

# DOCTORADO EN FÍSICA

## ANEXO I

### PLAN DE ESTUDIOS

#### 1. IDENTIFICACIÓN

Carrera de Posgrado *Doctorado en Física*.

#### 2. FUNDAMENTACIÓN

El desarrollo del Centro Científico y Tecnológico de la ciudad de Rosario que integra las tareas relativas en la región, como así también del sur de la Provincia de Santa Fe y el norte de la Provincia de Buenos Aires, involucrando como actores principales a instituciones nacionales como el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas y la Universidad Nacional de Rosario e institutos y centros de ellos dependientes, como así también la Secretaría de la Producción de la Municipalidad de Rosario, la Secretaría de Ciencia, Tecnología y de la Producción de la Provincia de Santa Fe, y el Polo Tecnológico de la ciudad de Rosario, Centro nuevo de la UNR, impone la necesidad de incrementar la capacitación de profesionales en el más alto nivel académico en tareas de investigación y producción. En la especificidad del presente Plan de Estudios se trata de aquellas correspondientes al Doctorado en Física, carrera categorizada como "A" por la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria y que se viene ejecutando en la Universidad Nacional de Rosario desde el año 1981.

El alumnado está integrado por doctorandos provenientes de nuestra universidad y de otras universidades nacionales y del exterior del país.

#### 3. OBJETIVOS

El Doctorado en Física tiene por objetivo completar y profundizar la formación científica del Licenciado en Física. Capacitarlo para la realización de trabajos originales de investigación que representen avances y contribuyan a la construcción del conocimiento en el campo de la Física.

El doctorando recibirá una sólida formación en los temas específicos del área de la Física en la cual realice sus estudios o investigaciones. A tal efecto se prioriza el trabajo específico

creativo conducente a la elaboración de la Tesis Doctoral, la cual debe necesariamente significar un aporte original en el área elegida.

Y particularmente como objetivos específicos:

- Fortalecer los grupos de investigación en el ámbito de la Universidad Nacional de Rosario a través del desarrollo de tesis que permitan la continuidad de sus temáticas.
- Participar, a través del doctorado, en la promoción de nuevos grupos de investigación en áreas de vacancia, regionales y nacionales.
- Promover la formación interdisciplinar.
- Incentivar la interacción con el sector productivo regional y nacional en pos de su fortalecimiento.
- Formar recursos humanos que potencien el sistema científico-académico en áreas de la física, a través de sus tareas en docencia e investigación.

#### **4. CARACTERÍSTICAS DE LA CARRERA**

##### **4.1 Nivel**

Posgrado

##### **4.2 Modalidad**

Presencial – Semi estructurado

##### **4.3 Acreditación**

Quienes cumplimenten los requisitos establecidos en el presente Plan de Estudios obtendrán el título de ***Doctor/a en Física***.

##### **4.4 Perfil del Egresado**

El perfil del egresado es el de un posgraduado con una sólida formación, capaz de producir avances en el conocimiento de la Física y trabajar en equipos interdisciplinarios.

##### **4.5 Requisitos de Ingreso**

Será requisito de ingreso poseer título de Licenciado/a en Física expedido por universidades argentinas, nacionales, provinciales, públicas o privadas legalmente reconocidas.

Asimismo, el aspirante podrá poseer otro título de grado, expedidos por universidades argentinas, nacionales, provinciales, públicas o privadas legalmente reconocidas, en carreras de Ingeniería, Astronomía, Química, Biología, Biotecnología, Geología, Geofísica, Matemática,

teniendo en cuenta que su formación en física, permita llevar adelante el plan de trabajo propuesto para el desarrollo de la Tesis.

Excepcionalmente, podrán admitirse otros graduados universitarios que demuestren una adecuada trayectoria académica, de investigación y/o profesional, que ponga en evidencia su sólida formación en el área de la física afín con el tema de Tesis propuesto.

Asimismo, podrán ingresar a la carrera, graduados de universidades extranjeras, oficialmente reconocidas en sus respectivos países, que posean títulos de grado equivalentes a los indicados, previa certificación de la Facultad, del Organismo Acreditador de su país o Ministerio correspondiente. Su admisión no significará reválida del título de grado para el ejercicio profesional.

Todo aspirante que provenga de una orientación distinta a la Física, deberá rendir una prueba de admisión, excepto que, mediante trabajos de investigación en Física publicados, acredite antecedentes suficientes para que la Comisión Académica de la carrera determine eximirlo de la misma. El detalle y características de la prueba de admisión, cuando correspondiera, serán establecidos por la Comisión Académica.

En todos los casos y de ser necesario, la Comisión Académica de la carrera de Doctorado en Física mantendrá una entrevista personal con el aspirante.

Al momento de la admisión, los alumnos deberán ser notificados fehacientemente de la obligación de depositar, una vez finalizada la carrera, en el Repositorio Digital Institucional una copia digital de la Tesis, de acuerdo a lo que establece la normativa vigente de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Rosario.

Los requisitos de admisión y lo requerido a fin de someterse a un proceso de ingreso a la carrera de Doctorado en Física, se encuentran establecidos en los Artículos 6 y 10 (INSCRIPCIÓN Y ADMISIÓN) del Reglamento de la carrera.

#### **4.6 Duración de la carrera**

La duración de la carrera de Doctorado en Física está prevista entre tres años (36 meses) y cinco años (60 meses) como máximo, contados desde la admisión del doctorando a la misma hasta la presentación del trabajo escrito de Tesis.

### **5. ORGANIZACIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS**

#### **5.1. Características Generales**

El Plan de Estudios del Doctorado en Física está estructurado en Ciclo de Formación Básica, Ciclo de Formación Superior y una Tesis doctoral.

Los Ciclos de Formación Básica y de Formación Superior están organizados sobre la base de un conjunto de actividades curriculares tendientes a realizar los objetivos descriptos, y al perfil del egresado perseguido. En particular, el Ciclo de Formación Superior prevé una formación flexible que permite al doctorando proponer las asignaturas vinculadas con el tema de Tesis, orientado a lograr la formación científica y metodológica necesaria para la elaboración de la misma.

La Tesis, parte fundamental de la carrera de Doctorado en Física, consistirá en un trabajo de investigación original e individual en un área específica de la Física, que podrá desarrollarse conjuntamente con los Ciclos de Formación Básica y de Formación Superior, y demandará una dedicación de no menos de 700 horas.

La carga horaria total de la carrera de Doctorado en Física es de 1250 horas o 125 créditos, de acuerdo al sistema de créditos establecido en la normativa vigente de la Universidad Nacional de Rosario.

## **5.2. Ciclos**

**Ciclo de Formación Básica** (210horas/21créditos): Este ciclo permitirá al doctorando profundizar los conocimientos adquiridos durante la carrera de grado e incorporar metodologías de investigación específicas del área elegida, necesarias para un eficaz desarrollo de la carrera de Doctorado, como así familiarizarse con el estado del conocimiento en dicha área.

El Ciclo de Formación Básica está estructurado en tres actividades curriculares de carácter obligatorio: Trabajo de Formación I, Trabajo de Formación II y Trabajo de Formación III. Los contenidos de los Trabajos de Formación dependerán de la especialidad elegida y del Plan de Investigación, y serán propuestos por el Director/a de Tesis y del Consejero/a de Estudios, quienes, asimismo, supervisarán el desarrollo de los mismos conjuntamente con la Comisión Académica de la carrera.

Las actividades curriculares de este Ciclo deberán ser cursadas y aprobadas durante los dos primeros años (24 meses) de la carrera.

**Ciclo de Formación Superior** (340horas/34créditos): tiene por objeto que el doctorando logre la formación y los conocimientos teóricos y/o experimentales alcanzados a nivel nacional e internacional en el área de investigación elegida, como así fortalecer la coherencia académica del proyecto de Tesis.

El Ciclo de Formación Superior está estructurado por Asignaturas Electivas vinculadas con el tema de la Tesis que el doctorando propondrá con la conformidad del Director/a de la misma y del Consejero/a de Estudios.

### **5.3. Asignaturas y Delimitación de los Contenidos**

#### **Ciclo de Formación Básica**

##### **1 TRABAJO DE FORMACIÓN I (70 horas/7 créditos)**

Estudio y análisis crítico de textos específicos de la especialidad elegida por el doctorando y vinculados a áreas afines. En esta actividad curricular se profundizarán y ampliarán los conocimientos adquiridos en la carrera de grado, incorporando aquellos relacionados con el manejo y la aplicación de la metodología científica para iniciar la investigación de una determinada problemática.

##### **2 TRABAJO DE FORMACIÓN II (70 horas/7 créditos)**

Estudio y análisis crítico de la literatura científica publicada en los últimos años en el área elegida, brindando al doctorando una visión del estado del arte en el tema de su Tesis y poniéndolo en contacto con los últimos avances en el conocimiento producidos en dicha área.

##### **3 TRABAJO DE FORMACIÓN III (70 horas/7 créditos)**

Estudio y aprendizaje de técnicas experimentales y/o numéricas, y la formulación de modelos teóricos utilizados en el área elegida, El doctorando adquirirá la metodología científica y el conocimiento de las técnicas necesarias para llevar a cabo su investigación.

#### **Ciclo de Formación Superior**

##### **4 ASIGNATURAS ELECTIVAS (340 horas/34 créditos)**

El doctorando deberá proponer, con la conformidad del Director/a de Tesis y del Consejero/a de Estudios, las asignaturas vinculadas con la temática de la Tesis, las que integrarán el Plan de Asignaturas, de acuerdo a lo establecido en el Artículo 13 (PLAN DE TESIS) del Reglamento de la carrera.

El doctorando deberá cursar no menos de cuatro asignaturas, las que podrá elegir entre las incluidas en el Anexo III u otras que anualmente sean aprobadas por el Consejo Directivo a propuesta de la Comisión Académica del Doctorado en Física.

Asimismo, podrá cursar asignaturas en otra Universidad o Centro de Investigación cuando, a criterio del Director/a y/o del Consejero/a de Estudios, implique mejores condiciones para el logro de los objetivos de la carrera, y que deberán cumplir con los requisitos de los Artículos 27 al 30 (EVALUACIÓN Y APROBACIÓN DE ASIGNATURAS) del Reglamento de la carrera.

#### **5.4. Tesis**

La carrera de Doctorado en Física concluye con la Tesis que consistirá en un trabajo individual de investigación, teórico y/o experimental, original e inédito, estructurado sobre la base de una rigurosa metodología que permita superar la frontera del conocimiento actual en el tema elegido y que constituya un aporte significativo al avance de la investigación científica y tecnológica.

La Tesis comprenderá la tarea individual y original de investigación que el doctorando llevará a cabo bajo la supervisión del Director/a de Tesis y/o del Codirector/a, si existiese, que serán responsables de la originalidad y calidad de la misma.

Por sus características, la Tesis se desarrollará conjuntamente con la realización de los ciclos de Formación Básica y de Formación Superior.

El trabajo de investigación o parte del mismo, deberá ser sometido a consideración de la comunidad científica mediante su publicación en revistas científicas de reconocida relevancia., donde el doctorando debe ser el protagonista de la producción lograda.

Una vez aprobadas todas las actividades curriculares previstas en la carrera de Doctorado en Física, el doctorando presentará el trabajo escrito de la Tesis con la conformidad del Director/a de la Tesis y/o del Codirector si existiese (Artículos 37, 38 y 39 - PRESENTACIÓN DEL TRABAJO ESCRITO DE TESIS del Reglamento de la carrera).

La evaluación de la Tesis estará a cargo de un Jurado de acuerdo a lo establecido en los Artículos 40 al 49 (JURADO DE TESIS - VALORACIÓN DE LA TESIS) del Reglamento de la carrera.

#### **5.5. Otros Requisitos Académicos**

##### **IDIOMA EXTRANJERO**

Dadas las características de la carrera de Doctorado en Física, es necesario que el doctorando pueda leer, escribir y comunicarse en los idiomas utilizados en la literatura y por la comunidad científica en el campo de la Física.

El doctorando deberá aprobar un Examen de Suficiencia de Inglés o acreditar los conocimientos del mismo.

Asimismo, deberá aprobar un Examen de Suficiencia de otro idioma extranjero, o acreditar los conocimientos del mismo, elegido entre los siguientes: Francés, Italiano, Alemán y Portugués, u otro a propuesta del doctorando, avalado por el Director/a de Tesis y con justificación de su necesidad para el desarrollo del tema de la Tesis.

La aprobación de los exámenes de suficiencia o la acreditación de los conocimientos de idioma extranjero se rige de acuerdo a lo establecido en los Artículos 31 y 32 (IDIOMAS) del Reglamento de la carrera.

#### INFORME DE AVANCE DE TESIS

La finalidad es dar seguimiento y valorar el estado de avance logrado por el doctorando en el desarrollo y elaboración de su Tesis.

En el transcurso del tercer año de desarrollo de su Plan de Tesis, el doctorando deberá cumplimentar con la presentación y exposición de los avances logrados, informando sobre las actividades generales de su formación doctoral.

En el informe se deberá incluir: cursos aprobados propuestos en el Plan de Asignaturas, asistencia y/o participación en reuniones científicas, intercambio con investigadores externos a la Institución donde desarrolla su trabajo, y/u otras actividades relacionadas. Asimismo, informará sobre los temas específicos de su Plan de Investigación que haya abordado y los resultados alcanzados y eventualmente publicados (Artículos 33 y 34 - SUPERVISIÓN ACADÉMICA. CONDICIONES DE AVANCE - del Reglamento de la carrera).

#### **6. EVALUACIÓN**

Responderá a un proceso que permita valorar la adquisición de los conocimientos y los logros de habilidades y destrezas por parte de los doctorandos en cada una de las actividades académicas que componen la currícula.

## 7. ASIGNACIÓN HORARIA Y CORRELATIVIDADES

Código	Actividad Curricular	Carga Horaria	Créditos	Cursado	Correlatividades
CICLO DE FORMACIÓN BÁSICA					
1	Trabajo de Formación I	70	7	Cuatrimestral	
2	Trabajo de Formación II	70	7	Cuatrimestral	1
3	Trabajo de Formación III	70	7	Cuatrimestral	2
Total del Ciclo de Formación Básica		210	21		
CICLO DE FORMACIÓN SUPERIOR					
4	Asignaturas Electivas	340	34		
Total del Ciclo de Formación Superior		340	34		
TESIS					
	Tesis (*)	700	70		1 a 4
<b>TOTAL DE HORAS DE LA CARRERA</b>		<b>1250</b>	<b>125</b>		

(\*) El doctorando deberá tener aprobadas todas las actividades curriculares. Asimismo, deberá haber aprobado los Exámenes de Suficiencia de Idioma Extranjero o acreditado los conocimientos de Idioma Extranjero y tener aprobado el Informe de Avance de Tesis.

# DOCTORADO EN FÍSICA

## ANEXO II

### REGLAMENTO DE LA CARRERA

#### ORGANIZACIÓN

ARTÍCULO 1: La Carrera de Posgrado de Doctorado en Física está organizada de acuerdo a las normas vigentes establecidas por la Universidad Nacional de Rosario y las que se establezcan en este Reglamento.

ARTÍCULO 2: La dirección académica del Doctorado en Física estará a cargo de un Director/a Académico/a, quien será designado por el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, a propuesta de la Escuela de Posgrado y Educación Continua.

ARTÍCULO 3: El Director/a Académico/a deberá ser profesor/a y/o investigador/a que posea las condiciones exigidas por este Reglamento para ser Director/a de Tesis. Su designación será por un periodo de cuatro (4) años y podrá ser re designado/a.

El Director/a Académico/a tendrá las siguientes obligaciones y facultades:

- a) Planificar, organizar y controlar las actividades académicas y científicas de la Carrera.
- b) Convocar y presidir las reuniones de la Comisión Académica de la carrera Doctorado en Física.
- c) Informar a la Escuela de Posgrado y Educación Continua sobre el funcionamiento de la carrera y recomendar todas las actuaciones necesarias para la buena marcha de la misma.
- d) Elevar a la Escuela de Posgrado y Educación Continua todo trámite que requiera la aprobación del Consejo Directivo de la Facultad a fin de dar curso al mismo.
- e) Controlar el cumplimiento de los trámites administrativo-académicos inherentes a la carrera según su modalidad.
- f) Realizar periódicamente una evaluación interna del funcionamiento de la carrera, conjuntamente con la Comisión Académica, que permita ajustes y modificaciones en el Plan de Estudios y/o en el Reglamento de la carrera.
- g) Considerar, conjuntamente con la Comisión Académica, el rediseño de los programas de las asignaturas y analizar la actuación de los docentes a cargo de las mismas, coordinando las acciones pertinentes, de acuerdo a los requerimientos de la Escuela de Posgrado y Educación

Continua, en pos de la mejora continua de los procesos enseñanza-aprendizaje.

- h) Coordinar el seguimiento de los doctorandos conjuntamente con la Comisión Académica.
- i) Coordinar, conjuntamente con la Escuela de Posgrado y Educación Continua, el seguimiento de los posgraduados a través de la ejecución de encuestas conformadas a tal fin.
- j) Asesorar a la dirección de la Escuela de Posgrado y Educación Continua en todas las cuestiones relacionadas con la carrera que sean requeridas por el Consejo Directivo de la Facultad, la Universidad o por Organismos Estales.
- k) Coordinar conjuntamente con la Escuela de Posgrado y Educación Continua y la Comisión Académica, la presentación en los procesos de acreditación, re acreditación y categorización de la carrera cuando se realicen las convocatorias a tal efecto.
- l) Ejercer la representación de la carrera ante organismos estatales o privados, nacionales o extranjeros, para promover y establecer relaciones académicas y gestionar recursos que mejoren el desarrollo de la misma.
- m) Proponer a la Escuela de Posgrado y Educación Continua y por su intermedio al Consejo Directivo, conjuntamente con la Comisión Académica, la designación del personal docente y los programas de las asignaturas para su aprobación.
- n) Solicitar el aval de las Comisiones de Ética, Bioética y/o Bioseguridad en relación con las investigaciones desarrolladas por los doctorandos, cuando la naturaleza de éstas lo requiera.

ARTÍCULO 4: El Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, a propuesta de la Escuela de Posgrado y Educación Continua, designará una Comisión Académica de la carrera de Doctorado en Física. Para ser miembro de la Comisión Académica será requisito ser profesor/a y/o investigador/a formado y activo, y que haya dirigido tesis de Doctorado en Física finalizadas en los últimos 10 años.

El número de integrantes de la Comisión será de 5 (cinco) miembros titulares y 3 (tres) miembros suplentes. Durarán en sus funciones un periodo de cuatro (4) años y podrán ser redesignados excepcionalmente por única vez.

La Comisión Académica tendrá las siguientes obligaciones y facultades:

- a) Actuar como órgano de admisión a la carrera y colaborar con el Director/a Académico.
- b) Entrevistar a los aspirantes cuando lo considere necesario.
- c) Analizar y recomendar la pertinencia de las presentaciones realizadas por los/las aspirantes para su admisión al Doctorado en Física, y elevar al Consejo Directivo para su aprobación:
  - Plan de Investigación
  - Plan de Asignaturas del Ciclo de Formación Superior, vinculado al tema de la Tesis

- Director/a de Tesis, Codirector/a si lo hubiera, y Consejero/a de Estudios, propuestos
- d) Asignar un Consejero/a de Estudios al doctorando.
  - e) Otorgar las equivalencias u homologación de asignaturas cuando así corresponda, recomendadas por el Director/a de Tesis.
  - f) Recomendar todas las actuaciones necesarias para el correcto cursado de la carrera por parte del doctorando.
  - g) Analizar la actuación de los docentes a cargo de las asignaturas, conjuntamente con el Director/a Académico/a de la carrera, coordinando las acciones pertinentes de acuerdo a los requerimientos de la Escuela de Posgrado y Educación Continua.
  - h) Realizar el seguimiento de los doctorandos, pudiendo solicitar informes de avance anuales, presentaciones orales, y cualquier otra instancia tendiente a la mejora del cursado y avance en la carrera.
  - i) Coordinar, conjuntamente con la Escuela de Posgrado y Educación Continua y el Director/a Académico/a de la carrera, el seguimiento de los posgraduados a través de la ejecución de encuestas conformadas a tal fin.
  - j) Proponer la constitución del Jurado de Tesis, una vez presentada la versión definitiva de la misma y verificado el cumplimiento de los aspectos formales.
  - k) Estudiar y recomendar, o rechazar, los pedidos de prórroga para la presentación de la Tesis o la suspensión de cursado.
  - l) Colaborar en los procesos de acreditación de la carrera cuando así lo determinen los Organismos Oficiales.

Todos los dictámenes de la Comisión Académica deberán ser fundados.

ARTÍCULO 5: La duración de la carrera de Doctorado en Física está prevista entre tres años (36 meses) y cinco años (60 meses) como máximo, contados desde la admisión del doctorando a la misma hasta la presentación del trabajo escrito de Tesis.

### **INSCRIPCIÓN Y ADMISIÓN**

ARTÍCULO 6: Podrán ser admitidos a la carrera de Doctorado en Física, egresados que posean título de Licenciado/a en Física expedido por universidades argentinas, nacionales, provinciales o privadas legalmente reconocidas.

Asimismo, el aspirante podrá poseer otro título de grado, expedidos por universidades argentinas, nacionales, provinciales, públicas o privadas legalmente reconocidas, en carreras de Ingeniería, Astronomía, Química, Biología, Biotecnología, Geología, Geofísica, Matemática,

teniendo en cuenta que su formación en física, permita llevar adelante el plan de trabajo propuesto para el desarrollo de la Tesis.

Excepcionalmente, podrán admitirse otros graduados universitarios que demuestren una adecuada trayectoria académica, de investigación y/o profesional, que ponga en evidencia su sólida formación en el área de la física afín con el tema de Tesis propuesto.

Asimismo, podrán ingresar a la carrera, graduados de universidades extranjeras, oficialmente reconocidas en sus respectivos países, que posean títulos de grado equivalentes a los indicados, previa certificación de la Facultad, del Organismo Acreditador de su país o Ministerio correspondiente. Su admisión no significará reválida del título de grado para el ejercicio profesional.

Todo aspirante que provenga de otra orientación distinta a la Física, deberá rendir una prueba de admisión, excepto que, mediante trabajos de investigación en Física publicados, acredite antecedentes suficientes para que la Comisión Académica de la carrera determine eximirlo de la misma. El detalle y características de la prueba de admisión, cuando correspondiera, serán establecidos por esta Comisión Académica.

ARTÍCULO 7: Los postulantes nacionales y a los efectos de someterse a un proceso de ingreso a la carrera deberán presentar:

- a) Solicitud de inscripción consignando datos personales
- b) Copia legalizada del Título Universitario, anverso y reverso
- c) Currículum Vitae
- d) Copia del Documento de Identidad
- e) Plan de Tesis:
  - Tema de la Tesis
  - Lugar institucional de trabajo de Tesis
  - Plan de Investigación de Tesis
  - Plan de Asignaturas del Ciclo de Formación Superior
  - Fundamentación y justificación de la propuesta
- f) Director/a de Tesis y/o Codirector/a, si existiese, acompañada de sus curriculum vitae
- g) Nota de aceptación del Director/a de Tesis y/o Codirector/a, si existiese, con la conformidad al Plan de Investigación y al Plan de Asignaturas propuestos
- h) Declaración jurada manifestando que los trabajos a realizar durante el desarrollo de la Tesis estarán de acuerdo a los estándares bioéticos universalmente consensuados, respetando los derechos de las personas y salvaguardando la dignidad y la integridad de las mismas.

ARTÍCULO 8: Loa postulantes extranjeros y a los efectos de someterse a un proceso de ingreso a la carrera deberán presentar:

- a) Solicitud de inscripción consignando datos personales
- b) Copia del título de grado, previa certificación de la Facultad, del Organismo Acreditador de su país o Ministerio correspondiente y Plan de Estudios de la carrera de grado aprobada
- c) Currículum Vitae
- d) Copia del Documento de Identidad o Pasaporte
- e) Plan de Tesis:
  - Tema de la Tesis
  - Lugar institucional de trabajo de Tesis
  - Plan de Investigación de Tesis
  - Plan de Asignaturas del Ciclo de Formación Superior
  - Fundamentación y justificación de la propuesta
- f) Director/a de Tesis y/o Codirector/a, si existiese, acompañada de sus curriculum vitae
- g) Nota de aceptación del Director/a de Tesis y/o Codirector/a, si existiese, con la conformidad al Plan de Investigación y al Plan de Asignaturas propuestos.
- h) En el caso que el español no sea su primera lengua, y de acuerdo a la normativa vigente, los postulantes no hispanohablantes deberán acreditar al momento de la inscripción, el nivel Intermedio (B2) o superior de conocimiento de la lengua española, siguiendo los estándares establecidos por el Marco Común Europeo de Referencia para Lenguas MCERL. Deberán presentar el certificado DUCLE (Diploma Universitario de Competencia en Lengua Española como Lengua Extranjera) de la UNR o certificación internacional reconocida por el SICELE (Sistema Internacional de Certificación del Español como Lengua Extranjera). Además, en caso de ser admitidos, deberán acreditar, previamente a la defensa de Tesis, el nivel Avanzado de conocimiento de lengua española, de acuerdo con los mismos estándares.
- i) Declaración jurada manifestando que los trabajos a realizar durante el desarrollo de la Tesis estarán de acuerdo a los estándares bioéticos universalmente consensuados, respetando los derechos de las personas y salvaguardando la dignidad y la integridad de las mismas.

ARTÍCULO 9: La admisión de los postulantes a la carrera de Doctorado en Física será resuelta por el Consejo Directivo a propuesta de la Comisión Académica de la carrera mediante informe fundado. Las decisiones se tomarán exclusivamente en base a la evaluación de los antecedentes del postulante y la propuesta presentada; como así, para los postulantes extranjeros/as no hispanohablantes, el nivel de conocimiento de la lengua española de acuerdo a los estándares exigidos y establecidos en el Artículo 8 inc. j) de este Reglamento.

En caso de ser necesario, la Comisión Académica de la carrera mantendrá una entrevista personal con los aspirantes.

Todos los antecedentes presentados por los postulantes, formarán un legajo personal, que se llevará para control de seguimiento de todas las actividades que desarrollase durante la realización de la carrera.

La decisión de admisión a la carrera deberá ser fehacientemente notificada al postulante.

ARTÍCULO 10: Al momento de la admisión, los postulantes deberán ser notificados fehacientemente de la obligación de depositar, una vez finalizada la carrera, en el Repositorio Digital Institucional una copia digital de la Tesis, de acuerdo a lo que establece la normativa vigente de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Rosario.

### **PLAN DE TESIS**

ARTÍCULO 11: La propuesta del Plan de Tesis deberá contener:

- Plan de Investigación de Tesis
- Plan de Asignaturas del Ciclo de Formación Superior
- Lugar Institucional de Trabajo de Tesis
- Fundamentación y justificación de la propuesta
- Director/a de la Tesis y curriculum vitae
- Nota de aceptación del Director/a de Tesis y aval de la propuesta
- Codirector/a de Tesis si lo hubiere y curriculum vitae
- Nota de aceptación del Codirector/a de Tesis y aval de la propuesta

ARTÍCULO 12: El Plan de Investigación de Tesis deberá contener:

- a) Tema de Trabajo de Tesis: descripción breve, concisa y pertinente.
- b) Introducción: Exposición concisa sobre el estado actual del tema propuesto, incluyendo los resultados obtenidos por otros investigadores, con las citas bibliográficas correspondientes, con el planteo de los aspectos que quedan por resolver y su importancia.
- c) Objetivos: expresión de las finalidades específicas del plan propuesto y la posible importancia de los resultados que se obtengan.
- d) Plan a desarrollar: descripción del material a investigar, los métodos a aplicar y la forma de analizar los resultados.
- e) Facilidades disponibles: personal, equipos y lugar de trabajo. El doctorando deberá considerar si con las facilidades técnicas a su disposición será posible llevar a cabo el trabajo de investigación propuesto, cumpliendo los objetivos en el plazo estipulado de concreción de la

Tesis, no mayor a 5 años (Artículo 5 – ORGANIZACIÓN - de este Reglamento). Para trabajos de carácter teórico indicar la disponibilidad de acceso a bibliografía actualizada vinculada a la Tesis, facilidades de cálculo analítico y numérico a través de instalaciones informáticas adecuadas. En el caso de investigaciones experimentales indicar además el acceso al equipamiento adecuado, materiales, insumos, etc., necesarios.

f) Trabajos previos realizados: resumen breve de todos los trabajos propios realizados hasta la fecha, vinculados con el tema de tesis propuesto.

g) Publicaciones personales: referencia de las publicaciones personales más importantes relativas al tema propuesto o a otros estrechamente vinculados.

No serán admitidos trabajos de recopilación. El carácter de inédito no se invalida por la publicación de los avances de la investigación en revistas científicas y/o congresos antes de la presentación de la Tesis, si la misma cuenta con la autorización del Director/a de Tesis y de la Comisión Académica de la carrera.

ARTÍCULO 13: En lo referente al Plan de Asignaturas del Ciclo de Formación Superior propuesto por el doctorando, estas asignaturas podrán ser seleccionadas entre las ofrecidas en el Anexo III u otras que anualmente apruebe el Consejo Directivo a propuesta de la Comisión Académica de la carrera. El doctorando deberá cursar no menos de cuatro (4) asignaturas.

Asimismo, podrá cursar asignaturas en otra Universidad o Centro de Investigación cuando, a criterio del Director/a y/o del Consejero/a de Estudios, implique mejores condiciones para el logro de los objetivos de la carrera. En este caso el doctorando deberá incluir en la propuesta del Plan de Asignaturas: programa, profesor y/o investigador responsable de la asignatura, forma de aprobación, crédito horario y una justificación de su inclusión. Estas asignaturas no podrán superar el 50% del total de créditos del Plan de Asignaturas.

El Director/a de Tesis y/o Codirector si lo hubiere, no podrán ser docentes responsables de más del 50 % de las asignaturas del Plan de Asignaturas propuestas por el doctorando bajo su dirección.

Todas las asignaturas a cursar por el doctorando deberán ser avaladas por el Director/a de Tesis, el Codirector/a si lo hubiere y el Consejero/a de Estudios.

La evaluación y aprobación de estas asignaturas se rige de acuerdo a lo estipulado en los Artículos 27 al 30 (EVALUACIÓN Y APROBACIÓN DE ASIGNATURAS) de este Reglamento.

ARTÍCULO 14: El lugar donde se desarrollaran los trabajos para la elaboración de la Tesis podrá ser cualquier Centro de investigación, oficial o privado, del país o del extranjero, que

permita asegurar, tanto por su prestigio como por el equipamiento disponible, la eficiente realización de los mismos. En todos los casos deberá ser avalado por el Director/a de Tesis y por la Comisión Académica de la carrera.

### **APROBACIÓN DEL PLAN DE TESIS**

ARTÍCULO 15: El Plan de Tesis propuesto por el doctorando, previa verificación de su presentación formal por la Escuela de Posgrado y Educación Continua, deberá ser analizado por la Comisión de Académica de la carrera de Doctorado en Física que lo evaluará desde el punto de vista académico y científico, lo observará para su corrección de ser necesario, o lo considerará aconsejable.

La Comisión Académica de la carrera podrá mantener, si lo considera pertinente, una entrevista con el doctorando a fin de evaluar su claridad de razonamiento, el nivel de su formación y su información científica, su capacidad para elaborar ideas con criterio científico y/o toda otra consideración que contribuya a tener una información fundada sobre sus reales posibilidades para cumplir con las exigencias de la carrera.

Asimismo, la Comisión Académica podrá incorporar en la entrevista a investigadores y/o especialistas en el tema de Tesis propuesto por el doctorando.

ARTÍCULO 16: La Comisión Académica de la carrera analizará la presentación realizada por el postulante incluyendo el Plan de Tesis, los antecedentes del Director/a de Tesis y/o Codirector/a, si existiese, el Lugar Institucional de Trabajo y el resultado de la entrevista que se cita en el artículo anterior si ésta tuviera lugar. En base a este análisis, elevará al Consejo Directivo, a través de la Escuela de Posgrado y Educación Continua, un informe recomendando la admisión del postulante a la carrera de Doctorado en Física.

### **CAMBIO DE PLAN TESIS O DE LUGAR INSTITUCIONAL DE TRABAJO**

ARTÍCULO 17: El doctorando podrá proponer un cambio en el Plan de Investigación y/o lugar de realización del trabajo de Tesis. Asimismo, podrá solicitar cambio de una o más asignaturas propuestas en el Plan de Asignaturas.

La propuesta que presentará el doctorando a la Comisión Académica de la carrera para su análisis, deberá ser fundada y avalada por el Director/a de Tesis, el Codirector/a si lo hubiere y el Consejero/a de Estudios.

Serán motivos válidos para el cambio del área de investigación de la Tesis, la particular evolución del conocimiento en el área o insalvables dificultades que se hayan presentado en el desarrollo del tema original.

El pedido de cambio será elevado por la Comisión Académica al Consejo Directivo para su resolución.

### **CONSEJERO/A DE ESTUDIOS**

ARTÍCULO 18: La Comisión Académica le asignará al doctorando un Consejero/a de Estudios que desde su admisión a la carrera hasta su graduación, lo guiará, aconsejará en temas académicos y será el responsable del seguimiento del doctorando en sus estudios. El Consejero/a de Estudios será a quien la Comisión Académica recurrirá frente a cualquier inconveniente que perturbe el normal desarrollo de la carrera del doctorando.

La asignación del Consejero de Estudios deberá tener el acuerdo del doctorando, del Director/a y del Codirector si lo hubiera.

Su designación será resuelta por el Consejo Directivo de la Facultad, a propuesta de la Comisión Académica de la carrera.

Podrán ser Consejeros/as de Estudios profesores de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, que posean título de Doctor/a, con probada experiencia y reconocida trayectoria en investigación en áreas de la física o temáticas afines.

Serán funciones del Consejero/a de Estudios:

- a) Asesorar y guiar al doctorando en sus actividades académicas.
- b) Aconsejar sobre el Plan de Asignaturas que considere más conveniente para la adecuada capacitación científica del doctorando.
- c) Refrendar la propuesta del Plan de Tesis, Director/a de Tesis, Codirector/a si existiese, y lugar institucional de trabajo, a presentar por el doctorando.
- d) Refrendar las notas que eleve el doctorando sobre temas académicos referidos al Plan de Tesis.
- e) Comunicar a la Comisión Académica de la carrera cualquier inconveniente que impida el normal desarrollo de las actividades que comprenden el Plan y sugerir la forma de solucionarlo.
- f) Actuar como vínculo entre el Director/a de Tesis y esta Facultad.

ARTÍCULO 19: El doctorando podrá proponer el cambio de Consejero/a de Estudios mediante informe fundado, el cual será analizado por la Comisión Académica e informado al Consejo Directivo para su tratamiento.

### **DIRECTOR/A DE TESIS**

ARTÍCULO 20: El doctorando deberá proponer un Director/a para la ejecución y desarrollo de la Tesis Doctoral. Su designación será resuelta por el Consejo Directivo de la Facultad, a propuesta de la Comisión Académica de la carrera.

Podrán ser Directores de Tesis investigadores y/o profesores universitarios que posean título de Doctor/a emitido por universidades argentinas o extranjeras, que acrediten antecedentes académicos y de investigación con probada trayectoria en el área de conocimiento del tema de la Tesis propuesto por el doctorando.

El Director/a de Tesis no podrá dirigir más de tres (3) trabajos de Tesis simultáneamente, salvo autorización expresa del Consejo Directivo, previa opinión de la Comisión Académica de la carrera de Doctorado en Física.

ARTÍCULO 21: Serán funciones del Director/a de Tesis:

- a) Asesorar, orientar y formar al doctorando para el desarrollo de su Plan de Tesis.
- b) Evaluar periódicamente el desarrollo de la investigación.
- c) Informar a la Comisión Académica de la carrera de Doctorado en Física los cambios sustanciales en el transcurso de la investigación, que modifiquen el Plan de Tesis original.
- d) Aconsejar fundadamente a la Comisión Académica el otorgamiento de equivalencias u homologaciones de asignaturas, así como asesorarla en toda otra recomendación sobre el accionar del doctorando que considere pertinente.
- e) Informar la finalización del trabajo de Tesis y presentar un informe final evaluando la investigación realizada, la calidad del trabajo y la significación de la Tesis elaborada por el doctorando en la oportunidad de ser presentada.

ARTÍCULO 22: El doctorando podrá solicitar cambio de Director/a de Tesis mediante informe fundado con la propuesta de un nuevo Director/a. Esta solicitud deberá ser informada al Consejero/a de Estudios y presentada a la Comisión Académica de la carrera quien evaluará su pertinencia y, de ser aceptada, será elevada al Consejo Directivo para su aprobación.

La propuesta elevada deberá ir acompañada con la aceptación del nuevo Director/a de Tesis, su curriculum vitae, como así su aval con el tema de Tesis, el Lugar Institucional de Trabajo y el Plan de Tesis, o sugerir modificaciones de algunos de estos elementos en caso que considere necesario.

ARTÍCULO 23: El Director/a de Tesis podrá renunciar a tal función mediante informe fundado, presentado a la Comisión Académica, el cual será elevado al Consejo Directivo para su aprobación. En este caso el doctorando deberá proponer un nuevo Director/a.

## **CODIRECTOR DE TESIS**

ARTÍCULO 24 La actuación de un Codirector/a de Tesis será considerada en las siguientes situaciones:

- a) Se recomienda para el caso de un doctorando de esta Universidad con Director/a de Tesis externo a esta Universidad.
- b) Se exige para el caso de un doctorando y Director/a de Tesis externos a esta Universidad.
- c) El doctorando podrá solicitar la actuación de un Codirector/a de Tesis. Su inclusión deberá ser debidamente fundamentada, pudiendo estar relacionada tanto a cuestiones interdisciplinarias o complementarias de índole temática o metodológica.

La designación del Codirector/a de Tesis será resuelta por el Consejo Directivo a propuesta de la Comisión Académica de la carrera de Doctorado en Física.

ARTÍCULO 25: El Codirector/a de Tesis deberá ser investigador/a y/o profesor/a universitario/a, de probada capacidad científica y experiencia en el área de conocimiento del tema de la Tesis y, además, acreditar antecedentes equivalentes a los exigidos al Director/a de Tesis. Su designación será resuelta por el Consejo Directivo de la Facultad, a propuesta de la Comisión Académica de la carrera.

ARTÍCULO 26: Serán funciones del Codirector/a de Tesis:

- a) Asesorar, orientar y formar al doctorando en aquellos aspectos de la Tesis para los cuales fue propuesto.
- b) Complementar el asesoramiento científico, cuando el desarrollo de la Tesis implique el trabajo en diferentes temáticas del Plan de Tesis propuesto, cuando la misma abarque campos interdisciplinarios y/o el Director/a no sea Doctor/a en Física.
- c) Cuando el Director/a de Tesis no pertenezca a esta Universidad deberá actuar como vínculo entre el Director/a y el doctorando, y asesorar a éste en los temas académicos y trámites administrativos con la Facultad.

## **EVALUACIÓN Y APROBACIÓN DE ASIGNATURAS**

ARTÍCULO 27: El dictado de las asignaturas será organizado y coordinado por la Escuela de Posgrado y Educación Continua.

Las asignaturas, como la designación de los docentes responsables serán aprobadas por el Consejo Directivo a propuesta de la Comisión Académica de la carrera de Doctorado en Física.

ARTÍCULO 28: La evaluación y aprobación de las asignaturas será en forma individual, ante un tribunal examinador compuesto por tres (3) especialistas, profesores y/o investigadores

designados por el Consejo Directivo a propuesta de la Comisión Académica de la carrera.

El tribunal examinador podrá estar integrado por profesores y/o investigadores de otras Facultades pertenecientes o no a la Universidad Nacional de Rosario. Particularmente, el Director/a de Tesis y/o Codirector/a si existiese, no podrá integrar el Comité Evaluador del Informe de Avance de Tesis.

La evaluación se efectuará en los períodos que fija la Escuela de Posgrado y Educación Continua a propuesta de la Comisión Académica de la carrera. En ningún caso la aprobación será efecto de mera asistencia.

La confección de actas de exámenes y la escala de calificaciones se regirán por las normas vigentes en la Universidad Nacional de Rosario.

ARTÍCULO 29: Las asignaturas cursadas y aprobadas en otra Universidad o Centro de Investigación, podrán otorgarse por equivalencia u homologación de asignaturas, y serán resueltas por el Consejo Directivo previa recomendación de la Comisión Académica de la carrera.

El porcentaje de créditos a cubrir a través de equivalencias u homologaciones de asignaturas no podrá superar el 50% del Plan de Asignaturas.

Para la realización del trámite correspondiente, el doctorando deberá presentar la siguiente documentación ante la Comisión Académica de la carrera:

- a) Certificado o constancia de aprobación de la institución responsable del dictado de la actividad curricular, en el que conste calificación, carga horaria y/o su equivalencia en créditos, modalidad de evaluación y docente/s responsable/s incluyendo curriculum vitae resumido.
- b) Copia del Programa de la actividad curricular, autenticada por la institución responsable del dictado.

ARTÍCULO 30: Las asignaturas aprobadas con anterioridad a la admisión del doctorando a la carrera de Doctorado en Física podrán ser acreditadas y serán evaluadas por la Comisión Académica de la carrera. En general, se reconocerán aquellas asignaturas aprobadas hasta con cinco años de anterioridad a la fecha de admisión. Este plazo se podrá extender en aquellas asignaturas de conocimientos básicos con permanencia de los mismos en el tiempo.

## **IDIOMAS**

ARTÍCULO 31: El doctorando deberá aprobar un examen de suficiencia en idioma Inglés y otro idioma extranjero que podrá elegir entre los siguientes: Francés, Italiano, Alemán y Portugués. Asimismo, podrá proponer otro idioma en reemplazo de cualquiera de estos cuatro últimos, con

justificación de su importancia y pertinencia dentro del tema de Tesis, que deberá estar avalado por el Consejero/a de Estudios y el Director/a de Tesis. Esta propuesta será puesta a consideración por la Comisión Académica de la carrera.

ARTÍCULO 32: El doctorando podrá acreditar los conocimientos de los idiomas mediante la presentación de un certificado emitido por una reconocida institución de enseñanza de idiomas, que será puesto a consideración por la Comisión Académica de la carrera, la cual propondrá la aprobación de los mismos.

### **SUPERVISIÓN ACADÉMICA. CONDICIONES DE AVANCE**

ARTÍCULO 33: La supervisión académica, incluyendo los trabajos efectuados en otra Universidad o Centro de Investigación, estará a cargo de la Comisión Académica del Doctorado de Física, la cual informará sobre cualquier anomalía detectada y propondrá las medidas de corrección que considere necesarias.

ARTÍCULO 34: En el transcurso del tercer año de desarrollo de su Plan de Tesis, el doctorando deberá cumplimentar con la presentación de un Informe de Avance detallando las actividades desarrolladas y los logros alcanzados, y su consiguiente exposición oral.

El Informe de Avance deberá contener:

- a) Cursos aprobados por el doctorando del Plan de Asignaturas propuesto.
- b) Asistencia y/o participación en reuniones científicas.
- c) Intercambio con investigadores externos a la Institución donde desarrolla su trabajo.
- b) Adelantos realizados en el trabajo de investigación y dificultades encontradas.
- c) Publicaciones originadas.
- d) Toda otra información que se considere de pertinente para la evaluación de la actuación del doctorando.

La exposición se realizará en presencia de un Comité Evaluador designado ad-hoc por la Comisión Académica de la carrera, y que estará integrado por un miembro de esta Comisión Académica, y dos investigadores ajenos al grupo de trabajo del doctorando.

Dicho Comité indagará al doctorando sobre las cuestiones que considere pertinentes y notificará a la Comisión Académica de la carrera su opinión sobre lo informado por el doctorando.

En caso de que esta opinión resultare negativa el doctorando tendrá un lapso máximo de seis (6) meses para realizar una nueva exposición.

La evaluación positiva de la exposición realizada será condición necesaria para la continuación de los estudios doctorales correspondientes.

### **DURACIÓN DE LA CARRERA. READMISIÓN**

ARTÍCULO 35: La duración de la carrera de Doctorado en Física, de acuerdo al Artículo 5 de este Reglamento, está prevista entre tres años (36 meses) y cinco años (60 meses) como máximo, contados desde la admisión del doctorando a la misma hasta la presentación del trabajo escrito de Tesis para su evaluación.

Vencido el plazo máximo de duración de la carrera, caducarán de pleno derecho todos los actos realizados.

El doctorando podrá solicitar su readmisión y revalidación o modificación del Plan de Tesis. El Consejo Directivo decidirá la readmisión a propuesta por la Comisión Académica de la carrera.

ARTÍCULO 36: El doctorando podrá solicitar por única vez una extensión del plazo para la presentación de la Tesis, no mayor a un año (12 meses), debidamente fundada y avalada por el Director/a de la misma y el Consejero/a de Estudios.

Asimismo, el doctorando podrá solicitar suspensión del cursado o prórroga para la presentación de la Tesis por las siguientes causales debidamente justificadas:

- a) Enfermedad grave o incapacidad transitoria, propia o de familiar.
- b) Tareas de gestión o desempeño en la función pública.
- c) Maternidad o paternidad.

En todos los casos, o en otros que pudieran excepcionalmente presentarse, la Comisión Académica de la carrera recomendará al Consejo Directivo acerca del período de suspensión o prórroga a otorgar para que se dicte resolución.

### **PRESENTACIÓN DEL TRABAJO ESCRITO DE TESIS**

ARTÍCULO 37: Una vez aprobadas todas las exigencias académicas de la carrera de Doctorado en Física, el doctorando podrá presentar el trabajo escrito de Tesis, con un informe del Director/a de Tesis y/o Codirector/a, si existiese, avalando su presentación para ser sometida a evaluación por un Jurado.

ARTÍCULO 38: El trabajo escrito de Tesis será estructurado en secciones según se indica. En cada sección se desarrollará el respectivo contenido teniendo en cuenta que la necesidad de concisión no debe llevar a la omisión de detalles importantes para determinar la autoría de lo expuesto.

a) CARÁTULA en la que se consignará

Universidad Nacional de Rosario

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura

Departamento, Centro o Instituto donde se realizó

Título de la Tesis

Nombre del Autor

Nombre del Director/a de Tesis

Nombre del Codirector/a de Tesis (si corresponde)

Año de presentación

b) ORDENAMIENTO DE LA TESIS:

- *Resumen*

- *Palabras Clave:* entre 3 (tres) y 5 (cinco) palabras

- *Índice*

- *Abreviaturas y Símbolos*

- *Introducción:* deberá contener

1. Breve presentación del problema

2. Enfoque y planificación del trabajo

3. Datos significativos y hallazgos más importantes

4. Difusión de los resultados obtenidos

- *Desarrollo*

- *Discusión de los resultados y conclusiones*

- *Bibliografía:* Será numerada según el orden de citación en el texto u orden alfabético.

Todas las referencias tendrán que ser citadas en texto y todas las citas deberán figurar en la bibliografía.

- *Anexos*

c) DETALLES DE LA PRESENTACIÓN

Se evitará el abuso en el empleo de abreviaturas y, en todos los casos, se explicará su significado en el texto o al pie de los cuadros, o en una enumeración que se presentará bajo el título de Abreviaturas y Símbolos.

Las tablas y las figuras deberán estar claramente confeccionadas y llevar leyendas descriptivas.

Se evitará la presentación de los mismos datos en forma de tablas y figuras, excepto que sea estrictamente necesario para la claridad del trabajo. En las tablas y figuras, en caso que corresponda, se indicará la referencia a la que pertenecen.

Las fotografías deberán estar bien reproducidas, no pudiendo utilizarse en su reemplazo fotocopias.

La bibliografía deberá incluir para cada trabajo citado los apellidos e iniciales de todos los autores, el título completo del trabajo, el nombre de la revista o libro, página, editorial y el año de la publicación. Las referencias bibliográficas se presentarán según normas internacionales de publicación.

#### d) NORMAS EDITORIALES

- *Tamaño de papel*: A4
- *Tipografía*: Fuente Arial, Tamaño 11, Espaciado 1,5
- *Márgenes*: Superior: 3 cm, Izquierdo: 3 cm, Inferior: 2,5 cm, Derecho: 2,5 cm
- *Títulos y subtítulos*: Formato y esquema de numeración:
  1. TÍTULOS: mayúsculas – negrita
  - 1.1 Subtítulos: negrita
  - 1.1.1 Subtítulo segundo nivel: cursiva
- *Bibliografía*: Las citas deben seguir los criterios adoptados por la Asociación Física Argentina para publicar en sus Anales.

ARTÍCULO 39: Una vez presentada la versión escrita de la Tesis por el doctorando, la Comisión Académica verificará el cumplimiento de los requisitos académicos formales que establece esta reglamentación. De no ser así, la Tesis será devuelta al doctorando con las correspondientes observaciones, quien deberá volver a presentarla una vez cumplimentadas las observaciones efectuadas.

#### **JURADO DE TESIS**

ARTÍCULO 40: Cuando no se señalen vicios formales, la Comisión Académica elevará al Consejo Directivo, para su designación, la propuesta de un Jurado que tendrá a su cargo la evaluación de la Tesis. La designación del Jurado deberá ser comunicada fehacientemente al doctorando, al Director/a de Tesis y al Codirector/a si existiese.

ARTÍCULO 41: El Jurado de Tesis estará constituido por tres (3) miembros titulares y dos (2) suplentes. Los miembros del Jurado deberán ser profesores universitarios y/o investigadores, especialistas en el campo disciplinario al que pertenezca el tema de Tesis y que cumplan los mismos requisitos indicados respecto de los Directores de Tesis.

Al menos uno de ellos deberá ser externo a la Universidad Nacional de Rosario y sólo uno podrá pertenecer a la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura.

Los miembros suplentes del Jurado de Tesis sustituirán a los titulares por orden de designación en caso de aceptarse las recusaciones, excusaciones, renunciaciones o de producirse su incapacidad, remoción o fallecimiento. Esta sustitución será notificada fehacientemente al doctorando, al Director/a de Tesis y al Codirector/a si existiese.

El Director/a y/o Codirector/a de Tesis no podrán formar parte del Jurado de Tesis ni participarán en la decisión de la calificación final.

La Comisión Académica verificará que los miembros del Jurado propuestos no posean publicaciones y/o proyectos en común con el doctorando, así como cualquier otra circunstancia que a su criterio pudiera indicar gran familiaridad o frecuencia de trato.

**ARTÍCULO 42:** Los miembros del Jurado de Tesis podrán ser recusados por el doctorando ante el Consejo Directivo de la Facultad, dentro del término de siete (7) días contados a partir de la notificación fehaciente de su designación ante el interesado. La recusación se formulará por escrito y por las causales establecidas en el Código de Procedimiento Civil y Comercial de la Nación para la recusación de jueces.

Las causales de dicha recusación serán consideradas por el Consejo Directivo con el asesoramiento de la Comisión Académica de la carrera.

Producida la recusación de uno o más miembros del Jurado, el Consejo Directivo decidirá sobre la misma en un lapso no mayor de treinta (30) días de recibida la recusación, siendo su resolución definitiva e inapelable. Si la recusación procede, la Comisión Académica de la carrera propondrá al Consejo Directivo, dentro de los treinta días de aceptación de la misma, un nuevo miembro por cada uno de los recusados.

### **VALORACIÓN DE LA TESIS**

**ARTÍCULO 43:** Una vez cumplimentados los procedimientos y requisitos anteriormente establecidos, el doctorando deberá presentar una versión digital de la Tesis, la que se enviará a cada miembro del Jurado para su evaluación dentro de un lapso no mayor de quince (15) días. Si algunos de los miembros del jurado lo solicitan, el doctorando deberá presentar ejemplares impresos.

Los miembros del Jurado tendrán un plazo de sesenta (60) días corridos para emitir su dictamen individual y fundado, vencidos los cuales se requerirá la devolución de la Tesis a quien no hubiese emitido el mismo y se dejará sin efecto su designación, procediéndose a designar un nuevo miembro del Jurado en su reemplazo.

**ARTÍCULO 44:** Los miembros del Jurado deberán emitir su dictamen por escrito en el cual se

expedirán sobre:

- a) metodología empleada
- b) originalidad del planteo
- c) interés del tema
- d) profundidad y calidad de la investigación realizada
- e) rigor lógico en su desarrollo
- f) presentación formal (claridad y precisión)
- g) actualidad, relevancia y completitud de las fuentes de información

En el dictamen se deberá explicitar si la Tesis es:

- aprobada para la defensa oral
- aprobada con modificaciones a realizar antes de la defensa
- rechazada

Todo dictamen no fundado será devuelto por la Comisión Académica de la carrera al miembro del Jurado correspondiente para su correcta emisión. Si en segunda instancia se repitiera el dictamen no fundado, el mismo será desestimado y se dejará sin efecto la designación del miembro del Jurado, procediéndose a su reemplazo.

ARTÍCULO 45: Una vez recibidos todos los dictámenes, serán puestos en conocimiento de la Comisión Académica de la carrera, del doctorando y del Director/a y/o Codirector/a de Tesis.

Estos dictámenes podrán ser observados en sus aspectos formales, de manera fundada por el doctorando, con el aval del Director/a y/o el Codirector/a de Tesis, formulando la objeción dentro de los siete (7) días corridos contados a partir de la notificación fehaciente del dictamen. La objeción será puesta en conocimiento del miembro del Jurado correspondiente. El Consejo Directivo decidirá sobre la validez de la objeción, pudiendo llegar a anular el dictamen observado. En este caso se designará un nuevo miembro del Jurado en reemplazo de aquel cuyo dictamen fuera objetado.

ARTÍCULO 46: Si la mayoría de los miembros del Jurado, por dictamen fundado, no aprobara el trabajo escrito de Tesis, éste podrá ser reelaborado y presentado nuevamente. Para esta nueva presentación el doctorando tendrá un plazo no mayor a un (1) año.

El trabajo escrito de Tesis reelaborado iniciará un nuevo trámite similar al anterior y respetará los plazos y requisitos indicados para la primera presentación.

Este trabajo escrito reelaborado volverá a ser nuevamente examinado por los miembros del Jurado, quienes emitirán nuevo dictamen. En esta segunda oportunidad no habrá posibilidad de rehacer la Tesis.

El doctorando que no opte por rehacer la Tesis perderá la condición de cursante dentro de la carrera y caducarán en pleno todos los actos realizados; al igual que habiéndolo modificado, reciba un nuevo dictamen desaprobatorio.

ARTÍCULO 47: Cuando el trabajo escrito de Tesis resulte aprobado por la mayoría de los miembros del Jurado, la Escuela de Posgrado y Educación Continua fijará fecha, dentro de los treinta (30) días siguientes, para que el doctorando defienda su Tesis en sesión pública, en la que luego de una exposición libre por parte del doctorando, el Jurado promoverá un debate sobre el contenido de la Tesis expuesto.

ARTÍCULO 48: Terminada la defensa oral de la Tesis, el Jurado labrará un Acta en la que constará la aprobación o no de la misma y la calificación final obtenida de acuerdo a escala vigente en la Universidad Nacional de Rosario.

Cuando la defensa oral resultare aprobada por la mayoría de los miembros del Jurado, se considerará aprobado el trabajo de Tesis y el doctorando podrá comenzar a tramitar la expedición del diploma correspondiente.

Las decisiones del Jurado serán inapelables. Las opiniones vertidas por el doctorando antes o después de la aprobación de la Tesis son exclusiva responsabilidad del autor y no comprometerán a la Universidad, al Director/a y al Codirector/a, si lo hubiere, ni a los miembros del Jurado.

ARTÍCULO 49: En la evaluación final del Jurado y la calificación, se tendrán en cuenta fundamentalmente la originalidad del trabajo en el campo investigado como así el conocimiento sobre el tema de Tesis puesto de manifiesto por el doctorando en la presentación escrita y exposición oral de su Tesis.

### **TÍTULO Y DIPLOMA**

ARTÍCULO 50: Quienes cumplimenten todos los requisitos establecidos en el presente Reglamento obtendrán el título de Doctor/a en Física. Este título no implica la ampliación y/o modificación de las incumbencias profesionales del título de grado.

El diploma correspondiente se confeccionará conforme a las normas vigentes en la Universidad Nacional de Rosario.

### **RESGUARDOS**

ARTÍCULO 51: Al autor de la Tesis le corresponderán los derechos de propiedad intelectual sobre el trabajo de Tesis.

## **DISPOSICIONES TRANSITORIAS**

ARTÍCULO 52: El presente Plan de Estudios y Reglamento comenzará a tener vigencia a partir de su aprobación por el Consejo Superior de la Universidad. Los alumnos de las cohortes que hayan iniciado el cursado con anterioridad a dicha fecha, podrán solicitar el cambio de Plan de Estudio.

ARTÍCULO 53: Toda situación no contemplada por el presente Reglamento será resuelta por la Comisión Académica de la carrera de Doctorado en Física, el/la Decano/a y/o el Consejo Directivo, según corresponda.

## DOCTORADO EN FÍSICA

### ANEXO III

#### ASIGNATURAS ELECTIVAS DEL CICLO DE FORMACION SUPERIOR

#### ASIGNATURAS Y CARGA HORARIA

CÓDIGO	ASIGNATURA	HORAS TOTALES
1	ACEROS Y TRATAMIENTOS TERMICOS	70-90
2	ALGEBRA LINEAL NUMERICA EN PARALELO	60-80
3	APROVECHAMIENTO TERMICO DE LA ENERGIA SOLAR	60
4	ASTROFÍSICA I	60-90
5	ASTROFISICA COMPUTACIONAL	60-80
6	ASTROFISICA GENERAL	60-90
7	ASTROFISICA RELATIVISTA	50-70
8	ASTRONOMIA GENERAL	60-90
9	COLISIONES ATOMICAS	50-70
10	CONVERSION SOLAR FOTOVOLTAICA	30-50
11	COSMOLOGIA	60-80
12	CRISTALOGRAFIA DE RAYOS X	40-70
13	CUANTICA RELATIVISTA E INTRODUCCION A LA TEORIA CUANTICA DE CAMPOS	50-70
14	CURSO BASICO DE FISICA DE REACTORES	50-70
15	DEFECTOS EN CRISTALES	60-80
16	DIFRACCION DE NEUTRONES EN EL ESTUDIO DE PROPIEDADES MECANICAS	40-60
17	DIFUSION EN METALES	40-60
18	DISPOSITIVOS FERROELECTRICOS	70-90
19	ELECTRONES FUERTEMENTE CORRELACIONADOS	60-80
20	EMISIÓN ELECTRÓNICA EN COLISIONES ENTRE IONES PESADOS Y ÁTOMOS	70-90
21	EPISTEMOLOGIA	40-60
22	ESPECTROSCOPIA DE SUPERFICIES	70-90
23	ESPECTROSCOPIA ELECTRONICA EN SOLIDOS	60-80
24	ESPECTROSCOPIA OPTICA EN SÓLIDOS	70-90
25	FERROELECTRICIDAD PROPIEDADES BASICAS Y MATERIALES	70-90
26	FISICA CLASICA SUPERIOR	50-70
27	FISICA DE COLISIONES ELECTRONICAS Y ATOMICAS	70-90
28	FISICA DE PLASMA I	50-70
29	FISICA DE PLASMA II	50-70
30	FISICA DE SUPERFICIES I	80-90
31	FISICA DE SUPERFICIES II	80-90

32	FISICA NUCLEAR I	50-70
33	FISICA SOLAR	50-70
34	HEMORREOLOGIA	30-90
35	INTERACCION DE IONES, ELECTRONES Y POSITRONES CON LA MATERIA	70-90
36	INTERACCIÓN DE FOTONES CON LA MATERIA	70-90
37	INTRODUCCION A LA FISICA NUCLEAR	50-70
38	INTRODUCCION A LA TEORIA DE COLISIONES	50-70
39	INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA DEL GRUPO DE RENORMALIZACION	60-80
40	INTRODUCCIÓN A LAS TÉCNICAS DE RECONOCIMIENTO DE PATRONES Y CLASIFICACIÓN	70-90
41	INTRODUCCION A LAS TEORIAS DE MEDIDA	60-80
42	INTRODUCCIÓN A LOS MATERIALES CERÁMICOS	70-90
43	INTRODUCCION AL METODO DE MONTE CARLO	50-70
44	LA INTEGRAL FUNCIONAL EN TEORIA CUANTICA DE MUCHOS CUERPOS	90
45	LA MATRIZ DENSIDAD.APLICACIONES EN FISICA ATOMICA	30-40
46	LASER Y OPTICA EN CIENCIAS E INGENIERÍA	30-50
47	MAGNETISMO CUANTICO	70-90
48	MATERIALES COMPUESTOS	60-80
49	MATERIALES POLIMERICOS	60-80
50	MECANICA CLASICA AVANZADA	60-80
51	MECANICA CUANTICA SUPERIOR	80
52	MECANISMOS Y TEORIAS DE FATIGA	30-50
53	MEDIOS CONTINUOS	30-90
54	METALURGIA FISICA I	50-70
55	METALURGIA FISICA II	50-70
56	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	50-70
57	METODOS DE CALCULO DE BANDAS DE ENERGIA EN SOLIDOS	60-80
58	METODOS MATEMATICOS APLICADOS A TEORIAS DE MEDIDAS SUPERSIMETRICAS	60-80
59	METODOS NUMERICOS EN FISICA DE LA MATERIA CONDENSADA	60-80
60	MICROSCOPIA DE FUERZA ATOMICA	50-70
61	MICROSCOPIA ELECTRONICA DE BARRIDO Y TECNICAS ASOCIADAS	50-60
62	MICROSCOPIA ELECTRONICA DE TRANSMISION	60-80
63	OPTICA APLICADA I	30-90
64	OPTICA APLICADA II	30-50
65	PRINCIPIOS DE SECADO	60-80
66	PROCESAMIENTO DE DATOS	50-70
67	PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES	70-90
68	PROPIEDADES DE LOS MATERIALES CERAMICOS	30-50
69	PROPIEDADES FISICAS Y FISICOQUIMICAS DE	50-70

	MACROMOLECULAS DE INTERES BIOLÓGICO	
70	PROPIEDADES MECANICAS	60-80
71	PROPIEDADES OPTICAS DE SOLIDOS	50-70
72	PROPIEDADES Y TECNOLOGIAS EN VIDRIO	40-60
73	RADIOASTRONOMIA	60-80
74	REACTORES NUCLEARES	80
75	REDES NEURONALES ARTIFICIALES: FUNDAMENTOS Y APLICACIONES	70-90
76	RELATIVIDAD GENERAL	60-80
77	RESONANCIA MAGNETICA: TEORIA Y APLICACIONES	40-60
78	SISTEMAS CUANTICOS UNIDIMENSIONALES Y TEORIAS DE CAMPOS CONTINUOS	70-90
79	SUPERCONDUCTIVIDAD	70-90
80	TECNICAS DE TEORIA DE CAMPOS APLICADAS A MATERIA CONDENSADA	60
81	TECNICAS ESPECIALES EN FISICA DE SUPERFICIES	30-50
82	TECNICAS EXPERIMENTALES EN FISICA DEL PLASMA	60-90
83	TECNOLOGIA DE LOS MATERIALES CERAMICOS	40-80
84	TEMAS DE FISICOQUIMICA DE SUPERFICIE	50-70
85	TEORIA CUANTICA DE CAMPOS I	60-80
86	TEORIA CUANTICA DE CAMPOS II	60-80
87	TEORIA CUANTICA DE MUCHOS CUERPOS	60-90
88	TEORIA DE CAMPOS EN EL ESPACIO CURVO	60-80
89	TEORÍA DE GRUPOS. APLICACIONES EN FISICA	70-80
90	TEORIA DE GRUPOS Y ESTRUCTURA ELECTRONICA DE SOLIDOS	70-90
91	TEORÍA DE LA FUNCIONAL DENSIDAD	30-40
92	TEORIA DE LA INFORMACION	60-70
93	TEORÍAS EFECTIVAS DE SISTEMA DE MATERIA CONDENSADA	70-90
94	TEORIA FORMAL DE COLISIONES ATOMICAS	50-70
95	TEXTURAS CRISTALOGRAFICAS EN MATERIALES METALICOS, CERAMICOS, MINERALES Y COMPUESTOS	50-70
96	TOPICOS DE MATERIA CONDENSADA	50-70
97	TOPICOS ESPECIALES EN FISICA DEL ESTADO SOLIDO	60-80
98	TRANSFORMACIONES DE FASE	80-90
99	TRANSICIONES DE FASES EN MATERIA CONDENSADA	80
100	OTRAS ASIGNATURAS O CURSOS QUE ANUALMENTE APRUEBE EL CONSEJO DIRECTIVO	

## 1 ACEROS Y TRATAMIENTOS TERMICOS

Metalurgia física del hierro y el acero. Aceros estructurales. Tratamientos térmicos. Aceros Inoxidables.

## 2 ALGEBRA LINEAL NUMERICA EN PARALELO

Introducción al paralelismo. Principios en el diseño de paralelismo. Modelo de memoria separada. Programación en computadores paralelos usando pase de mensajes y MPI. Operaciones vectoriales y matriciales en paralelo. Factorización LU, Factorización QR, Descomposición en Valores Singulares. Mínimos cuadrados lineales: sistemas sobre determinados y Ecuaciones Normales. Uso de las Factorizaciones QR y SVD. Métodos iterativos de Krylov para resolver grandes sistemas de ecuaciones lineales en paralelo.

## 3 APROVECHAMIENTO TERMICO DE LA ENERGIA SOLAR

Aprovechamiento de la energía solar a temperaturas bajas, intermedias y altas. Evaluación de la radiación solar. Conversión térmica de la radiación solar. Colectores de radiación solar. Concentradores solares. Calentamiento solar de agua y de aire. Modelos y cálculos predictivos.

## 4 ASTROFÍSICA I

Fuentes de información astrofísica. Leyes de radiación. Magnitudes y colores. Material interestelar. Clasificación espectral. Velocidades radiales. Distancias estelares. Condiciones de equilibrio estelar. El sol. Estrellas variables y explosivas. Objetos compactos.

## 5 ASTROFISICA COMPUTACIONAL

Modelado computacional de sistemas astrofísicos de diversa naturaleza: Mecánica Celeste: problemas de pocos cuerpos. Dinámica de sistemas estelares: problemas de N cuerpos; galaxias; interacción entre galaxias. Modelado de objetos compactos: formación estelar, estrellas y atmósferas estelares. Introducción a la Cosmología Numérica y modelos cosmológicos. Introducción al análisis de datos en Astrofísica. Estudio de casos.

## 6 ASTROFISICA GENERAL

Galaxias: formación y evolución de las galaxias. Recuentos estelares. Nuestra galaxia, estructura, brazos espirales. Función luminosidad; Cinemática estelar; Mecanismos de generación de radioondas, la línea de 21 centímetros; Dinámica estelar. Nociones de cosmología clásica y cuántica.

## 7 ASTROFISICA RELATIVISTA

Teoría de la gravitación; ecuación de estado de la materia; estados relativísticos de la evolución de los objetos cósmicos.

## 8 ASTRONOMIA GENERAL

Idea general del universo. La esfera celeste. Telescopio. La radiación de los cuerpos celestes. Atmósfera estelar. Estrellas variables. Nebulosas. Sistema solar. La Vía Láctea. Origen y evolución del universo.

## 9 COLISIONES ATOMICAS

Dispersión clásica por un potencial de corto rango. Aproximación semiclásica. Método de ondas parciales. Desfasajes. Obtención de secciones eficaces. Teorema óptico. Resonancias. Aproximación semiclásica de pequeños ángulos de dispersión. Aproximación semiclásica de los desfasajes (JWKB). Dispersión por potenciales de largo rango de aproximación. Método del parámetro de impacto para colisiones ión-átomo. Impacto de partículas cargadas livianas.

## 10 CONVERSION SOLAR FOTOVOLTAICA

Efecto fotovoltaico. Celdas solares cristalinas. Silicio policristalino. Análisis de pérdidas. Semiconductores amorfos. Celdas solares de lámina delgada. Celdas solares de a-Si:H. Celdas solares orgánicas-inorgánicas.

## 11 COSMOLOGIA

La expansión del Universo. Observaciones de significancia cosmológica. La radiación cósmica de fondo. El Universo primigenio. Inflación

## 12 CRISTALOGRAFIA DE RAYOS X

Difracción de Rayos X. Cristalografía. Ley de Bragg. Métodos y geometrías de medición. Policristales. Análisis de difractogramas. Método de Rietveld. Ancho y posición de picos. Tensiones residuales. Texturas. Difracción de neutrones. Radiación Sincotrón.

## 13 CUANTICA RELATIVISTA E INTRODUCCION A LA TEORIA CUANTICA DE CAMPOS

Ecuación de Klein-Gordon. Ecuación de Dirac. Paradoja de Klein. Limitaciones de la mecánica cuántica. Cuantificación de campos clásicos. Segunda cuantificación. Propagadores. Cuantificación del campo escalar. Cuantificación del campo electromagnético y de Dirac. Integral de camino y cuantificación.

## 14 CURSO BASICO DE FISICA DE REACTORES

El núcleo. Desintegración radioactiva. Reacciones nucleares. Interacción de neutrones con la materia. Medios multiplicativos. Transporte de neutrones. Soluciones. El reactor nuclear. Secciones eficaces. Ecuación de actividad. Magnitudes y Unidades. Factores que alteran la reactividad. Centrales nucleares. El ciclo del combustible.

## 15 DEFECTOS EN CRISTALES

Defectos puntuales. Energía de formación y migración. Equilibrio. Defectos en óxidos. Termodinámica. Migración de defectos. Movimiento Browniano y leyes de Fick. Cristales iónicos. Teoría elástica de las dislocaciones de borde y hélice. Energía de las dislocaciones. Energía del núcleo. Modelos de dislocaciones. Sistemas de deslizamiento. Dislocaciones imperfectas. Propiedades físicas afectadas por las dislocaciones.

#### 16 DIFRACCION DE NEUTRONES EN EL ESTUDIO DE PROPIEDADES MECANICAS

Facilidades de luz sincrotrón y fuentes de neutrones. Dispersión (scattering) de radiación electromagnética. Tipos de neutrones. Fenómenos de difracción de neutrones. Dispersión de neutrones. Sección eficaz. Orden en estructuras y superestructuras magnéticas. Propiedades en estado masivo. Estabilidad de fases y cristalografía de fases metaestables. Propiedades mecánicas.

#### 17 DIFUSION EN METALES

Fenomenología de la difusión. 1° y 2° Ley de Fick. Mecanismos de difusión. Difusión en bordes de grano y dislocaciones. Teoría atómica de la difusión. Difusión en sistemas polifásicos.

#### 18 DISPOSITIVOS FERROELECTRICOS

Fundamentos de la ferroelectricidad- Materiales disponibles, diseños de dispositivos, técnicas de accionamiento / control y aplicaciones esenciales: examen de dieléctricos de alta permitividad, dispositivos piezoeléctricos, sensores piroeléctricos y dispositivos electroópticos. Cerámicas policristalinas altamente adaptables y otros materiales utilizados en dispositivos de película fina / gruesa

#### 19 ELECTRONES FUERTEMENTE CORRELACIONADOS

Segunda cuantificación. Modelo de Hubbard. Teoría de bandas. Transición de Mott-Hubbard. Bethe Ansatz. Teorema de Nagaoka. Modelos de Tomonaga y Luttinger. Modelo de Hubbard de varias bandas, modelo t-J, modelo de Anderson y Kondo en la red. Diagonalización exacta: Lanczos. Métodos de Monte Carlo cuántico. Método del grupo de renormalización de la matriz. Aplicaciones a Cupratos y pnictidos de hierro superconductores, sistemas mesoscópicos. Puntos y cables cuánticos.

#### 20 EMISIÓN ELECTRÓNICA EN COLISIONES ENTRE IONES PESADOS Y ÁTOMOS

Mecanismos de ionización. Emisión electrónica de uno y dos centros. Pérdida electrónica del proyectil. Expansión de ondas parciales. Aproximaciones dipolar, de electrón libre, de Born de primer orden y Oppenheimer Brinkman Kramers. Modelos de onda distorsionada CDW, CDW-EIS, Mecánico-cuántico de Impulso y de Potencial Fuerte de Born. Cálculos de Canales

Acoplados. Efectos de saturación. Emisión de electrones lentos y efectos de dos centros; captura electrónica al continuo. Ionización de proyectiles vestidos. Apantallamiento electrónico del proyectil. Efectos de difracción y reacciones

## 21 EPISTEMOLOGIA

El problema del método científico. Epistemología y filosofía de la ciencia. Nociones Básicas de Lógica. Racionalismo. Empirismo-inductivismo. Falsacionismo. Kuhn y las revoluciones científicas. La sociología del conocimiento. La noción de paradigma. El devenir de la ciencia. Los programas de investigación de Lakatos. La sociología del conocimiento. La cientificidad del Programa Fuerte.

## 22 ESPECTROSCOPIA DE SUPERFICIES

Técnicas de ultra alto vacío, características generales de los equipos de análisis y preparación de muestras. Diferentes muestras espectroscópicas para la caracterización de superficies empleando diferentes fuentes de excitación (e-, fotones, iones) y analizando diferentes partículas (e-, fotones, iones).

## 23 ESPECTROSCOPIA ELECTRONICA EN SOLIDOS

Estados electrónicos en sólidos. Sistemas electrónicos bidimensionales. Teoría clásica de la función dieléctrica. Teoría cuántica de la función dieléctrica. Excitones. Medidas constantes ópticas. Fotoluminiscencia. Dispersión de la luz.

## 24 ESPECTROSCOPIA OPTICA EN SÓLIDOS

Fuentes de luz, su análisis espectral y detección. La función dieléctrica. Absorción infrarroja. Tratamiento mecanocuántico de la interacción de radiación con materia. Procesos de uno o más fonones. Espectroscopia Raman. Técnicas experimentales. Reglas de selección. Espectroscopia de Brillouin. Dispersión difusa de rayos X por fonones.

## 25 FERROELECTRICIDAD PROPIEDADES BASICAS Y MATERIALES

Conceptos básicos. Termodinámica de ferroeléctricos, estabilidad de fases y ecuaciones constitutivas. Comprensión microscópica de la ferroelectricidad. Determinaciones experimentales de propiedades de equilibrio y dinámicas. Defectos. Dominios e inversión de polarización. Sistemas con octaedros de oxígeno y con uniones de hidrógeno. Aplicaciones.

## 26 FISICA CLASICA SUPERIOR

Principios de conservación: masa, energía, momento. Transferencia de calor. Conducción. Convección. Radiación. Transferencia de Masa.

## 27 FISICA DE COLISIONES ELECTRONICAS Y ATOMICAS

Teoría general de la dispersión de electrones. Dispersión elástica. Excitación de átomos a niveles discretos. Ionización de átomos. Efectos de carga: comparación con impacto de positrones. Colisiones átomo-átomo. Interacciones de largo rango entre átomos. Dispersión elástica a baja energía. Excitación electrónica e intercambio de carga.

#### 28 FISICA DE PLASMA I

Movimiento de partículas cargadas en campos electromagnéticos. Aproximación de deriva. Teorema de Louiville en la aproximación de deriva.

#### 29 FISICA DE PLASMA II

Oscilaciones y ondas en plasmas libres de campos. Ondas e inestabilidades en magnetoplasmas uniformes. Ondas no lineales.

#### 30 FISICA DE SUPERFICIES I

Propiedades Termodinámicas y Estadísticas de superficies limpias. Estructura atómica de superficies. Cristalografía de superficies: redes bidimensionales, cristales semi-infinitos, relajación y reconstrucción, red recíproca. Métodos de cálculo de estructura electrónica y energías totales: La aproximación de Born-Oppenheimer. Método de Tight-Binding. El método Hartree-Fock. Métodos de la Química Cuántica. Teoría de la Funcional Densidad (DFT) y sus implementaciones. Vibraciones en superficies limpias. Fuerzas elásticas en cristales. Modos de vibración de bulk. Modos de vibración superficiales: cadena lineal semi-infinita y cristal semi-infinito: el método de "slab".

#### 31 FISICA DE SUPERFICIES II

Estructura electrónica de superficies limpias: El modelo de "Jellium". Aplicaciones del método de "Tight-Binding" dentro de la aproximación de "slab": estados electrónicos de bulk y de superficie. Aplicaciones de la DFT dentro de la aproximación de "slab": desde cálculos de energética y estructura de materiales en bulk hasta las densidad de estados y densidades de estados proyectadas sobre átomos superficiales. Adsorción. Superficies de energía potencial. Fisisorción. El modelo de Newns-Anderson Quimisorción atómica. Teoría del medio efectivo y el método del átomo embebido. Conceptos sobre reactividad: el modelo de la banda d. Ejemplos de adsorción sobre superficies planas y limpias, efectos de recubrimiento y de rugosidad de la superficie. Comparación de la estabilidad de estructuras de diferente recubrimiento y su dependencia con la presión y la temperatura. Reacciones sobre superficies: caminos de reacción y estado de transición.

#### 32 FISICA NUCLEAR I

Estabilidad y propiedades de los núcleos atómicos. Modelos microscópicos. Interacción de apareamiento. Aproximación de Bardeen-Cooper-Schrieffer. Decaimiento alfa y gamma. Aproximaciones de Tamm-Dancoff y Random-Phase. Ecuaciones acopladas.

### 33 FISICA SOLAR

Estructura solar. El sol quieto. El sol como estrella variable. Manchas solares, modelos. Fulguraciones solares modelos. Protuberancias. La corona activa.

### 34 HEMORREOLOGIA

Introducción a la Hemorreología. Clasificación reológica de los materiales. Comportamiento hemorreológico de la sangre humana, Comportamiento biomecánico de la membrana del glóbulo rojo. Adhesión. Agregación y aglutinación eritrocitaria. Termodinámica de la adhesión celular. Afinidad y energía de adhesión. Métodos reo-ópticos y reo-mecánicos. Instrumentos de medición. Aplicaciones en Física Biomédica.

### 35 INTERACCION DE IONES, ELECTRONES Y POSITRONES CON LA MATERIA

Impacto de iones, electrones y positrones veloces sobre blancos atómicos, moleculares y materia condensada. Estudio de reacciones de excitación, captura e ionización electrónica. Análisis de secciones eficaces múltiples diferenciales y totales. Mecanismos clásicos de captura de Thomas y binario de ionización. Patrones de interferencia en el espectro de electrones emitidos desde moléculas diatómicas. Mecanismos de intercambio de carga simple en las interacciones entre iones pesados con sólidos: Auger, resonante coherente y de capa atómica. Fundamentos de la espectroscopia de emisión por absorción de rayos X (XES) y de la dispersión inelástica resonante de rayos X (RIXS) con átomos, moléculas y sólidos.

### 36 INTERACCIÓN DE FOTONES CON LA MATERIA

Tratamiento básico de la interacción radiación-materia. Teoría general de la fotoionización de átomos. Estados de Volkov. Principios básicos de obtención de armónicos superiores y attopulsos. Interacción de attopulsos con átomos y moléculas. Experiencias de "pump and probe". Aproximación de campo fuerte. Modelos no perturbativos. Modelo de Coulomb-Volkov. Procesos multifotónicos. Modelos perturbativos dependientes del tiempo.

### 37 INTRODUCCION A LA FISICA NUCLEAR

Introducción a la Física Nuclear. Propiedades de los núcleos atómicos. Álgebra angular. Campo medio. Modelo de capas. Segunda cuantificación. Sección eficaz. Potencial óptico. Nucleosíntesis estelar. Resonador magnético nuclear. Datación.

### 38 INTRODUCCION A LA TEORIA DE COLISIONES

Teoría clásica de colisiones. Definición de secciones eficaz. Efectos Gloria y Arco Iris. Teoría cuántica de colisiones. Estados estacionarios de dispersión. Sección eficaz cuántica. Aproximación de Born, Resonancias. La función de Jost. Teoría semiclásica. Interferencia cuántica en el Arco Iris. Dispersión coulombiana. Dispersión de partículas idénticas. Colisión multicanal. Colisiones inelásticas. Captura electrónica y emisión de electrones. Colisiones atómicas de bajas energías. Colisiones inelásticas de bajas energías. Colisiones inelásticas en sistemas multielectrónicos.

### 39 INTRODUCCION A LA TEORIA DEL GRUPO DE RENORMALIZACION

Formalismo de la integral de camino. Propiedades de las integrales de camino. Teoría de perturbaciones y matriz S. Función de partición de campos escalares. Funcional para campos en interacción. Teoría "juguete"  $\Phi^4$ . Reglas de Feynman. Funcional de los diagramas conectados. Operador auto-energía y función vértice. Teoría Gauge. Ejemplo: Electrodinámica Cuántica (QED). Regularización. Renormalización. Contratérminos. Reglas de Feynman. Grupo de Renormalización  $\Phi^4$ . Ecuación del grupo de renormalización.

### 40 INTRODUCCIÓN A LAS TÉCNICAS DE RECONOCIMIENTO DE PATRONES Y CLASIFICACIÓN

Fundamentos de análisis de datos y desarrollo de aplicaciones en Python: Naturaleza, evolución y problemáticas del análisis de datos. Elementos y recursos del lenguaje Python. Representación y procesamiento de datos. Python en Astrofísica. Fundamentos de aprendizaje automático: Minería de datos. Máquinas de aprendizaje y técnicas extracción de conocimiento. Regresión, clasificación y agrupamiento. Aprendizaje automático en Astrofísica. Técnicas de reconocimiento de patrones y clasificación: Selección de atributos. Metodologías de validación de modelos. Problemas y modelos de regresión, clasificación y agrupamiento. Desarrollo de modelos observacionales en Astrofísica usando Python.

### 41 INTRODUCCION A LAS TEORIAS DE MEDIDA

Elementos de Geometría Diferencial. Topología. Álgebra lineal. Variedades. Espacios Tangentes. Campos y Formas. Nociones de Teoría de Grupos. Definición de grupo. Grupos de Lie y Álgebra de Lie. Grupos de simetría. Grupos de Lie matriciales SU(2) y SO(3) como grupos de Lie. Grupo de Lorentz y grupo de Poincaré. Variables de Grassmann. Teorema de Noether. Teorías de Gauge. Simetrías espacio-temporales. Simetrías internas o Gauge. El Electromagnetismo como teoría de Gauge. Teorías de Yang-Mills. ¿Qué es una teoría de Yang-Mills para la Teoría de Campos? Teorías de Yang Mills a partir de la geometría diferencial. Grupos de Simetrías.

#### 42 INTRODUCCIÓN A LOS MATERIALES CERÁMICOS

Estructura atómica y molecular. Uniones químicas. Estructuras cristalinas y no cristalinas. Defectos puntuales y superficiales, monocristales, policristales y borde de grano y no cristalinos. Fenómenos de Superficie. Difusión. Microestructura. Fases. Diagramas de equilibrio de fases, sistemas binarios y ternarios. Nucleación y crecimiento y Separación Espinodal. Propiedades: físicas, mecánicas, eléctricas y magnéticas de los materiales cerámicos. Conformado. Sinterización. Técnicas de Caracterización.

#### 43 INTRODUCCION AL METODO DE MONTE CARLO

Introducción actualizada a las simulaciones de Monte Carlo en física estadística clásica. Sistemas de equilibrio. Sistemas fuera de equilibrio. Algoritmos, incluidos los de Metrópolis y los de baño de calor, el tiempo continuo de Montecarlo, los algoritmos de conglomerados y el muestreo entrópico.

#### 44 LA INTEGRAL FUNCIONAL EN TEORIA CUANTICA DE MUCHOS CUERPOS

Segunda cuantificación. Estados coherentes. Integral de camino de Feynman. Formulación en tiempo imaginario de Matsubara. Función de partición de sistemas cuánticos de muchos cuerpos. Formulación de la integral de camino de Feynman mediante estados coherentes para bosones y variables de Grassman para fermiones. Teoría perturbativa. Funciones de Green. Diagramas de Feynman. Parámetros de orden. Ruptura de simetría.

#### 45 LA MATRIZ DENSIDAD.APLICACIONES EN FISICA ATOMICA

Teoría general de la matriz densidad. Sistemas acoplados. Componentes irreducibles de la matriz densidad. Emisión de radiación desde átomos y moléculas. Quantum beats.

#### 46 LASER Y OPTICA EN CIENCIAS E INGENIERÍA

Láseres sólidos, gaseosos, líquidos- Cavidades resonantes - Medio activo -Modos de emisión - Switch - Polarizadores - Cristales dobladores - Amplificadores - Sistemas de disparo- Sistemas de sincronismo.

#### 47 MAGNETISMO CUANTICO

Propiedades magnéticas de la materia. Magnetismo clásico. Magnetismo cuántico de momentos independientes. Átomos multielectrónicos. Campo cristalino. Moléculas. Mecanismos de intercambio. Modelos de Heisenberg, de Hubbard y de impurezas magnéticas.

#### 48 MATERIALES COMPUESTOS

Clasificación. Fenómenos sinérgicos. Matrices: poliméricas, metálicas y cerámicas. Refuerzos: fibras de vidrio, grafito, poliamídicas, nanopartículas y nanotubos de carbono.

Metálicos. Híbridos Interfases. Diseño y manufactura. Propiedades elásticas. Teoría de laminados. Micromecánica de la fractura. Aspectos estadísticos de la falla de compuestos.

#### 49 MATERIALES POLIMERICOS

Clasificación. Caracterización: Peso molecular y distribución. Orden y morfología en el estado sólido, Soluciones y mezclas. Compatibilidad. Propiedades térmicas. Transiciones. Degradación. Síntesis. Procesamiento. Reología. Propiedades mecánicas. Teoría de elasticidad del caucho. Viscoelasticidad lineal. Superposición tiempo-temperatura. Ensayos dinámicos.

#### 50 MECANICA CLASICA AVANZADA

Transformaciones canónicas. Geometría simpléctica del espacio de las fases. Corchetes de Poisson. Ecuación de Hamilton-Jacobi. Sistemas integrables. Variables de acción-ángulo. Teoría perturbativa canónica. Invariantes adiabáticos. Aspectos geométricos de la Mecánica.

#### 51 MECANICA CUANTICA SUPERIOR

Estructura Atómica y Molecular. Átomos multielectrónicos. Tabla periódica. Moléculas diatómicas y poliatómicas sencillas. Simetría molecular. Introducción a la interacción radiación-materia. Segunda cuantificación. Elementos de espectroscopia atómica y molecular. Ecuación de Dirac. Medición e interpretación en Mecánica Cuántica. Desigualdades de Bell. Influencia de la Mecánica Cuántica en otras disciplinas científicas. Teoría de la decoherencia. Aplicaciones de la Mecánica Cuántica. Información cuántica. Teletransportación de estados cuánticos. Criptografía cuántica. Computación cuántica.

#### 52 MECANISMOS Y TEORIAS DE FATIGA

Comportamiento cíclico de los metales. Mecanismos de deformación cíclica. El efecto de la microestructura sobre las propiedades mecánicas cíclicas. Endurecimiento y ablandamiento cíclico. Predicción de la vida en fatiga de los materiales.

#### 53 MEDIOS CONTINUOS

Teoría de elasticidad y transferencia de calor en medios continuos. Métodos de elementos finitos. Aplicaciones.

#### 54 METALURGIA FISICA I

Termodinámica metalúrgica. Diagrama de fase. Soluciones sólidas y fases intermedias. Defectos puntuales. Difusión dislocaciones y fallas de apilamiento. Bordos de grano. Comportamiento mecánico. Endurecimiento. Texturas. Termofluencia. Fractura. Recuperación y recristalización.

## 55 METALURGIA FISICA II

Solidificación. Transformaciones de Fase en estado sólido. Transformaciones alotrópicas. Precipitación en soluciones sólidas metálicas. Transformaciones eutéctoides y martensíticas. Corrosión.

## 56 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

Tesis como resultado de un proceso de investigación. El problema de investigación. Relaciones entre el tipo de interrogantes y el tipo de investigación. La formulación de las hipótesis. Los objetivos de la investigación. El diseño de la investigación. La recolección de datos y su inserción en el plan. La escritura de la tesis.

## 57 METODOS DE CALCULO DE BANDAS DE ENERGIA EN SOLIDOS

Propiedades generales de las bandas de energía. Métodos de orbitales de Muffine Tin (MTO). Onda plana aumentada (APW). Korringa–Kohn–Rostoker (KKR). Pseudopotenciales.

## 58 METODOS MATEMATICOS APLICADOS A TEORIAS DE MEDIDAS SUPERSIMETRICAS

Elementos de Geometría Diferencial. Topología. Álgebra lineal. Variedades diferenciales. Espacios Tangentes. Campos y Formas. Nociones de Teoría de Grupos. Definición de grupo. Grupos de Lie y Álgebra de Lie. Grupos de simetría. Grupos de Lie matriciales  $SU(2)$  y  $SO(3)$  como grupos de Lie. Grupo de Lorentz y grupo de Poincaré. Variables de Grassmann. Teorías de Gauge. Simetrías espacio-temporales. Simetrías internas o Gauge. El Electromagnetismo como teoría de Gauge. Teorías de Yang-Mills. Teorías de Yang Mills a partir de la geometría diferencial. Formulación de la integral de camino en la Teoría de Campos. La función generatriz. Significado físico de las funciones de Green. Formalismos de Dirac, Canónico Exterior y Faddeev-Jackiw. Comparación entre ambos formalismos. Comparación con formalismos alternativos. Descomposición espacio-tiempo. Teoría de campos conforme. Dilataciones. Transformaciones conformes especiales. Generadores del grupo conforme. Aplicaciones a diversos modelos de Gravedad y Supergravedad.

## 59 METODOS NUMERICOS EN FISICA DE LA MATERIA CONDENSADA

Modelos en segunda cuantificación sobre una red. Modelo de Hubbard. Modelo de Anderson. Diagonalización exacta. Espacios de Krylov. Algoritmo de Lanczos. Propiedades estáticas y funciones de correlación. Formalismo de fracciones continuas para el cómputo de propiedades dinámicas. Métodos de Monte Carlo. Muestreo de importancia. Cadenas de Márkov. Algoritmo de la línea de universo. Método de Grupo de Renormalización Matriz Densidad (DMRG). Aplicaciones para óxidos de metales de transición, superconductividad no convencional, y magnetismo en bajas dimensiones

## 60 MICROSCOPIA DE FUERZA ATOMICA

Introducción a los principios básicos de la Microscopía de barrido por sondas. Descripción básica de distintas técnicas actuales. Microscopía de fuerza atómica (AFM). El microscopio AFM. Principios básicos de la técnica de AFM .Otros ejemplos de SPM. Softwares de control y de tratamiento de imágenes. Aplicaciones.

## 61 MICROSCOPIA ELECTRONICA DE BARRIDO Y TECNICAS ASOCIADAS

Microscopio Electrónico de Barrido. Scanning Electron Microscope (SEM. Emisores. Lentes electrónicas. Interacción del Haz de electrones con las muestras. Formación e interpretación de imágenes. Mediciones en base a Rayos X: EDS y WDS. Espectrometría por dispersión de energía y de longitud de onda. Difracción por electrones retrodifundidos. Técnica de EBSD. Preparación de muestras. Imágenes de alta resolución. Microscopía electrónica de bajo vacío y en bajo voltaje.

## 62 MICROSCOPIA ELECTRONICA DE TRANSMISION

Poder de Resolución. El Microscopio Electrónico. Imágenes Electrónicas. Origen del Contraste Electrónico. Focalización de un Haz de Electrones por un Campo Magnético de Revolución. Lentes Magnéticas Delgadas. Aberración Esférica, Astigmatismo, Aberración Cromática, Aberración por Difracción. El instrumento. Teoría Cinemática de la difracción de electrones. Difracción de electrones. Amplitud difractada en aproximación cinemática. Factor de forma, factor de estructura y red recíproca. Ley de Bragg. Construcción de Ewald. Patrón de difracción. Indexación de patrones. Zonas de Laue. Bandas de Kikuchi. Orientación de cristales Condición de dos haces. Vector de desviación. Campo claro y campo oscuro.

## 63 OPTICA APLICADA I

Propagación de campos ópticos. Elementos de la teoría de interferencia. Teoría escalar de la difracción. Ecuación de Helmholtz. Teorema integral de Helmholtz-Kirchoff. Difracción de Fraunhofer y Fresnel. Teoría de la coherencia. Coherencia espacial y temporal. Longitud de coherencia. Efectos de las lentes en la difracción. Propagación de haces gaussianos. Propagación de la radiación electromagnética en cristales anisótropos. Propagación en cristales uniaxiales. Efecto electro-óptico lineal. Efecto electro-óptico cuadrático.

## 64 OPTICA APLICADA II

Óptica de Fourier. Procesamiento de imágenes. Holografía. Reconocimiento de caracteres. Aplicaciones de la óptica coherente en metrología óptica. El fenómeno de Speckle. Fotografía de Speckle. Interferometría de Speckle digital. Análisis de datos en interferometría de Speckle digital.

## 65 PRINCIPIOS DE SECADO

Secado, cocción, destilación y pozas solares. Secado solar de alimentos. Secaderos solares: directo, indirecto, mixto y silos. Cocción solar de alimentos. Cocinas solares. Destilación solar de aguas. Pozas colectoras de radiación solar.

## 66 PROCESAMIENTO DE DATOS

Lenguajes de programación: arquitectura de sistemas; algoritmos y estructuras de datos; codificación en lenguajes formales de distinto nivel de abstracción y diverso rango de aplicación. Métodos numéricos: errores; interpolación y ajuste; integración numérica; sistemas de ecuaciones diferenciales ordinarias; ecuaciones diferenciales en derivadas parciales; sistemas estocásticos; métodos de Monte Carlo. Simulación. Procesamiento de datos: generación de modelos; modelos paramétricos y no paramétricos; ajuste y validación; análisis inteligente de datos: redes neuronales artificiales; métodos estocásticos; computación evolutiva. Procesamiento de datos no-numéricos. Aplicaciones.

## 67 PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

Sistemas lineales en dos dimensiones. Invariancia frente a desplazamientos. Funciones de transferencia. Señales aleatorias. Campos aleatorios discretos. Función de densidad de potencia espectral. Discretización y cuantización de imágenes. Formación y registro de imágenes con cámaras de video. Sistemas de procesamiento digital de imágenes. Teorema de muestreo y frecuencia de Nyquist. Transformada de Fourier discreta en dos dimensiones. Algoritmos para evaluar FFT. Transformadas coseno y seno. Realce de imágenes. Modificación del histograma. Ecuación. Filtros. Magnificación e interpolación. Restauración de imágenes. Ruido. Filtrado inverso y de Wiener. Análisis de imágenes. Detección de bordes. Momentos. Segmentación de imágenes. Operación de Threshold. Conectividad en imágenes binarias. Contornos. Erosión y dilatación. Determinación de esqueletos. Parámetros para clasificar imágenes. Técnicas de clasificación de imágenes.

## 68 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES CERAMICOS

Definiciones, clasificaciones y composición. Estructura. Propiedades mecánicas de los cerámicos. Propiedades térmicas y termomecánicas de los materiales cerámicos. Propiedades ópticas de los cerámicos, vidrios. Propiedades eléctricas y ferroeléctricas. Propiedades magnéticas.

## 69 PROPIEDADES FISICAS Y FISICOQUIMICAS DE MACROMOLECULAS DE INTERES BIOLÓGICO

Orígenes. Modelo inicial. Estudios computacionales de la estructura biomolecular. Modelo y energía. Electroestática de macromoléculas. Dinámica de macromoléculas. Resolución de estructuras de proteínas por la técnica de cristalografía de rayos X. Resonancia magnética nuclear. Determinación de estructura. Aplicaciones.

#### 70 PROPIEDADES MECANICAS

Materiales: estructura, propiedades y comportamiento. Elasticidad y viscoelasticidad. Plasticidad. Defectos en las redes cristalinas. Efecto de los defectos en la deformación plástica. Monocristales y policristales. Geometría de deformación y endurecimiento por trabajo. Fatiga.

#### 71 PROPIEDADES OPTICAS DE SOLIDOS

Interacción radiación con la materia en el formalismo de la segunda cuantificación. Absorción de la radiación infrarroja y dispersión de luz visible. Efecto Raman por fonones. Reglas de selección.

#### 72 PROPIEDADES Y TECNOLOGIAS EN VIDRIO

Definición. Sistema. Criterios de formación. Mecanismos y modelos. Tipos de vidrios, estructuras, relación estructura-propiedades. Métodos experimentales. Propiedades: reológicas, ópticas, eléctricas, mecánicas. Tecnologías de fabricación tradicionales y actuales según aplicaciones.

#### 73 RADIOASTRONOMIA

Introducción histórica. Importancia. Definiciones de intensidad de radiación, brillo y densidad de flujo. Ecuaciones de transporte radiativo. Antenas. Parámetros de antena. Receptores. Temperatura de ruido. Interferometría. Mecanismos de radiación: térmico y sincrónico. Aplicaciones. Regiones H II. Remanentes de supernova. Pulsares. La galaxia en el continuo. La línea de 21 cm del HI. Estructura espiral de la galaxia. Nubes de alta velocidad. Líneas de recombinación y moleculares. Máseres. Galaxias en el continuo y líneas de HI y de CO. Quásares.

#### 74 REACTORES NUCLEARES

Procesos convencionales de transferencia de calor y mecánica de fluidos. Conducción del calor. Transferencia de calor en barras y placas combustibles. Evolución de temperaturas a lo largo de un canal combustible. Aplicaciones. Mecánica de fluidos en simple y doble fase. Características básicas de un escurrimiento. Circuitos hidráulicos. Flujos bifásicos agua-vapor. Ecuaciones de balance. Velocidad sónica y flujo crítico. Procesos de transferencia de calor en

doble fase. Ebullición en pileta. Flujo calórico crítico. Transferencia de calor por sobre el flujo calórico crítico. Aplicaciones. Programas de cálculo. Aplicaciones a reactores y centrales nucleares. Transitorios y accidentes.

#### 75 REDES NEURONALES ARTIFICIALES: FUNDAMENTOS Y APLICACIONES

Las redes neuronales artificiales. Aprendizaje automatizado: Aprendizaje Bayesiano. Aprendizaje basado en ejemplos. Algoritmos genéticos. Algoritmos, hardware potenciado y la disponibilidad de grandes bases de datos. Capas de procesamiento de los datos. Aplicaciones: reconocimiento de imágenes, reconocimiento de voz, traducción de texto. Aprendizaje Profundo (Deep Learning) en aplicaciones tecnológicas.

#### 76 RELATIVIDAD GENERAL

Introducción geométrica. Principios de Relatividad y Equivalencia. Ecuación de Einstein. Prueba experimental de la Relatividad General. Aplicaciones.

#### 77 RESONANCIA MAGNETICA: TEORIA Y APLICACIONES

Resonancias nucleares y electrónicas. Análisis de las resonancias. Acoplamiento entre espines. Resonancia magnética nuclear. Resonancia magnética electrónica. Estudio de metales de transición. Relación spin-red. Técnicas de resonancia magnética.

#### 78 SISTEMAS CUANTICOS UNIDIMENSIONALES Y TEORIAS DE CAMPOS CONTINUOS

El gas de electrones en una dimensión. Fallas de la teoría perturbativa. Teoría efectiva de bajas energías. Bosonización. Funciones de correlación. Grupo de renormalización. Diagrama de fases. Representación mediante teoría de campos de modelos microscópicos. El modelo de Hubbard. Cadenas de spin. Soluciones por bosonización del modelo de Heisenberg en 1D. Frustración. Dimerización. La aproximación semiclásica. Solitones. Introducción a las soluciones exactas de teorías de campo en 1D.

#### 79 SUPERCONDUCTIVIDAD

Fenomenología de un superconductor. Teoría macroscópica de un superconductor. Teoría microscópica de un superconductor. Temperatura crítica superconductor, resistencia cero, diamagnetismo perfecto. Experimentos fundamentales. Interpretación teórica. Nuevos materiales superconductores. Aplicaciones tecnológicas.

#### 80 TECNICAS DE TEORIA DE CAMPOS APLICADAS A MATERIA CONDENSADA

Elementos de Geometría Diferencial. Topología. Álgebra lineal. Variedades diferenciales. Espacios Tangentes. Campos y Formas. Nociones de Teoría de Grupos. Definición de grupo. Grupos de Lie y Álgebra de Lie. Grupos de simetría. Grupos de Lie matriciales  $SU(2)$  y  $SO(3)$

como grupos de Lie. Grupo de Lorentz y grupo de Poincaré. Variables de Grassmann. Teorías de Gauge. Simetrías espacio-temporales. Simetrías internas o Gauge. Teorías de Yang Mills a partir de la geometría diferencial. Formulación de la integral de camino en la Teoría de Campos. El Electromagnetismo como teoría de Gauge. Teorías de Yang-Mills. La función generatriz. Significado físico de las funciones de Green. La función generatriz en el espacio euclídeo. Formalismos de Dirac, Canónico Exterior y Faddeev-Jackiw. Formalismo de segundo orden. Descomposición espacio-tiempo. Aplicaciones a la Materia Condensada: El modelo t-J y los operadores de Hubbard. El modelo de Heisenberg para el antiferromagneto cuántico. Modelo t-J desde distintos enfoques. La expansión a N grande (Large-N). Correlación carga-carga, spin-spin y funciones espectrales.

#### 81 TECNICAS ESPECIALES EN FISICA DE SUPERFICIES

Técnicas Experimentales en Física de Superficies. Técnicas que proveen información directa de la red real: HRTEM, FIM, STM. Técnicas que proveen información directa de la red recíproca: LEED, (dispersión de haces atómicos o moleculares; Atomic or Molecular beam scattering), difracción de rayos X por haz rasante (Grazing X ray Diffraction). Técnicas que proveen Información indirecta de la estructura atómica SEXAFS, PHD, ESD-PSD, ion scattering. Otras técnicas: AES

#### 82 TECNICAS EXPERIMENTALES EN FISICA DEL PLASMA

Técnicas de generación de plasmas termonucleares. Líneas de transmisión. Sistemas de almacenamiento y descarga de energía. Altas tensiones. Llaves de descarga rápidas. Compresión de pulsos. Técnicas de diagnóstico en plasmas. Sondas eléctricas y magnéticas. Técnicas de medición de pulsos cortos e intensos de tensión y corrientes. Sistemas integradores.

#### 83 TECNOLOGIA DE LOS MATERIALES CERAMICOS

Materias primas. Caracterización físico-química y tecnológica. Preparación de pastas. Procesamiento: colado, prensado y moldeado. Comportamiento térmico. Microestructura y propiedades. Otras tecnologías.

#### 84 TEMAS DE FISICOQUIMICA DE SUPERFICIE

Interpretación y el desarrollo de modelos de interacciones sólido-gas. Aspectos químicos, físicos y electroquímicos. Propiedades eléctricas en la superficie de un sólido. Desarrollo de dispositivos para la detección de gases en un enfoque de sistema. Interacciones sólido-gas. Contribución de los grandes elementos metálicos a los procesos electrónicos asociados con las interacciones sólido-gas.

## 85 TEORIA CUANTICA DE CAMPOS I

Orígenes de la teoría cuántica de campos. Tratamiento de Dirac del problema de la radiación del cuerpo negro. Invariancia de Lorentz. Covariancia de Lorentz de las leyes de Maxwell. Teoría clásica de campos. Simetrías y leyes de conservación. Teorema de Noether. Teoría perturbativa de campos. La matriz S. Propagadores de Feynman. Diagramas de Feynman. Acoplamientos. Orden normal y teorema de Wick.

## 86 TEORIA CUANTICA DE CAMPOS II

Introducción a la Teoría de Campos con interacción. Hamiltoniano. Representación de Schrödinger, Heisenberg y Dirac. Solución perturbativa. Propiedades de la matriz S. Covariancia relativista. Unitariedad. Causalidad. El Lagrangiano de interacción y la matriz S. Causalidad, covariancia y unitariedad para  $S_n$ . Determinación explícita de  $S_1(x)$  y  $S_2(x, y)$ . Producto cronológico de operadores locales. Teorema de Wick: evaluación del producto cronológico. Reducción de la matriz S a su forma normal. Coeficiente de la matriz de scattering. Diagramas de Feynman y reglas de correspondencia. Representación en el espacio de los momentos.

## 87 TEORIA CUANTICA DE MUCHOS CUERPOS

Partículas indistinguibles. Representación del número de ocupación. Modelo jellium del gas de electrones. Teoría de campo medio. Aproximación de Hartree-Fock. Teorema de Wick. Funciones respuesta. Teorema de fluctuación-disipación. Aproximación de respuesta lineal. Dispersión de neutrones. Conductividad eléctrica. Constante dieléctrica. Funciones de Green a tiempo real. Espectroscopia de fotoemisión resuelta en ángulo. Función de Green de tiempo imaginario. Desarrollo perturbativo mediante diagramas de Feynman. Ecuación de Dyson. Aplicaciones de la técnica diagramática: modelo de gas de electrones e interacción electrón-fonón. Random Phase Approximation (RPA). Interacción de Coulomb apantallada. Función dieléctrica. Plasmones. Aproximación de Born autoconsistente (SCBA).

## 88 TEORIA DE CAMPOS EN EL ESPACIO CURVO

Gravedad cuántica semiclásica. El problema del vacío cuántico. La renormalización del tensor energía-momento. El vacío débil o fuerte.

## 89 TEORÍA DE GRUPOS. APLICACIONES EN FISICA

Elementos de la teoría de grupos. Grupos de simetría discretos. Representaciones de grupos finitos. Reducibilidad. Representaciones irreducibles de grupos particulares. Aplicaciones al cálculo de elementos de matrices y resolución de problemas de autovalores: teorema de Wigner-Eckart. Simetría de tensores materiales. Simetrías de estados electrónicos y

vibracionales en sólidos cristalinos. Reglas de selección para transiciones. Absorción infrarroja y dispersión Raman. Nociones de grupos continuos de Lie.

#### 90 TEORIA DE GRUPOS Y ESTRUCTURA ELECTRONICA DE SOLIDOS

Definiciones de grupos. Representación de grupos. Teoría de grupos y mecánica cuántica. Electrones en moléculas. Aproximación de partícula Independiente y estructura de bandas. Funciones de Waunier y sus propiedades de simetría.

#### 91 TEORÍA DE LA FUNCIONAL DENSIDAD

Principio variacional para el estado fundamental. Ecuaciones de Hartree-Fock. Teorema de Hohenberg-Kohn. Método de Kohn-Sham. Aproximación de Densidad Local (LDA) y de gradientes (GGA). Métodos para resolver las ecuaciones de Kohn-Sham. Sistemas periódicos y Teoría de Bandas. Aplicaciones de DFT en átomos, moléculas y sólidos.

#### 92 TEORIA DE LA INFORMACION

Teoría de la información; Entropía de distribuciones. Reformulación de la mecánica estadística clásica mediante el principio de máxima entropía. Matriz densidad. Mecánica estadística cuántica. Optimización de valores medios mediante el formalismo de Lagrange. Aplicaciones.

#### 93 TEORÍAS EFECTIVAS DE SISTEMA DE MATERIA CONDENSADA

Materia Condensada vs Física de Partículas. Teorías Efectivas para la Dinámica de la Red. Segunda cuantificación. Teorías Efectivas para sistemas electrónicos unidimensionales. Integral de Camino de Feynman. Integral de Camino para bosones, fermiones y espines. Teoría de Perturbaciones. La teoría efectiva para un metal, la teoría de Landau del líquido de Fermi.

#### 94 TEORIA FORMAL DE COLISIONES ATOMICAS

Teoría formal de colisiones. Representación interacción. Problemas de tres cuerpos con reordenamiento. Captura electrónica e ionización electrónica. Diagramas desconectados. Divergencia de la serie de Born. Condiciones de contorno asintóticas. Modelos de onda distorsionada. Formalismo de Dodd and Greider. Ecuaciones de Fadeev.

#### 95 TEXTURAS CRISTALOGRAFICAS EN MATERIALES METALICOS, CERAMICOS, MINERALES Y COMPUESTOS

Texturas cristalográficas y anisotropía de las propiedades de materiales policristalinos. Laminado y embutido de aceros. Tratamientos Térmicos.

#### 96 TOPICOS DE MATERIA CONDENSADA

Efectos anarmónicos en cristales. Fonones en metales. Métodos para calcular y medir estructura de bandas. Propiedades ópticas de sólidos. Plasmones, polaritones, polarones y excitones. Defectos puntuales. Efectos de superficie. Sólidos no cristalinos.

#### 97 TOPICOS ESPECIALES EN FISICA DEL ESTADO SOLIDO

Técnicas espectroscópicas. Modelos para cálculo de densidad de estados. Transporte en sólidos. Defectos en semiconductores. Sistemas desordenados.

#### 98 TRANSFORMACIONES DE FASE

Recristalización. Transformaciones de fase en estado sólido. Transformaciones de fase en el sistema Fe-C y en aleaciones especiales. Diagramas TTT y de enfriamiento continuo.

#### 99 TRANSICIONES DE FASES EN MATERIA CONDENSADA

Clasificación de las transiciones. Rol de los modelos microscópicos. Las transiciones de fases como ruptura de simetrías. Parámetros de orden. Exponentes críticos. Universalidad. Teoría de campo medio. Energía libre de Landau. Funcional de Landau-Ginzburg. Integral de camino de Feynman. Dimensión crítica superior. Simetrías continuas. Modos de Goldstone. Teorema de Mermin-Wagner. Dimensión crítica inferior. Mecanismo de Anderson-Higgs. Transición de Kosterlitz-Thouless. Grupo de renormalización.

#### 100 OTRAS ASIGNATURAS O CURSOS QUE ANUALMENTE APRUEBE EL CONSEJO DIRECTIVO