



## Teaching Guide

Identifying Data					2016/17
Subject (*)	MÉTODOS NUMÉRICOS	Code	730G04054		
Study programme	Grao en enxeñaría en Tecnoloxías Industriais				
Descriptors					
Cycle	Period	Year	Type	Credits	
Graduate	1st four-month period	Fourth	Obligatoria	6	
Language	Spanish				
Teaching method	Face-to-face				
Prerequisites					
Department	Métodos Matemáticos e de Representación				
Coordinador	Cardenal Carro, Jesus	E-mail	jesus.cardenal@udc.es		
Lecturers	Cardenal Carro, Jesus Deibe Díaz, Álvaro	E-mail	jesus.cardenal@udc.es alvaro.deibe@udc.es		
Web					
General description					

## Study programme competences / results

Code	Study programme competences / results
A1	Capacidade para a resolución dos problemas matemáticos que poidan formularse na enxeñaría. Aptitude para aplicar os coñecementos sobre: álgebra lineal; xeometría; xeometría diferencial; cálculo diferencial e integral; ecuacións diferenciais e en derivadas parciais; métodos numéricos; algorítmica numérica; estatística e optimización.
A3	Coñecementos básicos sobre o uso e programación dos ordenadores, sistemas operativos, bases de datos e programas informáticos con aplicación en enxeñaría.
B2	Que os estudantes saiban aplicar os seus coñecementos ao seu traballo ou vocación dunha forma profesional e posúan as competencias que adoitan demostrarse por medio da elaboración e defensa de argumentos e a resolución de problemas dentro da súa área de estudo
B5	Que os estudantes desenvolvan aquelas habilidades de aprendizaxe necesarias para emprenderen estudos posteriores cun alto grao de autonomía
B6	Ser capaz de concibir, deseñar ou poñer en práctica e adoptar un proceso substancial de investigación con rigor científico para resolver calquera problema formulado, así como de comunicar as súas conclusións e os coñecementos e razóns últimas que as sustentan? a un público tanto especializados como leigo dun xeito claro e sen ambigüidades
B7	Ser capaz de realizar unha análise crítica, avaliación e síntese de ideas novas e complexas
C1	Utilizar as ferramentas básicas das tecnoloxías da información e as comunicacións (TIC) necesarias para o exercicio da súa profesión e para a aprendizaxe ao longo da súa vida.
C4	Valorar criticamente o coñecemento, a tecnoloxía e a información dispoñible para resolver os problemas cos que deben enfrontarse.
C6	Valorar a importancia que ten a investigación, a innovación e o desenvolvemento tecnolóxico no avance socioeconómico e cultural da sociedade.

## Learning outcomes

Learning outcomes	Study programme competences / results
Competencias transversais e nucleares: Utilizar as ferramentas básicas das tecnoloxías da información e as comunicacións (TIC) necesarias para o exercicio da súa profesión e para a aprendizaxe ao longo da súa vida. Valorar criticamente o coñecemento, a tecnoloxía e a información dispoñible para resolver os problemas cos que deben enfrontarse.	C1 C4 C6



<p>Competencias específicas:</p> <p>Capacidade para a resolución dos problemas matemáticos que poidan formularse na enxeñaría. Aptitude para aplicar os coñecementos sobre: álgebra lineal; xeometría; xeometría diferencial; cálculo diferencial e integral; ecuacións diferenciais e en derivadas parciais; métodos numéricos; algorítmica numérica; estatística e optimización.</p> <p>Valorar criticamente o coñecemento, a tecnoloxía e a información dispoñible para resolver os problemas cos que deben enfrontarse.</p>	A1 A3		
<p>Competencias básicas xerais do título:</p> <p>Que os estudantes saiban aplicar os seus coñecementos ao seu traballo ou vocación dunha forma profesional e posúan as competencias que adoitan demostrarse por medio da elaboración e defensa de argumentos e a resolución de problemas dentro da súa área de estudo.</p> <p>Que os estudantes desenvolven aquelas habilidades de aprendizaxe necesarias para emprender estudos posteriores cun alto grao de autonomía</p> <p>Ser capaz de concibir, deseñar ou poñer en práctica e adoptar un proceso substancial de investigación con rigor científico para resolver calquera problema formulado, así como de que comuniquen as súas conclusións -e os coñecementos e razóns últimas que a sustentan- públicos especializados e non especializados dun xeito claro e sen ambigüidades.</p> <p>Ser capaz de realizar unha análise crítica, avaliación e síntese de ideas nova e complexa.</p>		B2 B5 B6 B7	
Formular e resolver problemas numéricos no ámbito da enxeñaría con MATLAB.	A1 A3		C1
Modelar matematicamente sistemas e procesos e resolver o modelo por medio de técnicas numéricas.	A1		C1

Contents	
Topic	Sub-topic
Introduction	Definición de Métodos Numéricos. Evolución histórica da resolución de problemas en Enxeñaría. Fundamentos Matemáticos. Modelos Matemáticos. Fórmulas de Recorrenza e Aproximacións Sucesivas. Etapas no proceso de resolución dun problema. Algoritmos Numéricos. Estabilidade e Converxencia dun Método Numérico.
Errores no cálculo numérico	Cifras significativas. Exactitude e precisión. Definición de error. Fontes de error. Errores inherentes. Errores de redondeo. Tratamento dos números no computador: representación binaria. Errores de truncamento. Condición numérica. Error numérico total. Propagación de error. Estabilidade e converxencia.
MATLAB	Introdución de matrices. Operacións con matrices e vectores. Instrucións, expresións e variables. Funcións para a construción de matrices. Instrucións for, while e if. Funcións sobre escalares. Funcións sobre vectores. Funcións con matrices. Submatrices e operador " ". M-files: funcións e scripts. Cadenas de caracteres, mensaxes de error e entrada de datos. Comparación da eficiencia de algoritmos. Gráficos.
Resolución de ecuacións e sistemas de ecuacións Alxebraicos	Métodos Cerrados: Métodos Gráficos. Método da Biseción. Método da Falsa Posición. Determinación do punto inicial e do incremento na búsqueda. Métodos Abertos: Método da Iteración de Punto Fixo. Método de Newton-Raphson. Estudio da Converxencia. Método da Secante. Análisis do error e razón de converxencia: ecuación da catenaria. Aceleración da converxencia: método Delta2 de Aitken, método de Steffensen. Ceros de polinomios: método de Honer para a avaliación dun polinomio, método de Müller. Sistemas de Ecuacións non lineais: Iteración de Punto Fixo. Iteración de Seidel. Método de Newton. Método de Broyden. Aplicacións.
Normas de vectores e matrices	Normas de vectores. Propiedades. Normas de matrices. Propiedades. Norma natural infinito dunha matriz.



Resolución de sistemas de ecuacións lineais	Fundamentos de Álgebra sobre a existencia de solución dun sistema de Ecuacións Lineais. Métodos para baixo número de ecuacións. Triangularización de Gauss. Reconto de operacións. Inconvenientes dos métodos de eliminación. Técnicas para mellorar a solución: Escalado, Pivotamento Parcial e Total. Inversión de matrices. O algoritmo da triangularización de Gauss con e sen pivotamento. Descomposición LU xeral. Triangularización de Gauss e descomposición LU. Factorización de Crout. Factorización de Cholesky. Métodos Iterativos: Método de Jacobi. Método de Gauss-Seidel. Errores en sistemas de ecuacións: condición numérica.
Valores e vectores propios	Nocións xerais: o problema de valores e vectores propios ordinario e xeneralizado. Método da iteración directa para o cálculo do maior valor propio dunha matriz. Iteración inversa: cálculo do menor valor propio. Iteración inversa con desplazamento. Cálculo de todos os valores propios dunha matriz: cálculo dos coeficientes do polinomio característico dunha matriz: métodos de Krylov e Le Verrier. Cálculo dos valores propios dunha matriz simétrica: método de Jacobi, tridiagonalización de Givens y Householder, descomposición QR. Tratamento de matrices non simétricas: métodos de Lanczos e tipo Jacobi. Aplicacións.
Interpolación e aproximación de funcións	Tipos de problemas y aplicacións. Interpolación: polinomio de Lagrange. Existencia e unicidade. Métodos para a avaliación do polinomio: cálculo directo dos coeficientes, método dos polinomios básicos e método das diferenzas divididas. Estimación do error na interpolación. Osculación: polinomio de Hermite. Ajuste de mínimos cuadrados: determinación da ecuación dunha recta, un polinomio de orden m e dunha función calquera. Splines cúbicos.
Diferenciación e integración numérica	Introdución: conceptos básicos. Fórmulas de integración de Newton-Cotes: regra do trapecio, regra de Simpson 1/3 e regra de Simpson 3/8. Integración de funcións: integración de Romberg, extrapolación de Richardson e fórmulas de Gauss-Legendre. Diferenciación numérica: aproximacións de primeiro orden e órdenes superiores. Extrapolación de Richardson.
Integración de ecuacións diferenciais ordinarias. Problema de valor inicial	Introdución: conceptos básicos. Métodos dunha etapa: Euler Adiante, Euler Atrás, Heun, fórmulas de Runge-Kutta. Métodos de etapas múltiples: Adams-Bashforth e Adams-Moulton. Estudio da estabilidade no caso $y=\exp(x)$ . Estimación do error e métodos adaptativos. Aplicacións.
Métodos de diferenzas para a integración numérica de ecuacións diferenciais parciais	Problemas físicos que responden a un modelo definido por ecuacións diferenciais en derivadas parciais. Ecuacións diferenciais parciais elípticas. Ecuacións diferenciais parciais parabólicas. Ecuacións diferenciais parciais hiperbólicas. Solución de casos prácticos con MATLAB.

Planning				
Methodologies / tests	Competencies / Results	Teaching hours (in-person & virtual)	Student's personal work hours	Total hours
Case study	A1 B2 B5 B6 B7 C1 C4 C6	10	15	25
Laboratory practice	A1 A3 C1	15	45	60
Objective test	A1 A3 B2 B6 B7	4	0	4
Guest lecture / keynote speech	A1 A3 B7 C1 C4 C6	20	40	60
Personalized attention		1	0	1

(\*)The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

Methodologies	
Methodologies	Description
Case study	Solución dun problema numérico, presentación e defensa individual ou por grupos.



Laboratory practice	Resolución de problemas Numéricos propostos con MATLAB no ordenador. En clase e como "traballo de casa"
Objective test	Exame final da materia. Consta de dúas partes: unha teórica e outra práctica.
Guest lecture / keynote speech	Clases de teoría de análise numérica. Ten que estar precedidas pola lectura atenta dos contidos que indique o profesor.

### Personalized attention

Methodologies	Description
Laboratory practice Case study	Tanto no estudo de casos coma nas prácticas de laboratorio dedicarase un tempo á atención personalizada individual ou dos grupos que se compoñan.

### Assessment

Methodologies	Competencies / Results	Description	Qualification
Guest lecture / keynote speech	A1 A3 B7 C1 C4 C6	A asistencia a clase contabilízase como unha nota máis. A máxima cualificación alcánzase cando se asiste á totalidade das sesións presenciais (sesión maxistral, estudo de casos ou prácticas de laboratorio).	10
Laboratory practice	A1 A3 C1	Avaliarase a solución que o alumno propoña para os problemas que se formulen en clase ou para traballo autónomo. Para os alumnos que non poidan acudir de forma habitual ás clases esta parte da cualificación agrégase ao exame final.	20
Case study	A1 B2 B5 B6 B7 C1 C4 C6	A metodoloxía de dinámica de grupos aplicada a esta parte da materia permitirá a avaliación de traballo de preparación da sesión por parte do alumno, así como que se derive da súa participación nos debates que se susciten na resolución do caso. Para os alumnos que non poidan acudir de forma habitual ás clases esta parte da cualificación agrégase ao exame final.	10
Objective test	A1 A3 B2 B6 B7	Representa o 60% da nota e esta, á súa vez componse dun 40% do exame de teoría e un 60% pola parte de práctica. No caso dos alumnos que non fosen avaliados nos apartados anteriores, o exame final representa o 100% da nota, repartida en 40% teoría, 60% práctica.	60

### Assessment comments

--

### Sources of information

<b>Basic</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Burden, R.L. y Faires, J.D. (2002). Análisis Numérico. Thomson Learning</li> <li>- Kincaid, D. y Cheney, W. (1994). Análisis Numérico. Las Matemáticas del Cálculo Científico. Addison-Wesley Iberoamericana</li> <li>- Sigmon, K. (1994). MATLAB Primer. 4th Edition.. CRC Press</li> <li>- Chapra, S.C. y Canale, R. P. (2007). Métodos Numéricos para Ingenieros. McGraw-Hill Interamericana</li> <li>- García de Jalón, J, Rodríguez, J.I. y Brazález, A. (2001). Aprenda MATLAB 6.1 como si estuviera en primero. <a href="http://mat21.etsii.upm.es/ayudainf/aprendainf/Matlab61/matlab61pro.pdf">http://mat21.etsii.upm.es/ayudainf/aprendainf/Matlab61/matlab61pro.pdf</a></li> </ul>
--------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



<b>Complementary</b>	<p>Butcher, J., Numerical Methods for Ordinary Differential Equations, 2nd Edition, John Wiley and Sons, 2003</p> <p>Champion, E.R. Jr., Numerical Methods for Engineering Applications, Marcel Dekker, Inc. New York, 1993</p> <p>Dautray, R. y Lions, J-L., Mathematical Analysis and Numerical Methods for Science and Technology (Vols. 1-6), Springer-Verlag, Berlin, 1991-1993.</p> <p>Dormand, J.R., Numerical Methods for Differential Equations. A computational Approach, CRC Press, 1996.</p> <p>Gander, W. y Hřebíček, J., Solving Problems in Scientific Computing Using Maple and MATLAB (2nd Edition), Springer-Verlag, Berlín, 1995.</p> <p>Ganza, V.G. y Vorozhtsov, E.V., Numerical Solution for Partial Differential Equations. Problem Solving Using Mathematica, CRC Press, 1996.</p> <p>García Merayo, F. y Nevot, A., Análisis Numérico, Paraninfo, Madrid, 1992.</p> <p>Geddes, K.O., Czapor, S.C. y Labahn, G., Algorithms for Computer Algebra, Kluwer Academic Publishers, Boston, 1992.</p> <p>Gill, Ph.E., Murray, W. y Wright, M., Numerical Linear Algebra and Optimization (Vol. 1), Addison-Wesley, Redwood City (California), 1991.</p> <p>Giordano, F.R. y Weir, M.D., Differential Equations. A Modeling Approach. Addison-Wesley, Reading (Massachusetts), 1994.</p> <p>Haug, E. y Choi, K., Methods of Engineering Mathematics, Prentice Hall, Englewood Cliffs (New Jersey), 1993.</p> <p>Heck, A., Introduction to Maple, Springer-Verlag, New York, 1993.</p> <p>Johnson, E., Linear Algebra with Maple V, Brooks/Cole, Belmont (California), 1993.</p> <p>Kahaner, D., Moler, C. y Nash, S., Numerical Methods and Software, Prentice-Hall, Englewood Cliffs (New Jersey), 1989.</p> <p>Lindfield, G. y Penny, J., Numerical Methods Using MATLAB, Ellis Horwood, Hemel Hempstead (Hertfordshire, Gran Bretaña), 1995.</p> <p>Mathews, J.H., Numerical Methods for Mathematics, Science and Engineering. 2nd Ed., Prentice Hall, Englewood Cliffs (New Jersey), 1992.</p> <p>Mathews, J.H. y Fink, K.D., Métodos Numéricos con MATLAB. 3ª Edición. Prentice Hall, 2000</p> <p>MATLAB Reference Guide, The Math Works, Inc., Natick (Massachusetts), 1992.</p> <p>MATLAB User's Guide, The Math Works, Inc., Natick (Massachusetts), 1992.</p> <p>Naiman, A.E., NA Slides, Ed. por el Autor, Jerusalén, 1996. Las transparencias, en formato PostScript están disponibles en <a href="http://hobbes.jct.ac.il/~naiman">http://hobbes.jct.ac.il/~naiman</a>.</p> <p>Noble, B. y Daniel, J.W., Applied Linear Algebra (3th Edition), Prentice-Hall International, Englewood Cliffs, 1988.</p> <p>Ortega, J.M., Numerical Analysis. A Second Course, Academic Press, New York, 1972.</p> <p>Press, W.H., Teukolsky, S.A., Vetterling, W.T. y Flannery, B.P., Numerical Recipes in C. 2nd Edition, Cambridge University Press, Cambridge, 1992.</p> <p>Ralston, A. y Rabinowitz, P., A First Course in Numerical Analysis. 2nd Edition, McGraw-Hill, New York, 1978.</p> <p>Scheid, F. y Di Costanzo, R. E. Métodos Numéricos. 2ª Edición, McGraw Hill Interamericana, Mexico, 1993.</p> <p>Stewart, G.W., Afternotes on Numerical Analysis, SIAM Press, 1996.</p> <p>Stoer, J. y Bulirsch, R., Introduction to Numerical Analysis. 2nd Edition, Springer-Verlag, New York, 1993.</p> <p>Strang, G., Álgebra Lineal y sus Aplicaciones, Addison-Wesley Iberoamericana, Wilmington, 1986.</p> <p>Strang, G., Introduction to Applied Mathematics, Wellesley-Cambridge Press, Wellesley (Massachusetts), 1986.</p> <p>Strang, G., Introduction to Linear Algebra, 3th Edition, Wellesley-Cambridge Press, Wellesley (Massachusetts), 2003.</p> <p>Turner, P. Numerical Analysis, The Macmillan Press Ltd., London, 1994.</p> <p>Wilson, H.B. y Turkotte, L.H., Advanced Mathematics and Mechanics Applications Using MATLAB, CRC Press, Boca Ratón (Florida), 1994.</p> <p>Young, D.M. y Gregory, R.T., A Survey of Numerical Mathematics (Vols. I and II), Addison-Wesley, Reading (Massachusetts), 1972, 1973.</p>
----------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Recommendations**

**Subjects that it is recommended to have taken before**

CÁLCULO/730G04001  
 INFORMÁTICA/730G04004  
 ÁLXEBRA/730G04006  
 ECUACIONES DIFERENCIAIS/730G04011

**Subjects that are recommended to be taken simultaneously**

**Subjects that continue the syllabus**

**Other comments**

É necesario asistir a clase cun ordenador portátil.

(\*The teaching guide is the document in which the URV publishes the information about all its courses. It is a public document and cannot be modified. Only in exceptional cases can it be revised by the competent agent or duly revised so that it is in line with current legislation.