

Memoria final de proyecto de innovación docente

GENERACIÓN DE METODOLOGÍA DE VISUALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS COMPATIBLE CON E-LEARNING
PARA EL APRENDIZAJE Y EVALUACIÓN DE CONTROL DE CALIDAD EN CONTEXTOS MULTIDISCIPLINARES

ID 2021/138

Convocatoria de ayudas de la Universidad de Salamanca a proyectos de innovación y mejora docente curso
2021-2022

Coordinador: Manuel Rodríguez Martín

Índice

1. Desarrollo general del proyecto y consecución de resultados.....	3
2. Estudio de requerimientos software.....	3
3. Diseño y desarrollo de la actividad.....	7
4. Evaluación de la percepción de los estudiantes.....	9
5. Conclusiones y mejora continua.....	11
6. Divulgación de resultados	11
7. Informe de Justificación Económica	12
Referencia.....	12

1. Desarrollo general del proyecto y consecución de resultados

Durante el curso 2021-22 se desarrollaron las diferentes fases del proyecto para llegar a la consecución de los objetivos principales y secundarios establecidos en la solicitud. Para ello se ha generado una metodología basada en diferentes herramientas, adaptable y escalable que permite generar y analizar grandes conjuntos de datos simulados de variables de procesos industriales para la aplicación de las herramientas de control estadístico de procesos con el apoyo de software especializado. Dicha metodología aprovecha los recursos de la Universidad de Salamanca, y concretamente la versión de campus del paquete Matlab® y con la hoja de cálculo Excel para generar un flujo de trabajo que ha sido aplicado de manera multidisciplinar con los estudiantes de los grados indicados en la Tabla 1 y que, aun siendo aplicado en programas presenciales, se ha orientado hacia el e-learning.

Tabla 1: Asignaturas en las que se ha aplicado la mejora

Asignatura	Centro	Programa (curso)	ECTS
Gestión de Calidad	EPS Zamora	Grado en Ingeniería Agroalimentaria (4º curso)	3
Gestión de Calidad	EPS Zamora	Grado en Arquitectura Técnica (2º curso).	6
Gestión Integrada de la Calidad, Prevención y Medio Ambiente. Grado en Ingeniería Mecánica	EPS Zamora	Grado en Ingeniería Mecánica (4º curso).	3

2. Estudio de requerimientos software

En primer lugar, y partiendo de los resultados obtenidos en trabajos previos [1], se realizó un estudio de requerimientos del software especializado necesario para la consecución de los objetivos formativos, priorizando el aprovechamiento de los recursos de la Universidad de Salamanca.

Para ello se han testado cinco soluciones diferentes teniendo en cuenta los requisitos establecidos (Tabla 2) ad-hoc para el presente proyecto que surgieron fruto de un proceso de reflexión y de revisión bibliográfica sobre el alcance de la actividad y las competencias a adquirir.

- Matlab®
- Minitab®
- IBM SPSS®
- Lenguajes de programación: R y Python.

Tabla 2: Requisitos planteados para la elección de software

Requisito
Interfaz intuitiva.
Necesidad de implementación de código.
Formatos de datos permitidos y facilidad de exportación de datos.
Posibilidad de utilizar herramientas avanzadas.
Asistencia para la interpretación de resultados.
Extensión de uso a nivel profesional.
Aplicación para otras asignaturas en el campo de la ingeniería industrial.
Potenciación del pensamiento crítico.
Desarrollo de competencias transversales (TIC, trabajo en equipo, etc.).
Posibilidad de integración y evaluación por competencias a distancia utilizando LMS para e-learning.
Facilidad de acceso.
Versiones estudiantiles/académicas. Licencias de campus.
Herramientas de ayuda/soporte/capacitaciones proporcionadas por el desarrollador.
Recursos gratuitos de apoyo estudiantil.

Para evaluar dichos requisitos se ha realizado una prueba con cada software utilizando un mismo set de datos para la aplicación del estudio por gráficos de control e índices de capacidad. Asimismo, se ha realizado una investigación bibliográfica normativa y bibliométrica para evaluar el impacto y extensión de dichos paquetes software y su adecuación a la actividad propuesta, siempre poniendo el foco en la estandarización de herramientas a nivel industrial y en la orientación a la calidad. Algunos de los recursos consultados son los siguientes:

- H. Gutierrez, Calidad total y productividad (3th ed), México DF: McGraw-Hill, 2010.

- W. James and J. Daniel, "Beyond Toyota: how to root out waste and Pursue peffection," Harvard Business Review, pp. 1-16, 1996.
- T. Ohno, Toyota Production System: Beyond Large Scale Production, New York: Productivity Press, 1988.
- J. Drew, Journey to Lean: Making Operational Change Stick, Gordonsville: Macmillan, 2004.
- S. Nicolaescu and C. Kifor, "Teaching methodology for Design for Six Sigma and Quality techniques – an approach that combines theory and practice," Balkan Region Conference on Engineering and Business Education, vol. 2, no. 1, pp. 328-336, 2018.
- AENOR, UNE-ISO 18404:2017 "Métodos cuantitativos para la mejora de procesos Seis Sigma: Competencias del personal clave y de sus organizaciones en relación con la implementación de Lean y de Seis Sigma, 2017.
- C. González, R. Domingo and M. Sebastian, Técnicas de mejora de la calidad, Madrid: UNED, 2008.
- AENOR, UNE-EN-ISO 22514-1 Statistical methods in process management -- Capability and performance -- Part 1: General principles and concepts, 2014.
- AENOR, UNE-ISO 7870-2:2017. Control charts -- Part 2: Shewhart control charts, 2017.
- S. Tissir, S.-E. Fezazi and A. Cherrafi, "Industry 4.0 impact on Lean Manufacturing: Literature Review," in 2020 IEEE 13th International Colloquium of Logistics and Supply Chain Management (LOGISTIQUA), 2020.
- L. Stojanovic, M. Dinic, N. Stojanovic and A. Stojadinovic, "Big-data-driven anomaly detection in industry (4.0): An approach and a case study," in 2016 IEEE International Conference on Big Data (Big Data), 2016.
- B. Bordel, R. Alcarria, D. Sánchez de Rivera and Á. Sánchez, "Enhancing process control in industry 4.0 scenarios using cyber-physical systems," Journal of Wireless Mobile Networks, Ubiquitous Computing, and Dependable Applications, vol. 7, pp. 41-64, 2016.
- M. Rodríguez-Martín, R. García-Martín, M. Á. Lorenzo and P. Rodríguez-Gonzálvez, "Control charts based on MATLAB statistical and visualization tools as a compatible with e-learning methodology in the context of quality control," in In Ninth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM'21), October 26–29, 2021, Barcelona, Spain., 2021.
- Goberment of Spain, Orden CIN/351/2009 de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico Industrial., 2009.

- P. Rodríguez-González and M. Rodríguez-Martín, "Design of a Didactical Activity for the Analysis of Uncertainties in Thermography through the Use of Robust Statistics as Teacher-Oriented Approach," *Remote Sensing*, vol. 13, no. 3, p. 402, 2021.
- M. Rodríguez-Martín and P. Rodríguez-González, "Prácticas basadas en Dinámica de Fluidos Computacional," in *Claves para la innovación pedagógica ante los nuevos retos: respuestas en la vanguardia de la práctica educativa*, Madrid, Octaedro, 2020, pp. 3061-3068.
- D. Halpern, *Thought and Knowledge*, New York: Psychology Press, 2014.
- P. Rodríguez-González and M. Rodríguez-Martín, "Design of a Didactical Activity for the Analysis of Uncertainties in Thermography through the Use of Robust Statistics as Teacher-Oriented Approach," *Remoter Sensing*, vol. 13, p. 402, 2021.
- MINITAB, "Mintab," 2021. [Online]. Available: <https://www.minitab.com/en-us/products/minitab/>. [Accessed 12 05 2022].
- G. Henderson, *Six Sigma Quality Improvement with Minitab*, 2nd Edition, Wiley, 2011.
- IBM, "IBM SPSS," [Online]. Available: <https://www.ibm.com/es-es/products/spss-statistics>. [Accessed 2022 05 12].
- R. Kennet and Z. Shelemyahu, *Modern Industrial Statistics with applications in R, Minitab and JMP*, Wiley, 2021.
- J. Anhoej, "Control Charts with qicharts for R," 2021. [Online]. Available: <https://cran.r-project.org/web/packages/qicharts/vignettes/controlcharts.html#control-chart-basics>. [Accessed 14 05 2022].
- M. Rodríguez-Martín, J. Fueyo, D. Gonzalez-Aguilera, F. Madruga, R. García-Martín, A. Muñoz and J. Pisonero, "Predictive Models for the Characterization of Internal Defects in Additive Materials from Active Thermography Sequences Supported by Machine Learning Methods," *Sensors*, vol. 20, no. 14, p. 3982, 2020.
- T. Wagner, C. Herrmann and S. Thiede, "Industry 4.0 impacts on lean production systems," *Procedia Cirp*, vol. 63, pp. 125-131, 2017.

Todo ello ha llevado a considerar Matlab® como el recurso ideal para plantear la actividad propuesta, sin desmerecer el uso del resto de software que también se demostraron útiles y con grandes potencialidades, habida cuenta de que es un recurso disponible en la Universidad de Salamanca y que cuenta con diferentes funciones y recursos relacionados con la actividad. Asimismo, se ha considerado como positivo para la adquisición de competencias transversales el hecho de que Matlab permita un trabajo híbrido (con código y a la vez de forma visual). Del mismo modo, para determinadas tareas auxiliares se utilizará la hoja de cálculo Excel, también disponible como recurso en la Universidad de Salamanca, y cuyo aprendizaje se considera

positivo y en términos generales, enriquecedor y se podría decir: hasta necesario para el futuro profesional de los estudiantes.

3. Diseño y desarrollo de la actividad

Una vez se eligió Matlab complementado con Excel como software para el desarrollo de la actividad, se ha establecido una metodología para generar anomalías en el control del proceso tasadas en la normativa internacional que puedan ser detectadas por los estudiantes y fomentar el pensamiento crítico, en tanto en cuanto cada tipología de datos precisa de un análisis específico (no siendo válidas las mismas reglas para todos los tipos de datos). Para ello se ha programado una función para generar datos aleatorios ordenados en forma matricial, con las ventajas que ello conlleva para el procesamiento de datos [1], pero en los que existan variables controladas para simular ciertas casuísticas que los estudiantes tengan que detectar utilizando las herramientas de gestión de calidad como los gráficos de control o el análisis de capacidad utilizando código de programación para la mejora de las competencias relacionadas con las ICT.

La función permite generar conjuntos de datos simulados e individuales para cada estudiante o grupo de estudiantes, asimismo, devuelve los resultados que los estudiantes deben de obtener para retroalimentar el proceso de evaluación formativa integrada en LMS basado en Moodle (plataforma Studium), siendo, por tanto, compatible con e-learning.

Con la generación de dichos datos se ha diseñado una actividad específica y centrada en el estudiante para el desarrollo de las competencias (Tabla 3) relacionadas con la calidad y para aquellas transversales establecidas para las diferentes titulaciones que se han beneficiado de la actividad [2] [3] [4].

Tabla 3: Competencias que se adquirirán/mejorarán.

Competencia	Grado	Asignatura
CE29. Conocimiento de la Normativa relativa a la Gestión y Prevención de Riesgos Laborales. Conocimiento de la Normativa relativa a la Gestión de la Calidad. Conocimiento de la Normativa relativa a la Gestión Medioambiental.	Grado en Ingeniería Mecánica	Gestión Integrada de la Calidad, Medio Ambiente y los Riesgos Laborales
CE24. Gestión de la calidad y de la seguridad alimentaria.	Grado en Ingeniería Agroalimentaria	Gestión de Calidad

CE28. Capacidad para la gestión del control de calidad en las obras, la redacción, aplicación, implantación y actualización de manuales y planes de calidad, realización de auditorías de gestión de la calidad en las empresas, así como para la elaboración del libro del edificio	Grado en Arquitectura Técnica	Gestión de Calidad
---	-------------------------------------	--------------------

El enunciado de las actividades, así como los datos y materiales necesarios para su desarrollo fueron cargados en la plataforma Studium. También se programaron los elementos de evaluación y las tareas para las entregas de los resultados.

Dicha actividad se basa en el flujo de trabajo establecido en la Fig.1 que permite al estudiante realizar un análisis de los datos utilizando dos herramientas estandarizadas con arreglo a normativa internacional [5], herramientas que, además, son claves en control de calidad y en el contexto Lean y Six Sigma, como son los gráficos de control y los índices de capacidad. Con su uso se buscó que cada estudiante pudiera establecer sus propias conclusiones desde el pensamiento crítico.

Unos ejemplos de los gráficos de control de datos simulados generados utilizando la metodología propuesta se muestra en Fig. 2. Se indicaron individualmente dos actividades: la generación de los gráficos de control y la realización del estudio de capacidad, ambas sobre los mismos sets de datos en consonancia con el flujo de trabajo propuesto en los estándares [6] [5].

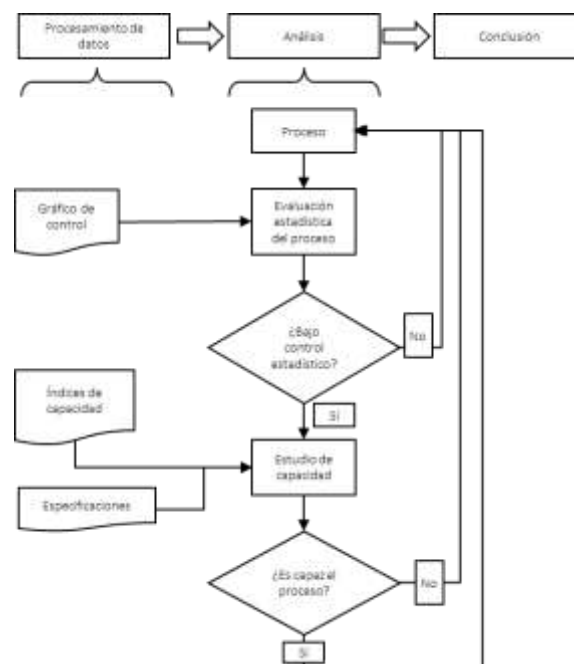


Fig. 1: Flujo de trabajo referente a la actividad propuesta y acorde con [6]

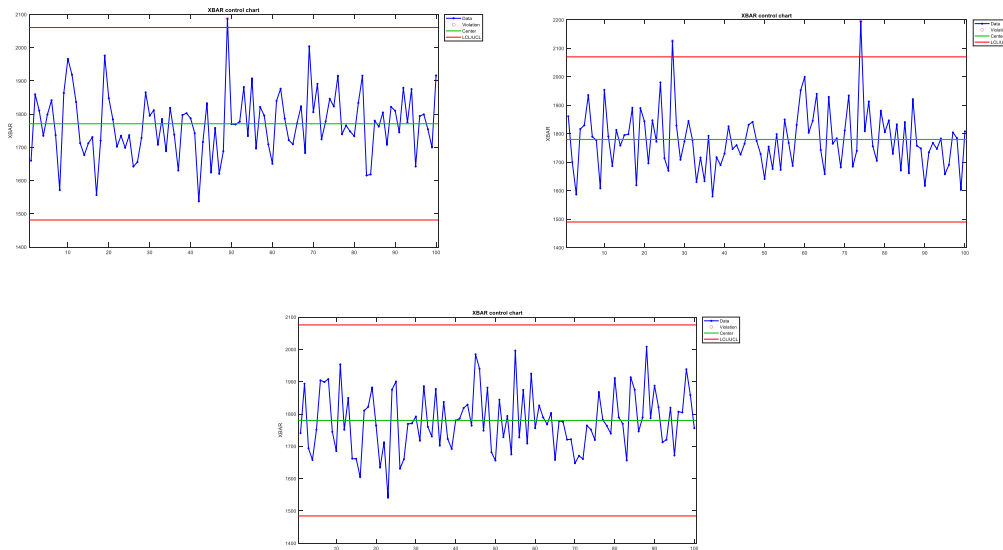


Fig. 2: Ejemplo de Gráficos de Control de medias de datos simulados generados individualmente con anomalías (los dos gráficos superiores) y sin anomalías (gráfico inferior).

En términos generales podría decirse que los estudiantes realizaron las actividades de manera correcta, demostrando una correcta adquisición de conocimientos específicos, un adecuado manejo del software y una actitud proactiva y de interés. Se les indicó que presentarán los resultados tanto en un documento escrito (informe), como oralmente para potenciar las competencias transversales relacionadas con la comunicación oral. El principal punto de mejora común a casi todos los trabajos estaba relacionado con la reflexión realizada, en lo que respecta a las limitaciones de los métodos utilizados (se pedía expresamente en el enunciado). Esto es algo que quizá se relacione más con carencias en conceptos estadísticos de base (alcance de la distribución normal, sesgo de datos, limitaciones del muestreo, etc.) que con una falta de esfuerzo o profundización en los contenidos propios de la asignatura.

4. Evaluación de la percepción de los estudiantes

Los estudiantes han podido trabajar con la metodología propuesta y se han utilizado cuestionarios para medir la percepción de los estudiantes con respecto a la actividad realizada en la asignatura de Gestión de Calidad del Grado en Arquitectura Técnica del curso 2021-22, siendo esta la asignatura con un mayor número de estudiantes (5). El cuestionario dotado de escala Likert 1-10 se pasó de manera totalmente anónima y con las debidas garantías de confidencialidad. El objetivo del cuestionario fue conocer la percepción de los estudiantes sobre las actividades, focalizando en dos aspectos que se consideran clave y que han sido medidos en trabajos precedentes [7]:

- Utilidad: partiendo del hecho de que la actividad ha sido realizada siguiendo el criterio de realidad, se pretende ver en qué manera el estudiante ha sido consciente de que los métodos aplicados son los que se aplican de manera real en industria.
- Sencillez: al requerir el uso de código de programación para potenciar la componente TIC y no tratarse de titulaciones directamente relacionadas con la ingeniería informática, conocer la dificultad que les ha supuesto la actividad se torna como algo importante para la toma de decisiones futura.

A este respecto, conviene indicar que en las asignaturas de Gestión de Calidad del Grado en Ingeniería Agroalimentaria y en la asignatura de Gestión Integrada de Calidad, Prevención de Riesgos y Medio ambiente también se aplicó esta metodología, pero el escaso número de estudiantes matriculados (2 en cada asignatura) hizo que la significación de las respuestas al cuestionario no fuera demasiado significativa y que pudieran verse condicionados. En ese caso se optó por realizar una consulta informal que indicó que a los estudiantes sí les había interesado la actividad.

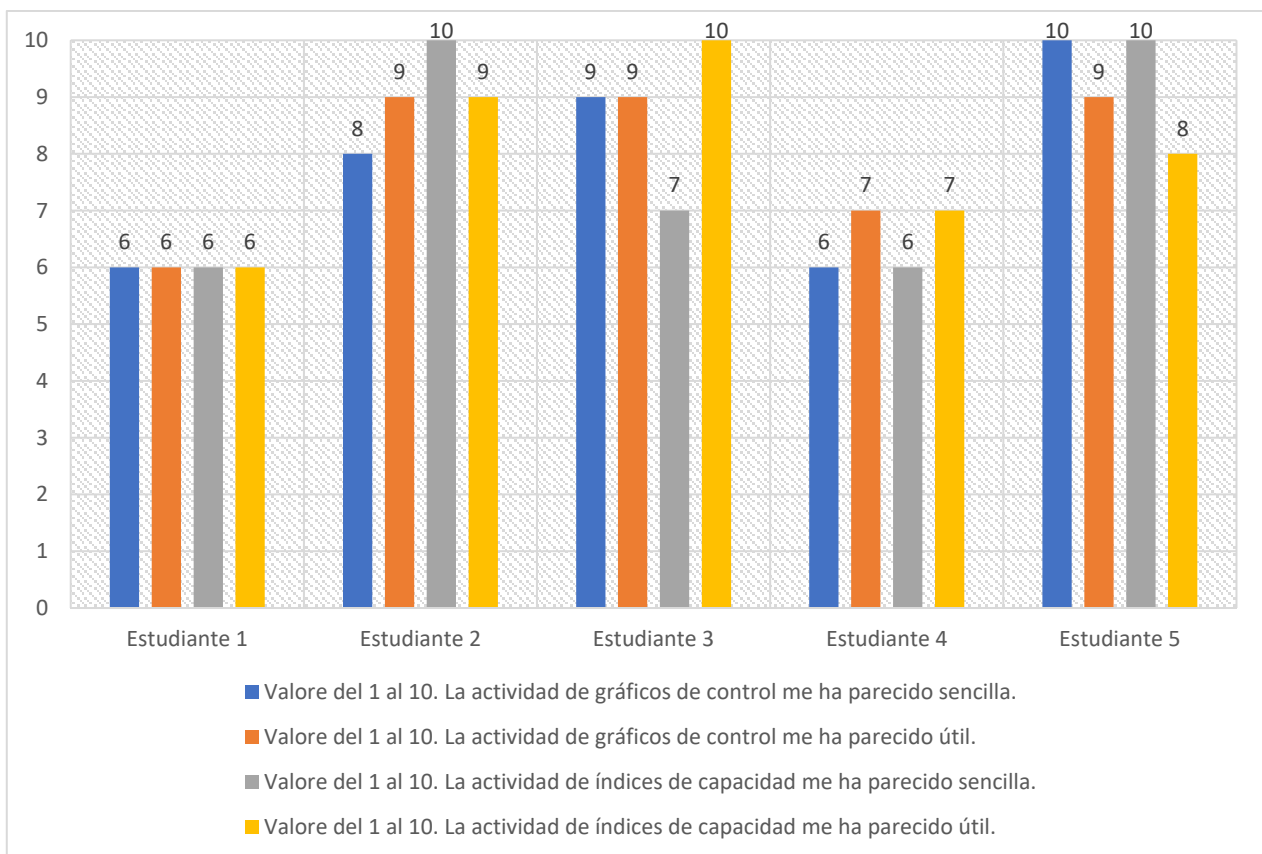


Fig.3: Resultados de las encuestas anónimas pasadas a los estudiantes del Grado en Arquitectura Técnica. En la columna se indican.

A la vista de los resultados de las encuestas, que son coherentes con lo indicado por los estudiantes en las conversaciones informales mantenidas con ellos y en las exposiciones orales de los resultados de los trabajos, estos han considerado la actividad en términos generales como sencilla y útil, lo cual permite ser optimista en

cuanto a la mejora aplicada basada en la metodología propuesta y que podrá ser estudiada con mayor detalle en trabajos futuros.

5. Conclusiones y mejora continua

El presente proyecto ha servido para avanzar en la mejora e innovación docente en un ámbito tan importante hoy en día como es el de la gestión y control de calidad, aplicado multidisciplinarmente en diferentes campos y presente como asignatura en cuatro de las siete titulaciones impartidas en la Escuela Politécnica Superior de Zamora.

Se ha diseñado una metodología completa basada en la simulación de resultados industriales que permite a los estudiantes adquirir nuevas competencias específicas y mejorar otras competencias transversales relacionadas con las TIC. Adicionalmente, el enfoque planteado es compatible con la enseñanza con metodologías e-learning y b-learning, tan importantes a día de hoy, y que son compatibles con los programas presenciales y también, incluso, con programas profesionales para cualificaciones en el contexto de filosofías productivas de gran aplicación como son *Lean* y *Six Sigma* [8]. Finalmente, el enfoque planteado ha buscado desde el principio fomentar el pensamiento crítico de los estudiantes, tratando de evitar que se fíen del resultado que arroja un programa de ordenador sin conocer el proceso inherentemente desarrollado por el mismo que ha sido implementado para obtener ese resultado. Ello es algo fundamental para los estudiantes de cualquier titulación, pero en especial para los estudiantes de ingeniería que deben desarrollar habilidades que les permitan analizar de manera crítica un conjunto de datos y evaluar por sí mismos la coherencia y adecuación de los resultados provenientes de software informático.

Por otro lado, la aportación de este proceso se contextualiza en la mejora continua referente a la docencia de las asignaturas indicadas, no siendo ello un punto final sino un punto de partida de nuevas iniciativas de innovación y mejora docente que lleven a mejorar, escalar y divulgar los métodos propuestos en este proyecto.

6. Divulgación de resultados

En concordancia con lo indicado en la memoria de solicitud, los resultados de este proyecto se enviarán para publicación en soportes admitidos por la comunidad científica. Algunos resultados están a fecha de presentación de esta memoria siendo sometidos a proceso de revisión por pares en congresos internacionales y otros resultados y logros de interés para la comunidad académica pudieran ser objeto de publicación o registro posterior.

7. Justificación Económica

La cuantía de 200 euros con la que el proyecto fue dotada ha sido empleada en su totalidad para el abono de la inscripción a un congreso en el que se divulgarán los resultados del proyecto.

Referencias

- [1] M. Rodríguez-Martín, R. García-Martín, M. Á. Lorenzo y P. Rodríguez-González, «Control charts based on MATLAB statistical and visualization tools as a compatible with e-learning methodology in the context of quality control,» de *In Ninth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM'21), October 26–29, 2021, Barcelona, Spain., 2021.*
- [2] Ministerio de Educación y Ciencia, *Orden ECI/3855/2007, de 27 de diciembre, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Arquitecto Técnico., 2007.*
- [3] Ministerio de Educación, *Orden CIN/323/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico Agrícola., 2009.*
- [4] Ministerio de Ciencia e Innovación, *Orden CIN/351/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico Industrial., 2009.*
- [5] AENOR, *UNE-EN-ISO 22514-1 Statistical methods in process management -- Capability and performance -- Part 1: General principles and concepts, 2014.*
- [6] AENOR, *UNE-ISO 7870-2:2017. Control charts -- Part 2: Shewhart control charts, 2017.*
- [7] M. Rodríguez-Martín y P. Rodríguez-González, «Learning methodology based on weld virtual models in the mechanical engineering classroom,» *Computer Application in Engineering Education*, vol. 27, nº 5, pp. 1113-1125, 2019.
- [8] AENOR, *UNE-ISO 18404:2017 “Métodos cuantitativos para la mejora de procesos Seis Sigma: Competencias del personal clave y de sus organizaciones en relación con la implementación de Lean y de Seis Sigma, 2017.*
- [9] Government of Spain, *Orden CIN/351/2009 de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico Industrial., 2009.*