

INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA RECOSTRUCCIÓN ARQUEOLOGICA DE JARDINES

ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR ARCHAEOLOGICAL GARDEN RECONSTRUCTION

Quiteria Angulo-Ibáñez¹, José David Gordo-Martínez²
Departamento de Construcciones Arquitectónicas / Universitat Politècnica de València¹, Architect ²

INTRODUCCIÓN / INTRODUCTION

Este estudio se centra en los jardines hispanomusulmanes de Al-Ándalus, un legado cultural que combina estética, espiritualidad y sostenibilidad. Inspirados en la visión islámica del paraíso, integraban agua, vegetación y arquitectura para simbolizar paz y armonía. Sin embargo, su deterioro dificulta la conservación. La investigación aplica inteligencia artificial (IA), usando redes generativas antagónicas (GAN), para analizar y reconstruir digitalmente estos jardines. Esto permite optimizar el análisis compositivo y crear modelos detallados basados en datos históricos. El objetivo es desarrollar una metodología replicable que facilite la preservación digital, apoye a la arqueología y el paisajismo, y garantice la conservación del patrimonio andalusí, asegurando su legado para generaciones futuras mediante el uso de tecnologías avanzadas. *This study focuses on the Hispano-Muslim gardens of Al-Andalus, a cultural legacy that combines aesthetics, spirituality, and sustainability. Inspired by the Islamic vision of paradise, they integrated water, vegetation, and architecture to symbolize peace and harmony. However, their deterioration complicates conservation efforts. The research applies artificial intelligence (AI), using generative adversarial networks (GAN), to analyze and digitally reconstruct these gardens. This approach optimizes compositional analysis and generates detailed models based on historical data. The goal is to develop a replicable methodology that facilitates digital preservation, supports archaeology and landscape studies, and ensures the conservation of Andalusian heritage. By leveraging advanced technologies, this approach aims to preserve this cultural legacy for future generations.*

MARCO TEÓRICO/ Estado Actual y Conservación. El deterioro y la falta de documentación de los jardines hispanomusulmanes dificultan su preservación. La IA, mediante redes GAN, permite reconstrucciones fieles e identifica patrones arquitectónicos para conservar dichos jardines.

THEORETICAL FRAMEWORK/ Current State and Conservation. The deterioration and lack of documentation of Hispano-Muslim gardens hinder their preservation. AI, through GAN networks, enables accurate reconstructions and identifies architectural patterns to support the conservation of these gardens.

METODOLOGÍA/ METHODOLOGY

1. Recopilación de Datos/ Data Collection

- 0_Background
- 1_Entry
- 2_Garden_Patio_Limit
- 3_Boundary_Structures
- 4_Interior_ground_space
- 5_Interior_Floor_space_Int-Ext
- 6_Outside_ground_space
- 7_Arid_Floor
- 8_Vegetable_soil
- 9_Low_vegetation
- 10_High_vegetation
- 11_Surface_water
- 12_Deep_water

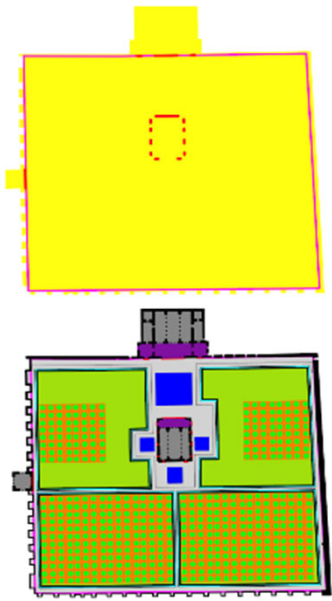


Imagen 3. Diferenciación de elementos asociados por color a capas vectoriales. Traducción plantas de jardines a espacio computacional / Image 3. Differentiation of elements associated by color to vector layers. Translation of garden plants into computational space.

Se reunieron planos, dibujos históricos y estudios arqueológicos de jardines hispanomusulmanes. Los elementos se tradujeron en capas vectoriales según forma y función, organizadas jerárquicamente.

Architectural plans, historical drawings, and archaeological studies of Hispano-Muslim gardens were gathered. Elements were translated into vector layers based on their form and function, organized hierarchically.

2. Desarrollo del Algoritmo / Algorithm Development

Se utilizó IA basada en GAN (pix2pixHD) para reconstrucciones de alta resolución. El entrenamiento progresivo se realizó en Google Colab con datos representativos como Generalife y Madinat al-Zahra. *AI based on GANs (pix2pixHD) was used for high-resolution reconstructions. Progressive training was conducted in Google Colab using representative data, such as the Generalife and Madinat al-Zahra.*

3. Funcionamiento del Modelo/Model Functionality

Pix2pixHD genera imágenes realistas traduciendo diseños iniciales a composiciones finales. Incluye pérdida perceptual para mejorar detalles y fidelidad en las imágenes generadas. *Pix2pixHD generates realistic images by translating initial designs into final compositions. It incorporates perceptual loss to enhance detail and fidelity in the generated images.*

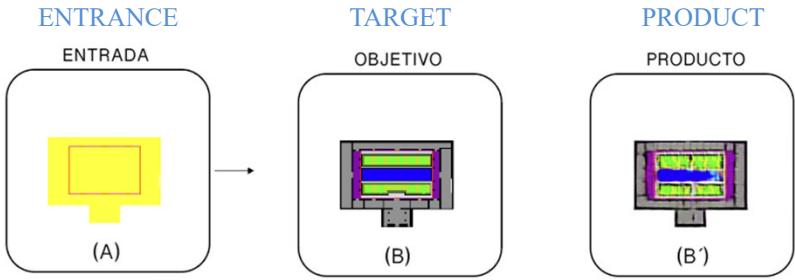


Imagen 4. Esquema funcionamiento básico pix2pix
Image 4. Basic functioning diagram of pix2pix

JARDINES ANALIZADOS / GARDENS ANALYZED

A	B (Hypothesis)	B(Current)	A	B (Hypothesis)	B(Current)	A	B (Hypothesis)	B(Current)	A	B (Hypothesis)	B(Current)
Garden: High Garden Madinat Al-Zahra, Córdoba Period: Umayyad (XII) 953 and 956A			Garden: Lower Garden Madinat Al-Zahra, Córdoba Period: Umayyad (XII) 953 and 956			Garden: Courtyard of the Alberca, Madinat Al-Zahra, Córdoba Period: Umayyad (XII) 953 and 956			Garden: Courtyard of the House near the Mosque, Madinat Al-Zahra, Córdoba Period: Umayyad (XII) 953 and 956		
Jardín: Jardín Alto Madinat Al-Zahra, Córdoba Period: Omeya (XII) 953 y 956			Jardín: Jardín Bajo Madinat Al-Zahra, Córdoba Period: Omeya (XII) 953 y 956			Jardín: Patio de la alberca, Madinat Al-Zahra, Córdoba Period: Omeya (XII) 953 y 956			Jardín: Patio de la Casa cercana a Mezquita, Madinat Al-Zahra, Córdoba Period: Omeya (XII) 953 y 956		
Jardín: Patio de la Casa de la Aljifra de Zaragoza Period: Omeya (XII) 956 y 956			Jardín: Patio de la Casa de Contratación, Alcazar islámico de Sevilla. Period: Omeya (XII)			Jardín: Patio del Cuarto del Alcazar, Alcazar islámico de Sevilla. Period: Califal (XIII)			Jardín: Patio de la Casa de Contratación, Alcazar islámico de Sevilla. Period: Califal (XIII)		
Jardín: Jardín: Jardín de las Banderas, Islamic Alcazar of Seville Period: Umayyad (XII)			Jardín: Jardín: Courtyard of the plaster, Islamic Alcazar of Seville Period: Califal (XII)			Jardín: Jardín: Courtyard of the Warden's Quarters, Islamic Alcazar of Seville Period: Califal (XII)			Jardín: Jardín: Courtyard of the contracting house, Islamic Alcazar of Seville Period: Califal (XII)		
Jardín: Jardín: Courtyard of the Islamic Alcazar of Córdoba Period: Califal (XII)											

Imagen 2. Restos Medina Azahara
Image 2. Remains of Medina Azahara

4. Aplicación y Análisis/Application and Analysis

Se utilizaron imágenes de jardines representativos: *Images of representative gardens were used:*

- (A) Representando el espacio antes de la intervención.
- (B) Reflejando el diseño final con su esquema compositivo.
- (C) Representing the space before intervention.
- (D) Reflecting the final design with its compositional layout.

Jardín asociado a arquitectura ligera / Garden associated with light architecture	Patio-jardín o de eje único Patio-garden or single-axis
Jardín amplio con pabellones, alberca central y zonas ajardinadas asimétricas / Large garden with pavilions, central pool and asymmetrical landscaped areas / Elementos: Torre o qubba, canales, árboles en cuadrícula, arquitectura ligera y palatina / Elements: Tower or qubba, canals, gridded trees, light and palatial architecture.	Adaptación simétrica del tipo anterior, a menor escala, con eje central bien definido / Symmetrical adaptation of the previous type, on a smaller scale, with a well-defined central axis / Alberca desplazada al salón principal, andenes laterales y zonas ajardinadas reticuladas / Swimming pool moved to the main hall, side walkways and reticulated landscaped areas.

Imagen 7. Esquemas compositivos de plantas tipos
Image 7. Compositional schemes of type plants

CONCLUSIONES / CONCLUSIONS

Esta investigación desarrolló una metodología innovadora basada en inteligencia artificial (IA) generativa para la preservación y digitalización de jardines hispanomusulmanes, logrando reconstrucciones virtuales de alta precisión que reflejan fielmente su composición histórica. Se destacó la capacidad del algoritmo para reproducir patrones visuales y estructurales característicos, incluyendo simetría, disposición de elementos y diseño de canales de agua, validando su eficacia mediante análisis comparativos con ejemplos históricos, especialmente en estilos como el nazarí.

El enfoque propuesto, adaptable a otros jardines históricos, complementa el trabajo de arquitectos y arqueólogos al ofrecer una herramienta no invasiva para identificar restos y reconstruir espacios, descubriendo relaciones compositivas que el análisis humano podría pasar por alto. Esta integración de tecnología avanzada con un profundo entendimiento cultural establece una nueva ruta en la conservación patrimonial, garantizando la preservación y el estudio de los jardines hispanomusulmanes para futuras generaciones.

This research developed an innovative methodology based on generative artificial intelligence (AI) for the preservation and digitization of Hispano-Muslim gardens, achieving highly accurate virtual reconstructions that faithfully reflect their historical composition. The algorithm demonstrated the ability to reproduce characteristic visual and structural patterns, including symmetry, element arrangement, and water channel designs, validated through comparative analyses with historical examples, particularly in styles such as Nasrid.

The proposed approach, adaptable to other historic gardens, complements the work of architects and archaeologists by providing a non-invasive tool to identify remains and reconstruct spaces, uncovering compositional relationships that human analysis might overlook. This integration of advanced technology with a deep cultural understanding establishes a new path in heritage conservation, ensuring the preservation and study of Hispano-Muslim gardens for future generations.

ENTRENAMIENTO Y EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS / TRAINING, AND RESULTS EVALUATION

Se establecieron tipologías de diseño basadas en elementos clave permitiendo al algoritmo replicar características estructurales como la simetría y el uso del espacio. Tras el entrenamiento, se evaluó el modelo mediante procesamiento de imágenes, verificación de resultados y garantizando precisión y calidad en las reconstrucciones. Estas imágenes en alta definición facilitan el estudio de los jardines, abriendo nuevas perspectivas para su análisis y conservación. *Design typologies were established based on key elements, allowing the algorithm to replicate structural features such as symmetry and spatial organization. After training, the model was evaluated through image processing and results verification, ensuring accuracy and quality in the reconstructions. These high-definition images enhance the study of the gardens, opening new perspectives for their analysis and conservation.*

Prueba 1 / Test 1	Prueba 2 / Test 2	Prueba 3 / Test 3

Imagen 8. Caso hipotético generado por la IA. Elaboración propia
Image 8. Hypothetical case generated by AI. Own elaboration