

**CENTRO DE INVESTIGACION Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL  
IPN**



**Departamento de Ingeniería Eléctrica**

**Sección de Bioelectrónica**

**1996**

## **Presentación**

El programa de Maestría en Bioelectrónica debe su origen, a la existencia de necesidades reales y específicas en el campo de la bioinstrumentación electrónica con aplicación en las áreas médico-biológicas. Estas necesidades, han generado la urgencia de formar profesionistas especializados de alto nivel para diseñar, innovar y adecuar técnicas e instrumentos que permitan llevar a cabo tareas relevantes a nivel mundial de investigación científica y tecnológica. El programa de Maestría en Bioelectrónica fue el primero de su tipo en el país y la calidad de los egresados ha hecho posible su reconocimiento por universidades extranjeras que han validado los estudios de nuestros estudiantes cuando han continuado sus estudios de doctorado.

Por la filosofía del programa, la Sección de Bioelectrónica ha diseñado y construido más de un centenar de equipos con incidencia real en el campo de uso y algunos de ellos han sido reproducidos hasta en 70 ejemplares. Estas acciones le han permitido a la Sección, contar con el reconocimiento, tanto de los usuarios como de sociedades científicas de reconocido prestigio.

**Dr. Pablo Rogelio Hernández Rodríguez**  
**Coordinador Académico**

## Introducción

La Sección de Bioelectrónica inició sus actividades en 1971, teniendo como Coordinador, a su fundador el Maestro en Ciencias Joaquín Remolina López y fue en el año de 1974 cuando obtuvo, con el apoyo del Doctor Antonio Morales Aguilera, en ese tiempo, jefe del Departamento de Farmacología y Toxicología, su reconocimiento oficial como Sección. Durante 18 años la Sección fue parte de ese Departamento y a partir de diciembre de 1990 se integró al Departamento de Ingeniería Eléctrica.

## Objetivo

El objetivo principal de la Sección de Bioelectrónica es la formación de especialistas e investigadores de alta calidad en el área de la Bioinstrumentación, de tal manera que los estudiantes, al terminar sus estudios en esta especialidad, estarán capacitados para desarrollar, diseñar, innovar, e implementar trabajos de investigación aplicada en las áreas de la instrumentación biológica. Esto quiere decir que el estudiante, al obtener su grado de Maestro en Ciencias, tendrá el dominio de principios básicos y avanzados de funcionamiento y de diseño de los instrumentos que se aplican en la Medicina, Biotecnología, Análisis Químico y otras áreas de la Biología. Además, el estudiante tendrá la experiencia de haber diseñado, construido y desarrollado algunos instrumentos con aplicación en un área de la Biología. Para obtener el grado de Doctor en Ciencias, además de cumplir con lo establecido en la formación de Maestros en Ciencias, el estudiante deberá demostrar su capacidad para innovar o para proponer nuevas metodologías en el desarrollo de instrumentación aplicada a las áreas médico-biológicas, todo esto sumado a los requisitos exigidos por el CINVESTAV.

## Áreas de Investigación

Las áreas de investigación que actualmente cultiva la Sección de Bioelectrónica son las siguientes:

**1) Bioinstrumentación y tratamiento de señales:** Dr. Lorenzo Leija Salas, M. en C. Ernesto Suaste Gómez, M. en C. David Elías Viñas, M. en C. Carlos Alvarado Serrano y M en C. Alfonso Gutiérrez Aldana.

- Uso de la radiación electromagnética en baja y alta frecuencia con fines terapéuticos.
- Metodología instrumental para la determinación paramétrica del nistagmo.
- Desarrollo de sistemas de registro, adecuación, captura y monitoreo de señales

electrofisiológicas.

- Uso de la tecnología láser en microcirugía.
- Desarrollo de sistemas para telemetría implantable.

**2) Rehabilitación:** M. en C. Roberto Muñoz Guerrero y M. en C. Arturo Minor Martínez.

- Control de prótesis para extremidad superior.
- Procesamiento verbal y ocular.

**3) Diseño de circuitos integrados de uso específico, sensores y transductores.** M. en C. Joaquín Remolina López, Dr. Pablo Rogelio Hernández Rodríguez.

- Diseño y desarrollo de circuitos integrados de uso específico con aplicación a la biología.
- Diseño y desarrollo de sensores químicos de estado sólido tipo ISFET.

## **Infraestructura**

La Sección de Bioelectrónica cuenta con equipo electrónico de laboratorio, equipo computacional, un taller mecánico y una biblioteca departamental para el apoyo del diseño y desarrollo de bioinstrumentación, además con relaciones académicas, científicas y de desarrollo tecnológico, nacionales e internacionales con otros grupos, que bajo convenios, se lleva a cabo una colaboración multidisciplinaria.

## **Requisitos de ingreso a la Maestría**

Para ser admitidos como candidato al programa de maestría, se deberán acreditar los siguientes requisitos:

- Título de Ingeniero en Electrónica, Electricidad o área Biomédica afín a estas especialidades.
- Presentar un examen de conocimientos y/o los cursos de prerequisites, además una entrevista con profesores asignados al caso.
- Tener Promedio Mínimo de 8

-Conocimiento del Idioma Inglés a Nivel Intermedio (recomendable)

-Llenar por duplicado una solicitud de admisión y entregar original y dos fotocopias de los siguientes documentos (los originales se regresarán una vez cotejados con las copias):

-Certificado de estudios de licenciatura

-Título de licenciatura

-Constancias o certificados de otros estudios o actividades académicas

-Acta de nacimiento

-Carta de Intención

-Curriculum Vitae

-Dos cartas de recomendación de profesores de la institución de procedencia (original y copia)

-Tres fotografías tamaño infantil (2.5 cm x 3 cm).

-Dos copias de constancias o certificados de participación en seminarios, cursillos, etc.

Los estudiantes de nacionalidad extranjera deberán presentar además:

-Original y copia del pasaporte

-Original y copia de la forma migratoria (F.M.9)

La documentación correspondiente será entregada a la Coordinación Académica de la Sección de Bioelectrónica.

## **Calendario**

La admisión se realiza una vez al año de la siguiente forma:

-Recepción de Documentos: Durante los meses de mayo y junio

-Examen de selección y entrevista: Segunda semana de julio de cada año

-Inicio de la Maestría: 1o. de septiembre de cada año

## **Control Escolar**

### **Inscripciones**

Durante los primeros quince días de cada cuatrimestre los estudiantes solicitarán su inscripción a dicho período, previamente autorizada por su asesor. Una vez transcurrido el número de períodos estipulados en el programa de posgrado, el estudiante tendrá derecho a inscribirse a los períodos adicionales que consideren el asesor y alumno para la terminación del proyecto.

## **Escala de calificaciones**

Las calificaciones serán evaluadas con la siguiente escala alfabética:

**A, B y C Aprobatorias**  
**R Reproboria**

El promedio obtenido por cuatrimestre, no deberá ser inferior a B. En caso de que el estudiante no obtenga ese promedio, es decir, que tenga una o más calificaciones de C sin compensar (una A compensa una C), se le permitirá permanecer en el programa el siguiente cuatrimestre condicionado a la regularización de su situación.

Nota: Las calificaciones de C en cursos sólo podrán ser compensadas por calificaciones de A obtenidas en cursos, y no el trabajo de tesis.

### **Bajas:**

#### ***Baja temporal***

El estudiante causará baja temporal del cuatrimestre (no en materias individuales) a solicitud suya. Las solicitudes de baja deberán comunicarse al Coordinador Académico antes de la terminación del cuatrimestre respectivo.

#### ***Definitiva***

El estudiante causará baja definitiva del programa de Maestría en los siguientes casos:

- Si en el transcurso de su posgrado acumula 4 calificaciones "C". Sólo tendrá permitido 3 calificaciones "C" si el promedio mínimo resultante es "B", como lo establece Servicios Escolares del CINVESTAV. Asimismo, se permitirán 2 calificaciones "C", como máximo en un cuatrimestre, si el promedio mínimo de "B" se mantiene.
- Si el estudiante obtiene una calificación de "R" en alguno de sus cursos. El estudiante tiene derecho a apelar, ante el Colegio de Profesores, a través del Coordinador Académico, durante los siguientes cinco días hábiles a la fecha en la que se le sea comunicada la obtención de la R por el Coordinador Académico. La resolución del Colegio de Profesores será inapelable.
- Por conducta incorrecta. El Colegio de Profesores podrán dar de baja a los estudiantes que cometan faltas graves de conducta o de ética profesional o personal, su dictamen es inapelable.

## **Cambio de Programa**

El estudiante podrá cambiar de programa siempre y cuando otro programa lo acepte. La forma en que cada programa de posgrado acepta a los estudiantes que provienen de otros programas, queda a criterio de cada programa receptor, de lo cual los estudiantes deberán ser notificados ampliamente. Una vez aprobado el cambio de programa, el CINVESTAV apoyará al estudiante, si éste fuese el caso, ante las instituciones otorgantes de la beca para el cambio correspondiente.

## **Reinscripción**

El estudiante podrá solicitar al Coordinador Académico del programa su reinscripción después de una baja temporal. La petición debe contar con el visto bueno de su asesor, cuando el estudiante haya causado baja temporal durante el desarrollo de sus tesis. Cuando la baja ocurra durante el primero o segundo cuatrimestre del programa, el estudiante deberá esperar un año para reiniciar su programa. A partir del tercer cuatrimestre, si la baja temporal fue menor a un año, la reinscripción procede automáticamente y en el caso de bajas mayores a un año y hasta tres, será el colegio de profesores quién decidirá de la procedencia de la reinscripción, ya que se requiere revisar la actualidad del tema de tesis correspondiente. Después de tres años el estudiante deberá forzosamente reiniciar su programa.

No podrá ser admitido a un programa de posgrado ningún estudiante que haya obtenido una calificación de "R" o haya sido dado de baja permanente en algún otro programa de maestría o doctorado del CINVESTAV.

## **Tema de tesis**

El tema del trabajo de tesis será definido por el asesor y evaluado por el colegio de profesores.

## **Avances de Tesis**

Todos los estudiantes de la Sección de Bioelectrónica que se encuentren realizando su trabajo de tesis, deberán presentar obligatoriamente al menos un avance de tesis después de un cuatrimestre de haber sido designado el tema.

## **Tesis**

El estudiante deberá entregar su tesis a su asesor, para que sea él, en primera instancia, quien juzgue si ésta ha sido terminada satisfactoriamente. El estudiante entregará al Coordinador Académico las copias necesarias de su tesis, quien las distribuirá a los miembros del jurado seleccionado. El jurado dispone de dos semanas, si la tesis es de maestría, y cuatro si es de

doctorado, para entregar un dictamen por escrito incluyendo las recomendaciones, modificaciones y correcciones. Efectuadas las modificaciones y correcciones que procedan, el jurado entregará mediante una comunicación dirigida al Coordinador Académico, su autorización del trabajo de tesis para la impresión final y el establecimiento de la fecha para la presentación del examen de grado.

### **Exámenes de Grado**

El estudiante deberá solicitar al Coordinador Académico la realización de los trámites necesarios ante el Departamento de Servicios Escolares, por lo menos 10 días hábiles antes de la fecha prevista para el examen de grado.

### **Cambios de temas de tesis**

Un estudiante puede solicitar al Coordinador Académico su cambio de tema de tesis y/o asesor siempre y cuando no haya terminado el primer cuatrimestre de tesis. Una vez que haya obtenido la primera calificación en su trabajo de tesis, ya no será posible efectuar cambios.

### **Casos especiales**

Serán resueltos por el Colegio de Profesores de la Sección de Bioelectrónica.

### **Expedición de documentos oficiales**

Las solicitudes de expedición de documentos oficiales tales como Actas, Constancias, Certificados, etc., deberán hacerse por escrito al Coordinador Académico, quien hará los trámites correspondientes ante del Departamento de Servicios Escolares.

### **Programa de Maestría**

#### **Primer Cuatrimestre (septiembre-diciembre)**

Anatomía Humana  
Electrónica Bioinstrumental  
Metrología y Normas de Seguridad en Bioinstrumentación  
Introducción al Desarrollo Instrumental

#### **Segundo Cuatrimestre (enero-abril)**

Fisicoquímica de la Biología  
Transductores en la Bioelectrónica  
Tecnologías Básicas en Bioinstrumentación  
Laboratorio de Desarrollo de Instrumentos I

### **Tercer Cuatrimestre (mayo-agosto)**

Fisiología Humana  
Tratamiento de Bioseñales  
Optativa I  
Laboratorio de Desarrollo de Instrumentos II

### **Cuarto Cuatrimestre (septiembre-diciembre)**

Teoría de Señales  
Tecnologías Avanzadas en Bioinstrumentación  
Proyecto de Tesis

### **Quinto Cuatrimestre (enero-abril)**

Optativa II  
Proyecto de Tesis

### **Sexto Cuatrimestre (mayo-agosto)**

Proyecto de Tesis

## **Contenido condensado de los cursos**

### **Anatomía Humana**

**Objetivo.-** En este curso, el estudiante aprenderá y/o reforzará los conocimientos básicos de Anatomía humana, para ser aplicados en el momento de la concepción de los diseños de instrumental biomédico. **Contenido del curso:** Introducción. Generalidades. Aparato tegumentario. Estudio del miembro superior. Estudio del miembro inferior. Columna vertebral. Cabeza ósea. Regiones superficiales de la cabeza, fosas nasales y boca. Región anterolateral del cuello. Tórax. Abdomen. Pelvis y perineo.

### **Electrónica Bioinstrumental**

**Objetivo.-** Analizar los principios de funcionamiento de los componentes básicos que intervienen en cualquier instrumento electrónico, además de dar la información suficiente para permitir al alumno diseñar cada parte de circuitería electrónica que interviene en los instrumentos con aplicación biológica. **Contenido del curso:** Transductores, electrodos y sistemas fisiológicos. La electrónica en la biomedicina. Mediciones electrónicas en sistemas fisiológicos anatómicos y químicos en el cuerpo humano. Conceptos básicos de instrumentación. Sistemas de instrumentación. Modos de operación. Modo directo-indirecto. Modo en tiempo real. Modo analógico y digital. Modo continuo. Limitaciones en las mediciones médicas. Clasificación de instrumentos biomédicos. Amplificadores operacionales y procesamiento de señales. Relación señal-ruido. Relación de rechazo a modo común. Amplificador de instrumentación. Amplificador de instrumentación con corrector de basal. Filtros activos. Respuesta en frecuencia. Modulación

y demodulación. Circuitos PLL. Concepto e fuente flotante. Convertidores CD-CD- Diseño de transformadores para alta frecuencia.

## **Metrología y Normas de Seguridad en Bioinstrumentación**

**Objetivo:** El propósito de este curso es que el alumno, aprenda y practique las técnicas metrológicas y las normas de seguridad que deberán satisfacer los instrumentos con aplicación biológica. **Contenido de los cursos:** Estándares: tiempo, frecuencia, longitud, longitud de onda, frecuencia óptica, escalas de tiempo estándares en las medidas eléctricas, constantes fundamentales en física. Técnicas de medición, eléctricas, termométricas y fotométricas. Teoría de errores en la medición, sistemas de medición, aseguramiento metrológico básico, medición de señales en el ruido. Normas de operación y de uso de la instrumentación científica y de laboratorio, difusión de los principios básicos que intervienen en la calibración, operación y fiabilidad en los instrumentos más utilizados en Biología. Seguridad en el ambiente mecánico, en el ambiente donde se emplean gases, contra radiaciones eléctricas. Riesgos por la radiofrecuencia. Seguridad en los instrumentos electrónicos de uso en hospitales: Marcapasos, desfibriladores, electrocauterio, equipos de RMN, aparatos de radiación y equipos de ultrasonido.

## **Introducción al Desarrollo Instrumental**

**Objetivo:** La meta de este curso es que los alumnos de recién ingreso aprendan las técnicas y herramientas necesarias para el seguimiento, construcción, montaje de circuitos y de los demás componentes que conforman un instrumento. **Contenido del curso:** Técnicas de los circuitos impresos: Introducción, ventajas y futuro, técnicas y materiales, selección y aplicación de materiales, cuidados en la reparación de circuitos impresos. Recubrimientos electrolíticos: Datos generales de los procesos de fabricación, tablas de datos, preparación y limpieza de superficies. Técnicas de fotograbado, técnicas de depósito de metales, métodos de montaje y desmontaje en circuitos, discusión de los principios básicos que intervienen en las medidas. Mediciones patrón, instrumentación científica y de laboratorio principios y uso. El lenguaje científico. La publicación científica. Técnicas para la planeación y seguimiento de proyectos.

## **Fisicoquímica de la Biología**

**Objetivo:** Que el alumno aprenda los principios y leyes de la fisicoquímica de utilidad en la comprensión de los fenómenos biológicos y que son aplicables en el diseño de instrumentos con aplicación en biología. **Contenido de los cursos:** Definición y su objetivo. Relación con la química y la física. Conceptos fundamentales. Constitución de la materia teoría atómico-molecular. Tabla periódica, su clasificación y su uso. Unidades y dimensiones. Cantidades y propiedades medibles. Definición de unidades fundamentales. Patrones de medida primarios y secundarios. Estados de la materia: Gases, Propiedades generales de los gases, Leyes de los gases. Problemas. Ley de las presiones parciales de Dalton, Problemas. Teorías que explican la cinética de los gases. Desviaciones de la ley de los gases ideales. Problemas. Los gases en el cuerpo humano y su medida. Líquidos. Propiedades generales. Presión de vapor. Punto de

ebullición. Punto de congelación. Diagrama de fases del agua. Problemas adhesión y cohesión. Tensión superficial. Conceptos y métodos de medida. Viscosidad. Concepto y métodos de medición. Sólidos. Propiedades generales de los sólidos. Resumen comparativo de las propiedades generales de los estados de la materia. Termodinámica. Conceptos de energía, calor y trabajo. Concepto de energía interna. Conceptos de temperatura. Primera y segunda leyes de la termodinámica, entalpía, capacidad calorífica y calores de transición. Conceptos y problemas. Concepto de reversibilidad en algunos procesos de los seres vivos. Termoquímica. Definición. Calores de reacción y calores de formación. Soluciones no electrolíticas. Soluciones electrolíticas.

## **Transductores en la Bioelectrónica**

**Objetivo:** El objetivo de este curso es que el alumno aprenda y aplique los principios de funcionamiento de los diferentes tipos de transductores utilizados en la Bioelectrónica.

**Contenido del curso:** Para cada transductor se hará énfasis en los puntos siguientes: Principios de operación, construcción, aplicaciones, características, leyes y ecuaciones que los rigen, manera de acoplarlos, configuraciones más utilizadas y aplicaciones más comunes dentro del área de la Bioelectrónica. El orden de estudio se ha hecho en función del principio físico de operación: Transductores resistivos, inductivos, capacitivos, electromagnéticos, fotoeléctrico, piezoeléctricos, termoelectrónicos, químicos, semiconductores y ópticos.

## **Tecnologías Básicas en Bioinstrumentación**

**Objetivo:** El propósito de este curso es que el alumno aprenda y practique los principios de funcionamiento de las tecnologías utilizadas en los instrumentos de uso común en la biología, hospitales y laboratorio de análisis. Contenido de los cursos: Electrocardiografía y equipo de emergencia. Hemodinamia; medida de presión y su análisis químico. Ventilación y cuantificación de la respiración. Electrocirugía y homeostasis. Oftalmología e instrumental asociado. Miografía y técnicas de rehabilitación. Rayos X. Reometría, potenciometría y medición de: Isótopos en medicina nuclear, pH, conductividad.

## **Fisiología Humana**

**Objetivo:** Dar a conocer al alumno el lenguaje y los fenómenos fisiológicos que se presentan en el cuerpo humano y de esta manera tener la capacidad de interpretar los rangos y el funcionamiento normal de cada parámetro fisiológico en el cuerpo. **Contenido del curso:** Permeabilidad y transporte activo. Excitabilidad. Propiedades eléctricas de la membrana celular. Receptores sensoriales y conversión de la energía. Transmisión de las uniones neuromusculares y en las sinapsis. Introducción al estudio del sistema nervioso. Olfato y gusto. Introducción al estudio del sistema endocrino. Fisiología de la reproducción. Fisiología del crecimiento. Fisiología del feto y del recién nacido. Principios físicos de la circulación y la hemodinámica. Aspectos hidráulicos del ciclo cardíaco. Iniciación y propagación de impulsos en los tejidos cardiacos. Electrocardiografía. Circulación en el sistema arterial (arterias y arteriolas). Circulación de los capilares. Circulación en los linfáticos. Circulación coronaria. Regulación neurohumoral de la circulación. Mecánica de la respiración. Intercambio de gases en

los pulmones y en los tejidos. Control humoral de la respiración. Homeostasis del medio acuoso. Circulación cerebral y distribución de los líquidos en el sistema nervioso. Fenómenos de la digestión y su regulación. Regulación de las secreciones digestivas.

## **Tratamiento de Bioseñales**

**Objetivo:** Proporcionar al estudiante el conocimiento de las técnicas básicas de captura y de diseño de la instrumentación requerida para el monitoreo y cuantificación de los parámetros contenidos en las señales de origen biológico. **Contenido del curso:** Bioseñales y sus procesos de origen. La célula. Membrana excitable. Potencial de acción y su propagación. Sinapsis. Músculo, estructura y su contracción. Introducción a los procesos biológicos, su manifestación y técnicas de adquisición. Electrocardiograma. Electroencefalograma. Electromiograma. Presión arterial. Temperatura. pH, pO<sub>2</sub> y pCO<sub>2</sub>. Espirometría. Pletismografía. Características de las bioseñales. Características morfológicas. Amplitudes. Ocurrencia en el tiempo. Contenido de frecuencias. Amplificadores. Configuraciones básicas. Dispositivos especiales. Diseños aplicativos para bioseñales. Filtros. Diversas configuraciones. Diseños aplicativos para bioseñales. Sistemas de registro y almacenamiento. Registro numérico. Graficadores. Sistemas de almacenamiento en cinta magnética. Sistemas digitales de almacenamiento. Estudio comparativo de los diferentes sistemas y su aplicación optimizada.

## **Teoría de Señales**

**Objetivo:** Que el estudiante aprenda las técnicas de preprocesamiento y procesamiento digital de las bioseñales mediante el uso de herramientas matemáticas computacionales. **Contenido del curso:** Concepto y clasificación de las señales. Señales determinísticas y su clasificación. Señales aleatorias y su clasificación. Las bioseñales. Procesos aleatorios. Caracterización de señales aleatorias. Análisis por correlación. Procesos gaussianos. Procesamiento digital de la señal. Muestreo. Cuantización. Métodos discretos. Transformada Z. Transformada discreta de Fourier. Análisis en el dominio de la frecuencia. Transformada de Fourier. Transformada rápida de Fourier. Análisis espectral. Densidad de potencia espectral. Funciones de coherencia y densidad espectral cruzada. Filtros digitales.

## **Tecnologías Avanzadas en Bioinstrumentación**

**Objetivo:** Que el estudiante aprenda los principios, aplicaciones y diseño de la instrumentación de avanzada en Biología. **Contenido del curso:** Electrodo para biopotenciales. Amplificadores para biopotenciales. Dispositivos terapéuticos y prótesis. Seguridad de paciente. Diseño de circuitos integrados utilizando métodos computacionales. Descripción y principios de operación de la instrumentación moderna aplicada en la Biotecnología. Descripción y principios de operación en la instrumentación moderna aplicada en el análisis químico.

## **Laboratorio de Desarrollo de Instrumentos I, II**

**Objetivo:** Con estos cursos el estudiante adquirirá un método de trabajo que le permitirá establecer soluciones de los problemas de diseño y de construcción de instrumentos.

**Contenido del curso:** Para lograr este objetivo se le asigna al estudiante un proyecto de desarrollo, un tiempo límite para entregar resultados y un asesor del proyecto. Para obtener resultados positivos el estudiante deberá aplicar las técnicas necesarias de la ingeniería que le permitan solucionar los problemas que se presenten. Entre otras, estas técnicas son: consultas de bancos de información, presentación de planes de desarrollo, seguimiento de proyectos, técnicas de validación de circuitos, técnicas de construcción de circuitos impresos, normas de construcción, etc. Estas materias serán calificadas en función del cumplimiento de los objetivos determinados en el inicio de cada cuatrimestre.

## **Tesis**

**Objetivo:** El alumno diseñará y desarrollará, bajo la supervisión de un profesor, un equipo con aplicación en una rama de la biología. El producto de este trabajo constará de un equipo físico, un informe técnico y una tesis escrita.

## **Programa de doctorado directo (PDD)**

### **Requisitos de ingreso al PDD**

Para ser admitidos como candidatos al programa de doctorado se deberá cumplir con los siguientes requisitos:

-Estar inscrito en algún programa de maestría (PM) del Departamento de Ingeniería Eléctrica y haber concluido los cursos básicos y de formación establecidos en el PM correspondiente.

-Tener a lo más una calificación de C durante sus estudios de PM.

-Tener calificación A en al menos el 50% del total de los cursos concluidos.

-El estudiante interesado en ingresar al PDD deberá entregar al Coordinador Académico de la Sección, una solicitud de ingreso a dicho programa por escrito. En esta solicitud, el estudiante deberá explicar las razones por las cuales desea ingresar al PDD. La solicitud deberá entregarse al Coordinador Académico después de que el estudiante ha concluido los cursos básicos o de formación establecidos en el PM.

## **Programa de estudios**

### **Tema de Tesis**

Los estudiantes aceptados al PDD escogerán, junto con su asesor, un tema de tesis de doctorado. La elección del tema de tesis se llevará a cabo durante el primer cuatrimestre académico del PDD.

## **Plan de Trabajo**

El director de tesis establece el plan de trabajo a seguir por el estudiante del PDD (cursos, si los hay, seminarios etc.) de acuerdo al tema de tesis propuesto.

## **Requisitos para la obtención del grado:**

- Para que el estudiante obtenga el grado de Doctor en Ciencias en la Especialidad de Ingeniería Eléctrica, se requiere que:
- Cada una de las materias del programa de doctorado sea aprobado con la calificación mínima de B.
- Apruebe el examen predoctoral
- acredite el conocimiento del idioma inglés con un nivel mínimo de 500 puntos del TOEFL (Test of English as a Foreign Language) y el conocimiento a nivel básico de alguno de los siguientes idiomas: francés, alemán, ruso o japonés. El conocimiento de este último idioma deberá ser evaluado por el CENLEX2 o el equivalente de alguna otra institución reconocida en la enseñanza de idiomas.
- Tener aceptada al menos una publicación de los resultados de su trabajo de tesis en una revista internacional con arbitraje o dos publicaciones en congresos internacionales con arbitraje.
- Aprobar el examen de grado.

## **Becas**

Los estudiantes que hayan sido aceptados al programa de posgrado en la Sección de Bioelectrónica, tendrán el apoyo del CINVESTAV en sus gestiones para obtener una beca académica del CONACYT, SEP u otro organismo o institución. El CINVESTAV no se hace responsable ni de la concesión de la beca, ni de la eventual restitución de préstamos o créditos a que el estudiante se comprometa ante el organismo otorgante. La Información acerca de la documentación necesaria para la solicitud, así como las fechas oportunas, será proporcionada a los estudiantes por el Departamento de Servicios Escolares.

## **Personal Académico**

**Lorenzo Leija Salas.** Doctor en Ciencias (1989) Université de NANCY I Francia.  
**Temas de investigación:** Rehabilitación, biotelemedría, uso de la R.F. en terapéutica.

**Ernesto Suaste Gómez.** Maestro en Ciencias (1978) CINVESTAV-IPN (Sección Bioelectrónica). **Temas de investigación:** Instrumentación oftalmológica aplicada a movimientos oculares, campos visuales y potenciales evocados visuales, transductores piezoeléctricos.

**David Elías Viñas:** Maestro en Ciencias (1980) CINVESTAV-IPN (Sección Bioelectrónica).  
**Temas de investigación:** Bioinstrumentación electrónica y biofísica.

**Arturo Minor Martínez.** Maestro en Ciencias (1992) CINVESTAV-IPN (Sección Bioelectrónica).  
**Temas de investigación:** Rehabilitación y estimulación eléctrica funcional.

**Roberto Muñoz Guerrero.** Maestro en Ciencias (1986) CINVESTAV-IPN (Sección Bioelectrónica).  
**Temas de investigación:** Rehabilitación y control mioeléctrico.

**Joaquín Remolina López.** Maestro en Ciencias (1964) CINVESTAV-IPN (Departamento de Fisiología)  
**Temas de investigación:** Microelectrónica médica y bioinstrumentación.

**Carlos Alvarado Serrano.** Maestro en Ciencias (1992) CINVESTAV-IPN (Sección Bioelectrónica).  
**Temas de investigación:** Bioinstrumentación y biotelemedría.

**Pablo Rogelio Hernández Rodríguez.** Doctor en Ciencias (1995) CINVESTAV-IPN (Sección Bioelectrónica)  
**Temas de investigación:** Sensores y biosensores, biotelemedría y procesamiento de bioseñales.

**Alfonso Gutiérrez Aldana.** Maestro en Ciencias (1994) CINVESTAV-IPN (Sección Bioelectrónica).  
**Temas de investigación:** Biotelemedría y procesamiento de señales biológicas.

**Gilberto González Suárez.** Doctor en Ciencias (1988) Instituto de Problemas Técnicos Fundamentales (IPPT), Academia de Ciencias de Polonia, (PAN). Investigador CINVESTAV 2B.  
**Temas de Investigación:** Física acústica.