

4 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

4.1 FUNDICIÓN DE METALES.

4.1.1 Etapas de la fundición de metales.

Para la fundición de metales intervienen cuatro etapas básicas:

- Fundición.
- Moldeo y desmoldeo.
- Colada.
- Maquinado (limpieza de las partes fundidas)

4.1.1.1 Fundición.

Los procesos de fundición comienzan con la fusión del metal para verterlo en los moldes. El fundido de los metales se lleva a cabo en hornos de calentamiento con incorporación de diferentes elementos de aleación y sustancias adicionales. Para el vaciado del metal, cuya temperatura debe estar naturalmente por encima del punto de fusión, el metal líquido se transfiere a un caldero.

Los residuos generados en esta etapa son escorias, pedacería de material refractario y otros materiales, que las empresas fundidoras registran según la Tabla 4-1.

Tabla 4-1. Residuos Generados en el Proceso de Fundición

Polvos	Tierras de recuperación
Escorias	Escorias de fundición
Lodos	Lodos del lavador de gases
Materiales gastados de producción	Ladrillo, piedra caliza y crisoles

Fuente: Comisión Ambiental Metropolitana, Diciembre 1996.

4.1.1.2 Moldeo y desmoldeo.

Los moldes usados en la fundición en arena consisten de un material aglomerado de tal manera que mantenga su forma durante la colada. La composición de estos moldes es de arena, arcilla, material carbonoso y agua. La arena que es el componente principal constituye el 85 a 95% de la mezcla. La arcilla, la cual constituye del 4 al 10% de la mezcla, actúa como aglomerante suministrando resistencia y plasticidad. Los materiales carbonosos se añaden al molde para suministrar una atmósfera reductora y una película de gas durante la colada para evitar la oxidación del metal, se encuentra entre 2 a 10% de este carbón. El agua se agrega en porcentajes del 2 al 5% para activar la aglomeración de la arcilla.

En la fabricación de los moldes de arena se generan restos de material que contienen aglutinantes no endurecidos todavía. En el desmoldeo se generan arenas gastadas que estaban expuestas a diferente tensión térmica. Durante el proceso de fundición, las arenas de machos o corazones están más expuestas a tensiones y efectos térmicos por lo cual presentan granos facturados y aglutinantes quemados. Las arenas de moldeo, excepto de algunas áreas no son tan expuestas a tensiones y efectos térmicos por lo cual son más aptas a un proceso de recuperación. Por este motivo, las cajas de moldeo, y las arenas de corazones deben mantenerse, en la medida de lo posible separadas en su confinamiento, en especial cuando contienen diferentes aglutinantes.

Tabla 4-2. Residuos Generados durante el Moldeo y Desmoldeo

Arenas de fundición gastadas	Arenas quemadas o gastadas de moldeo y desmoldeo, arena sílica quemada. Arenas de corazones
Escorias	Escorias de fundición de hierro y acero

Fuente: Comisión Ambiental Metropolitana, Diciembre 1996.

4.1.1.3 Colada.

Cuando el metal ha conseguido las propiedades deseadas, es transferido al área de colada en cucharas. Se retira la escoria de la superficie y se vierte el metal en los moldes de arena. Cuando el metal vertido se ha solidificado y enfriado, la pieza fundida se desmolda o el molde es quebrado.

4.1.1.4 Maquinado.

Una vez que la pieza fundida se solidifica se debe realizar una limpieza y ajuste de las medidas finales lo que se llama el maquinado que implica las operaciones de esmerilado y pulido, o bien impactándolas con arena o partículas metálicas, a este proceso se le llama granallado y genera polvos. La generación de residuos dependerá del tipo de maquinado que se emplee en cada industria.

Tabla 4-3. Residuos Generados durante el Proceso de Maquinado.

Polvos	De hierro mezclado, polvos del granallado y del sand-blasteo, residuos metálicos del esmerilado, residuos del pulido
--------	--

Fuente: Comisión Ambiental Metropolitana, Diciembre 1996.

4.2 ESTRUCTURAS DE LOS SILICATOS Y CERÁMICAS.

4.2.1 Estructura del SiO₄

Los silicatos tienen estructuras donde la base es el tetraedro del SiO₄, de la cual derivan todas las estructuras de los diferentes tipos de cerámica. La valencia ⁻⁴ del ión de este tetraedro puede unirse con K⁺, Na⁺, Ca⁺, Mg²⁺, Al³⁺, Si⁴⁺ y Fe²⁺ para formar gran variedad de compuestos; sin embargo las moléculas de SiO₄ generalmente se encuentran unidas a moléculas de Al₂O₃ de forma octaédrica por lo que la variedad de cerámicas se vuelve aún más grande.

Generalmente, los cationes metálicos son más pequeños que los cationes no metálicos. Sin embargo en las cerámicas cristalinas, los cationes metálicos ocupan posiciones intersticiales en un arreglo de iones no metálicos. Las estructuras cristalinas en cerámicas son:

Cubo simple: También es llamado estructura de Cloruro de Cesio. Algunos ejemplos son CsCl, CsBr, CsI. No es tan común como las siguientes estructuras.

Empaque cerrado cúbico: También es conocido como estructura de cloruro de sodio (NaCl) y es en realidad una variante de la estructura de cubo simple. Se pueden citar los siguientes compuestos CaO, MgO, MnO, NiO, FeO, BaO, etc. Los iones de oxígeno ocupan las posiciones del cubo simple mientras que los iones metálicos ocupan los intersticios.

Empaque cerrado Hexagonal: Ejemplos de esta estructura incluyen ZnS, Al₂O₃, etc

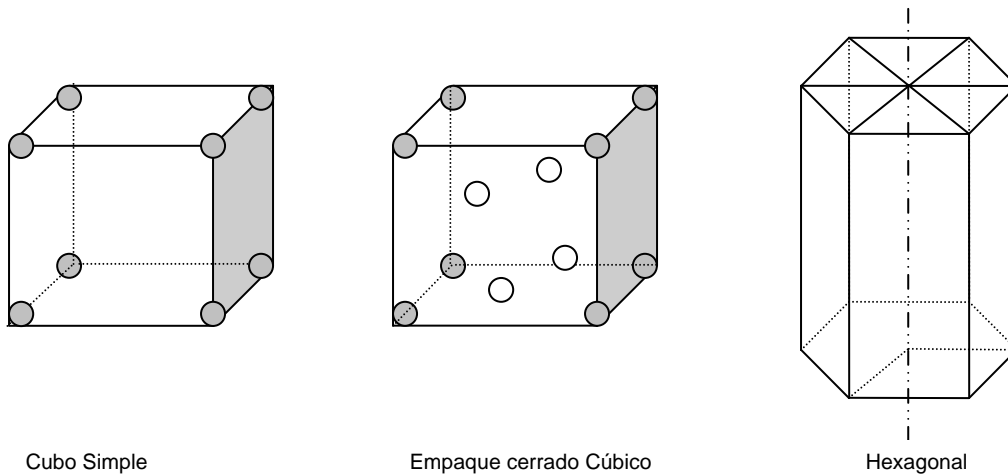


Tabla 4-4 Enlaces de las Estructuras de Silicatos.

Enlace del tetraedro	Clasificación de la estructura	Esquema	Ejemplos
Tetraedro independiente	Ortosilicatos	SiO_4^{4-} 	Zirconio [ZrSiO_4], Mulita [$\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$], Forsterita [Mg_2SiO_4], Ackermanita [$\text{Ca}_2\text{MgSiO}_7$]
Dos tetraedros unidos por la esquina	Pirosilicatos	$\text{Si}_2\text{O}_7^{6-}$ 	Berilo [$\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$], Asbesto [$\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$]
Dos esquinas unidas para formar un anillo o cadena	Metasilicatos		Arcilla de Kaolinita [$\text{Al}_2(\text{SiO}_5)(\text{OH})_4$], Mica [$\text{KAl}_2(\text{OH})_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})$], Talco [$\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)_2(\text{OH})_2$]
Tres esquinas compartidas	Estratos de silicatos	$\text{Si}_6\text{O}_{18}^{12-}$ $[\text{SiO}_3]_n^{2n-}$ 	Cuarzo, Tridimita (SiO_2), Feldespato ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), Zeolita ((Ca, Na_2) $\text{Al}_2\text{Si}_9\text{O}_{22}$ $6\text{H}_2\text{O}$)
Cuatro esquinas compartidas	Armazón de silicatos	SiO_2 y derivados	

Fuente: Modern Ceramic Engineering. p.17.

4.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES FORMADORES DE CERÁMICAS.

4.3.1 Arena y Grava.

Al menos que la arena o la grava contengan una capa arcillosa y sedimento, como partículas no son adherentes aunque estén húmedas. No pueden ser moldeadas como la arcilla y no son plásticas. La capacidad de mantener agua entre los granos de la arena es baja, y a causa de los grandes espacios entre las partículas el aire y el agua pueden pasar a través de ellos y lo hacen rápidamente. Con motivo de que los suelos compuestos por arena y grava poseen gran lixiviación y aeración son propensos a secarse rápidamente.

4.3.2 Sedimentos.

Las partículas de sedimento son de un tamaño intermedio y con propiedades parecidas a la arena y la arcilla. Son fragmentos irregulares, de diversa forma y textura. Está compuesto esencialmente de partículas de micro arena, con cuarzo como mineral predominante. Usualmente tiene una capa de adherencia de arcilla, posee cierta plasticidad, cohesión y es absorbente, aunque mucho menos que la arcilla. Los sedimentos pueden causar que la superficie del suelo sea compacta y de corteza dura al menos que se le añada cierta cantidad de arena y materia orgánica.

4.3.3 Arcilla.

La arcilla ha sido explotada de los sitios donde la erosión la ha depositado, es formada hidroplásticamente, cocida y vidriada. Las arcillas tienen moléculas

con cargas en sus superficies; las cargas provocan que el agua se absorba creando una capa lubricante entre cada molécula. Si se tiene un buen contenido de humedad, las arcillas pueden ser plásticas por lo tanto pueden ser muy moldeables.

El área superficial por unidad de masa de la arcilla es muy alta debido al pequeño tamaño de las partículas. La arcilla fina y coloidal tiene por lo menos 10,000 veces más superficie de área que la arena de tamaño medio. La superficie específica de la arcilla coloidal vara de 10 a 100 metros cuadrados por gramo, comparado con el área de 1 a 0.1 metros cuadrados por gramo de la partícula más pequeña de sedimento y arena fina respectivamente. La alta superficie específica de la arcilla es importante para determinar las propiedades de los suelos.

Los suelos arcillosos se vuelven pegajosos cuando están húmedos aunque también pueden ser duros y terrosos cuando están secos. La arcilla se expande y contrae mucho cuando se moja o seca, y la capacidad de retención de agua en suelos con alta concentración de arcilla generalmente es muy alta.

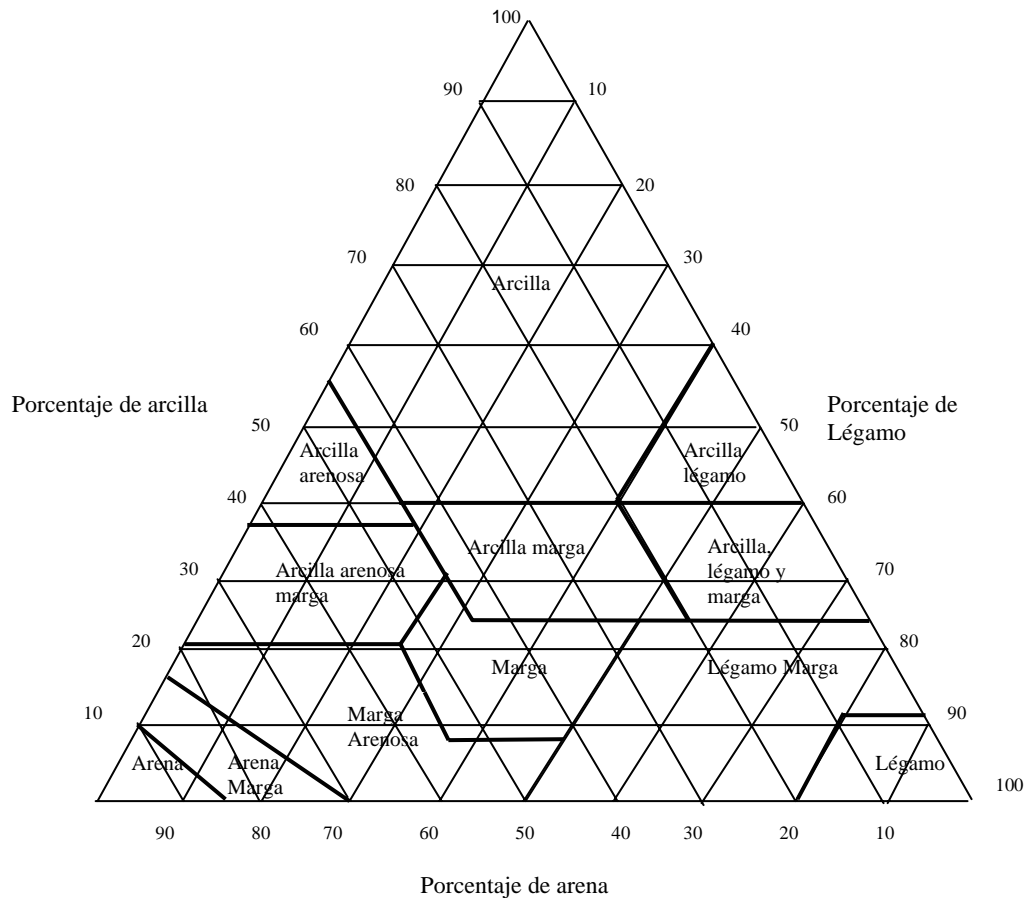
Los suelos son clasificados conforme a la siguiente tabla:

Tabla 4-5 Características de algunos suelos.

Nombre	Diámetro en mm	Num. Part /gr.	Área sup. / gr.
Grava fina	2.00 – 1.00	90	11.3
Arena gruesa	1.00 – 0.50	722	22.7
Arena mediana	0.50 – 0.25	5,777	45.4
Arena fina	0.25 – 0.10	46,213	90.7
Arena muy fina	0.10 – 0.05	722,074	226.9
Limo	0.05 – 0.002	5,776,674	453.7
Arcilla	< 0.002	90,260,853,860	11,342.5

Fuente: Edafología, Fundamentos de la ciencia del suelo

Ilustración 1. Triángulo para la Clasificación de Suelos.



Fuente: The Nature and Properties of Soils. p. 99.

4.4 SOLIDIFICACIÓN DE METALES Y CERÁMICAS.

Los metales generalmente se encuentran en su menor grado energético, en este caso, su menor grado de energía lo consiguen formando una estructura cristalina. Cuando las estructuras de vidrio de sílica se ordenan usando la menor energía posible, formando una estructura cristalina estable, se llama devitrificación.

Cuando los metales son enfriados se producen pequeños cristales o granos los cuales son indispensables para la formación de estructuras cristalinas. Cuando el metal es muy puro podemos obtener un estado donde no hay partículas ajenas al metal o impurezas que puedan promover la nucleación. En ausencia de núcleos, el sólido se forma cuando la temperatura se encuentra por debajo del punto de fusión – solidificación. Para formar una interfase sólido – líquido, es necesario enfriar abajo del punto de congelamiento y así favorecer la formación de núcleos los cuales crecen y se unen unos con otros.

La solidificación de las cerámicas siguen el mismo principio que la solidificación de los metales, excepto por los silicatos que forman vidrio. Una variante de la solidificación de cerámicas es la producción de cerámica comercial, la cual es formada presionando los polvos de silicatos para obtener un aglomerado y así evitar el uso de energía necesaria para realizar la transición de líquido a sólido de los silicatos.

4.5 PROCESADO, FORMACIÓN Y UNIÓN DE LAS CERÁMICAS.

4.5.1 La Producción y formación de cerámica y ladrillo.

El proceso cerámico consta de las siguientes etapas:

1. Mezcla de las materias primas. En esta etapa el residuo y la arcilla o arcillas se mezclan homogéneamente.
2. Maceración de la mezcla hasta la distribución granulométrica que asegure la mezcla homogénea y el futuro desarrollo de las reacciones de índole cerámica.

3. Cocción a la temperatura deseada.

Cuando la arcilla es expuesta a altas temperaturas, se desprende el agua que contiene y por lo tanto se convierte en vidrio de silicato por la reacción entre los componentes y la arcilla. La arcilla para ladrillos y cerámica es usualmente una mezcla compuesta por $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ que se usa para producir vidrio y cuarzo los cuales no necesitan estar a altas temperaturas. El proceso térmico habitual en la cocción de una arcilla convencional consiste en la elevación constante y paulatina de la temperatura hasta alrededor de los 1000 °C.

Durante el proceso de cocción de los materiales cerámicos podemos encontrar las siguientes etapas: 1) un precalentamiento a 200°C y eliminación del agua higroscópica; 2) elevación de la temperatura entre 300 y 400°C donde la fracción orgánica presente en el interior de la masa cerámica esta sometida a una etapa de pirólisis (calentamiento/degradación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno). La fracción orgánica se convierte, parcialmente, a la fase gaseosa que al salir de la masa cerámica se oxida debido a las altas temperaturas del exterior. En el interior permanece una fracción residual de carácter carbonoso de color característico negro que también colabora con la expansión, debido a su porosidad. Los compuestos gaseosos presentes, o formados, son oxidados totalmente y abandonan la cerámica en forma de CO_2 y H_2O ; 3) calentamiento hasta 700°C, aquí se da la eliminación del agua químicamente unida a la arcilla y las reacciones en fase sólida; 4) entre los 700 y 800°C se presentan las reacciones en fase líquida y la formación de la solución vítrea; 5) maduración del biscocho, la formación de fases cristalinas y las reacciones de descarbonización y desulfuración se dan a la temperatura de entre 900 y 1000°C; 6) el temple, es el enfriamiento de la pieza que debe ser lento hasta los 500 ° C.

Durante la cocción existe una etapa de descomposición del mineral de arcilla donde se forma una fase amorfa, líquida a esta temperatura. La fracción inorgánica de los residuos y de las arcillas, en particular los metales pesados presentes, se insertarán en la fase amorfa de la matriz cerámica. Es importante que la temperatura a la que se forma la fase amorfa sea mínima, y consecuentemente inferior a la temperatura de volatilización de los metales pesados presentes, con ello se evita cualquier posibilidad de pérdida de metales.

4.5.2 Tiempos y Temperaturas en las Distintas Fases.

Tabla 4-6 Intervalos de temperaturas para la cocción y temple de las cerámicas.

Fase	Intervalos/ hora	Temperatura Final	Observaciones
Desprendimiento de agua higroscópica	50 – 80 °C	200 °C	
Deshidratación e inicio de reacciones	300 °C	800 °C	Esperar más de una hora al incrementar la temperatura
Aparición de la fase vítrea	100 – 150 °C	900 – 950 °C	
Temple	< 150 °C	750 °C	Evita cuarteaduras
Temple	-	500 °C	Aumentar tiempo de intervalos.

4.6 MOLDEO DE LA CERÁMICA POR FUNDICIÓN.

La mayoría de las cerámicas son demasiado duras para el maquinado o demasiado quebradizo para el trabajo en frío. Para producir cerámica se debe producir la parte terminada y la estructura deseada en una forma casi inmediata para evitar problemas en el manejo del producto final.

4.6.1 Moldeo seguido de cocimiento.

Un método de formación de cerámica es cuando se moldea la forma y luego es expuesta a altas temperaturas para obtener un producto sólido. Existen varios métodos de moldeo – cocimiento que son:

4.6.1.1 Fundición por desprendimiento.

Este sistema consiste en que una suspensión de agua y arcilla es colocada en un molde. El agua de la suspensión se reduce por lo que se forma un sólido suave. El líquido sobrante es retirado, luego la figura hueca es quitada del molde e introducida en el horno.















4.6.1.2 Formación del plástico húmedo.

Un refractario húmedo es incrustado en un molde y es forzado para crear la figura deseada. La masa plastificada pasa a través de un espacio pequeño para formar una figura alargada que luego es cortada hasta llegar a la longitud y forma deseada.

4.7 PRODUCTOS DE CERÁMICA.

En México existen muchas industrias que producen cerámica para diferentes aplicaciones; una de ellas es Vitromex/Lamex la cual produce recubrimientos cerámicos para pisos y muros, también produce muebles para baños de cerámica vitrificada.

Tabla 4-7 Productos de Cerámica

Producto	Imagen	Producto	Imagen
Piso		Bardas prefabricadas	
Cenefas		Fachaladrillo	
Tejas		Fachaleta	
Ladrillo decorativo		Barro block	
Ladrillo estructural		Bovedilla	
Ladrillo modular		Barro Kappa	
Block térmico		Vigueta y Bovedilla	

Fuente: www.ladrillramecanizada.com.

La cerámica también se utiliza para motores adiabáticos de diesel, turbinas pequeñas de gas, partes mecánicas, abrasivos, aplicaciones médicas, microelectrónica, equipo eléctrico, motores, barreras de calor, insolación térmica, ventanas ópticas.

4.8 PROPIEDADES DE LA CERÁMICA.

4.8.1 Expansión térmica.

Conforme la temperatura aumenta el material cerámico se expande. A este tipo de expansión se le llama expansión térmica. Este fenómeno se describe como una expansión térmica lineal y una expansión volumétrica térmica, que puede ser caracterizado mediante constantes únicas que dependen del material.

La dilatación de los sólidos puede estudiarse teniendo en cuenta los cambios en cualquier dimensión lineal. Consideremos una barra de longitud inicial L_0 . Vemos que el cambio en longitud ΔL es directamente proporcional a L_0 y al cambio en la temperatura ΔT . Esto se expresa como:

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

Donde α , medido en $(^\circ\text{C})^{-1}$ o K^{-1} , es el coeficiente de dilatación lineal.

$$\alpha = \frac{\Delta L / L_0}{\Delta T}$$

El coeficiente de dilatación lineal es el cambio fraccional en la longitud por unidad de cambio en la temperatura. Por lo común, el coeficiente alfa es una función de la temperatura, de modo que estas ecuaciones son válidas sólo para valores restringidos de ΔT . Si se aumenta la temperatura en un sólido con un coeficiente de dilatación pequeño éste tiende a disminuir más su tamaño que un sólido con un coeficiente de dilatación más grande. Los coeficientes de

expansión térmica difieren mucho de un material a otro, y estos dependen de la temperatura.

Tabla 4-8 Propiedades típicas de la cerámica.

	Coefficiente de expansión térmica (cm / cm°C)	Densidad (g/cm3)
SiC	4.5×10^{-6}	3.2
Si ₃ N ₄	2.5×10^{-6}	3.2
Al ₂ O ₃	7×10^{-6}	4.0

Fuente: Ceramic Matrix Composites. Pag 248, 249.

4.8.2 Módulo elástico.

El módulo elástico o módulo de Young es la medida de la resistencia de un sólido a un cambio de su longitud cuando se aplica una fuerza perpendicular a una de sus caras. Si se aplicaran dos fuerzas iguales y opuestas a un sólido a lo largo de sus ejes y perpendiculares a las caras de los extremos, la longitud cambia en ΔL . Estas fuerzas estiran al sólido, a lo cual se le llama esfuerzo tensil que se define como A.

$$\text{Esfuerzo tensil} = \frac{F_n}{A}$$

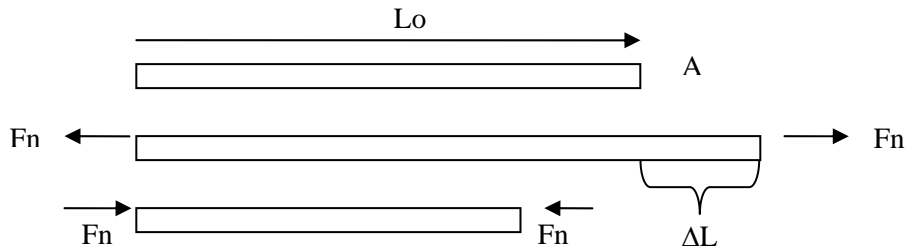
Si las fuerzas actuaran en dirección opuesta, producirían un esfuerzo de compresión. La deformación resultante se define como la razón adimensional.

$$\text{Deformación} = \frac{\Delta L}{L_0}$$

El módulo de Young E para el material de la varilla se define como la razón:

$$E = \frac{\text{Esfuerzo tensil}}{\text{Deformación tensil}}$$

La fuerza necesaria para producir una deformación dada es proporcional a la deformación y al área de la sección transversal de la varilla.



Las cerámicas tienen un módulo de Young muy bien definido; el valor no depende del tiempo. El módulo de la cerámica es generalmente más grande que el de los metales, lo cual refleja una mayor rigidez de los enlaces iónicos de los óxidos simples y de los enlaces covalentes en los silicatos. (Ver Anexo E Propiedades de las Cerámicas)

Tabla 4-9 Propiedades de Diferentes Compuestos de Silicatos.

Matriz Cerámica	Young (GPa)	Coefficiente Térmico	Estrés de Fractura (MPa)	Resistencia a la Fractura (MPa m ^{1/2})	Densidad (g/cm ³)
3Al ₂ O ₃	145	5.3 x 10 ⁻⁶	180 - 200	2 - 3	3.16
2SiO ₂					
Vidrio	60 - 80	3 - 10 x 10 ⁻⁶	70 - 100	1-2	2.3 - 3.0
Cerámica	80 - 120	1.5 - 17 x 10 ⁻⁶	50 - 350	2 - 3	2.4 - 5.9

Fuente: Ceramic Matrix Composites. p.43.

4.8.3 Corrosión de las cerámicas.

Las cerámicas ofrecen soluciones a los problemas de corrosión, lo que las hace tener ventajas en contra de los metales ya que no tienen efectos de corrosión como lo son la oxidación por acción del aire y la acción galvánica. La mayor ventaja de las cerámicas es su falta de ductibilidad.

Un problema de las cerámicas es la entrada de agua en las fracturas o poros ya que cuando el agua se congela ocasiona expansiones de las fracturas o poros debido a que el hielo posee un mayor volumen que el agua. Las cerámicas son atacadas por ácidos sin embargo los solventes orgánicos no representan un problema.

4.9 CARACTERÍSTICAS DE LOS METALES CONSIDERADOS TÓXICOS.

4.9.1 Plomo

El plomo es utilizado ampliamente debido a su versatilidad en procesos tanto industriales como de construcción; por lo tanto es uno de los metales más importantes a determinar ya que también presenta toxicidad aguda y crónica. Las concentraciones de plomo han aumentado conforme la industria se ha ido desarrollando. Los niveles de plomo aumentaron debido a que la gasolina contenía compuestos orgánicos de plomo, estos altos niveles de plomo en la atmósfera han ido disminuyendo debido a la producción de gasolina sin plomo y al uso de convertidores catalíticos.

4.9.1.1 Propiedades del Plomo.

Se encuentra en el grupo IV A de la Tabla Periódica. Sus estados de oxidación son Pb^0 , Pb^{+2} , Pb^{+4} . Su número de valencia es generalmente Pb^{+2} aunque puede reaccionar con valencia $+4$. Las fuentes naturales de obtención de plomo son la erosión del suelo, el desgaste de los depósitos y las emanaciones volcánicas.

El plomo se utiliza principalmente en la producción de acumuladores y baterías, pigmentos, insecticidas, explosivos, reactivos químicos, soldaduras, aditivos para gasolina, alfarería decorativa vidriada y en barro, tuberías, etc.

Cuando el plomo tiene contacto con el suelo, permanece en el sitio y solo una pequeña proporción de éste es transportada por la lluvia, por esto, se considera que el suelo es uno de los principales depósitos de plomo. En los suelos las concentraciones pueden variar de 2 hasta 200 $\mu\text{g/g}$, aunque dependiendo de las características del sitio la concentración puede ser menor o mucho mayor.

El plomo afecta adversamente a todos los organismos, pero hace falta mucha información acerca de sus consecuencias. Del plomo que llega al aparato respiratorio, del 35 al 50% se introduce a la corriente sanguínea y el resto se elimina. Estudios dicen que solo el 10% es absorbido por vía oral. El plomo se puede absorber incluso por la piel. Las concentraciones de plomo en sangre asociadas con la intoxicación se encuentran en el intervalo de 80 a 100 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ o incluso hasta 300 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$.

La intoxicación crónica se presenta por la absorción de óxidos carbonatos y otros compuestos solubles en agua a través del tracto digestivo. La intoxicación aguda no es tan frecuente y se puede producir por la inhalación de partículas de óxido de plomo. El síntoma más común es el dolor gastrointestinal donde en un principio existe un estado de anorexia y estreñimiento seguido por un dolor abdominal.

4.9.2 Cadmio.

Este metal se encuentra asociado a muchos minerales. Desde el inicio de la fundición se generan residuos de cadmio al igual que diversos metales como zinc, plomo y cobre. Tiene una vida media larga (15 – 25 años) y se bioacumula en los seres vivos permanentemente.

4.9.2.1 Propiedades del Cadmio.

Pertenece al grupo II B de la Tabla Periódica. Su número de valencia es Cd^{+2} . El cadmio tiene una presión de vapor muy alta por lo que durante su refinación y fundición, se libera óxido de cadmio el cual es muy tóxico y representa un elevado peligro.

Este elemento proviene principalmente del desgaste y la erosión de las rocas. Sus depósitos están asociados con el zinc, sobretodo en los minerales asfalerita (ZnS) donde se encuentra en solución sólida como sulfuro en concentración de hasta 1%. Sus derivados se utilizan en pigmentos, pinturas, baterías, como estabilizadores del cloruro de polivinilo, recubrimiento de otros metales, en procesos de galvanoplastia, electroplateado, aleaciones, acumuladores, soldaduras, etc.

La mayor parte del cadmio que se emite se deposita en suelos, a partir de estos el cadmio es ingerido por los organismos y transportado por las cadenas alimenticias. En suelos las concentraciones son inferiores a 1 mg/kg y se mantiene entre 0.01 a 0.5 mg/kg. Las diferentes concentraciones de cadmio varían dependiendo de la roca madre.

Una gran cantidad de este elemento se ingiere en los alimentos, por lo que se presenta una absorción gastrointestinal de este metal. Los seres humanos pueden absorber entre 3 y 8% de cadmio. El cadmio, puede ser inhalado en

forma de aerosol. Por vía inhalatoria se puede asimilar entre el 10 y el 50% de partículas de cadmio. Esta absorción se puede incrementar en personas fumadoras o expuestas ocasionalmente.

Al ser absorbido, se acumula generalmente en hígado y riñones por lo que las concentraciones en estos órganos son muy altas (50% del cadmio absorbido). El cadmio es acumulativo por lo que las concentraciones en tejidos llegan a un máximo de 30 mg/kg cuando el individuo llega a los 50 ó 60 años. Los efectos que puede producir son trastornos agudos en el tracto gastrointestinal, como lo son: náuseas, salivación, vómito, dolor abdominal y de cabeza. También se pueden producir reacciones como son irritación del tracto respiratorio, escalofríos así como insuficiencia respiratoria.

4.9.3 Cromo.

El cromo nunca se halla en estado libre en la naturaleza, aunque sus compuestos están muy diseminados. La fuente mineral más importante del cromo es la cromita ($\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$) y se utiliza para fines comerciales. Los compuestos de cromo también han sido encontrados en cenizas de animales y vegetales, aunque se sabe que estos compuestos pueden tener efectos nocivos en los seres humanos.

4.9.3.1 Propiedades del Cromo.

Pertenece al grupo VI y sus valencias son Cr^{+2} , Cr^{+3} y Cr^{+6} . El cromo hexavalente es más tóxico que el cromo trivalente; el trivalente que se encuentra en la cromita, al contacto con el oxígeno se convierte en cromo hexavalente. Se extrae cromo a partir de la cromita y se utiliza en la industria

química, colorantes, pigmentos, plaguicidas, cromado electrolítico o galvanoplastia el curtido de cueros y pieles.

El cromo se presenta en el suelo y debido a esto, también se presenta en el aire y el agua del planeta. En el suelo la concentración de cromo puede variar desde 5 a 1500 mg/kg.

En el caso de una intoxicación por cromo, se puede presentar daño gastrointestinal, insuficiencia hepato – renal, lesiones nasales, cutáneas, hepáticas y renales, hepatitis, erosión y color amarillo de los dientes. Las sales de cromo pueden causar cáncer de pulmón, cavidad nasal y seno paranasal, incluso se puede presentar dermatitis, llagas en piernas y glúteos o úlceras en los dedos y articulaciones.

4.9.4 Níquel

Es un elemento muy abundante en la corteza terrestre. En el medio ambiente se encuentra como óxidos o sulfuros y se le encuentra en todo tipo de suelos y en lugares con existencia de volcanes. La mayor parte del níquel se encuentra en suelos y sedimentos ya que el metal se une a partículas con hierro o manganeso. No se acumula ni en plantas ni en animales. El níquel puro es un metal blanco que se combina con otros metales para formar aleaciones con hierro, cobre, cromo y zinc. Las aleaciones producidas se utilizan para la manufactura de artículos de metal. También se usan en niquelado para colorear las cerámicas y para fabricar catalizadores.

El níquel es esencial en el organismo de animales; es indispensable para el funcionamiento del páncreas y aumenta la fijación y catabolismo de la glucosa necesaria para la obtención de energía en los organismos. El efecto más común

de concentraciones altas de níquel en seres humanos es una reacción alérgica, por lo que se presenta una irritación de la piel en el sitio de contacto. La gente también puede sufrir ataques de asma afectando al pulmón y produciendo una bronquitis crónica o una disminución en la función pulmonar.

Se ha observado que el níquel produce cáncer de pulmón y senos nasales sobretodo en personas que aspiran este metal. Estudios demostraron que los compuestos de níquel solubles no producen cáncer mientras los insolubles si producen esta enfermedad.