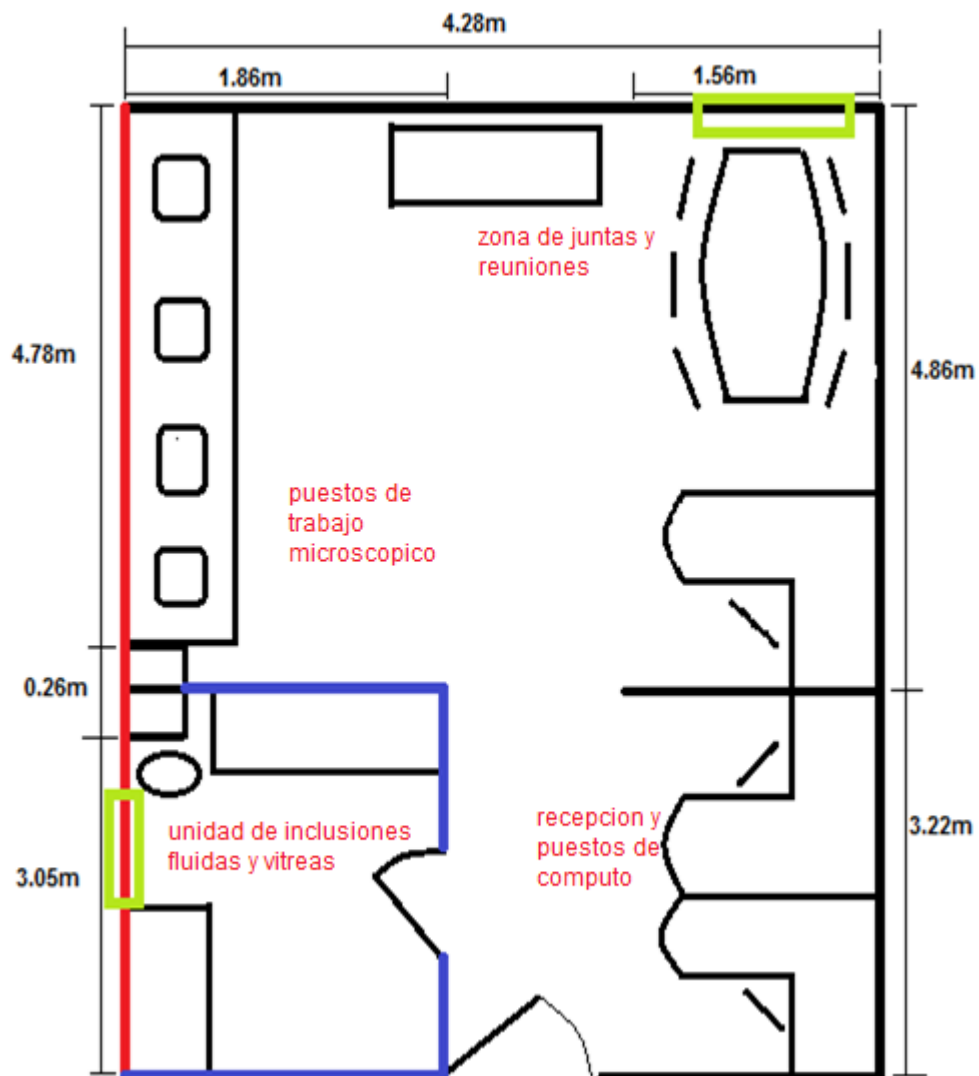
Esta fase se desarrolló en la totalidad del tiempo de ejecución del proyecto y se obtuvo de diversas fuentes, las cuales incluyen revistas especializadas u otras entidades que poseen el equipo de inclusiones fluidas y vítreas el ejemplo de los requerimientos necesarios para adaptar la unidad de inclusiones fluidas y vítreas al laboratorio de microscopia del GIGBA. Para ello se realizó una especie de muestreo o inventario del estado actual del laboratorio.

- **Fase de preparación de materiales**

Esta fase estuvo dedicada a la toma de las mediciones actuales del laboratorio, a plantear las adecuaciones necesarias a realizar, para el funcionamiento de la unidad de inclusiones fluidas y vítreas, a la toma de cotizaciones de los materiales necesarios y a realizar las posibles propuestas para el nuevo acondicionamiento del laboratorio.

- **Fase de resultados y elaboración del informe final**

Como resultado se obtuvo el modelo adecuado del laboratorio, que cumple con los aspectos necesarios para el funcionamiento de la unidad de inclusiones fluidas y vítreas. Y por último se llevó a cabo el informe final, el cual recopila el material obtenido en las fases anteriores.



- Espacio para la unidad de inclusiones fluidas y vitreas
- Pared para impermeabilizar, estucar, pintar y arreglo de electricidad
- Aire acondicionado

Ilustración 14. Plano ideal para el laboratorio de microscopia del GIGBA, con la unidad de inclusiones fluidas y vitreas. Realizado por Autor.

CONCLUSIONES

- Después de varias propuestas se obtuvo el modelo ideal del laboratorio de microscopia del GIGBA, con las diferentes remodelaciones necesarias para adaptar la unidad de inclusiones fluidas y vítreas.
- El laboratorio de microscopia óptica del GIGBA, estará en condiciones de evaluar numerosas cuestiones de orden metalogenético como (1) el rango de temperatura y presión de formación de un yacimiento, (2) la capacidad de transporte de ciertos metales por los fluidos, (3) los mecanismos de precipitación mineral o (4) para acotar las posibles fuentes de los fluidos mineralizantes.
- El laboratorio de microscopia óptica del GIGBA, podrá contribuir a la caracterización de varios procesos naturales, que ocurren en la corteza terrestre y en que las inclusiones fluidas juegan un papel muy importante. Entre otros se mencionan (el transporte y el depósito de menas, la génesis de los distintos tipos de roca, la formación y migración del petróleo, el volcanismo explosivo, la energía geotérmica, y el transporte de contaminantes).

REFERENCIAS

CAMPRUBÍ. A. (2008). Criterios para la exploración minera mediante microtermometría de inclusiones fluidas. Departamento de geoquímica, Instituto de geología, Universidad Nacional Autónoma de México.

CAMPRUBÍ. A. (2010). Criterios para la exploración minera mediante microtermometría de inclusiones fluidas. Boletín de la sociedad Geologica mexicana, vol. 62, núm 1, pp 25-42.

MANGAS.J, SIERRA.J, 1997, Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ingeniería y Ciencias Geológicas, Universidad Católica del Norte, Antofagasta, Chile, Volumen 2.

SAMSON. I ANDERSON. A, et al. (2003), Fluid Inclusions: Analysis and Interpretation, Mineralogical Association of Canada.