

**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: Codigo 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`

- (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.

### **Material de apoyo.**

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

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

## 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.

### VIII.- Planificación de las clases.

| Semana | Actividad: Clases teóricas  | Responsable | Trabajo académico |
|--------|---|-------------|-------------------|
| 1      | <p><b>Inicio:</b> Presentación del Syllabus. Que es el Cálculo Numérico ?.</p> <p><b>Revisión de conceptos básicos:</b> Normas matriciales. Productos interiores.</p>   | Docente     | 3 horas           |
| 2      | <p><b>Revisión de conceptos básicos.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Errores:</b> Fuentes del error. Errores computacionales. Propagación de errores.</li> </ul> <p><b>Sistemas de ecs. lineales.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Preliminares:</b> Expresión matricial. Relación con la matriz inversa. Costo computacional operacional y en memoria. Propagación de errores de redondeo.</li> </ul> | Docente     | 3 horas           |
| 3      | <p><b>Sistemas de ecs. lineales.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Factorización LU:</b> Eliminación Gaussiana. Relación con la factorización <b>LU</b>. 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> </ul>                                     | Docente     | 3 horas           |

| Semana | Actividad: Clases teóricas   | Responsable | Trabajo académico |
|--------|--|-------------|-------------------|
| 4      | <b>Sistemas de ecs. lineales.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Propagación de errores:</b> De los 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. Matriz de iteración. Criterios de convergencia. Criterios de detención.</li> <li>● <b>Métodos iterativos clásicos:</b> Métodos de Jacobi y Gauss-Seidel. Criterios de convergencia.</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           |

| Semana | Actividad: Clases teóricas  | Responsable | Trabajo académico |
|--------|---|-------------|-------------------|
| 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 |
|--------|--|-------------|
| 9 y 10 | <p><b>Integración numérica.</b></p> <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     |

| Semana  | Actividad: Clases teóricas   | Responsable | Trabajo académico |
|---------|--|-------------|-------------------|
| 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           |

| Semana      | Actividad: Clases teóricas   | Responsable | Trabajo académico |
|-------------|--|-------------|-------------------|
| 13, 14 y 15 | <p><b>Ecuaciones diferenciales ordinarias.</b></p> <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> <p><b>Fin de las clases.</b></p> | 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                               |

## **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. |

### **OBSERVACIÓN:**

**Cualquier cambio en el contenido de este Syllabus se comunicará oportunamente en clases y/o por INFODA.**

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

**Profesor sección 1:** Sr. Manuel Campos

Oficina: 427, 4<sup>0</sup> piso FCFM\*

Fono: 220-3150

e-mail del profesor: mcampos@udec.cl

Secretaria: 220-4119 (Sra. Ana Opazo)

Oficina: 404, 4<sup>0</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:** Lunes de 12:10 a 13 horas

**Profesor sección 2:** Sr. Mauricio Vega  
Oficina: 211, 2<sup>0</sup> piso FCFM\*  
Fono: 220-3114  
e-mail del profesor: mvega@ing-mat.udec.cl

Secretaria: 220-4119 (Sra. Ana Opazo)  
Oficina: 404, 4<sup>0</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: A fijar**

**Profesor sección 3:** Sr. Franco Milanese

Oficina:

Fono:

e-mail del profesor:

Secretaria: 220-4119 (Sra. Ana Opazo)

Oficina: 404, 4<sup>0</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: A fijar**

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

---

**Lunes 07 de Marzo de 2016.**