



REGLAMENTO INTERNO DEL LABORATORIO DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X (LDRX)



OBJETIVOS DEL PRESENTE REGLAMENTO

El presente reglamento establece las directrices para el uso adecuado, la manipulación y el control de los equipos de difracción en el laboratorio, así como de los equipos auxiliares utilizados en la preparación de muestras.

Su cumplimiento permitirá:

- a. Garantizar un entorno de trabajo seguro, preservando la higiene y la salud de todas las personas en el laboratorio.
- b. Fomentar un ambiente de respeto y dignidad entre los usuarios del laboratorio.
- c. Asegurar el óptimo funcionamiento de los equipos y aparatos.
- d. Mantener un suministro adecuado de materiales y consumibles conforme a las necesidades del laboratorio.
- e. Gestionar eficientemente los tiempos de uso de los equipos e instrumentos, así como los de los operadores y usuarios, para satisfacer de manera óptima la demanda de análisis y estudios.
- f. Implementar una estrategia adecuada de cobro por los análisis y estudios realizados.

INFORMACIÓN SOBRE EL LABORATORIO

1. Nombre

El laboratorio, denominado Laboratorio de Difracción de Rayos X del Instituto de Geología de la UNAM (LDRX-IGL), forma parte del Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía (LANGEM).

2. Carácter específico del laboratorio y antecedentes

Con más de 50 años de trayectoria, el Laboratorio de Difracción de Rayos X se dedica principalmente a la investigación y la docencia. Su misión es brindar apoyo y participar en proyectos científicos en diversas áreas de las Ciencias de la Tierra.

Su especialidad radica en la realización de análisis de Difracción de Rayos X (DRX) en muestras geológicas y edafológicas. Además, ofrece servicios externos a instituciones académicas, empresas y particulares.



REGLAMENTO INTERNO DEL LABORATORIO DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X (LDRX)



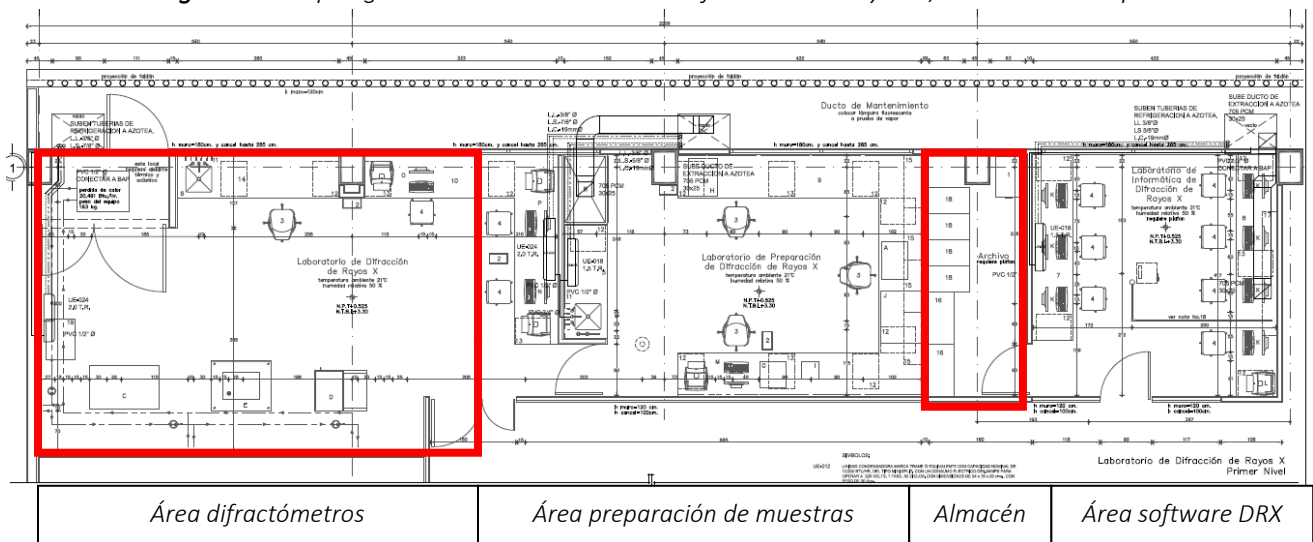
De manera constante, se utiliza con fines educativos, permitiendo que estudiantes de licenciatura y posgrado adquieran conocimientos sobre los principios básicos de esta técnica.

3. Ubicación y distribución

El laboratorio ocupa un espacio de aproximadamente 56 m² (3.5 m de ancho por 16 m de largo) en la planta baja del edificio del LANGEM. Se encuentra dividido en tres áreas principales:

- a) Laboratorio de DRX (área de difractómetros): Equipado con dos difractómetros y un analizador térmico diferencial.
- b) Laboratorio de preparación de muestras: Cuenta con centrífuga, balanza, agitadores, triturador, estufa, mufla y campana de extracción.
- c) Laboratorio informático de DRX: Dispone de tres computadoras tipo servidor. En esta área también se encuentra un pequeño almacén (≈ 6 m²) destinado a la conservación de muestras y reactivos no peligrosos o inflamables.

Figura 1. Croquis general del Laboratorio de Difracción de Rayos X, tomado del mapa de obras.





REGLAMENTO INTERNO DEL LABORATORIO DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X (LDRX)



4. Infraestructura:

1. Difractómetro EMPYREAN de la marca MALVERN PANalytical. Este equipo es una plataforma de difracción multipropósito que puede programarse con diferentes geometrías tanto para la óptica incidente como para la óptica reflejada.
2. Difractómetro automático Shimadzu XRD-6000. Está equipado con un goniómetro vertical y puede escanear por θ o 2θ . Cuenta con un portamuestras automático para cinco muestras, monocromador, filtro de Ni, tubo de cobre de foco normal y software para tratamiento de los datos.
3. Analizador Térmico Diferencial marca LINSEIS STA PT 1600°C con análisis simultáneo de DSC y TG y medición directa de calor específico. Viene equipado con atmosferas de nitrógeno y oxígeno.
4. Servidores Informáticos para el área de DRX: contamos con dos computadoras con licencias del software de difracción. En estos equipos se han instalado los softwares para: Identificación de fases, Rietveld, Reflectividad, Textura, Stress y SAXS.
5. Laboratorio equipado para preparación de muestras. En este laboratorio disponemos de muflas, estufa, ultrasonidos, agitadores, campana de extracción y ultracentrífuga.

1.5 Referente al personal que usa los equipos de difracción

a. Responsable del Laboratorio

El laboratorio debe contar con un responsable, quien será el encargado de:

- Velar por el adecuado mantenimiento de los equipos y del software de difracción.
- Gestionar el registro y el pago de los servicios de difracción.
- Administrar la distribución de los tiempos de medición en los distintos equipos.
- Supervisar el uso eficiente de los ingresos extraordinarios, asegurando que se destinen al mantenimiento y mejora del laboratorio.

b. Operadores de los equipos de laboratorio

Los Operadores de la Instalación son los responsables de realizar las irradiaciones de las muestras en los difractómetros de rayos X. El responsable del laboratorio también forma parte de este grupo.



REGLAMENTO INTERNO DEL LABORATORIO DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X (LDRX)



c. Usuarios del laboratorio

Los Usuarios de la Instalación son todas aquellas personas que solicitan el servicio de análisis de Difracción de Rayos X. En términos generales los usuarios del servicio de Difracción se clasifican en tres tipos:

A: Usuarios del Instituto de Geología; B: Usuarios de otros centros de investigación o docencia y C: Usuarios externos, principalmente empresas y particulares. Las tarifas del servicio de análisis por difracción vendrán condicionadas siempre por esta clasificación.

Capítulo I: LINEAMIENTOS OPERATIVOS

1. Acceso al laboratorio

- a. El ingreso al laboratorio está restringido a personas autorizadas. Cualquier persona (académicos, administrativos, personal de intendencia, estudiantes, visitantes, etc.) que requiera acceso sin autorización previa deberá solicitarla al responsable del laboratorio o al encargado en turno.
- b. No se permite la entrada a menores de 18 años, salvo que el responsable del laboratorio lo autorice con fines didácticos o de divulgación.
- c. En el caso de mujeres embarazadas que necesiten realizar una colecta de datos cristalográficos, se les recomendará que otra persona, designada en acuerdo con el responsable del laboratorio, realice la colecta en su lugar.

2. Uso de equipos y espacios

- a. Los operadores de los equipos de rayos X deben leer y comprender los manuales técnicos de los equipos antes de su uso. A criterio del responsable del laboratorio, esta regla podrá exceptuarse en el caso de operadores con amplia experiencia.
- b. Todos los equipos y espacios del laboratorio deben utilizarse cumpliendo estrictamente con los horarios y calendarios asignados por el responsable del laboratorio.
- c. Se deben respetar todas las indicaciones señaladas en los carteles de aviso del laboratorio.
- d. Solo se analizarán muestras que cuenten con una hoja de solicitud debidamente completada, entregada en persona o enviada al correo del responsable del laboratorio.



REGLAMENTO INTERNO DEL LABORATORIO DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X (LDRX)



- e. Es obligatorio registrar diariamente en las bitácoras digitales las actividades realizadas con los equipos.
- f. Cualquier falla o funcionamiento anormal de los equipos deberá reportarse inmediatamente al responsable del laboratorio, quien determinará las acciones a seguir. A su vez, el responsable informará a los operadores sobre cualquier modificación, daño o situación que impida el uso normal de los instrumentos.

3. *Manipulación de los equipos de rayos X*

- a. Solo las personas autorizadas por el responsable del laboratorio podrán abrir, desmontar, mover o modificar cualquier parte de los generadores de rayos X. Esto incluye piezas, instrumentos, carátulas, tapas o cualquier otra sección del equipo.
- b. Durante la colocación o retiro de una muestra en el sitio de colección de datos difractométricos, el operador debe asegurarse de mantener todas las partes de su cuerpo fuera de la trayectoria del haz de rayos X, en caso de una emisión accidental.
- c. Si un objeto cae debajo de un generador de rayos X, incluso si está apagado, la persona involucrada no deberá intentar recuperarlo. En su lugar, deberá notificar al encargado del laboratorio, quien solicitará la intervención del personal técnico adecuado.
- d. Dentro del laboratorio, está prohibido:
 - Comer o beber.
 - Fumar o encender cualquier tipo de flama.
 - Arrojar al drenaje sustancias químicas, aceites, petróleos, líquidos radiactivos, tóxicos o carcinógenos.
 - Usar hornos y muflas sin el empleo de pinzas adecuadas.
 - Introducir o extraer cualquier tipo de programa de cómputo, base de datos, o archivo en general, a las computadoras del laboratorio sin autorización del responsable del laboratorio.
 - Acceder a sitios virtuales de red que no correspondan estrictamente a las labores propias del laboratorio.
 - Dejar sucio y/o desordenado el lugar de trabajo al terminar las labores del día o sesión de trabajo.
 - Emplear un lenguaje o cualquier forma de expresión que pudiera ser discriminatoria, ofensiva o que pueda incomodar a las demás personas.



REGLAMENTO INTERNO DEL LABORATORIO DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X (LDRX)



NOTA: El incumplimiento de estas normas implica la expulsión inmediata del laboratorio.

4. Referentes al Funcionamiento del Laboratorio

- a. El laboratorio opera bajo un esquema de servicio, en el que los usuarios proporcionan las muestras a analizar, mientras que los operadores se encargan de su montaje y análisis. Sin embargo, en casos específicos, como el de estudiantes de posgrado o usuarios con experiencia en la técnica, se les permite colaborar en el proceso, siempre bajo la supervisión directa de los operadores.
- b. Los usuarios del ámbito académico son responsables de preparar sus propias muestras, incluyendo procesos como trituración y separación de arcillas. Si las muestras no cumplen con las condiciones requeridas, el laboratorio ofrecerá un servicio de preparación con costo adicional.
- c. Para las muestras destinadas a investigación y docencia, el laboratorio proporcionará información detallada sobre los procedimientos de preparación, permitiendo que los usuarios realicen esta tarea por su cuenta. En caso de disponibilidad de espacio y recursos, podrán llevarla a cabo dentro del laboratorio.
- d. Los académicos y estudiantes del Instituto de Geología tendrán acceso a los softwares especializados instalados en el Laboratorio de Informática del Laboratorio de Difracción de Rayos X del LANGEM para interpretar sus resultados.
- e. El laboratorio deberá contar con una **Bitácora del Laboratorio**, donde el responsable del Laboratorio registrará de forma resumida los eventos relevantes durante el desarrollo de las actividades.

5. *Referente a los tiempos de medición*

- a. La administración de los tiempos de los equipos, así como de los operadores y usuarios, debe organizarse de manera que se garantice una respuesta eficiente a la demanda, priorizando siempre los proyectos relacionados con la investigación.
- b. El responsable del laboratorio será el encargado de estructurar esta administración de tiempos, considerando factores como la demanda de uso, la infraestructura disponible, la capacidad del personal, los materiales y los espacios disponibles.



REGLAMENTO INTERNO DEL LABORATORIO DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X (LDRX)



- c. El tiempo disponible para medición se establece en 8 horas diarias por cada instrumento. Sin embargo, este tiempo podría extenderse si el número de muestras en espera así lo requiere, ya que los equipos pueden operar durante la noche y/o fines de semana.
- d. Como máximo, la mitad del tiempo de medición podrá destinarse a control industrial y/o servicio externo
- e. Al menos un 10% del tiempo de medición se asignará a proyectos relacionados con la enseñanza.

6. *Referente a los costos del servicio de difracción*

- a. Los costos de los servicios de análisis de difracción de rayos X estarán disponibles en la página web del laboratorio. El encargado del laboratorio es responsable de la actualización de estos costos. Los precios establecidos corresponden a análisis cualitativos rutinarios. Para análisis no rutinarios (análisis Rietveld, cuantificación, caracterización estructural detallada, etc.), el usuario debe acordar con el personal responsable del laboratorio los tiempos, las condiciones y los costos.
- b. Los análisis se cobrarán de manera diferente dependiendo de si incluyen o no interpretación de los resultados.
- c. Los servicios de preparación de muestras siempre se cobrarán por separado.
- d. Se podrán aplicar descuentos en el caso de análisis de grandes volúmenes de muestras.
- e. En ciertos casos y según el costo del servicio, el pago podrá realizarse mediante la compra de materiales, consumibles y/o software para el laboratorio de difracción de rayos X.
- f. No se prestará servicio a personas o entidades con deudas pendientes por servicios previos.
- g. Los servicios no se realizarán si las muestras no están debidamente rotuladas y/o no se presenta la hoja de solicitud de servicio correspondiente.

7. *Referente al mantenimiento y reparaciones de los equipos*

- a. El mantenimiento de los equipos es responsabilidad del encargado y de los operadores de los equipos de difracción de rayos X. Los fondos para el mantenimiento se gestionarán, en la medida de lo posible, a través de los proyectos del Laboratorio Nacional.



REGLAMENTO INTERNO DEL LABORATORIO DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X (LDRX)



- b. Las reparaciones serán realizadas por personal especializado en los equipos de difracción y estarán supervisadas por el responsable del laboratorio. Si un equipo carece de soporte técnico, el mantenimiento básico será realizado por el responsable del laboratorio.
- c. Si una reparación es consecuencia de un mal uso del equipo, la persona responsable deberá gestionar la reparación y cubrir los costos de las piezas de repuesto.
- d. En casos especiales, como mejoras en infraestructura o reparaciones costosas, se solicitará apoyo al Instituto de Geología y/o a la jefatura del LANGEM.

8. *Referente a la entrega de muestras*

- a. El solicitante del servicio de difracción debe llenar una hoja de solicitud que incluya sus datos personales y los de las muestras.
- b. Las muestras se analizarán en el orden en que figuren en el registro. Los operadores solo procederán con las muestras cuya hoja de solicitud esté completa.
- c. Es imprescindible que el usuario especifique el tipo de material y el objetivo del estudio para optimizar los resultados. Además, debe informar sobre la presencia de materiales tóxicos o peligrosos.
- d. No se analizarán materiales que no estén correctamente identificados y etiquetados. Al entregar la hoja de solicitud, se acordará el precio, la forma de pago y el tiempo estimado de espera, el cual dependerá de la demanda existente.

9. *Referente a la entrega de resultados*

- a. Los solicitantes del servicio de difracción recibirán, previo pago del servicio, una copia electrónica de los difractogramas y, según corresponda al servicio solicitado, el informe con los resultados. Esta información será enviada por correo electrónico.
- b. Los estudiantes, con el apoyo del personal del laboratorio, podrán aprender a interpretar los análisis de difracción correspondientes a las muestras de sus trabajos de tesis.



REGLAMENTO INTERNO DEL LABORATORIO DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X (LDRX)



10. *Referente a los agradecimientos y publicaciones*

- a. Los usuarios que utilicen los resultados analíticos del laboratorio de Difracción de Rayos X en congresos, tesis o artículos se comprometen a reconocer al laboratorio en sus publicaciones, así como al personal involucrado en los análisis, si corresponde.
- b. Si el personal del laboratorio participa activamente en la interpretación de los resultados analíticos a solicitud del usuario, dicho personal debe ser incluido en las publicaciones relacionadas con dichas interpretaciones.

11. *Documentación*

Se registrarán en la bitácora del laboratorio:

- a. Los cambios en la organización del personal, indicando nombre, fecha y la responsabilidad asumida.
- b. Las incidencias en el funcionamiento de la instalación, aunque no afecten directamente a la seguridad, especificando el tipo de incidencia, la fecha y las consecuencias.

Capítulo II: LINEAMIENTOS DE HIGIENE Y SEGURIDAD

I. Políticas específicas de uso del área

- El laboratorio consta de tres áreas diferentes de trabajo:
 - a) Área de difractómetros
 - b) Área de preparación de muestras
 - c) Laboratorio de software
- El acceso a cada una de las áreas se calendariza cada dos semanas según los diferentes tipos de solicitud que atiende el laboratorio. Ningún estudiante accederá a algún equipo o accesorio sin una capacitación previa sobre su uso.
- Los estudiantes no pueden acceder a ningún de las áreas sin permiso previo del responsable del laboratorio. Un estudiante no podrá entrar a trabajar en el área de preparación de muestras si el área está ocupada con muestras de otro estudiante.
- Únicamente los estudiantes del laboratorio (ayudantes, becarios, estudiantes de servicio social, estudiantes en estancia) tienen asignado un cajón con su nombre



REGLAMENTO INTERNO DEL LABORATORIO DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X (LDRX)



para guardar su material. El resto de los estudiantes no podrán disponer de un espacio dentro del laboratorio para guardar su material por motivos de espacio.

- Los usuarios únicamente llenaran las bitácoras correspondientes al uso de equipos menores (centrifuga, agitadores, ultrasonidos, estufa y mufla). El llenado de las bitácoras de los equipos mayores (difractómetros, analizador térmico y montaje de muestras) será realizado únicamente por el responsable del laboratorio, el laboratorista y los becarios o estudiantes de servicio social previamente autorizados.
- Los usuarios únicamente tienen acceso a los programas que se encuentran en las computadoras del Laboratorio de software. El estudiante necesita una capacitación previa para utilizarlos.
- Está prohibido insertar USB o dispositivos externos para copiar archivos. Los datos se deberán enviar por internet. El usuario nunca debe prender o apagar la computadora que se le está prestando, de esta función se encarga el responsable o los ayudantes.
- Está prohibido utilizar las computadoras del laboratorio de software para otros fines y tampoco se permite instalar o desinstalar ningún tipo de programa sin la autorización correspondiente.

II. Seguridad en el laboratorio

1. Los estudiantes que van a preparar o medir muestras necesitan usar una bata de algodón.
2. Para muestras ambientales o con fases potencialmente peligrosas (peligro químico o por inhalación) es fundamental informar al responsable del laboratorio del potencial peligro y usar guantes, lentes y cubrebocas en todo su procesamiento.
3. Las muestras de los usuarios académicos deben llegar fragmentadas o trituradas al laboratorio para evitar la generación de polvo que pueda contaminar otras muestras.
4. Las muestras de empresas o particulares que no vengán fragmentadas se procesarán siempre en el exterior del laboratorio.
5. No se aceptarán en ningún caso muestras con un peso mayor a 1kg.
6. Las muestras ya medidas se conservaron un máximo de dos meses en el laboratorio. Pasado ese tiempo se desecharán.
7. Para el caso de la centrifuga debe revisarse el manual de este equipo y en especial las medidas de seguridad que este incluye.

REGLAMENTO INTERNO DEL LABORATORIO DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X (LDRX)

8. Los generadores de rayos X están situados en una única área del laboratorio. El acceso a esta área debe estar restringido de tal manera que pueda entrar a él sólo el personal autorizado por el responsable del laboratorio. En la entrada a esta área deben colocarse carteles visibles (legibles al menos a 2 metros de distancia), uno con el símbolo comúnmente aceptado para indicar la posible presencia de rayos X (Fig. 2a), y otro con el símbolo internacionalmente aceptado para indicar la presencia de radiaciones (Fig. 2b).

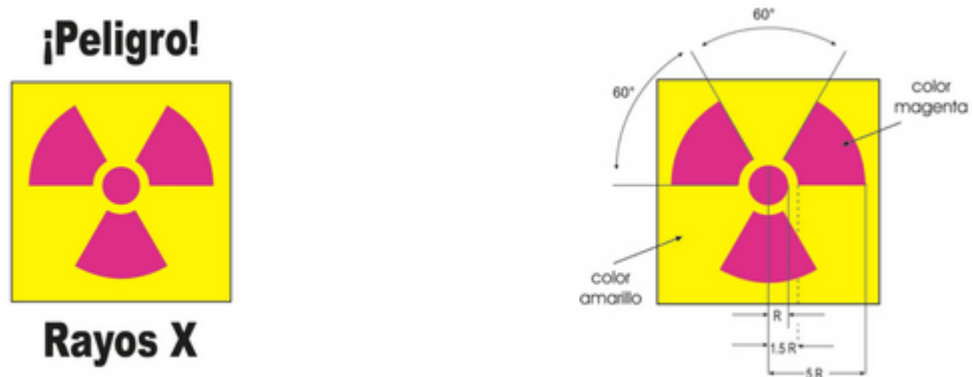


Fig. 2a



Fig. 2b

9. Adicionalmente, el laboratorio debe contar con los siguientes elementos de seguridad y sanidad laboral:
- Avisos visibles, con la simbología internacional convenida, sobre el empleo de radiación ionizante, tanto en el exterior de la puerta de entrada como en los alrededores de cada uno de los equipos generadores de rayos X.



REGLAMENTO INTERNO DEL LABORATORIO DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X (LDRX)



- Focos rojos en cada uno de los generadores de rayos X. Estos focos deben encenderse automáticamente cuando hay producción de estos rayos en el generador.
- El botiquín deberá cumplir con la normativa oficial vigente y contar con los siguientes elementos básicos: apósitos estériles, vendas elásticas, tela adhesiva, abatelenguas, férulas de cartón (15 × 50 cm), mascarilla para respiración artificial, algodón, alcohol al 90°, solución antiséptica y termómetro oral. Todos los insumos deberán almacenarse en una caja portátil que facilite su acceso y transporte en caso de emergencia.
- Extinguidor contra incendios debidamente señalado.
- Lugar para almacenaje de pequeñas cantidades de los reactivos de uso cotidiano (etilenglicol, acetona, formamida, ácido acético, alcohol...etc.).
- Batas de laboratorio de algodón.
- Instalación eléctrica que incluya un tablero de alimentación eléctrica en el laboratorio, debidamente señalado, con un interruptor general, con interruptores individuales para cada generador de rayos X.
- Tierra eléctrica física en cada uno de los equipos generadores de rayos X.

III. Prohibiciones y obligaciones

- a. En el caso de los difractómetros queda totalmente prohibido apoyarse en las puertas de estos equipos o intentar abrir las puertas mientras el equipo está midiendo.
- b. En ninguna circunstancia los usuarios modificaran los componentes o programas de medición de los equipos mayores (difractómetros y analizador térmico).
- c. Para el caso de las muestras a medir con el analizador térmico es fundamental revisar siempre las posibles reacciones de la muestra con el tipo de crisol a utilizar y con el gas de arrastre seleccionado. El manual del equipo tiene un listado de posibles reacciones adversas que debe ser consultado siempre antes de programar una medición.
- d. No se retirará ningún material de la mufla sin pinzas, aunque ya se haya enfriado.
- e. Los estudiantes deben dejar siempre limpia su área de trabajo y limpiar y ordenar todo el material utilizado para preparar o montar muestras.
- f. Los usuarios comprobarán siempre que el laboratorio queda cerrado si se retiran y no queda nadie como responsable del mismo.



REGLAMENTO INTERNO DEL LABORATORIO DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X (LDRX)



IV. Imprevistos

Se solicita contactar a la persona responsable de dicho laboratorio.

Responsable: Dra. Teresa Pi Puig,
Cel. 5548323858,
Correo: tpuig@geologia.unam.mx

Este reglamento entrará en vigor al día siguiente de su aprobación por el Consejo Interno del Instituto de Geología. Aprobado por el Consejo Interno del Instituto de Geología, en su sesión del 25 de junio de 2025.



REGLAMENTO INTERNO DEL LABORATORIO DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X (LDRX)



Esquema de ubicación de los componentes del LDRX-IGL que deben considerarse en caso de emergencia:

1. **Difractómetros**
2. **Lavaojos**
3. **Campana de extracción de gases**
4. **Armario con reactivos (debajo de la campana)**
5. **Botiquín**
6. **Extinguidores**
7. **Tanques de Nitrógeno y Oxígeno del analizador térmico**
8. **Tableros eléctricos**
9. **Llave de paso del agua (exterior)**
10. **Enfriadores de los equipos de difracción.**

