Evento Bimodal
Virtual / Presencial

42° Congreso de Ergonomía, Higiene, Medicina y Seguridad Ocupacional.

Hotel Intercontinental Medellín - Colombia

2, 3 y 4 de noviembre de 2022

28 Semana de la Salud Ocupacional

Lo humano y lo técnico en un mundo que se transforma

Características y propiedades de la sílice

Organiza:

CSOA
CORPORACIÓN DE SALUD OCUPACIONAL Y AMBIENTAL

CO COLOMBIA · ACHO Capítulo Antioquia · ASASI Asociación Colombiana de Seguridad Integral · SCE Sociedad Colombiana de Ergonomía Capítulo Antioquia · Sociedad Colombiana de Medicina del Trabajo Capítulo Antioquia

Organiza:

CSOA CORPORACIÓN DE SALUD OCUPACIONAL Y AMBIENTAL

28 Semana de la Salud Ocupacional

Lo humano y lo técnico en un mundo que se transforma

Juan Camilo Caballero O.

Ingeniero químico
Director técnico de laboratorio - CONHINTEC

Organiza:

CSOA CORPORACIÓN DE SALUD OCUPACIONAL Y AMBIENTAL

28 Semana de la Salud Ocupacional

Lo humano y lo técnico en un mundo que se transforma

¿Qué es la sílice?

¿Qué es la sílice?

Se le denomina sílice generalmente al grupo de minerales compuestos por silicio y oxigeno. Mas específicamente la palabra sílice hace referencia a los compuestos formados por dióxido de silicio (SiO_2).

La sílice esta presente naturalmente en grandes cantidades en la corteza terrestre, incluso los compuestos que la conforman son los mas abundantes (Oxigeno 47%, silicio 28%, aluminio 8%, hierro 5%).

Organiza:

CSOA CORPORACIÓN DE SALUD OCUPACIONAL Y AMBIENTAL

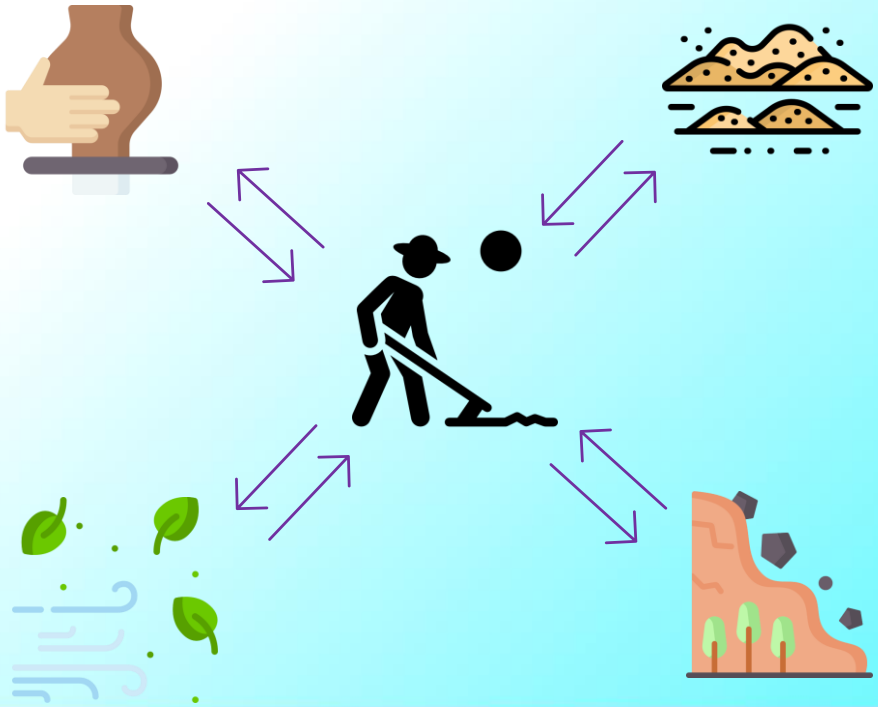
28 Semana de la Salud Ocupacional

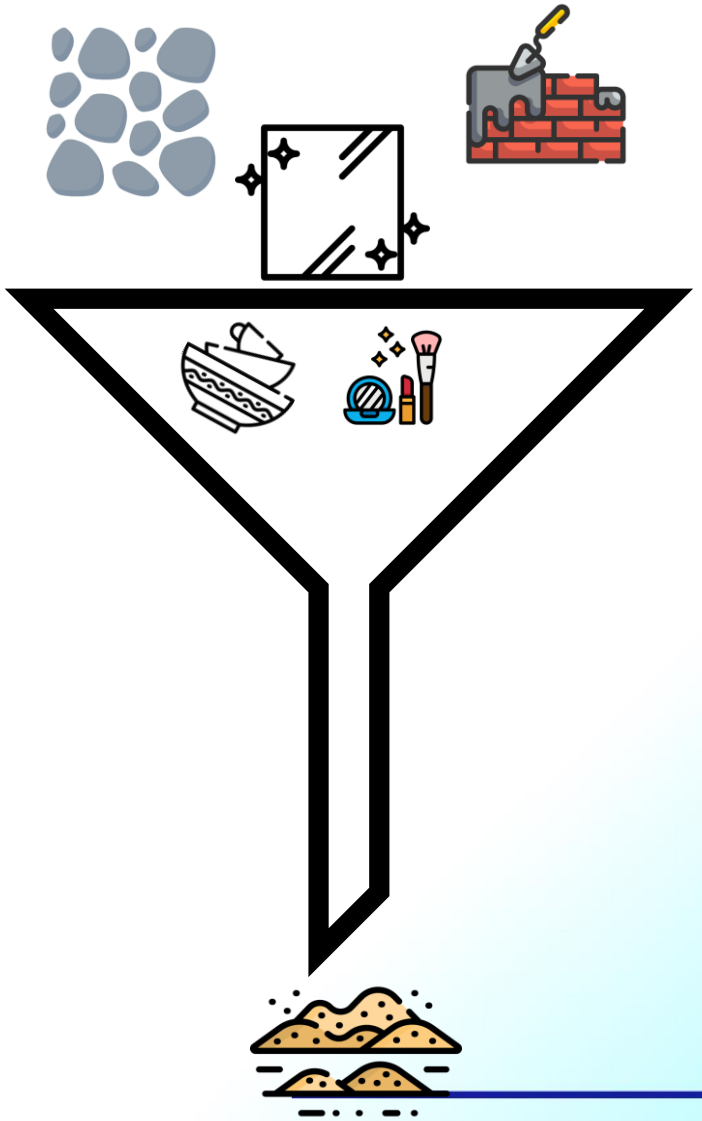
Lo humano y lo técnico en un mundo que se transforma

¿Dónde se encuentra?

Fuentes naturales

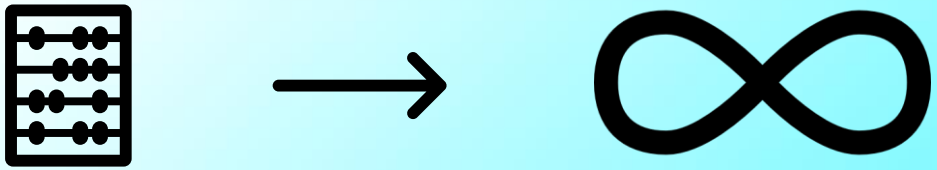
Fuentes típicas de la sílice pueden ser rocas, arena, arcilla, suelo. Incluso, se puede encontrar en el aire y fuentes hídricas.





¿En donde se usa la sílice?

Podemos encontrarla en productos con los que interactuamos a diario tales como cerámicos, granito, ladrillos, vidrio, yeso, productos cosméticos, talco…



La sílice es ***INNEVITABLE***

Usos industriales

La sílice tiene características que la hacen muy interesantes para su uso industriales entro los cuales se encuentran:

- Abundancia
- Resistencia térmica
- Conductividad
- Insolubilidad con el agua
- Anti aglomerante
- Anti aglutinante
- Entre otros

Industrias

- Construcción
- Fabricación de vidrio y silicona
- **Alimentos**
- Farmacéuticos
- Cosméticos
- **Semiconductores**

Organiza:

CSOA CORPORACIÓN DE SALUD OCUPACIONAL Y AMBIENTAL

28 Semana de la Salud Ocupacional

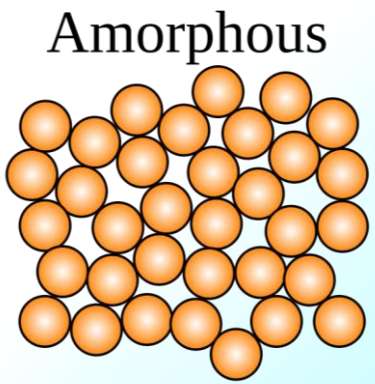
Lo humano y lo técnico en un mundo que se transforma

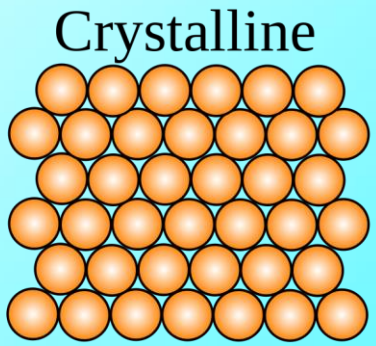
Entremos en detalles

Sílice y sus formas

La sílice se puede clasificar de dos formas: amorfa y **cristalina**

1) Amorfa: del griego “a” que traduce negación y “morfo” traduce forma.
2) Cristalino: Arreglo atómico ordenado

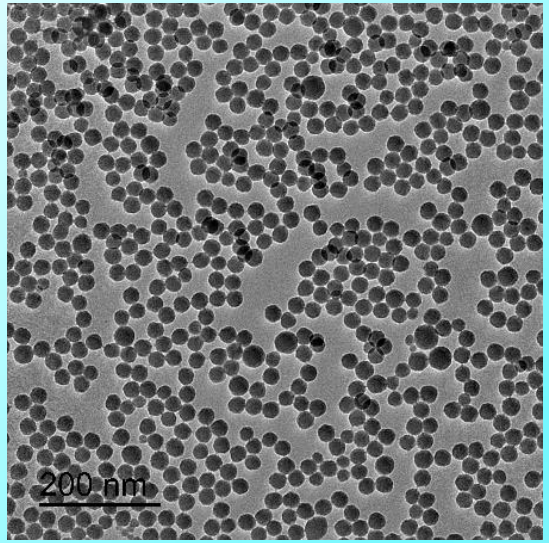




28 Semana de la Salud Ocupacional
Lo humano y lo técnico en un mundo que se transforma

Sílice amorfa

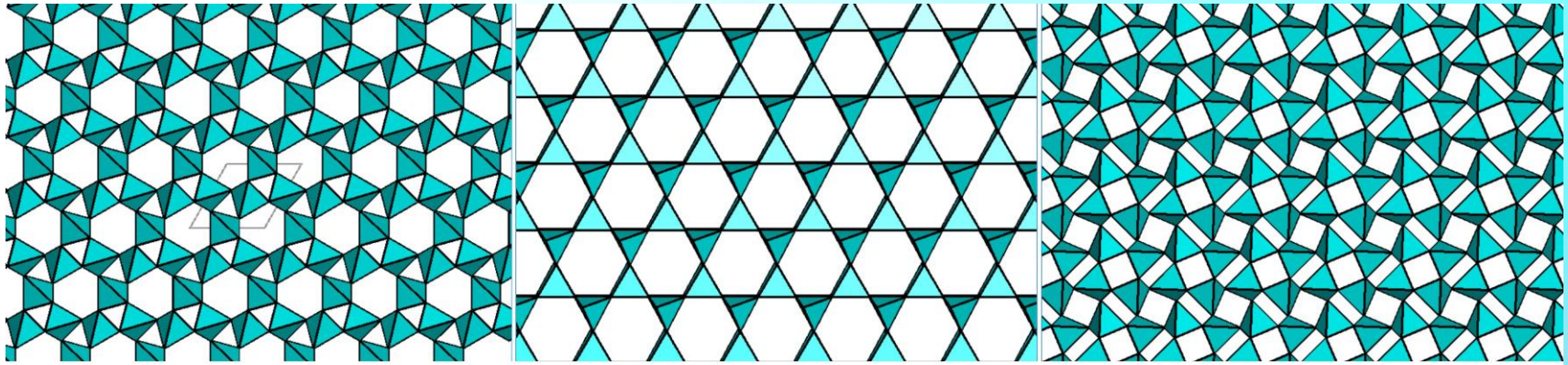
La sílice amorfa son aquellos compuestos que contienen dióxido de silicio, pero que no tienen un arreglo atómicamente ordenado. El **vidrio** es uno de los ejemplos más comunes de sílice amorfa



Sílice cristalina

La sílice cristalina es la forma mas abundante de la sílice. Existen diferentes **polimorfos** entre los cuales predominan el **cuarzo**, la **cristobalita** y la **tridimita**.

El cuarzo es el polimorfo mas común de la sílice cristalina, así como también es uno de los minerales mas abundantes de la corteza terrestre (aproximadamente 10% por masa de la corteza terrestre).



quartz tridymite cristobalite

Organiza:

CSOA CORPORACIÓN DE SALUD OCUPACIONAL Y AMBIENTAL

28 Semana de la Salud Ocupacional

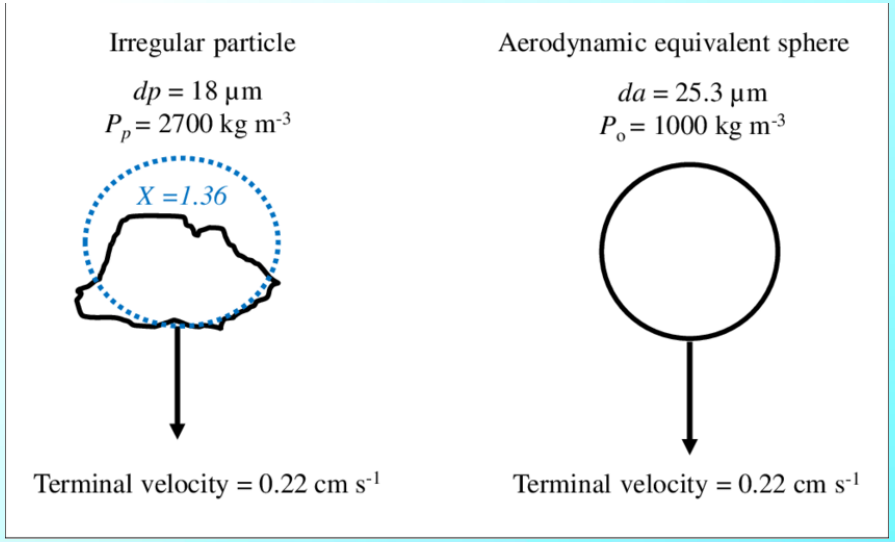
Lo humano y lo técnico en un mundo que se transforma

Sílice cristalina respirable

Sílice cristalina respirable

Cuando se habla de la sílice cristalina **respirable**, se hace alusión a toda la sílice cristalina que cumple con unos criterios de diámetro aerodinámico determinado.

Diámetro aerodinámico: Es la partícula que como esfera tiene la densidad del agua (1 g/cm^3) tiene la misma velocidad que la partícula de interés.



Sílice cristalina respirable

Dependiendo del diámetro aerodinámico, el material particulado puede ser clasificado de las siguientes maneras:

- Total: No tiene diámetro aerodinámico discriminado
- Inhalable: d ≥ 10 µm
- Torácico: 10 µm> d ≥ 4 µm
- **Respirable**: d ≤ 4 µm

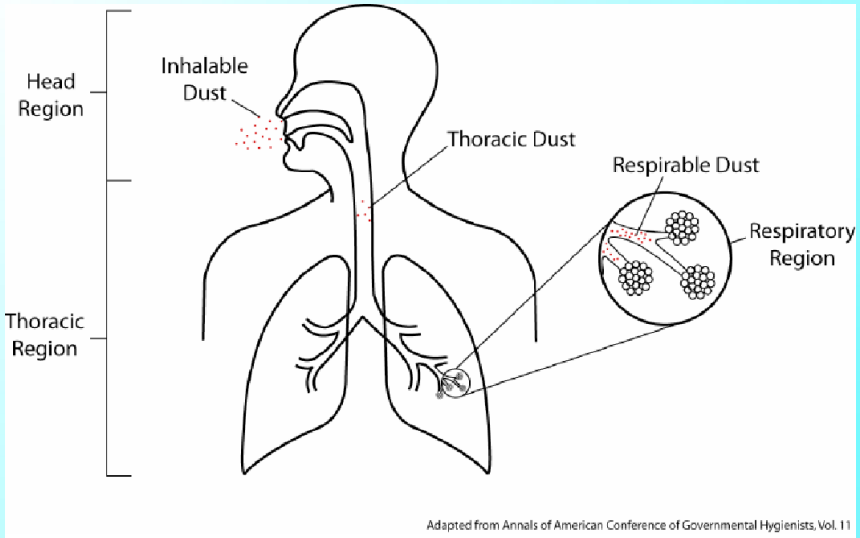
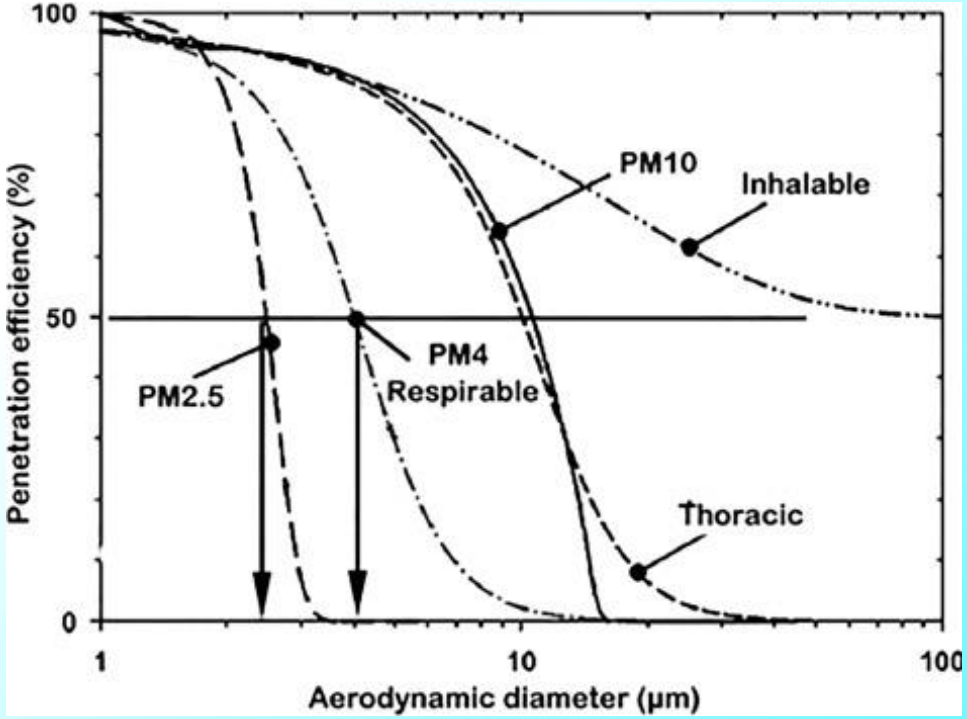


Figure 1.1: Regional Particle Deposition [9]

d: diámetro aerodinámico

Sílice cristalina respirable



Sílice cristalina respirable

Dos polimorfos de la sílice cristalina, **cuarzo y cristobalita**, fueron clasificados como Grupo 1 cancerígenos por la agencia de investigación sobre el cáncer (IARC). Esto quiere decir que son compuestos comprobados cancerígenos.

Solo se requiere una pequeña cantidad de sílice cristalina para que represente un riesgo a la salud. Uno de los efectos mas peligros de la sílice es una enfermedad llamada **silicosis**, la cual puede manifestarse en pocos meses después de una alta exposición. La silicosis causa una inflamación en el tejido de los pulmones y pueden llenarse de fluidos, reduciendo la capacidad de los pulmones de transferir oxigeno hacia la sangre.

Organiza:

CSOA CORPORACIÓN DE SALUD OCUPACIONAL Y AMBIENTAL

28 Semana de la Salud Ocupacional

Lo humano y lo técnico en un mundo que se transforma

¿Como se realiza el muestreo?

Medición de material particulado respirable

Existen mediciones de material particulado por lectura directa y métodos fisicoquímicos, como la **gravimetría**. Debido a que el análisis de sílice cristalina no se realiza a través de mediciones de lectura directa hablaremos de **métodos analíticos**.

Separador de partículas

Medio de retención

Bomba de muestreo

Separador de partículas

Mas conocido como ciclón, este equipo remueve las partículas suspendidas en el aire separándolas sin la necesidad de un filtro. De igual manera, dependiendo de la aplicación, los ciclones estarán diseñados para remover tamaños de partícula en especifico.

Para material particulado **respirable**, el ciclón debe tener la capacidad de remover con alta eficiencia las partículas mayores a 4 µm.

Importante: Los ciclones suelen estar diseñados solo para un caudal en especifico.

Medio de retención

El medio de retención es donde las partículas separadas por el ciclón son impactadas y retenidas. Para realizarle el proceso gravimétrico este filtro debe estar pre pesado para determinar la masa de la muestra posterior a su deposición.

Importante: es imposible determinar la masa de la muestra correctamente si los filtros tienen partes faltantes.

Organiza:

CSOA CORPORACIÓN DE SALUD OCUPACIONAL Y AMBIENTAL

28 Semana de la Salud Ocupacional

Lo humano y lo técnico en un mundo que se transforma

Análisis de sílice cristalina respirable

Análisis de sílice cristalina respirable

Se han utilizado diferentes técnicas de análisis para la determinación de sílice cristalina entre las cuales se encuentran absorción atómica, **colorimetría**, **gravimetría**, microscopía, **espectroscopía infrarroja** y **difracción de rayos X**.

De este lado del mundo estas son las técnicas publicadas:

- NIOSH 7500 (Difracción de rayos X)
- OSHA ID-142 (Difracción de rayos X)
- NIOSH 7601 (Colorimetría)
- NIOSH 7602 (Espectroscopía infrarroja)
- NIOSH 7603 (Espectroscopía infrarroja), sólo para minas de carbón

Análisis de sílice cristalina respirable

Importante: El análisis de sílice cristalina va a ser representativo si y solo si, el muestreo del material esta en el rango de respirable.

¿Que debe tener un método analítico?

1- Capacidad de determinar el analito de interés

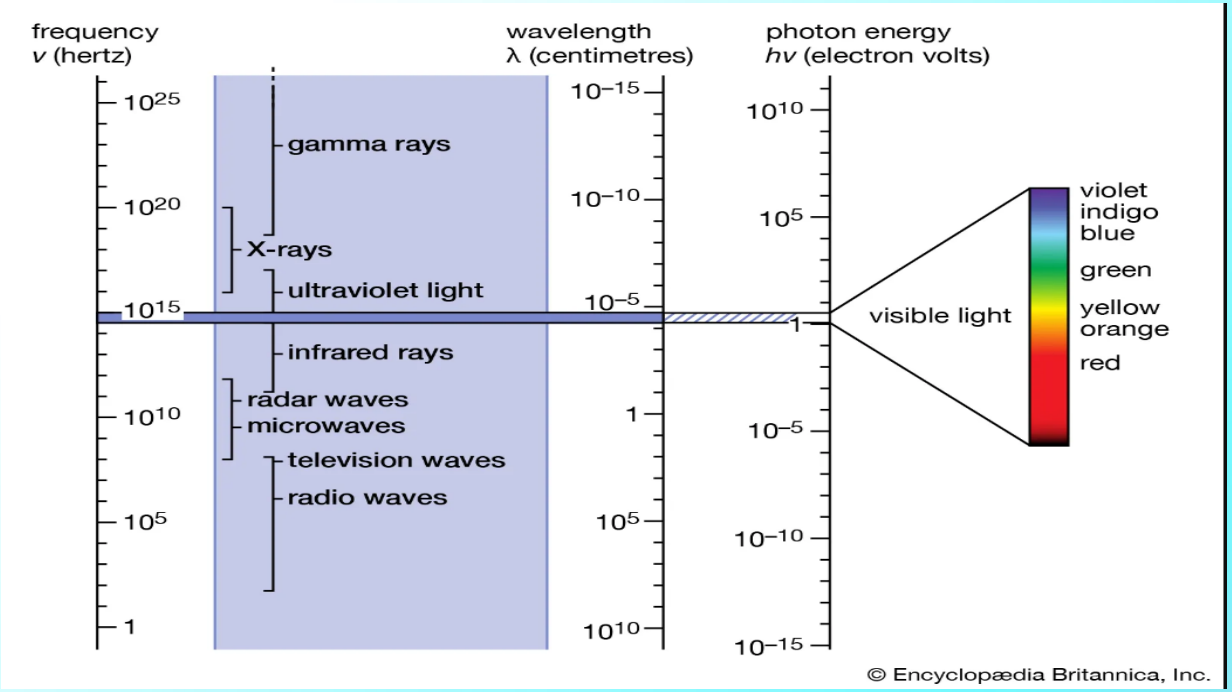
2- Reconocimiento internacional (método validado)

3- Comprobación de competencia (pruebas de desempeño)

4- Robustez

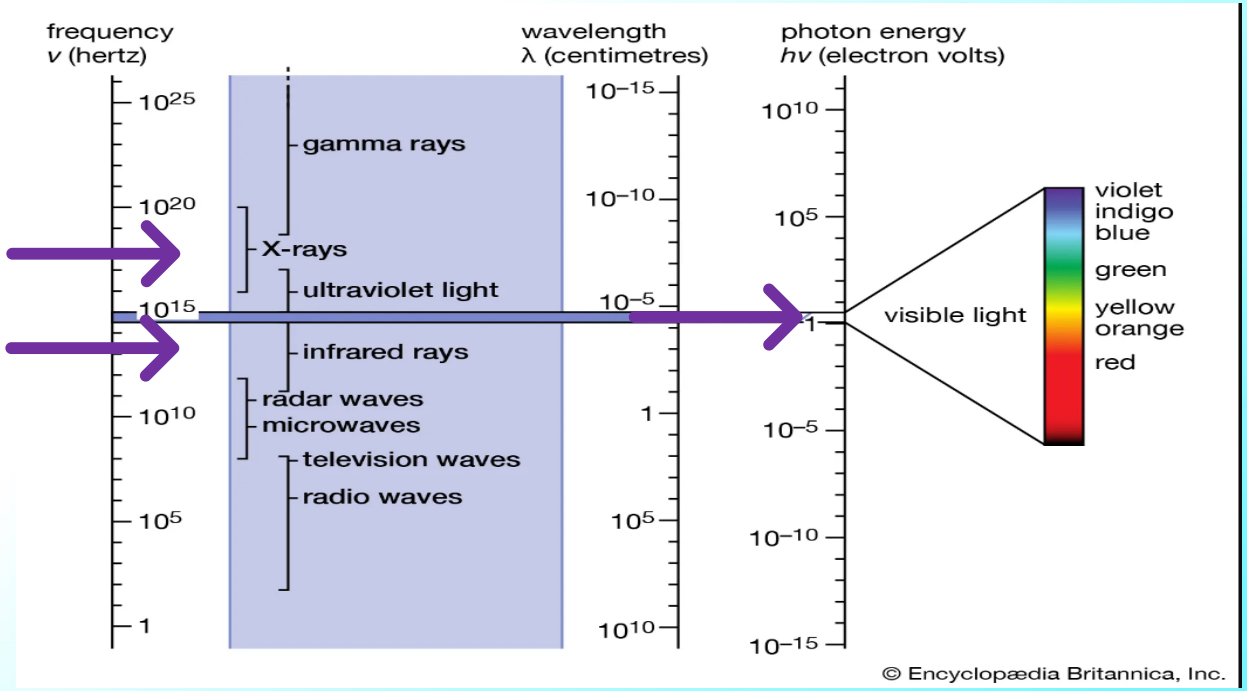
Espectroscopia

Del latín *spectrum* (apariencia, imagen, aparición) y del griego σκοπέω (skopéō, “para ver”). La espectroscopia se trata del estudio de las mediciones a través de la luz (espectro electromagnético).



Espectroscopia

Mayor energía



Menor energía

¿Que técnica analítica debo utilizar?

Existen 3 técnicas principalmente usadas para el análisis de la sílice cristalina que son:

- Espectrofotometría UV-VIS
- Espectrometría infrarroja
- Difracción de rayos X

Ultravioleta - visible

Ventajas:

- Es una técnica analítica más económica
- Técnicamente es más sencilla la manipulación y procedimientos
- Técnica especifica para el análisis de (SiO_2).

Desventajas:

- Esta técnica analítica no tiene la capacidad de distinguir entre la **sílice cristalina** y la amorfa.
- Tiene mas un uso investigativo ya que otras técnicas tienen mejor aceptación dentro de los laboratorios
- Tiene un rango de trabajo amplio, pero tiene un **límite de cuantificación** alto también.

Espectrometría infrarroja

Ventajas:

- Es una técnica analítica relativamente económica
- Puede distinguir la **sílice cristalina** de la amorfa.
- Esta técnica puede distinguir distintos polimorfos
- Técnica no destructiva

Desventajas:

- Presenta **interferencias** para cuantificar los polimorfos si hay presencia en grandes cantidades de sílice amorfa u otros silicatos
- Es una técnica susceptible a **interferencias** por presencia de otros minerales, lo que sacrifica la **sensibilidad** de la técnica.
- La técnica completa de análisis puede tener unos rangos de exactitud mayores.

28 Semana de la Salud Ocupacional
Lo humano y lo técnico en un mundo que se transforma

Espectrometría infrarroja

El método mas aceptado para esta técnica analítica es el NIOSH 7603, debido a que ha sido más estudiado para minas de carbón.

QUARTZ in coal mine dust, by IR (redeposition) **7603**

SiO_2 MW: 60.08 CAS: 14808-60-7 RTECS: VV7330000

METHOD: 7603, Issue 3	**EVALUATION: UNRATED**	**Issue 1: 15 May 1989** **Issue 3: 15 March 2003**

OSHA : quartz (respirable): 10 mg/m³/ (%SiO_2 + 2)
NIOSH: 0.05 mg/m³ (suspect carcinogen)
ACGIH: 0.1 mg/m³

PROPERTIES: solid; d 2.65 g/cm³; crystalline transformations: quartz to tridymite @ 867 °C: trydymite to crystobalite @ 1470 °C; α-quartz to β-quartz @ 573 °C

SYNONYMS: free crystalline silica; silicon dioxide

SAMPLING	**MEASUREMENT**

28 Semana de la Salud Ocupacional
Lo humano y lo técnico en un mundo que se transforma

Espectrometría infrarroja

SAMPLING	
SAMPLER:	CYCLONE + PREWEIGHED FILTER (10-mm cyclone, nylon or Higgins-Dewell (HD), and PVC filter, 37-mm, 5-µm) *see sampling section
FLOW RATE:	HD cyclone: 2.2 L/min nylon cyclone: 1.7 L/min
VOL-MIN: **-MAX:**	300 L @ 0.1 mg/m^3 1000 L
SHIPMENT:	Routine
SAMPLE STABILITY:	Stable
BLANKS:	2 to 10 field blanks per set
BULK SAMPLE:	Rrequired for OSHA standard calculations; area respirable or settled dust

ACCURACY	
RANGE STUDIED:	25 to 160 µg/sample [1] (2 mg quartz/m^3 atmosphere)
BIAS:	Unknown
OVERALL PRECISION ($\hat{S}_{rT}$):	0.13 to 0.22 (varies with sample loading and matrix
ACCURACY:	±25.6 to 43.4%

MEASUREMENT	
TECHNIQUE:	INFRARED ABSORPTION SPECTROPHOTOMETRY (IR)
ANALYTE:	Quartz
WEIGH:	Dust cassette
ASH:	Muffle furnace or RF plasma asher
REDEPOSIT:	0.45-µm acrylic copolymer membrane filter
IR:	Scan, 1000 to 650 cm^{-1}, absorbance mode with blank filter in reference beam
CALIBRATION:	NIST SRM 1878a suspension in 2-propanol
RANGE:	30 to 250 µg quartz per sample [1]
ESTIMATED LOD:	10 µg quartz per sample [1]
PRECISION ($\hat{S}_r$):	0.098 @ 100 to 500 µg per sample (varies with sample matrix) [1]

Difracción de rayos X

Ventajas:

- Es una técnica analítica muy robusta, por lo cual se puede utilizar en toda variedad de **matrices**
- Puede distinguir la **sílice cristalina** de la amorfa.
- Esta técnica puede distinguir distintos polimorfos
- Análisis no destructivo
- Técnica analítica de **mayor energía**
- Es la técnica más ampliamente aceptada a nivel mundial para análisis de sílice cristalina

Difracción de rayos X

Desventajas:

- Técnica analítica más costosa
- Dependiendo de la configuración del equipo puede ser un técnica analítica lenta.
- La manipulación del equipo requiere personal bien entrenado

Organiza:

CSOA CORPORACIÓN DE SALUD OCUPACIONAL Y AMBIENTAL

28 Semana de la Salud Ocupacional

Lo humano y lo técnico en un mundo que se transforma

Difracción de rayos X

Difracción de rayos X (XRD)

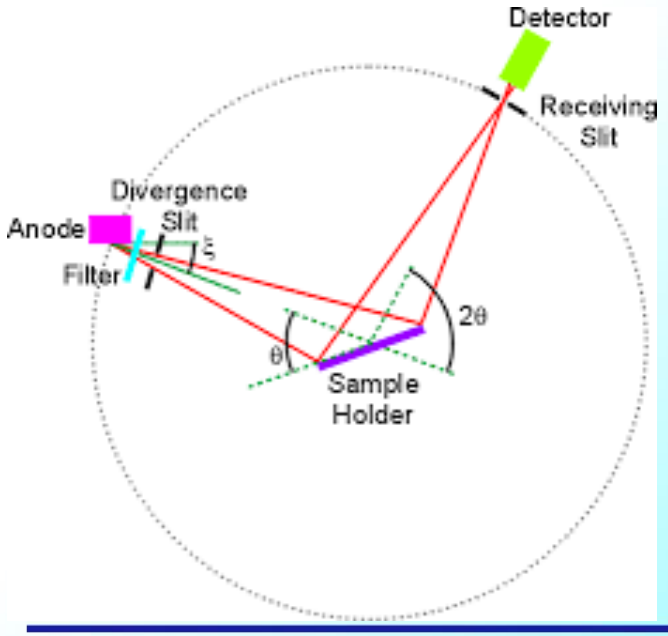
La técnica de **difracción de rayos X (XRD)** es más adecuada para la identificación y determinación de polimorfos de sílice cristalina, aquellos casos en los que existe la posibilidad de que la muestra contenga algún polimorfo de sílice diferente del cuarzo, la variedad estable a presión y temperatura ambiente, los métodos recomendados son siempre aquellos basados en difracción de rayos X. No obstante, pueden existir otros minerales que acompañen a la sílice cristalina que en unos casos (sílice, amorfa, volframatos, molibdatos, zircón,…) **requieren obligatoriamente el empleo de difracción de rayos X**.

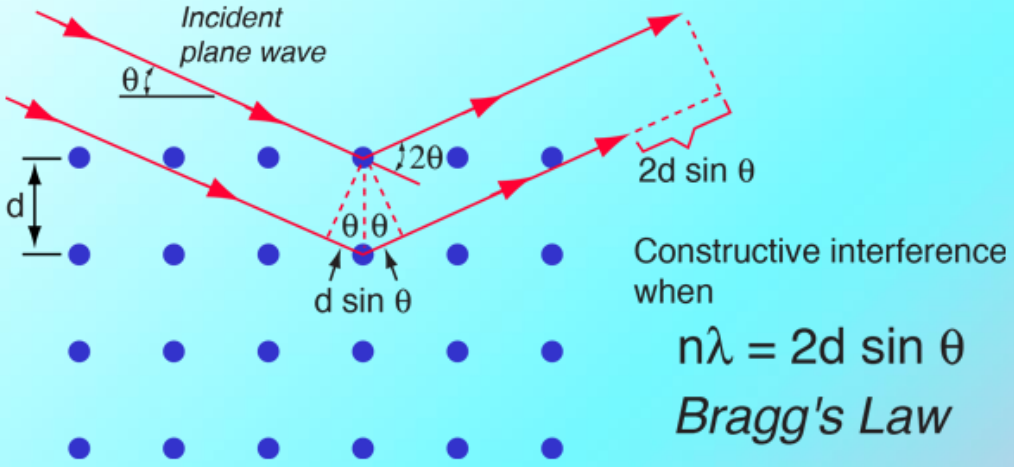
Fuente: Guía técnico INS: métodos de determinación de partículas y sílice cristalina respirable 2da edición abril 2018. Instituto Nacional de Silicosis Departamento técnico

¿Qué es la difracción de rayos X?

La difracción de rayos X (XRD) es la única técnica de laboratorio que revela información estructural, como la composición química, la estructura cristalina, el tamaño de los cristales, la deformación, la orientación preferida y el espesor de las capas.

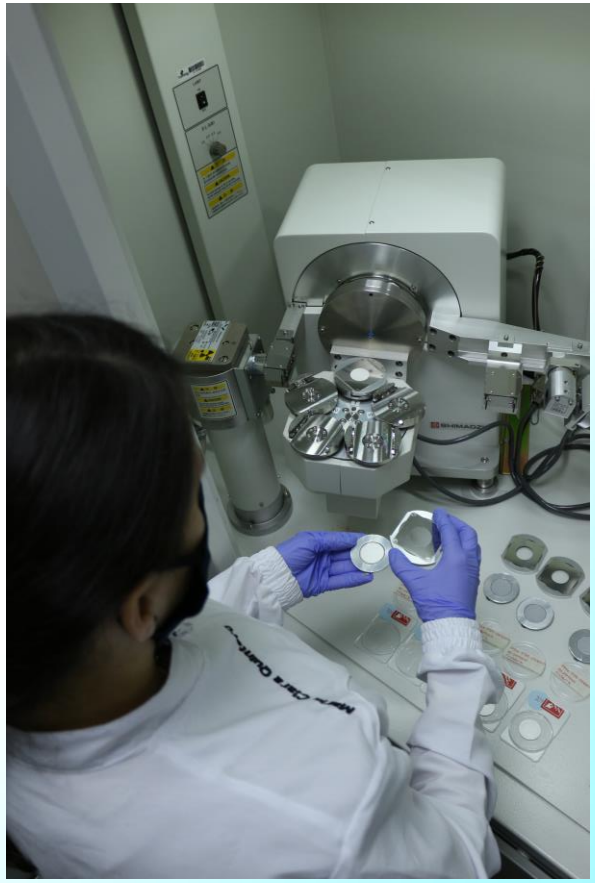
Fuente: Malvern Panalytical



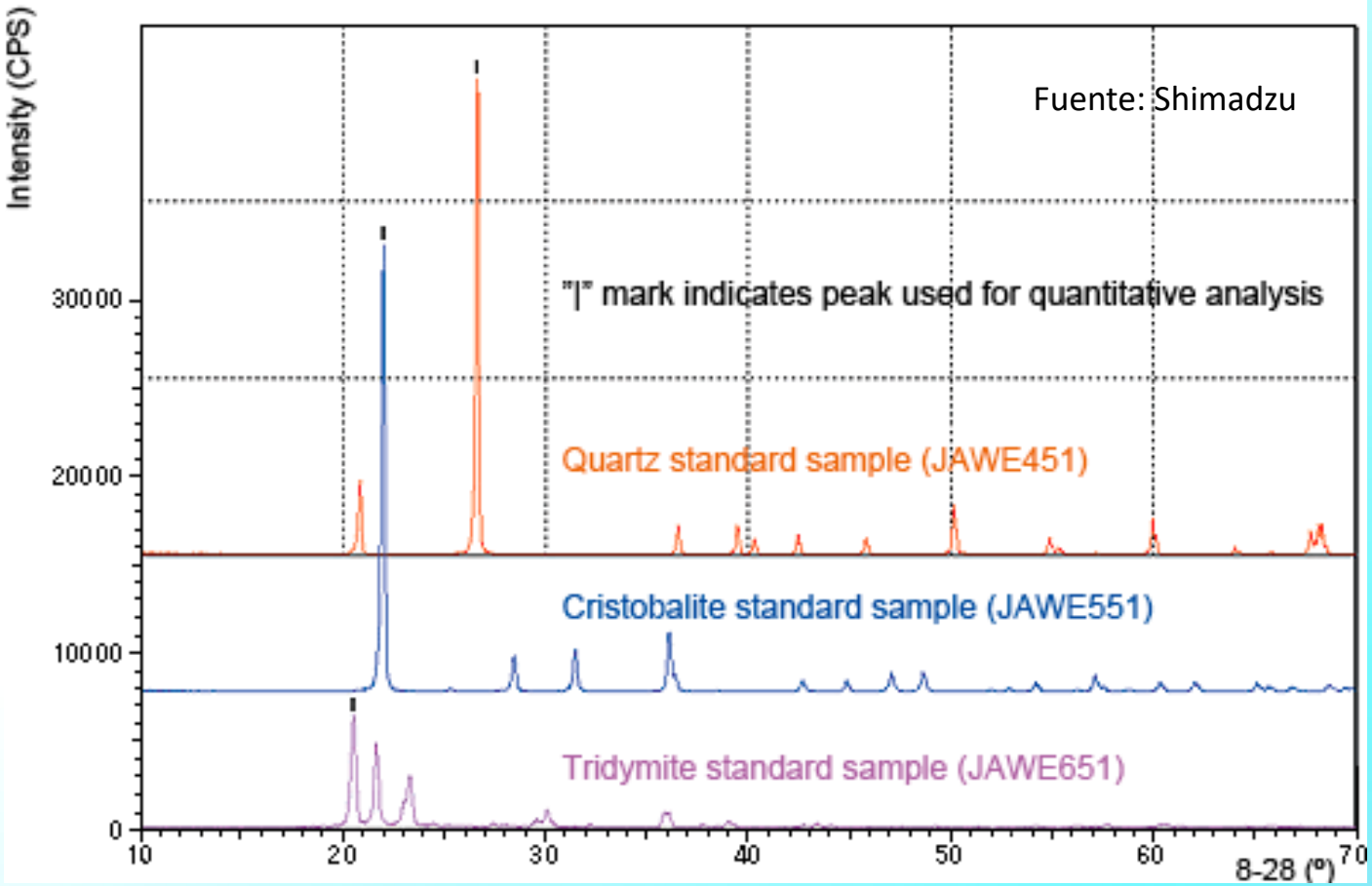


Análisis de sílice cristalina por XRD

Análisis de sílice cristalina por XRD



Análisis de sílice cristalina por XRD difractograma



Retos de las técnicas analíticas

- Disminuir límites de cuantificación
- Lograr desarrollar técnicas más robustas contra interferencias

¿Por qué tener un laboratorio acreditado?

Normas internacionales como la ISO 17025 en su versión actual tienen como objetivo corroborar que el laboratorio evaluado está estructurado para el aseguramiento de la calidad. Estar acreditado significa que los procesos analíticos y resultados son confiables, puesto que han pasado por procesos rigurosos objetivos e imparciales.

También esto significa que el personal que tiene el laboratorio es idóneo para las actividades técnicas allí realizadas.

Más importante aun, que el laboratorio demuestra que es **competente.**

Competencia

La competencia en los laboratorios de calibración y ensayos esta demostrada a través de la experiencia, destreza y capacidad de su personal, pero mas importante aun, es la demostración imparcial e inequívoca de los resultados de **pruebas de desempeño**.

Las pruebas de desempeño son muestras ciegas que se le entregan a los laboratorios para que estos las analicen bajo sus procedimientos emitan un resultado. La entidad que recibe los resultados genera la conformidad de los resultados y declara si el laboratorio es apto o no para el parámetro evaluado.

Acreditadores

En la gran mayoría de países existen organizaciones encargadas de la trazabilidad y de la declaración de conformidad para diferentes estándares internacionales. En Colombia por ejemplo, la ONAC es la organización autorizada para la declaración de conformidad para laboratorios de ensayo y calibración bajo la norma ISO 17025 (además que tiene reconocimiento internacional).

Existen otras instituciones como la **AIHA Laboratory accreditation programs**, que han sido parte de los desarrollos y mejoras de los procesos analíticos de las metodologías utilizadas para el campo de la **higiene industrial**, por lo tanto, su personal tiene mayor experiencia y conocimiento en las técnicas analíticas y sus implementaciones.

Evento Bimodal
Virtual / Presencial

28 Semana de la Salud Ocupacional

Lo humano y lo técnico
en un mundo que se transforma

42° Congreso de Ergonomía, Higiene, Medicina y Seguridad Ocupacional.

Hotel Intercontinental Medellín - Colombia

2, 3 y 4 de noviembre de 2022

“La ciencia se compone de errores, que a su vez, son los pasos hacia la verdad”. Julio Verne

www.corporacionsoa.co

Organiza:

CSOA
CORPORACIÓN DE SALUD OCUPACIONAL Y AMBIENTAL

CO COLOMBIA
ACHO Capítulo Antioquia
ASASI Asociación Colombiana de Seguridad Integral
SCE Sociedad Colombiana de Ergonomía Capítulo Antioquia
Sociedad Colombiana de Medicina del Trabajo Capítulo Antioquia