



| Guía Docente          |   |                    |                    |          |
|-----------------------|---|--------------------|--------------------|----------|
| Datos Identificativos |   |                    |                    | 2023/24  |
| Asignatura (*)        | Técnicas de Remostraxe  | Código             | 614493130          |          |
| Titulación            | Mestrado Universitario en Técnicas Estadísticas (Plan 2019)   |                    |                    |          |
| Descriptorios         |   |                    |                    |          |
| Ciclo                 | Período   | Curso              | Tipo               | Créditos |
| Mestrado Oficial      | 1º cuatrimestre   | Segundo            | Optativa           | 5        |
| Idioma                | CastelánGalegoInglés  |                    |                    |          |
| Modalidade docente    | Híbrida   |                    |                    |          |
| Prerrequisitos        |   |                    |                    |          |
| Departamento          | Matemáticas   |                    |                    |          |
| Coordinación          | Cao Abad, Ricardo   | Correo electrónico | ricardo.cao@udc.es |          |
| Profesorado           | Cao Abad, Ricardo   | Correo electrónico | ricardo.cao@udc.es |          |
| Web                   | rubenfcasal.github.io/book_remuestreo   |                    |                    |          |
| Descrición xeral      | <p>Pretendese que o alumno adquira destreza na identificación de situacións nas que os métodos de remostraxe son ferramentas inferenciais axeitadas para resolver problemas reais. Para iso tratarase de que o alumno coñeza o funcionamento das principais técnicas de remostraxe, entre as que se destaca o método bootstrap, así como as súas aplicacións nos principais ámbitos da estatística. Asimesmo perseguese que o alumno sexa quen de deseñar e implementar en ordenador plans de remostraxe axeitados para un amplo abano de situacións.</p> |                    |                    |          |

| Competencias / Resultados do título |   |
|-------------------------------------|---|
| Código                              | Competencias / Resultados do título   |
| A16                                 | CE1 - Coñecer, identificar, modelar, estudar e resolver problemas complexos de estatística e investigación operativa, nun contexto científico, tecnolóxico ou profesional, xurdidos en aplicacións reais.   |
| A18                                 | CE3 - Adquirir coñecementos avanzados dos fundamentos teóricos subxacentes ás distintas metodoloxías da estatística e a investigación operativa, que permitan o seu desenvolvemento profesional especializado.  |
| A19                                 | CE4 - Adquirir as destrezas necesarias no manexo teórico-práctico da teoría de probabilidade e as variables aleatorias que permitan o seu desenvolvemento profesional no eido científico/académico, tecnolóxico ou profesional especializado e multidisciplinar.                                  |
| A20                                 | CE5 - Profundizar no coñecemento dos fundamentos teórico-prácticos especializados de modelado e estudo de distintos tipos de relacións de dependencia entre variables estatísticas.   |
| A21                                 | CE6 - Adquirir coñecementos teórico-prácticos avanzados de distintas técnicas matemáticas, orientadas especificamente á axuda na toma de decisións, e desenvolver a capacidade de reflexión para avaliar e decidir entre distintas perspectivas en contextos complexos.                           |
| A23                                 | CE8 - Adquirir coñecementos teórico-prácticos avanzados das técnicas destinadas á realización de inferencias e contrastes relativos a variables e parámetros dun modelo estatístico, e saber aplicarlos con autonomía suficiente nun contexto científico, tecnolóxico ou profesional.             |
| A24                                 | CE9 - Coñecer e saber aplicar con autonomía en contextos científicos, tecnolóxicos ou profesionais, técnicas de aprendizaxe automático e técnicas de análise de datos de alta dimensión (big data).   |
| A25                                 | CE10 - Adquirir coñecementos avanzados sobre metodoloxías para a obtención e o tratamento de datos derivados de distintas fontes, como enquisas, internet, ou entornos "na nube".   |
| B1                                  | CB6 - Posuír e comprender coñecementos que acheguen unha base ou oportunidade de ser orixinais no desenvolvemento e/ou aplicación de ideas, a miúdo nun contexto de investigación   |
| B2                                  | CB7 - Que os estudantes saiban aplicar os coñecementos adquiridos e a súa capacidade de resolución de problemas en ámbitos novos ou pouco coñecidos dentro de contextos máis amplos (ou multidisciplinares) relacionados coa súa área de estudo   |
| B3                                  | CB8 - Que os estudantes sexan capaces de integrar coñecementos e enfrontarse á complexidade de formular xuízos a partir dunha información que, sendo incompleta ou limitada, inclúa reflexións sobre as responsabilidades sociais e éticas vinculadas á aplicación dos seus coñecementos e xuízos |
| B4                                  | CB9 - Que os estudantes saiban comunicar as súas conclusións e os coñecementos e razóns últimas que as sustentan a públicos especializados e non especializados dun modo claro e sen ambigüidades   |
| B5                                  | CB10 - Que os estudantes posúan as habilidades de aprendizaxe que lles permitan continuar estudando dun modo que haberá de ser en gran medida autodirixido ou autónomo.   |



|     |   |
|-----|---|
| B17 | CG1 - Coñecer, comprender e saber aplicar os principios, metodoloxías e novas tecnoloxías na estatística e a investigación operativa en contextos científico/académicos, tecnolóxicos ou profesionais especializados e multidisciplinares, así como adquirir as destrezas e competencias descritas nos obxectivos xerais do título. |
| B18 | CG2 - Desenvolver autonomía para identificar, modelar e resolver problemas complexos da estatística e da investigación operativa en contextos científico/académicos, tecnolóxicos ou profesionais especializados e multidisciplinares.  |
| B19 | CG3 - Desenvolver a capacidade para realizar estudos e tarefas de investigación e transmitir os resultados a públicos especializados, académicos e xeneralistas.  |
| B20 | CG4 - Integrar coñecementos avanzados e enfrontarse á toma de decisións a partir de información científica e técnica.   |
| B21 | CG5 - Desenvolver a capacidade de aplicación de algoritmos e técnicas de resolución de problemas complexos no eido da estatística e a investigación operativa, manexando o software especializado axeitado.   |
| C11 | CT1 - Desenvolver firmes capacidades de razoamento, análise crítica e autocrítica, así como de argumentación e de síntese, contextos especializados e multidisciplinares.   |
| C12 | CT2 - Desenvolver destrezas avanzadas no manexo de Tecnoloxías da Información e a Comunicación (TIC), tanto para a obtención de información como para a difusión do coñecemento, nun ámbito científico/académico, tecnolóxico ou profesional especializado e multidisciplinar.  |
| C13 | CT3 - Ser capaz de resolver problemas complexos en novos escenarios mediante a aplicación integrada dos coñecementos.   |
| C14 | CT4 - Desenvolver unha sólida capacidade de organización e planificación do estudo, asumindo a responsabilidade do seu propio desenvolvemento profesional, para a realización de traballos en equipo e de xeito autónomo.   |
| C15 | CT5 - Desenvolver capacidades para o aprendizaxe e a integración no traballo en equipos multidisciplinares, nos ámbitos científico/académico, tecnolóxico e profesional.  |

| Resultados da aprendizaxe  |                                     |      |      |
|--|-------------------------------------|------|------|
| Resultados de aprendizaxe  | Competencias / Resultados do título |      |      |
| Coñecer os fundamentos teóricos das técnicas de remuestreo.  | AM16                                | BP1  | CP11 |
|  | AM18                                | BP2  | CP12 |
|  | AM19                                | BP3  | CP13 |
|  | AM20                                | BP4  | CP14 |
|  | AM21                                | BP5  | CP15 |
|  | AM23                                | BP17 |      |
|  | AM24                                | BP18 |      |
|  | AM25                                | BP19 |      |
|  |                                     | BP20 |      |
|  |                                     | BP21 |      |
| Saber aplicar de xeito autónomo os principios do bootstrap aos principais problemas de inferencia estatística. | AM16                                | BP1  | CP11 |
|  | AM18                                | BP2  | CP12 |
|  | AM19                                | BP3  | CP13 |
|  | AM20                                | BP4  | CP14 |
|  | AM21                                | BP5  | CP15 |
|  | AM23                                | BP17 |      |
|  | AM24                                | BP18 |      |
|  | AM25                                | BP20 |      |
|  |                                     | BP21 |      |



|  |      |      |      |
|--|------|------|------|
| Ser capaz de deseñar e validar algoritmos bootstrap para a resolución de problemas de inferencia non paramétrica sobre as funcións de densidade e regresión. | AM16 | BP1  | CP11 |
|  | AM18 | BP2  | CP12 |
|  | AM19 | BP3  | CP13 |
|  | AM20 | BP4  | CP14 |
|  | AM21 | BP5  | CP15 |
|  | AM23 | BP17 |      |
|  | AM24 | BP18 |      |
|  | AM25 | BP19 |      |
|  |      | BP20 |      |
|  |      | BP21 |      |

| Contidos   |  |
|--|--|
| Temas  | Subtemas   |
| 1. Motivación do principio Bootstrap.                                | O Bootstrap uniforme. Cálculo da distribución Bootstrap: distribución exacta e distribución aproximada por Monte Carlo. Exemplos. Ferramentas dispoñibles en R. Computación en paralelo.   |
| 2. Aplicación á estimación da precisión e sesgo dun estimador.       | Aplicación do Bootstrap á estimación da precisión e o nesgo dun estimador. Exemplos. O método Jackknife. Motivación do método Jackknife. Jackknife estimación da precisión e dos nesgo dun estimador. Relación Bootstrap / Jackknife na devandita estimación. Exemplos. Estudos de simulación    |
| 3. Modificacións do Bootstrap uniforme.                              | Bootstrap paramétrico, simetrizado, suavizado, ponderado e nesgado. Discusión e exemplos. Validez da aproximación Bootstrap. Bootstrap semiparamétrico e bootstrap residual.   |
| 4. Aplicación do Bootstrap á construción de intervalos de confianza. | Métodos percentil, percentil-t, percentil-t simetrizado. Exemplos. Estudos de simulación.  |
| 5. Aplicacións do Bootstrap en contrastes de hipóteses.              | Aproximación do p-valor mediante remostraxe. Contrastos bootstrap paramétricos. Contrastos de permutacións. Contrastos bootstrap semiparamétricos.   |
| 6. Bootstrap e estimación non paramétrica da densidade.              | Aproximación Bootstrap da distribución do estimador de Parzen-Rosenblatt. O Bootstrap na selección do parámetro de suavizado. Exemplos.  |
| 7. Bootstrap e estimación non paramétrica da función de regresión.   | O Bootstrap en Regresión e Correlación. Bootstrap e estimación non paramétrica da función de regresión. Aproximación Bootstrap da distribución do estimador de Nadaraya-Watson. Distintos métodos de remostraxe e resultados para eles.  |
| 8. O Bootstrap con datos censurados.                                 | Introducción aos datos censurados. Remostraxes Bootstrap en presenza de censura. Relacións entre eles. Implementación en R.  |
| 9. O Bootstrap con datos dependentes.                                | Introducción ás condicións de dependencia e modelos habituais de datos dependentes. Modelos paramétricos de dependencia. Situacións de dependencia xeral: o Bootstrap por bloques, o Bootstrap estacionario e o método da submostraxe. Implementación en R. O bootstrap en Estatística Espacial. |

| Planificación             |   |   |                         |              |
|---------------------------|---|---|-------------------------|--------------|
| Metodoloxías / probas     | Competencias / Resultados                           | Horas lectivas (presenciais e virtuais) | Horas traballo autónomo | Horas totais |
| Presentación oral         | A7 A13 B3 B4 B5 B8<br>C9 C11 C15                    | 21                                      | 31.5                    | 52.5         |
| Prácticas a través de TIC | A19 A21 A24 A25 B1<br>B2 B17 B19 B20 C12<br>C14 C15 | 14                                      | 28                      | 42           |



|                            |  |   |      |      |
|----------------------------|--|---|------|------|
| Proba de resposta múltiple | A9 A11 A12 A14 A15<br>A16 A20 A23 B3 B9<br>B10 B15 B16 B18<br>B21 C6 C13 | 1 | 11.5 | 12.5 |
| Solución de problemas      | A18 B5 C11 C14 C15   | 4 | 8    | 12   |
| Atención personalizada     |  | 6 | 0    | 6    |

\*Os datos que aparecen na táboa de planificación son de carácter orientativo, considerando a heteroxeneidade do alumnado

| Metodoloxías               |  |
|----------------------------|--|
| Metodoloxías               | Descrición   |
| Presentación oral          | Presentación con ordenador por teleconferencia.                                      |
| Prácticas a través de TIC  | Implementación de algoritmos de remostraxe   |
| Proba de resposta múltiple | Proba de resposta múltiple sobre conceptos.  |
| Solución de problemas      | Deseño de plans de remostraxe. Cálculo de nesgos e varianzas dos análogos bootstrap. |

| Atención personalizada    |  |
|---------------------------|--|
| Metodoloxías              | Descrición   |
| Prácticas a través de TIC | Asistencia e participación nas clases teóricas.<br>Exame escrito de múltiple opción. |
| Solución de problemas     | Participación en prácticas e seminarios.<br>Suposto práctico a realizar polo alumno. |

| Avaliación                 |  |  |               |
|----------------------------|--|--|---------------|
| Metodoloxías               | Competencias / Resultados  | Descrición   | Cualificación |
| Prácticas a través de TIC  | A19 A21 A24 A25 B1<br>B2 B17 B19 B20 C12<br>C14 C15                      | Utilización do software R para implementar o método bootstrap nalgún contexto. | 30            |
| Solución de problemas      | A18 B5 C11 C14 C15   | Traballo orixinal sobre o bootstrap nalgún contexto de interés                 | 20            |
| Proba de resposta múltiple | A9 A11 A12 A14 A15<br>A16 A20 A23 B3 B9<br>B10 B15 B16 B18<br>B21 C6 C13 | Proba de comprensión dos conceptos impartidos.                                 | 40            |
| Presentación oral          | A7 A13 B3 B4 B5 B8<br>C9 C11 C15   | Presentación do traballo orixinal sobre o bootstrap nalgún contexto de interés | 10            |

| Observacións avaliación |
|-------------------------|
|                         |



A avaliación realizarase por medio de prácticas en R, un traballo do/da alumno/a, así como unha proba escrita de conceptos. A calificación da proba de conceptos representará o 40% da calificación global, as prácticas en R corresponderán ao 30% mentres que o 30% restante corresponderá ao traballo, que ten que ser presentado en público polos alumnos.

Para superar a materia será necesario obter unha calificación de alomenos 5 sobre 10 no conxunto da materia.

Na oportunidade de xullo os alumnos poderán liberarse de facer as probas correspondentes nas que a súa calificación na oportunidade de xaneiro fora de alomenos 4 sobre 10. Para obter a calificación de NON PRESENTADO na primeira oportunidade (xaneiro-febreiro), os alumnos non se poderán ter presentado a ningunha das probas avaliadas que figuran arriba.

Para obter a calificación de NON PRESENTADO en xullo, os alumnos non se poderán ter presentado ó exame final desa data.

#### Fontes de información

##### Bibliografía básica

Bibliografía básica Cao, R. y Fernández-Casal, R. (2020). Técnicas de Remuestreo. Libro online: [https://rubenfcasal.github.io/book\\_remuestreo](https://rubenfcasal.github.io/book_remuestreo) Davison, A.C. and Hinkley, D.V. (1999). Bootstrap Methods and their Application. Cambridge University Press. Efron, B. (1979). Bootstrap Methods: Another look at the Jackknife. Ann. Statist., 7, 1-26. Efron, B. and Tibshirani, R.J. (1993). An Introduction to the Bootstrap. Chapman and Hall. Shao, J. and Tu, D. (1996). The Jackknife and Bootstrap. Springer Verlag.



|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| <b>Bibliografía complementaria</b> | <p>Bibliografía complementaria Akritas, M. G. (1986). Bootstrapping the Kaplan--Meier estimator. J. Amer. Statist. Assoc. 81, 1032-1038. Bickel, P.J. and Freedman, D.A. (1981). Some asymptotic theory for the bootstrap. Ann. Statist. 12, 470-482. Bühlmann, P. (1997). Sieve bootstrap for time series. Bernoulli 3, 123-148. Cao, R. (1990). Órdenes de convergencia para las aproximaciones normal y bootstrap en la estimación no paramétrica de la función de densidad. Trabajos de Estadística, vol. 5, 2, 23-32. Cao, R. (1991). Rate of convergence for the wild bootstrap in nonparametric regression. Ann. Statist. 19, 2226-2231. Cao, R. (1993). Bootstrapping the mean integrated squared error. Jr. Mult. Anal. 45, 137-160. Cao, R. (1999). An overview of bootstrap methods for estimating and predicting in time series. Test, 8, 95-116. Cao, R. and González-Manteiga, W. (1993). Bootstrap methods in regression smoothing. J. Nonparam. Statist. 2, 379-388. Cao, R. and Prada-Sánchez, J.M. (1993). Bootstrapping the mean of a symmetric population. Statistics &amp; Probability Letters 17, 43-48. Efron, B. (1981). Censored data and the bootstrap. J. Amer. Statist. Assoc. 76, 312-319. Efron, B. (1982). The Jackknife, the Bootstrap and other Resampling Plans. CBMS-NSF. Regional Conference series in applied mathematics. Efron, B. (1983). Estimating the error rate of a prediction rule: improvements on cross-validation. J. Amer. Stat. Assoc. 78, 316-331. Efron, B. (1987). Better Bootstrap confidence intervals (with discussion), J. Amer. Stat. Assoc. 82, 171-200. Efron, B. (1990). More Efficient Bootstrap Computations. J. Amer. Stat. Assoc. 85, 79-89. Efron, B. and Tibshirani, R. (1986). Bootstrap methods for standard errors, confidence intervals, and other measures of statistical accuracy. Statistical Science 1, 54-77. Freedman, D.A. (1981). Bootstrapping regression models. Ann. Statist. 9, 6, 1218-1228. García-Jurado, I. González-Manteiga, W., Prada-Sánchez, J.M., Febrero-Bande, M. and Cao, R. (1995). Predicting using Box-Jenkins, nonparametric and bootstrap techniques. Technometrics 37, 303-310. Hall, P. (1986). On the bootstrap and confidence intervals. Ann. Statist. 14, 1431-1452. Hall, P. (1988a). Theoretical comparison of bootstrap confidence intervals. Ann. Statist. 16, 927-953. Hall, P. (1988b). Rate of convergence in bootstrap approximations. Ann. Probab. 16, 4, 1665-1684. Hall, P. (1992). The Bootstrap and Edgeworth Expansion. Springer Verlag. Hall, P. and Martin, M.A. (1988). On bootstrap resampling and iteration. Biometrika 75, 661-671. Härdle, W. and Marron, J. S. (1991). Bootstrap simultaneous error bars for nonparametric regression. Ann. Statist. 19, 778-796. Künsch, H.R. (1989). The jackknife and the bootstrap for general stationary observations. Ann. Statist. 17, 1217-1241. Mammen, E. (1992). When does Bootstrap Work?. Springer Verlag. Navidi, W. (1989). Edgeworth expansions for bootstrapping regression models. Ann. Statist. 17, 4, 1472-1478. Politis, D.N. and Romano, J.R. (1994a). The stationary bootstrap. J. Amer. Statist. Assoc. 89, 1303-1313. Politis, D.N. and Romano, J.R. (1994b). Limit theorems for weakly dependent Hilbert space valued random variables with application to the stationary bootstrap. Statist. Sin. 4, 461-476. Politis, D.N., Romano, J.P. and Wolf, M. (1999). Subsampling. Springer Verlag. Reid, N. (1981). Estimating the median survival time. Biometrika 68, 601-608. Stine, R.A. (1987). Estimating properties of autoregressive forecasts. J. Amer. Statist. Assoc. 82, 1072-1078. Thombs, L.A. and Schucany, W.R. (1990). Bootstrap prediction intervals for autoregression. J. Amer. Statist. Assoc. 85, 486-492. Wu, C.-F. J. (1986). Jackknife, bootstrap and other resampling methods in regression analysis. Ann. Statist. 14, 1261-1350.</p> |
|------------------------------------|--|

**Recomendacións**

**Materias que se recomenda ter cursado previamente**

- Estatística Matemática/614468102
- Modelos de Probabilidade/614468103
- Estatística Aplicada/614468104
- Modelos de Regresión/614468105
- Análise Exploratoria de Datos (data mining)/614468106
- Estatística non Paramétrica/614468109
- Simulación Estatística/614468113

**Materias que se recomenda cursar simultaneamente**

- Series de Tempo/614427111
- Fiabilidade e Modelos Biométricos/614427116

**Materias que continúan o temario**



Contrastes de Especificación/614468123

Datos Funcionais/614468124

Proxecto Fin de Carreira ou Traballo Tutelado/614468128

## Observacións

Segundo se recolle nas distintas normativas de aplicación para a docencia universitaria, deberase incorporar a perspectiva de xénero nesta materia (usarase linguaxe non sexista, utilizarase bibliografía de autores/as de ambos sexos, propiciarse a intervención en clase de alumnos e alumnas, etc.) Traballarase para identificar e modificar prexuízos e actitudes sexistas e influirase na contorna para modificalos e fomentar valores de respecto e igualdade. Deberanse detectar situacións de discriminación por razón de xénero e proporanse accións e medidas para corrixilas.

(\*A Guía docente é o documento onde se visualiza a proposta académica da UDC. Este documento é público e non se pode modificar, salvo casos excepcionais baixo a revisión do órgano competente dacordo coa normativa vixente que establece o proceso de elaboración de guías