

# SYLLABUS DE LA ASIGNATURA CÁLCULO NUMÉRICO 521230

Primer semestre de 2016

Unidad académica responsable: Departamento de Ingeniería Matemática  
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas  
Universidad de Concepción.  
Carreras a la que se imparte: Ingeniería Civil (varias especialidades)  
Módulos: No tiene  
Semestre actual: 1 Año: 2016

Profesores:

Sección 1: Sr. Manuel Campos (Coordinador)

Sección 2: Sr. Mauricio Vega (Coordinador de Laboratorios)

Sección 3: Sr. Franco Milanese

## I.- Identificación.

Nombre: Cálculo Numérico			
Código: 521230	Créditos: 4	Créditos SCT:	
Prerrequisitos: 503201, 521218, 521227			
Modalidad: Presencial	Calidad: Obligatoria	Duración: Semestral	
Semestre en el plan de estudios:		Carrera: Código varios	
Trabajo académico semanal			
Horas teóricas: 3	Horas práctica: 0	Horas laboratorio: 2	Horas otras actividades: .

## II.- Descripción.

Asignatura teórico-práctica que contiene los fundamentos de los algoritmos numéricos para resolver problemas de la Matemática Aplicada por medio del computador.

Esta asignatura contribuye a la formación de las siguientes competencias del perfil de egreso: *Conocimientos sobre el área de estudios y la profesión.*

### III.- Resultados de aprendizaje esperados.

Al completar en forma exitosa esta asignatura los estudiantes serán capaces de:

- 1.- Deducir algoritmos que se detallan en los contenidos.
- 2.- Estimar cotas de errores de los resultados obtenidos.
- 3.- Usar técnicas para demostrar propiedades sencillas relacionadas con los algoritmos.
- 4.- Resolver modelos matemáticos sencillos por medio de algunos métodos computacionales.

### IV.- Contenidos.

- **Revisión de conceptos básicos.**

- **Normas:** Normas vectoriales y matriciales. Productos interiores.
- **Errores:** Fuentes del error en la resolución numérica de modelos matemáticos de fenómenos reales. Errores computacionales. Propagación de errores.

- **Sistemas de ecuaciones lineales.**

- **Preliminares:** Expresión matricial. Relación con la matriz inversa. Métodos directos e iterativos. Costo computacional operacional y en memoria. Propagación de errores de redondeo.
- **Factorización LU:** Eliminación Gaussiana. Relación con la factorización **LU**. Solución de sistemas triangulares. Costo operacional. Conveniencia de la factorización.
- **Pivoteo:** Estrategia de pivoteo parcial; necesidad. Matrices de permutación. Matrices “psicológicamente” triangulares.
- **Adaptación a matrices con estructuras particulares:** Matrices simétricas y definidas positivas; método de Cholesky. Matrices banda. Matrices tridiagonales.
- **Propagación de errores:** Propagación de errores en los datos. Número de condición. Propagación de errores de redondeo. Estimación a posteriori del error.
- **Métodos iterativos:** Matrices dispersas; almacenamiento. Esquema general de métodos iterativos. Matriz de iteración. Criterios de convergencia. Criterios de detención.
- **Métodos iterativos clásicos:** Métodos de Jacobi y Gauss-Seidel. Criterios de convergencia.
- **Métodos de tipo gradiente:** Método del gradiente. Método del gradiente conjugado. Convergencia. Precondicionamiento.

- **Aproximación por cuadrados mínimos.**

- **Ajuste de curvas:** Solución en el sentido de cuadrados mínimos de sistemas rectangulares. Ecuaciones normales. Problemas de rango deficiente.
- **Ortogonalización:** Factorización **QR**. Método de Gram-Schmidt. [Método de Householder].
- **Problemas de cuadrados mínimos no lineales:** Reducción a problemas lineales.

- **Interpolación numérica.**

- **Interpolación polinomial:** Existencia y unicidad del polinomio de interpolación. Fórmula de Lagrange. Error en la interpolación. Fenómeno de Runge.
- **Interpolación por “splines”:** Interpolación lineal a trozos. “Splines” cúbicos.

- **Integración numérica.**

- **Métodos elementales:** Reglas del punto medio, de los trapecios y de Simpson. Acotación del error.
- **Método de Romberg:** Extrapolación de Richardson. Método de Romberg.
- **Método de Gauss:** Polinomios de Legendre. Reglas de Gauss. Precisión. Aplicación.
- **Integración de funciones singulares:** Reducción a integrales de funciones regulares. Métodos adaptativos.
- **Integrales múltiples.**

- **Ecuaciones no lineales.**

- **Métodos de convergencia garantizada:** Bisección. Convergencia lineal.
- **Métodos de convergencia veloz:** Newton-Raphson. Convergencia cuadrática. Condiciones de convergencia. Criterio de detención. Método de la secante.
- **Sistemas de ecuaciones no lineales:** Método de Newton.

- **Ecuaciones diferenciales ordinarias.**

- **Problemas de valores iniciales:** Existencia y unicidad de solución. Sistemas de ecuaciones diferenciales. Ecuaciones de orden superior. Métodos numéricos de paso simple y múltiple. Método de Euler. Error local de truncamiento. Error global.
- **Métodos de paso simple:** Métodos de tipo Runge-Kutta: Euler-Cauchy, Euler mejorado, Runge Kutta de orden 4. Estimación a posteriori del error. Control del paso de integración. Métodos Runge-Kutta-Fehlberg.
- **Métodos de paso múltiple:** Métodos explícitos: Adams-Bashforth. Métodos implícitos: Adams-Moulton. Métodos predictor-corrector.
- **Ecuaciones “Stiff”:** Estabilidad de las ecuaciones y de los métodos numéricos. Ecuaciones “Stiff”. Métodos implícitos: métodos de Euler y de los trapecios.
- **Problemas de valores de contorno:** Existencia y unicidad de solución. Método de “shooting”. Método de diferencias finitas. Método de elementos finitos.

## V.- Metodología.

- El curso se desarrolla con tres horas de clases teóricas y un laboratorio computacional semanal, de dos horas. A los laboratorios, la asistencia es obligatoria (100%). Una inasistencia se podrá justificar en la misma forma que se justifica la inasistencia a una evaluación. No obstante, una asistencia inferior al 75% en el semestre significará obtener Nota Final *NCR*. El cursar otra asignatura con topón de horario con los laboratorios de este curso, no se considerará justificación válida para inasistencias.
- Los alumnos se deberán inscribir en los laboratorios **desde las 15 horas del Miércoles 16 de Marzo y hasta las 18 horas del Jueves 17 de Marzo**, mediante internet en la dirección electrónica:

`www.ing-mat.udec.cl/numerico`

La elección de laboratorios será estrictamente por orden de inscripción.

- Los alumnos podrán resolver con el profesor, asuntos relacionados con la asignatura, en el **horario de consultas** que se fije con los alumnos en las primeras clases (ver última página).
- Información variada, como también las Notas de las Evaluaciones, será canalizada a través de la plataforma **INFODA** o vía **e-mail**.

## VI.- Evaluación.

- (a) La evaluación en la asignatura se hará por medio de dos evaluaciones parciales y dos tests de laboratorio.
- (b) Las dos evaluaciones consistirán en pruebas escritas. Cada una de estas evaluaciones tendrá una ponderación en la Nota Final de un 40%. Los laboratorios serán evaluados por dos tests de 45 minutos frente al computador; cada uno con una ponderación en la Nota Final de un 10%.
- (c) Al final del semestre habrá una (1) Evaluación de Recuperación que abarcará toda la materia del semestre y que reemplazará la menor de las notas obtenidas en las evaluaciones parciales.
- (d) En las evaluaciones, así como en los tests, se prohíbe estrictamente el uso de calculadoras, celulares y cualquier otro medio (MP3, MP4, iPoD, iPad, etc).
- (e) La inasistencia a una evaluación significará obtener Nota Final *NCR*. No obstante, quien justifique su inasistencia a una evaluación deberá regularizar su situación, en los plazos y la forma indicada en el Artículo 18 del Reglamento de Docencia de Pregrado de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Este reglamento lo encuentra en:

[www.cfm.udec.cl/docencia/reglamentos](http://www.cfm.udec.cl/docencia/reglamentos)

- (f) La inasistencia a un test significará obtener la calificación *NCR*. Quien justifique su inasistencia a un test, en la forma indicada en la letra (e), se podrá presentar a un *test de recuperación*. El test de recuperación, que se toma el mismo día de la Evaluación de Recuperación, es de contenido global y no sirve para mejorar nota.

## VII.- Bibliografía y material de apoyo.

### Bibliografía básica.

1. ATKINSON, KENDALL: *An introduction to Numerical Analysis*. Wiley New York, 1978.
2. GROSSMAN, S. : *Análisis numérico y visualización gráfica con matlab.*. Prentice-Hall Hispanoamericana, México, 1997.

### Bibliografía complementaria.

1. H. ALDER & E. FIGUEROA: *Introducción al Análisis Numérico*. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Concepción. 1995.
2. K. ATKINSON: *Elementary Numerical Analysis*, John Wiley and Sons, 1993.
3. R. L. BURDEN & J. D. FAIRES: *Análisis Numérico*, Thomson, 1998.
4. S. C. CHAPRA & R. P. CANALE: *Métodos Numéricos para Ingenieros*, McGraw-Hill, 1999.
5. G. HÄMMERLIN & K.-H. HOFFMANN: *Numerical Mathematics*, Springer-Verlag, 1991.
6. D. R. KINCAID & W. CHENEY: *Análisis Numérico: las Matemáticas del Cálculo Científico*, Addison-Wesley Iberoamericana, 1994.
7. A. QUARTERONI & F. SALERI: *Scientific Computing with MATLAB*, Springer-Verlag, 2003.
8. H. R. SHWARTZ: *Numerical Analysis. A Comprehensive Introduction*. John Wiley and Sons, 1989.
9. J. STOER & R. BULIRSCH: *Introduction to Numerical Analysis*. Springer-Verlag, 1993.
10. L.N. TREFETHEN & D. BAU: *Numerical linear algebra*, SIAM, 1997.

### Material de apoyo.

1. Todo el abundante material de apoyo de la asignatura lo encuentra en:

[www.ing-mat.udec.cl/numerico>documentacion](http://www.ing-mat.udec.cl/numerico>documentacion) .

## VIII.- Planificación de las clases.

**Semana 1: del 07 al 11 de Marzo de 2016.**

Semana	Actividad: Clases teóricas	Responsable	Trabajo académico
1	<b>Inicio:</b> Presentación del Syllabus. Que es el Cálculo Numérico ?. <b>Revisión de conceptos básicos:</b> Normas matriciales. Productos interiores.	Docente	3 horas
2	<b>Revisión de conceptos básicos.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Errores:</b> Fuentes del error en la resolución numérica de modelos matemáticos de fenómenos reales. Errores computacionales. Propagación de errores.</li> </ul> <b>Sistemas de ecs. lineales.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Preliminares:</b> Expresión matricial. Relación con la matriz inversa. Métodos directos e iterativos. Costo computacional operacional y en memoria. Propagación de errores de redondeo.</li> </ul>	Docente	3 horas
3	<b>Sistemas de ecs. lineales.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Factorización LU:</b> Eliminación Gaussiana. Relación con la factorización <b>LU</b>. Solución de sistemas triangulares. Costo operacional. Conveniencia de la factorización.</li> <li>• <b>Pivoteo:</b> Estrategia de pivoteo parcial; necesidad. Matrices de permutación. Matrices “psicológicamente” triangulares.</li> <li>• <b>Adaptación a matrices con estructuras particulares:</b> Matrices simétricas y definidas positivas; método de Cholesky. Matrices banda. Matrices tridiagonales.</li> </ul>	Docente	3 horas
4	<b>Sistemas de ecs. lineales.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Propagación de errores:</b> Propagación de errores en los datos. Número de condición. Propagación de errores de redondeo. Estimación a posteriori del error.</li> <li>• <b>Métodos iterativos:</b> Matrices dispersas; almacenamiento. Esquema general de métodos iterativos. Matriz de iteración. Criterios de convergencia. Criterios de detención.</li> </ul>	Docente	3 horas
5	<b>Sistemas de ecs. lineales.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Métodos iterativos clásicos:</b> Métodos de Jacobi y Gauss-Seidel. Criterios de convergencia.</li> <li>• <b>Métodos de tipo gradiente:</b> Método del gradiente. Método del gradiente conjugado. Convergencia. Precondicionamiento.</li> </ul>	Docente	3 horas
6 y 7	<b>Aproximación por cuadrados mínimos.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ajuste de curvas:</b> Solución en el sentido de cuadrados mínimos de sistemas rectangulares. Ecuaciones normales. Problemas de rango deficiente.</li> <li>• <b>Ortogonalización:</b> Factorización <b>QR</b>. Método de Gram-Schmidt. [Método de Householder].</li> <li>• <b>Problemas de cuadrados mínimos no lineales:</b> Reducción a problemas lineales.</li> </ul>	Docente	4 horas
7 y 8	<b>Interpolación numérica.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Interpolación polinomial:</b> Existencia y unicidad del polinomio de interpolación. Fórmula de Lagrange. Error en la interpolación. Fenómeno de Runge.</li> <li>• <b>Interpolación por splines:</b> Interpolación lineal a trozos. Splines cúbicos.</li> </ul>	Docente	4 horas
8	<b>Muestra de Modelo de Evaluación.</b>	Docente	1 horas

Semana	Actividad: Clases teóricas	Responsable	Trabajo académico
9 y 10	<b>Integración numérica.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Métodos elementales:</b> Reglas del punto medio, de los trapecios y de Simpson. Acotación del error.</li> <li>• <b>Método de Romberg:</b> Extrapolación de Richardson. Método de Romberg.</li> <li>• <b>Método de Gauss:</b> Polinomios de Legendre. Reglas de Gauss. Precisión. Aplicación.</li> <li>• <b>Integración de funciones singulares:</b> Reducción a integrales de funciones regulares. Métodos adaptativos.</li> <li>• <b>Integrales múltiples.</b></li> </ul>	Docente	6 horas
11 y 12	<b>Ecuaciones no lineales.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Métodos de convergencia garantizada:</b> Bisección. Convergencia lineal.</li> <li>• <b>Métodos de convergencia veloz:</b> Newton-Raphson. Convergencia cuadrática. Condiciones de convergencia. Criterio de detención. Método de la secante.</li> <li>• <b>Sistemas de ecuaciones no lineales:</b> Método de Newton.</li> </ul>	Docente	5 horas
12	<b>Ecuaciones diferenciales ordinarias.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Problemas de valores iniciales:</b> Existencia y unicidad de solución. Solución numérica. Método de Euler. Error local de truncamiento. Error global.</li> </ul>	Docente	1 horas
13, 14 y 15	<b>Ecuaciones diferenciales ordinarias.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Métodos de paso simple:</b> Métodos de tipo Runge-Kutta: Euler-Cauchy, Euler mejorado, Runge Kutta de orden 4. Estimación a posteriori del error. Control del paso de integración. Métodos Runge-Kutta-Fehlberg. Sistemas de ecuaciones diferenciales. Ecuaciones de orden superior.</li> <li>• <b>Métodos de paso múltiple:</b> Métodos explícitos: Adams-Bashforth. Métodos implícitos: Adams-Moulton. Métodos predictor-corrector.</li> <li>• <b>Ecuaciones “Stiff”:</b> Estabilidad de las ecuaciones y de los métodos numéricos. Ecuaciones “Stiff”. Métodos implícitos: métodos de Euler y de los trapecios.</li> <li>• <b>Problemas de valores de contorno:</b> Existencia y unicidad de solución. Método de “shooting”. Método de diferencias finitas. Método de elementos finitos.</li> </ul> <b>Fin de las clases.</b>	Docente	9 horas

## IX.- Planificación de los laboratorios.

Semana	Fecha Lab.	Actividad de Laboratorio
1	9 - 10 / Marzo	Semana sin actividades
2	16 - 17 / Marzo	Inscripción de laboratorios vía internet
3	23 - 24 / Marzo	Lab. 01: Introducción a Matlab I
4	30 - 31 / Marzo	Lab. 02: Introducción a Matlab II
5	6 - 7 / Abril	Lab. 03: S. E. L. (Métodos Directos)
6	13 - 14 / Abril	Lab. 04: S. E. L. (Métodos Iterativos)
7	20 - 21 / Abril	Lab. 05: Mínimos Cuadrados
8	27 - 28 / Abril	Lab. 06: Interpolación
9	4 - 5 / Mayo	Laboratorio Complementario
10	11 - 12 / Mayo	<b>Test 1</b>
11	18 - 19 / Mayo	Muestra Test 1
12	25 - 26 / Mayo	Lab. 07: Integración
13	1 - 2 / Junio	Lab. 08: Ecuaciones no lineales
14	8 - 9 / Junio	Lab. 09: Ecuaciones diferenciales ordinarias
15	15 - 16 / Junio	Laboratorio Complementario
16	22 - 23 / Junio	<b>Test 2</b>
17	29 - 30 / Junio	Muestra Test 2

Cualquier cambio se comunicará oportunamente en clases y/o por INFODA.

## X.- Fecha de las Evaluaciones.

<b>Evaluacion - 1</b>	Vi 13 de Mayo.
<b>Evaluacion - 2</b>	Ma 28 de Junio.
<b>Eval. de Recuperación</b>	Lu 11 de Julio.
<b>Test de Recuperación</b>	Lu 11 de Julio.

Cualquier cambio se comunicará oportunamente en clases y/o por INFODA.

## **XI.- Otros (Atención de alumnos).**

**Profesor sección 1:** Sr. Manuel Campos  
Oficina: 427, 4<sup>o</sup> piso FCFM\*  
Fono: 220-3150  
e-mail del profesor: mcampos@udec.cl

Secretaria: 220-4119 (Sra. Ana Opazo)  
Oficina: 404, 4<sup>o</sup> piso FCFM\*

Horario de clases: Lunes de 8:15 a 9:45 en A-311  
Miércoles de 8:15 a 9:00 en A-311

**Horario de consultas:** Viernes de 12:10 a 13 horas en oficina.

**Profesor sección 2:** Sr. Mauricio Vega  
Oficina: 424, 4<sup>o</sup> piso FCFM\*  
Fono: 220-3115  
e-mail del profesor: mvega@ing-mat.udec.cl

Secretaria: 220-4119 (Sra. Ana Opazo)  
Oficina: 404, 4<sup>o</sup> piso FCFM\*

Horario de clases: Lunes de 8:15 a 9:45 en A-114  
Miércoles de 8:15 a 9:00 en A-114

**Horario de consultas:** Ma y Ju de 12:15 a 13 horas en oficina.

**Profesor sección 3:** Sr. Franco Milanese  
Oficina: 208, 2<sup>o</sup> piso FCFM\*  
Fono: 220-1662  
e-mail del profesor: fmilanese@udec.cl

Secretaria: 220-4119 (Sra. Ana Opazo)  
Oficina: 404, 4<sup>o</sup> piso FCFM\*

Horario de clases: Lunes de 8:15 a 9:45 en A-312  
Miércoles de 8:15 a 9:00 en A-112

**Horario de consultas:** Miércoles 9:15 a 10 en FM-208

(\*) FCFM: Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.

---

**Lunes 07 de Marzo de 2016.**