



ESCUELA DE POSGRADO  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA  
República Argentina

EXP-UNC:0050107/2015

**VISTO**

El informe de evaluación remitido por la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU) con respecto al Reglamento y contenidos curriculares de la Carrera de Doctorado en Ciencia de Materiales (Ord. HCD 19/2015 ; Res HCS 1052/2015) presentada a evaluación al solo efecto del reconocimiento oficial provisorio del título en el mes de octubre del año 2015

La necesidad de subsanar los aspectos mencionados en dicha evaluación (Nº de orden de la Carrera (11.975/15)

**EL H. CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
ORDENA:**

**Artículo 1º:** Rectificar el artículo 1º de la Ord HCD 19/2015 que quedará redactado de la siguiente manera:

“ Aprobar la Creación de la Carrera de Doctorado en Ciencia de Materiales”

**Artículo 2º:** Aprobar el Anexo I ( Plan de Estudio) y Anexo II (Reglamento) que forman parte de la presente Ordenanza

**Artículo 3º:** Elevar al Honorable Consejo Superior para su aprobación.

**Artículo 4º.-** Protocolícese. Inclúyase en el Digesto Electrónico de la UNC. Comuníquese y archívese.

**DADA EN LA SALA DE SESIONES DEL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO  
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS A DOCE DÍAS DEL MES DE  
AGOSTO DE DOS MIL DIECISEIS**

MM/mc

**ORDENANZA Nº: 5**

  
Prof. Dra. MARIANA MACCIONI  
Directora Escuela de Posgrado.  
Fac. de Ciencias Químicas-UNC



  
Prof. Dr. GUSTAVO A. CHIABRANDO  
DECANO  
Fac. de Ciencias Químicas-UNC

# Creación del Doctorado en Ciencia de Materiales en la Universidad Nacional de Córdoba



*zuru*  
—  
2

**Anexo I**  
**Ord. HCD**  
**PLAN DE ESTUDIOS**

**Introducción**

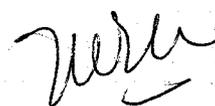
La producción controlada de materiales como cerámicas y aleaciones metálicas ha sido una de las expresiones características tempranas de nuestra especie y ha tenido, simultáneamente, una profunda influencia en nuestro desarrollo tecnológico y cultural.

Bajo el título de Ciencia de Materiales se agrupan actualmente varias disciplinas teóricas, experimentales y tecnológicas con el objetivo común de producir materiales con propiedades específicas, comprender sus propiedades mecánicas, físicas y químicas en sentido amplio y su comportamiento a nivel atómico o molecular. El empeño en descubrir y optimizar nuevos materiales ha trascendido los fines prácticos y ha servido para movilizar la búsqueda de conocimientos básicos. Se ha generado así un proceso sinérgico entre la capacidad de producir utilitarios con propiedades tecnológicamente valiosas y descubrimientos científicos de validez universal. La natural relación entre ciencia y tecnología ha dado como resultado la aparición de materiales con propiedades sorpresivamente novedosas: semiconductores, superconductores, fibras de carbono, materiales nano-estructurados, magneto-resistores, catalizadores, materiales cerámicos, y biomateriales inteligentes dentro de una extensa lista. Estas organizaciones particulares de la materia han remodelado completamente nuestras estrategias industriales y nuestras preguntas científicas.

La Ciencia de Materiales es un área de gran relevancia en Argentina, pero particularmente en el centro del país debido a la fuerte incidencia de sectores que provienen de las industrias metal-mecánica, automotriz, químicas (que usan catalizadores sólidos), fábrica de aviones, etc. Por otra parte, en el Plan Estratégico Industrial Argentina 2020, se menciona recurrentemente que se debe estimular la incorporación de nuevos materiales e ingeniería local a los productos y que el desarrollo de nuevos materiales y procesos en las distintas cadenas de valor es estratégico. Asimismo, se debe remarcar que esta Carrera de Doctorado en Ciencia de Materiales cubriría un área de vacancia en todo el centro y norte del país ya que ninguna universidad pública o privada tiene actualmente en vigencia una carrera de doctorado similar.

**Justificación del proyecto**

Es inherente a la Ciencia de Materiales su carácter interdisciplinario pues es un área de conocimiento donde confluyen aportes de la Química, la Física, la Ingeniería, la Biología, la Geología, etc. En este contexto se presenta este Doctorado en Ciencia de Materiales que intenta sumar los esfuerzos que en esa área del conocimiento se realizan dentro de grupos de investigación de la Facultad de Ciencias Químicas y de la Facultad de Matemática, Astronomía y Física,



generando un proyecto común que reúne diferentes actores científicos en un mismo marco académico. Se procura de este modo una formación disciplinar específica a través de un trayecto de cursos que impulsa en forma sinérgica los conocimientos dispersos en los ámbitos de la Física o de la Química tal como aparecen actualmente en ambas unidades académicas y donde el objetivo unificador de ese trayecto común de formación se concreta en tesis doctorales inherentes a las temáticas actuales de la Ciencia de Materiales.

En el ámbito de la Universidad Nacional de Córdoba existe un conjunto de conocimientos y capacidades, óptimo para el desarrollo de la Ciencia de Materiales. Varias líneas de investigación y desarrollo, productivas y originales, generan actualmente conocimientos en el área. Estas capacidades requieren ser capitalizadas y potenciadas. Una manera de avanzar en esta rama del conocimiento es promover trabajos interdisciplinarios dentro del marco académico y administrativo de un Doctorado en Ciencia de Materiales. Actualmente, un importante número de grupos de investigación de la UNC, principalmente de la Facultad de Matemática, Física y Astronomía y de la Facultad de Ciencias Químicas, ha desarrollado líneas de investigación sólidas y productivas con un gran potencial para generar innovaciones, y realizar una oferta educativa y de formación de recursos humanos de excelencia. Estas líneas han evolucionado espontáneamente, impulsadas por el interés de los diferentes grupos en generar conocimientos sobre temas específicos. El intercambio de esfuerzos y colaboración entre grupos, si bien ha sido productivo y eficiente, ha surgido por necesidades circunstanciales o coyunturales. Por lo tanto resulta conveniente implementar una herramienta que formalice, promueva y fortalezca estos trabajos de colaboración interdisciplinaria para potenciar el desarrollo del área.

Considerando que en nuestro medio existen excelentes recursos humanos formados en diversas líneas de investigación consolidadas en temas relativos a Ciencia de Materiales, es recomendable iniciar una estrategia para capitalizar estos recursos, potenciar el crecimiento del área y ofrecer a la comunidad una carrera de formación específica.

#### **Antecedentes de investigación y docencia en la UNC que justifican la implementación de este Doctorado.**

En la Facultad de Astronomía Matemática y Física y en la Facultad de Ciencias Químicas se han desarrollado y se conducen actualmente líneas de investigación relacionadas a:

Síntesis, caracterización y funcionalización de nanomateriales.

Síntesis, cristalografía y caracterización de nuevos materiales inorgánicos.

Síntesis, caracterización y funcionalización de materiales poliméricos.

Solidificación de aleaciones y transformaciones de fase en sólidos.

Materiales superplásticos, "foams", "composites" reforzados con fibras cerámicas y aceros.

Materiales magnéticos blandos y duros.

Aleaciones nanoestructuradas superblandas.

Nanoestructuras magnéticas de dimensionalidad 1D.

Nanohilos formados por metales de transición y metales nobles.

Teoría de sólidos relacionada a materiales basados en carbono.  
Simulaciones de sistemas magnéticos.  
Biomateriales con aplicación en la industria farmacéutica y biomédica.  
Transiciones de fase en membranas lipídicas y proteínas.

## **Descripción del Proyecto**

### **Objetivo**

Implementar un Doctorado en Ciencia de Materiales. Crear un ámbito académico para promover trabajos interdisciplinarios tendientes a generar conocimientos en el área de Ciencia de Materiales. Formalizar el desarrollo de Tesis Doctorales interdisciplinarias para adquirir el título académico de Doctor en Ciencia de Materiales. Formar recursos humanos calificados, actualizados, y en condiciones de continuar desarrollos creativos e innovadores como líderes de grupos en el ámbito académico, tecnológico e industrial.

### **Formato académico**

El Doctorado en Ciencia de Materiales desarrollará sus actividades en el siguiente marco académico:

### **Autoridades**

*Director y Director Alterno del Doctorado.* Tendrán la función ejecutiva de coordinar actividades, discusiones y decisiones sobre la Carrera de Doctorado.

*Consejo Académico.* Integrado por representantes de las Unidades Académicas participantes en la organización y dictado del Doctorado, coordinado por el Director o Director Alterno. Tendrá como función principal evaluar los planes de trabajo de Tesis Doctorales y designar las comisiones evaluadoras de Tesis.

### **Ejecución de Tesis Doctorales**

Se desarrollarán Tesis Doctorales cuyo objetivo principal será la generación de conocimientos originales en el área de Ciencia de Materiales. Estarán dirigidas por un Director de Tesis cuyas funciones y responsabilidades podrán eventualmente ser compartidas con un Co-Director de Tesis. El trabajo en su conjunto será asesorado y evaluado durante todo su desarrollo por una Comisión Asesora de Tesis.

La definición, atribuciones, obligaciones y modalidades de relación de estas autoridades, se detallan en el Reglamento Académico (ver más adelante).

### **Sede Administrativa**

La Sede Administrativa será la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Nacional de Córdoba, la que tendrá a su cargo la responsabilidad de los trámites administrativos y de la comunicación formal entre los diferentes estamentos académicos de la Carrera de Doctorado en Ciencia de Materiales con el Ministerio de Educación de la Nación y con cualquier otro ente público o privado, nacional o extranjero, pertinente a los fines de las actividades específicas del Doctorado.

### **Estructura curricular**

El Doctorado será de modalidad presencial. Su estructura comprenderá la ejecución de un trabajo de investigación original (Tesis Doctoral) en un grupo de investigación establecido y un programa de estudios específicos (cursos de Doctorado).

Los cursos de Doctorado cumplirán las funciones de impartir: *i)* conocimientos generales y avanzados en el área de la Ciencia de Materiales y *ii)* conocimientos específicos necesarios para el desarrollo de la Tesis Doctoral.

El alumno del Doctorado en Ciencia de Materiales deberá cursar y aprobar, de acuerdo a lo establecido en el Artículo 3, inciso b, el Curso General Obligatorio y dos de los Cursos Electivos del conjunto mencionado abajo o cursos que eventualmente se propongan en el futuro. El curso General Obligatorio deberá ser cursado en el primer año de la Carrera. Los Cursos Generales Electivos deberán ser cursados entre el 1º y 3º año de la Carrera. Los cursos Específicos Electivos deberán ser cursados entre el 2º y 4º año de la Carrera.

### **Ingreso de los postulantes:**

Los aspirantes a ingresar a la Carrera del Doctorado deberán presentar por Mesa de Entradas de la sede Administrativa de la Carrera una solicitud de admisión dirigida al Director de la Carrera, en la que conste la siguiente información:

- a) Copia del DNI o Pasaporte.
- b) Curriculum Vitae del Postulante.
- c) Constancia del título de grado obtenido, debidamente legalizado.
- d) Certificado analítico legalizado de materias, en donde figure el promedio final de su carrera de grado, incluidos los aplazos.
- e) Domicilio legal en la ciudad de Córdoba y dirección de correo electrónico del aspirante. Cualquier modificación de su domicilio legal y dirección de correo electrónico deberán comunicarse dentro de los diez (10) días después de ocurrido/s.
- f) Lugar de trabajo (Cátedra, Grupo, Instituto, Facultad, Universidad, etc.) y disponibilidad de equipamiento, infraestructura y medios económicos, donde se desarrollará la tesis.
- g) Director y Co-Director, cuando corresponda, de Tesis propuestos, y sus lugares de Trabajo.
- h) Curriculum Vitae del Director y del Co-Director (cuando corresponda) propuestos y constancia de su/sus aceptaciones.
- i) Conformidad de la autoridad responsable del lugar de trabajo donde se realizará la actividad.
- j) Plan de Tesis (ver Artículo 12).
- k) Sugerir una lista de tres (3) integrantes para la Comisión Asesora de Tesis o de un Co-Director y dos (2) integrantes.

Toda esta documentación será evaluada por el Consejo Académico de la Carrera.



## **Título**

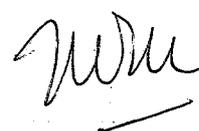
Para obtener el título de "Doctor en Ciencia de Materiales" por la Universidad Nacional de Córdoba, el alumno de doctorado deberá cumplir los siguientes requisitos:

Para acceder al título de Doctor en Ciencia de Materiales, el alumno de doctorado deberá cumplir los siguientes requisitos generales:

- a) Realizar un trabajo de investigación original, experimental y/o teórico, dentro del área de Ciencia de Materiales que constituya un aporte significativo al progreso del conocimiento científico de la especialidad. La Tesis deberá ser realizada sobre la base de una rigurosa metodología científica bajo la tutela de un Director de Tesis.
- b) Cursar y aprobar, con una calificación de siete (7) puntos o más el Curso General Común de Postgrado, 2 (dos) Cursos Generales de Posgrado pertenecientes a un área distinta a su formación de grado y 2 (dos) Cursos Específicos de Posgrado. El Curso General Obligatorio tiene una carga horaria de 90 h. Los otros dos Cursos Generales serán electivos y de una carga horaria de 40 h cada uno. Los dos Cursos Específicos serán también electivos y de una carga horaria de 40 h. Los dos Cursos Generales Electivos y los dos Cursos Específicos Electivos se elegirán de un conjunto de Cursos Generales o Cursos Específicos según corresponda, pertenecientes a la currícula de la Carrera de Doctorado en Ciencia de Materiales. A pedido de los interesados el Consejo Académico de la Carrera considerará también la acreditación de Cursos Específicos debidamente aprobados en otras instituciones académicas reconocidas. El Consejo Académico podrá aceptar como válido hasta un (1) curso específico realizado con anterioridad a la admisión a la Carrera de Doctorado en Ciencia de Materiales que haya sido aprobado no más de dos años antes de la presentación de la solicitud.
- c) Demostrar conocimiento del idioma Inglés mediante examen de lecto-comprensión.
- d) Participar como expositor en al menos dos (2) seminarios que se realicen dentro de las actividades de la Carrera. La participación como expositor del alumno de doctorado será certificada por su Director de tesis y se dejará constancia en el acta de la Comisión Asesora de Tesis subsiguiente a su exposición.

## **Administración y Financiamiento**

La gestión administrativa del Doctorado será desarrollada por personal que eventualmente se designe a tal efecto, que actuará en dependencias de la Sede Administrativa y tendrá como funciones organizar, ejecutar y controlar las tareas de apoyo inherentes al desarrollo integral del Doctorado en Ciencia de Materiales.



**DOCTORADO EN CIENCIA DE MATERIALES  
CONTENIDOS CURRICULARES**

**CURSOS GENERALES**

El alumno del Doctorado en Ciencia de Materiales deberá cursar y aprobar, de acuerdo a lo establecido en el Artículo 3, inciso b, el Curso General Obligatorio y dos de los Cursos Electivos del conjunto mencionado abajo o cursos que eventualmente se propongan en el futuro. El curso General Obligatorio deberá ser cursado en el primer año de la Carrera. Los Cursos Generales Electivos deberán ser cursados entre el 1º y 3º año de la Carrera. Los cursos Específicos Electivos deberán ser cursados entre el 2º y 4º año de la Carrera.

**Obligatorio**

- **Introducción a los materiales (90 horas) (Se dictará todos los años que haya). Se dictará de manera anual, con una carga horaria de 3 hs. semanales, durante 30 semanas.**

**Electivos**

**(40 horas cada uno) (Se dictarán al menos una vez cada tres años). Serán dictados de manera cuatrimestral, con una carga horaria de 4 hs. semanales durante 10 semanas.**

- **Introducción a la Física del Sólido.**
- **Química de Materiales Inorgánicos.**
  - **Materiales Poliméricos.**
  - **Físicoquímica de Superficies.**
- **Métodos de cálculo aplicados al diseño y estudio de propiedades de materiales.**
- **Transformaciones de fase en metales y aleaciones.**



### **CURSOS ESPECÍFICOS ELECTIVOS**

**(40 horas cada uno) (Se dictarán al menos una vez cada tres años). Serán dictados de manera cuatrimestral, con una carga horaria de 4 hs. semanales durante 10 semanas.**

El alumno del Doctorado en Ciencia de Materiales deberá cursar y aprobar, de acuerdo a lo establecido en el Artículo 3, inciso b, dos de los Cursos Específicos Electivos del conjunto mencionado abajo o cursos que eventualmente se propongan en el futuro.

- **Biomateriales I: Estructura.**
- **Biomateriales II: Respuesta biológica a biomateriales.**
  - **Materiales mesoporosos.**
  - **Refinamiento de estructuras cristalinas.**
    - **Nanomateriales.**
  - **Introducción a los Materiales magnéticos.**
    - **Estructura y Dinámica de Proteínas.**
    - **Principios Básicos de RMN en sólidos.**
  - **Propiedades mecánicas de sólidos cristalinos.**
    - **Microscopía Electrónica.**
  - **Biofísica Molecular de Biomembranas.**



## CURSO GENERAL OBLIGATORIO

### Introducción a los Materiales

**Objetivos:** Introducir al alumno en el tema de la ciencia de materiales en general, independientemente del tema de tesis elegido. Que el alumno cuente con las bases del estado sólido, estructuras cristalinas, termodinámica y transformaciones de fases en sólidos y un conocimiento general sobre los distintos tipos de materiales: aleaciones, materiales inorgánicos, mesoporosos ordenados, poliméricos y biomateriales, sus propiedades, aplicaciones y en ciertos casos la relación estructura-propiedades.

### Contenidos mínimos

- I. La materia condensada.** Sólidos amorfos y cristalinos. Tipos de enlaces. Propiedades de los sólidos dependientes del tipo de potencial de interacción.
- II. Estructuras cristalinas.** Celda unitaria. Redes de Bravais. Grupos Espaciales. Modelo de esferas rígidas. Principales estructuras cristalinas metálicas. Índices de Miller. Número de coordinación. Sitios intersticiales. Alotropía o polimorfismo. Compuestos inorgánicos. Familias estructurales. Análisis de estructuras cristalinas. Difracción de rayos X de neutrones y de electrones.
- III. Defectos en cristales:** puntuales, lineales, superficiales, volumétricos
- IV. Termodinámica.** Primera y Segunda Ley de la Termodinámica. Energía Libre de Gibbs. Tercera Ley de la Termodinámica. Soluciones. Equilibrio Entre Fases. Potencial Químico. Diagramas de Fases.
- V. Difusión.** Naturaleza de la difusión. Mecanismos de difusión atómica en sólidos.
- VI. Transformaciones de Fase.** Nucleación. Solidificación. Transformaciones de fase sólido-sólido. Transformaciones controladas por difusión. Transformación martensítica. Diagramas de fases metaestables.
- VII. Propiedades mecánicas.** Elasticidad. Plasticidad. Fractura. Creep. Fatiga.
- VIII. Materiales Inorgánicos.** Sólidos covalentes. Sólidos iónicos. Energía de la Red Cristalina. Descripción de estructuras cristalinas. Familias estructurales. Factores que afectan las estructuras cristalinas. Reglas de Pauling. Compuestos de Coordinación. Teoría del campo cristalino. Calcogenuros binarios y ternarios. Aplicaciones: Superconductores, magnetoresistentes, ferroeléctricos, magnetoeléctricos.
- IX. Materiales mesoporosos ordenados.** Mecanismos de síntesis. Modificaciones estructurales. Tipos de estructuras mesoporosas. Propiedades. Caracterización de propiedades. Materiales mesoporosos híbridos.
- X. Materiales Poliméricos.** Conceptos generales. Características fundamentales en Polímeros. Distintos tipos de Polímeros. Síntesis de Polímeros. Diferentes tipos de polimerizaciones. Purificación, caracterización e identificación de compuestos macromoleculares. Comportamiento térmico de los polímeros. Estados amorfos y cristalinos. Diseño molecular y preparación de materiales poliméricos porosos: estructura; propiedades físico-químicas. Materiales poliméricos funcionalizados. Nanoestructuración. Relación Estructura-Propiedad

**XI. Biomateriales.** Estructura y propiedades de biomateriales naturales y sintéticos Biocompatibilidad y bioactividad. Ingeniería de tejidos. Evaluación de la respuesta de biomateriales. Perspectivas y posibilidades en ciencias de biomateriales.

### Bibliografía

- Richard Swalin. *"Thermodynamics of Solids"*. 1972 John Willey & Sons. ISBN 0-471-83854-3
- C. H. P. Lupis. *"Chemical Thermodynamics of Materials"*. North Holland 1983. ISBN 0-444-00779-2
- John D. Verhoeven. *"Fundamentals of Physical Metallurgy"*. 1972 John Willey and Son. ISBN 0-471-90616-6
- Ashby M. and Jones D. R. H., *"Engineering Materials vol. 1. Engineering Materials vol. 2: An introduction to Microstructures, Processing and Design"*. Butterworth Heinemann. Oxford
- Cahn R.W., *"Physical Metallurgy"*. North Holland Publishing Company, Amsterdam.
- Reed-Hill, D. *"Physical Metallurgy Principles"*, Van Nostrand Company, John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Weertman, J and Weertman Y., *"Elementary Dislocations Theory"*. Oxford University Press. London.
- U. Müller. *"Inorganic Structural Chemistry"*. John Wiley & Sons. Chichester (UK). (1993).
- A. Wold and K. Dwight. *"Solid State Chemistry: Synthesis, Structure and Properties of Selected Oxides and Sulfides"*. Chapman & Hall Inc. New York (1993).
- G. S. Roher. *"Structure and Bonding in Crystalline Materials"*. Cambridge University Press. Cambridge (2001).
- A. K. Cheetham and P. Day (Eds.). *"Solid State Chemistry: Compounds"*. Oxford Science Pub. Oxford (1993).
- P. A. Cox. *"Transition Metal Oxides: An Introduction to their Electronic Structure and Properties"*. Clarendon Press. Oxford (1995).
- P. P. Edwards and C. N. R. Rao (Eds.). *"The Metallic and Nonmetallic States of Matter"*. Taylon & Francis. London (1985).
- S. Rosen. *"Fundamental Principles of Polymeric Materials"*. J. Wiley & Sons ,2ª edición, Nueva York, 1993.
- G.S. Misra. *"Introductory Polymer Chemistry"*. J. Wiley & Sons, Nueva York, 1993.
- M. Stevens. *"Polymer Chemistry: An Introduction"*. Editorial OUP USA, 3ª edición, 1999
- Enderlee J, Blanchard S, Bronzino J, *"Introduction to Biomedical Engineering"*, Elsevier Academic Press. Amsterdam. 2nd Edition 2005.
- Guelcher SA y Hollinger JO. *"An Introduction to Biomaterials"*. CRC Taylor & Francis. Boca Raton 2006.

- B. D. Ratner, A. S. Hoffman, F. J. Schoen and J. E. Lemons. "Biomaterials Science: An Introduction to Materials in Medicine". Third Edition. Elsevier. Amsterdam (2014).
- Y. Rosen and N. Elman. "Biomaterials Science: An Integrated Clinical and Engineering Approach". CRC Press Taylor & Francis Group. Boca Raton (2013).
- D. Hutmacher and W. Chrzanowski (Editores). "Biointerfaces: Where Material Meets Biology". Royal Society of Chemistry. Cambridge (2015).
- B. Basu, D. Katti and A. Kumar (Editores). "Advanced Biomaterials. Fundamentals, Processing, and Applications". John Wiley & Sons, Inc. Hoboken (2009).
- "*The Handbook of Nanomedicine*" *Second Edition*. Kewal K. Jain MD, FRACS, FFPM Jain Springer Science+Business Media New York 2012
- "*Introducción a la Inmunología Humana*". Autores: Leonardo Fainboim, Jorge Geffner. Edición: 6ª.
- "*Control of adaptive immunity by the innate immune system*". Akiko Iwasaki and Ruslan Medzhitov. Nature Immunology vol 16, number 4, 2015, 343. Key roles of adjuvants in modern vaccines
- Reed SG, Orr MT, Fox CB. *Nat Med* 2013 Dec; 19(12):1597-1608.
- Hubbell JA, Thomas SN, Swartz MA. "*Materials engineering for immunomodulation*". Nature 2009 Nov 26;462(7272):449-460.
- C. Poole, F. Owens. "Introducción a la nanotecnología" Editorial Reverté. (2005)
- A. Corma. "From microporous to mesoporous molecular sieve materials and their use in catálisis" Chem. Rev., 97, 2373-2419 (1997).

## CURSOS GENERALES OPTATIVOS Introducción a la Física del Sólido

**Objetivos:** Describir la geometría de estructuras cristalinas simples. Comprender las propiedades básicas de las vibraciones de la red cristalina y relacionarla con las propiedades del cristal. Explicar propiedades básicas de los estados electrónicos en un cristal. Entender las limitaciones y alcances tanto del modelo de electrones cuasi-libres (nearly-free) como del modelo de enlaces fuertes.

### Contenidos Mínimos

Modelo de electrones libres, concepto de superficie de Fermi y densidad de estados. Redes cristalinas, definiciones y ejemplos. Electrones en un potencial periódico: Teorema de Bloch. Aproximaciones para el cálculo de estructuras de bandas: Electrones en un potencial periódico débil, aproximación de enlace fuerte. Dinámica de electrones en un cristal. Teorías del cristal armónico, fonones.

### Bibliografía:

- Ashcroft y Mermin. "Solid State Physics". Brooks Cole Publishers, New York (1976).
- Ziman. "Principles of the theory of solids". 2nd edition. Cambridge University Press, Cambridge, UK (1979).
- Peierls. "Surprises in theoretical physics". Princeton University Press, Princeton (1979).
- Peierls. "More surprises in theoretical physics". Princeton University Press, Princeton (1991).
- Kaxiras. "Atomic and Electronic Structure of Solids". Cambridge University Press, Cambridge, UK (2003).



A handwritten signature in cursive script, appearing to be 'M. M.' with a horizontal line underneath.

## Química de Materiales Inorgánicos

**Objetivos:** Enseñar las bases de la formación de los compuestos inorgánicos basados en empaquetamientos compactos, la descripción de sus estructuras cristalinas y los factores que las afectan. Describir las principales familias estructurales y analizar la relación estructura-propiedades, describiendo estas últimas para los compuestos que han tenido mayor impacto tecnológico en los últimos años.

### Contenidos Mínimos

El enlace químico en los sólidos inorgánicos. Sólidos covalentes. Sólidos iónicos. Energía de la red cristalina. Sólidos derivados de estructuras de empaquetamiento compacto. Familias estructurales. Grupos Espaciales. Cristalografía: descripción y clasificaciones de estructuras cristalinas. Sólidos sin empaquetamiento compacto. Factores que afectan las estructuras cristalinas. Reglas de Pauling. Efectos de electrones no enlazantes. Compuestos en capas. Compuestos de intercalación. Compuestos de metales de transición. Teoría del campo cristalino. Teoría de orbitales moleculares. Estructura de bandas. Aislantes. Semiconductores. Materiales metálicos. Transición Metal-Aislante. Propiedades magnéticas. Dieléctricos. Piezoeléctricos. Ferroeléctricos propios e impropios. Relaxores. Superconductores. Materiales inorgánicos multifuncionales: magnetoeléctricos, magnetorresistentes. Relación estructura-propiedades.

### Bibliografía:

- U. Müller. *"Inorganic Structural Chemistry"*. John Wiley & Sons. Chichester (UK). (1993).
- A. Wold and K. Dwight. *"Solid State Chemistry: Synthesis, Structure and Properties of Selected Oxides and Sulfides"*. Chapman & Hall Inc. New York (1993).
- G. S. Roher. *"Structure and Bonding in Crystalline Materials"*. Cambridge University Press. Cambridge (2001).
- A. K. Cheetham and P. Day (Eds.). *"Solid State Chemistry: Compounds"*. Oxford Science Pub. Oxford (1993).
- C.N.R. Rao and B. Raveau. *"Transition Metal Oxides: Structure, Properties and Synthesis of Ceramic Oxides"*. 2nd Ed. Wiley-VCH. New York (1998).
- P. A. Cox. *"Transition Metal Oxides: An Introduction to their Electronic Structure and Properties"*. Clarendon Press. Oxford (1995).
- P. P. Edwards and C. N. R. Rao (Eds.). *"The Metallic and Nonmetallic States of Matter"*. Taylor & Francis. London (1985).



## Materiales Poliméricos

### Objetivos:

El objetivo del curso es impartir conceptos teóricos y prácticos sobre el diseño, desarrollo y avances referidos a síntesis, modificación y caracterización de nuevos materiales derivados de polímeros, compuestos hiperfuncionalizados e hiperramificados, materiales híbridos y nanomateriales.

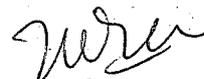
Se pretende que el alumno conozca las propiedades de los materiales poliméricos relacionadas con su estructura y composición, y que pueda analizar la relación estructura / propiedad para cada caso. Además, se prevé que el alumno adquiera conocimientos de casos representativos de diversas áreas de aplicación y de las nuevas tendencias en materiales poliméricos para seleccionarlos según la necesidad de aplicaciones concretas.

### Contenidos Mínimos

Evolución de la ciencia de los polímeros. Introducción a los materiales poliméricos y compuestos. Estructuras moleculares. Clasificación y Tipos de materiales poliméricos. Propiedades fisicoquímicas y mecánicas de los materiales poliméricos. Diseño molecular y síntesis de materiales poliméricos de tipo: termoplásticos, elastómeros y termoestables. Diseño molecular y síntesis de materiales poliméricos especiales, de tipo funcionalizados; hiperfuncionalizados; hiperramificados; híbridos; nanoestructurados; porosos; inteligentes; etc. Diseño molecular y síntesis de materiales poliméricos compuestos. Técnicas de caracterización de materiales poliméricos. Relación Estructura/Propiedad (E/P). Herramientas fundamentales en el manejo de la relación E/P. Técnicas de procesado en la preparación de materiales poliméricos. Procesos de modificación de superficies de materiales poliméricos. Materiales poliméricos diseñados con propiedades específicas de aplicación en áreas tales como la biomédica; de envases y embalajes; construcción; automotriz; náutica y aeronáutica; etc.

### Bibliografía:

- Vasileios Koutsos, "Polymeric materials: an Introduction", ICE Manual of Construction Materials, Capítulo 46, 571(2009) doi: 10.1680/mocm.35973.0571.
- H. Gleiter. "Nanostructured materials: Basic concepts and microstructure", Acta Mater. 2000, 48: 1-29.
- K. Ishizu y S. Uchida. "Architecture of nanostructured polymers", Prog. Polym. Sci. 2003, 28: 27-54.
- D. Spivak. "Optimization, evaluation and characterization of molecularly imprinted polymers", Adv. Drug Delivery Reviews, 2005, 57: 1779-1794.
- K. Kato, E. Uchida y Y. Ikada, "Polymer surface with graft chains", Prog. Polym. Sci, 2003, 28: 209-259.
- J. Goddard y J. Hotchkiss, "Polymer surface modification for the attachment of bioactive compounds". Prog. Polym. Sci, 2007, 32: 698-725.



- Hennink WE, Van Nostum CF. "Novel crosslinking methods to design Hydrogels". *Adv. Drug Delivery Reviews* 2002; 54: 13-36.
- J. Fréchet y D. Tomalia. "Dendrimers and other Dendritic Polymers". Wiley Series in Polym. Sci. (2001).
- Galaev I and Mattiasson B, "Smart Polymers: Applications in Biotechnology and Biomedicine", CRC Press, Boca Raton, FL (2008)
- Y. Lu, S.C. Chen, "Micro and nano-fabrication of biodegradable polymers for drug delivery". *Advanced Drug Delivery Reviews*, 2004, 56: 1621-1633.
- G. Zotti, B. Vercelli y A. Berlín, "Monolayers and Multilayers of Conjugated Polymers as Nanosized Electronic Components", *Accounts of Chemical Research*, 2008, 41 (9): 1098-1109.
- V. Palermo, Andrea Liscio, Matteo Palma, Mathieu Surin, Roberto Lazzaroni y Paolo Samori, "Exploring nanoscale electrical and electronic properties of organic and polymeric functional materials by atomic force microscopy based approaches", *Chem. Commun.*, 2007, 3326–3337.
- J.M.J. Fréchet, "Functional polymers: from plastic electronics to polymer-assisted therapeutics", *Progress in Polymer Science*, 2005, 30 (8-9): 844-857.
- T. Kehat, K. Goren y M. Portnoy, "Dendrons on insoluble supports: synthesis and applications", *New J. Chem.*, 2007, 31: 1218–1242.
- M. Calderón, M. Quadir, M. Strumia, R. Haag, "Functional dendritic polymer architectures as stimuli-responsive nanocarriers", *Biochimie* 2010, 92:1242-1251.
- R. Satchi-Fainaro, R. Duncan, "Polymer Therapeutics I: Polymers as Drugs, Conjugates and Gene Delivery Systems", *Advances in Polymer Science*, v. 1-2 (2006).
- K.Landfester y A. Musyanovych. "Hydrogels in Miniemulsions". *Adv Polym Sci* , 2010, 234: 39–63.
- K. Raemdonck, J. Demeester y S. De Smedt, "Advanced nanogel engineering for drug delivery". *Soft Matter*, 2009, 5: 707–715.
- M. Motornov, Y. Roiter, I. Tokarev, S. Minko, "Stimuli-responsive nanoparticles, nanogels and capsules for integrated multifunctional intelligent systems", *Progress in Polymer Science*, 2010, 35: 174–211
- Buengera, D.; Topuza, F.; Groll, J. "Hydrogels in Sensing Applications". *Progress in Polymer Science* 2012, 37 (12), 1678–1719.
- Park, S.; Kim, S. H.; Won, K.; Choi, J. W.; Kim, Y. H.; Kim, H. J.; Yang, Y. H.; Lee, Sang, H. Wood, "Mimetic Hydrogel Beads for Enzyme Immobilization". *Carbohydrate Polymers* 2015, 115, 223–229.

## Físico Química de Superficies

### Objetivos:

El objetivo del curso es el estudio de la estructura y reactividad de superficies de distintos materiales (metales, semiconductores, óxidos, cerámicos, materiales carbonosos) como conocimiento fundamental para comprender las interacciones entre (nano)partículas, los procesos involucrados en la funcionalización de superficies, la respuesta de superficies catalíticas y los fundamentos de las técnicas electroquímicas y SPM.

### Contenidos mínimos

Estructura de superficies: Metales, semiconductores, óxidos, cerámicos, materiales carbonosos. Superficies homogéneas y heterogéneas. Sólidos porosos y laminares. Procesos interfaciales: - Tensión superficial. - Adsorción. - Capilaridad. - Mojado y ángulo de contacto.

Reactividad y dinámica de procesos superficiales: Interfaz sólido-gas. - Caracterización de superficies sólidas. - Isotermas de adsorción. Modelos sencillos: análisis termodinámico. - Adsorción en multicapas. Modelos BET: área superficial y porosidad. Reactividad y dinámica de procesos superficiales: Interfaz sólido-líquido. - Sitios superficiales. Desarrollo de carga eléctrica. - Modelos de la doble capa eléctrica. - Interacciones adsorbato-adsorbente y adsorbato-adsorbato. - Intercambio solvente-adsorbato. - Cinética de adsorción. Transporte desde la solución. - Isotermas de adsorción.

### Bibliografía:

- C. Kittel. "Introduction to solid state physics". Eighth Edition. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken (2005).
- G.A. Somorjai and Y. Li. "Introduction to surface chemistry and catalysis". Second Edition. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken (2010).
- W. Schmickler and E. Santos. "Interfacial electrochemistry". Second Edition. Springer-Verlag Berlin Heidelberg (2010).
- J. Lyklema. "Fundamentals of interface and colloid science" Volumen I y II. Academic Press. London (1995).
- D.L. Feldheim, C.A. Foss (Eds). "Metal nanoparticles". Marcel Dekker. New York (2002).
- K. Balani, V. Verma, A. Agarwal and R. Narayan (Eds). "Biosurfaces: A Materials Science and Engineering Perspective". John Wiley & Sons, Inc. Hoboken (2015).
- W. Norde. "Colloids and Interfaces in Life Sciences and Bionanotechnology". Second Edition. CRC Press Taylor & Francis Group. Boca Raton (2011).
- Z. L. Wang. "Characterization of nanophase materials". John Wiley & Sons, Inc. Hoboken (2000).

17

- C. S. S. R. Kumar. (Ed.) "Surface Science Tools for Nanomaterials Characterization". Springer-Verlag. Berlin Heidelberg (2015).



*Handwritten signature or initials, possibly 'WRS'.*

## **Métodos de cálculo aplicados al diseño y estudio de propiedades de materiales.**

**Objetivos:** El objetivo del curso es proporcionar una visión global y actualizada de los distintos métodos computacionales disponibles para el modelado y la predicción de propiedades en materiales. En el curso se abordarán los diferentes temas utilizando ejemplos y aplicaciones en diferentes áreas

### **Contenidos Mínimos**

#### **Métodos de dinámica atómica/molecular**

Introducción a la simulación por computadora. Tipos de modelos: cuánticos, semiempíricos, mesoscópicos, continuos. Ecuaciones diferenciales ordinarias para dinámica de partículas. Las bases de dinámica molecular clásica. Elementos de mecánica clásica. Condiciones iniciales (estructuras). Ensamblajes (microcanónico, canónico). Potenciales Interatómicos / Campos de Fuerza. Formas de mejorar la eficiencia del cálculo.

#### **Aplicaciones del Método de Monte Carlo a la simulación de Materiales.**

Introducción a la Mecánica Estadística. Derivación de la función de distribución de densidad de probabilidad para el ensamble generalizado. Ensamblajes más comunes: Microcanónico, Canónico y Gran canónico. Funciones de partición y distribución de probabilidades. Noción de variable aleatoria. Cadenas Markovianas. Métodos de Monte Carlo. La estrategia básica de Monte Carlo. Generación variables aleatorias con una distribución especificada. El algoritmo de Metrópolis. Aplicación a sistemas de fase condensada. Templado simulado. Predicción de la estructura de sólidos inorgánicos cristalinos.

#### **Teoría del funcional de la densidad electrónica**

Teoremas de Hohenberg y Kohn. Ecuaciones de Kohn-Sham. Energía de correlación e intercambio en DFT. Naturaleza de la energía de correlación e intercambio. Definiciones. El hueco de correlación e intercambio. La integral de acoplamiento. Propiedades formales de los funcionales. Funcionales de correlación e intercambio. La aproximación de densidad local, La aproximación generalizada de gradientes. Funcionales que dependen de los orbitales. Intercambio exacto. Funcionales Híbridos.

#### **Aplicaciones de Teoría de funcional de densidad a sistemas complejos.**

Sólidos, superficies y sistemas bidimensionales. Cálculo de propiedades de materiales.

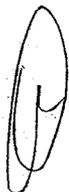
#### **Teoría de funcional de la densidad electrónica dependiente del tiempo.**



Teoría de respuesta lineal. Teorema de Runge-Gross. Teoría del Funcional de la Densidad Dependiente del Tiempo (TDDFT). Absorción óptica y otras propiedades a partir de la TDDFT. Conductancia molecular.

### **Bibliografía:**

- Rubin H. Landau, Manuel J. Páez, Cristian C. Bordeianu, "Computational Physics: Problem Solving with Computers", Second Edition, Wiley, NJ (2007).
- Daan Frenkel, Berend Smit. "Understanding Molecular Simulation, Second Edition: From Algorithms to Applications (Computational Science)". 2nd Edition, Academic Press (2001).
- M. P. Allen , D. J. Tildesley , "Computer Simulation of Liquids", (Oxford Science Publications). Reprint Edition Clarendon Press; Washington DC (1989).
- Binder, K., Heermann, D. W., "Monte Carlo simulation in statistical physics: an introduction", Springer Verlag, Amsterdam (2002).
- Steven H. Strogatz, "Nonlinear Dynamics And Chaos: With Applications To Physics, Biology, Chemistry and Engineering (Studies in Nonlinearity)". Westview Press; (2001).
- S. E. Koonin and D. C. Meredit. "Computational Physics-Fortran Vesion". Addison-Wesley Pub. 1990.
- E.K.U. Gross and W. Kohn, Phys Rev. Lett. 55 2850 (1985).
- E.K.U. Gross, F.J. Dobson and M. Petersilka, "Density Functional Theory", Springer, New York (1996).
- M.A.L. Marques and E.K.U. Gross in "A Primer in Density Functional Theory". Edited by C.Fiolhais, F.Nogueira and M.A.L. Marques Springer, Berlin (2003).
- J. M. Thijssen. "Computational Physics". Cambridge University Press. Cambridge (1999).



## Transformaciones de Fase en Metales y Aleaciones

**Objetivos:** Estudiar las principales transformaciones de fase sólido-sólido, sólido líquido y sólido-vapor que ocurren en metales y aleaciones. Describir y analizar los mecanismos que inducen y controlan tales transformaciones.

### Contenidos Mínimos

Introducción General. Clasificación de las transformaciones. Características de las transformaciones de nucleación y crecimiento. Características de las transformaciones martensíticas. Curvas de transformación isotérmica.

La difusión en el estado sólido. Mecanismo de la migración atómica. Base estadística de la difusión: la ley de Fick. Teoría fenomenológica de la difusión. Difusión uphill.

Teoría Cinética formal de transformación. Transformación nucleada en los límites de grano. Análisis de curvas de transformación isotérmicas. Transformación con las leyes de crecimiento parabólicos. Efectos de la temperatura: transformaciones no isotérmicas.

Crecimiento desde la fase de vapor. El crecimiento de un cristal perfecto a baja sobresaturación. Cristales reales: la teoría de Frank de crecimiento de los cristales. El crecimiento de los revestimientos de superficie y películas delgadas a partir del vapor. Crecimiento de whiskers, nanocristales, cuasi-cristales y sólidos amorfos desde la fase de vapor.

La solidificación y la fusión. La solidificación de los metales puros. La nucleación en transformaciones líquido-sólido en aleaciones. El crecimiento de cristales a partir de la masa fundida. Solidificación de aleaciones.

Los cambios polimórficos. Reacciones de estado sólido en los metales puros. Transformaciones masivas.

Precipitación en soluciones sólidas supersaturadas. Tipos de precipitación: descomposición espinodal. Precipitación continua. Precipitación discontinua. Formación de zonas GP y otros cambios de baja temperatura.

Descomposición y diagramas TTT. Transformation eutectoide. La transformación austenita-perlita en aceros. La formación de austenita a partir de mezclas de ferrita y cementita.

Transformaciones orden-desorden. La formación de superred. La transformación de orden como una reacción continua: los cambios en el orden de largo alcance.

Recuperación. La recristalización y el crecimiento de grano. Recocido de metales trabajados en frío. Recristalización primaria. El crecimiento del grano, la recristalización secundaria.

Deformación por twinning. Cristalografía del twinning. Modos de twinning. Métodos operativos en estructuras metálicas. La nucleación y el crecimiento de los twins. Efectos de las variables externas en el twinning.

Características de las Transformaciones martensíticas. Movimientos atómicos en la transformación. La deformación producida por las interfaces en movimiento. Efectos del estrés: la transformación termoelástica.



Cinética de la transformación martensítica. Transformaciones. La nucleación de martensita. Cinéticas formales de formación de martensita.

Solidificación rápida. Métodos para el enfriamiento rápido de un líquido: propiedades generales de sólido resultante. Metales amorfos (vítreos). Cuasicristales.

Aleaciones con Memoria de forma. Pseudo-elasticidad e histéresis.

### **Bibliografía:**

- J. W. Christian. "The theory of phase transformations in metals and alloys, Equilibrium and General Kinetic Theory", Pergamon Press, Oxford, (1975).
- R.W. Cahn, P Haasen Ed. "Physical Metallurgy", Vol I and II. Elsevier, North Holland, (1983).
- D. A. Porter, K. E. Easterling. "Phase transformations in metals and alloys", CRC Press, Taylor & Francis Group, (2009).



## CURSOS ESPECÍFICOS

### Biomateriales I: Estructura

#### Objetivos:

Se abordará la estructura y propiedades de los diferentes biomateriales naturales y sintéticos clasificados según el tipo de material (metálico, aleación, cerámico, polimérico, compuestos) y según la aplicación que vayan a tener (biosensores, sistema esquelético, sistema vascular, sistema auditivo, liberación controlada, odontología).

Se evaluarán las principales propiedades que deben de cumplir los materiales para ser considerados como biomateriales, así como su método de fabricación y su diseño a medida de la necesidad planteada

#### Contenidos Mínimos

Bloque I: Biomateriales: Metálicos, cerámicos, poliméricos, compuestos.

Introducción. Estructura y propiedades mecánicas de los materiales sólidos. Propiedades superficiales de los materiales sólidos. Biomateriales metálicos. Biomateriales cerámicos. Biomateriales poliméricos. Hidrogeles. Biomateriales compuestos. Biomateriales biológicos. Colágeno.

Bloque II: Biocompatibilidad. Degradación. Funcionalización de biomateriales y biosíntesis. Degradación de biomateriales. Aplicaciones en implantes. Introducción a la Ingeniería de Tejidos.

Bloque III: Consideraciones finales. Perspectivas y posibilidades en Ciencia de Biomateriales

#### Bibliografía:

-Ratner BD, Hoffman AS, Schoen FJ, Lemons J. "*Biomaterials Science. An Introduction to Materials in Medicine*". Elsevier Academic Press. Amsterdam. 2<sup>nd</sup> Edition 2004.

- Enderlee J, Blanchard S, Bronzino J, "*Introduction to Biomedical Engineering*", Elsevier Academic Press. Amsterdam. 2<sup>nd</sup> Edition 2005.

- Guelcher SA y Hollinger JO. "*An Introduction to Biomaterials*". CRC Taylor & Francis. Boca Raton 2006.



## **Biomateriales II: Respuesta biológica a biomateriales**

### **Objetivos:**

Lograr que alumno adquiera conocimientos sobre la interacción de materiales con el entorno biológico en términos de degradación, biocompatibilidad, farmacocinética y aspectos inmunológicos.

### **Contenidos mínimos**

Respuestas biológicas a biomateriales. Degradación de materiales en un entorno biológico: bio-reabsorción y degradación. Toxicidad sistémica e hipersensibilidad. Coagulación sanguínea e interacciones sangre-materiales. Biofilms, biomateriales e infecciones relacionadas con dispositivos. Testeo biológico de biomateriales. Aplicaciones de biomateriales. Implantes, dispositivos y biomateriales: consideraciones especiales. Biomateriales y medicina regenerativa: ingeniería de tejidos. Aplicaciones de biomateriales en Tecnología farmacéutica y farmacoterapia. Conceptos de inmunidad innata y adaptativa. Receptores de la inmunidad innata y células del sistema inmune innato y adaptativo. La respuesta inmune a materiales extraños. Sistema de complemento. Inflamación, cicatrización y respuesta a cuerpos extraños

Vacunas. Adyuvantes de vacunas aprobados para uso humano. El microambiente inmune en procesos neoplásicos. Uso de biomateriales. Aspectos regulatorios y éticos del uso de biomateriales.

### **Bibliografía:**

- B. D. Ratner, A. S. Hoffman, F. J. Schoen and J. E. Lemons. "Biomaterials Science: An Introduction to Materials in Medicine". Third Edition. Elsevier. Amsterdam (2014).
- Y. Rosen and N. Elman. "Biomaterials Science: An Integrated Clinical and Engineering Approach". CRC Press Taylor & Francis Group. Boca Raton (2013).
  - M. Zilberman (Editor). "Active Implants and Scaffolds for Tissue Regeneration". Springer-Verlag. Berlin Heidelberg (2014).
  - K. K. Jain. "The Handbook of Nanomedicine". Second Edition. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg (2012).
  - L. Fainboim y J. Geffner. "Introducción a la Inmunología Humana". Sexta Edición. Editorial Médica Panamericana. Madrid (2011).
  - A. Iwasaki and R. Medzhitov. "Control of adaptive immunity by the innate immune system". Nature Immunology vol. 16, number 4, pp. 343-353. Nature Publishing Group, Macmillan Publishers Limited. Hampshire (2015)
  - S. G. Reed, M.T. Orr and C. B. Fox. "Key roles of adjuvants in modern vaccines". Nature Medicine vol. 19, number 12, pp. 1597-1608. Nature Publishing Group, Macmillan Publishers Limited. Hampshire (2013).
  - J. A. Hubbell, S.N. Thomas and M. A. Swartz. "Materials engineering for immuno modulation". Nature vol. 26, number 462, pp. 449-460. Nature Publishing Group, Macmillan Publishers Limited. Hampshire (2009).



## Refinamiento de Estructuras Cristalinas

**Objetivos:** Que el alumno aprenda los fundamentos de la difracción de polvos (rayos x y neutrones). Que analice en detalle los grupos puntuales cristalográficos y grupos espaciales y los aplique a casos particulares de estructuras cristalinas. Que conozca los fundamentos de la producción de RX de radiación sincrotrón y neutrones para su uso en cristalografía. Que aprenda los fundamentos del método de Rietveld y que finalmente se adiestre en el refinamiento de estructuras cristalinas a partir de datos de difracción de polvos.

### Contenidos Mínimos

**Difracción de rayos x:** Simetría puntual y grupos puntuales. Simetría espacial. Redes de Bravais. Planos cristalinos. Índices de Miller. Difracción de rayos x de polvos. Intensidad de los picos de difracción. Indexado de un patrón de difracción. Refinamiento de los parámetros de la celda unidad. Extracción de intensidades de un patrón de difracción de polvos.

**Grupos Espaciales:** Representación de grupos puntuales. Ejemplos de simetría puntual en moléculas: posiciones generales y espaciales. Los 32 grupos puntuales cristalográficos. Desarrollo de los grupos espaciales. Grupos simórficos y no-simórficos. Algunos ejemplos de grupos espaciales. Uso de las Tablas Internacionales de Cristalografía.

**Radiación Síncrotron:** Generación de rayos x en una fuente de radiación síncrotron. Comparación de rayos x generados por fuente convencional y por fuente síncrotron. Estrategias de colección de datos de difracción de polvos. Algunos ejemplos de Fuentes de radiación síncrotron. Ventajas de la utilización de la radiación síncrotron para la realización de difracción de rayos x de polvos.

**Difracción de neutrones:** Fuentes de producción de neutrones: Fuentes de Espalación y Reactores Nucleares. Ejemplos. Ventajas de la difracción de neutrones sobre la difracción de rayos x.

**Refinamiento de estructuras cristalinas a partir de datos de difracción de polvos: Análisis Rietveld:** Funciones analíticas para la reproducción de los picos de difracción. Parámetros refinables. Factores R. Estrategias de refinamiento. Obtención de modelos estructurales de las bases de datos cristalográficas. Difracción de rayos x vs difracción de neutrones. Programa FULLPROF. Ejemplos de refinamientos de estructuras cristalinas con el programa FULLPROF.

### Bibliografía:

- L. Reinaudi y R. E. Carbonio. "Determinación de Estructuras Cristalinas a Partir de Datos de Difracción de Polvos y el Método de Rietveld". Sociedad Mexicana de Cristalografía. México (2004).
- C. Giacovazzo, H. L. Mónaco, D. Viterbo, F. Scordari, G. Gilli, G. Zanotti and M. Catti, "Fundamentals of Crystallography". C. Giacovazzo Ed. Oxford University Press. Oxford (1994).



*[Handwritten signature]* 25

- G. Burns and A. M. Glazer. "Space Groups for Solid State Scientists". Second Edition. Academic Press, Inc. London (1990).
- T. Hann (Editor). "International Tables for Crystallography". Vol. A: Space Group Symmetry. (1989).
- H. P. Klug and L. E. Alexander. "X-ray Diffraction Procedures for Polycrystalline and Amorphous Materials". John Wiley & Sons. Second Edition. (1974).
- R. A. Young (Editor). "The Rietveld Method". IUCr Monographs on Crystallography 5. Oxford University Press. New York (1993).



## Nanomateriales

### Objetivos

El presente curso tiene como objetivo familiarizar a los alumnos con los diferentes tipos de nanomateriales descubiertos en los últimos tiempos, haciendo principal hincapié en las propiedades físicas y químicas que dependen del tamaño de los mismos. Se introducirán los principales métodos de síntesis y caracterización de materiales en la nanoescala. La impronta del curso es dar un fuerte contenido de los fundamentos, y posteriormente aplicarlos a problemas concretos. El curso incluirá también una revisión de las principales aplicaciones en sectores tecnológicos, de salud y medioambiente.

### Contenidos Mínimos

Introducción a la Nanociencia y Nanotecnología. Métodos de Síntesis húmedos y secos. Técnicas de Caracterización de Nanomateriales. Propiedades dependientes del tamaño: ópticas, mecánicas, térmicas, magnéticas, catalíticas, eléctricas. Nanomateriales basados en carbono: Grafeno, Fullerenos, Nanotubos, Nanofibras. Nanopartículas metálicas, nanoaleaciones. Óxidos semiconductores en la nanoescala. Nanocerámicos. Nanomateriales orgánicos. Aplicaciones de Nanomateriales.

### Bibliografía:

- Vajtai, Robert (Ed.). "Springer Handbook of Nanomaterials" , Springer-Verlag, Berlin Ed. (2013)
- M. M. Mariscal, O. A. Oviedo, E. P. Leiva "Metal Clusters and Nanoalloys: From Modelling to Applications" Springer Ed. (2013)
- Guozhong Cao, "Nanostructures & Nanomaterials: Synthesis, Properties & Applications" Imperial College Press, London (2011)
- Dieter Vollath, "Nanomaterials: An Introduction to Synthesis, Properties and Applications" 2nd Edition Wiley VCH. (2013)
- Adachi, M.; Lockwood, D. J.: "Self-Organized Nanoscale Materials", Springer, Berlin (2006).
- Bruce, D. W.; O'Hare, D.; Walton, R.: "Low-Dimensional Solids", Inorganic Materials Series, Wiley-Blackwell, NJ (2010).
- Cullity, B. D.: "Introduction to Magnetic Materials", Addison-Wesley, NY (1972).
- Ozin, G. A.; Arsenault, A. C.; Cademartiri, L.: "Nanotechnology: A Chemical Approach to Nanomaterials", 2ª Ed., RSC Publishing (2009)
- Rao, C. N. R.; Müller, A.; Cheetham, A. K.: "Nanomaterials Chemistry: Recent Developments and New Directions", Wiley-VCH, NJ (2007).
- Rao, C. N. R.; Müller, A.; Cheetham, A. K.: "The Chemistry of Nanomaterials. Synthesis, Properties and Applications", Vols. 1 y 2, Wiley-VCH, NJ (2004)
- Schmid, G. (Ed.): "Nanoparticles. From the Theory to Application", 2ª Ed., Wiley-VCH, NJ (2005).
- Wang, Z. L. (Ed.): "Characterization of Nanophase Materials", Wiley-VCH, NJ (2000)

27

## Introducción a los materiales magnéticos

**Objetivos:** Presentar el fenómeno del magnetismo, introduciendo los mecanismos que controlan la fenomenología de los materiales magnéticos, las técnicas de caracterización y las posibles aplicaciones actuales de estos materiales.

- Se pretende que, al finalizar el curso, el alumno sea capaz de:
- dar una descripción teórica, microscópica y fenomenológica de los materiales magnéticos.
- conocer la fenomenología y modelos que explican el comportamiento de los materiales magnéticos.
- saber cómo es posible caracterizar el comportamiento magnético de los materiales.
- analizar la influencia de la estructura del material sobre su comportamiento magnético.
- profundizar la comprensión de los procesos de magnetización de los materiales.
- reconocer la importancia de la anisotropía magnética en el comportamiento magnético de los materiales y su dependencia de la microestructura.
- obtener un visión actualizada de los diferentes tipos de materiales magnéticos, de sus aplicaciones y perspectivas.

## Contenidos Mínimos

Definiciones básicas. Métodos experimentales para caracterización magnética. Diamagnetismo y Paramagnetismo (teorías clásica y cuántica). Ferromagnetismo. Teoría del campo molecular. Antiferromagnetismo y ferrimagnetismo. Modelo de Néel. Anisotropía magnética. Anisotropías mixtas. Dominios magnéticos. Paredes de Bloch y de Néel. Procesos de magnetización. Magnetostricción. Magnetorresistencia. Magnetismo de finas partículas. Fenómenos dinámicos. Materiales magnéticos.

## Bibliografía:

- B. D. Cullity, C. D. Graham. "Introduction to magnetic materials", 2ª Ed. IEEE Press, Wiley, (2009).
- R. C. O'Handley. "Modern magnetic materials: Principles and applications", Wiley, (2000).
- S. Chikazumi, "Physics of ferromagnetism" 2<sup>nd</sup> Ed., Clarendon Press, Oxford, (1997).
- G. Bertotti, "Hysteresis in magnetism", Academic Press, (1998).



## Estructura y Dinámica de Proteínas

### Objetivos

Describir las estructuras tridimensionales de proteínas nativas. Fundamentar los principios termodinámicos que determinan la adquisición de esas estructuras. Estudiar la cinética del proceso de plegamiento en polipéptidos completos y del plegamiento acoplado a la biosíntesis en el medio celular. Presentar las metodologías utilizadas para el estudio estructural y termodinámico de proteínas.

### Contenidos mínimos

Descripción estructural de proteínas en estado nativo. Bases de datos estructurales. Polímeros estadísticos como modelo del estado desplegado. Restricciones conformacionales y supervivencia de estructura en el estado desplegado. Termodinámica del proceso de plegamiento-desplegamiento. Evaluación de energía libre, entalpía y entropía del proceso utilizando calorimetría diferencial de barrido y métodos espectroscópicos. Plegamiento-desplegamiento como transición de fase de primer orden. Cooperatividad. Cinética y modelos del proceso de plegamiento. Adquisición de estructura nativa durante la biosíntesis. Plegamiento en el medio celular. Participación de "chaperonas" y del entorno celular.

### Bibliografía

- Branden C.I. and Tooze J. "Introduction to Protein Structure". Garland Science (1998).
- Ed. Thomas Creighton. "Protein Folding" W. H. Freeman, N.Y. (1992).
- Udgaonkar J.B. "Multiple routes and structural heterogeneity in protein folding". Annu. Rev. Biophys. (2008) 37 489-510.
- Bédard S., Krishna M.M.G., Mayne L., and Englander S.W. "Protein folding: Independent unrelated pathways or predetermined pathway with optional errors". PNAS 105, 7185 (2008).



A handwritten signature or mark, possibly 'W. H. Freeman', located to the right of the stylized mark.

## Principios Básicos de RMN en sólidos

### Objetivos:

Se espera que los participantes adquieran conocimientos sobre la información que puede brindar la RMN de sólidos. Además se espera que al terminar el curso hayan adquirido la capacidad de interpretar espectros de alta resolución en sólidos en sus dos modalidades uni-dimensional y bi-dimensional. Por otra parte se espera que adquieran conocimientos básicos sobre la técnica de imágenes por RMN.

### Contenidos Mínimos

MODULO 1: Aspectos básicos de la Resonancia Magnética Nuclear (RMN) en Sólidos. El modelo vectorial de la RMN pulsada. La descripción mecánico cuántica. Los pulsos de radio frecuencia. Interacciones de espín nuclear. Conceptos básicos de relajación

MODULO 2: Alta resolución en sólidos para espines  $\frac{1}{2}$ . Rotación al ángulo mágico. Desacople con alta potencia. Polarización cruzada

MODULO 3: Acoplamiento dipolar homonuclear y heteronuclear para espines  $\frac{1}{2}$ .

MODULO 4: Aplicaciones a compuestos de interés farmacéutico y polímeros.

MODULO 5: Demostraciones Prácticas en laboratorio 1.

MODULO 6: Resonancia Cuadrupolar Nuclear y sus aplicaciones a la caracterización de sólidos

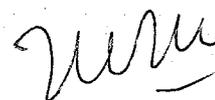
MODULO 7: Conceptos básicos de relaxometría magnética nuclear con campo magnético ciclado

MODULO 8: Caracterización de sistemas porosos. Determinación de tamaños de poro por difusión. Determinación de tamaños de poro por relajación.

MODULO 9: Demostraciones Prácticas en laboratorio 2

### Bibliografía:

- Melinda J. Duer, *"Introduction to Solid-State NMR Spectroscopy"*, Blackwell Publishing, (2004).
- Harris, R. K., *"Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy: A Physicochemical View"*; Longman Scientific & Technical: Essex, U.K., (1986).
- Brittain, H. G., *"Characterization of Pharmaceutical Compounds in the Solid State"*; Academic Press: New York, (2011); Vol. 10.



## Propiedades mecánicas de sólidos cristalinos

**Objetivo:** Describir los micromecanismos de deformación plástica, de fatiga y de fractura en materiales cristalinos y su relación con la microestructura de los mismos. Aplicar los conceptos aprendidos al diseño de materiales con prestaciones específicas.

### Contenidos mínimos

Estructuras cristalinas. Defectos atómicos. Elasticidad lineal. Fluencia **Tensión** de fluencia, mecanismos. Plasticidad El ensayo tensil. Deformación plástica de monocristales y policristales. Micromecanismos de deformación plástica y de endurecimiento por deformación. Mapa de micromecanismos de deformación. Micromecanismos de acumulación de daño. Inestabilidad plástica. Fractura Diversos modos de fractura. Tipos de fractura. Micromecanismos de fractura. Relación entre microestructura y mecanismos de fractura. Mapa de micromecanismos de fractura. Termofluencia o Creep Propiedades mecánicas de los materiales a alta temperatura. Estadios de creep. Micromecanismos de creep. Materiales resistentes al creep. Ejemplos.

Fatiga. Tensiones cíclicas. La curva S-N. Iniciación y propagación de grietas. Falla por fatiga. Fatiga producida por tensiones térmicas cíclicas. Materiales compuestos (composites). Filosofía del composite. Predicción de propiedades. Refuerzos Particulados. Laminados. Deformación y fractura de composites. Tenacidad a la fractura.

### Bibliografía

- John D. Verhoeven. "Fundamentals of Physical Metallurgy". John Willey & Sons Inc. New York (1972).
- M. Ashby and D. R. H. Jones, "Engineering Materials vol. 1. An introduction to their properties & applications" Second Edition, Butterworth Heinemann. Oxford, (1998).
- M. Ashby and D. R. H. Jones "Engineering Materials vol. 2: An introduction to Microstructures, Processing and Design". Second Edition, Butterworth Heinemann. Oxford, (1998).
- C. Kittel; "Introduction to Solid State Physics", John Wiley & Sons, Inc. New York. (1967).
- R. W. Cahn. "Physical Metallurgy", North Holland Publishing Company, Amsterdam. (1970).
- W. D. Callister, "Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales" I y II Editorial Reverté, Barcelona, (1997).
- D. R. Askeland y P. P. Phulé, "Ciencia e ingeniería de los materiales", 4ª edición, Thompson International, (2004).
- John Dorn "Mechanical Behavior of Materials at Elevated Temperatures", First Edition, Mcgraw Hill, New York, (1961).



- D. Hull and T. W. Clyne "An Introduction to Composite Materials". Sec. Edition. Cambridge Solid State Science Series, 1996.

## Microscopía Electrónica

### Objetivos:

Introducir al alumno en los fundamentos físicos de la microscopía electrónica de barrido y de transmisión. Describir el funcionamiento de esta clase de microscopios electrónicos y la potencial información que puede obtenerse de los mismos.

### Contenidos mínimos

Interacción de los electrones con la materia. Interacción de los fotones con la materia. Óptica Electrónica. Descripción de los principales componentes de cada tipo de microscopio. Principios de funcionamiento. Detectores. Microscopía Electrónica de barrido. Contraste por topografía, Contraste por número atómico, Sistema Dispersivo en energía, Microanálisis, Módulo de transmisión, análisis cristalográfico por difracción de electrones secundarios. Microscopía Electrónica de Transmisión. Contraste por topografía. Formación e interpretación de los diferentes contrastes. Análisis cristalográfico por difracción de electrones transmitidos. Microscopía de alta resolución. Microscopía de Transmisión en modo de barrido. Microanálisis en microscopía de transmisión.

### Bibliografía:

- P. B. Hirsch, "Electron Microscopy of Thin Crystals", Huntington, N. Y. : Robert E. Publishing Co., (1977).
- G. Thomas and M. Goringe. "Transmission Electron Microscopy of Materials", John Willey & Sons Inc. New York (1965).
- Reimer, L. "Transmission electron microscopy. Physics of image formation and microanalysis", Volume 36 of Springer series in optical sciences, (1997).
- Loretto, MH. "Electron beam analysis of materials", Chapman and Hall, New York (1984).
- J. W. Edington. "Practical Electron Microscopy in Materials Science" Van Nostrand Reinhold, New York (1976).
- Ray F. Egerton. "Physical Principles of Electron Microscopy: An Introduction to TEM, SEM, and AEM", Springer, New York (2005).



## Biofísica Molecular de Biomembranas

### Objetivos

Impartir conocimientos básicos sobre los avances referidos a las bases moleculares y supramoleculares responsables de las interacciones, autoorganización, estructura, dinámica y estabilidad topológica de biomembranas, así como las bases físicas de algunas metodologías para su estudio.

### Contenidos mínimos

Anfipaticidad molecular y estructural de biomoléculas. Estado físico de cadenas hidrocarbonadas. Autoorganización topológica. Films monomoleculares en interfases sólidas y líquidas. Organización estructural supramolecular de cadenas hidrocarbonadas. Interacciones cadena-cadena. Transiciones de fase sólido-sólido y sólido-líquido. Polimorfismo. Metaestabilidad estructural termodinámico-geométrica Tensiones mecanoelásticas. Dominios lipídicos y de lípido-proteína segregados. Procesos de fisión, hemifusión y fusión de membranas.

Electrostática de biosuperficies. Campos electrostáticos locales y externos. Dinámica estructural lateral y de los dominios de fase sometidos a campos electrostáticos. Interacción Lípido-Proteína en biointerfases y membranas lipídicas. Proteínas y segmentos transmembrana: adaptación de la membrana al segmento hidrofóbico transmembrana, influencia de la proteína sobre la estructura y dinámica del lípido. Catálisis enzimática en sistemas organizados. Proteínas anfitrópicas y enzimas asociadas a interfases. Reducción de dimensionalidad y direccionamiento vectorial. Monocapas de membranas naturales completas sobre soportes sólidos y líquidos. Microheterogeneidad lateral y transversal, segregación de dominios.

### Bibliografía

- Cevc G. and Marsh., D. "Phospholipid Bilayers: physical principles and models". Wiley Interscience New York (1997).
- Israelachvili J.N. "Intermolecular and Surface Forces". Acad. Press. N.Y. (1994).
- Thomas Heimburg "Thermal Biophysics of Membranes." Wiley-VCH, Verlag, GMBH & Co. KGaA, Weimheim (2007).
- Maggio, B., Carrer, D.C., Fanani, M.L., Oliveira, R.G. and Rosetti, C.M. "Interfacial behavior of glycosphingolipids and related sphingolipids". Current Opinions in Colloid and Interface Science (2004) 8:448-458.
- Rosetti C.M., Maggio B., Oliveira R.G. "The self-organization of lipids and proteins of myelin at the membrane interface. Molecular factors underlying the microheterogeneity of domain segregation". (2008) Biochim Biophys Acta. 1778:1665-75.



**ANEXO II**  
**Ord. HCD.....**  
**REGLAMENTO DE LA CARRERA DE DOCTORADO EN CIENCIA DE**  
**MATERIALES DE LA UNC**

**CAPÍTULO I: DE LA CARRERA DE DOCTORADO**

**Artículo 1º**

a) La Carrera de Doctorado en Ciencia de Materiales conduce a la obtención del título de Doctor en Ciencia de Materiales el que se otorgará de acuerdo a lo dispuesto en el presente Reglamento.

El título tendrá valor académico, no habilitando para ejercicio profesional alguno en el país.

b) Participarán de la Carrera del Doctorado en Ciencia de Materiales las siguientes instituciones,

\* Facultad de Ciencias Químicas de la UNC.

\* Facultad de Matemática, Astronomía y Física de la UNC.

c) El doctorado en Ciencia de Materiales tendrá su sede administrativa en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Nacional de Córdoba, la que será responsable de la presentación, de la acreditación y de toda la comunicación con el Ministerio de Educación de la Nación.

**Artículo 2º**

Podrán ingresar a la Carrera de Doctorado en Ciencia de Materiales egresados con título de grado relacionados con la Física, Química, Ciencias de la Ingeniería y otras disciplinas afines, graduados de la UNC y de otras universidades nacionales, provinciales, privadas o públicas, del país o del extranjero de carreras de cuatro años o más de duración, previa aprobación del Consejo Académico de este Doctorado. En todos los casos el Consejo Académico evaluará los antecedentes presentados y decidirá si el Postulante debe previamente cursar y aprobar cursos de grado o de posgrado que lo adecúen al nivel requerido para iniciar esta Carrera de Doctorado. En casos excepcionales de postulantes que se encuentren fuera de los términos precedentes, podrán ser admitidos siempre que demuestren, a través de una evaluación realizada por el Consejo Académico o por quien éste designe, poseer preparación y experiencia laboral acorde con los estudios de posgrado que se proponen iniciar así como aptitudes y conocimientos suficientes para cursarlos satisfactoriamente. En todos los casos la admisión y la obtención del título de posgrado no acreditará de manera alguna el título de grado anterior correspondiente al mismo.



### **Artículo 3º**

Para acceder al título de Doctor en Ciencia de Materiales, el alumno de doctorado deberá cumplir los siguientes requisitos generales:

a) Realizar un trabajo de investigación original, experimental y/o teórico, dentro del área de Ciencia de Materiales que constituya un aporte significativo al progreso del conocimiento científico de la especialidad. La Tesis deberá ser realizada sobre la base de una rigurosa metodología científica bajo la tutela de un Director de Tesis.

b) Cursar y aprobar, con una calificación de siete (7) puntos o más el Curso General Común de Postgrado, 2 (dos) Cursos Generales de Posgrado pertenecientes a un área distinta a su formación de grado y 2 (dos) Cursos Específicos de Posgrado. El Curso General Obligatorio tiene una carga horaria de 90 h. Los otros dos Cursos Generales serán electivos y de una carga horaria de 40 h cada uno. Los dos Cursos Específicos serán también electivos y de una carga horaria de 40 h. Los dos Cursos Generales Electivos y los dos Cursos Específicos Electivos se elegirán de un conjunto de Cursos Generales o Cursos Específicos según corresponda, pertenecientes a la currícula de la Carrera de Doctorado en Ciencia de Materiales. A pedido de los interesados el Consejo Académico de la Carrera considerará también la acreditación de Cursos Específicos debidamente aprobados en otras instituciones académicas reconocidas. El Consejo Académico podrá aceptar como válido hasta un (1) curso específico realizado con anterioridad a la admisión a la Carrera de Doctorado en Ciencia de Materiales que haya sido aprobado no más de dos años antes de la presentación de la solicitud.

c) Demostrar conocimiento del idioma Inglés mediante examen de lecto-comprensión.

d) Participar como expositor en al menos dos (2) seminarios que se realicen dentro de las actividades de la Carrera. La participación como expositor del alumno de doctorado será certificada por su Director de tesis y se dejará constancia en el acta de la Comisión Asesora de Tesis subsiguiente a su exposición.

### **Artículo 4º**

El desarrollo de la carrera de doctorado deberá ser cumplido en no más de cinco (5) años. Las fechas de iniciación y finalización de la Carrera serán las correspondientes a la notificación de la admisión y a la presentación de la Tesis, respectivamente. El Consejo Académico podrá otorgar una prórroga por un período máximo de un (1) año, a pedido del alumno de doctorado, con el aval de su Director y la comisión asesora y por causa justificada. El alumno deberá cursar y aprobar todos los cursos de la Carrera antes de comenzar el 5º año de la misma. La Comisión Asesora de Tesis autorizará al alumno a comenzar la escritura de la Tesis Doctoral cuando lo considere pertinente, no antes de los tres (3) años de cursado. Una vez finalizada la escritura, el Consejo Académico de la Carrera



arbitrará los medios para que el manuscrito sea evaluado por los miembros del jurado, debiendo estos últimos entregar al alumno las correcciones y sugerencias en el término de un (1) mes de recibida.

#### **Artículo 5°**

Una vez cumplidos los requisitos citados, la Tesis será evaluada por un Jurado designado a sus efectos.

### **CAPÍTULO II: DE LOS ORGANISMOS DEL DOCTORADO**

#### **Artículo 6°**

El gobierno de la Carrera de Doctorado en Ciencia de Materiales será ejercido por el Director del Doctorado, el Director Alterno y el Consejo Académico.

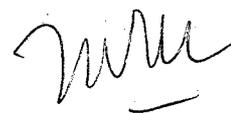
Son requisitos para ser Director/Director Alterno de la Carrera poseer título de Doctor, ser o haber sido Profesor regular de la Facultad de Matemática, Astronomía y Física o Ciencias Químicas, de la UNC. Además, deberá pertenecer a la Categoría I o II en el Programa de Incentivos Docentes o ser miembro de la Carrera del Investigador del CONICET (categoría no inferior a Independiente). Asimismo, deberá acreditar reconocida trayectoria docente, producción científica en el área del Doctorado y experiencia en formación de recursos humanos.

El Director y el Director Alterno de la Carrera serán designados por el HCD de la sede administrativa a propuesta de las Unidades Académicas (Facultad de Matemática, Astronomía y Física y Facultad de Ciencias Químicas). Durarán 3 (tres) años en sus funciones, pudiendo ser reelegidos por un único período consecutivo.

#### **Artículo 7°**

El Director del Doctorado en Ciencia de Materiales tendrá las siguientes funciones:

- a) Planificar, organizar y supervisar las actividades académicas y científicas de la Carrera del Doctorado en conjunto con Consejo Académico.
- b) Convocar y presidir las reuniones del Consejo Académico.
- c) Proponer a las autoridades de la sede administrativa el presupuesto anual estimativo y el orden de prioridades sobre cómo se afectarán los recursos. En esta tarea requerirá el asesoramiento y aval del Consejo Académico.
- d) Representar a la Carrera de Doctorado ante las autoridades de la UNC y ante Instituciones oficiales o privadas, cuando corresponda, sin desmedro de las atribuciones del Secretario de Posgrado de la sede administrativa y con su acuerdo.
- e) Asesorar en todas las cuestiones relacionadas con el Doctorado que le sean requeridas por las autoridades de la UNC.
- f) Refrendar las decisiones adoptadas por el Consejo Académico.



g) Evaluar anualmente el desarrollo de la carrera y elevar un informe de la marcha de la misma a las autoridades de las Facultades de Matemática, Astronomía y Física y de Ciencias Químicas.

### **Artículo 8°**

Las situaciones de vacancia en la dirección de la Carrera de Doctorado en Ciencia de Materiales se resolverán por los siguientes mecanismos:

a) En caso de renuncia o impedimento permanente del Director, el Director Alterno ocupará automáticamente este cargo por el lapso que falte para cumplir los tres (3) años originales. En tal situación, así como en casos de renuncia o impedimento permanente del Director Alterno, un nuevo Director Alterno será elegido por el Consejo Académico para cubrir el cargo por el período restante hasta la fecha original de renovación del mismo.

b) En caso de vacancia temporal (por un lapso de hasta 6 meses) y simultánea del cargo de Director y de Director Alterno, la dirección será ejercida en forma interina por uno de los miembros del Consejo Académico, elegido por sus pares.

c) Si la vacancia simultánea de Director y Director Alterno afecta un período superior a los 6 meses, o es de carácter permanente, las unidades académicas (Facultad de Matemática, Astronomía y Física y Facultad de Ciencias Químicas) convocarán, en un plazo perentorio de 15 días, una nueva elección de Director y Director Alterno de acuerdo a lo establecido en el Artículo 6.

### **Artículo 9°**

El Consejo Académico estará integrado por 4 (cuatro) miembros titulares y 4 (cuatro) miembros suplentes designados por la sede administrativa, correspondiendo dos miembros titulares y dos suplentes a cada una de las dos (2) instituciones participantes, Facultad de Matemática, Astronomía y Física y Facultad de Ciencias Químicas.

Son requisitos para ser miembro del Consejo Académico poseer título de Doctor, ser o haber sido Profesor regular por concurso de la Facultad de Matemática Astronomía y Física o de la Facultad de Ciencias Químicas de la UNC. Además, deberá pertenecer a la Categoría I, II o III en el Programa de Incentivos Docentes o ser miembro de la Carrera del Investigador del CONICET (categoría no inferior a Adjunto). Asimismo deberá acreditar reconocida trayectoria docente, producción científica en el área disciplinar del Doctorado y experiencia en formación de recursos humanos.

Los miembros del Consejo Académico serán designados por el HCD de la sede administrativa a propuesta de las Unidades Académicas (Facultad de Matemática, Astronomía y Física y Facultad de Ciencias Químicas). Durarán 3 (tres) años en sus funciones, pudiendo ser renovable por un único período consecutivo. El Consejo Académico se renovará por mitades.

**Cláusula Transitoria:** Para la primera renovación, se decidirá por sorteo quienes son los miembros que permanecen en su función.

Las reuniones del Consejo Académico serán convocadas por el Director, con una periodicidad de al menos dos veces al año o cada vez que ingrese una solicitud de



admisión a la carrera dentro de un plazo no mayor a los 30 días corridos desde el ingreso de la solicitud. El Director remitirá a todos los integrantes del Consejo Académico el Orden del Día correspondiente al menos 24 horas antes del inicio de la reunión. Se llevará un Libro de Actas, en el cual se detallarán las actuaciones de cada una de las reuniones. Las decisiones se tomarán por consenso. De existir diferencias de opiniones, serán resueltas por mayoría simple de los presentes, requiriéndose un quórum de la mitad más uno del Consejo Académico. El Director (o el Director Alterno en ausencia del Director) tendrán voz y voto. En caso de empate decidirá el Director.

### **Artículo 10°**

Son funciones del Consejo Académico:

- a) Evaluar las solicitudes de Admisión a la Carrera del Doctorado, considerando el cumplimiento de requisitos básicos, los antecedentes del Director y el Plan de Tesis propuesto.
- b) Proponer al HCD de la Sede Administrativa, la Comisión Asesora de Tesis de cada alumno de doctorado, la cual estará integrada conforme a lo establecido en el artículo 17 del presente reglamento.
- c) Evaluar los informes de las Comisiones Asesoras sobre la actividad del alumno de doctorado.
- d) Proponer al HCD de la Sede Administrativa, los miembros del Jurado para la evaluación de la Tesis.
- e) Evaluar, aceptando o rechazando, las propuestas de cursos de posgrado.
- f) Reconocer cursos específicos aprobados por el alumno de doctorado que no estén dentro de la currícula de la carrera.
- g) Recomendar al Director del Doctorado las modificaciones reglamentarias e instructivas sobre aspectos específicos que considere pertinentes.
- h) Proponer al HCD de la Facultad de Ciencias Químicas la nómina de los integrantes del jurado.
- i) Arbitrar los medios para que el manuscrito de la tesis sea evaluado por los miembros del jurado.

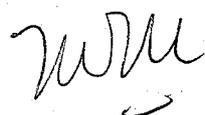
### **CAPÍTULO III: DE LA INSCRIPCIÓN Y ADMISIÓN A LA CARRERA Y EL PLAN DE TESIS**

El proceso de inscripción y admisión a la Carrera constará de dos etapas detalladas en los siguientes artículos:

### **Artículo 11°**

Los aspirantes a ingresar a la Carrera del Doctorado deberán presentar por Mesa de Entradas de la sede Administrativa de la Carrera una solicitud de admisión dirigida al Director de la Carrera, en la que conste la siguiente información:

- b) Copia del DNI o Pasaporte.
- b) Curriculum Vitae del Postulante.
- c) Constancia del título de grado obtenido, debidamente legalizado.



- d) Certificado analítico legalizado de materias, en donde figure el promedio final de su carrera de grado, incluidos los aplazos.
- e) Domicilio legal en la ciudad de Córdoba y dirección de correo electrónico del aspirante. Cualquier modificación de su domicilio legal y dirección de correo electrónico deberán comunicarse dentro de los diez (10) días después de ocurrido/s.
- f) Lugar de trabajo (Cátedra, Grupo, Instituto, Facultad, Universidad, etc.) y disponibilidad de equipamiento, infraestructura y medios económicos, donde se desarrollará la tesis.
- g) Director y Co-Director, cuando corresponda, de Tesis propuestos, y sus lugares de Trabajo.
- h) Curriculum Vitae del Director y del Co-Director (cuando corresponda) propuestos y constancia de su/sus aceptaciones.
- i) Conformidad de la autoridad responsable del lugar de trabajo donde se realizará la actividad.
- j) Plan de Tesis (ver Artículo 12).
- k) Sugerir una lista de tres (3) integrantes para la Comisión Asesora de Tesis o de un Co-Director y dos (2) integrantes.
- El Consejo Académico evaluará la solicitud de inscripción en un plazo máximo de treinta (30) días corridos, contados a partir del ingreso de la solicitud a la Carrera del Doctorado, procediendo de acuerdo a lo establecido en el Artículo 13.

### **Artículo 12**

El Plan de Tesis Doctoral deberá estar redactado en un máximo de seis (6) páginas, sin considerar las referencias. Deberá contener, como mínimo, la siguiente información:

- \* Título del proyecto.
- \* Antecedentes sobre el tema.
- \* Plan de Tesis, incluyendo hipótesis, objetivo/s, factibilidad, materiales y métodos.
- \* Relevancia del proyecto.
- \* Bibliografía.

El Plan de Tesis deberá ser original y demostrar explícitamente que contribuye al avance significativo de la Ciencia de Materiales.

### **Artículo 13°**

La aceptación del Postulante y del Plan de Trabajo se realizará en distintas instancias:

- a) En una primera evaluación, El Consejo Académico resolverá si el Plan es aceptado sin cambio alguno, si requiere cambios, o si es rechazado. Para esta tarea puede consultar a especialistas en el tema. El Plan de Tesis, modificado de acuerdo a las sugerencias, será reconsiderado una única vez, resolviéndose su aceptación, en los términos de este artículo, o su rechazo. En esta primera instancia, el Consejo Académico evaluará el cumplimiento de los aspectos formales expresados en este Reglamento, particularmente la calidad científica y la pertenencia al área de la Ciencia de Materiales.



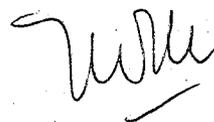
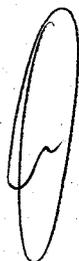
- b) En esta primera evaluación, el Consejo Académico propondrá al HCD de la sede administrativa la Comisión Asesora de Tesis (ver Artículo 17, Capítulo V) pudiendo recomendar en esta instancia, la inclusión de un Co-Director.
- c) El HCD de la sede administrativa designará la Comisión Asesora de Tesis.
- d) La Comisión Asesora de Tesis, realizará una primera reunión con el Postulante, en no más de 60 días corridos luego de su designación. En esta reunión se evaluarán las condiciones académicas del Postulante y la calidad, pertinencia y factibilidad del Plan de Trabajos. La Comisión Asesora de Tesis expresará su opinión, incorporándola en el Acta de la reunión. En el caso de presentar objeciones, deberán ser sólidamente justificadas.
- e) Tomando en cuenta la opinión de la Comisión Asesora de Tesis, el Consejo Académico dará curso a la admisión o la rechazará en caso de una objeción fundamentada, elevando la decisión a la Secretaría de Posgrado de la Sede Administrativa.
- f) El HCD de la sede administrativa aceptará la admisión del Postulante en la Carrera de Doctorado de Ciencia de Materiales.

#### **CAPÍTULO IV: DE LA DIRECCIÓN DE LA TESIS**

##### **Artículo 14°**

En todos los casos, los Directores y/o Co-Directores de Tesis deberán poseer grado académico de Doctor.

- a) Serán designados por el Decano de la Sede Administrativa a propuesta del Consejo Académico. Podrán ser Directores o Co-Directores de Tesis:
  - i) Profesores Regulares, Eméritos o Consultos de la Facultad de Matemática, Astronomía y Física o la Facultad de Ciencias Químicas. Además, deberán pertenecer a la Categoría I, II o III en el Programa de Incentivos Docentes o ser miembros de la Carrera del Investigador Científico y Tecnológico del CONICET que pertenezcan en una categoría no menor a Adjunto.
  - ii) Profesores Regulares de una universidad del país de reconocido prestigio. Además deberán pertenecer a la Categoría I, II o III en el Programa de Incentivos Docentes, o ser miembros de la Carrera del Investigador Científico y Tecnológico del CONICET con categoría no menor a Adjunto que no desempeñen sus actividades en esta Universidad, previo convenio interinstitucional.
- b) Si el Director no pertenece a la Facultad de Matemática, Astronomía y Física o a la Facultad de Ciencias Químicas, deberá haber un Co-Director perteneciente a una de las dos unidades académicas.
- c) Cada Director de tesis podrá dirigir hasta cinco estudiantes de doctorado, incluyendo otras carreras de posgrado y co-direcciones.
- d) Todas las actuaciones del alumno de doctorado requieren el aval por escrito del Director y/o del Co-Director de Tesis.



### **Artículo 15°**

El Director y el Co-Director de Tesis tendrán las siguientes funciones y responsabilidades:

1) Previo a la presentación de la solicitud y admisión, fijarán las normas dentro de las cuales se desarrollará el trabajo de investigación, y elaborarán el Plan de Tesis junto con el aspirante.

2) Una vez aprobada la admisión:

a) Atenderán y supervisarán en forma permanente el trabajo de investigación.

b) Orientarán al alumno de doctorado acerca de los métodos científicos e instrumentos de investigación más adecuados y oportunos para el mejor desarrollo de la investigación y la elaboración de la Tesis.

c) Supervisarán el cumplimiento del presente Reglamento por parte del alumno de doctorado y avalarán sus presentaciones ante la Carrera del Doctorado.

d) Presidirán la Comisión Asesora de Tesis.

e) Proveerán los medios necesarios para que el alumno de doctorado pueda desarrollar su trabajo.

### **Artículo 16°**

En caso de que el Director de Tesis se ausentara por un período de entre seis (6) y doce (12) meses, el Co-Director, si lo hubiera, lo reemplazará en todas sus funciones de pleno derecho y por el plazo que dure la ausencia de aquél. Si tanto el Director como el Co-Director estuvieran ausentes, la

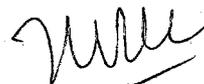
Comisión Asesora de Tesis evaluará junto con el alumno de doctorado la situación y, de considerarlo necesario, con la debida antelación y de común acuerdo, deberán solicitar y proponer al Consejo Académico un Director suplente, cuyas funciones estarán limitadas al tiempo que dure la ausencia del Director.

En caso de que el impedimento del Director y/o el Co-Director para cumplir sus funciones se produjera por un período mayor a un (1) año, o por renuncia, la Comisión Asesora de Tesis evaluará junto con el alumno de doctorado la situación y propondrá al Director de la Carrera de Doctorado en Ciencia de Materiales la designación de un nuevo Director y/o Co-Director de Tesis.

## **CAPÍTULO V: DE LA COMISIÓN ASESORA DE TESIS**

### **Artículo 17°**

Luego de una primera evaluación (ver artículo 13, Capítulo III), el Consejo Académico designará la Comisión Asesora de Tesis, pudiendo nombrar los miembros sugeridos de acuerdo al Artículo 11, inciso k. La misma estará constituida por el Director y tres miembros o por el Director, el Co-Director y dos miembros. Esta comisión Asesora estará presidida por el Director o por el Co-Director, en ausencia del Director.



Podrán ser miembros de la Comisión Asesora de Tesis las personas que, de acuerdo con este Reglamento, reúnan las condiciones para ser Director de Tesis de Doctorado.

### **Artículo 18°**

La Comisión Asesora de Tesis tendrá las siguientes funciones:

- a) Asesorar al alumno de doctorado, en todo lo relacionado con su trabajo de Tesis.
- b) Poner a consideración del Consejo Académico sobre los cursos que deberá tomar y aprobar el alumno de doctorado.
- c) Evaluar la pertinencia de cursos aprobados antes de la inscripción a la carrera de doctorado.
- d) Evaluar el grado de avance del trabajo de investigación y los cursos tomados, y realizar las críticas y sugerencias que considere pertinentes, al menos una vez por año académico en una reunión, como se explicita en el Artículo 20.
- e) Advertir y aconsejar al alumno de doctorado cuando su rendimiento no fuera satisfactorio. Si el alumno de doctorado fuese advertido por dos (2) períodos consecutivos de que su labor no es satisfactoria, la Comisión Asesora podrá sugerir al Consejo Académico que el alumno de doctorado sea apartado de la Carrera de Doctorado.

En cada reunión de la Comisión Asesora se deberá confeccionar un acta que será refrendada, en conformidad o desacuerdo fundamentado, por todos los miembros de la misma. En el Acta deberá constar: la evaluación de la labor desarrollada por el alumno de doctorado, una valoración de los avances alcanzados y las dificultades encontradas (si las hubiese), así como críticas al trabajo realizado o sugerencias al trabajo a realizar. Una copia del Acta, con firmas originales de los miembros de Comisión Asesora y la documentación probatoria, deberá ser elevada al Consejo Académico y posteriormente incorporada al legajo del alumno de doctorado.

### **Artículo 19°**

En caso de ausencias temporales o permanentes de alguno de los miembros de la Comisión Asesora de Tesis, se aplicarán los mismos criterios que para el Director/Co-Director de Tesis (Art. 17). En caso de que un miembro de la Comisión Asesora incumpla sus funciones, el Consejo Académico podrá resolver su reemplazo.

## **CAPÍTULO VI: DEL SEGUIMIENTO DEL ALUMNO DE DOCTORADO**

### **Artículo 20°**

El alumno de doctorado realizará, con carácter obligatorio, una reunión por año académico, antes de finalizar el mismo, con los miembros de su Comisión Asesora, en la cual expondrá su labor original, los avances realizados y las dificultades encontradas. El primer informe de doctorado se realizará a partir de



los 6 meses de la fecha de admisión. El alumno del doctorado deberá presentar un informe escrito y una exposición oral. El informe escrito deberá ser presentado a los miembros de la Comisión Asesora como mínimo con una semana de anticipación a la fecha fijada de común acuerdo para la exposición oral. Dicho informe no deberá superar las cinco páginas incluido el título, introducción, objetivos generales y específicos, metodología y resultados parciales, bibliografía relevante, otras actividades realizadas como cursos, pasantías, etc. y propuesta de tareas a realizar en el próximo período. Es obligatorio que la primera reunión con la Comisión Asesora sea presencial con todos sus integrantes. Reuniones subsecuentes deberán sustanciarse con la presencia de por lo menos tres (3) de sus miembros. El miembro ausente deberá expresar por nota su opinión respecto al Informe presentado por el alumno de doctorado y dicha nota deberá adjuntarse al Acta de la reunión.

El Acta de la reunión anual obligatoria se incorporará al legajo del alumno de doctorado. Con dicha Acta deberá adjuntarse:

- \* Constancias de los cursos aprobados y del cumplimiento de toda otra actividad reglamentaria.
- \* Constancias de publicaciones y participación en reuniones científicas.

#### **Artículo 21°**

El Plan de Tesis podrá ajustarse periódicamente de acuerdo a lo aconsejado por el Director/Co-Director de Tesis o por la Comisión Asesora, en base a los avances realizados por cada alumno de doctorado. La actualización del plan, sus modificaciones y correcciones deberán incluirse en el legajo del alumno de doctorado. Los cambios de título se considerarán al autorizar la redacción de la Tesis.

### **CAPÍTULO VII: DE LA PRÓRROGA Y EXCLUSIÓN DE LA CARRERA DEL DOCTORADO**

#### **Artículo 22°**

El alumno de doctorado podrá solicitar licencia en la Carrera del Doctorado por un plazo total acumulado no mayor a un (1) año, por motivos justificados. Durante el lapso que dure la licencia quedarán suspendidos los plazos y las obligaciones académicas y administrativas que emanan del presente Reglamento, los cuales se reanudarán desde la fecha de reincorporación.

### **CAPÍTULO VIII: DE LA PRESENTACIÓN Y DEFENSA DEL TRABAJO DE TESIS**

#### **Artículo 23°**

Concluido el trabajo de investigación y cumplidos todos los requisitos que establecen los artículos precedentes, la Comisión Asesora de Tesis dará su



acuerdo al alumno de doctorado para la redacción de la Tesis. Esta autorización deberá constar en forma expresa en el Acta de la reunión anual que corresponda. El trabajo de Tesis será presentado por mesa de entrada de la Carrera en tres (3) ejemplares del mismo tenor y una versión digital de la misma, junto a un pedido formal de constitución del Jurado Evaluador, firmado por el alumno de doctorado y avalado por su Director y Co-Director, si corresponde.

#### **Artículo 24°**

La designación del Jurado se efectuará dentro de los treinta (30) días corridos a partir de la fecha de recepción de los ejemplares de Tesis y la solicitud de integración del Jurado Evaluador de Tesis. Una vez efectivizada la designación del Jurado, ésta será notificada a sus miembros, al alumno de doctorado, a su Director de Tesis y al Co-Director, si correspondiera.

El Jurado Evaluador de Tesis estará constituido por tres miembros: uno perteneciente a la Facultad de Ciencias Químicas, otro a la Facultad de Matemática, Astronomía y Física y otro externo a la Universidad Nacional de Córdoba, todos con sus respectivos suplentes. Quedan excluidos de este jurado todos los miembros de la Comisión Asesora de Tesis. El Jurado Evaluador será propuesto por el Consejo Académico de la Carrera de Doctorado en Ciencia de los Materiales y aprobado por el HCD de la Facultad de Ciencias Químicas. Cada miembro del Jurado deberá cumplir con los requisitos exigidos para ser Director de Tesis Doctoral y poseer antecedentes de reconocida calidad en el tema de la Tesis, o en temas afines. Los miembros propuestos para el Jurado Evaluador dispondrán de un plazo de cinco (5) días a partir de recibida la comunicación de su designación, para comunicar su aceptación.

#### **Artículo 25°**

El Jurado evaluará el trabajo de Tesis en un plazo no superior a los treinta (30) días corridos desde la recepción de los ejemplares, debiendo remitir sus dictámenes al Director de la Carrera, por escrito y en forma individual. Dentro de los cinco (5) días hábiles posteriores, éste informará al alumno de doctorado sobre los resultados de la evaluación del manuscrito. Si el incumplimiento de los plazos establecidos por parte de un miembro del Jurado deriva en un perjuicio para alguna de las partes, el Consejo Académico podrá, a pedido de los afectados, o bien de oficio, decidir el reemplazo de dicho integrante.

El dictamen escrito de cada miembro del Jurado consistirá en la fundamentación de su opinión acerca de la calidad del trabajo de Tesis, teniendo en cuenta la originalidad, la importancia y/o la repercusión de los resultados, la adecuación de la metodología empleada y de la revisión bibliográfica, así como la claridad y corrección de la presentación. El dictamen no incluirá una calificación, pero deberá explicitar si el trabajo de Tesis debe ser:

- (i) aceptado sin cambios, o con correcciones menores, expresando su aval para proceder a la defensa oral,
- (ii) devuelto para correcciones que deban ser realizadas antes de la defensa,

(iii) rechazado (rechazo en primera instancia). En el caso de ser devuelto el dictamen deberá señalar claramente las objeciones y proponer las correcciones y/o modificaciones a efectuar. El mismo será remitido al alumno de doctorado, quien tendrá hasta tres (3) meses de plazo para presentar la versión definitiva de la Tesis corregida.

Esta versión corregida será nuevamente evaluada por el Jurado, quien emitirá un nuevo dictamen en un plazo no mayor a treinta (30) días corridos, explicitando si el manuscrito es aceptado, expresando su aval para proceder a la defensa oral o rechazado en segunda instancia.

Si el trabajo de Tesis resultara rechazado por la mayoría de los miembros del Jurado en la primera o en la segunda instancia de la evaluación del manuscrito, se asentará el dictamen "Reprobado" en un Acta y se notificará del mismo al alumno de doctorado.

### **Artículo 26°**

Si la mayoría de los integrantes del Jurado hubiera considerado, en primera o segunda instancia, que el trabajo de Tesis debe ser aceptado, el Director de la Carrera acordará con el Jurado la fecha para efectuar la defensa oral y pública de la Tesis, con no menos de cinco (5) días hábiles de antelación, y lo dará a publicidad. Si por razones de fuerza mayor hubiera solamente dos de los miembros del Jurado, éstos tendrán en cuenta para la evaluación final el dictamen que el miembro ausente envió oportunamente por escrito y que se leerá en su representación frente al resto del Jurado una vez finalizada la defensa oral.

El Director de Tesis y/o el Co-Director podrán, durante la defensa pública del trabajo de Tesis, intervenir (si el jurado lo considera pertinente) para ampliar los aspectos de la presentación que así lo requieran.

Una vez aceptado el manuscrito de Tesis y realizada la defensa oral y pública, el Jurado decidirá por mayoría la calificación del trabajo de Tesis sobre la base de una escala de Bueno, Distinguido o Sobresaliente. Las equivalencias de esta escala respecto de la escala 0-10 son: Bueno: 7, Distinguido: 8-9, Sobresaliente: 10. La calificación se asentará en un Acta ad hoc que deberá ser firmada por todos los integrantes del Jurado. El alumno de doctorado deberá entregar por Secretaría del Doctorado tres ejemplares de su Tesis en versión final aprobada y una versión digital de la misma.

### **Artículo 27°**

Cuando el alumno de doctorado haya cumplido todos los requisitos establecidos en este Reglamento, la Secretaría de Postgrado de la sede administrativa dará curso a los trámites necesarios para que la Universidad Nacional de Córdoba le expida el título de Doctor en Ciencia de Materiales.



## **CAPÍTULO IX: DE LOS DERECHOS DE LAS PARTES**

### **Artículo 28°**

El alumno de doctorado podrá publicar aspectos parciales de su trabajo de Tesis antes de que éste sea expuesto en la defensa oral. Las publicaciones podrán ser de autoría exclusiva del alumno de doctorado, en coautoría con su Director/Co-Director, o con otros coautores, si a juicio del Director se justifica. En el caso de que el trabajo de tesis genere patentes, éstas se registrarán con la normativa vigente de la UNC.

### **Artículo 29°**

Toda situación no prevista por el presente Reglamento será considerada por el Consejo Académico de la Carrera del Doctorado en Ciencia de Materiales y el HCD de la sede administrativa.

