

## PROGRAMA DE CURSO DE POSGRADO

**Título: Metalurgia Física**

**Curso de Posgrado, Área Física, Carrera de Doctorado, Famaf.**

**Carga horaria: 80 horas**

### **DOCENTES:**

Teóricos y Prácticos: Dra. S. P. Silveti

Laboratorio: Dra. S. E. Urreta

### **PROGRAMA**

#### **Capítulo 1:** *Estructuras de metales puros. (4hs)*

Introducción a la teoría de electrones en sólidos. Tipos de enlaces. Tipos de sólidos característicos. La molécula de polímero, enlace y estructura. Potenciales de interacción. Influencia de los enlaces en las propiedades físicas. Propiedades de los sólidos dependientes del tipo de potencial de interacción: temperatura de fusión, módulo elástico y coeficiente de dilatación térmica. Resolución de problemas.

#### **Capítulo 2:** *Estructuras cristalinas. (8hs)*

Revisión de conceptos básicos de cristalografía. Sólidos amorfos y cristalinos. Redes espaciales. Celda unitaria. Celda Primitiva. Redes de Bravais. Principales estructuras cristalinas metálicas. Cristales cúbicos: simples (SC), centrados en las caras (FCC), centrados en el cuerpo (BCC). Estructura Hexagonal (HCP). Otras estructuras cristalinas. Índices de Miller. Índices de planos y direcciones cristalográficas en sistemas cúbicos y hexagonales. Modelo de esferas rígidas. Densidad de distintas estructuras cristalinas. Número de coordinación. Sitios intersticiales, tamaños. Sitios intersticiales en diferentes estructuras. Alotropía o polimorfismo. Análisis de estructuras cristalinas. Proyección estereográfica. Grupo de simetría puntual. Grupo de simetría espacial. Textura Rayos X. Difracción de rayos X. Difracción por un cristal. Condiciones de difracción. Ley de Bragg. Métodos experimentales de difracción. Factor de estructura. Resolución de problemas.

#### **Capítulo 3:** *Estructura de Soluciones sólidas (4hs)*

Soluciones. Estructura de las soluciones sólidas. Soluciones intersticiales y sustitucionales. Reglas de solubilidad. Cantidades parciales molares. Energía libre de formación de una solución. Solución ideal. Aproximación cuasiquímica aplicada a soluciones ideales y regulares. Fases intermedias con solubilidad sólida ancha. Espaciados de la red en solución sólida. Orden en soluciones. Tipo de superredes. Superredes de largo alcance. Orden de corto y largo alcance. Resolución de problemas.

#### **Capítulo 4:** *Estructura y propiedades de algunos intermetálicos (4hs)*

Energía libre de fases intermetálicas. Concentración de electrones y zonas de Brillouin. Defectos en la red. Fases de Laves. Fase sigma. Fases intermedias intersticiales. Resolución de problemas.

#### **Capítulo 5:** *Diagramas de fase y su determinación (6hs)*

Equilibrio entre fases de composición variable. Solubilidad de una componente ente otra fase. Ecuación de Thompson-Freundlich. Solubilidad retrógrada. Energía libre de sistemas binarios (AB) Energía libre versus composición para el caso: a) A y B tienen la misma estructura cristalina y b) A y B tienen diferente estructura cristalina. Sólidos y líquidos para una solución ideal. Diagramas de fase; diferentes tipos. Gap de solubilidad. Eutéctico simple. Monotécticos. Peritécticos. Diagramas ternarios: el triángulo de composición. Sistemas cuaternarios. Técnicas experimentales para medir diagramas de fases. Diagrama de Fe-C. Diagrama de aleaciones livianas. Resolución de problemas.

#### **Capítulo 6:** *Difusión. (8hs)*

Leyes de Fick de la difusión. Solución de la ecuación de difusión. Naturaleza de la difusión. Mecanismos de difusión atómica en sólidos. El mecanismo de vacancias. Energía libre de formación y migración de vacancias. Autodifusión en metales puros. autodifusión y difusión de soluto en aleaciones diluidas y concentradas. Efecto Kirkendall. Cortocircuitos de difusión. La ecuación de difusión. Difusión en estado estacionario.. Difusión en aleaciones sustitucionales. Difusión a lo largo del borde de grano. Concentración de defectos en no-equilibrio. Ejemplos en aleaciones ferrosas y no ferrosas. Resolución de problemas.

#### **Capítulo 7:** *Defectos en cristales (8hs)*

Dislocaciones. Dislocaciones de borde, de hélice y mixtas. Dislocaciones extendidas. Dislocaciones parciales. Fallas de apilamiento. Propiedades de las dislocaciones. Dislocaciones en cristales iónicos. Movimiento de dislocaciones. Trepado y deslizamiento cruzado. Interacción entre dislocaciones. Jogs y kinks. Multiplicación de dislocaciones. Interacción entre dislocaciones y defectos puntuales. Difusión atómica en dislocaciones. Fallas de apilamiento. Maclas. Energía de falla de apilamiento. Bordes de grano. Tipos de bordes de grano y sus propiedades. Movimiento del borde de grano: deslizamiento y migración. Difusión por borde de grano. Poros internos. Interfases. Resolución de problemas.

#### **Capítulo 8:** *Solidificación (6hs)*

Nucleación homogénea y crecimiento de una segunda fase. Nucleación heterogénea. Solidificación de materiales puros y de aleaciones. Cinética de la interfaz, redistribución de soluto frente a una interfaz plana. Morfologías de la interfaz sólido líquido. Crecimiento dendrítico. Solidificación unidireccional. Resolución de problemas.

#### **Capítulo 9:** *Transformaciones de fase (6hs)*

Transformaciones de fase. Fuerzas impulsoras. Transformaciones difusivas y displacidas. Transformaciones controladas por difusión en volumen y por difusión en la interfase. Cinética de transformaciones de fase difusivas. Ecuación de Avrami. Diagramas TTT.

Transformación martensítica. Diagramas de fases metaestables. Cinética de precipitación de fases metaestables. Ejemplos en aleaciones ferrosas y no ferrosas. Resolución de problemas.

**Capítulo 10:** *Estabilidad de microestructuras (6hs)*

Contribuciones a la energía libre de una dada microestructura. Energía libre química, de deformación, interfacial, magnética. Exceso de energía libre de una microestructura. Fuerza impulsora de la transformación microestructural. Mecanismos de reducción del exceso de energía libre: crecimiento y disolución de segundas fases, engrosamiento de precipitados, recuperación, poligonización, recristalización, crecimiento de grano. Crecimiento anómalo de grano. Efecto de la deformación y la temperatura. Resolución de problemas.

**Laboratorios (20 hs)**

1. *Metalografía (4hs).*
2. *Fabricación de aleaciones y cerámicos. Análisis microestructural (8hs)*
3. *Tratamientos térmicos y análisis microestructural (8hs).*

**BIBLIOGRAFIA:**

- Swalin R. A. *Thermodynamics of solids. John Wiley & Sons, Inc .New York.*
- Verhoeven J. *Fundamentals in physical metallurgy. John Wiley & Sons, Inc .New York.*
- Ashby M. and Jones D. R. H., *Engineering Materials vol. 1. Butterworth-Heinemann Oxford*
- Ashby M. and Jones D. R. H., *Engineering Materials vol. 2.: An introduction to Microstructures, Processing and Design Butterworth-Heinemann Oxford*
- Weertman, J and Weertman Y, *Elementary Dislocations Theory. Oxford University Press. London.*
- Kittel, C. *Introduction to Solid State Physics, John Wiley & Sons, Inc .New York*
- Cahn R.W. *Physical Metallurgy, North Holland Publishing Company, Amsterdam.*
- Publicaciones seleccionadas.