



AMV CONSULTORES
Capacitación y Consultoría



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
Consejo Departamental de la Libertad

CURSO EXPERTO

ANÁLISIS DE MINERALES Y CONCENTRADOS POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X (FRX)

VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO Y APLICACIONES EN MINITAB



www.amvconsultoresperu.com



Estudiar este curso es la clave para dominar la técnica de Fluorescencia de Rayos X (XRF) con rigor técnico y seguridad. Te brindará las competencias técnicas para operar espectrómetros, preparar muestras (pastillas y perlas fundidas), corregir efectos matriciales y garantizar la confiabilidad de los resultados bajo estrictos estándares de calidad (QA/QC) y seguridad radiológica.

DIRIGIDO A

El curso está dirigido a jefes de laboratorios, ingenieros químicos, metalúrgicos, analistas y público en general.

OBJETIVO

- Obtener una comprensión de los procesos físicos y químicos involucrados en el análisis por espectrometría de rayos X.
- Conocer los métodos de preparación de muestra para XRF.
- Saber aplicar los métodos matemáticos para la corrección de efectos matriz.
- Conocer los diferentes efectos matrices que inciden en los resultados de fluorescencia de rayos X.

TEMARIO

Capítulo 1: Fundamentos de Fluorescencia de Rayos X (frx) y su Aplicación en Minería

- Introducción a la Fluorescencia de Rayos X.
- Principios físicos de la técnica FRX.
- Interacción de los rayos X con la materia.
- Radiación primaria y fluorescencia secundaria.
- Líneas espectrales características.
- Identificación de elementos mediante energía y longitud de onda.
- Diferencias entre:
 - FRX por dispersión de longitud de onda – WDXRF.
 - FRX por dispersión de energía – EDXRF.
- Componentes principales de un espectrómetro FRX.
- Tubo de rayos X, detectores, cristales analizadores y sistemas ópticos.
- Alcance y limitaciones de la técnica.
- Análisis cualitativo y cuantitativo.
- Aplicaciones en:
 - Minerales.
 - Concentrados de cobre, zinc y plomo.
 - Muestras geoquímicas.
 - Productos de planta concentradora.
- Principales interferencias espectrales.
- Efectos de matriz:
 - Absorción.
 - Realce.
 - Granulometría.
 - Mineralogía.
 - Humedad.

Aplicación práctica: interpretación básica de un espectro FRX e identificación de elementos de interés.

Capítulo 2: Preparación de Muestras, Calibración y Control del Proceso Analítico

- Importancia de la preparación de muestras en FRX.
- Representatividad de la muestra.
- Secado y control de humedad.
- Chancado, pulverización y homogenización.
- Influencia de la granulometría en los resultados.
- Métodos de preparación:
 - Pastillas prensadas.
 - Perlas fundidas.
 - Análisis directo de sólidos.
- Uso de aglutinantes y fundentes.
- Relación muestra/fundente.
- Prevención de contaminación cruzada.
- Limpieza de equipos y materiales.
- Desarrollo de una calibración para FRX.
- Selección de Materiales de Referencia Certificados (MRC).
- Definición del rango de calibración.
- Curvas de calibración.
- Regresión lineal y modelos alternativos.
- Evaluación de residuos.
- Correcciones por efectos de matriz.
- Verificación independiente de la calibración.
- Criterios para aceptación y rechazo de una calibración.
- Control de deriva instrumental.
- Blancos, muestras de control y duplicados.
- Cartas de control aplicadas al seguimiento del equipo.

Aplicación práctica: construcción e interpretación de una curva de calibración para un elemento de interés.

Capítulo 3: Validación del Método de Ensayo para FRX

- Conceptos de:
 - Verificación.
 - Validación.
 - Revalidación.
- Relación con los requisitos de **ISO/IEC 17025**.
- Definición del alcance de validación.
- Características de desempeño aplicables a FRX.
- Evaluación de:
 - Selectividad/especificidad.
 - Rango de trabajo.
 - Linealidad.
 - Sensibilidad.
 - Precisión.
 - Repetibilidad.
 - Precisión intermedia.
 - Veracidad.
 - Sesgo.
 - Recuperación.
 - Límite de detección.
 - Límite de cuantificación.
 - Robustez.
- Uso de materiales de referencia certificados.
- Comparación entre valor certificado y resultado experimental.
- Evaluación estadística del sesgo.

- Diseño experimental para precisión.
- Identificación y evaluación de valores atípicos.
- Definición de criterios de aceptación.
- Documentación del proceso de validación.
- Elaboración del informe de validación.
- Declaración de aptitud del método para el uso previsto.

Caso práctico: diseño de un protocolo de validación para la determinación de Cu, Zn, Pb u otro elemento mediante FRX.

Capítulo 4: Validación Estadística y Aplicaciones Prácticas en Minitab

Parte 1 – Tratamiento estadístico de datos

- Estadística descriptiva aplicada a la validación.
- Media, mediana, desviación estándar y coeficiente de variación.
- Distribución de los datos.
- Evaluación de normalidad.
- Prueba de Anderson-Darling.
- Detección de valores atípicos.
- Intervalos de confianza.

Parte 2 – Linealidad y calibración en Minitab

- Ingreso y organización de datos.
- Diagramas de dispersión.
- Regresión lineal.
- Ecuación de la recta.
- Coeficiente de determinación R²
- Análisis de residuos.
- Evaluación de pendiente e intercepto.
- Intervalos de confianza de la regresión.
- Evaluación del rango de trabajo.

Parte 3 – Precisión

- Evaluación de repetibilidad.
- Cálculo de desviación estándar.
- RSD/CV.
- Precisión intermedia.
- Diseño con diferentes:
 - Analistas.
 - Días.
 - Equipos o condiciones.
- Aplicación de ANOVA en Minitab.
- Interpretación del valor p.
- Identificación de fuentes significativas de variación.

Parte 4 – Veracidad y sesgo

- Comparación con MRC.
- Cálculo de sesgo absoluto y relativo.
- Recuperación.
- Prueba t de una muestra.
- Interpretación estadística de resultados.
- Comparación entre métodos cuando corresponda.

Parte 5 – Límites y robustez

- Estimación del límite de detección y cuantificación cuando sea técnicamente aplicable al método.
- Estudios de robustez.
- Evaluación de factores que pueden afectar el resultado.
- Diseño experimental básico en Minitab.

Parte 6 – Aseguramiento de la validez de los resultados

- Elaboración de cartas de control.
- Media y límites de control.
- Identificación de tendencias y desplazamientos.
- Seguimiento de materiales de control.
- Evaluación de duplicados.
- Acciones ante resultados fuera de control.

Examen final

INFORMACIÓN GENERAL

- › Inicio : 29 de setiembre, 1, 6 y 8 de octubre
- › Modalidad : 100% en vivo (Plataforma Zoom)
- › Frecuencia : Martes y jueves
- › Horario : 08:00pm a 10:00pm
- › Certificación : AMV Consultores y el Colegio de Ingenieros del Perú - CDLL, por 18 horas académicas.

MODALIDAD ONLINE

- › Las sesiones se realizarán en la modalidad Online (En vivo), donde podrán realizar preguntas y resolver dudas (Plataforma Zoom).
- › El participante tendrá a su disposición un Aula Virtual (Acceso 24x7), donde podrá ingresar por medio de un Usuario y Contraseña que se le enviará a su correo electrónico, en donde encontrará las herramientas necesarias, evaluaciones continuas para consolidar los conocimientos.
- › Se facilitará la descarga del material académico, como diapositivas, normativas y recursos complementario que siempre estará disponible en nuestra plataforma virtual.

* Asesoría permanente durante el desarrollo del curso.

DOCENTE



Juan V. Salazar Jaime

Ingeniero Químico con 16 años de experiencia en Minería y otros rubros con posgrado en Ingeniería de la Calidad y Gestión Ambiental, con especialización en Sistemas de Gestión ISO/IEC 17025, ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001 en la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Universidad Agraria la Molina (UNALM) y la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM). Experto Técnico en el Instituto Nacional de la Calidad (INACAL), Gerente Técnico de Lab Perú Minerals.

Con entrenamientos en Metrología Química en diferentes Institutos Nacionales de Metrología de la región, como el CENAM de México, INMETRO de Brasil, INM de Colombia, INTI de Argentina, entre otros.

PASOS PARA INSCRIBIRSE

PASO 1. Llene la ficha de inscripción

Descargar la ficha de inscripción de nuestra página web www.amvconsultoresperu.com rellenarla con los datos solicitados y envíela junto al voucher de depósito escaneado (Paso 2) y los requisitos del participante al correo info@amvconsultoresperu.com. Se le enviará un mensaje de confirmación indicando que su inscripción ha sido atendida.

PASO 2. Pague los derechos académicos

Deposite en la cuenta corriente en soles o dólares a nombre de AMV CONSULTORES S.A.C.

› Interbank

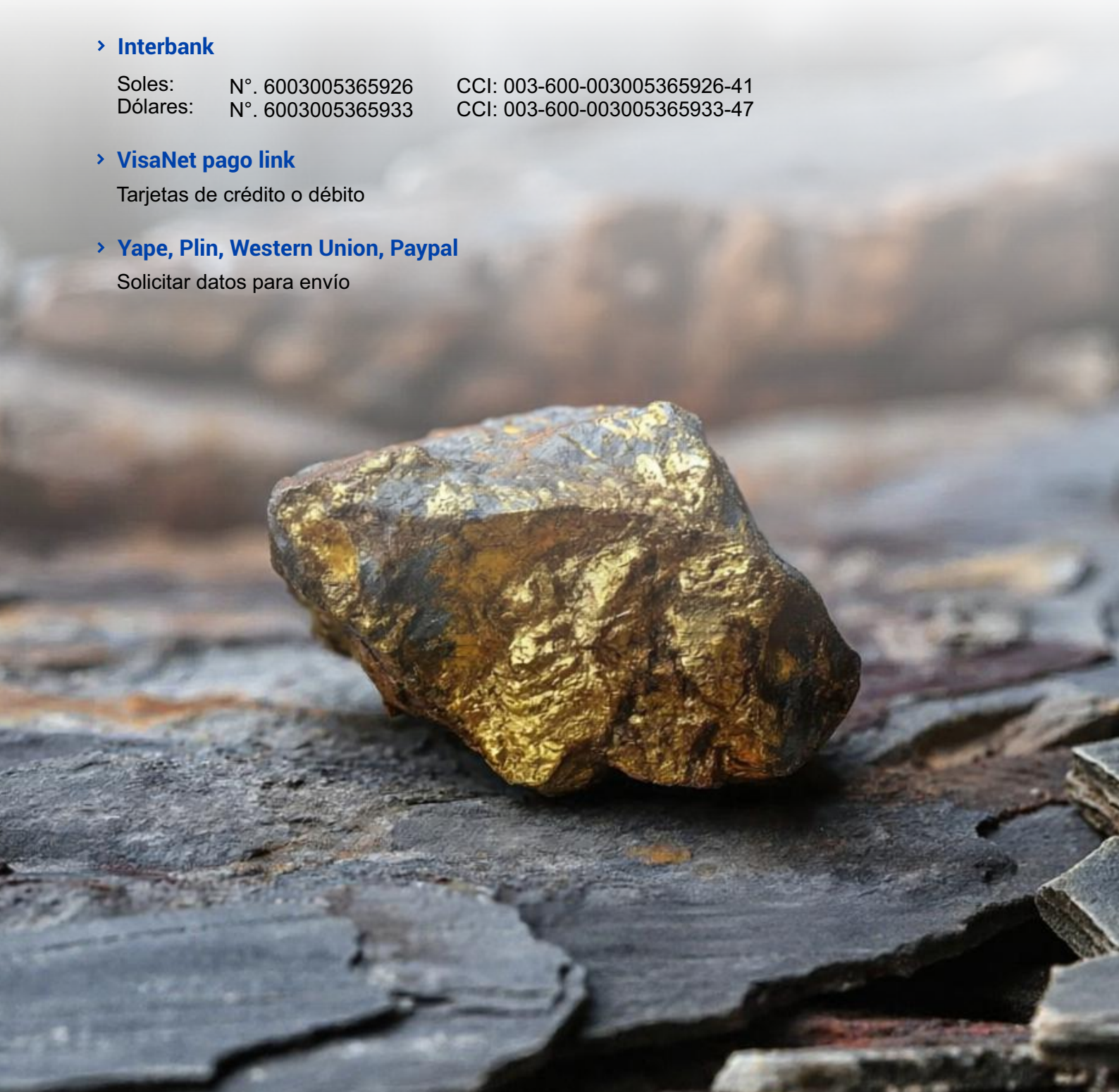
Soles:	N°. 6003005365926	CCI: 003-600-003005365926-41
Dólares:	N°. 6003005365933	CCI: 003-600-003005365933-47

› VisaNet pago link

Tarjetas de crédito o débito

› Yape, Plin, Western Union, Paypal

Solicitar datos para envío



¿PORQUE ELEGIR AMV CONSULTORES?



Más de 10 años de experiencia en capacitaciones,



Tutoría permanente durante el programa de capacitación.



Staff de especialistas con experiencia 100% en campo.



Clases en vivo que quedan grabadas con acceso ilimitado.



Se facilitará las descargas de diapositivas y material complementario.

CERTIFICACIÓN

Los participantes que hayan cumplido con los requisitos y evaluación del curso recibirán un certificado acreditado por el **Colegio de Ingenieros del Perú - CDLL** y **AMV Consultores S.A.C.**

* En el Diploma no se menciona la modalidad de estudios.



ALGUNAS DE LAS EMPRESAS QUE TRABAJAN CON NOSOTROS



INFORMES



Cel. 983468139



info@amvconsultoresperu.com

