

## PROGRAMA OFICIAL DE POSTGRADO EN ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA

### DATOS IDENTIFICATIVOS DE LA MATERIA

**Código de la materia:** 6614493114

**Nombre de la materia:** Control estadístico de la calidad

**Número de créditos ECTS:** 5

**Curso académico:** 2023/2024

**Profesorado:** Salvador Naya Fernández ([salva@udc.es](mailto:salva@udc.es))/Javier Tarrío Saavedra ([javier.tarrio@udc.es](mailto:javier.tarrio@udc.es))

**Coordinador da materia:** Javier Tarrío Saavedra ([javier.tarrio@udc.es](mailto:javier.tarrio@udc.es))

### OBJETIVOS DE LA MATERIA

Los objetivos generales de la materia son dar a conocer los conceptos y técnicas del Control Estadístico de la Calidad, el ámbito donde pueden aplicarse y los beneficios que proporcionan. Para ello se proporcionará al alumnado las competencias necesarias para la aplicación exitosa de esta metodología y se procurará que comprenda la finalidad, resultados y beneficios del control estadístico, así como de sus requerimientos. Además del estudio clásico del control estadístico se abordarán temas relacionados con el Big Data en este contexto, la sensorización o la propuesta de nuevos métodos de control no paramétricos y con datos funcionales.

Como objetivos específicos se pretende que el alumnado:

1. comprenda por qué varían los procesos y se familiarice con los conceptos de causas naturales y causas especiales.
2. sea capaz de determinar dichas causas y controlarlas mediante la adecuada modelización estadística.
3. adquiera la capacidad para determinar qué tipo de técnicas estadísticas hay que realizar para la mejora del proceso.
4. conozca los conceptos, y técnicas numéricas y gráficas, esenciales para la mejora de los procesos.

5. conozca las nuevas tendencias del control de calidad en el entorno de la Ingeniería 4.0.
6. conozca y maneje el software disponible para el control de calidad, en especial con R, y sepa aplicar cada técnica estudiada mediante alguna librería del R.

### **CONTENIDOS DE LA MATERIA**

1. Introducción (2.5 h).
  - a) Breve reseña histórica del control de calidad.
  - b) Estado del arte y nuevos retos.
  - c) El control de calidad en la era del Big Data y de la Industria 4.0.
  - d) Presentación y motivación de problemas reales del control estadístico de procesos.
2. Conceptos básicos del control estadístico de la calidad (2.5 h).
  - a) Causas asignables y no asignables.
  - b) Las siete herramientas de Isikawa.
  - c) Mapas de procesos y diagramas de Pareto.
  - d) Metodologías más destacables en el control de la calidad.
  - e) Metodología Seis Sigma.
  - f) Paquetes de R para el control estadístico: qcr, qcc, qualityTools, Sixsigma.
  - g) Prácticas con R de estas herramientas básicas.
3. Métodos y filosofía de los gráficos de control (2.5 h).
  - a) Relación entre gráficos de control y contraste de hipótesis.
  - b) Riesgos del vendedor y comprador.
  - c) Subgrupos racionales.
  - d) Análisis de patrones en un gráfico de control.
  - e) Tendencias actuales para la construcción de gráficos de control.
4. El control de fabricación por variables (5 h).

- a) Límites de tolerancia y capacidad del proceso.
  - b) Gráficos tipo Shewhart por variables.
  - c) Curva característica de operación (OC) y longitud media de racha (ARL) en el control por variables.
  - d) Optimización de gráficos de control.
  - e) Ejercicios y prácticas con R.
5. Control de fabricación por atributos (3 h).
- a) El control de fabricación para la fracción de disconformes.
  - b) Gráficos  $np$  y  $p$ . Gráficos de control  $c$  y  $u$ .
  - c) Curvas características en el control por atributos.
  - d) Selección entre control por variables y atributos.
  - e) Ejercicios y prácticas con R.
6. Análisis de la capacidad de un proceso (2.5 h).
- a) Estudio de la capacidad mediante histogramas y gráficos de control.
  - b) Límites naturales de tolerancia y su repercusión en la capacidad.
  - c) Índices de capacidad. Estudio comparativo.
  - d) Índices de tercera y cuarta generación.
  - e) Ejercicios y prácticas con R.
7. Otros gráficos de Control univariantes (5 h).
- a) Gráficos de Medias individuales. Gráficos CUSUM.
  - b) Gráficos de control de Medias ponderadas (EWMA).
  - c) Filosofía del Control Ingenieril de Procesos y del Precontrol.
  - d) Gráficos para datos autocorrelados.
  - e) Gráficos de control para datos funcionales. Gráficos de perfiles.
  - f) Ejercicios con R.
8. Control multivariante (5 h).

- a) Descripción de un problema multivariante de procesos.
  - b) Los gráficos  $T^2$  de Hotelling.
  - c) Gráfico MEWMA multivariante.
  - d) Uso de técnicas alternativas multivariantes: componentes principales y gráficos no paramétricos basados en “data depth”.
  - e) Ejercicios y prácticas con R.
9. Control de recepción (3 h).
- a) Fundamentos estadísticos de los planes de muestreo.
  - b) Plan de muestreo por atributos.
  - c) Plan de muestreo por variables.
  - d) Controles secuenciales.
  - e) Curva característica para un plan de muestreo.
  - f) Nivel de calidad aceptable y Calidad media de salida.
  - g) Las normas MIL-STD-105 y MIL-STD-414 y sus correspondientes extensiones (ANSI/ASQC/ISO).
  - h) Ejercicios y prácticas con R.
10. Introducción a la fiabilidad industrial (2.5 h).
- a) Relación entre fiabilidad y calidad.
  - b) Tipo de datos y modelos para la fiabilidad industrial.
  - c) Pruebas de vida aceleradas (ALT).
  - d) Modelos para degradación. Principio TTS.
  - e) Fiabilidad de Sistemas.
  - f) Ejercicios y prácticas con R.
11. Diseño de experimentos para control de la calidad y la fiabilidad (2.5 h).
- a) Diseños factoriales.
  - b) Ejemplos de aplicación de diseños usados en el control de procesos.
  - c) Diseños RyR.

- d) Diseños ILS.
  - e) Ejercicios y casos prácticos con el paquete ILS.
12. Software para el control de la calidad y fiabilidad (2 h) .
- a) La librería qcr de R para control de calidad.
  - b) Otras librerías de R para el control de la calidad y fiabilidad.
  - c) Librería ILS y diseños interlaboratorio para el Control de Calidad.
  - d) Ejemplos prácticos y prácticas con el paquete ILS.

## ***BIBLIOGRAFÍA BÁSICA Y COMPLEMENTARIA***

### **Bibliografía básica**

Juran J. y Godfrey B. (2001). Manual de Calidad (tomos I y II).. McGrawHill.

Carot V. (1998). Control estadístico de la Calidad. . Edita Universidad Politécnica de Valencia

Box, G.E.P. y Luceño A. (1997). Statistical Control by Monitoring and Feedback Adjustment. Wiley. New York.

Montgomery D. (2009). Introduction to Statistical Quality Control. Wiley & Sons

Meeker W. y Escobar L. ( 1998). Statistical Methods for Reliability Data. Wiley & Sons.

Flores M., Fernández Casal R., Naya S., Tarrío J., Bossano R. (2016). Librería ILS (Interlaboratory Studies). <https://cran.r-project.org/web/packages/ILS/ILS.pdf>

Flores M., Fernández Casal R., Naya S., Tarrío J. (2016). Librería qcr (Quality Control Review). <https://cran.r-project.org/web/packages/qcr/index.html>

Flores M., Fernández Casal R., Naya S., Tarrío J. (2021). Statistical Quality Control with the qcr Package. R Journal.

GE Zhiqiang, SONG Zhihuan. (2012). Multivariate statistical process control: Process monitoring methods and applications. Springer Science & Business Media.

### **Bibliografía complementaria**

Box, G.E.P. Hunter, J. S. y Hunter, W. G. (2008). Estadística para investigadores: diseño, innovación y descubrimiento. Editorial Reverté.

Cano, E. (2018). Blog del autor sobre Six Sigma con R.  
<https://blog.uclm.es/emiliolcano/tag/six-sigma/>

Crowder M. Kimber A. Smith R y Sweeting T. (2001). Statistical Analysis of Reliability data. Chapman & Hall.

Davis J, Edgar Ts, Porter J, Bernaden J, Sarli M. (2012). Smart manufacturing, manufacturing intelligence and demand-dynamic performance. Computers & Chemical Engineering; 47:145

Ishikawa, K. (1994): Introducción al Control de la Calidad. (Versión española por Nocolau Medina, J. y Gonzalbes Ballester, M. M). Díaz de Santos. Madrid.

Juran, J.M. y Gryna, F.M. (1995). Manual de control de calidad. McGraw-Hill. Madrid.

Montgomery, D.C. (2002). Diseño y Análisis de Experimentos. Limusa-Wiley.

Montgomery, D.C. (1991). Control estadístico de la calidad. Grupo Editorial Iberoamérica.

Mutilba U, Kortaberria G. (2016). El rol de la metrología en la industria 4.0. e-medida.11:1

Nelson, W. (1982). Applied Life Data Analysis. Wiley.

Pande P., Neuman R. y Cavanagh R. (2002). Las claves de Seis Sigma. McGraw-Hill.

Peña, D. y Prat, A. (1986). Cómo controlar la calidad. Instituto de la Pequeña y Mediana Empresa. Madrid.

Peña Sánchez de Rivera, D. (2002). "Regresión y Diseño de Experimentos". Alianza Ed.

Strucca L. (2014). qcc: an R package for quality control charting and statistical process control. R News. /1:11.

Roth T. (2016). qualityTools: Statistics in Quality Science. R package versión 1.55  
<http://www.r-qualitytools.org>.

## **COMPETENCIAS**

### **Competencias generales: Competencias básicas y generales**

B1. CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación

B2. CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio

B3. CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios

B4. CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades

B5. CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

B17. CG1 - Conocer, comprender y saber aplicar los principios, metodologías y nuevas tecnologías en la estadística y la investigación operativa en contextos científico/académicos, tecnológicos o profesionales especializados y multidisciplinares, así como adquirir las destrezas y competencias descritas en los objetivos generales del título.

B18. CG2 - Desarrollar autonomía para identificar, modelar y resolver problemas complejos de la estadística y la investigación operativa en contextos científico/académicos, tecnológicos o profesionales especializados y multidisciplinares.

B19. CG3 - Desarrollar la capacidad para realizar estudios y tareas de investigación y transmitir los resultados a públicos especializados, académicos y generalistas.

B20. CG4 - Integrar conocimientos avanzados y enfrentarse a la toma de decisiones a partir de información científica y técnica.

B21. CG5 - Desarrollar la capacidad de aplicación de algoritmos y técnicas de resolución de problemas complejos en el ámbito de la estadística y la investigación operativa, manejando el software especializado adecuado.

### **Competencias transversales**

C11. CT1 - Desarrollar firmes capacidades de razonamiento, análisis crítico y autocrítico, así como de argumentación y de síntesis, contextos especializados y multidisciplinares.

C12. CT2 - Desarrollar destrezas avanzadas en el manejo de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), tanto para la obtención de información como

para la difusión del conocimiento, en un ámbito científico/académico, tecnológico o profesional especializado y multidisciplinar.

C13. CT3 - Ser capaz de resolver problemas complejos en entornos nuevos mediante la aplicación integrada de los conocimientos.

C14. CT4 - Desarrollar una sólida capacidad de organización y planificación del estudio, asumiendo la responsabilidad de su propio desarrollo profesional, para la realización de trabajos en equipo y de forma autónoma.

C15. CT5 - Desarrollar capacidades para el aprendizaje y la integración en el trabajo en equipos multidisciplinares, en los ámbitos científico/académico, tecnológico y profesional. C14 - Desarrollar una sólida capacidad de organización y planificación del estudio, asumiendo la responsabilidad de su propio desarrollo profesional, para la realización de trabajos en equipo y de forma autónoma.

### **Resultados de Aprendizaje:**

Como resultados de aprendizaje el alumnado tendrá las competencias en el manejo de las técnicas estadísticas para el control estadístico de la calidad y será capaz de abordar problemas con datos reales planteados en este campo. Concretamente el estudiante debería:

1. Conocer los fundamentos del control estadístico de la calidad.
2. Saber comunicar los resultados propios del control estadístico de calidad a público no especializado en contextos empresariales.
3. Conocer el software específico para el control de calidad y ser autónomo en su manejo.

### ***METODOLOGÍA DOCENTE***

La actividad presencial en el aula consistirá principalmente en clases de tipo teórico/práctico impartidas por el profesor, con participación activa de los alumnos, donde se hará uso de los recursos audiovisuales disponibles en el aula. La exposición teórica será complementada mediante el uso del paquete informático R. Por tanto, es deseable que los alumnos dispongan en el aula de un ordenador. Se empleará un enfoque práctico y aplicado, en este sentido, se dará prioridad a la adquisición de conceptos y métodos aplicados sobre las demostraciones matemáticas excesivamente formalistas.

Esta actividad presencial, junto con el correspondiente y necesario trabajo personal del alumno para su preparación, es valorada con 3 créditos ECTS. Esta carga de trabajo incluye el examen final. Se propondrán prácticas para desarrollar con R sobre las técnicas más relevantes de la materia.



Se considera que es suficiente una hora y media de trabajo personal para la preparación de cada sesión presencial de tipo teórico práctico. Los otros dos créditos ECTS de la materia corresponden al trabajo que el alumno tendrá que elaborar a lo largo del curso.

Las metodologías docentes empleadas serán: sesión magistral, prácticas a través de TIC, seminarios, trabajos tutelados y prueba objetiva.

### **CRITERIOS Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN**

#### **Primera oportunidad:**

Se solicitará la entrega de dos trabajos relacionados con la aplicación de herramientas con Control Estadístico de Calidad a datos reales o simulados mediante el software estadístico R (la evaluación de estos trabajos se corresponderá con un 60% de la nota global) siguiendo las metodologías impartidas en las clases prácticas a través de TIC. El otro 40% de la calificación global se corresponderá con el examen final de la asignatura, prueba tipo test de entre 15 y 20 preguntas. Alternativamente al examen, el alumno podrá ser evaluado mediante la entrega y defensa de un trabajo final que podrá ser (1) de revisión y ampliación de los diversos temas impartidos en la materia, o (2) de programación en R de alguna metodología del Control Estadístico de la Calidad, o (3) de aplicación práctica de los conocimientos impartidos a un caso de estudio real o simulado, o mismo (4) un trabajo de análisis de bibliografía (artículos de referencia relacionados con la materia) o software vinculado a este campo de la estadística.

En el caso del alumnado con reconocimiento de dedicación a tiempo parcial y dispensa académica de exención de asistencia que decida no asistir a las clases, será evaluado en las dos oportunidades como el resto de alumnado que se encuentra en una situación similar.

#### **Segunda oportunidad:**

Se aplicará el mismo procedimiento de evaluación que en la primera oportunidad.

### **TIEMPO DE ESTUDIO Y DE TRABAJO PERSONAL QUE DEBE DEDICAR UN ESTUDIANTE PARA SUPERAR LA MATERIA**

De cada crédito ECTS, aproximadamente la mitad de las horas se corresponderán con docencia presencial, y el resto con la realización de ejercicios por parte del alumno. Se estima que el alumno necesitará aproximadamente dos horas para preparar el material correspondiente a cada hora de una clase de tipo presencial.

<b>Metodologías / pruebas</b>	<b>Horas presenciales</b>	<b>Horas no presenciales / trabajo autónomo</b>	<b>Horas totales</b>
Prácticas a través de TIC	7	10.5	17.5

Prueba objetiva	3	0	3
Sesión magistral	20	56.5	76.5
Seminario	7	10.5	17.5
Trabajos tutelados	1	9.5	10.5

### **RECOMENDACIONES PARA EL ESTUDIO DE LA MATERIA**

Para superar con éxito la materia es aconsejable la asistencia a las clases, siendo fundamental el seguimiento diario del trabajo realizado en el aula. Se recomienda la consulta frecuente de los manuales mencionados en la bibliografía.

### **RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE**

Bibliografía, apuntes y ordenador.

### **OBSERVACIONES**

El desarrollo de los contenidos de la materia se realizará teniendo en cuenta que las competencias a adquirir por el alumnado deben cumplir con el nivel MECES3. En este sentido, todos los contenidos de la materia se estudiarán de una manera exhaustiva, presentando todas las herramientas estadísticas para el control estadístico de la calidad de manera rigurosa, incluyendo aquellas técnicas multivariantes y funcionales que representan las nuevas tendencias en este ámbito, de aplicación para la resolución de problemas en el marco de la Industria 4.0.

Para los casos de realización fraudulenta de ejercicios o pruebas, será de aplicación lo recogido en las respectivas normativas de las universidades participantes en el Máster en Técnicas Estadísticas.

Esta guía y los criterios y metodologías en ella descritos están sujetos a las modificaciones que se deriven de normativas y directrices de las universidades participantes en el Máster en Técnicas Estadísticas.