

## Formulario de Presentación Programas de Diplomas

Fecha	06/11/2015
-------	------------

1. Título del Programa										
<i>Diploma de Postítulo/Extensión en:</i> <b>Diploma de Postítulo en Sismología</b>										
2. Departamento/Centro a cargo										
<b>Departamento de Geofísica</b>										
3. Académico responsable del Programa		4. Coordinador del Programa								
Javier Ruiz P.		Sergio Ruiz T.								
5. Comité académico del programa		6. Duración del Programa								
Diana Comte S. Francisco Ortega C. Javier Ruiz P. Sergio Ruiz T.		<table> <tr> <td>Horas lectivas</td> <td>118 horas</td> </tr> <tr> <td>Horas de estudio</td> <td>98 horas</td> </tr> <tr> <td>Otras (especificar)</td> <td>___ horas</td> </tr> <tr> <td><b>Total</b></td> <td><b>216 horas</b></td> </tr> </table>	Horas lectivas	118 horas	Horas de estudio	98 horas	Otras (especificar)	___ horas	<b>Total</b>	<b>216 horas</b>
Horas lectivas	118 horas									
Horas de estudio	98 horas									
Otras (especificar)	___ horas									
<b>Total</b>	<b>216 horas</b>									
7. Valor del programa en UF	8. Fecha inicio	9. Fecha término								
120	04/07/2016	22/07/2016								
10. Presentación / introducción al programa										
<p><i>La Sismología en Chile se ha gestado y ha tenido su polo de desarrollo en la Universidad de Chile, siendo una Institución pionera en el estudio de los terremotos, tradición que se mantiene desde hace más de 100 años cuando se estableció por primera vez en Chile la red sismológica nacional de monitoreo, siendo una de las primeras redes en América Latina.</i></p> <p><i>El Grupo de Sismología del Departamento de Geofísica de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile ha sido un actor relevante en el desarrollo de esta disciplina puesto que contribuyó con un compromiso de servicio público al país, al mantener y operar la Red Sismológica Nacional hasta el 2013, año en el cual, entra en operación el Centro Sismológico Nacional (CSN) de la Universidad de Chile. Este último organismo está encargado de monitorear la actividad sísmica del país, actualmente mantiene y opera la red sismológica, con el fin de proporcionar rápidamente información de la actividad sísmica en el territorio nacional. Además distribuye en forma pública y gratuita toda la información de sismicidad y datos colectados por la red.</i></p>										

*Proveer rápidamente esta información es crucial y crítico para organismos de gobierno, tales como SHOA y ONEMI, encargados de la gestión de emergencia y respuesta ante la ocurrencia de terremotos y tsunamis. Es por esto, que es necesario seguir avanzando en el monitoreo sísmico del país, manteniendo redes regionales robustas que permitan el monitoreo en tiempo real, junto con el desarrollo e implementación de técnicas que permitan estimar los parámetros que definen las características de un terremoto y potencial tsunamigénico con el fin de poder entregar en forma oportuna dicha información a las autoridades pertinentes para el manejo de la emergencia, permitiendo disminuir la pérdida de vidas humanas ante la ocurrencia de estas catástrofes.*

*Desde sus inicios el estudio de la Sismología ha estado unido a la Red Sismológica Nacional desplegada en Chile, en la actualidad a cargo del CSN, organismo encargado de proveer la información rápida de un terremoto a las instituciones encargadas del manejo de emergencias y desastres en Chile (SHOA, ONEMI), así como al público en general.*

*Sin duda, Chile es uno de los países más sísmicos del mundo, prueba de ello es que en los últimos 20 años han ocurrido 5 terremotos con magnitud mayor a 8.0 en el territorio nacional. Por otra parte, el terremoto más grande registrado instrumentalmente ocurrió el 22 de Mayo de 1960 en el sur de Chile, con una magnitud  $M_w$  9.5 y generando además un tsunami destructor.*

*El desarrollo tecnológico ha permitido avanzar en la construcción de nuevos instrumentos, que junto con el despliegue de redes sismológicas tanto a nivel mundial como a escalas locales y regionales, han permitido no solo registrar grandes terremotos, sino también monitorear en forma continua la actividad sísmica. Además, gracias al uso de tecnologías satelitales y el uso de información sismológica, ha sido posible contar con datos valiosísimos que han sido utilizados por la comunidad científica para analizar y estudiar terremotos, los cuales a su vez, han sido también útiles en la comprensión de los procesos que los generan. En las últimas décadas, gracias a los avances que se han hecho en desarrollo teórico, metodológico, de instrumentación y observación, se ha desarrollado una mirada moderna de la Sismología.*

*El Departamento de Geofísica desarrolla investigación aplicada al estudio de terremotos, tsunamis, y la comprensión del ciclo sísmico, contando con reconocidos y connotados académicos que focalizan sus esfuerzos por resolver los problemas científicos que actualmente aborda la Sismología, como son la respuesta temprana de terremotos, la amenaza sísmica, la propagación de ondas en medios complejos, el estudio de la fuente sísmica, procesos de deformación asísmicos, entre otros.*

*Este Diplomado tiene por objetivo entregar las bases científico-técnicas, así como las herramientas clásicas y modernas de análisis, procesamiento de datos sismológicos para el estudio y modelamiento de la fuente sísmica de terremotos. Se entregarán los conocimientos y metodologías básicas que se usan en la caracterización y estimación rápida de los parámetros de la fuente de un terremoto, y que se utilizan en el monitoreo en tiempo real de la actividad sísmica. Se presentará el estado del arte de la Sismología, mostrando una visión moderna del estudio de terremotos basados en los avances científicos que se han hecho en las últimas décadas al estudiar los últimos mega-terremotos que han ocurrido en Chile y el mundo.*

*Se presentará el funcionamiento general del sistema de monitoreo sísmico y se discutirán estrategias de desarrollo teóricos y/o metodológicos de nuevas tecnologías para mejorar*

*aspectos del sistema de entrega de información sismológica del país. Todos estos conocimientos serán transmitidos en este Diplomado en Sismología, permitiendo a los estudiantes obtener una actualización de sus conocimientos, como también conocer distintas herramientas para la caracterización de terremotos.*

#### 11. Objetivo general del Programa

Entregar las bases científico-técnicas, así como las herramientas clásicas y modernas de análisis, procesamiento de datos sismológicos para el estudio y modelamiento de la fuente sísmica de terremotos, junto con su aplicación en el monitoreo en tiempo real de la actividad sísmica.

Discutir el estado del arte de la Sismología actual, mostrando una visión moderna del estudio de terremotos basados en los avances científicos que se han hecho en las últimas décadas al estudiar los últimos mega-terremotos que han ocurrido en Chile y el mundo.

Adquirir y profundizar conocimientos de Sismología aplicada a la caracterización y estimación rápida de los parámetros de la fuente de un terremoto. Además se discutirá el rol de la utilización conjunta de diferentes tipos de observaciones en dicho proceso de estimación.

#### 12. Objetivos específicos del Programa

Al finalizar el Diplomado los participantes adquirirán las siguientes competencias,

- Entender los procesos físicos que controlan la generación de los terremotos bajo una mirada moderna de la Sismología y de la Geodesia.
- Adquirir conocimientos técnicos de los distintos tipos de instrumentos que permiten monitorear la actividad sísmica y los procesos de deformación en la corteza terrestre.
- Conocer las bases teóricas del modelamiento de la fuente sísmica en su aproximación de fuente puntual y fuente finita.
- Identificar las técnicas que permiten estimar los parámetros de la fuente sísmica.
- Conocer los métodos de determinación de parámetros de la fuente en operaciones en tiempo real del monitoreo sismológico.
- Adquirir conocimientos en el modelamiento de fuente sísmica utilizando el método de la fase-W, así como el uso de ondas de cuerpo en campo lejano para la caracterización de la fuente de terremotos.
- Adquirir conocimientos acerca de la caracterización de fallas a través del modelamiento de procesos asísmicos, responsables por la acumulación de energía que se libera durante un terremoto, usando observaciones geodésicas.

- Comprender los procesos asociados a la estimación del peligro sísmico, reconociendo sus alcances y limitaciones, con énfasis en casos de estudio en diferentes zonas de Chile, incluyendo la zona Norte y Centro-Sur de Chile.
- Manejar los conocimientos y procedimientos para acceder a datos de redes sismológicas nacionales e internacionales, que son utilizados en la determinación del peligro sísmico de un sitio específico.
- Adquirir los principios básicos y conocer los procedimientos utilizados en sistemas de monitoreo en tiempo real de la actividad sísmica, para la estimación rápida de los parámetros que caracterizan la fuente de un terremoto, así como su difusión a agencias nacionales e internacionales y público en general, con especial énfasis puesto en el caso chileno.

### 13. Público objetivo

El Diplomado está dirigido principalmente a personas que tengan un grado de Licenciado en Ciencias, o que posean un Título Profesional preferentemente en el área de la Ingeniería, o Ciencias de la Tierra.

### 14. Cuerpo docente

- *Sergio Barrientos P.*
- *Director Centro Sismológico Nacional*
- *Ph.D.*
- *Sismología*
  
- *Jaime Campos M.*
- *Profesor Asociado, Departamento de Geofísica*
- *Ph.D*
- *Sismología*
  
- *Armando Cisternas*
- *Profesor Experto, Departamento de Geofísica.*
- *Ph.D.*
- *Sismología, Física, Matemáticas*
  
- *Diana Comte S.*
- *Profesora Titular, Departamento de Geofísica*
- *Ph.D.*
- *Sismología*
  
- *Raúl Madariaga*
- *Profesor Experto Departamento de Geofísica.*
- *Profesor Ecole Normale Supérieure, Francia.*
- *Ph.D.*
- *Sismología*

- *Francisco Ortega C.*
- *Profesor Asistente, Departamento de Geofísica*
- *Ph.D.*
- *Geodesia y Tectónica Activa.*
  
- *Mario Pardo P.*
- *Profesor Asociado, Departamento de Geofísica*
- *Sub director Centro Sismológico Nacional*
- *Ph.D.*
- *Sismología*
  
- *Sebastián Riquelme M.*
- *Profesor Experto, Jefe de Operaciones Centro Sismológico Nacional*
- *M.Sc.*
- *Sismología*
  
- *Javier Ruiz P.*
- *Profesor Asistente, Departamento de Geofísica*
- *Ph.D.*
- *Sismología*
  
- *Sergio Ruiz T.*
- *Profesor Asistente, Departamento de Geofísica*
- *Ph.D.*
- *Sismología*

#### 15. Requisitos de aprobación

Obtener promedio sobre 4.0 en todos los módulos del Diplomado. Presentar una asistencia mayor al 75%.

## Especificación de módulos del Programa

• Nombre del curso/módulo	• Duración
<b>Introducción</b>	<i>40 horas estudio</i> <b>40 horas</b>
• Objetivos	
Nivelación en conocimientos básicos de Ciencias de la Tierra, matemáticas y física.	
• Contenidos	
<p>En este módulo se entrega referencias a material de lectura con el fin de orientar a los estudiantes del diploma, para que en un proceso de auto-aprendizaje dirigido, logren una nivelación en los conocimiento básicos de matemáticas, física y Ciencias de la Tierra necesarios para entender las temáticas específicas que se tratarán en los módulos presenciales del diploma.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Parte I: Introducción a las Ciencias de la Tierra <ul style="list-style-type: none"> <li>- Descripción general del Sistema Tierra (formación y evolución).</li> <li>- Estructura y composición de la tierra (corteza, manto, núcleo).</li> <li>- Tectónica de placas.</li> <li>- Ciclo sísmico: procesos sísmicos y asísmicos (ciclo de acumulación y liberación de energía).</li> </ul> </li> <li>• Parte II: Requerimientos mínimos en herramientas de la física y matemática <ul style="list-style-type: none"> <li>- Álgebra lineal, cálculo vectorial.</li> <li>- Probabilidades.</li> <li>- Análisis de Fourier y Laplace.</li> </ul> </li> </ul>	
• Bibliografía	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Grotzinger, J.-P. &amp; T. H. Jordan, "Understanding Earth", W. H. Freeman, Sixth Edition Edition, 2010.</li> <li>2) USGS (material online), This Dynamic Earth: the story of plate tectonics(<a href="http://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/dynamic.html#anchor3819844">http://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/dynamic.html#anchor3819844</a>).</li> <li>3) Material on line: Notas introductorias sobre Ciencias de la Tierra. (<a href="http://www.uwgb.edu/dutchs/EarthSC-102VisualsIndex.HTM">http://www.uwgb.edu/dutchs/EarthSC-102VisualsIndex.HTM</a> )</li> <li>4) "Earthquake Research and Analysis - Seismology, Seismotectonic and Earthquake Geology", Edited by Sebastiano D'Amico, ISBN 978-953-307-991-2, 416 pages, Publisher: InTech, Chapters published February 08, 2012 under CC BY 3.0 license DOI: 10.5772/1117, Open Acces: <a href="http://www.intechopen.com/books/earthquake-research-and-analysis-seismology-seismotectonic-and-earthquake-geology">http://www.intechopen.com/books/earthquake-research-and-analysis-seismology-seismotectonic-and-earthquake-geology</a></li> </ol>	

• Nombre del curso/módulo	• Duración
<b>Observaciones Sismológicas</b>	<i>22,5 horas lectivas</i> <i>15 horas estudio</i> <b>37,5 horas</b>
• Objetivos	
<p>Conocer las definiciones de sismología básica.</p> <p>Entender los procesos geofísicos que controlan los terremotos.</p> <p>Visualizar la evolución de la sismología en los últimos años.</p>	
• Contenidos	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conceptos de Sismología básica: Tectónica de placas, ciclo sísmico, hipocentro, área de ruptura, magnitud, intensidad, mecanismo de foco, velocidad de ruptura, ondas sísmicas, etc.</li> <li>• Tipos de Terremotos.</li> <li>• Leyes que rigen la sismicidad: Ley de Gutenberg-Richter, Ley de Omori.</li> <li>• Leyes de Escalamiento.</li> <li>• Los grandes Terremotos y la evolución de la sismología.</li> <li>• Sismicidad en Chile.</li> </ul>	
• Bibliografía	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Lay, T. &amp; T. Wallace, Modern Global Seismology. Academic Press, 1995.</li> <li>2) Stein, S., &amp; M. Wysession. An Introduction to Seismology, Earthquakes, and Earth Structure, Blackwell Publishing, 2003.</li> <li>3) Shearer, P. Introduction to Seismology. Cambridge University Press, 2009.</li> <li>4) Udías, A., M. Madariaga, &amp; E. Buforn, Source Mechanisms of Earthquakes, Cambridge, 2014.</li> </ol>	

• Nombre del curso/módulo	• Duración
<b>Observaciones de la Geodesia aplicada a la Tectónica Activa</b>	10,5 horas lectivas 6 horas estudio <b>16,5 horas</b>
• Objetivos	
<p>Proporcionar al estudiante conocimientos básicos de geodesia aplicada a la tectónica activa, y discutir en particular el estado del arte de la geodesia aplicada al entendimiento de procesos asísmicos involucrados en el proceso de acumulación de energía que se libera eventualmente en terremotos.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Conocer las definiciones básicas de la geodesia.</li> <li>2) Comprender el cómo se utiliza la geodesia como herramienta esencial para analizar procesos geofísicos asísmicos</li> <li>3) Comprender el comportamiento mecánico de fallas y en particular procesos de la acumulación de la energía que se libera en los terremotos.</li> </ol>	
• Contenidos	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducción a la geodesia aplicada de tectónica activa.</li> <li>• Procesos de acumulación de energía: período intersísmico – métodos de estimación y caracterización de asperezas de una zona sismogénica – interpretación en base a modelos friccionales y reológicos (Ejemplos en Chile y Japón).</li> <li>• Procesos de liberación de energía: período co-sísmico, post-sísmico y “terremotos lentos” (<i>slow slip events</i>) – métodos de estimación y caracterización de distribuciones de dislocación para cada caso de una zona sismogénica – interpretación en base a modelos friccionales y reológicos. (Ejemplos en Chile Japón y Méjico).</li> <li>• Interpretación del comportamiento mecánico de fallas y su rol en la sismogénesis.</li> </ul>	
• Bibliografía	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Blewitt, G. (2007), "GPS and Space Based Geodetic Methods", Chapter in Treatise on Geophysics, Vol. 3., pp. 351-390, Ed. Thomas Herring, Ed.-in-chief Gerald Schubert, Academic Press, Oxford, UK, ISBN: 0-444-51928-9.</li> <li>2) Segall, P. (2010), <i>Earthquake and Volcano Deformation</i>, Princeton University Press.</li> <li>3) Richard C. Aster, Brian Borchers &amp; Clifford H. Thurber. "Parameter Estimation and Inverse Problems - Second Edition". Academic Press – Elsevier (2013).</li> <li>4) Ortega, F. (Apuntes de clases), Introducción a la estimación de parámetros de modelos lineales usando el método de Mínimos Cuadrados.</li> </ol>	

• Nombre del curso/módulo	• Duración
<b>Instrumentación y Redes</b>	<i>19 horas lectivas</i> <i>6 horas estudio</i> <b>25 horas</b>
• Objetivos	
<p>Conocer las características técnicas de instrumentos modernos actualmente utilizados para el monitoreo de la actividad sísmica y procesos de deformación de la corteza terrestre.</p> <p>Conocer la teoría básica detrás de las observaciones de instrumentos sismológicos y geodésicos, que permiten realizar el procesamiento de dichas observaciones para poder ser aplicadas a estudios geofísicos.</p> <p>Comprender las características de los diferentes tipos de redes de dichos instrumentos orientadas a la caracterización de terremotos, así como de los procesos geofísicos responsables de la sismogénesis.</p>	
• Contenidos	
<p>Este módulo se divide en dos etapas, la primera en que se muestra en la sala de clases la teoría detrás de las observaciones con dichos instrumentos y sus aplicaciones, para luego culminar con una parte demostrativa de uso en terreno de estaciones y de procesamiento básico de datos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Instrumentos sismológicos (e.g. periodos cortos, banda ancha, acelerómetros, etc.).</li> <li>• Respuesta instrumental y calibración.</li> <li>• Descripción de instrumentos geodésicos (geodesia terrestre y espacial).</li> <li>• Teoría básica para el posicionamiento utilizando datos de GPS.</li> <li>• Redes de monitoreo sismológicas y geodésicas (redes locales, regionales, red mundial, redes de investigación).</li> <li>• Demostración de uso en terreno de estaciones sismológicas y de GPS.</li> <li>• Demostración de procesamiento básico de datos sismológicos y geodésicos.</li> </ul>	
• Bibliografía	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Blewitt, G, "Basics of the GPS Technique: Observation Equations," in Geodetic Applications of GPS, p. 10-54, ed. B. Johnson, Nordic Geodetic Commission, Sweden, ISSN 0280-5731(1997).</li> <li>2) Blewitt, G. (2007), "GPS and Space Based Geodetic Methods", Chapter in Treatise on Geophysics, Vol. 3., pp. 351-390, Ed. Thomas Herring, Ed.-in-chief Gerald Schubert, Academic Press, Oxford, UK, ISBN: 0-444-51928-9.</li> <li>3) Bormann, P. (Ed.) (2012). "New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP-2)", IASPEI, GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam; <a href="http://nmsop.gfz-potsdam.de">http://nmsop.gfz-potsdam.de</a>, DOI: 10.2312/GFZ.NMSOP-2, urn:nbn:de:kobv:b103-NMSOP-2.4)</li> </ol>	

- 4) Havskov, Jens & Alguacil, Gerardo. 2004. "Instrumentation in Earthquake Seismology", CDROM, Springer. 358 pages. ISBN: 1-4020-2968-3.
- 5) Kai Borre & Gilbert Strang, "Algorithms for Global Positioning", Wellesley-Cambridge Press, 473 pages. (2012).
- 6) Segall, P. (2010), "Earthquake and Volcano Deformation", Princeton University Press.
- 7) Richard C. Aster, Brian Borchers & Clifford H. Thurber. "Parameter Estimation and Inverse Problems - Second Edition". Academic Press – Elsevier (2013).
- 8) Ortega, F. (apunte de clases) "Introducción a la estimación de parámetros de modelos lineales usando el método de Mínimos Cuadrados".

• Nombre del curso/módulo	• Duración
<b>Análisis de Datos y Modelamiento de la Fuente Sísmica</b>	<i>18 horas lectivas</i> <i>9 horas estudio</i> <b>27 horas</b>
• Objetivos	
<p>Manejar las bases teóricas del modelamiento de la fuente sísmica en su aproximación de fuente puntual y fuente finita.</p> <p>Conocer las técnicas de estimación de parámetros de la fuente sísmica.</p> <p>Conocer las técnicas de cálculo del tensor de momento sísmico a partir de registros sismológicos.</p> <p>Conocer distintos métodos de determinación de parámetros de la fuente.</p>	
• Contenidos	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adquirir competencias en tratamiento básico de señales sísmicas para el proceso de análisis y modelamiento de fuente sísmica (e.g. <i>dataless</i>, filtros, corrección por respuesta instrumental, etc.).</li> <li>• Técnicas de modelamiento de la fuente sísmica (e.g. función de Green, fuente puntual, fuente finita).</li> <li>• Estimación de parámetros de la fuente sísmica y cálculo del momento sísmico escalar y magnitud de momento.</li> <li>• Cálculo de parámetros de la fuente sísmica en el dominio espectral (e.g. cálculo de <math>M_0</math>, frecuencia de esquina, caída de esfuerzo).</li> <li>• Tensor de momento sísmico y mecanismo focal. Concepto de centroide espacial y temporal.</li> <li>• Modelamiento de la fuente sísmica finita y descripción de técnicas para estimar tamaño de un terremoto usando datos sismológicos y geodésicos. Ejemplo de los</li> </ul>	

terremotos de Tohoku, Maule, Pisagua, etc.
• Bibliografía
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Aki, K. &amp; P.G. Richards. Quantitative Seismology, Theory and Methods, Vol. I y II. Editorial, W. H. Freeman and Company, San Francisco, California, E.E.U.U., 1980.</li> <li>2) Bormann, P. (Ed.) (2012). "New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP-2)", IASPEI, GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam; <a href="http://nmsop.gfz-potsdam.de">http://nmsop.gfz-potsdam.de</a>, DOI: 10.2312/GFZ.NMSOP-2, urn:nbn:de:kobv:b103-NMSOP-2.</li> <li>3) Lay, T. &amp; T. Wallace. "Modern Global Seismology". AcademicPress, 1995.</li> <li>4) Stein, S. &amp; M. Wysession. "An Introduction to Seismology, Earthquakes, and Earth Structure", Blackwell Publishing, 2003.</li> </ol>

• Nombre del curso/módulo	• Duración
<b>Características cuantitativas de la fuente sísmica determinada en la práctica sismológica: como obtener información científica sobre terremotos rápidamente.</b>	<i>21 horas lectivas</i> <i>13 horas estudio</i> <b>34 horas</b>
• Objetivos	
<p>Identificar y reconocer las características diferenciadoras de los terremotos profundos respecto a los superficiales (&lt; 20 km) analizados en el contexto tectónico de la subducción Andina.</p> <p>Identificar los métodos y pasos necesarios para cuantificar los parámetros que caracterizan el tamaño, mecanismo y proceso de ruptura de la fuente sísmica a partir de la modelación de formas de ondas.</p> <p>Conocer métodos rápidos de procesamiento de señales sísmica para caracterizar el evento en términos del tensor de momento del centroide.</p> <p>Adquirir competencias en modelamiento de fuente sísmica utilizando método de la fase-W y su utilización para determinar tensor de <math>M_0</math> y <math>M_w</math> para aplicaciones de alerta temprana de tsunamis.</p> <p>La adquisición de habilidades para el análisis de ondas de cuerpo en el campo lejano: parametrización del modelo sísmico para una aproximación fuente finita y el análisis de la fuente sísmica en términos de directividad utilizando las formas de onda telesísmicas..</p>	
• Contenidos	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio de casos de eventos sísmicos en contexto andino:</li> </ul>	

- Descripción con ejemplos prácticos del concepto de centroide y comparación con hipocentro.
  - Análisis del tensor de momento sísmico para casos de eventos típicos de la subducción andina.
  - Ejemplos de cálculo de energía sísmica, momento sísmico, eficiencia sísmica y caída de tensión.
- Aplicación para el modelamiento de fuente sísmica:
    - Conceptos básicos de oscilaciones libres de la Tierra; Cómo utilizar el análisis de los modos normales como metodología de la sismológica estándar para la determinar el tensor de momento del centroide.
    - Bases físicas para los modelos cinemáticos de fuente sísmica, tanto para el caso de fuente puntual como de fuente finita; Limitaciones físicas para la parametrización de los modelos de la fuente sísmica.
    - Rango de validez utilizando la aproximación teoría de rayos con ondas de cuerpo a la distancia de campo lejano. Análisis comparativo entre los terremotos profundos y los superficiales en el contexto de un ambiente tectónico andino (caso de estudio utilizando la aproximación de Fraunhofer).
    - Estudio de casos de funciones temporales de la fuente sísmica y la determinación del tensor de momento sísmico utilizando en método de la W-Fase para sismos  $M > 6.0$  utilizando registros de formas de onda a distancias regionales y periodos ultra-largos como resultado de una superposición de los primeros armónicos de los modos normales de la Tierra (rango entre 100 y 1.000 s) en el contexto tectónica andina.
  - Análisis Sismológico para obtener rápidamente información científica sobre los terremotos en aplicaciones para la alerta temprana de tsunamis;
    - Análisis del terremoto  $M_w$  8.4 Illapel 2015: un caso exitoso para una determinación rápida del tensor de momento sísmico utilizando el método de la fase-W como metodología para un tsunami sistemas de alerta temprana en un ambiente de subducción tectónica andina; Discusiones sobre rango de validez y limitaciones.
    - Ejemplo de modelado de la fuente sísmica puntual con el método de la W-Fase a partir de datos de radiación de onda a períodos ultra-largo y con datos del desplazamiento co-sísmico obtenidos de estaciones de GPS en las distancias cercanas y regionales.
    - Ejemplo de modelado de fuente sísmica finita con el método W-Fase usando formas de onda de datos de banda ancha como aplicación a operaciones en tiempo real para sistemas de alerta de tsunamis.

- Bibliografía

- 1) Duputel, Z., H. Kanamori, V. C. Tsai, L. Rivera, L. Meng, J.-P. Ampuero, & J. M. Stock, The 2012 Sumatra great earthquake sequence, Earth and Planetary Science Letters, Vols. 351-352, 2012, pp. 247-257, Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.epsl.2012.07.017>.
- 2) Duputel, Z., L. Rivera, H. Kanamori, & G. Hayes, 2012. W-phase fast source inversion for moderate to large earthquakes (1990 - 2010), Geophysical Journal International, v. 189, Issue. 2, pp. 1125-1147.
- 3) Rivera, L., H. Kanamori & Z. Duputel. W-phase source inversion using the high-rate regional GPS data of the 2011 Tohoku-Oki earthquake. American Geophysical Union, Fall Meeting, 2011.
- 4) Aki, K. & P.G. Richards. "Quantitative Seismology, Theory and Methods", Vol. I y II. Editorial, W. H. Freeman and Company, San Francisco, California, E.E.U.U., 1980.

• Nombre del curso/módulo	• Duración
<b>Peligro Sísmico</b>	<i>15 horas lectivas</i> <i>6 horas estudio</i> <b>21 horas</b>
• Objetivos	
<p>Proporcionar al estudiante los conocimientos y procedimientos para acceder a datos de redes sísmológicas nacionales e internacionales, para ser utilizados en la determinación del peligro sísmico de un sitio específico.</p> <p>Comprender los procesos asociados a dicha determinación, principalmente sus alcances y limitaciones. Se analizarán los casos de estudio de estimación del peligro sísmico en diferentes zonas de Chile, incluyendo la zona Norte y Centro-Sur de Chile.</p>	
• Contenidos	
<p>Se ofrecerá una introducción al análisis de peligro sísmico con énfasis principal en aproximaciones probabilísticas. Además, una parte importante del curso es un ejercicio práctico donde el alumno completará una evaluación del peligro sísmico completo.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sísmicidad histórica: Cuánta información podemos realmente obtener.</li> <li>• Descripción de los grandes terremotos a nivel global: énfasis en terremotos de Chile y la región.</li> <li>• Análisis y completitud de catálogos.</li> <li>• Diferentes fuentes sísmicas: Identificación de ellas para la determinación de peligro.</li> <li>• Determinación de Gutenberg-Richter para todo el catálogo y para cada fuente</li> </ul>	

<p>sísmica.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinación de la probabilidad de ocurrencia de acuerdo a Poisson.</li> <li>• Determinación aceleraciones máximas esperadas.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Bibliografía</b></li> </ul>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Baker, J. W., "An Introduction to Probabilistic Seismic Hazard Analysis", White Paper, Version 1.3, 72 pp., 2008.</li> <li>2) Wang, Z., "Seismic Hazard Assessment: Issues and Alternatives", Pure Appl. Geophys., 2010 DOI 10.1007/s00024-010-0148-3.</li> <li>3) Abrahamson, N. A. &amp; Bommer, J. J., Probability and uncertainty in seismic hazard analysis, Earthquake Spectra 21, 603-607, 2005.</li> </ol>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Nombre del curso/módulo</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Duración</b></li> </ul>
<p><b>Manejo de Bases de Datos y Operación en Tiempo Real</b></p>	<p><i>12 horas lectivas</i> <i>3 horas estudio</i> <b>15 horas</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Objetivos</b></li> </ul>	
<p>Comprender los procesos necesarios para la caracterización de la sismicidad en tiempo real.</p> <p>Manejar métodos y programas para describir parámetros relevantes de la sismicidad.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Contenidos</b></li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redes sismológicas, comunicaciones y bases de datos.</li> <li>• Análisis de datos en tiempo real. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Localización de hipocentros.</li> <li>- Estimación de magnitud (automático, manual)</li> <li>- Softwares: seisan, seiscomp, early bird, antelope.</li> <li>- Momento sísmico y mecanismo de foco (e.g. fase-W)</li> <li>- Difusión de la información (agencias gubernamentales y todo público)</li> </ul> </li> <li>• Shakemap y shakecast.</li> <li>• Sistemas de Alerta temprana de terremotos (e.g. Japón, USA, Italia).</li> <li>• Sistemas de Alerta temprana de tsunamis.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Bibliografía</b></li> </ul>	

- 1) [ftp://ftp.geo.uib.no/pub/seismo/SOFTWARE/DOCUMENTATION/processing\\_earthquake\\_data.pdf](ftp://ftp.geo.uib.no/pub/seismo/SOFTWARE/DOCUMENTATION/processing_earthquake_data.pdf)
- 2) <ftp://ftp.geo.uib.no/pub/seismo/SOFTWARE/SEISAN/seisan.pdf>
- 3) <ftp://ftp.geo.uib.no/pub/seismo/SOFTWARE/SEISAN/seitrain.pdf>
- 4) Havskov, Jens; Alguacil, Gerardo. 2004. Instrumentation in Earthquake Seismology + cd-rom. Springer. 358 pages. ISBN: 1-4020-2968-3.
- 5) [http://www.ipgp.fr/~arnaudl/NanoCD/documentation/Nanometrics/EarlyBird\\_User\\_Guide\\_16236R3.pdf](http://www.ipgp.fr/~arnaudl/NanoCD/documentation/Nanometrics/EarlyBird_User_Guide_16236R3.pdf)
- 6) <http://geofon.gfz-potsdam.de/software/seiscomp/>

## Currículum del Cuerpo Docente

• Nombre del(la) Profesor(a)
<i>Sergio Barrientos P.</i>
• Formación Académica
- <i>Magister en Ciencias, mención Geofísica, Universidad de Chile, Chile.</i> - <i>Doctor en Geofísica, Universidad California Santa Cruz, Estados Unidos.</i>
• Experiencia Docente
• Proyectos de Investigación
• Experiencia Profesional

• Nombre del(la) Profesor(a)
<i>Jaime Campos Muñoz</i>
• Formación Académica
- <i>Magister en Ciencias, mención Geofísica, Universidad de Chile, Chile.</i> - <i>Doctor en Geofísica Interna, Universidad de París 7, 1995, Francia.</i>
• Experiencia Docente
GF3001, Geofísica General. FG6147, Gestión del Riesgo de Desastres Socio-Naturales : Una Introducción Crítica e Integral a la Situación Chilena. GF7666, Modelamiento de Terremotos. GF7665, Seminario de Sismos de Profundidad Intermedia. FG6045, Nuestro Planeta: Hablando de Terremotos a Cambio Climático. GF520, GF755, GF754, Seminario. GF769, Seminario: " Modelamiento Fuente Sísmica".
• Proyectos de Investigación
Earthquakes in Chile: understanding the rupture process of very large subduction earthquakes, Proyecto Fondecyt Regular N° 1130636, Conicyt, Duración: 3 años, Inicio: 2013, Investigador Responsable.
Desarrollo de plataforma de amenaza sísmica para el norte de Chile y propuesta de actualización de normas de diseño sismo-resistente: análisis de los efectos del terremoto del Maule 2010 y caracterización de terremotos tipo en el segmento Taltal-Arica, Proyecto FONDEF, D10I1027, Conicyt, Duración: 3 años, Inicio: 2010, Investigador Asociado.
The Tocopilla Earthquake (M 7.7) of November 14,2007: a Multidisciplinary Study, Proyecto Fondecyt Regular, Conicyt, Duración: 3 años, Inicio: 2010, Investigador

Responsable.
Núcleo Milenio Centro Internacional de Investigación de Terremotos Montessus de Ballore (CIIT-MB), Proyecto Núcleo MILENIO, MIDEPLAN y Ministerio de Economía, Duración: 4 años, Inicio: 2007, Fin: 2011, Investigador Principal.
• Experiencia Profesional

• Nombre del(la) Profesor(a)
<i>Armando Cisternas.</i>
• Formación Académica
- <i>Ingeniería Civil en Minas, Universidad de Chile.</i> - <i>Doctor en Física y Matemáticas, California Institute of Technology, Estados Unidos.</i>
• Experiencia Docente
- FI3002, Métodos Matemáticos de la Física. - GF731, Sismología Teórica I.
• Proyectos de Investigación
• Experiencia Profesional

• Nombre del(la) Profesor(a)
<i>Diana Comte Selman</i>
• Formación Académica
- <i>Magister en Ciencias, mención Geofísica, Universidad de Chile, Chile.</i> - <i>Doctor en Sismología y Física del Interior de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, 1993, México.</i>
• Experiencia Docente
GF757, Seminario Geofísica, Interplate Contact and Seismic Hazard Seminar. EI2001, Taller de Proyecto FG6066, Terremotos: Usos y Abusos FG1A0, Pensamiento Matemático y Realidad
• Proyectos de Investigación

Active Forearc Faults in the Central Part of the Mature Northern Chile Seismic Gap: Insights From Seismological and Neotectonic Detailed Analysis: 2013-2015, FONDECYT N° 1130071 Investigadora Responsable.

Center for Mining Technology: 2009-2014, Funding source PBCT Basal Financing Program for Scientific and Technological Centers of Excellence - CONICYT. Directora de Investigación y Desarrollo, Investigador Titular

CORFO L2 Valoración de yacimientos por tomografía sísmica, 2011- 2014 Co-Directoras

CORFO L4 Exploración minera por tomografía sísmica, 2014-2016

CORFO Protipo Visual 3D platform for operational decisions and strategies in Mining 2015-2016.

Tectono-magmatic control of giant ore deposits in the subduction factory of the high Chilean Andes: A multi-disciplinary approach, Years: 2006-2009, PBCT ACT-18.

• Experiencia Profesional

Actualización Peligro Sísmico Spence, BHP Billiton Pampa Norte 2014-2015.

Determinación del Peligro Sísmico en las áreas de ruptura de los terremotos de 1922 y 1943, Moffat & Nichols 2015.

Determinación del Peligro Sísmico en el Norte de Chile y Sur del Perú, BAIRD 2013-2015.

Tomografía sísmica y modelo estructural en Los Sulfatos Este (Olivares) AngloAmerica 2015-2016.

Tomografía sísmica y modelo estructural en Los Sulfatos AngloAmerican 2014-2015

Tomografía sísmica y modelo estructural en Pelambres Minera Los Pelambres 2013-2014.

Tomografía sísmica en torno al campo geotermal de Lirima, norte de Chile Energía Andina 2013-2013

Tomografía sísmica y modelo estructural en Spence BHP Billiton 2012-2013.

• Nombre del(la) Profesor(a)

*Francisco Ortega C.*

• Formación Académica

- *Ingeniero Civil, Mención Estructuras y Construcción, Facultad de Ciencias Físicas y*

<p><i>Matemáticas, Universidad de Chile.</i>  <i>- Ph.D. en Geofísica, California Institute of Technology, 2013, Estados Unidos</i></p>
<p>• Experiencia Docente</p>
<p>CI5212, Mecánica de Sólidos II.  GF5013, Métodos Inversos Aplicados a la Geofísica.  MA2601, Ecuaciones Diferenciales Ordinarias.  GF5017, Geodesia de Tectónica Activa.</p>
<p>• Proyectos de Investigación</p>
<p>Mechanical behavior of the Central Andes subduction zone: assessing the potential for future earthquake occurrence. Inicio: 2014, Duración: 3 años, PROYECTO FONDECYT Iniciación N°11140904, Investigador Responsable.</p>
<p>• Experiencia Profesional</p>

<p>• Nombre del(la) Profesor(a)</p>
<p><i>Raúl Madariaga.</i></p>
<p>• Formación Académica</p>
<p>- <i>Ingeniería Civil Civil, Universidad de Chile, Chile.</i>  - <i>Ph.D. en Geofísica, Instituto Tecnológico de Massachusetts, Estados Unidos.</i></p>
<p>• Experiencia Docente</p>
<p>- GF5012, Terremotos en Chile.</p>
<p>• Proyectos de Investigación</p>
<p>• Experiencia Profesional</p>

<p>• Nombre del(la) Profesor(a)</p>
<p><i>Mario Pardo Pedemonte</i></p>
<p>• Formación Académica</p>
<p>- <i>Magister en Ciencias, mención Geofísica, Universidad de Chile, Chile.</i>  - <i>Doctor en Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, 1993, México</i></p>
<p>• Experiencia Docente</p>
<p>GF4001, Sismología.</p>

GF735, Instrumental Sismológico. GF758, Seminario de Geofísica Aplicada.
• Proyectos de Investigación
• Experiencia Profesional

• Nombre del(la) Profesor(a)
<i>Sebastián Riquelme Muñoz.</i>
• Formación Académica
- <i>Ingeniero Civil Industrial, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.</i> - <i>Magister en Ciencias, mención Geofísica, Departamento de Geofísica, Universidad de Chile, 2012, Chile.</i>
• Experiencia Docente
GF772, Modelamiento de Tsunamis.
• Proyectos de Investigación
• Experiencia Profesional
Jefe de Operaciones, Centro Sismológico Nacional.

• Nombre del(la) Profesor(a)
<i>Javier A. Ruiz Paredes</i>
• Formación Académica
- <i>Ingeniero Civil Civil, mención Estructuras Construcción, Universidad de Chile, Chile.</i> - <i>Magister en Ciencias, mención Geofísica, Universidad de Chile, Chile.</i> - <i>Doctor en Geofísica Interna, Institut de Physique du Globe de Paris, Paris, Francia.</i>
• Experiencia Docente
GF4005, Matemáticas Aplicadas a la Geociencia GF4029, Análisis de Señales. GF5001, Sismología Aplicada a la Ingeniería Civil. GF732, Sismología Teórica II. GF772, Modelamiento de Tsunamis.

<ul style="list-style-type: none"> <li>Proyectos de Investigación</li> </ul>
<p>Earthquakes in Chile: understanding the rupture process of very large subduction earthquakes, Proyecto FONDECYT Regular, CONICYT, Duración: 3 años, Inicio: 2013, Investigador Asociado.</p> <p>Seismological and Geodetic Investigations of the Chile 2010 Megathrust Earthquake, Proyecto Programa de Cooperación Internacional, Investigación Chile-EEUU USA2012-001, CONICYT, Duración: 3 años, Inicio: 2012, Co-Investigador.</p> <p>Broadband Strong Ground Motion Simulation Along South-Central Chilean Subduction Zone, Proyecto FONDECYT Iniciación en Investigación N° 11100134, CONICYT, Duración: 3 años, Inicio: 2010, Investigador Responsable.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Experiencia Profesional</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>Nombre del(la) Profesor(a)</li> </ul>
<p><i>Sergio Ruiz Tapia</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Formación Académica</li> </ul>
<p>- <i>Ingeniero Civil, Mención Estructuras y Construcción, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Chile.</i></p> <p>- <i>Magister en Ciencias, mención Ingeniería Sísmica, Universidad de Chile.</i></p> <p>- <i>Magister en Ciencias, mención Geofísica, Universidad de Chile, Chile.</i></p> <p>- <i>Doctor en Ciencias, Mención Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, 2012, Chile. Doctor en Geofísica, Institut de Physique du Globe de Paris, 2012, Francia.</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Experiencia Docente</li> </ul>
<p>GF4001, Sismología.  GF4101, Sismología Aplicada.  GF5012, Terremotos en Chile.  GF4029, Análisis de Señales.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Proyectos de Investigación</li> </ul>
<p>Earthquakes in Chile: understanding the rupture process of very large subduction earthquakes, Proyecto FONDECYT Regular, CONICYT, Duración: 3 años, Inicio: 2013, Investigation Fundamental, (InvestigadorAsociado).</p> <p>Mega-earthquakes scenarios in Chile and Synthetic Strong Motion Simulation, Proyecto FONDECYT Iniciación N°11130230 en Investigación, CONICYT, Duración: 3 años, Inicio: 2013, Investigador Responsable.</p>

• Experiencia Profesional