



Universidad Nacional de Salta  
**FACULTAD DE  
INGENIERIA**

Avda. Bolivia 5150 – 4400 SALTA  
T.E. (0387) 4255420 – FAX (54-0387) 4255351  
REPUBLICA ARGENTINA  
E-mail: [unsaing@unsa.edu.ar](mailto:unsaing@unsa.edu.ar)

Salta, 21 de Agosto de 2014

650/14

Expte. N° 14.261/14

VISTO:

La Nota N° 1064/14, mediante la cual el Mag. Ing. Mario W.E. Toledo solicita aval y autorización para el dictado del Curso de Posgrado denominado “Dinámica Estructural”, destinado a docentes, investigadores y estudiantes de Doctorado en Ingeniería, y

CONSIDERANDO:

Que el peticionante adjunta a su nota, la Planilla para la Solicitud de Autorización de Cursos de Posgrado, en la cual se detallan los fines y objetivos que se desean alcanzar, así como el programa del Curso en cuestión, la metodología a aplicar, el sistema de evaluación, los conocimientos previos necesarios, la bibliografía y los profesionales destinatarios de la acción, con indicación expresa de las carreras de postgrado para las que será válido:

Que en dicha Planilla se especifica que se aceptan alumnos del último año de la carrera de Ingeniería Civil, a los cuales se otorgará constancia de asistencia;

Que el Director Responsable del Curso es el Dr. Sergio Horacio OLLER MARTÍNEZ, Catedrático de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) –Departamento de Resistencia de Materiales y Estructura en la Ingeniería- e investigador del Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería (CIMNE), quien desde hace varios años realiza tareas de investigación conjunta con el Aula CIMNE-Salta, en el marco del Convenio existente entre la Universidad Nacional de Salta y la UPC-CIMNE;

Que el desarrollo de la temática también se encontrará a cargo del Dr. OLLER MARTÍNEZ, actuando como Coordinador del Curso el Mag. Ing. Mario W.E. TOLEDO;

Que el Curso es arancelado y autofinanciado, cubriéndose con un subsidio otorgado por CONICET los gastos de estadía del disertante;

Que el remanente de lo recaudado, luego de cubrir las erogaciones que demande el desarrollo de la acción, será administrado por el Instituto ICMASa y destinado a cubrir gastos inherentes a las actividades de investigación que en el mismo se llevan a cabo;

Que se acompaña la correspondiente propuesta de arancelamiento, la cual se ajusta a las disposiciones contenidas en la Resolución N° 199-HCD-2011, ampliada por Resolución N° 627-HCD-2013;

Que tanto la Escuela de Ingeniería Civil como la de Posgrado, aconsejan autorizar el dictado del Curso;



650/14

Expte. N° 14.261/14

Que la Comisión de Hacienda, se expide favorablemente respecto de la propuesta de arancelamiento.

POR ELLO, de acuerdo a lo aconsejado por la Comisión de Asuntos Académicos en su Despacho N° 177/14 y en uso de las atribuciones que le son propias,

EL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA  
 (En su IX Sesión Ordinaria del 30 de julio de 2014)

R E S U E L V E

ARTICULO 1°.- Tener por autorizado el dictado del Curso de Posgrado arancelado y autofinanciado “**DINÁMICA ESTRUCTURAL**”, a cargo del Dr. Sergio Horacio OLLER MARTÍNEZ, bajo la Coordinación del Mag. Ing. Mario Walter Efraín TOLEDO, destinado a docentes, investigadores y estudiantes de Doctorado en Ingeniería, a llevarse a cabo los días jueves y viernes, a partir del 24/7/2014, con un total de sesenta (60) horas, distribuidas en partes iguales entre clases teóricas y prácticas, consistentes estas últimas en trabajos tutelados y experiencias de laboratorio, con el programa que se encuentra adjunto en el ANEXO de la presente resolución.

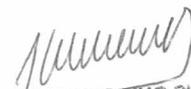
ARTICULO 2°.- Determinar los aranceles que a continuación se especifican, a aplicarse en el Curso de Posgrado cuya autorización se aconseja precedentemente:

Integrantes del Aula CIMNE: -----sin arancel  
 Docentes de la Facultad de Ingeniería: -----sin arancel  
 Estudiantes de Posgrado de la Facultad de Ingeniería: -----sin arancel  
 Alumnos que hayan aprobado 4° Año de la carrera de Ingeniería Civil (hasta un cupo máximo de treinta -30-):-----sin arancel  
 Graduados de la Facultad de Ingeniería: -----\$ 200  
 Estudiantes de grado de otras Facultades de la UNSa y de otras Universidades: -----\$ 200  
 Docentes y estudiantes de posgrado de otras Facultades de la UNSa (a excepción de los estudiantes de Posgrado de la Facultad de Ciencias Exactas) y de otras Universidades: -----\$ 300  
 Otros profesionales: -----\$ 600

ARTICULO 3°.- Hágase saber, comuníquese a Secretaría Académica de la Facultad, Dr. Sergio Horacio OLLER MARTÍNEZ, Mag. Ing. Mario Walter Efraín TOLEDO, Escuela de Posgrado de la Facultad, Dirección Administrativa Económica Financiera, Departamento de Presupuesto y Rendiciones de Cuentas, por el Departamento de Cómputos difúndase por correo electrónico a la comunidad universitaria y en página web de la Facultad y siga por las Direcciones Generales Administrativa Económica y Académica, al Área de Posgrado respectivamente, para su toma de razón y demás efectos.

aam

  
 Dra. MARTA CECILIA POCOVI  
 SECRETARIA ACADEMICA  
 FACULTAD DE INGENIERIA - UNSa

  
 Ing. EDGARDO LING SHAM  
 DECANO  
 FACULTAD DE INGENIERIA - UNSa



**ANEXO**

Res. N° 650-HCD-14

Expte. N° 14.261/14

**Nombre del Curso:**

**DINÁMICA ESTRUCTURAL**

**Fines y objetivos que desea alcanzar:**

La formación en los aspectos relacionados con el análisis de estructuras bajo cargas dinámicas.

**Programa del Curso:**

**CAPITULO I: CONCEPTOS BÁSICOS DE DINÁMICA ESTRUCTURAL**

Introducción.

Definición de la acción dinámica: en forma determinista, en forma estocástica.

Estructuras y modelos estructurales. Métodos de modelización dinámica. Discretización espacial de la estructuras. Método de las masas concentradas. Método de los desplazamientos generalizados. Método de los elementos finitos.

Modelos dinámicos: A un sólo grado de libertad; A varios grados de libertad.

**CAPITULO II: FORMULACIÓN DE LA ECUACIÓN DEL MOVIMIENTO Y RESPUESTA DINÁMICA DE UN SISTEMA CON "UN" GRADO DE LIBERTAD.**

Introducción y generalidades del comportamiento dinámico de las construcciones.

Formulación de las ecuaciones del movimiento. Principio de D'Alembert. Principio de los desplazamientos generalizados o de los desplazamientos virtuales. Funcional de Hamilton.

Ecuación del movimiento de un sistema a un grado de libertad:

- Oscilación libre en campo conservativo.
- Oscilación bajo forzante armónica.
- Oscilación libre amortiguada: crítica, supracrítica, subcrítica.
- Oscilación amortiguada bajo forzante armónica.
- Características del movimiento amortiguado.
- Oscilación amortiguada bajo desplazamiento no armónica en la base: respuesta del oscilador a un impulso en la base: rectangular, triangular, respuesta del oscilador a una sucesión de impulsos en la base. Integral de Duhamel.
- Respuesta numérica de un oscilador de un grado de libertad.
- Espectros y Pseudo espectros de respuesta de un oscilador a un grado de libertad:
  - Espectro de desplazamientos relativos,
  - Espectro de velocidades relativas,
  - Espectro de aceleraciones absolutas.

Resolución numérica de las integrales de los espectros de respuesta.

Utilización del espectro de respuesta en el cálculo de una estructura, rectificación de los espectros, normalización de los espectros, representación de Newmark, construcción aproximada de los espectros de respuesta.

Vibraciones en estructuras producidas por el tráfico y relación con el ruido. Filtros de frecuencia y atenuación del ruido en estructuras.



## ANEXO

Res. N° 650-HCD-14

Expte. N° 14.261/14

Análisis en el dominio de las frecuencias. Transformación directa e inversa. Transformada rápida de Fourier. Espectros de respuesta y espectros de amplitudes de Fourier.

### **CAPITULO III: FORMULACIÓN DE LA ECUACIÓN DEL MOVIMIENTO Y RESPUESTA DINÁMICA DE UN SISTEMA CON "N" GRADOS DE LIBERTAD.**

Introducción y generalidades del comportamiento dinámico de las construcciones. Coordenadas Lagrangeanas o generalizadas.

Modelos continuos. Principio de los trabajos virtuales. Vibración por flexión de vigas. Solución de la ecuación del movimiento en vibración libre. Frecuencias naturales y modos normales para vigas uniformes. Condición de ortogonalidad entre modos normales. Introducción al concepto de discretización.

Modelos simples con varios grados de libertad. Edificio de cortante. Modelo general de pórtico. Modelo de elementos finitos.

Resolución mediante reducción del número de grados de libertad. Condensación aproximada o lateral. Condensación exacta o dinámica.

Formulación de la ecuación diferencial del movimiento a partir de la primera ley de la termodinámica. Formulación a partir de la energía potencial primal. Minimización de la energía potencial primal. Aplicación a sólidos discretos - Elementos Finitos -. Dominio elemental. Dominio Global.

Funcional de Hamilton y formulación de la ecuación diferencial del movimiento para un sistema con "n" grados de libertad. Ecuación del movimiento para una coordenada generalizada cualquiera. Ecuación del movimiento de un sólido para las "n" coordenadas generalizadas.

Análisis modal de la respuesta I: Oscilación libre no amortiguada de un sistema a "n" grados de libertad. - obtención de los parámetros modales, superposición de la respuesta del sistema - Oscilación forzada no amortiguada de un sistema a "n" grados de libertad. Oscilación forzada amortiguada de un sistema a "n" grados de libertad.

Cálculo de valores y vectores propios a través de métodos simples: Rayleigh, Stodola Vianello y también a través de métodos numéricos: directos, iterativos.

Análisis modal de la respuesta II: Oscilación amortiguada de un sistema a "n" grados de libertad sometido a la acción de un sismo.

Análisis de la respuesta en la historia del tiempo. Análisis espectral de la respuesta. Cálculo de edificios de cortante. Estructuras modeladas como pórticos planos.

Análisis numérico en el tiempo mediante una integración paso a paso de la ecuación del movimiento: Métodos directos. Aproximación en series de Taylor. Diferencias centrales. Diferencias atrás o de Houbolt. Método de Newmark. Método de Wilson.

### **CAPITULO IV: INTRODUCCIÓN A LA DINÁMICA DE ESTRUCTURA NO-LINEAL.**

Presentación simplificada del comportamiento no lineal de un oscilador: no-linealidad inercial, no-linealidad de amortiguamiento, no-linealidad de rigidez: constitutiva y geométrica. Ductilidad de un oscilador no lineal a un grado de libertad.

Espectro de respuesta inelástico: Espectro de ductilidad requerida, Espectro de coeficiente de proyecto, Reducción efectiva de fuerzas.

*Handwritten signature*



## ANEXO

Res. N° 650-HCD-14

Expte. N° 14.261/14

Formulación del equilibrio dinámico para una estructura sometida a comportamiento no lineal.

Linealización de la ecuación de equilibrio.

Distintos efectos no lineales en las estructuras provocado por acciones dinámicas no-lineales

Resolución de la ecuación del movimiento en estructuras sometida a comportamiento no-lineal.

Solución Explícita-Implícita.

Introducción a los modelos de comportamiento del material, independientes del tiempo (daño, plasticidad). Efectos en el comportamiento estructural.

Introducción a los modelos de comportamiento del material, dependientes del tiempo (viscoelasticidad, viscoplasticidad, viscodañeo). Efectos en el comportamiento estructural. El amortiguamiento estructural y su origen en el material.

Evolución de la frecuencia natural en las estructuras sometidas a acciones dinámicas. Relación entre el cambio de frecuencia natural y el daño estructural.

### PROBLEMAS Y PRÁCTICAS.

1. Cálculo de frecuencias: Vigas y pórticos Oscilaciones libres, etc.
2. Oscilaciones forzadas no amortiguadas, amplificación dinámica, respuesta en el tiempo.
3. Transmisibilidad: absoluta, relativa, aislamiento de cimentaciones, acción de los sismos. Vibración producida por el tráfico y atenuación de las vibraciones en estructuras. Filtros de frecuencia.
4. Resolución de la ecuación del movimiento en el tiempo. Duhamel, Diferencias Centradas, Newmark, Wilson y Método Analítico. Señal sinusoidal, trapezoidal, etc.
5. Resolución de la ecuación del movimiento en el dominio de las frecuencias. Transformadas de Fourier, Transformada rápida, etc.
6. Espectros de respuesta. Cálculo de espectros, rectificación, espectros no lineales, utilización, etc.
7. Cálculo de frecuencias en estructuras continuas. Método de Rayleigh, Stodola Vianello
8. Sistemas de "N" grados de libertad. Descomposición modal, Newmark Pórtico de Cortante, reducción a un sistema de 1 grado de libertad. Comparación con el método de Rayleigh
9. Ensayo de Laboratorio - Viga sometida a una acción senoidal. Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo no destructivo.

**Cantidad Total de Horas:** Sesenta (60) hs.

**Distribución Horaria:** 30 horas de clases teóricas, 30 hs. de práctica (trabajos tutelados y experiencias de laboratorio). Total: 60 horas.

### Metodología:

Clases expositivas con diapositivas, pizarrón. Realización de experiencias y ensayos en el laboratorio de dinámica del ICMASa. Realización de 8 trabajos prácticos sobre problemas básicos a resolver con programas de computador y 1 práctica de laboratorio de cálculo de frecuencias. Se destinarán 2 horas semanales de consulta durante el dictado del curso.

*[Handwritten signature]*



**ANEXO**

Res. N° 650-HCD-14

Expte. N° 14.261/14

**Sistema de Evaluación:**

Se extenderá Certificado de aprobación a quienes cumplan con un mínimo de 80% de asistencia a las clases teóricas, cumplan con la presentación del 100% de trabajos prácticos e informes de laboratorio y aprueben el examen final escrito.

Se otorgará constancia de Asistencia (acorde al Art. 11 de Res. N° 640-CS-08 - Reglamento de Cursos de Posgrado) para aquellos asistentes que no hayan aprobado o rendido la evaluación y que hayan cumplimentado el 80% mínimo de asistencia a las clases.

**Lugar y Fecha de Realización:**

Microcine de la Facultad de Ingeniería y laboratorios de Ingeniería Civil. Se dictarán los días jueves y viernes de 16 a 19 horas, iniciando el día jueves 24/07/2014.

**Conocimientos previos necesarios:** Elasticidad y análisis estructural

**Profesionales a los que está dirigido el curso:**

Docentes, investigadores, profesionales y estudiantes de posgrado.

**Carreras de posgrado a las que está dirigido el curso:** Doctorado en Ingeniería

**Director Responsable del curso:**

- Dr. Sergio Horacio OLLER MARTÍNEZ

**Cuerpo Docente:**

- Dr. Sergio Horacio OLLER MARTÍNEZ

**Coordinador:**

- Mag. Mario W. E. TOLEDO

**Detalle analítico de erogaciones y eventual propuesta de arancelamiento:**

La estadía del Dr. Oller se financia con un subsidio CONICET – INIQUI para estadías de Investigadores y/o Expertos Extranjeros, siendo el titular Argentino Dra. Liz Nallim y el investigador extranjero invitado: Dr. Sergio Oller

Arancelamiento propuesto:

Integrantes Aula-Cimne, docentes de esta Facultad, estudiantes de posgrado de las carreras de Posgrado de esta Unidad Académica y alumnos del último año de la carrera de Ing. Civil de la Facultad de Ingeniería de la UNSa: sin costo

Graduados de esta Facultad: \$ 200.-

Estudiantes de grado de otras facultades de la UNSa y de otras Universidades: \$ 200.-

Docentes y estudiantes de Postgrado de otras Facultades de la Universidad Nacional de Salta y de otras Universidades: \$ 300.-

Otros Profesionales: \$ 600.-



**ANEXO**

Res. N° 650-HCD-14

Expte. N° 14.261/14

**Indicar si se aceptan a alumnos avanzados de carreras de grado:**

Sí se aceptan alumnos DE Grado que hayan aprobado 4° año de la carrera de Ingeniería Civil hasta un cupo de más de 30 alumnos.

**Bibliografía:**

- Barbat, S. Oller. Conceptos de cálculo de estructuras en las normativas de diseño sismorresistente - CIMNE IS-24. Ed. A. Barbat. Barcelona, 1997.
- A. Barbat, S. Oller, J. C Vielma. Cálculo y diseño sismorresistente de edificios. Aplicación de la norma NCSE-02- CIMNE IS-56. Ed. A. Barbat. Barcelona, 2005.
- A. Barbat, J. Miquel. Estructuras sometidas a acciones sísmicas. CIMNE Barcelona 1994.
- S. Oller. Dinámica no Lineal. CIMNE-63. Barcelona 2002.
- M. Paz - Dinámica estructural – Reverté, Barcelona 1992.
- F. Cesari. Metodi di calcolo nella dinamica delle strutture. Pitagora Bologna 1982.
- R. Clough and J. Penzien. Dynamics of Structures. Computer and Structures, Inc. Berkeley USA 2003.
- A. K. Chopra. Dynamics of Structures, Theory and Application to Earthquake Engineering- Pearson, Prentice Hall, New Jersey 2007.
- I. Chowdhury, S. P. Dasgupta. Dynamics of Structure and Foundation– A Unified Approach. CRC Press/Balkema, London 2009.
- S. Timoshenko. Vibration problems in Engineering. D. Van Nostrand Company. New York 1937.
- E. Car, F. López, S. Oller. Estructuras Sometidas a Acciones Dinámicas. Métodos Computacionales en Ingeniería: Teoría y Ablicaciones. CIMNE 2002.
- C. E. Hanson, D. A. Towers, and L. D. Meister. Transit Noise and Vibration Impact Assessment. U.S. Department of Transportation Federal Transit Administration Office of Planning and Environment. FTA-VA-90-1003-06. Washington 2006.
- US Department of Transportation. Office of Railroad Development. High-Speed Ground Transportation Noise and Vibration Impact Assessment. Washington 2005.

**Arancel:**

Integrantes del Aula CIMNE.....	sin arancel
Docentes de la Facultad de Ingeniería .....	sin arancel
Estudiantes de Posgrado de la Facultad de Ingeniería .....	sin arancel
Alumnos que hayan aprobado 4° Año de la carrera de Ingeniería Civil (hasta un cupo máximo de treinta -30-) .....	sin arancel
Graduados de la Facultad de Ingeniería .....	\$ 200
Estudiantes de grado de otras Facultades de la UNSa y de otras Universidades .....	\$ 200
Docentes y estudiantes de posgrado de otras Facultades de la UNSa (a excepción de los estudiantes de Posgrado de la Facultad de Ciencias Exactas) y de otras Universidades.....	\$ 300
Otros profesionales.....	\$ 600

  
 Dra. MARTA CECILIA POCIOVI  
 SECRETARIA ACADEMICA  
 FACULTAD DE INGENIERIA - UNSa

  
 DR. EDGARDO LING SHAM  
 DECANO  
 FACULTAD DE INGENIERIA - UNSa