



VNiVERSIDAD  
D SALAMANCA

# Plan de Investigación

TÍTULO PROVISIONAL DE LA TESIS:

Planificación Espacial con Inteligencia Artificial  
para el Desarrollo Sostenible

Alberto Martín Pérez-Moneo

**DIRECTORES:**

María Angélica González Arrieta

Javier Parra Domínguez

**PROGRAMA DE DOCTORADO:**

FORMACIÓN EN LA SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

**Fecha:**

Sábado 1 de Junio de 2024

# 1. Introducción y justificación del tema objeto de estudio

Esta es una investigación que se lleva a cabo dentro del programa de doctorado “Formación en la sociedad del conocimiento” Por lo que debemos hablar de la Importancia de la Formación Continua en nuestra sociedad actual y más desde la aparición de la Inteligencia Artificial. Qué auguran está destinada a cambiar nuestra manera de relacionarnos en Sociedad. Esta investigación pretende analizar cómo podríamos utilizar la Inteligencia Artificial para cambiar nuestra sociedad a través de una planificación espacial participativa y donde una sociedad informada y formada sea capaz de dar forma a su entorno de manera que garantice un desarrollo sostenible en el tiempo.

Esta sociedad del conocimiento se basa en una capacidad que tradicionalmente ha constituido una de las características del ser humano: la inteligencia. Aunque el concepto de “Inteligencia” tiene una etimología clara: viene del verbo latino “intellegere” compuesto por inter («entre») y legere («leer, escoger») cuando lo analizamos en profundidad se convierte en una fuente de debate del cual surgen, por ejemplo, las 70 definiciones de inteligencia más relevantes que se recogieron en el Congreso de 2007 sobre AGI (Artificial general intelligence | Inteligencia artificial general) (Legg & Hutter, 2007)

Por claridad nos quedaremos con las definiciones de la RAE (Real Academia de la Lengua Española) para Inteligencia: “1. f. Capacidad de entender o comprender. / 2. f. Capacidad de resolver problemas.”

Inteligencia Artificial: “Disciplina científica que se ocupa de crear programas informáticos que ejecutan operaciones comparables a las que realiza la mente humana, como el aprendizaje o el razonamiento lógico”

Rusell, Stuart et Novig, Peter (2004); ya nos plantearon a principios de este siglo en su artículo "Inteligencia artificial. Un enfoque moderno" que el rápido desarrollo experimentado en los últimos años en Inteligencia Artificial había llevado a la aparición de nuevas aplicaciones que abarcan una amplia gama de campos, incluyendo el Desarrollo Sostenible.

El concepto de "Inteligencia Artificial Generativa" es un concepto relativamente nuevo que no obtuvo reconocimiento hasta mediados de la década de 2010 con el surgimiento y la aceptación de modelos generativos como las GAN en la comunidad de investigación de IA. Cuando los modelos de GAN (Generative Adversary Nets | Redes Generativas Adversarias) que Ian Goodfellow y su equipo pusieron el término “IA generativa” en el centro de atención de la comunidad de investigación.

A partir de noviembre de 2022 el término “IA generativa” ha ganado popularidad entre el público en general, que usa comúnmente el término “IA generativa” para referirse a la creación de contenido tangible (como imágenes, texto, código, modelos, audio, etc.) a través de herramientas impulsadas por IA.

García-Peñalvo y Vázquez-Ingelmo (2023) se plantean ¿qué entiende la comunidad investigadora por IA generativa? Y nos plantean una posible definición de la “IA generativa” como "la producción de contenido sintético nunca antes visto, en cualquier forma y para respaldar cualquier tarea, a través del modelado generativo".

Después de recuperar y analizar 631 artículos publicados entre enero de 2019 y mayo de 2023, de los que sólo 1 trabajo incluye el término "IA generativa" y se trata precisamente de la "Caracterización" de un conjunto de datos cartográficos.

En esta tesis se pretende investigar de diversas técnicas asociadas a la Inteligencia Artificial Generativa como son:

LLM (Large Language Model | Gran modelo de lenguaje)

LMM (Large Multimodal Models | Gran Modelo de Multimodal).

MoE (Mixture of Experts | Mezcla de Expertos) estrategia usada para la optimización de estos modelos que es la misma que se lleva implementando en el Planificación Espacial desde hace años.

Albrechts, L. (2004) ya nos planteaba que la Planificación Espacial debía ser reexaminada y Mehmood, R., Yigitcanlar, T., & Corchado, J. M. (Eds.). (2024) nos presentan algunos de los últimos ejemplos de cómo la Inteligencia Artificial puede ayudar a la Planificación.

Cómo nos explican Allam, Z., & Dhunny, Z. A. (2019) la planificación espacial lleva años beneficiándose de la digitalización y es habitual encontrarnos con el término Ciudad Inteligente (Smart City) en muchas ocasiones o con el más novedoso de Territorio Sensible (Sensitive Territory). Esta sensibilidad también se debería imponer en el trato hacia nuestro planeta

## 2. Hipótesis de trabajo y principales objetivos a alcanzar

### Objetivo Principal

“Investigar explícitamente cómo la Inteligencia Artificial se puede aplicar a la Planificación Espacial para el Desarrollo Sostenible”

### Objetivos Específicos:

1. Sintetizar el conocimiento actual sobre el uso de la IA para la planificación espacial sostenible.
2. Identificar las mejores prácticas para la aplicación de la IA en la PE.
3. Mejorar la comprensión del potencial de la IA para la planificación espacial sostenible.
4. Desarrollar recomendaciones para el uso responsable y ético de la IA en la PE.

### Preguntas de Investigación:

¿Se podría utilizar la Inteligencia Artificial para la Planificación Espacial de Territorio?

¿Ayudaría en las tareas del Buen Gobierno de pequeños núcleos rurales?

¿Se pueden conciliar los Objetivos de Desarrollo Sostenible con el Desarrollo Económico y Social?

### Hipótesis de Trabajo

Se toma como hipótesis la teoría de la Economía Rosquilla (Rockström et al., 2009; Raworth, 2012), en la que se tienen en cuenta las necesidades de los humanos tanto como las del planeta. y que desarrolla la hipótesis Rockström, J. et al (2009). de crear “Un espacio operativo seguro para la humanidad” y que a su vez, tiene sus raíces en Schumacher, E. F. (1973) “Lo pequeño es Hermoso” a partir del cual se desarrolló la idea de Desarrollo Sostenible cómo nos explica Riquelme, S. F. (2018).

También partiremos de las premisas que nos plantean Vinuesa, R et al. (2020) en la manera en la que la Inteligencia Artificial puede ayudar a conseguir los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Y no queremos dejar de investigar temas como el Ecodiseño y el Buen Gobierno y políticas como la Industria 4.0 propuesta por Alemania o la Sociedad 5.0 propuesta por Japón.

## 3. Metodología a utilizar

Se pretende que sea una tesis mixta (tanto teórica, como práctica) por lo que se ha decidido utilizar la Metodología DSMR (Design Sciences Methodology Research | Metodología de Investigación en Ciencias del Diseño)

Peppers et al. (2007) crearon la metodología de investigación de la ciencia del diseño o DSRM ante la preocupación de por la ausencia de un protocolo en este tipo de investigaciones.

Los objetivos de la Metodología DSMR (Design Sciences Methodology Research | Metodología de Investigación en Ciencias del Diseño) son:

1. Proporcionar un proceso nominal para la realización de la investigación de DS,
2. Fundamentarse en la literatura previa sobre Ciencias del Diseño y otras disciplinas de referencia,
3. Proporcionar a los investigadores un modelo mental o plantilla para una estructura para los resultados de la investigación.

Desde entonces esta metodología está demostrando que permite mejorar la producción, presentación y evaluación de la investigación en ciencias del diseño

La metodología propuesta consta de una secuencia de seis actividades:

1. Identificación y motivación del problema,
2. Definición de los objetivos de una solución,
3. Diseño y desarrollo de un "Artefacto": Modelo, Método, Construcción de representación o Programa.
4. Demostración
5. Evaluación
6. Comunicación.

De manera que en esta investigación se irán desarrollando los siguiente pasos:

### **Paso 1: Identificación del problema y motivación.**

“El mayor problema al que se enfrentan nuestros pueblos es el envejecimiento y la despoblación”

Es un problema de vital importancia para los pequeños núcleos de población que se enfrentan a su desaparición tras una lenta agonía de pérdida de servicios y calidad de vida.

Las soluciones actuales se topan con la dificultad de convencer a nuevos habitantes de los pueblos ante la falta de servicios y posibilidades de futuro.

Una solución innovadora como la que se propone no sólo sería una actuación puntual sino que si funciona podría configurar el futuro de nuestros pueblos.

### **Paso 2: Definir los objetivos de una solución.**

Creemos que el problema se debe solucionar a través de laboratorios ciudadanos apoyados por Inteligencia artificial.

Las nuevas posibilidades que ofrece la Inteligencia Artificial Generativa nos permiten hacer viables utopías antes imposibles y conseguir que finalmente la tecnología trabaje al servicio de las personas con un desempeño bastante eficaz.

La metodología de Laboratorio Ciudadanos, la teoría de la Economía Rosquilla y el apoyo de la Inteligencia Artificial pueden ayudar a definir el futuro de nuestro pueblos.

### **Paso 3: Crea un artefacto.**

Para lo que se propone construir un modelo, la aplicación de una teoría, métodos o tecnología que permita una planificación espacial óptima y buen gobierno de nuestro pueblos para conseguir un Desarrollo Sostenible económico, social y cultural de los mismos.

**Paso 4: Demostración.**

Para ello se contará con la colaboración de un pequeño pueblo de la provincia de Salamanca para la actualización y renovación de su planeamiento en función de las premisas de esta tesis lo que nos permitiría demostrar que la metodología propuesta funciona resolviendo una o más instancias del problema.

**Paso 5: Evaluación.**

Para ellos se medirán los resultados a través de diversos indicadores socio-económicos y de población. Comparando la situación inicial con la final en función de los objetivos propuestos y los resultados observados.

**Paso 6: Comunicación.**

En este caso concreto se considera fundamental la comunicación bidireccional desde los primeros momentos de la fase práctica puesto que comunicar y presentar el problema, su solución y utilidad mejorará en sí los resultados del mismo.

Comunicar y dar a conocer la novedad y efectividad de la solución adoptada permitirá que se implemente en otros casos adaptándose a las necesidades de cada uno.

## 4. Medios y recursos materiales disponibles

Esta tesis se realiza en el marco del Programa de Doctorado en Formación en la Sociedad del Conocimiento, (<https://knowledgesociety.usal.es/>) vinculado al Instituto de Investigación “Instituto Universitario en Ciencias de la Educación (IUCE)” de la Universidad de Salamanca

Lo más destacable es la filosofía interdisciplinar de este Programa de Doctorado.

Que permite que esta tesis esté bajo el amparo del grupo de investigación reconocido: BISITE (Grupo de investigación en Bioinformática, Sistemas Informáticos Inteligentes y Tecnología Educativa) (<https://bisite.usal.es/es>) gracias al cual se cuentan con los medios y recursos materiales necesarios para llevar a cabo esta investigación.

Equipos de Computación y Software:

Se cuenta con un conjunto de computadoras de alto rendimiento y software especializado en análisis de datos, incluyendo programas para procesamiento estadístico y análisis cualitativo.

Bases de Datos y Bibliotecas Digitales:

Se tiene acceso a diversas bases de datos académicas y bibliotecas digitales que facilitarán la revisión de la literatura y la recopilación de información relevante.

Entorno Educativo:

Se trabajará en colaboración con instituciones educativas interesadas en participar en la implementación piloto del modelo educativo, lo que proporcionará el entorno y los recursos necesarios para llevar a cabo esta fase de la investigación.

Acceso a Expertos

Se cuenta con contactos en el campo de

La Inteligencia Artificial

La Planificación Espacial

El Desarrollo Sostenible

y la Educación

que pueden proporcionar asesoramiento experto y orientación en la investigación.

Redes de Colaboración:

Se establecerán colaboraciones con otras instituciones académicas y organizaciones interesadas en el tema, lo que permitirá el acceso a recursos adicionales y la posibilidad de realizar investigaciones conjuntas.

## 5. Planificación temporal

Se plantea una primera planificación temporal es realista que sirva de referencia que tenga en cuenta el tiempo necesario para realizar cada una de las tareas y para garantizar la calidad de la investigación: Se opta por una estrategia de Difusión y Divulgación continua con el objetivo de ir generando retroalimentación de los agentes implicados oportunos en cada momento.

### **Curso 2023-2024: Planificación y Estudios previos**

En esta fase además de poner al día conocimientos sobre investigación y método científico entre otras cosas. Además se quiere realizar una planificación adecuada de la investigación (Redacción del Plan de Investigación).

### **Curso 2024-2025: Estado de la cuestión:**

Se pretende crear una base sólida para poder argumentar las propuestas que se propondrán sobre la utilidad de la IA en el campo de la Planificación Espacial y otros aspectos de la geoeconomía para el Desarrollo Territorial:

1. Revisión de la Literatura existente (Revisión Sistemática de Mapeo)
2. Identificación de las principales áreas de aplicación de la IA en la Planificación para el Desarrollo Sostenible. (Revisión Sistemática de Alcance).

### **Curso 2025-2026: Fase Teórica de la Tesis**

Se pretende generar un "Artefacto" para la Planificación Espacial con IA para el Desarrollo Sostenible.

Para lo cual se pretende ir realizando contactos con diversos pueblos para la actualización y renovación de su planeamiento en función de las premisas de esta tesis. Han de ser pueblos comprometidos con el Desarrollo Sostenible pero pequeños para poder servir como piloto. Del tamaño y compromiso de "Vallejera" o "Montemayor del Río" con los cuales se ha tenido un contacto previo.

### **Curso 2026-2027: Fase Práctica de la Tesis:**

Para realizar la aplicación de la teoría a la práctica se propone usar la Metodología de Citizen LAB o Laboratorio Ciudadano donde a partir de unas premisas teóricas se desarrolla un experimento controlado para la evaluar si las decisiones tomadas impactan favorablemente y cuanto en la vida real de los habitantes de un pueblo.

Se trata de generar un ecosistema de innovación abierta donde esté integrada también la Inteligencia Artificial para evaluar cómo puede implementarse en la Planificación Espacial de los pequeños pueblos para mejora de su calidad de vida de sus habitantes.

De manera que en el proceso se genere una cierta transferencia de conocimiento bidireccional que permita encontrar la tecnología adecuada en cada caso y nos permita pensar global actuando en local.

El Plan de Publicaciones coincidirá con la finalización de cada una de las fases propuestas, adaptándose para poder presentar los artículos en los congresos que se vayan estimando oportunos. Constará de tres Artículos:

El Primer Artículo es para conseguir una base de conocimiento sólida sobre el estado de la cuestión: "Una Revisión Sistemática sobre Planificación Espacial con Inteligencia Artificial para el Desarrollo Sostenible"

El Segundo artículo desarrolla una teoría propia para la Planificación Espacial con Inteligencia Artificial.

El Tercer Artículo sería el análisis de resultado de la aplicación práctica de dicha teoría en el caso de estudio concreto.

También conviene señalar que siempre que sea posible se utilizará hardware y software abierto para que las soluciones investigadas sean replicables y verificables.



## 6. Plan de Formación Personal

Se Plantea el siguiente plan de Formación Personal:

En materia de Inteligencia Artificial, se plantea realizar algún curso universitario como el de la Universidad Católica de Murcia: “Curso Superior Universitario en IA Generativa” u otro similar que se proponga por los tutores.

En materia de Programación se plantea la puesta al día y actualización de los conocimientos de programación: Eligiendo el lenguaje Python como la base por ser un lenguaje de programación interpretado y orientado a objetos que ha demostrado dar buenos resultados en Inteligencia Artificial (además de ser el usado por QGIS, FreeCAD y Blender para la generación de Scripts).

En Materia de BIM (Building Information Modeling) se está realizando el Curso de Consejo Superior de Arquitectos de España: “CURSO BIM. DEL BOCETO A LA OBRA; DEL ESTUDIO A LA CONTRATACIÓN PÚBLICA”

En materia de Sistemas de Información Geográficas se han realizado diversos cursos a través de la Plataforma Digital de la Universidad de Burgos.

En materia de Idiomas se plantea la actualización y Certificación del nivel de Inglés, para lo cual se ha realizado la matrícula en la Escuela Oficial de Idiomas de Salamanca

Por último, pero no menos importante, está el Plan de Formación Transversal de Doctorado, que se considera fundamental y que regula la formación obligatoria para un doctorado.

El programa de formación transversal se articula en torno a 5 bloques temáticos

Bloque I. Desarrollo de estudios de doctorado

Bloque II. Metodología de la investigación

Bloque III. Gestión documental y bibliográfica

Bloque IV. Comunicación científica oral y escrita

Bloque V. Gestión de la investigación, de la transferencia del conocimiento y de la innovación

y unas competencias mínimas a adquirir de las que destacamos la Capacidad de fomentar la Ciencia Abierta y la Ciencia Ciudadana como modo de contribuir a la consideración del conocimiento científico como un bien común para lo cual se podrán en práctica los conocimientos adquiridos en el Curso “Cómo montar un laboratorio ciudadano y construir redes de colaboración”, organizado por Medialab Prado junto con el Ministerio de Cultura y Deporte.

## 7. Referencias bibliográficas

Albrechts, L. (2004). Planificación estratégica (espacial) reexaminada. Barcelona: Ediciones UPC

Allam, Z., & Dhunny, Z. A. (2019). Sobre big data, inteligencia artificial y ciudades inteligentes. *Teoría y Praxis*, 24(1), 1-17

García-Peñalvo, F. J., & Vázquez-Ingelmo, A. (2023). What do we mean by GenAI? A systematic mapping of the evolution, trends, and techniques involved in Generative AI. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 8(4), 7-16. <https://doi.org/10.9781/ijimai.2023.07.006>

Legg, S., & Hutter, M. (2007). Universal Intelligence: A Definition of Machine Intelligence (arXiv:0712.3329). arXiv. <http://arxiv.org/abs/0712.3329>

Mehmood, R., Yigitcanlar, T., & Corchado, J. M. (Eds.). (2024). Smart Technologies for Sustainable Urban and Regional Development. MDPI. <https://doi.org/10.3390/books978-3-7258-0351-4>

Peppers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A., & Chatterjee, S. (2007). A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. *Journal of Management Information Systems*, 24(3), 45-77. <https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240302>

Raworth, K. (2012). Un espacio seguro y justo para la humanidad: La economía Rosquilla. *Ecological Economics*, 73, 1-12.

Riquelme, S. F. (2018). Lo pequeño puede ser bello. La economía social de E.F. Schumacher.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Folke, C., ... & Nyström, M. (2009). Un espacio operativo seguro para la humanidad. *Nature*, 461(7263), 472-475.

Schumacher, E. F. (1973). Lo pequeño es hermoso. Barcelona: Editorial Plaza y Janés.

Vinuesa, R., Azizpour, H., Leite, I., Balaam, M., Dignum, V., Domisch, S., Felländer, A., Langhans, S. D., Tegmark, M., & Fuso Nerini, F. (2020). The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals. *Nature Communications*, 11(1), 233. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-14108-y>