

## Línea de Trabajo fin de Máster 2025-2026

| <b>Máster Universitario en Estadística Aplicada.</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Título</b>                                        | Modelos multi-estados en el campo de la Fiabilidad y Supervivencia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Tipo</b>                                          | INVESTIGACIÓN <input checked="" type="checkbox"/> ORIENTACIÓN PRÁCTICA <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Número de alumnos admitidos</b>                   | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Profesor(es)/ email</b>                           | Juan Eloy Ruiz Castro<br>email: <a href="mailto:jeloy@ugr.es">jeloy@ugr.es</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Descripción</b>                                   | <p>Hoy día es de especial interés, en el análisis de tiempos de vida, el estudio de la evolución de individuos (supervivencia) y el análisis del comportamiento de sistemas (fiabilidad) que atraviesan distintos estados a lo largo del tiempo. Los modelos multi-estados son modelos que estudian el problema mencionado anteriormente.</p> <p>El campo de aplicación de los modelos multi-estados es muy amplio resaltando el de supervivencia y fiabilidad. En el primero de ellos han sido aplicados en el estudio y análisis de la evolución de enfermas de cáncer de mama que atraviesan distintos estados, en el estudio de trasplante de corazón,... En el campo de la fiabilidad se han considerado modelos multi-estados (MSS) en la modelización de sistemas que atraviesan distintas etapas en su funcionamiento como son sistemas con degradación, mantenimiento preventivo,...</p> <p>Son diversas las técnicas utilizadas en la modelización de sistemas multi-estados. Los procesos de Markov y semi-Markov permiten el estudio y modelización de sistemas multi-estados de una forma algorítmica, bien estructurada, obteniendo medidas de interés implementables computacionalmente.</p> <p>Se realizará una revisión bibliográfica actualizada y se aplicarán los resultados obtenidos en el campo de la fiabilidad o supervivencia con Matlab y R.</p> |
| <b>Objetivos particulares</b>                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Analizar el comportamiento de tiempos de vida desde un punto de vista clásico</li> <li>▪ Modelizar el comportamiento de un tiempo de vida mediante un modelo multi-estados</li> <li>▪ Obtener medidas de interés desde un punto de vista teórico</li> <li>▪ Estimar el modelo desde el conjunto de datos o realizar simulaciones</li> <li>▪ Validar e interpretar los resultados</li> <li>▪ Empleo y estudio del correspondiente paquete de R-cran</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Prerrequisitos y recomendaciones</b>              | <p>Es de interés que el alumno tenga conocimientos avanzados sobre cálculo de probabilidades y sobre procesos estocásticos como son los procesos de Markov, de renovación y de renovación de Markov. Por ello el alumno para desarrollar este trabajo previamente debe realizar los siguientes cursos de este máster</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Complementos de Cálculo de Probabilidades.</li> <li>▪ Introducción a la Teoría de la Probabilidad y Procesos Estocásticos</li> <li>▪ Simulación de Procesos Estocásticos.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sistemas Estocásticos. Estimación de Señales.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Plan de trabajo</b>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Recopilación bibliográfica sobre los principales procesos estocásticos en tiempo continuo y discreto.</li> <li>▪ Análisis de trabajos existentes.</li> <li>▪ Introducir al doctorando en el estudio de modelos de supervivencia y fiabilidad.</li> <li>▪ Estudio y análisis de paquetes de R-cran</li> <li>▪ Aplicación.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Competencias generales y específicas</b> | <p>CB: 6, 7, 8, 9, 10<br/>CG: 1, 2, 3, 6, 9<br/>CE: 10, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 26, 28, 29</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Bibliografía</b>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Buchholz, P.; Kriege, J. And Felko, I. (2014) <i>Input Modeling with Phase-Type Distributions and Markov Models: Theory and Applications</i>. Springer.</li> <li>▪ Çinlar, E. (1975) <i>Exceptional Paper—Markov Renewal Theory: A Survey</i>. Management Science, 21, 7, 727-752.</li> <li>▪ Hoyland, A. and Rausand, M. (1994) <i>System Reliability Theory: models and statistical methods</i>, John Wiley and Sons, New York.</li> <li>▪ Kovalenko, I.N.; Kuznetsov N.Y. and Shurenkov, V.M. (1996) <i>Models of Random Processes</i>, CRC Press, Inc.</li> <li>▪ Kulkarni, V.G. (1995) <i>Modeling and Analysis of Stochastic Systems</i>, Chapman &amp; Hall. London.</li> <li>▪ Kulkarni, V.G. (1999) <i>Modeling, Analysis, Design, and Control of Stochastic Systems</i>, Springer-Verlag New York, Inc.</li> <li>▪ Limnios, N. and Oprisan, G. (2001) <i>Semi-Markov Processes and Reliability</i>, Birkhäuser, Boston.</li> <li>▪ Lisnianski, A. and Frenkel, I. (2012) <i>Recent Advances in System Reliability. Signatures, Multi-state Systems and Statistical Inference</i>. Springer-Verlag, London.</li> <li>▪ Lisnianski, A.; Frenkel, I. And Ding, Y. (2010) <i>Multi-state System Reliability Analysis and Optimization for Engineers and Industrial Managers</i>. Springer-Verlag London Limited.</li> <li>▪ Ross, S.M. (1983) <i>Stochastic Processes</i>. John Wiley &amp; Sons. New York.</li> <li>▪ Ruiz-Castro, J.E. (2016) Complex multi-state systems modelled through Marked Markovian Arrival Processes. <i>European Journal of Operational Research</i>, 252, 3, 852-865.</li> <li>▪ Ruiz-Castro, J.E. (2016) Markov counting and reward processes for analyzing the performance of a complex system subject to random inspections. <i>Reliability Engineering and System Safety</i>, <b>145</b>, 155-168.</li> <li>▪ Ruiz-Castro, J.E. (2014) Preventive maintenance of a multi-state device subject to internal failure and damage due to external shocks, <i>IEEE Transactions on Reliability</i>, <b>63</b>, 2, 646-660.</li> <li>▪ Taylor, H.M. and Karlin, S. (1994) <i>An Introduction to Stochastic Modeling</i>, Academic Press.</li> <li>▪ Tijms, H.C. (2003) <i>A First Course in Stochastic Models</i>, John Wiley &amp; Sons LTD, England</li> </ul> |