



Nº de expediente: 060180-000160-22

Fecha: 22.06.2022

Universidad de la República Uruguay - UDELAR



**ASUNTO**

UC "FUNDAMENTOS CELULARES DE CIRCUITOS NEURALES" - APROBACIÓN DEL PROGRAMA PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA.-

Unidad	<b>SECCION CONSEJO - INGENIERIA</b>
Tipo	<b>ASIGNATURAS - APROBACION DE PROGRAMAS</b>
Carrera:	INGENIERÍA ELÉCTRICA -
Curso:	FUNDAMENTOS CELULARES DE CIRCUITOS NEURALES
Plan:	
Fecha:	
Período desde:	
Período hasta:	
Nombre:	
Cédula de Identidad:	
Docente:	
Grado:	
Motivo:	
Solicitante:	

La presente impresión del expediente administrativo que se agrega se rige por lo dispuesto en la normativa siguiente: Art. 129 de la ley 16002, Art. 694 a 697 de la ley 16736, art. 25 de la ley 17.243; y decretos 55/998, 83/001 y Decreto reglamentario el uso de la firma digital de fecha 17/09/2003.-

	<b>Expediente Nro. 060180-000160-22</b> <b>Actuación 1</b>	Oficina: INSTITUTO DE INGENIERIA ELECTRICA - INGENIERIA Fecha Recibido: 22/06/2022 Estado: Cursado
--	---	--

## TEXTO

Se adjuntan:

- el programa de la UC; el Anexo B para la Carrera de Ingeniería Eléctrica y la nota de la Comisión de Carrera de Ingeniería Eléctrica;
- el Anexo B y la nota de la Comisión de Carrera de Ingeniería en Sistemas de Comunicación;
- nota de fundamentación de cupo del docente responsable y nota de la Comisión de Instituto de Ingeniería Eléctrica.

Pase a Comisiones.

Firmado electrónicamente por MARÍA DOLORES MISA MISA/ProdUdelaR el 22/06/2022.
--

<b>Anexos</b>
1-ProgramaGradoFCCN-fundamentos-celulares-circuitos-neurales-sin-anexoB-1.pdf
2-AnexoB _FCCN-fundamentos-celulares-circuitos-neurales.pdf
3-nota-UC-fundamentos-celulares-circuitos-neurales-22 (1).pdf
4-Origen del Email para el Ticket 272259.pdf
5-AnexoB fundamentos-celulares-circuitos-neurales.pdf
6-nota_fundamentos_celulares_circuitos_neurales_firmado.pdf
7-NotaCupos (1).pdf
8-Nota ComIIE_Cupo Fundamentos Celulares_jpo_firmado.pdf



## **Programa de Fundamentos celulares de Circuitos Neurales**

### **1. NOMBRE DE LA UNIDAD CURRICULAR**

Fundamentos celulares de Circuitos Neurales

### **2. CRÉDITOS**

10 créditos

### **3. OBJETIVOS DE LA UNIDAD CURRICULAR**

Se pretende que el estudiante:

- aprenda los principios básicos de los mecanismos celulares y moleculares responsables del comportamiento de neuronas biológicas, así como de la comunicación entre ellas.
- identifique herramientas técnicas y preparados biológicos que se podrían utilizar para responder preguntas de investigación en neurociencias.
- maneje los fundamentos de tres herramientas concretas: simulaciones computacionales, registros intracelulares de neuronas y medidas fluorométricas.
- comprenda las características de señales electrofisiológicas neurales.
- se familiarice con artículos académicos vinculados a la neurofisiología celular y molecular.

Al aprobar la asignatura, el estudiante será capaz de:

- realizar una revisión bibliográfica sobre el funcionamiento de un circuito neural biológico.
- entender cómo se estudian hipótesis de investigación en temas vinculados a la neurofisiología celular.
- sintetizar analíticamente circuitos celulares del sistema nervioso.
- participar efectivamente en equipos interdisciplinarios en neurociencias.

Formato Aprobado por resolución N°113 del CFI de fecha 04.07.2017

#### **4. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA**

Se dictará semanalmente una clase teórica de 3 horas. Asimismo, se prevé otra instancia semanal, de 2 horas de duración, que será de presentación teórica en las primeras semanas del curso, y luego será utilizada para que los estudiantes presenten y discutan artículos científicos de revistas del área (Neuron, Journal of Neuroscience, Journal of Neurophysiology, PNAS, eLife, etc), vinculados a los temas vistos en los teóricos. Previo a cada una de estas instancias, se realizará un cuestionario de control de lectura. Habrá un foro de consultas durante todo el curso. Por último, se realizarán dos actividades prácticas: un taller de modelado y simulación computacional de 2 horas, así como una instancia de trabajo en un laboratorio de electrofisiología celular de 8 horas.

Se ofrecerán pautas de guía para la presentación de artículos científicos, así como la escritura de la monografía final, la cual versará sobre un circuito neurobiológico, utilizando un artículo reciente como disparador. Cada estudiante tendrá una reunión con el docente responsable para definir el tema de la monografía. Luego, habrá clases de consulta semanales, hasta la presentación oral de la monografía, que será en el periodo de exámenes posterior al curso.

La dedicación estimada total del estudiante se desglosa así:

- clases teóricas: 39 hs
- presentación de artículos científicos: 14 hs
- laboratorios: 10 hs
- estudio de teórico y lectura de artículos científicos: 28 hs
- preparación de monografía final: 60 hs
- presentación final: 2 hs

Formato Aprobado por resolución N°113 del CFI de fecha 04.07.2017

## 5. TEMARIO

Incluye una descripción general de los grandes temas del curso y de los subtemas incluidos en cada uno de ellos.

1. Propiedades eléctricas de las neuronas.
2. Potencial de acción.
3. Canales iónicos operados por voltaje.
4. Excitabilidad neuronal.
5. Transmisión sináptica (eléctrica y química).
6. Plasticidad de la transmisión sináptica (eléctrica y química).
7. Transducción sensorial.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Tema	Básica	Complementaria
Propiedades eléctricas de las neuronas	(1,2)	(5,8)
Potencial de acción	(1,2)	(3,5,8)
Canales iónicos operados por voltaje	(1,2)	(7,8)
Excitabilidad neuronal	(1,2)	(3,4)
Transmisión sináptica (eléctrica y química)	(1,2)	(6)
Plasticidad de la transmisión sináptica (eléctrica y química)	(1,2)	(6)
Transducción sensorial	(1,2)	(5,6)

### 6.1 Básica

1. Fain GL, Molecular and Cellular Physiology of Neurons (2014). Harvard University Press, ISBN 978-0-067-59921-5.
2. Kandel ER, Principles of Neural Science (2021). McGraw Hill, ISBN 978-1-25-964224-1.

### 6.2 Complementaria

3. Sterratt D, Principles of Computational Modelling in Neuroscience (2011). Cambridge University Press, ISBN 978-0-521-87795-4.
4. Izhikevich EM, Dynamical Systems in Neuroscience: The Geometry of Excitability and Bursting (2007). MIT Press, ISBN 978-0-262-09043-8.
5. Sterling P, Principles of Neural Design (2015). MIT Press, ISBN 978-0-262-02870-7.

Formato Aprobado por resolución N°113 del CFI de fecha 04.07.2017

6. Squire LR, Fundamental Neuroscience (2013). Academic Press, ISBN 978-0-12-385870-2.
7. Hille B, Ion Channels of Excitable Membranes (2001). Sinauer Associates, ISBN 978-0-87893-321-2.
8. Johnston D y Wu SM, Foundations of Cellular Neurophysiology (1995). MIT Press, ISBN 978-0-262-10053-3.

## **7. CONOCIMIENTOS PREVIOS EXIGIDOS Y RECOMENDADOS**

**7.1 Conocimientos Previos Exigidos:** Fundamentos de electromagnetismo y ecuaciones diferenciales.

**7.2 Conocimientos Previos Recomendados:** Conocimientos de biología general.

No incluye la información de previaturas. Las unidades curriculares previas serán definidas por cada carrera que tome la unidad curricular y serán incluidas en el anexo B.

Formato Aprobado por resolución N°113 del CFI de fecha 04.07.2017

## ANEXO A

### Para todas las Carreras

#### A1) INSTITUTO

Instituto de Ingeniería Eléctrica.

#### A2) CRONOGRAMA TENTATIVO

Semana 1	Introducción al curso y a la Neurociencia. Organización del sistema nervioso. Técnicas: fMRI, PET, EEG. Modelos animales de experimentación. Células del sistema nervioso: características de distintos tipos de neuronas y glia. Señalización eléctrica vs química.
Semana 2	Propiedades eléctricas de las neuronas. Permeabilidad, propiedades pasivas, propagación electrotonica. Bombas e intercambiadores de iones. Consumo energético.
Semana 3	Potencial de acción. Técnicas: registro de potencial de membrana.
Semana 4	Canales iónicos operados por voltaje: sodio y potasio. Técnicas: patch-clamp en fijación de corriente y voltaje.
Semana 5	Canales iónicos operados por voltaje 2: calcio, cloro, mixtos. Técnicas: sistemas de expresión.
Semana 6	La neurona como sistema dinámico: modelado matemático de la excitabilidad neuronal. Técnicas: taller práctico de modelado computacional.
Semana 7	Transmisión sináptica eléctrica. Técnicas: knock-out y knock-down .
Semana 8	Transmisión sináptica química: receptores ionotrópicos. Técnicas: inmunohistoquímica e inmunofluorescencia.
Semana 9	Transmisión sináptica química: receptores metabotrópicos.
Semana 10	Plasticidad de la transmisión sináptica eléctrica. Laboratorio de registro intracelulares en rebanadas del sistema nervioso central (en grupos de 4 estudiantes máximo).
Semana 11	Plasticidad de la transmisión sináptica química.
Semana 12	Transducción sensorial: mecanorreceptores y fotorreceptores.
Semana 13	Elección de tema de monografía. Clases de consulta.
Semana 14	Clases de consulta.
Semana 15	Clases de consulta.

#### A3) MODALIDAD DEL CURSO Y PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

Habrán cuestionarios de control de lectura a lo largo del semestre, previo a cada clase de discusión de artículos científicos.

El estudiante deberá elegir un tema de monografía final del curso, vinculado al funcionamiento de un circuito neural, basándose en los conocimientos brindados en el curso

Formato Aprobado por resolución N°113 del CFI de fecha 04.07.2017

y en la bibliografía disponible. Para aprobar el curso, el estudiante deberá entregar la monografía escrita y presentarla oralmente, durante el periodo de exámenes posterior al curso.

La aprobación de la unidad curricular tomará en cuenta los controles de lectura (25 puntos), el trabajo en las instancias de laboratorio (5 puntos) y la calidad de la monografía final y su presentación (70 puntos).

No se prevé la realización de examen.

#### **A4) CALIDAD DE LIBRE**

No.

#### **A5) CUPOS DE LA UNIDAD CURRICULAR**

Cupos mínimos: 3

Cupos máximos: 12

#### **Nota:**

*Si se definen cupos, en una nota aparte se deberá incluir:*

- *motivo por el cual la unidad curricular tiene cupos (tanto máximos como mínimos).*
- *el mecanismo de selección para cuando se dé la situación de que la cantidad de estudiantes inscriptos supere el cupo máximo.*

Formato Aprobado por resolución Nº113 del CFI de fecha 04.07.2017



**ANEXO B para las carreras Ingeniería Eléctrica e Ingeniería en Sistemas de Comunicación.**  
(Un anexo distinto para cada carrera que tome la unidad curricular. En caso de que a dos o más carreras les corresponda información idéntica en este anexo, se utilizará el mismo anexo, explicitando cuáles son todas esas carreras.)

**B1) ÁREA DE FORMACIÓN**

Actividades complementarias.

**B2) UNIDADES CURRICULARES PREVIAS**

Curso:

Mínimo 270 créditos aprobados,  
examen de Electromagnetismo,  
examen de Ecuaciones Diferenciales,  
examen de Teoría de circuitos.

Examen: No corresponde.

Montevideo, 11 de mayo de 2022

Sres.  
Comisión Académica de Grado

Por la presente se sugiere aprobar el programa de la unidad curricular Fundamentos celulares de Circuitos Neurales para el plan 97 de la carrera de Ingeniería Eléctrica, aportando 10 créditos en el área de formación Actividades complementarias.

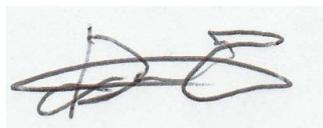
Asimismo se sugiere se apruebe como previas de :

Curso:  
Mínimo 270 créditos aprobados,  
examen de Electromagnetismo,  
examen de Ecuaciones Diferenciales,  
examen de Teoría de circuitos.

Examen: No corresponde.

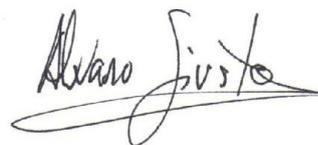
La unidad curricular no formaba parte hasta el momento de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

*Sesión de Comisión de Carrera de Ingeniería Eléctrica de fecha 11/05/2022 estando presentes: el Director de Carrera: Ing. Álvaro Giusto; por el Orden Docente: Ings. Isabel Briozzo y Marcelo Fiori; y por el Orden Estudiantil: Br. Daniel Cardozo y Matías Viva.  
Se aprueba el programa de la unidad curricular con el voto a favor de todos los integrantes (5 en 5)  
Se desglosa el tema cupos. Se aprueba 3 en 5 con el voto en contra del orden estudiantil.*



Daniel Cardozo

Delegado por el Orden Estudiantil



Alvaro Giusto  
Director de Carrera  
Ingeniería Eléctrica

22/6/22, 18:24

Origen del Email para el Ticket 272259, Adjunto: 3074327

**Origen del Email para el Ticket 272259, Adjunto: 3074327**

X-RT-Originator: alvaro@fing.edu.uy

MIME-Version: 1.0

In-Reply-To: &lt;CAAzOMH=JtsLg0ceTpqp1STsaa2\_bHdPomfQmoOeF=GSJt3u7cg@mail.gmail.com&gt;

RT-Attachment: 272259/4393934/3074325

References: &lt;RT-Ticket-272259@fing.edu.uy&gt;

&lt;rt-4.4.2-6279-1653082921-462.272259-17-0@fing.edu.uy&gt;

&lt;CABseTAtbcyf1u+GVMf6wpHCi0tBPF0Ve9B455ivZh\_gB40VfpQ@mail.gmail.com&gt;

&lt;CAAzOMHnM5tSMWBaWBZoFZLSznQKUUQ6Q4DdJwq=BwOhHzfha=g@mail.gmail.com&gt;

&lt;rt-4.4.2-4644-1653331139-508.272259-7-0@fing.edu.uy&gt;

&lt;rt-4.4.2-8450-1653425944-898.272259-7-0@fing.edu.uy&gt;

&lt;CABseTAtqqd6Xf3cy+D3k3LGC9WGJZ54n-NbNv-Uri95RvQDk=w@mail.gmail.com&gt;

&lt;CAAzOMH=JtsLg0ceTpqp1STsaa2\_bHdPomfQmoOeF=GSJt3u7cg@mail.gmail.com&gt;

Reply-To: secretaria\_iae@fing.edu.uy

Message-ID: &lt;rt-4.4.2-8450-1653429051-822.272259-6-0@fing.edu.uy&gt;

X-RT-Original-Encoding: utf-8

X-RT-Ticket: rt-ssaa.fing.edu.uy #272259

Subject: =?UTF-8?B?UmU6lFtydC1zc2FhLmZpbmcuZWR1LnV5lCMYnZlyNTldlE5vdGFzIGRlIGxh?=?UTF-8?B?

lENvbWlzacOzbiBkZSBDYXJyZXJhIElFIC0gMTEvMDU=?=

Date: Tue, 24 May 2022 18:50:52 -0300

X-Managed-BY: RT 4.4.2 (<http://www.bestpractical.com/rt/>)

Precedence: bulk

X-RT-Loop-Prevention: rt-ssaa.fing.edu.uy

To: mmisa@fing.edu.uy

From: "Alvaro Giusto via RT" &lt;secretaria\_iae@fing.edu.uy&gt;

Content-Type: text/plain; charset="utf-8"

Content-Length: 1456

va

El mar, 24 may 2022 a las 18:12, Daniel Cardozo (<dani794982@gmail.com>) escribió:

&gt; Saludos.

&gt;

&gt; El mar, 24 may 2022 a la(s) 17:59, Maria Misa via RT (

&gt; secretaria\_iae@fing.edu.uy) escribió:

&gt;

&gt;&gt; Hola, adjunto la nota que faltaba:

&gt;&gt; -UC Fundamentos celulares de circuitos neurales.

&gt;&gt; Aguado por la nota firmada.

&gt;&gt; Gracias y saludos. María

&gt;&gt; El Lun May 23 15:38:59 2022, alvaro escribió:

&gt;&gt;

&gt;&gt; HolaAdjunto la unica que precisaba mi firma.Saludos El vie, 20 may 2022

&gt;&gt; a

&gt;&gt; las 21:55, Daniel Cardozo (&lt; dani794982@gmail.com (mailto:

&gt;&gt; dani794982@gmail.com)&gt;)

&gt;&gt; escribió:

&gt;&gt;

&gt;&gt; Les adjunto las notas firmadas. Buen fin de semana. El vie, 20 may

&gt;&gt; 2022

&gt;&gt; a la(s) 18:42, Maria Misa via RT ( secretaria\_iae@fing.edu.uy

&gt;&gt; (mailto:secretaria\_iae@fing.edu.uy))

&gt;&gt; escribió:

&gt;&gt;

&gt;&gt; Estimados, van las notas para su firma:

&gt;&gt; 1- Pisani

&gt;&gt; 2- Sharon Lozano

&gt;&gt; 3- Joan Olivera

&gt;&gt; 4- Pedro López Méndez

&gt;&gt; 5- Rodrigo Blanco

<https://rt-ssaa.fing.edu.uy/Ticket/ShowEmailRecord.html?id=272259&Transaction=4393936&Attachment=3074327>

1/2

22/6/22, 18:24

Origen del Email para el Ticket 272259, Adjunto: 3074327

>> 6- Uriel Crampton  
>> 7- Juan Navarro  
>> 8- UC Seminario de Aprendizaje Automático estadístico para la  
>> predicción  
>> genómica. Va tb programa y anexo b.  
>> Solo estaría faltando: UC Fundamentos celulares de circuitos  
>> neurales.  
>> Saludos  
>>  
>> --  
>> María Misa  
>> Administrativo I  
>> IIE - FING - UdelAR  
>>  
>> --  
>> María Misa  
>> Administrativo I  
>> IIE - FING - UdelAR  
>>  
>>  
>>

Formato Aprobado por resolución N°113 del CFI de fecha 04.07.2017



## **ANEXO B para la carrera Ingeniería en Sistemas de Comunicación**

### **B1) ÁREA DE FORMACIÓN**

Actividades integradoras

### **B2) UNIDADES CURRICULARES PREVIAS**

- Curso: Mínimo 270 créditos aprobados, examen de Electromagnetismo, examen de Ecuaciones Diferenciales, examen de Teoría de circuitos.

- Examen: No corresponde.

Montevideo, 31 de mayo de 2022

Sres. Integrantes de  
Comisión Académica de Grado  
Facultad de Ingeniería

La Comisión de Carrera de Ingeniería en Sistemas de Comunicación solicita incorporar a su currículo el curso de Fundamentos celulares de circuitos neurales aportando 10 créditos en el área de formación Actividades integradoras.

Asimismo se sugiere se apruebe como previas de :

- Curso: Mínimo 270 créditos aprobados, examen de Electromagnetismo, examen de Ecuaciones Diferenciales, examen de Teoría de circuitos.
- Examen: No corresponde.

*Sesión de la Comisión de Carrera de Ingeniería en Sistemas de Comunicación de fecha 31/05/2022 estando presentes: Directora de Carrera, Claudina Rattaro; por el Orden Docente: Gabriel Gómez y Federico Rodríguez; por el Orden Estudiantil: Federico Lorenzo; y por el orden de egresados: Ing. Juan Braga. Se aprueba 5 en 5.*

---

Claudina Rattaro  
Directora de Carrera  
de Ingeniería en Sistemas de Comunicación

Montevideo, 19 de mayo de 2022

Estimados integrantes de la Comisión de Instituto de Ingeniería Eléctrica:

Este año, propuse la creación de una unidad curricular de grado y posgrado, denominada “Fundamentos celulares de Circuitos Neurales”, con el fin de introducir temas vinculados a la Neurociencia en las carreras vinculadas al IIE, aprovechando mi formación de posgrado en esta área.

Lamentablemente, es necesario que la unidad curricular tenga cupos, debido a que curricular sólo se cuenta con un docente y se requiere de un seguimiento continuo a lo largo del semestre. Asimismo, se va a contar con instancias de laboratorio. Por ello, entiendo que 12 es el máximo de estudiantes que se puede atender, entre grado y posgrado. Se reserva un mínimo de 3 cupos para estudiantes de grado. Como mecanismo de selección, propongo priorizar a aquellos que cuenten con un mayor avance en la carrera y que se sean del perfil Biomédica. Se realizará sorteo en caso de estudiantes con méritos similares.

Quedo a las órdenes por cualquier consulta.

Saluda atentamente,



Federico Davoine



Universidad de la República - Facultad de Ingeniería  
**Instituto de Ingeniería Eléctrica**  
"Prof. Ing. Agustín Cisa"

Julio Herrera y Reissig 565  
Montevideo, 11.300, Uruguay  
Tel: (+598) 2714 2714  
Fax: (+598) 2711 5446  
<http://iie.fing.edu.uy/>

Montevideo, 06 de junio de 2022

Prof. María Simon  
Decana de la Facultad de Ingeniería

La Comisión de Instituto de Ingeniería Eléctrica reunida en su sesión ordinaria del día seis de junio del 2022; encontrándose presentes el Director de Instituto: Prof. Juan Pablo Oliver; por el Orden Docente: Ing. Pablo Pérez Nicoli, Mariana del Castillo y Martín Rocamora; y por el Orden Egresados: Ing. Ramiro Moreira: Vista la nota del responsable de la Unidad Curricular "Fundamentos celulares de Circuitos Neurales", se sugiere aprobar los cupos propuestos. Se aprueba 5 en 5.

Sin otro particular, los saludo atentamente,

Prof. Juan Pablo Oliver  
Director IIE

	<b>Expediente Nro. 060180-000160-22</b> <b>Actuación 2</b>	Oficina: COMISIONES - INGENIERIA Fecha Recibido: 22/06/2022 Estado: Cursado
--	---	--

## TEXTO

Se adjunta nota de la Comisión Académica de Grado en referencia a la unidad curricular **Fundamentos celulares de circuitos neurales**, que es copia fiel del original que tuve a la vista.

Pase a Consejo para su consideración.

Firmado electrónicamente por MARIANA VIANNA/ProdUdelaR el 19/07/2022.

## Anexos

060180-000160-22\_Fundamentos celulares de circuitos neurales\_CAG.pdf

**Exp. 060180-000160-22**

Montevideo, 12 de julio de 2022

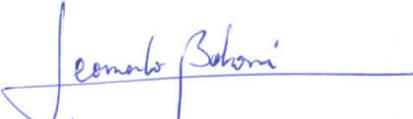
Sres. Consejeros,  
Facultad de Ingeniería.

Visto las solicitudes de la Comisión de Carrera de Ingeniería Eléctrica y de la Comisión de Carrera de Ingeniería en Sistemas de Comunicación, se sugiere al Consejo aprobar el programa de la unidad curricular *Fundamentos celulares de circuitos neurales* e incorporarla al currículo de las respectivas carreras de acuerdo al detalle de los correspondientes Anexos B (foja 9 para Ing. Eléctrica y foja 13 para Ing. en Sistemas de Comunicación).

Para la edición 2022 la unidad curricular tendrá un cupo mínimo de 3 estudiantes y un máximo de 12.

El orden estudiantil no vota los cupos.

Atentamente, por Comisión Académica de Grado



Leonardo Barboni



Florencia Uslenghi

Presentes

Orden Docente: Leonardo Barboni

Orden Estudiantil: Florencia Uslenghi

	<b>Expediente Nro. 060180-000160-22</b> <b>Actuación 3</b>	Oficina: SECCION CONSEJO - INGENIERIA Fecha Recibido: 19/07/2022 Estado: Para Actuar
--	---	---

**TEXTO**