



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

Visión espacial y dibujo de arquitectura

Trabajo Fin de Grado

Grado en Fundamentos de la Arquitectura

AUTOR/A: Torres Moliner, Ana

Tutor/a: Iñarra Abad, Susana

Cotutor/a: Martín Fuentes, Daniel Vicente

CURSO ACADÉMICO: 2024/2025

# VISIÓN ESPACIAL Y DIBUJO DE ARQUITECTURA



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
Escuela Técnica Superior de Arquitectura  
TRABAJO FINAL DE GRADO  
Grado en Fundamentos de la Arquitectura

AUTORA: Torres Moliner, Ana  
TUTORA: Iñarra Abad, Susana  
COTUTOR: Martín Fuentes, Daniel

CURSO ACADÉMICO  
2024/2025

# ÍNDICE

1. **RESUMEN**
2. **INTRODUCCIÓN**
3. **OBJETIVOS E HIPÓTESIS**
  - 3.1. CONTEXTO ACTUAL
    - 3.1.1. CARENCIAS EN ESTUDIANTES
    - 3.1.2. CAUSAS POSIBLES
    - 3.1.3. SOLUCIONES
  - 3.2. HIPÓTESIS
  - 3.3. OBJETIVOS
4. **MARCO TEÓRICO**
  - 4.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
    - 4.1.1. VISIÓN ESPACIAL
    - 4.1.2. IMPORTANCIA Y RELEVANCIA
    - 4.1.3. EVIDENCIA EMPÍRICA
    - 4.1.4. PROBLEMÁTICA Y POSIBLES SOLUCIONES
  - 4.2. TEST Y ESTÍMULOS
    - 4.2.1. TEST
    - 4.2.2. ESTÍMULOS
  - 4.3. ESTUDIOS PREVIOS
5. **METODOLOGÍA**
  - 5.1. DISEÑO DEL ESTUDIO
  - 5.2. DESCRIPCIÓN DEL TEST
  - 5.3. DESCRIPCIÓN DEL ESTÍMULO
6. **DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO**
  - 6.1. PROCEDIMIENTO
  - 6.2. TEST
  - 6.3. ESTÍMULO
7. **DESARROLLO DEL EXPERIMENTO**
  - 7.1. RESULTADOS
  - 7.2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS
    - 7.2.1. NIVEL INICIAL
    - 7.2.2. AUMENTO DE NIVEL
      - 7.2.2.1. MEJORAS SIN CONTAR SKETCHUP
      - 7.2.2.2. MEJORAS CONTANDO SKETCHUP
    - 7.2.3. NIVEL FINAL
      - 7.2.3.1. NOTAS FINALES
      - 7.2.3.2. MEJORES NOTAS
    - 7.2.4. CORRELACIONES
      - 7.2.4.1. TEST INICIAL CON NOTA ASIGNATURAS
      - 7.2.4.2. TEST FINAL CON NOTA ASIGNATURAS
      - 7.2.4.3. MRT CON DAT-SR
      - 7.2.4.4. SKETCHUP CON NOTA ASIGNATURAS
8. **CONCLUSIÓN**
  - 8.1. CONCLUSIONES
  - 8.2. PROPUESTA TEST ARQUITECTÓNICO
  - 8.3. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE
9. **BIBLIOGRAFÍA**

# 1. RESUMEN

## RESUMEN

La visión espacial es una capacidad fundamental para el aprendizaje y desarrollo de un estudiante de arquitectura, ya que le permite interpretar y representar formas tridimensionales, comprender la relación entre los distintos elementos arquitectónicos y plasmar ideas en dibujos precisos. Sin embargo, no todos los alumnos poseen el mismo nivel de desarrollo en esta habilidad al ingresar en la universidad, lo que plantea el reto de encontrar estrategias didácticas efectivas para potenciarla desde el inicio de su formación académica.

Este Trabajo Final de Grado (TFG) tiene como objetivo analizar de qué manera se puede mejorar la capacidad de visión espacial en los estudiantes de primer curso de arquitectura a través de metodologías específicas de enseñanza, ver si esos métodos realmente funcionan, y encontrar nuevas maneras más enfocadas a la arquitectura de evaluar esta capacidad. Para ello, se estudiará un experimento llevado a cabo con alumnos de primer año, en el que se compararon dos enfoques distintos de enseñanza: uno basado en una metodología tradicional y otro que incorporaba el uso del programa "SketchUp" diseñado para fortalecer la percepción y representación espacial.

El análisis de este estudio permitirá extraer conclusiones sobre la efectividad del programa, así como proporcionar recomendaciones para su posible aplicación en la docencia de la arquitectura.

## ABSTRACT

Spatial vision is a fundamental ability for the learning and development of an architecture student, as it allows them to interpret and represent three-dimensional forms, understand the relationship between different architectural elements, and capture ideas in precise drawings. However, not all students have the same level of development in this skill upon entering university, which poses the challenge of finding effective teaching strategies to enhance it from the beginning of their academic training.

This Final Degree Project (FDP) aims to analyze how the spatial vision capacity of first-year architecture students can be improved through specific teaching methodologies, to determine whether these methods actually work, and to find new, more architecturally focused ways of assessing this ability. To this end, we will study an experiment conducted with first-year students, comparing two different teaching approaches: one based on a traditional methodology and another that incorporated the use of the "SketchUp" program designed to strengthen spatial perception and representation. The analysis of this study will allow us to draw conclusions about the program's effectiveness, as well as provide recommendations for its possible application in architecture teaching.

## RESUM

La visió espacial és una capacitat fonamental per a l'aprenentatge i el desenvolupament d'un estudiant d'arquitectura, ja que permet interpretar i representar formes tridimensionals, comprendre la relació entre els diferents elements arquitectònics i plasmar idees en dibuixos precisos. No obstant això, no tots els alumnes tenen el mateix nivell de desenvolupament en aquesta habilitat en ingressar a la universitat, cosa que planteja el repte de trobar estratègies didàctiques efectives per potenciar-la des de l'inici de la formació acadèmica.

Aquest Treball Final de Grau (TFG) té com a objectiu analitzar com es pot millorar la capacitat de visió espacial en els estudiants de primer curs d'arquitectura a través de metodologies específiques d'ensenyament, veure si aquests mètodes realment funcionen, i trobar noves maneres més enfocades a l'arquitectura d'avaluar aquesta capacitat. Per això, s'estudiarà un experiment dut a terme amb alumnes de primer any, en què es van comparar dos enfocaments diferents d'ensenyament: un basat en una metodologia tradicional i un altre que incorporava l'ús del programa "SketchUp" dissenyat per enfortir la percepció i la representació espacial.

L'anàlisi d'aquest estudi permetrà extreure conclusions sobre l'efectivitat del programa, així com proporcionar recomanacions per a la seva possible aplicació a la docència de l'arquitectura.

## 2. INTRODUCCIÓN

Los seres humanos tenemos en mayor o menor medida varios tipos de inteligencia las cuáles son capacidades cognitivas diversas que nos permiten resolver problemas, adaptarnos al entorno, crear productos y desarrollarnos en diferentes contextos. El concepto de distintos tipos de inteligencia proviene fundamentalmente de la "Teoría de las inteligencias múltiples", desarrollada por Howard Gardner en 1983.

Howard Gardner propuso dicha teoría después de realizar estudios detallados sobre habilidades cognitivas en personas con daño cerebral, talentos y habilidades específicas. Gardner observó que la inteligencia no es un factor único, sino que existen diferentes habilidades cognitivas independientes entre sí. En concreto identificó siete inteligencias (1983), y posteriormente agregó una octava y novena inteligencia: lingüística, lógico-matemática, espacial, cinético-corporal, musical, interpersonal, intrapersonal, naturalista (agregada en 1995) y existencial o espiritual (propuesta posteriormente, aunque menos aceptada universalmente). Estas inteligencias no son excluyentes, las personas suelen poseer una combinación particular y única de varias de ellas, permitiéndoles aprender y desempeñarse en distintos contextos. Esta visión integradora promueve un entendimiento más amplio y flexible del potencial humano, considerando que todas las personas poseen diversas inteligencias, aunque algunas puedan destacar más que otras.

A lo largo de este trabajo la atención se centrará particularmente en la inteligencia espacial, que se define como la habilidad para percibir y manipular imágenes mentales, espacios, formas y dimensiones; una capacidad útil y beneficiosa para ciertos profesionales, tales como arquitectos, diseñadores, escultores, pilotos o cartógrafos.

Aprender y perfeccionar esta habilidad es esencial, sobre todo para profesiones como la del arquitecto, pues en ésta reside una gran importancia ya que lleva intrínseca una relación directa con los resultados finales de sus obras. Como dijo Smith: "La habilidad espacial es un predictor fiable del éxito en profesiones técnicas, especialmente aquellas relacionadas con la arquitectura, donde la manipulación mental de formas y estructuras es una necesidad constante"

A lo largo de este trabajo se irán comentando y analizando las principales conclusiones que se han obtenido a partir de la evidencia empírica recopilada en diferentes estudios e investigaciones relacionados con el desarrollo de la visión espacial. Se prestará especial atención a cómo esta capacidad influye directamente en la mejora del dibujo arquitectónico de los estudiantes y, a su vez, en la obtención de mejores resultados académicos. El propósito es mostrar de manera clara que trabajar y potenciar la visión espacial desde las primeras etapas de la formación en arquitectura no sólo favorece el proceso de aprendizaje del dibujo técnico y artístico, sino que también tiene un impacto positivo en el rendimiento global del alumnado. A partir de la revisión de las investigaciones previas y del estudio concreto que aquí se presenta, se buscará ofrecer una visión completa sobre la importancia de fortalecer esta competencia dentro del ámbito universitario.

Este tema resulta de gran interés para su estudio y análisis en la actualidad, ya que existen datos recientes que confirman un descenso progresivo en el nivel de

conocimientos y habilidades de los estudiantes que acceden por primera vez al Grado en Fundamentos de la Arquitectura. Esta situación ha despertado la preocupación tanto del ámbito académico como del profesional, ya que el nivel de preparación inicial de los alumnos influye directamente en su evolución durante la carrera. Además, este fenómeno plantea nuevos retos para la docencia, obligando a repensar las metodologías de enseñanza y a buscar estrategias que refuercen estas aptitudes necesarias como la visión espacial, el dibujo y la interpretación, fundamentales para el correcto desempeño en los estudios de arquitectura. El análisis de esta problemática es, por tanto, imprescindible para entender mejor las necesidades actuales del alumnado y proponer mejoras efectivas en los programas de formación.

Precisamente, con el objetivo de tratar esta problemática, se ha propuesto la realización de un experimento con el que se pretende estudiar, analizar y confirmar si el uso de un programa informático ayuda al buen desarrollo del alumnado y a esta capacidad de visión espacial, así como mejorar la propia habilidad y encontrar nuevas maneras de medir estas aptitudes más enfocadas al ámbito de la arquitectura, con el fin de adaptar las pruebas de forma óptima según el contexto.

La manera en la que se llevará a cabo este estudio es mediante la realización de un test a principio y a final de curso, o lo que es lo mismo, antes y después de recibir el estímulo que teóricamente es beneficioso para la mejora de la habilidad que está siendo analizada y examinada.

Una vez realizado el experimento, el objetivo es hallar la máxima información posible que se pueda conseguir con los datos obtenidos e interpretarlos correctamente, con el fin de mejorar los planes de estudio, las estrategias de mejora o las herramientas didácticas que se usen en la docencia, y así, conseguir que el alumnado saque su mejor versión y desarrolle todo su potencial.

## 3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

### 3.1. CONTEXTO ACTUAL

---

#### 3.1.1. CARENCIAS EN ESTUDIANTES

---

Como señalan las Jornadas (VIII) sobre Innovación Docente en Arquitectura (JIDA'20) en el artículo "Aptitudes de juicio estético y visión espacial en alumnos de arquitectura", durante los últimos años, se ha observado de manera progresiva que el nivel de preparación de los estudiantes que ingresan por primera vez al Grado en Fundamentos de la Arquitectura no es igual al que se registraba en promociones anteriores. Esta tendencia indica que, de forma gradual pero constante, se ha producido un descenso en el nivel con el que los alumnos inician sus estudios universitarios en esta disciplina.

Dicho fenómeno ha despertado la preocupación entre el profesorado y las autoridades académicas, quienes consideran necesario analizar las causas de esta disminución y proponer medidas para revertirla, con el objetivo de garantizar una formación de calidad desde el primer curso.

#### 3.1.2. CAUSAS POSIBLES

---

Existen diversas hipótesis que intentan explicar este fenómeno, cuya causa exacta aún se desconoce y continúa siendo motivo de análisis y debate en el ámbito académico, pues varios autores, ante este descenso, reflejan que las razones de este fenómeno no están claras. Navarro, Saorín y Contero (2004) indican que la heterogeneidad en el nivel inicial de los alumnos dificulta la intervención educativa efectiva, así como Achachagua y Tarazona Romero (2023) afirman que el descenso en la competencia espacial al ingreso justifica la necesidad de nuevos enfoques didácticos.

Entre las posibles razones que se han planteado, según las Jornadas (VIII) sobre Innovación Docente en Arquitectura (JIDA'20) en el artículo "Aptitudes de juicio estético y visión espacial en alumnos de arquitectura" se encuentra la disminución en la demanda de estos estudios universitarios, posiblemente como consecuencia de la crisis económica que ha afectado las expectativas laborales de los jóvenes. Asimismo, otra línea de interpretación sugiere que los cambios introducidos en los programas y contenidos de las asignaturas podrían haber influido en la preparación previa de los estudiantes.

A pesar de que no se ha podido determinar con certeza cuál de estos factores, o combinación de varios, es la principal causa, los hechos evidencian de manera clara y contundente que esta tendencia de descenso en el nivel de ingreso es una realidad que no puede ser ignorada.

#### 3.1.3. SOLUCIONES

---

Con el objetivo de beneficiar a toda la comunidad educativa, se busca de manera activa cambiar y mejorar esta situación preocupante que afecta al nivel de los estudiantes de nuevo ingreso. Es precisamente por esta razón que diferentes partes implicados (desde el profesorado hasta los responsables académicos) están

trabajando de forma coordinada en la identificación y puesta en marcha de estrategias eficaces.

Entre las posibles soluciones que se están considerando se encuentran la implementación de cursos y talleres específicos, diseñados para motivar al alumnado y reforzar sus competencias básicas antes y durante los primeros cursos. Asimismo, se contemplan intensificaciones y programas de apoyo que permitan combatir las desigualdades formativas detectadas en los estudiantes al inicio de sus estudios universitarios. Otra medida que se estudia es la adaptación y actualización del plan de estudios, de modo que éste responda mejor al nuevo contexto educativo y a las necesidades reales de los futuros arquitectos.

Todas estas acciones buscan, en conjunto, garantizar una mejora sustancial en la calidad de la formación y en la equidad de oportunidades para todos los estudiantes.

## 3.2. HIPÓTESIS

---

Para el desarrollo de este trabajo de investigación, se ha planteado como punto de partida la hipótesis de que el uso del programa informático SketchUp constituye una herramienta eficaz para la mejora de la visión espacial en los estudiantes.

Partiendo de esta premisa, y con el objetivo de analizar en profundidad y determinar cuáles son las herramientas que realmente contribuyen a potenciar las habilidades espaciales del alumnado, se diseñó un experimento específico. En dicho experimento, se seleccionó una muestra de estudiantes de primer curso del Grado en Fundamentos de la Arquitectura, quienes participaron activamente en una asignatura en la que se haría uso de SketchUp durante su desarrollo.

Esta metodología pretendía ofrecer un entorno de aprendizaje práctico, en el que los estudiantes pudieran desarrollar su inteligencia espacial, una competencia fundamental en el ámbito de la arquitectura. La elección de SketchUp como herramienta principal se fundamentó sobre todo en que los alumnos de nuevo ingreso se familiarizarían rápidamente con el software ya que es muy intuitivo por lo que también relativamente sencillo, además de que la propia empresa facilitó el acceso y el uso del programa, lo cual ayudó bastante para agilizar el proceso, todo esto sin mencionar su reconocido potencial para facilitar la representación y comprensión de formas tridimensionales, lo cual resulta importante en la formación de futuros profesionales del diseño arquitectónico.

## 3.3. OBJETIVOS

---

Como se ha mencionado anteriormente, el presente Trabajo Final de Grado (TFG) tiene como principal objetivo el estudio y análisis del concepto de visión espacial, así como su relación directa con el desarrollo de diversas aptitudes fundamentales para afrontar con éxito las exigencias académicas del Grado en Fundamentos de la Arquitectura. El desarrollo de esta competencia resulta esencial, dado que la arquitectura requiere de una sólida capacidad para visualizar, interpretar y manipular mentalmente objetos y espacios.

En este sentido, mediante el análisis de los resultados obtenidos en el experimento diseñado, será posible evaluar si la realización del curso específico de SketchUp ha supuesto una mejora significativa en la visión espacial de los estudiantes que han participado. Esta investigación no solo permitirá valorar la eficacia de esta herramienta en particular, sino que también servirá como base para identificar y seleccionar aquellas herramientas y recursos didácticos que contribuyan de manera efectiva al fortalecimiento de esta habilidad tan crucial para la formación de futuros arquitectos.

Todo ello se enmarca dentro de un objetivo común más amplio: mejorar tanto el nivel de la competencia como los resultados académicos del alumnado, asegurando una formación más sólida y adaptada a las necesidades reales del entorno profesional.

Además, los hallazgos de este trabajo podrían convertirse en una fuente de inspiración para el diseño de nuevas metodologías de evaluación para medir la visión espacial en el ámbito arquitectónico, ya que actualmente la mayoría de los test disponibles están más orientados hacia las necesidades de las ingenierías y no recogen plenamente las particularidades y demandas específicas de la arquitectura.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 4.1.1. VISIÓN ESPACIAL

Según la perspectiva con la que se mire el concepto de inteligencia, puede interpretarse de una manera u otra, pues es bien sabido que existen varios tipos de inteligencia los cuales son independientes entre sí. Centrando la atención en una de ellas, podemos hablar de la inteligencia espacial, que se encarga de percibir y transformar formas en el espacio tridimensional. Dicha inteligencia es lo que se conoce como capacidad espacial.

Esta capacidad comprende tres conceptos interrelacionados: aptitud, habilidad y destreza.

En primer lugar, la aptitud espacial hace referencia al potencial con la que cada individuo nace, un talento natural que existe antes de cualquier forma de aprendizaje o intervención educativa. Esta aptitud puede considerarse como una predisposición genética que, en su estado inicial, aún no ha sido moldeada ni desarrollada por la experiencia.

En segundo lugar, se encuentra la habilidad espacial, que se construye, a partir de la aptitud innata, mediante procesos de aprendizaje y práctica. La habilidad implica, por tanto, un nivel de desarrollo más avanzado, fruto de la educación y el entrenamiento, que permite aplicar la capacidad espacial en tareas específicas cada vez de forma más efectiva.

Finalmente, el tercer término, destreza, se refiere a poner en práctica la habilidad a través del movimiento, es decir, la realización de acciones coordinadas que requieren controlar bien el espacio. La destreza combina la percepción espacial con la acción física, permitiendo realizar actividades como dibujar proyecciones, construir modelos o manipular objetos en el espacio.

Diversos estudios han demostrado que la capacidad espacial puede ser entrenada y mejorada mediante técnicas específicas, el uso de herramientas digitales y estrategias de enseñanza. Por ello, resulta imprescindible integrar estímulos adecuados y estrategias bien diseñadas para fomentar el desarrollo de esta competencia desde los primeros cursos universitarios.

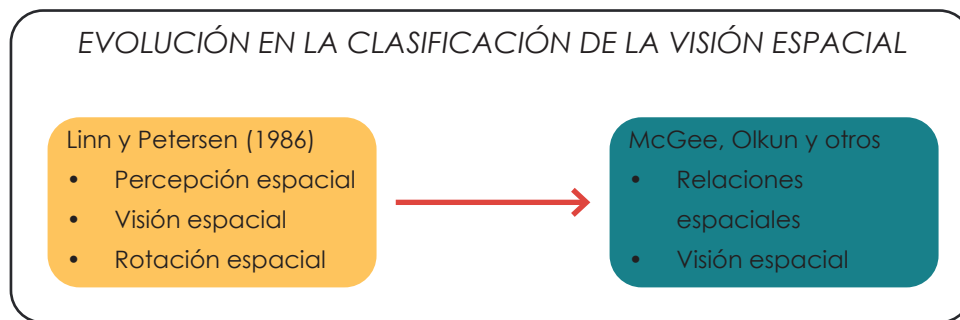
A lo largo del tiempo, el conocimiento sobre las capacidades espaciales ha evolucionado y se ha perfeccionado progresivamente a medida que nuevos hallazgos y estudios han ampliado la información para la comprensión de este ámbito. Como resultado, han surgido diversas perspectivas que proponen diferentes formas de clasificar la visión espacial, así como múltiples pruebas estandarizadas que permiten obtener mediciones cuantitativas de esta habilidad.

Una de las clasificaciones más importantes de la visión espacial fue propuesta por Linn y Petersen entre 1974 y 1982, tras realizar un meta-análisis de los principales test existentes. Su trabajo estableció tres categorías:

- Percepción espacial: capacidad para reconocer relaciones espaciales correctas, incluso ante información que puede distraer.
- Visión espacial: habilidad para manipular mentalmente información visual compleja en varias etapas.
- Rotación espacial: capacidad de girar mentalmente figuras en dos o tres dimensiones de forma rápida y precisa.

Posteriormente, otros investigadores como McGee (1979), Burnett y Lane (1980), Pellegrino, Alderton y Shute (1984), Clements y Battista (1992) y Olkun (2003), simplificaron esta clasificación en dos grandes categorías:

- Relaciones espaciales: engloban la percepción y la rotación, y se refieren a la capacidad de rotar y comparar figuras 2D y 3D.
- Visión espacial: se centra en la habilidad para percibir y construir mentalmente objetos tridimensionales a partir del plegado o desplegado de sus caras.



La visión espacial es una habilidad cognitiva fundamental para disciplinas como la arquitectura, la ingeniería y el diseño industrial, donde es necesario interpretar, manipular y crear en tres dimensiones. Según la teoría de las inteligencias múltiples de Howard Gardner, la inteligencia espacial constituye una de las capacidades esenciales del ser humano, junto a otras como la inteligencia lógico-matemática o la lingüística. El desarrollo de la visión espacial no sólo contribuye al rendimiento académico en áreas técnicas, sino también al fortalecimiento del pensamiento crítico y creativo.

#### 4.1.2. IMPORTANCIA Y RELEVANCIA

"En arquitectura e ingeniería, el pensamiento visual y espacial no es simplemente un apoyo del pensamiento lógico, sino una forma esencial de razonamiento en sí misma." Ferguson (1992)

La visión espacial es una capacidad cognitiva fundamental porque permite a las personas interpretar, manipular y transformar objetos mentalmente en el espacio tridimensional. Esta habilidad es esencial para comprender relaciones espaciales, entender los objetos tridimensionalmente y desarrollar representaciones mentales. Diversas investigaciones (Sorby, 2009; Linn & Petersen, 1985) han demostrado que la visión espacial está estrechamente ligada al rendimiento académico y profesional en campos científicos, técnicos y artísticos.

La importancia de la visión espacial se extiende a tareas tan diversas como:

- Resolver problemas matemáticos y de geometría.
- Comprender mapas, gráficos y diagramas técnicos.
- Realizar cirugías, pilotar vehículos o diseñar espacios.

En arquitectura, la visión espacial adquiere un rol central e irremplazable. Los arquitectos deben:

- Visualizar mentalmente espacios tridimensionales a partir de planos en dos dimensiones.
- Anticipar la relación entre formas, volúmenes y proporciones antes de construir.
- Transformar ideas abstractas en estructuras físicas reales, considerando factores como perspectiva, escala, funcionalidad y estética.
- Rotar mentalmente estructuras, imaginar cortes o secciones y adaptar los espacios a necesidades específicas del usuario.

El proceso creativo en arquitectura depende en gran medida de la capacidad de imaginar y optimizar espacios de manera mental antes de plasmarlo en modelos físicos o digitales. La falta de una visión espacial desarrollada puede limitar gravemente la capacidad del arquitecto para proyectar soluciones innovadoras y funcionales. Como afirman Martin-Dorta, Saorín y Contero (2008), una buena visión espacial permite a los estudiantes de arquitectura mejorar su desempeño tanto en actividades de representación gráfica como en el diseño conceptual de espacios complejos.

El desarrollo de la visión espacial constituye un elemento esencial para el éxito académico y profesional en ámbitos técnicos y creativos. Promover la visión espacial no sólo mejora el rendimiento en asignaturas específicas, sino que también fortalece competencias transversales como la creatividad y la resolución de problemas, consolidando así una formación integral de los futuros profesionales. Como señala Sorby (2009), la mejora de la visión espacial es fundamental para el éxito académico en disciplinas técnicas como la ingeniería y la arquitectura.

### 4.1.3. EVIDENCIA EMPÍRICA

---

“El entrenamiento específico en habilidades espaciales mejora significativamente el desempeño de los estudiantes en disciplinas técnicas como la arquitectura, donde el pensamiento tridimensional es fundamental.” (Sorby, 2009).

Existe evidencia clara de que mejorar la visión espacial ayuda de forma directa al éxito académico en arquitectura. Esto se ha comprobado tanto mediante pruebas estandarizadas como el Mental Rotation Test (MRT) y el Differential Aptitude Test - Spatial Relations (DAT-SR), como a través del rendimiento en proyectos y cursos. Además, programas de entrenamiento espacial aplicados en universidades como Michigan Tech, Purdue y La Laguna han demostrado que trabajar estas habilidades produce mejoras significativas en el desempeño de los estudiantes. Hoy en día, el pensamiento espacial se considera una competencia esencial en la educación de

arquitectos, y no sólo un complemento opcional. Desarrollarlo es clave para analizar y diseñar en el espacio tridimensional de forma eficaz.

Diversas investigaciones han aportado evidencia sólida sobre la importancia de la visión espacial en el rendimiento académico y profesional, especialmente en arquitectura y disciplinas técnicas.

En primer lugar, Sorby (2009) demostró que los estudiantes de ingeniería y arquitectura que poseen mejores habilidades espaciales alcanzan un mayor éxito académico. Mediante programas de entrenamiento específicos en visión espacial, se logró una mejora significativa en asignaturas como dibujo técnico, CAD y diseño de proyectos, mostrando una relación directa entre el desarrollo de la visión espacial y el rendimiento académico.

Por otro lado, Smith (1964), en su obra *Spatial Ability: Its Educational and Social Significance*, destacó que la visión espacial predice de manera consistente el éxito en disciplinas técnicas como arquitectura y diseño industrial. Su estudio encontró una fuerte correlación entre una alta capacidad espacial y el logro académico y profesional en estos campos.

De forma complementaria, Martin-Dorta, Saorín y Contero (2008) comprobaron que la participación en cursos intensivos de desarrollo de habilidades espaciales mejora el rendimiento de alumnos de primer año en arquitectura e ingeniería. Utilizando herramientas como SketchUp, observaron que los estudiantes que mejoraban en los test de habilidades espaciales (MRT y DAT-SR) también obtenían mejores calificaciones en sus asignaturas técnicas.

El metaanálisis realizado por Linn y Petersen (1985-1986) confirmó que las habilidades espaciales, incluyendo la visión espacial, desempeñan un papel central en el aprendizaje de disciplinas que requieren pensamiento tridimensional, como la arquitectura. Su estudio halló una notable relación empírica entre un buen desempeño espacial y la resolución de tareas de diseño.

Finalmente, Ferguson (1992), en su obra *Engineering and the Mind's Eye*, subrayó que el pensamiento visual (donde se incluye la visión espacial) es esencial para ingenieros y arquitectos. Según Ferguson, la capacidad de imaginar y manipular mentalmente formas y estructuras resulta crítica para la resolución efectiva de problemas de diseño.

#### 4.1.4. PROBLEMÁTICA Y POSIBLES SOLUCIONES

---

La mejora de la visión espacial se ve obstaculizada hoy en día por la desigualdad de capacidades iniciales, la falta de formación específica, las metodologías limitadas y los problemas de motivación. Para superarlo, es necesario integrar explícitamente el entrenamiento espacial en la enseñanza técnica y adoptar metodologías adaptativas que respondan a las necesidades de los estudiantes.

Actualmente, existen diversos factores que dificultan el desarrollo eficaz de la visión espacial en el ámbito académico y técnico.

En primer lugar, destacan las desigualdades de partida entre los estudiantes. Muchos

alumnos acceden a estudios técnicos como arquitectura o ingeniería con niveles muy diversos de habilidad espacial, condicionados por su formación previa, su género, sus intereses o sus experiencias personales (como el uso de videojuegos, la construcción con bloques, entre otros). Esta heterogeneidad genera brechas que afectan al ritmo de aprendizaje y que resultan difíciles de compensar en un solo curso académico.

En segundo lugar, existe una falta de formación específica en visión espacial. Aunque esta capacidad es fundamental, los planes de estudio suelen asumir que se desarrollará de manera implícita a través de asignaturas como Dibujo Técnico, Geometría o Expresión Gráfica, sin contemplar módulos dedicados explícitamente a su entrenamiento.

A esto se suman las dificultades metodológicas para su enseñanza. Actualmente, no hay un consenso claro sobre las mejores estrategias: existen enfoques tradicionales con papel y lápiz, propuestas basadas en software 3D como SketchUp o AutoCAD, y otros que incorporan realidad virtual o aumentada. Sin embargo, no todas las técnicas funcionan igual para todos los perfiles de estudiantes, y los resultados son variables.

Otro problema es la falta de motivación y la percepción errónea sobre la importancia de la visión espacial. Algunos estudiantes tienden a pensar que esta habilidad es útil sólo para dibujar, sin reconocer su importante rol en el diseño y la resolución de problemas espaciales complejos. Además, la falta de avances rápidos puede generar frustración, ya que el desarrollo de esta competencia requiere mucho tiempo de práctica constante.

También persisten diferencias de género. Según estudios como los de Sorby y Linn & Petersen, en promedio, los hombres tienden a obtener mejores resultados iniciales en tareas de rotación mental. Esto puede desmotivar a mujeres estudiantes si no se implementan estrategias específicas de refuerzo o programas de nivelación, aumentando así el riesgo de abandono en carreras técnicas.

Se debe también tener en cuenta las limitaciones tecnológicas y el acceso desigual a herramientas. Aunque hoy existen múltiples plataformas de modelado tridimensional (como SketchUp, Fusion 360 o SolidWorks), no todos los centros educativos disponen de los recursos tecnológicos actualizados ni de personal docente suficientemente formado en su uso, lo que restringe las oportunidades de entrenamiento práctico.

Finalmente, se identifica una dificultad para medir adecuadamente los avances en visión espacial. Las pruebas tradicionales, como el MRT o el DAT-SR, no siempre capturan todos los matices del progreso, especialmente cuando los estudiantes evolucionan en tareas más complejas, como la interpretación de proyectos arquitectónicos reales.

El aprendizaje y la mejora de la visión espacial en el ámbito académico actual presentan diversos desafíos que, si no se abordan adecuadamente, pueden afectar el rendimiento de los estudiantes en disciplinas técnicas como la arquitectura. Factores como las desigualdades de partida, la escasa formación específica, las dificultades metodológicas o las diferencias de género evidencian la necesidad urgente de implementar estrategias didácticas más inclusivas y adaptadas al contexto tecnológico actual.

Incorporar cursos de nivelación, emplear metodologías combinadas entre técnicas tradicionales y herramientas digitales, y diseñar evaluaciones más integrales permitirá no sólo mejorar las competencias espaciales de los estudiantes, sino también reducir las brechas existentes y garantizar una formación más sólida y equitativa. Reconocer la visión espacial como una competencia transversal y esencial constituye un paso fundamental hacia una enseñanza más efectiva y adaptada a las exigencias del siglo XXI.

## 4.2. TEST Y ESTÍMULOS

---

Para evaluar y fomentar la mejora de la visión espacial en los estudiantes, es fundamental el uso de instrumentos de medición estandarizados, así como de estímulos específicos orientados al desarrollo de esta capacidad. Los test permiten cuantificar el nivel de habilidad espacial de cada individuo, ofreciendo una referencia objetiva sobre sus competencias iniciales y sobre los progresos alcanzados a lo largo de un programa de formación.

### 4.2.1. TEST

---

Entre la amplia variedad de pruebas disponibles para medir la visión espacial, se destacan algunos instrumentos por su fiabilidad, pues se ha comprobado su autenticidad, y frecuencia de uso en investigaciones previas. A continuación, se describen brevemente los principales test empleados para valorar el nivel de capacidad visual.

El Mental Rotation Test (MRT) mide la capacidad de rotar mentalmente objetos tridimensionales, solicitando a los participantes identificar figuras que son rotaciones de un modelo presentado. El Differential Aptitude Test - Spatial Relations (DAT-SR) evalúa la visión espacial a través del plegado y ensamblaje mental, donde los alumnos deben reconstruir mentalmente figuras tridimensionales a partir de patrones planos.

El Purdue Spatial Visualization Test: Rotations (PSVT:R) se centra en medir la habilidad de realizar rotaciones mentales y orientación espacial, determinando cómo se verán los objetos tridimensionales después de una rotación. Por su parte, el Minnesota Paper Form Board Test examina la capacidad de visualización y ensamblaje de piezas, pidiendo a los estudiantes imaginar cómo varias piezas se combinan para formar una figura determinada.

El Guay's Visualization of Views Test (VVT) mide la comprensión de vistas ortogonales, estableciendo la relación entre diferentes vistas (planta, alzado y perfil) de un mismo objeto tridimensional. Asimismo, el Surface Development Test se utiliza para evaluar la habilidad de plegar superficies planas en cuerpos tridimensionales, donde se debe predecir la forma resultante de un objeto a partir de su desarrollo plano.

En cuanto a las rotaciones en dos dimensiones, el Card Rotation Test solicita determinar si una carta o figura rotada es igual o distinta respecto al modelo original. El Paper Folding Test mide la capacidad de plegado mental y perforaciones, exigiendo imaginar cómo queda un papel después de ser doblado y perforado en varios puntos.

Finalmente, el Mental Cutting Test (MCT) está dirigido a evaluar la habilidad para imaginar secciones espaciales, pidiendo a los estudiantes visualizar qué sección resulta de cortar un sólido tridimensional.

#### 4.2.2. ESTÍMULOS

---

Para mejorar la visión espacial en los estudiantes, se pueden aplicar diversos tipos de estímulos diseñados específicamente para potenciar esta capacidad. Entre ellos, destaca el uso de software de modelado 3D como SketchUp, AutoCAD, Blender o SolidWorks, que permite a los alumnos trabajar con objetos tridimensionales de forma interactiva. Asimismo, la práctica con rompecabezas tridimensionales y juegos de construcción como LEGO o los cubos Soma resulta altamente beneficiosa, al igual que la realización de ejercicios de dibujo técnico a mano alzada, centrados en la representación de proyecciones y secciones de cuerpos geométricos.

Otras actividades útiles incluyen el plegado de papel, a través del origami, que favorece la comprensión del paso de lo bidimensional a lo tridimensional; y el uso de aplicaciones de realidad aumentada, que permiten la manipulación virtual de objetos. Además, la visualización y recreación de modelos arquitectónicos sencillos contribuye a desarrollar una percepción espacial más precisa.

En cuanto a las herramientas didácticas más efectivas para este propósito, cabe mencionar el empleo de programas como SketchUp y Autodesk Fusion 360 para el modelado tridimensional. También se destacan las plataformas de realidad virtual, como Oculus Medium o Gravity Sketch, que permiten experiencias inmersivas de diseño y manipulación espacial. El software de simulación GeoGebra 3D se presenta como un recurso complementario de gran valor. Además, se utilizan ejercicios clásicos como el Paper Folding Test, junto con tableros y materiales manipulativos que favorecen el ensamblaje de formas complejas.

Para desarrollar de forma sólida las habilidades espaciales, se recomienda implementar talleres de modelado y construcción 3D desde etapas tempranas de la formación académica. El uso del aprendizaje basado en proyectos (ABP), con la resolución de retos espaciales reales, también se ha mostrado eficaz. Introducir actividades de rotación mental y visualización desde diferentes perspectivas amplía la comprensión espacial, mientras que fomentar la práctica constante a través de pequeños desafíos diarios ayuda a consolidar los avances logrados. Asimismo, resulta beneficioso combinar metodologías tradicionales de dibujo técnico con tecnologías inmersivas actuales. Finalmente, la aplicación de evaluaciones formativas continuas permite medir los progresos de manera más precisa y orientar mejor las acciones pedagógicas.

La combinación adecuada de estímulos específicos, herramientas actualizadas y estrategias de aprendizaje es clave para desarrollar de manera efectiva la visión espacial en estudiantes de arquitectura, ingeniería y diseño.

#### 4.3. ESTUDIOS PREVIOS

---

“Los estudiantes de ingeniería y arquitectura que reciben entrenamiento en habilidades espaciales mejoran significativamente su rendimiento en cursos de

diseño, geometría y CAD, lo cual sugiere la importancia crítica de la visión espacial en su éxito académico." (Sorby, 2009).

Acercándonos ya a nuestro caso de estudio, es importante conocer algunos trabajos previos en los que se llevaron a cabo experimentos similares al que vamos a analizar. A continuación, se muestran varias investigaciones que también buscaron mejorar la visión espacial mediante diferentes programas y métodos. Esta revisión nos ayudará a entender mejor el contexto en el que se sitúa nuestro estudio.

En primer lugar, el estudio de K. Lynn Basham y Joe W. Kotrlik, *The Effects of 3-D CADD Modeling Software on the Development of Spatial Ability of Technology Education Students*, publicado en el *Journal of Technology Education* (Volumen 20, 2008) utilizó un diseño cuasi-experimental con clases ya formadas y una muestra de 464 estudiantes. Aplicando el *Purdue Visualization of Rotations Test (PVRT)*, concluyeron que el uso de software de modelado 3D (CADD) mejora significativamente la visión espacial de los estudiantes.

Por otro lado, el trabajo titulado *El desarrollo de las habilidades de visión espacial mediante actividades de expresión gráfica en futuros ingenieros*, realizado por Rosa Navarro, José L. Saorín, Manuel Contero y otros autores en 2004, empleó un enfoque cuantitativo validado mediante pruebas específicas como el *Mental Rotation Test (MRT)* y el *Differential Aptitude Test - Spatial Relations (DAT-SR)*. Aunque no se especifica la revista ni el tamaño de la muestra, la investigación demuestra que las asignaturas de Expresión Gráfica son eficaces para potenciar las habilidades de visión espacial.

El estudio llevado a cabo por Yukiko Maeda y So Yoon Yoon, *A Meta-Analysis on Gender Differences in Mental Rotation Ability Measured by the Purdue Spatial Visualization Tests: Visualization of Rotations (PSVT:R)*, publicado en *Educational Psychology Review* (Volumen 25, 2013), analizó más de 40 estudios primarios con una muestra superior a los 1000 participantes. Utilizando el *Purdue Visualization of Rotations Test (PVRT)*, concluyeron que los hombres tienden a obtener puntuaciones ligeramente superiores en habilidades de rotación espacial que las mujeres.

*Mejoras en la visión espacial mediante la enseñanza de la expresión gráfica* de José Luis Saorín, Rosa Navarro Trujillo y Noreen Hartoonian (2005) también utilizó un diseño cuasi-experimental con pretest y posttest, aplicando los test MRT y DAT-SR sobre una muestra de 214 estudiantes en pretest y 119 en posttest. Se concluyó que las asignaturas de Expresión Gráfica mejoran significativamente la visión espacial.

*En Influencia del software SolidWorks en el desarrollo de la visión espacial de los estudiantes de Ingeniería*, Julián A. Tristancho-Ortiz y Luis F. Vargas-Tamayo analizaron, mediante un diseño cuasi-experimental en *Science and Technology* (Volumen 24, Número 1, 2019), una muestra de 40 estudiantes, utilizando el MRT y un test adaptado para pilotos de aeronaves. Se observó que el uso del software SolidWorks contribuye notablemente al desarrollo de la visualización espacial.

*Desarrollo de habilidades espaciales en estudiantes universitarios mediante talleres de modelado 3D*, de Alicia Roxana Chávez Somoza y Juan José Quiun Martínez, publicado en *Revista Educación* (Volumen 21, Número 22, 2023), realizó un experimento cuasi-experimental cuantitativo con 32 estudiantes, utilizando un cuestionario de

habilidades espaciales propio. La conclusión señala que los talleres de modelado 3D son eficaces para mejorar las habilidades espaciales.

En el estudio *Taller de geometría espacial para mejorar la visión espacial en estudiantes de educación a distancia*, Yasser Hipolito Yarin Achachagua y Hugo Eliseo Tarazona Romero llevaron a cabo un diseño cuasi-experimental con pretest y posttest, trabajando con 66 estudiantes, publicado en la *Revista de Educación a Distancia* (Volumen 23, Número 72, 2023). Mediante pruebas de plegado mental y rotación mental, demostraron que un taller de geometría espacial impacta positivamente en la visión espacial.

En cuanto al estudio *Impacto del uso de entornos de aprendizaje TIC en el desarrollo de la visión espacial*, Diego Vergara-Rodríguez y Pablo Fernández Arias realizaron un experimento cuasi-experimental comparativo en el *Brazilian Journal of Education, Technology and Society* (2023) con una muestra de 28 estudiantes (divididos en dos grupos de 18 y 10 participantes). A través de cuestionarios sobre el aprendizaje, concluyeron que los entornos de aprendizaje basados en TIC favorecen el desarrollo de habilidades espaciales.

Finalmente, en *Aplicación de herramientas tecnológicas para el desarrollo de la visión espacial en educación a distancia*, Yasser Hipolito Yarin Achachagua y Hugo Eliseo Tarazona Romero investigaron el impacto de las herramientas tecnológicas aplicadas a la educación sobre la visión espacial, con una muestra de 98 estudiantes. Publicado en la *Revista de Educación a Distancia* (Volumen 22, Número 68, 2022), utilizaron un test de visualización espacial, rotación y corte mental, concluyendo que dichas herramientas mejoran significativamente estas capacidades en los estudiantes.

El análisis de los diferentes estudios revisados muestra de manera consistente que la visión espacial de los estudiantes puede mejorarse significativamente a través de metodologías específicas. Tanto el uso de software de modelado 3D, como la implementación de talleres prácticos y actividades basadas en TIC, resultan ser estrategias efectivas para el desarrollo de esta habilidad fundamental en el ámbito de la arquitectura y la ingeniería. Además, se confirma la importancia de trabajar la visión espacial desde las primeras etapas formativas, aplicando distintas herramientas. Esta revisión proporciona una base sólida para comprender el valor de las intervenciones didácticas que tienen como objetivo fortalecer la capacidad de visión espacial, lo que resulta crucial para el desempeño académico y profesional de los estudiantes. Como dijeron Linn y Petersen (1986), la visión espacial juega un rol fundamental en la adquisición de conocimientos en disciplinas que requieren razonamiento tridimensional, como la arquitectura y la ingeniería.

A partir de estos antecedentes, y considerando los resultados positivos obtenidos en investigaciones anteriores, se llevó a cabo un estudio experimental centrado en estudiantes de primer curso de arquitectura, teniendo como objetivo analizar de manera específica el impacto de un programa de desarrollo de la visión espacial (SketchUp) adaptado al contexto académico.

# 5. METODOLOGÍA

## 5.1. DISEÑO DEL ESTUDIO

La metodología que se va a seguir para llevar a cabo esta investigación se basa en la implementación del experimento previamente descrito. Este experimento constituye el eje central del estudio y tiene como propósito evaluar, de manera sistemática y controlada, la influencia del uso del programa informático SketchUp en el desarrollo de la visión espacial de los estudiantes de nuevo ingreso en el Grado en Fundamentos de la Arquitectura.

El diseño del experimento contempla la realización de una prueba específica a toda la muestra de estudiantes seleccionados al inicio del curso académico, momento en el cual aún no han recibido formación práctica significativa en habilidades espaciales. Posteriormente, al finalizar el curso, se repetirá exactamente la misma prueba, permitiendo así una comparación directa de los resultados obtenidos en ambos momentos temporales.

Durante el transcurso del año académico, la muestra de estudiantes se dividirá en dos grupos diferenciados: uno de ellos seguirá el programa de la asignatura utilizando las metodologías de enseñanza convencionales, basadas en técnicas tradicionales de representación gráfica y diseño manual; mientras que el otro grupo cursará la asignatura haciendo uso intensivo del software SketchUp, incorporándolo como herramienta principal para el trabajo de modelado y visualización tridimensional. A su vez, estos grupos se dividen en dos cada uno, los cuales coinciden con los grupos de clase B o E, pues en el grupo B se usó AutoCAD todo el curso y en el E sólo durante el segundo cuatrimestre. Esto resulta en un análisis comparativo de 4 grupos:

- Los del grupo B que usaron AutoCAD durante todo el año y cursaron con métodos convencionales. (A) (FIGURA 1)
- Los del grupo B que usaron AutoCAD durante todo el año y cursaron el programa de SketchUp. (B) (FIGURA 1)
- Los del grupo E que usaron AutoCAD sólo el segundo cuatrimestre y cursaron con métodos convencionales. (C) (FIGURA 1)
- Los del grupo E que usaron AutoCAD sólo el segundo cuatrimestre y cursaron el programa de SketchUp. (D) (FIGURA 1)

El análisis comparativo de los resultados entre los grupos permitirá detectar y evidenciar, en caso de que existan, las posibles mejoras significativas en el nivel académico y en las capacidades de visión espacial de aquellos estudiantes que hayan trabajado con SketchUp y/o AutoCAD.

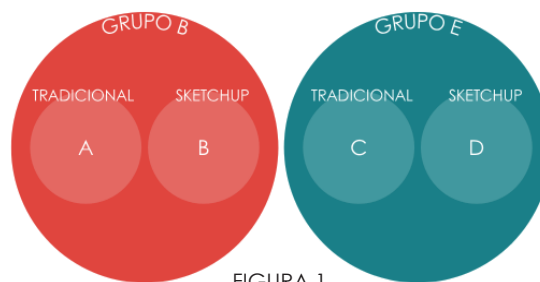


FIGURA 1

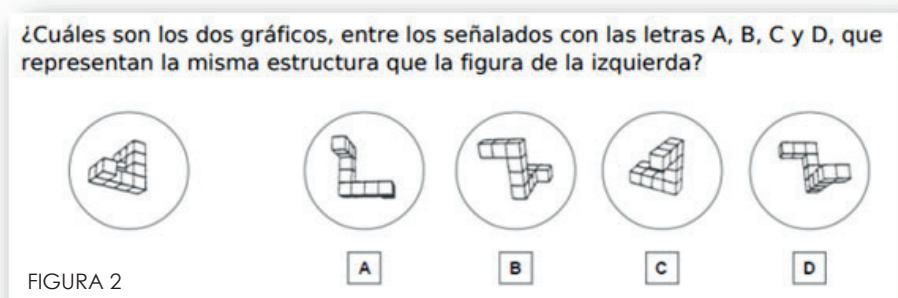
## 5.2. DESCRIPCIÓN DEL TEST

Para llevar a cabo la evaluación de los estudiantes participantes en este estudio, se ha decidido emplear dos pruebas específicas ampliamente reconocidas en el ámbito académico y psicológico por su fiabilidad en la medición de la visión espacial: el Mental Rotation Test (MRT) y el Differential Aptitude Test (DAT) en su sección de relaciones espaciales (DAT-SR). La combinación de ambas herramientas permitirá obtener una valoración más completa y precisa del nivel de las habilidades espaciales en los alumnos, antes y después de la intervención educativa.

El Mental Rotation Test (MRT) es una prueba diseñada para evaluar la capacidad de rotación mental de objetos tridimensionales. Su funcionamiento consiste en la presentación de una figura de referencia, acompañada de varias opciones entre las que el participante debe identificar aquellas que representan la misma figura rotada en el espacio. En cada ítem del test, los estudiantes deben imaginar cómo sería la figura al girarla mentalmente en distintas direcciones, sin mover físicamente los dibujos ni utilizar ningún tipo de apoyo material. El test se desarrolla en un formato de opción múltiple y se realiza bajo un límite de tiempo, lo que permite evaluar tanto la precisión como la rapidez en la ejecución de las rotaciones mentales. En este caso el test consistía en una prueba de 4 partes con 5 preguntas cada una, sumando un total de 20 preguntas, cada pregunta tenía 2 respuestas correctas de entre las 4 de la opción múltiple; y contaban con un tiempo de 6 minutos.

El MRT mide una habilidad espacial específica conocida como rotación mental, que es la capacidad de manipular mentalmente representaciones de objetos tridimensionales para prever cómo se verán desde diferentes ángulos. Esta competencia es fundamental en numerosos ámbitos, como la arquitectura, la ingeniería, la medicina (por ejemplo, en la interpretación de imágenes radiológicas) y otras disciplinas técnicas que requieren un entendimiento sólido de las formas en el espacio. El MRT se centra exclusivamente en la rotación de formas ya completas, evaluando la agilidad mental para cambiar de perspectiva de manera precisa.

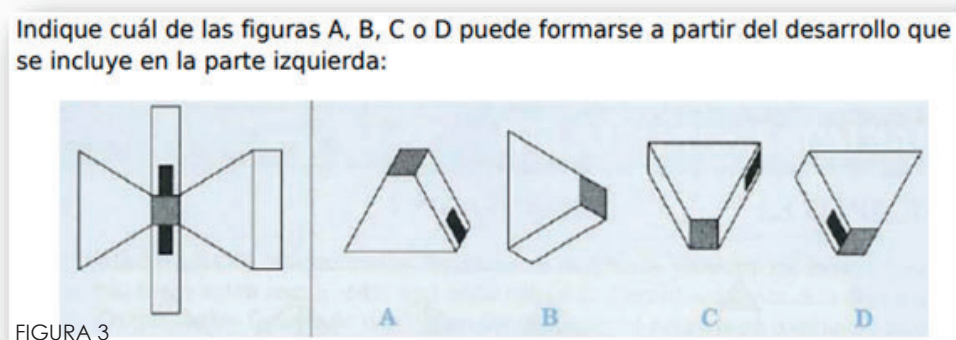
El Mental Rotation Test (FIGURA 2) fue desarrollado originalmente por Shepard y Metzler en 1971, en el contexto de investigaciones sobre la representación mental de objetos. Su importancia radica en que la habilidad de rotación mental está directamente relacionada con el rendimiento en tareas que requieren visualización espacial avanzada. Numerosos estudios han demostrado que un buen desempeño en el MRT predice el éxito en carreras y actividades donde la comprensión espacial es esencial, como la arquitectura, confirmando su utilidad tanto en investigación educativa como en procesos de selección académica y profesional.



Por otro lado, el Differential Aptitude Test – Spatial Relations (DAT-SR) (FIGURA 3) evalúa la capacidad de los individuos para visualizar objetos tridimensionales a partir de representaciones bidimensionales. El funcionamiento de esta prueba se basa en la presentación de patrones planos, como plantillas de recorte, que los participantes deben imaginar plegados o ensamblados para formar una figura tridimensional coherente. A través de una serie de ejercicios de opción múltiple, se les solicita que seleccionen, entre varias alternativas, cuál sería el objeto tridimensional resultante de dicho proceso de plegado mental. El test está diseñado para completarse en un tiempo limitado, generalmente entre 20 y 30 minutos, y se valoran tanto la precisión como la rapidez en las respuestas. En este caso el test consistía en una prueba de 10 partes con 5 preguntas cada una, sumando un total de 50 preguntas, cada pregunta tenía 1 respuesta correcta de entre las 4 de la opción múltiple; y contaban con un tiempo de 20 minutos.

El DAT-SR mide una habilidad cognitiva crucial conocida como visualización espacial constructiva, es decir, la capacidad para manipular mentalmente piezas, rotarlas, plegarlas y ensamblarlas en el espacio sin necesidad de apoyo físico. Esta competencia es especialmente relevante en campos como la arquitectura, la ingeniería, el diseño industrial y otras disciplinas donde el pensamiento tridimensional es fundamental. El DAT-SR exige una transformación más compleja, involucrando tanto rotación como plegado mental y comprensión estructural.

El empleo del DAT-SR en contextos educativos y profesionales permite identificar el potencial de los estudiantes o candidatos para desempeñarse eficazmente en tareas que requieren pensamiento espacial avanzado. Además, su validez ha sido confirmada por numerosos estudios que correlacionan altos puntajes en esta prueba con un mejor desempeño académico y profesional en áreas técnicas y creativas. En el ámbito de la educación en arquitectura, su aplicación resulta especialmente relevante, dado que la comprensión y manipulación del espacio constituye una habilidad básica para el desarrollo de proyectos de diseño y construcción.



El uso combinado de estos dos instrumentos permitirá comparar los resultados iniciales y finales de los estudiantes sometidos a distintas metodologías de enseñanza, ya sea tradicional o mediante el uso del software SketchUp. Así, se podrá determinar con mayor exactitud si el empleo de herramientas digitales específicas contribuye a un desarrollo más sólido y eficaz de las competencias espaciales en futuros arquitectos.

### 5.3. DESCRIPCIÓN DEL ESTÍMULO

---

El estímulo principal que se utilizará en esta investigación para fomentar y potenciar la mejora de la capacidad espacial de los estudiantes será la incorporación del uso del programa informático SketchUp. Esta herramienta de modelado tridimensional, ampliamente reconocida en el ámbito del diseño arquitectónico y educativo, ha demostrado ser un recurso eficaz para el desarrollo de habilidades relacionadas con la visualización y manipulación de objetos en el espacio. A través de la utilización de SketchUp, se pretende ofrecer a los estudiantes un entorno de aprendizaje práctico y dinámico que favorezca la comprensión de las estructuras tridimensionales, el análisis de las proporciones y la interpretación espacial. Así, el uso de este software no sólo servirá como una herramienta de representación gráfica, sino que actuará como un medio de estimulación cognitiva para el entrenamiento de la inteligencia espacial, competencia esencial en el contexto de la formación arquitectónica.

## 6. DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO

### 6.1. PROCEDIMIENTO

El propósito de este estudio mediante el experimento mencionado es comprobar si la aplicación de un programa específico de desarrollo de la visión espacial en estudiantes de primer curso del Grado en Fundamentos de la Arquitectura mejora sus habilidades de representación gráfica y dibujo arquitectónico en comparación con una enseñanza convencional, y analizar si esta mejora también se refleja en un mejor rendimiento académico. El experimento combina intervención educativa, medición antes y después y comparación entre grupos.

Para comprobar el impacto del programa informático SketchUp como ayuda para mejorar la visión espacial, se organizará una intervención educativa con los estudiantes de primer curso del Grado en Fundamentos de la Arquitectura. La muestra total de estudiantes será dividida en dos grupos:

- Grupo control: recibirá la enseñanza convencional de representación gráfica y dibujo técnico, basada en las metodologías tradicionales. (A) y (C). (FIGURA 1)
- Grupo experimental: recibirá la misma enseñanza de contenidos, pero complementada con el programa informático SketchUp, un programa específico de actividades diseñadas para potenciar la visión espacial. (B) y (D). (FIGURA 1)

Ambos grupo serán estudiados en función de varias hipótesis y variables; aparte de ver si cursaron SketchUp o no, también se tendrá en cuenta el grupo B o E y el género masculino o femenino.

Antes y después de la intervención, los grupos realizarán una serie de pruebas estandarizadas (el Mental Rotation Test (MRT) y el Differential Aptitude Test (DAT) en su sección de relaciones espaciales (DAT-SR)) para evaluar su nivel de visión espacial. Además, se recopilarán las calificaciones obtenidas de alguna asignatura como Geometría Descriptiva o Dibujo Arquitectónico, con el fin de obtener datos útiles para la posterior comparación.

Procedimiento:

1. Pretest: Evaluación inicial de la visión espacial a todos los estudiantes antes de comenzar el programa, con los test pertinentes.
2. Aplicación del programa: Durante un periodo determinado, el grupo experimental trabajará con actividades específicas, mientras que el grupo control seguirá el método tradicional.
3. Postest: Al finalizar el periodo, todos los estudiantes repetirán las pruebas de visión espacial.
4. Análisis de resultados: Se compararán las diferencias de mejora entre los distintos grupos y en función de algunas variables para comprobar si la intervención ha sido efectiva.

## 6.2. TEST

---

De entre todos los test que existen, para la realización de este experimento y medir el nivel de visión espacial de los estudiantes antes y después de la intervención, se ha optado por usar el Mental Rotation Test (MRT) y el Differential Aptitude Test (DAT) en su sección de relaciones espaciales (DAT-SR).

Mental Rotation Test (MRT). (FIGURA 2)

El *Mental Rotation Test*, desarrollado por Vandenberg y Kuse en 1978, mide la capacidad de los individuos para rotar mentalmente figuras tridimensionales en el espacio. El test consiste en identificar entre varias alternativas aquellas que corresponden a una rotación del modelo presentado. Este instrumento ha sido ampliamente utilizado en estudios de psicología cognitiva y educación, debido a su fiabilidad y capacidad para evaluar una de las habilidades espaciales más directamente vinculadas al dibujo arquitectónico.

Differential Aptitude Test - Spatial Relations (DAT-SR). (FIGURA 3)

El *Differential Aptitude Test - Spatial Relations*, creado por Bennett, Seashore y Wesman en 1947, evalúa la capacidad de visualizar relaciones espaciales complejas a partir de piezas planas. Los alumnos deben imaginar cómo se ensamblarían diferentes formas para formar un objeto tridimensional. Esta habilidad es fundamental en arquitectura, ya que implica interpretar correctamente planos, cortes y ensamblajes constructivos.

La elección de los instrumentos de evaluación utilizados en este estudio responde a su alta fiabilidad y autenticidad en el campo de la medición de habilidades espaciales. Tanto el *Mental Rotation Test (MRT)* como el *Differential Aptitude Test - Spatial Relations (DAT-SR)* son herramientas reconocidas internacionalmente y ampliamente utilizadas en investigaciones relacionadas con el desarrollo de la visión espacial en estudiantes de áreas técnicas como arquitectura e ingeniería.

Se seleccionaron específicamente porque miden aspectos distintos pero complementarios de la visión espacial: mientras el MRT evalúa la rotación mental de objetos, el DAT-SR se centra en la capacidad de ensamblar mentalmente piezas tridimensionales a partir de representaciones planas. Estas habilidades son esenciales para la interpretación gráfica y la comprensión de volúmenes en el ámbito de la arquitectura.

Por tanto, la combinación de ambos test proporciona una evaluación completa y precisa del nivel espacial de los estudiantes, ajustándose a los objetivos del presente trabajo de investigación.

## 6.3. ESTÍMULO

---

El estímulo principal aplicado al grupo experimental consiste en la utilización del software de modelado tridimensional SketchUp, una herramienta relativamente sencilla de aprender. SketchUp permite a los estudiantes crear, manipular y visualizar modelos 3D de manera intuitiva, lo que resulta eficaz para fortalecer las habilidades de percepción espacial. Además, la propia empresa facilitó el acceso al curso, lo

que hizo que todo el proceso fuese más ameno.

Dentro del programa de estudio, los alumnos trabajarán con SketchUp realizando una serie de actividades progresivas, como la construcción de volúmenes básicos, la rotación de objetos, la visualización desde diferentes perspectivas (planta, alzado, perfil) y la generación de secciones y cortes de los modelos. Estas tareas están diseñadas para fomentar la capacidad de interpretar y representar objetos tridimensionales en el espacio, así como para mejorar la comprensión de la relación entre formas y proporciones.

La elección de SketchUp como estímulo responde a varios criterios: su facilidad de aprendizaje para principiantes, su capacidad para representar geometrías arquitectónicas y su flexibilidad para adaptarse a diferentes niveles de complejidad, lo que permite personalizar los ejercicios según el ritmo de aprendizaje de cada alumno. Además, SketchUp permite ver directamente lo que se está construyendo, y eso ayuda considerablemente a desarrollar el razonamiento espacial, que es clave cuando se dibuja o se diseña en arquitectura.

El objetivo de introducir este estímulo es ver si practicar con SketchUp de forma constante, junto con lo que ya se hace convencionalmente, realmente ayuda a mejorar la visión espacial y, con eso, también obtener mejores resultados en las asignaturas de representación gráfica.

Durante el programa de intervención, los estudiantes del grupo experimental realizarán diversas actividades prácticas utilizando SketchUp.

La combinación de actividades diseñadas con SketchUp tiene como objetivo mejorar las habilidades espaciales del alumnado mediante la construcción, manipulación y análisis de modelos tridimensionales. Esta práctica, combinada con la enseñanza tradicional, ofrece una formación más completa y adaptada a las exigencias actuales del aprendizaje en arquitectura, lo que contribuye al desarrollo de competencias y a una mejora del rendimiento académico en estas materias. Según Martín-Dorta, Saorín y Contero (2008), "tras un curso intensivo basado en el uso de SketchUp, se observó una mejora significativa en las puntuaciones de los test de habilidades espaciales, evidenciando la relación directa entre entrenamiento espacial y rendimiento académico en titulaciones técnicas."

## 7. DESARROLLO DEL EXPERIMENTO

Antes de comenzar con el análisis de los datos recogidos en esta investigación, se considera importante establecer un sistema de codificación que permita identificar a los distintos participantes sin revelar su identidad, con el objetivo de preservar su privacidad y respetar los principios éticos básicos de cualquier trabajo académico. Para ello, se asignará a cada alumno un código alfanumérico, que será utilizado en lugar de su nombre real en todas las explicaciones pertinentes.

Una vez organizado el conjunto de datos de forma anónima, se procederá a comentar los resultados obtenidos, destacando los porcentajes correspondientes a las respuestas o puntuaciones más representativas. Este análisis permitirá observar tendencias, diferencias o similitudes entre los participantes, así como identificar posibles patrones comunes.

Finalmente, todos estos datos serán analizados e interpretados en profundidad, con el propósito de extraer conclusiones significativas que ayuden a comprender mejor el impacto del uso de SketchUp, de AutoCAD o de alguna otra variable en la mejora de la visión espacial del alumnado. Esta interpretación buscará relacionar los resultados con los objetivos iniciales del trabajo.

### 7.1. RESULTADOS

Para poder organizar y analizar los datos de forma anónima, se ha diseñado un sistema de codificación con el formato "X000X", que permite identificar a cada alumno sin revelar su identidad. Este código está compuesto por cinco caracteres, y cada uno de ellos tiene un significado específico. Se usará cuando se quiera mencionar a algún alumno a modo de ejemplo.

La primera letra indica el grupo al que pertenece el estudiante durante el curso de la asignatura. En este caso, puede ser "B" o "E". A continuación, las tres cifras numéricas del código representan el número de lista del estudiante, asignado en función del orden alfabético de los apellidos. La última letra del código será una "S" o una "N", dependiendo de si sí ("S") o si no ("N") ha realizado el curso de SketchUp que forma parte del experimento de este trabajo. Se considerará que el alumno ha realizado el curso de SketchUp si ha asistido a un mínimo de ocho de las trece clases totales del programa, pues se busca analizar el impacto del software en estudiantes que hayan podido experimentar un estímulo notable.

Gracias a este sistema, se puede mantener organizados los datos respetando la confidencialidad de los participantes.

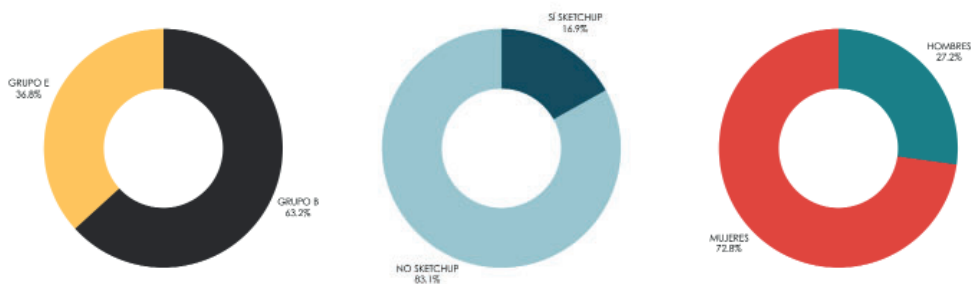


FIGURA 4. ESTADÍSTICAS INICIALES

CÓDIGO	DAT-SR			MRT			ASIGNATURAS	
	PRETEST	POSTEST	MEJORA	PRETEST	POSTEST	MEJORA	DAR	DES
E001N					3,25		3,8	4,4
B002N		6,8			6		5	6,8
B003N	8,4	8,8	0,4	4,5	3	-1,5	6,2	8,8
B004N	3,4	6,6	3,2	0,5	2	1,5	4,2	5,4
E005N				5			1	2,9
B006N	5,6	7,2	1,6	4	5	1	5,2	7,3
B007S	9	9,2	0,2	6,25	6,25	0	6,2	7,4
E008S		8,4	3	5,75	4,25	-1,5	7,5	9,5
B009N	5,2	8,2		5,5	5,5	0	5	5,4
E010N		8,8		4			5,2	7,2
E011S		6,2		4,5			5,5	6,3
E012N				3,25			4,2	4,1
E013N				2,75			3,5	2,4
E014N				3,25			5,5	8,8
B015N	6,8	8,4	1,6	5,5	6,25	0,75	5,3	8,5
B016S	5,6	6,2	0,6	4	3	-1	5	7,1
B017N	4,6	6	1,4	4,5	5	0,5	4,3	6,8
B018N				3				6,6
E019N		3,6		3,25	3,5	0,25		5,1
B020N		5					5	
B021N	4			2			1,4	
E022N		6,8		4,75	1	-3,75	5,2	6
B023N	9,6	8,8	-0,8	4	5	1	8	8,4
B024S	4,8			0			1,8	
E025N				1,25				4,5
E026N				4,25			3,9	3,2
E027S		9		5	5,25	0,25	5	7,8
B028N	6,6	6	-0,6	3,25	3	-0,25	4,3	5
E029N		5			4		4,5	3,7
B030N	5			1,5				5,2
B031N		7,2			6		4,2	7
B032N	8			3			3,9	5,2
B033N	7,8			3				8,7
B034N	8,4	9,6	1,2	4	5,25	1,25	5,7	7
B035N		9,2			3,75		5	5
B036N	6,4	7,8	1,4	3	7,5	4,5	7	7,1
E037N		3,8					5	5,6
B038N	7,2	8,6	1,4	4	5,25	1,25	5,1	6,5
E039S		7,2		3,5	2,5	-1	5,4	8
B040N	8	9,4	1,4	2,25	4,75	2,5	5,4	6,5
E041N		6,8					5,3	6,7

B042N	5,6			3,25			1,7	
B043N	5,8	8	2,2	2	4,75	2,75	4	6
B044N	6,6	8,8	2,2	3,75	4,5	0,75	6	7,6
B045N	6,4	7,2	0,8		2,5		5,1	6,5
E046N				4			5	3,8
B047N	7,8	9,2	1,4	3,5	4,25	0,75	5,8	8
B048N	7,8	8,6	0,8	4,75	5,75	1	3,5	2,8
E049N		5,8		1	2,5	1,5	5	7
E050N		7		1,75	3	1,25		9
B051N		8			6,5		5,7	8,7
E052N				1				5,1
E053N		3			0,75		3	3,2
E054N				2,25			3,3	3
E055N		1,6					3,5	1,2
E056N				1				3,3
B057N	1,8			1				5,1
B058N	6,6	8,4	1,8	4,75	2,75	-2	5,7	7,6
E059N		4		3,75			5	5,6
B060N	8,8	9,6	0,8	6	4,75	-1,25	5,5	5
B061N		8,6			5,5		3,8	5,3
B062N		7,2			5		5,1	6,4
E063N		6,2		3,5			3,8	3,7
B064S	7,4	8,6	1,2	4	5,75	1,75	5	7
B065S	8,6	9,4	0,8	6	7,25	1,25	6,1	9,4
E066N		2,4		0,75			5	3,1
B067N	8	9,4	1,4	4,75	9	4,25	6,3	8,6
B068N	7,4	9	1,6	5	4,75	-0,25	6	6,8
B069S	7,2	8,4	1,2	2,25	4	1,75	7	6,7
B070N	8	8,8	0,8	1,75	4,5	2,75	5	7,8
B071N				5			1,9	6,5
E072N				4			5	4,5
B073S	8,6	9,2	0,6	5,75	7,5	1,75	7,6	9
B074N		7,2					5,1	
E075N		9,6		7	4	-3	5	6,8
E076N		6,2		2	3	1	6,3	8
B077N				4,5			3,3	0,2
E078N				2	2,75	0,75	4,1	3,6
E079N				2,5				5,8
E080N				0,5				4,5
B081N	7			2,5				4
B082S	6,6	8	1,4	2	3	1	5	
B083S	7	8,4	1,4	2,25	2	-0,25	5,5	8,1
B084N	4,4	7	2,6	4,25	3	-1,25	5,3	8

B085S	5,2	9	3,8	3,25	4,75	1,5	5,4	6,5
E086N		9,2		4,5			5,1	6,3
B087N		7,2			7		4,2	6,2
B088N	5,2			2,5				6,6
B089N	3,4	5,2	1,8	3,5	2,75	-0,75	3,1	6,3
B090N		5,4			2,5		3,5	7,4
E091N		3		2,25			4,4	2,8
B092S	6,4	9,2	2,8	4,5	5,25	0,75	6,7	8
E093N				1,5				3,9
B094N	9,4	9,6	0,2	2,75	3,5	0,75	3,3	3,25
E095N				2,75			3,2	5
E096N				2,75			5	5,1
B097N	6,6	7,4	0,8	3	4,25	1,25	5	6,8
B098N	9,2	9,8	0,6	6,5	5,75	-0,75	7,5	10
B099N	3,6	7	3,4	3,5	2	-1,5	4	7,5
B100N		7,8					5	
B101N	6,8	7,4	0,6	6,5	7,25	0,75	5,5	9,7
B102N	5	7	2	4	5,25	1,25	3,8	6,7
B103S	7	9	2	4,5	4,25	-0,25	6,5	9,7
B104N		2,6			2,75		3,1	5,9
B105N		5			2,25		2,6	3,2
B106N	5,8			3				5,5
B107N		3,2		0	3	3	4,4	7,5
B108S	9,2	9	-0,2	4,75	4,5	-0,25	6,4	9,1
B109N		7			3,25		4,1	6,1
E110N		8,6		2	2,5	0,5	5	5,5
E111N		8,2		3	4,25	1,25	6,3	9,5
B112S	7,2	8	0,8	2,25	3,5	1,25	6,7	8,2
E113N	4,2			4			4,4	5
E114S				4,5			4,2	7,7
E115N				2			5	6,5
B116N	7,4	8	0,6	3,25	4,75	1,5	5,3	6,5
B117S	7	8,2	1,2	3,25	3,75	0,5	5,8	8,5
E118N				1,5			2,5	2
B119N	5,8	6,6	0,8	4,5	2,75	-1,75	5,3	6,7
B120S	8	9,4	1,4	6,5	9	2,5	3,7	5
B121N	5,4	6,6	1,2	4	3	-1	5,1	6,4
E122N		3,4		2,5	2,75	0,25		6,7
B123N	5,2			2,25				7,1
B124S		8,2			5,5		5	6
B125N		5			4		3,3	5
B126N	9,4	9,6	0,2	7	6,5	-0,5	6	7
B127N	2,2	5,4	3,2	2,75	3,5	0,75	5,6	7,8

B128S	9	9	0	5,25	6,25	1	6	7,8
E129N		3,4		0,75	3,5	2,75		4,1
E130N				3,25			4,1	5,2
E131N		7,6		3,5			5	5
B132N	5,7	5,8	0,4	2,5	3	0,5	5,4	7,6
B133N	7	8,6	1,6	5	4,5	-0,5	5,2	5,8
B134N	5,8	8,6	2,8	2	4,75	2,75	5,2	5,7
E135N		5,6					5	5,3
B136N	2,8	5,8	3	8,25	4,5	-3,75	4	6,1

TABLA 1. DATOS ESTUDIANTES

Aclarar que los resultados originales de estos test están sobre 50 o sobre 40, según las preguntas que tuviera el test correspondiente, sin embargo, se han recalculado todas las notas para la clásica escala de 10 puntos con el fin de que todo sea más perceptible y entendible a ojos del lector. Las celdas vacías son por falta de datos.

Tras el cómputo y como se muestra en la FIGURA 5 de datos se obtiene que los participantes en este estudio son un total de 136 alumnos, de los cuales 86 están matriculados en el grupo B y 50 en el E. La clase del B está compuesta por 59 mujeres y 27 hombres, mientras que la del E por 40 mujeres y 10 hombres. Dentro del grupo B son 13 mujeres y 5 hombres los que asistieron al curso de SketchUp; mientras que los del E fueron 2 mujeres y 3 hombres.

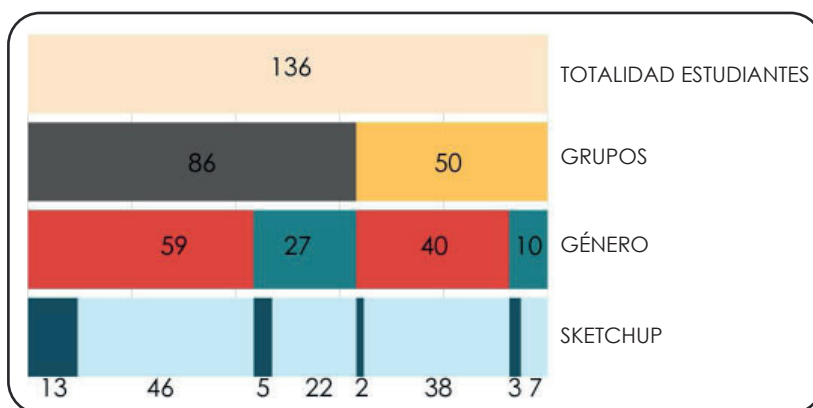


FIGURA 5. CÓMPUTO DE DATOS

## 7.2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

Una vez recopilados todos los datos y obtenidas todas las calificaciones se procede a su interpretación con el fin de hallar una respuesta a la pregunta central de este trabajo, ¿influye el uso de un software de modelado 3D como SketchUp o AutoCAD en la mejora de la visión espacial del alumnado?

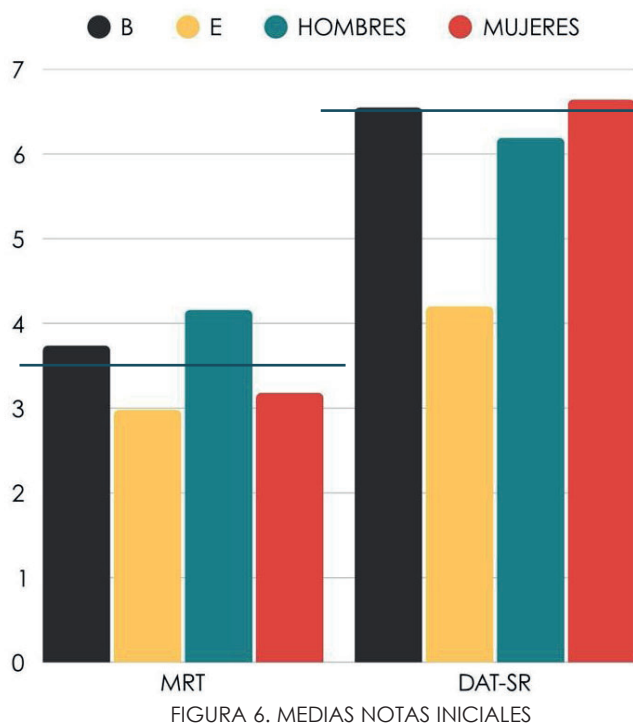
Para responder dicha pregunta surgen otras tres que permitirán obtener la información necesaria para responderla, ¿con qué nivel de visión espacial ingresan los estudiantes a la universidad?, ¿qué estímulos experimentan para aumentar dicho nivel y cómo se refleja? y ¿qué nivel alcanzan al terminar el curso?

Son tres también las variables que se van a estar constantemente teniendo en cuenta y barajando en la interpretación de datos. La primera es el uso de SketchUp durante

el transcurso de la asignatura. La segunda es el grupo en el que el alumno está matriculado, que además coincide con la separación de los que usaron AutoCAD todo el año y los que lo usaron sólo un cuatrimestre. Cabe mencionar también que el grupo B se imparte en castellano y el grupo E en inglés, por lo que la mayoría de los extranjeros están matriculados en este último grupo, pudiendo ser que el idioma les haya sido un impedimento para mejorar su media. Finalmente, la última variable será la del género, pues como se ha visto en la investigación teórica, existen varios estudios que evidencian diferencias significativas entre hombres y mujeres, por tanto, es coherente plantearse tratar también con esta variable.

### 7.2.1. NIVEL INICIAL

Se plantea la primera pregunta, ¿con qué nivel de visión espacial ingresan los estudiantes a la universidad? Como se puede apreciar en la FIGURA 6, existen diferencias significativas entre las medias según las variables al inicio de curso. Partiendo de que la media general en el pretest del DAT-SR es de 6,5 y en el del MRT de 3,45, ya se puede ver cómo las mujeres están por encima en el DAT-SR con una media de 6,64 y los hombres por debajo, con una media de 6,19; mientras que en el MRT la situación se invierte, teniendo las mujeres una media de 3,18 y los hombres una de 4,16.



Por otro lado, la variable del grupo tiene una diferencia notable, algo que podía suponerse si se tiene en cuenta que el orden de admisión a la universidad es por nota y que el grupo B se llena antes que el E. Los del B entran a la universidad con más nivel de visión espacial que los del E, teniendo una media de 6,55 y de 3,74 en el DAT-SR y en el MRT respectivamente, mientras que los del E ingresan con una media de 4,2 y de 2,98. Se puede observar que independientemente del género, las medias del grupo B son superiores a las del E.

A su vez, se van a desglosar estas mismas medias iniciales en los valores de las calificaciones que les han dado lugar, y así, afinar más el contexto inicial, pues no es lo mismo una media de 5 debido a dos 5 que a un 0 y a un 10. Estas variaciones podrían dificultar en mayor o menor medida la docencia a causa de las desigualdades iniciales que existen en los alumnos de nuevo ingreso ya que no todos parten de la misma situación.

A continuación se adjunta la FIGURA 7, el reparto de calificaciones iniciales del MRT según variables; y la FIGURA 8 las del DAT-SR.

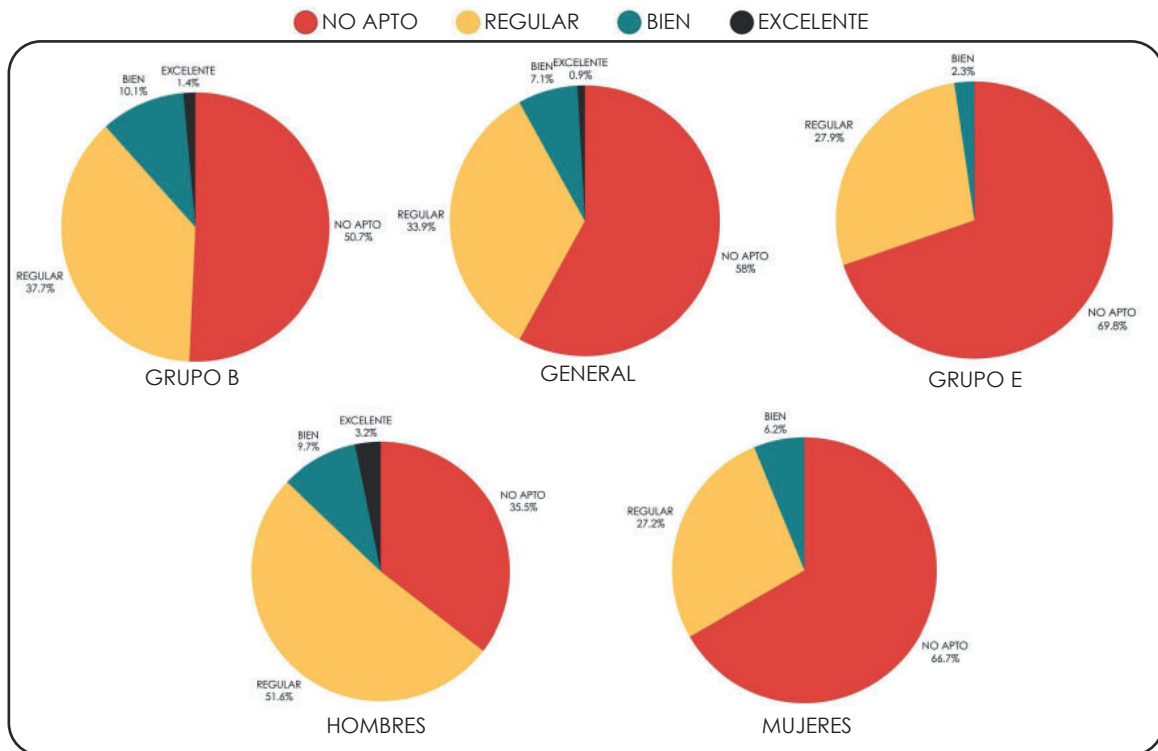


FIGURA 7. REPARTO DE NOTAS INICIALES EN MRT

Estos gráficos reflejan la repartición de notas iniciales en el Mental Rotation Test según las variables de grupo y de género, en el centro se ha colocado el reparto general para comparar y sacar conclusiones posteriormente. Las calificaciones se han seccionado en función de unos valores determinados, el “no apto” en rojo representa un valor comprendido entre 0 y 3,9, el “regular” en amarillo uno entre 4 y 5,9, el turquesa de “bien” refleja las notas entre 6 y 7,9 y, por último, el negro es “excelente” y muestra el rango de notas entre 8 y 10.

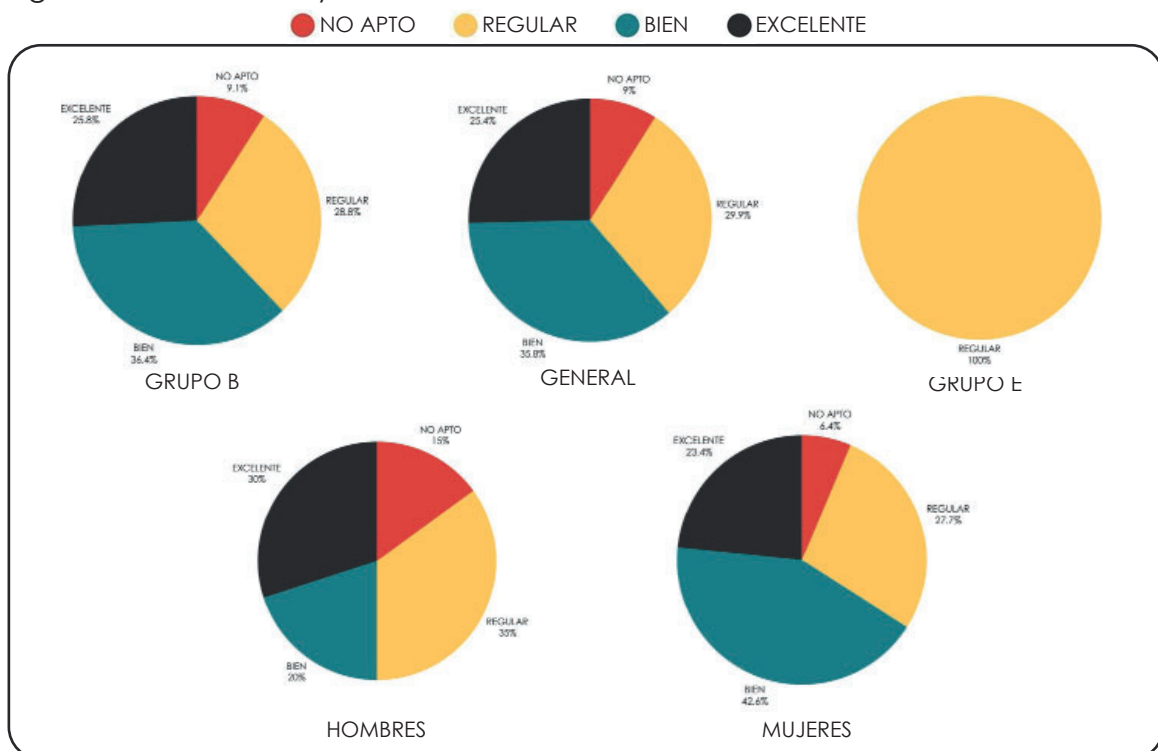


FIGURA 8. REPARTO DE NOTAS INICIALES EN DAT-SR

Los gráficos anteriores muestran lo mismo pero en el Differential Aptitude Test - Spatial Relations.

Toda esta información nos puede dar indicios sobre las aptitudes que traen más desarrolladas los estudiantes, sabiendo que el DAT-SR evalúa la capacidad para manipular piezas mentalmente mientras que el MRT se enfoca más en la rotación mental y en prever cómo se verán las piezas desde diferentes ángulos.

## 7.2.2. AUMENTO DE NIVEL

Para continuar obteniendo información se sigue con la segunda pregunta, ¿qué estímulos experimentan para aumentar dicho nivel y cómo se refleja? Para contestar a esta pregunta se va a proceder al análisis de las mejoras de las calificaciones en los postest una vez experimentado el estímulo, y así, poder comprobar si dicho estímulo es efectivo y, en consecuencia, uno de los responsables de mejorar las calificaciones. El estímulo para analizar es la realización del curso de SketchUp.

### 7.2.2.1. MEJORAS SIN CONTAR SKETCHUP

En este apartado se va a estudiar las mejoras de los estudiantes en general, sin tener en cuenta la variable del SketchUp, con el fin de tener las líneas predictivas de mejora según grupo o género. De esta manera, posteriormente, al añadir la influencia del SketchUp y ver mejoras, se podrá estar alerta de no presuponer que las mejoras son 100% consecuencia de SketchUp, sino que puede haberse debido a otros factores.

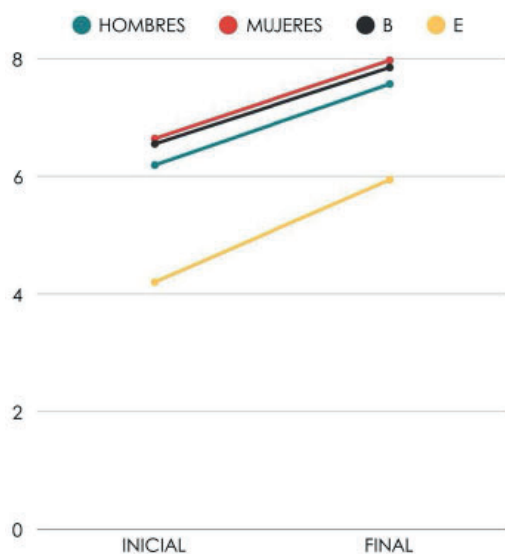


FIGURA 9. MEJORAS EN DAT-SR

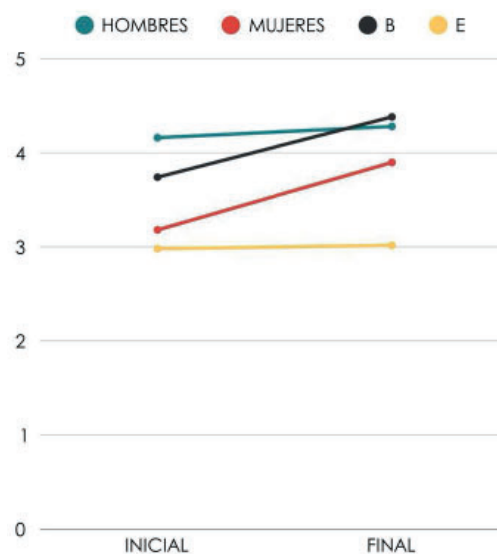


FIGURA 10. MEJORAS EN MRT

Según la media, las mujeres han mejorado más que los hombres, sin embargo, fijándose en cada uno de los test, los hombres han mejorado ligeramente más en el DAT-SR y las mujeres en el MRT. La cantidad de puntos que han aumentado se puede ver en la inclinación de las líneas de las gráficas de la FIGURA 9 y de la FIGURA 10. Cuánto más inclinada sea la línea mayor ha sido la mejora. Así pues, se puede apreciar como en el DAT-SR, al ser todas las líneas más o menos paralelas, los estudiantes han mejorado del mismo modo. Sin embargo, en el MRT se observa que las mujeres y el grupo B han mejorado considerablemente más que los hombres y el grupo E, cuyas líneas en la gráfica son prácticamente horizontales.

Poninendo el foco en los grupos, el B, que a su vez, es el que usó AutoCAD durante todo el curso, ha mejorado más que el E en ambos test e independientemente del género.

Cabe destacar, que para todas las mejoras del presente trabajo, se han considerado en el cómputo total únicamente los estudiantes de los cuales teníamos información suficiente para valorar una mejora. Esto quiere decir que sólo se ha contado con aquellos de los que teníamos nota tanto del pretest como del postest.

### 7.2.2.2. MEJORAS CONTANDO SKETCHUP

Una vez vista la tendencia de mejora de los estudiantes, se incorpora la variable del SketchUp.

Según los datos, los que hicieron el programa de SketchUp mejoraron más en el MRT que los que no (FIGURAS 12 y 13). Sin embargo, fueron los que no hicieron SketchUp los que más mejoraron en el DAT-SR (FIGURAS 14 y 15).

Los del grupo B que hicieron SketchUp mejoraron más que los del grupo E que también lo hicieron. Los del B que no cursaron SketchUp también mejoraron más que los del E que tampoco lo cursaron. Por lo que, siguiendo la línea general e independientemente de la influencia del SketchUp, los del grupo B mejoran más que los del E (FIGURA 11).



FIGURA 11. MEJORAS GRUPOS Y TEST

Los hombres en general que no cursaron SketchUp mejoraron más que los que sí lo hicieron (FIGURAS 12-15). Y de nuevo, todos los hombres del B mejoraron más que los hombres del E, independientemente de si hicieron SketchUp o no.

Por otra parte, las mujeres en general que sí cursaron SketchUp mejoraron más en el MRT que las que no lo cursaron (FIGURAS 12 Y 13), pero mejoraron menos en el DAT-SR (FIGURAS 14 y 15). Por lo que, el SketchUp influyó en la mejora de las mujeres en el MRT.

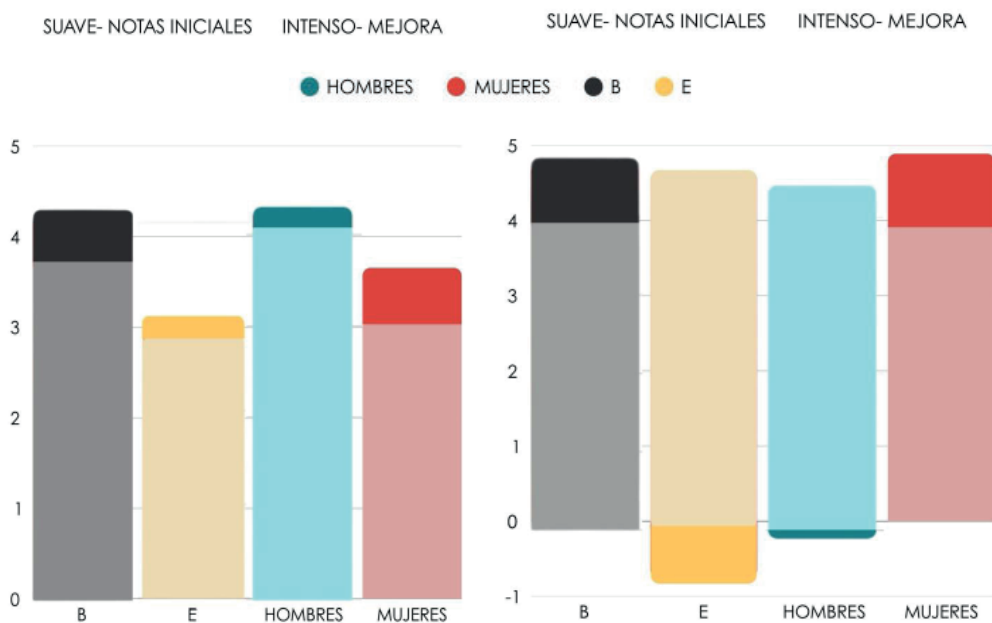


FIGURA 12. MEJORAS EN MRT SIN SKETCHUP

FIGURA 13. MEJORAS EN MRT CON SKETCHUP

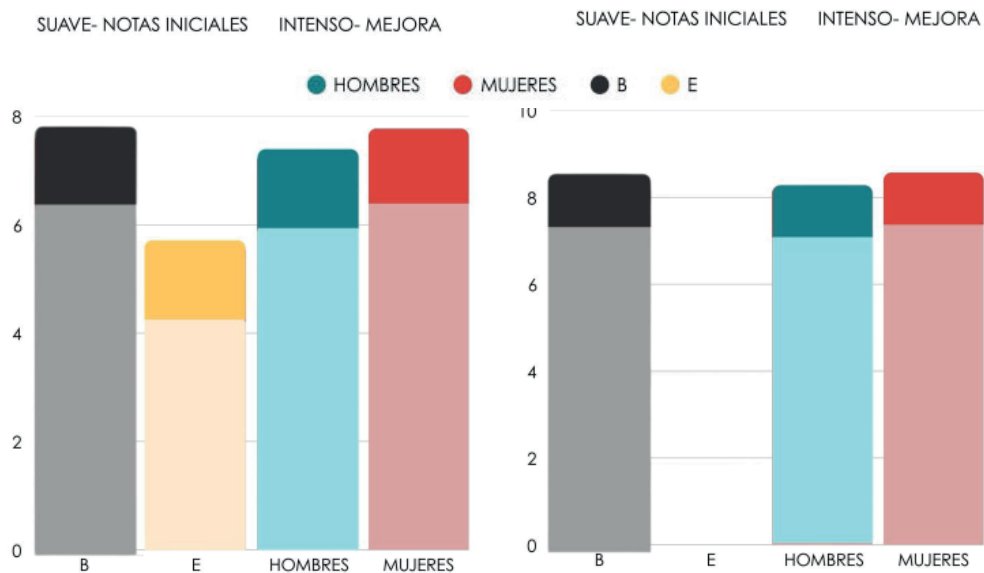


FIGURA 14. MEJORAS EN DAT-SR SIN SKETCHUP

FIGURA 15. MEJORAS EN DAT-SR CON SKETCHUP

Si comparamos géneros, ambos mejoraron lo mismo en el DAT-SR habiendo cursado SketchUp. Sin embargo, para este mismo test, si no usaron el software de modelado 3D, los hombres mejoraron sutilmente más que las mujeres. Mientras que, en el MRT, fueron las mujeres las que desarrollaron más esta aptitud habiendo usado o no el programa (FIGURA 16).

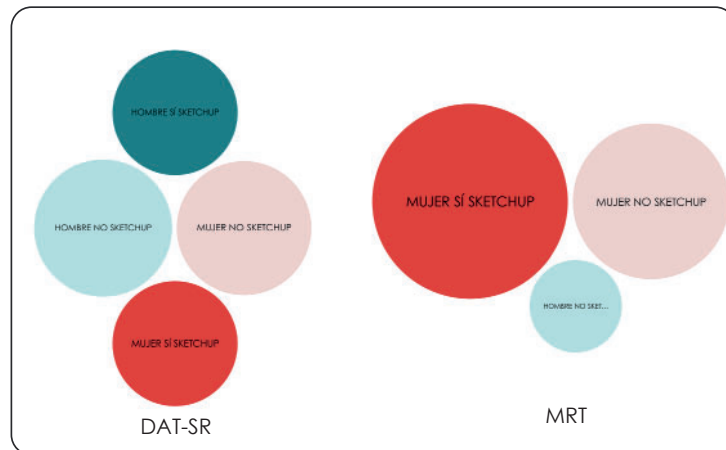


FIGURA 16. REPRESENTACIÓN CANTIDAD MEJORA SEGÚN GÉNEROS Y SKETCHUP

### 7.2.3. NIVEL FINAL

Para hallar la información restante se plantea la tercera pregunta, ¿qué nivel alcanzan al terminar el curso? Con esto resuelto, se podrá comenzar a comparar, encontrando correlaciones y/o diferencias significativas.

#### 7.2.3.1. NOTAS FINALES

Fueron los alumnos que se apuntaron al curso de SketchUp los que más nota obtuvieron a final de curso tanto en la mayoría de los test (DAT-SR y MRT) (FIGURA 17) como en las asignaturas de Dibujo Arquitectónico (DAR) y Geometría Descriptiva (DES) (FIGURA 23). Todo esto pese a que en algún test pudieran tener una mejora inferior que otros, pues partían ya de una buena nota y tampoco se necesitaba mejorar una gran cantidad para situarse entre las mejores notas.

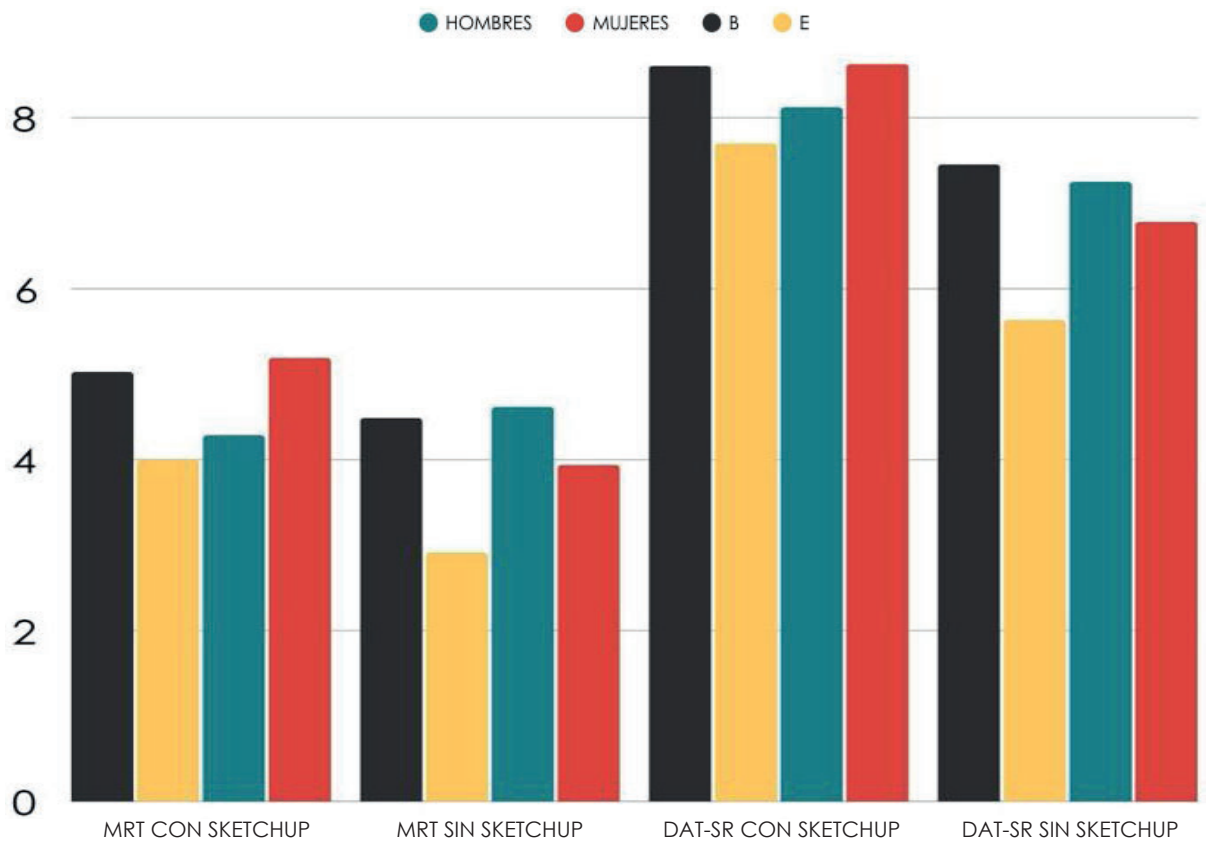


FIGURA 17. MEDIAS NOTAS FINALES

Los del B, sin distinción de género y siguiendo las líneas generales, alcanzaron mejores calificaciones que los del E, con o sin influencia de SketchUp (FIGURA 17).

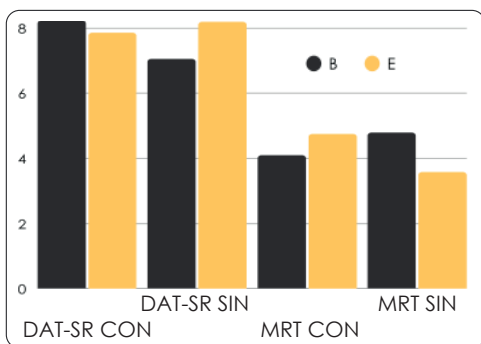


FIGURA 18. MEDIAS NOTAS FINALES HOMBRES

Sin embargo, según si los hombres hicieron SketchUp o no, obtuvieron mejores resultados en un test u otro dependiendo del grupo. De los hombres que cursaron con SketchUp fueron los del B los que controlaron el DAT-SR mientras que los del E el MRT; y con los hombres que no se apuntaron al programa, la situación se invierte (FIGURA 18).

De todos los estudiantes que se presentaron al curso de SketchUp, las mujeres obtuvieron

mejores calificaciones que los hombres en ambos test, sin embargo, tienen peores notas finales en las asignaturas de DAR y DES. Y de los que no asistieron al programa, a los hombres les fue mejor que a las mujeres en los test y en DAR, pero no en DES. Todo esto indica que con estímulos a las mujeres les va mejor en los test, mientras que sin los estímulos obtienen mejores resultados los hombres (FIGURA 17).

Atendiendo a la figura 17 se puede decir que los alumnos que asistieron a SketchUp, hayan mejorado más o menos, son los que han obtenido las mejores calificaciones.



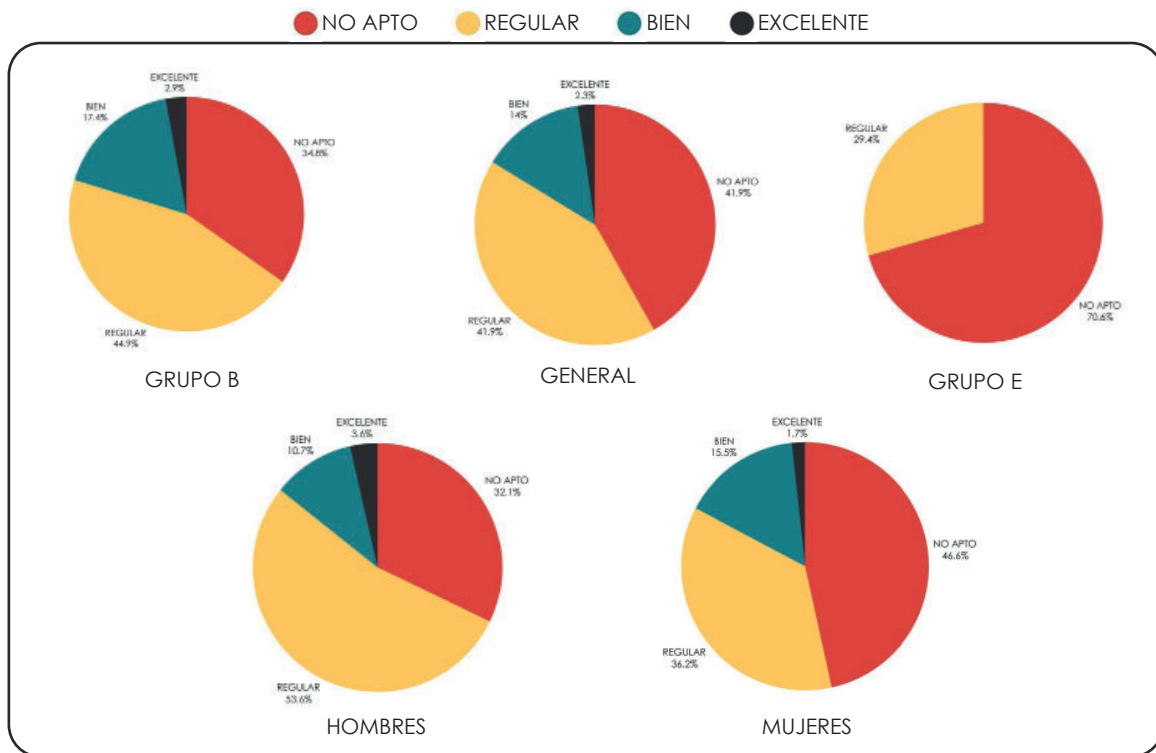


FIGURA 19. REPARTO DE NOTAS FINALES EN MRT

Del mismo modo que en el apartado de notas iniciales, se han desglosado las medias de las notas finales en los valores de estas calificaciones. En la FIGURA 19 se observan los resultados finales según las distintas variables del Mental Rotation Test, así como en la FIGURA 20 se adjuntan las del Differential Aptitude Test - Spatial Relations. Mediante estos gráficos, se puede observar cómo generalmente a la finalización del curso, los estudiantes han mejorado el valor de sus notas. No sólo hay más alumnos con buena nota, sino que los alumnos individualmente han mejorado sus notas.

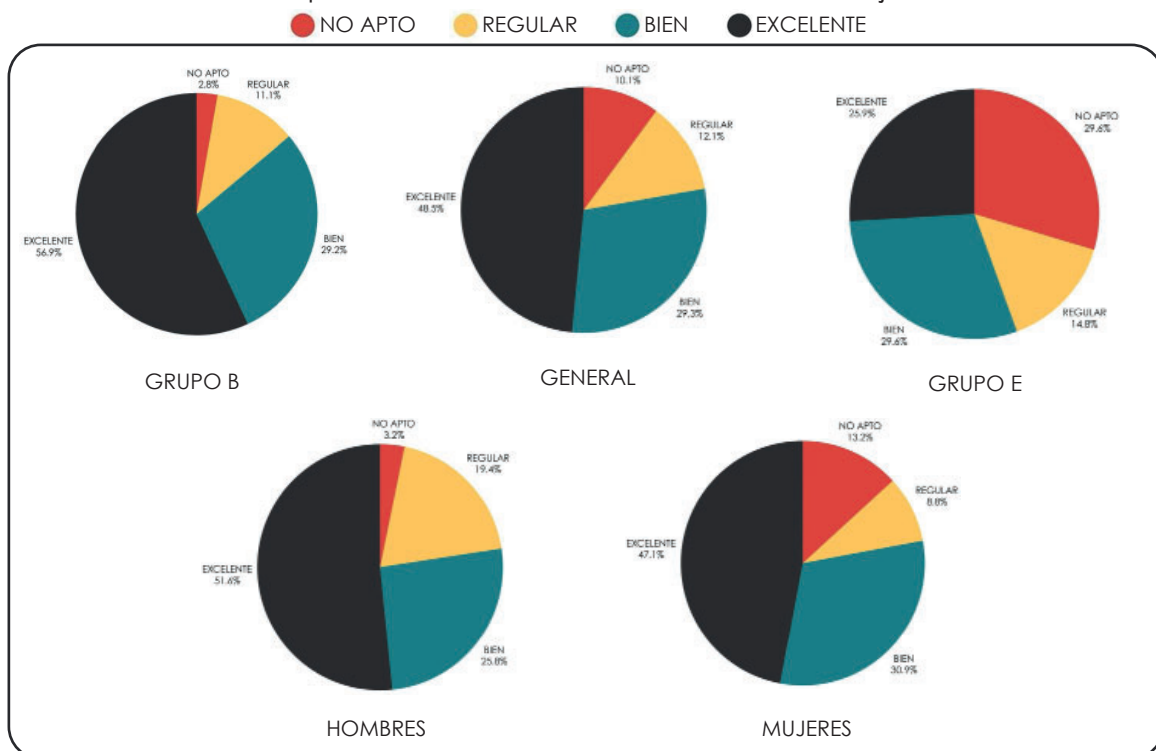


FIGURA 20. REPARTO DE NOTAS FINALES EN DAT-SR

A continuación, atendiendo a las notas de las asignaturas, se muestra en la FIGURA 21 y en la FIGURA 22 el reparto de notas de Dibujo Arquitectónico y Geometría Descriptiva respectivamente. Con esta información se podrá deducir varias de las correlaciones y conclusiones que son objeto de este trabajo.



FIGURA 21. REPARTO DE NOTAS FINALES DAR

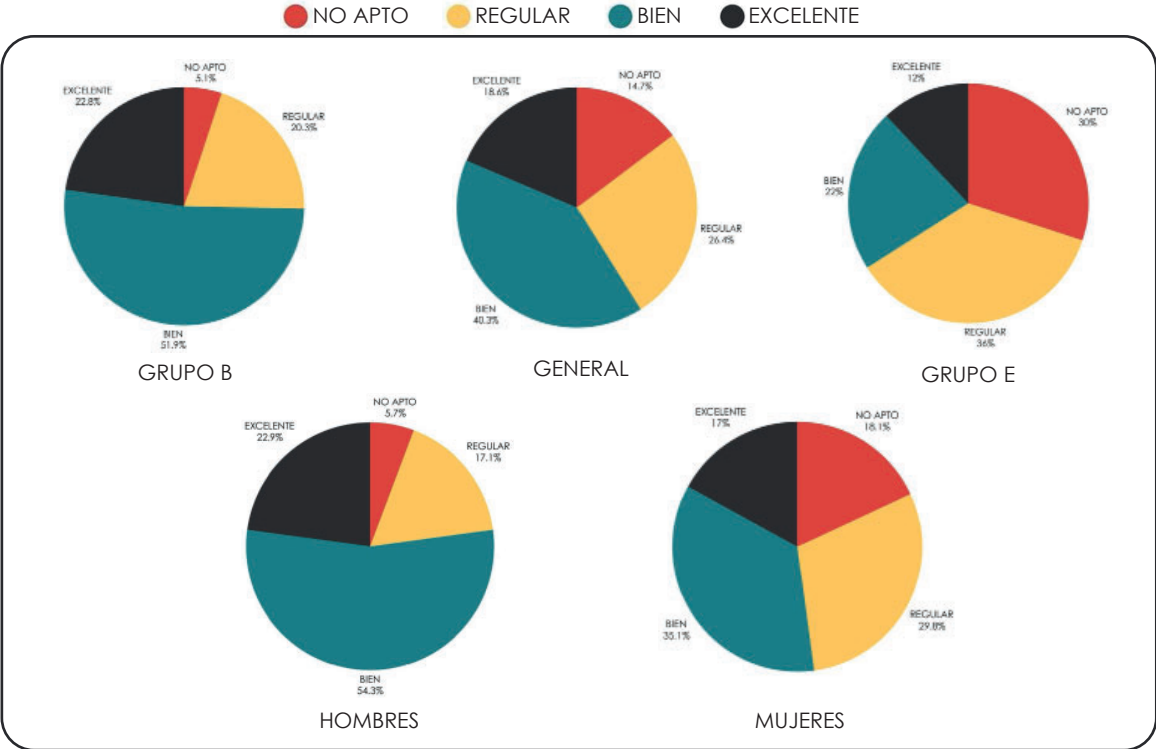


FIGURA 22. REPARTO DE NOTAS FINALES DES

Para finalizar este subapartado, en la FIGURA 23 se puede contemplar la diferenciación de las notas finales tanto de ambos test como de ambas asignaturas en función de los estudiantes que cursaron SketchUp y los que no.



FIGURA 23. REPARTO DE NOTAS FINALES. COMPARATIVA SKETCHUP

### 7.2.3.2. MEJORES NOTAS

Una vez analizadas todas las calificaciones finales, se ve que las mejores notas en función de la variable del grupo son de los alumnos y alumnas del B, tanto en ambos test como en ambas asignaturas (FIGURA 24).

Según la variable del género los hombres son los que obtienen mejores calificaciones de media (FIGURA 24) en las asignaturas y en los test en el caso de no haber cursado SketchUp, pues habiendo asistido a SketchUp, son las mujeres las que obtienen mejores calificaciones en los test.

Aunque cabe destacar que en el test DAT-SR, pese a que la media superior sea de los hombres, si lo desglosamos por grupos,



FIGURA 25. DAT-SR FINALES

en el grupo E se mantiene, pero son las mujeres del B las que alcanzan un mayor nivel (FIGURA 25).

Y, por último, atendiendo a la

variable de SketchUp se puede concluir que los alumnos que asistieron a este curso son los que mejores calificaciones obtuvieron en los test y en las asignaturas (FIGURA 24).

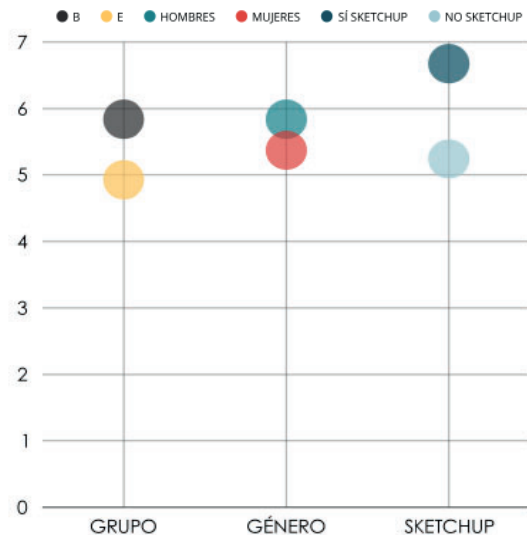


FIGURA 24. MEJORES NOTAS

### 7.2.4. CORRELACIONES

En armonía a la interpretación de datos y a las tres preguntas, se va a seguir el mismo hilo conductor a la hora de hallar correlaciones. Se planteará si existen correlaciones entre los resultados finales obtenidos y el nivel con el que ingresan a la universidad, el nivel con el terminan, y el estímulo que han experimentado.

#### 7.2.4.1. TEST INICIAL CON NOTA ASIGNATURAS

Fijándose en el nivel con el que ingresaron a la universidad, mediante las notas de los pretest, y las notas obtenidas en DAR y en DES, se puede establecer una correlación directa entre el nivel inicial y el resultado final.

Centrando la atención en la asignatura de Dibujo Arquitectónico y comprobando con los datos, se puede apreciar como la media más alta coincide con los alumnos que realizaron el pretest DAT de manera "excelente", por lo que se espera que cuanto mejor se haga el DAT-SR mejor calificación se obtenga en DAR.

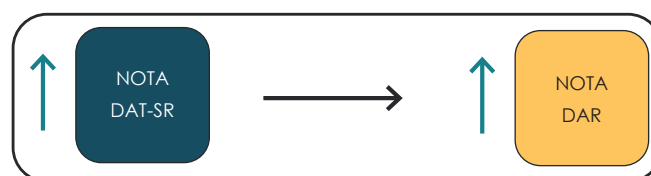


FIGURA 26. CORRELACIÓN TEST CON DAR

Enfocándose en Geometría Descriptiva y en la recopilación de datos, se observa que la máxima media coincide con alumnos que lo hicieron bien en el MRT. Debido a la dificultad del test y teniendo en cuenta que la media de éste en general siempre es inferior a la del DAT-SR, se puede afirmar que, pese a esta diferencia, sólo por el simple hecho de haberlo resuelto notablemente bien, ha sido suficiente para generar las mejores notas de DES. Por todo esto, se puede relacionar una buena resolución del MRT con una buena nota en DES.

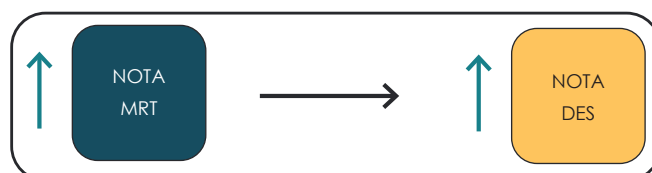


FIGURA 27. CORRELACIÓN TEST CON DES

Estas dos correlaciones permiten enlazar el nivel inicial con el que se ingresa a la universidad con las calificaciones que obtendrán a final de curso. Un buen nivel en el DAT-SR puede ayudar a superar con éxito la asignatura de Dibujo Arquitectónico, y un buen nivel en el MRT la asignatura de Geometría Descriptiva.

#### ● 7.2.4.2. TEST FINAL CON NOTA ASIGNATURAS

Fijándose en el nivel de visión espacial con el que terminan el curso, mediante las notas de los postest, y en las notas obtenidas en DAR y en DES, se puede establecer una correlación directa entre el nivel final y el resultado final.

Una vez transcurrido el año escolar la situación varía ligeramente. En este momento las máximas medias tanto en Dibujo Arquitectónico (DAR) como en Geometría Descriptiva (DES) coinciden con las máximas medias en la realización del test MRT al terminar el curso.

Existe una correlación directa entre el nivel obtenido en las asignaturas de DAR y DES con la capacidad de visión espacial adquirida que te permite realizar correctamente el test MRT.

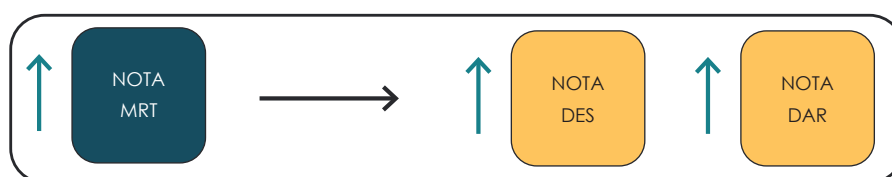


FIGURA 28. CORRELACIÓN TEST FINAL CON ASIGNATURAS

Los que obtuvieron una buena nota de curso en las asignaturas, generalmente también les fue bien en los test al final del curso.

#### ● 7.2.4.3. MRT CON DAT-SR

Se pretende buscar una correlación entre ambos test de visión espacial con el fin de dar a conocer su interconexión, si es que existe. Y, en caso contrario, investigar cuál es el test adecuado para medir qué aptitud, pues no estarían evaluando técnicamente lo mismo.

Para ello, se han comparado los resultados de ambos test, los cuales se seccionaron de igual manera en "no apto", "regular", "bien" y "excelente".

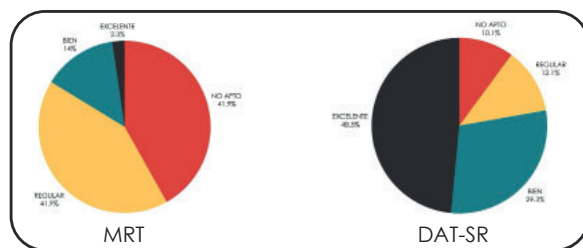


FIGURA 29. NOTAS FINALES TEST

Estas comparaciones han resultado en que sí existe una correlación directa entre ambos, quizá en algún aspecto de manera unidireccional pero igualmente relacionados.

Todos los estudiantes de media que realizan en calidad de “bien” o “excelente” el MRT, así también lo hacen con el DAT-SR. Sin embargo, no ocurre lo mismo en sentido opuesto. Pese a todo esto, cuánto mejor se haga un test, mejor se hará el otro.

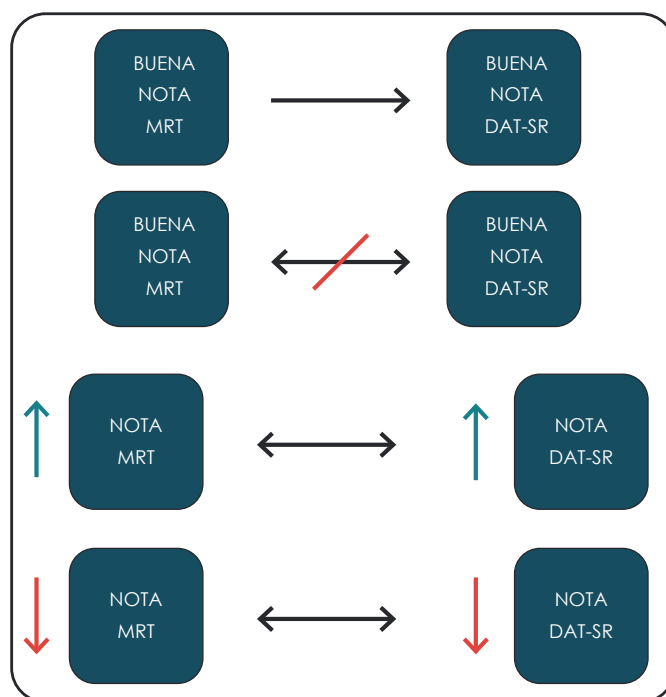


FIGURA 30. CORRELACIÓN ENTRE TEST

#### ● 7.2.4.4. SKETCHUP CON NOTA ASIGNATURAS

Esta sección va dedicada a analizar si haber experimentado el estímulo de SketchUp ha repercutido en la nota final de las asignaturas.

En apartados anteriores ya se ha comentado si SketchUp influía o no en la mejora de los test, pero en este caso se pretende buscar una relación directa con las notas de las asignaturas sin pasar por los test, con el fin de averiguar si los test son los adecuados para evaluar estas aptitudes, pues si SketchUp hubiera ayudado a obtener buenas calificaciones en las asignaturas pero no en los test, igual es que es realmente un estímulo eficaz y el problema sería que no se estaría midiendo correctamente su efecto.

Para ello, se procede a la comparativa de notas de las asignaturas entre los que cursaron SketchUp y los que no.

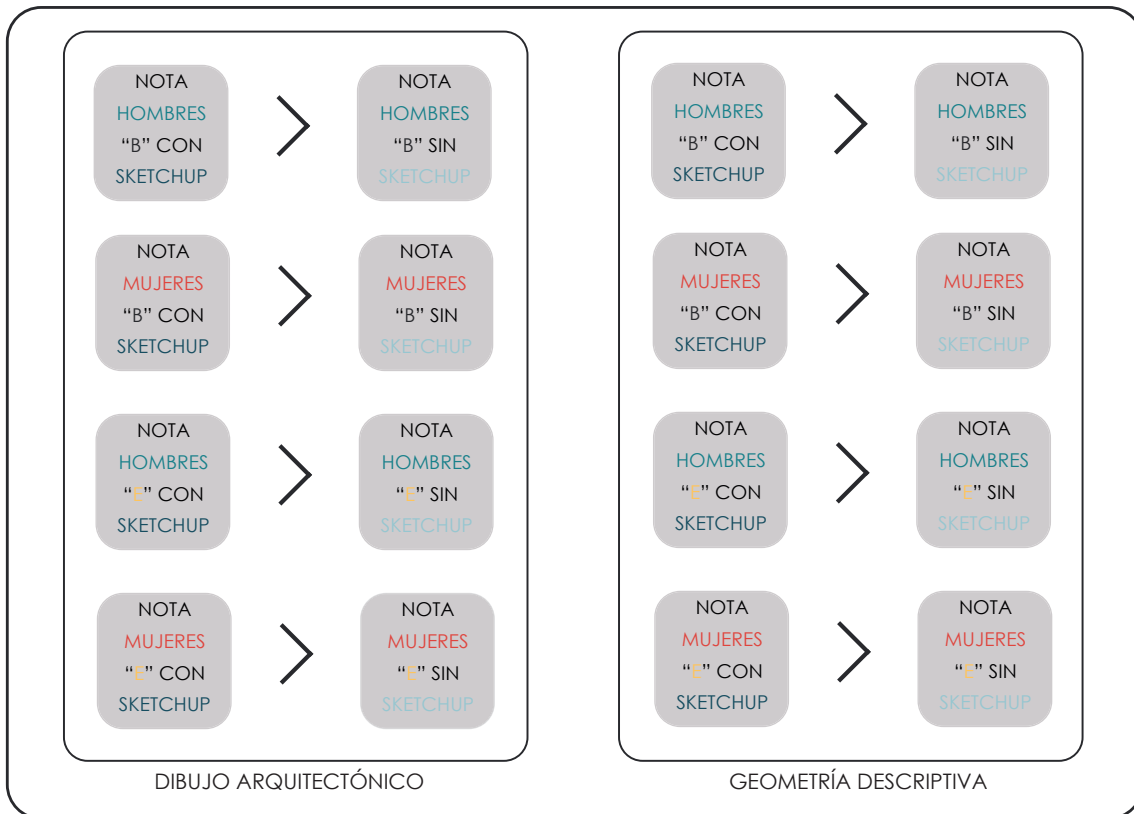


FIGURA 31. CORRELACIÓN SKETCHUP CON ASIGNATURAS

Se puede ver como absolutamente todos los estudiantes que han cursado el programa de SketchUp, independientemente del género o del grupo, han obtenido mejores calificaciones que los que no asistieron.

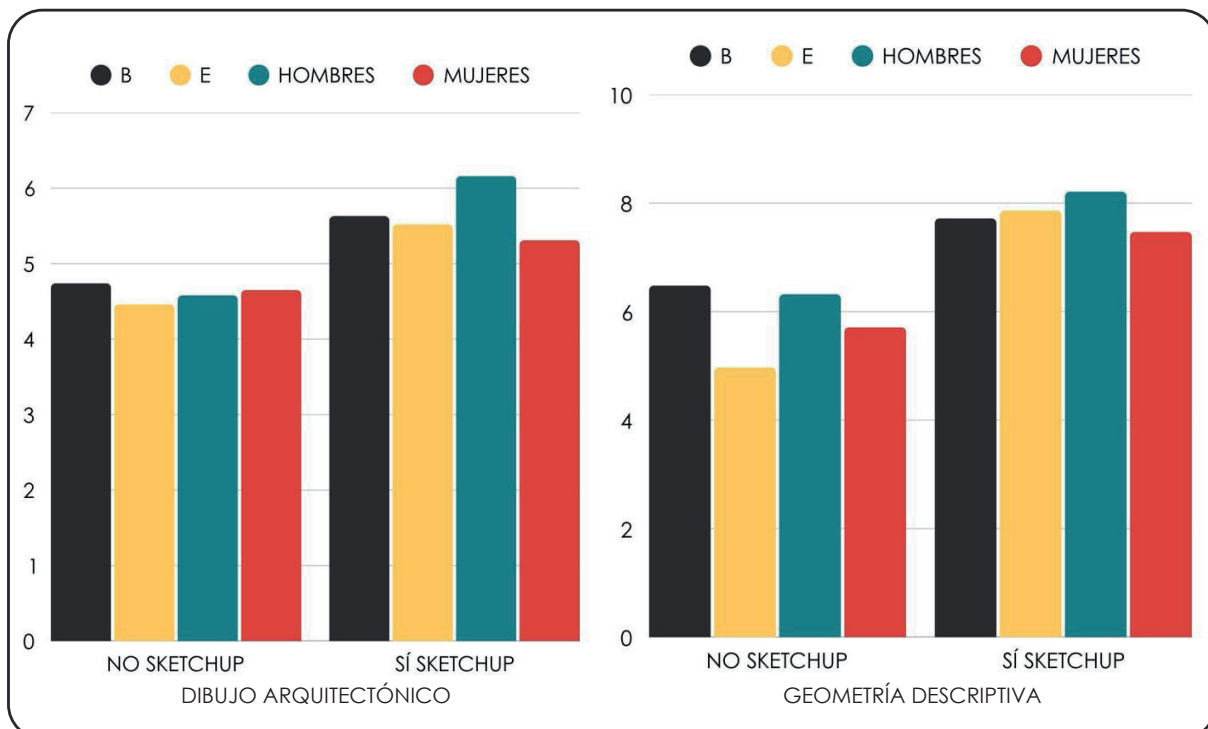


FIGURA 32. NOTAS FINALES DAR Y DES. VARIABLE SKETCHUP

# 8. CONCLUSIÓN

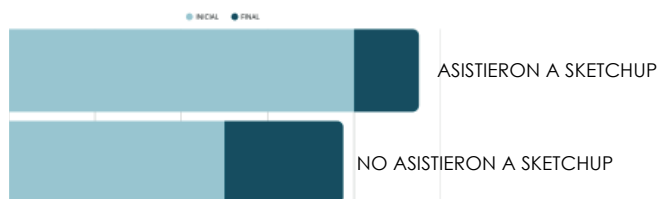
## 8.1. CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo se ha pretendido obtener y analizar información con el fin de concluir si el uso de softwares de modelado 3D influye en la mejora del rendimiento académico de los estudiantes de primero de arquitectura. Y de este modo, poder reestructurar los programas docentes con el objetivo de optimizar la mejora y el entendimiento del alumnado, así como también combatir las desigualdades iniciales al ingreso en la universidad.

Tras la recopilación de datos y el análisis, se concluye que el software de SketchUp sí que es efectivo y que es más útil para el MRT que para el DAT-SR. También cabe mencionar que no afecta notablemente entre los hombres, pero sí ayuda a las mujeres a mejorar en algún test como el MRT con más facilidad.



Se puede observar cómo, inesperadamente, los estudiantes que se apuntaron al programa de SketchUp han mejorado menos que los que no asistieron; sin embargo, sí que tienen mejores calificaciones al final. Tras el estudio y el análisis de los datos se concluye que esa situación es debido a que tenían menos margen de mejora, pues en líneas generales, los que se apuntaron a SketchUp ya partían con mejor nota que los que no.



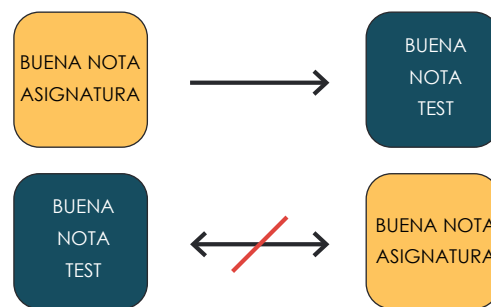
Para comprobar esto, se ha buscado a alumnos que hayan terminado con buenas calificaciones, pero empezado con malas. Resulta que prácticamente todos estos alumnos fueron de los que asistieron a SketchUp, lo que corrobora que sí que es útil. Algunos de estos alumnos tiene la "N" marcada como que no asistieron a SketchUp pero eso es a causa de no haber asistido al mínimo establecido para clasificarlos con "S"; pese a todo esto, la influencia de SketchUp en ellos es considerable pues solamente se quedaron a una o dos asistencias por debajo del límite.

B004N	3,4	6,6	3,2	0,5	2	1,5	4,2	5,4
B036N	6,4	7,8	1,4	3	7,5	4,5	7	7,1
B043N	5,8	8	2,2	2	4,75	2,75	4	6
B085S	5,2	9	3,8	3,25	4,75	1,5	5,4	6,5
B134N	5,8	8,6	2,8	2	4,75	2,75	5,2	5,7

TABLA 2. ESTUDIANTES CON MEJORAS SIGNIFICATIVAS

Como se ha marcado en la TABLA 2, son estudiantes que han mejorado entre 2 y 4 puntos, rozando los 5, una cantidad destacable.

Además de esto, si se tiene buena nota en las asignaturas generalmente se hacen bien los test, sin embargo, en el sentido opuesto es similar pero no igual. Esto puede ser debido a que quizá los test no son del todo los adecuados para medir las aptitudes que las asignaturas demandan, pues absolutamente todos los estudiantes que cursaron SketchUp son los que tiene las mejores calificaciones en las asignaturas (FIGURA 31 y FIGURA 32), pero no es así 100% como lo reflejan los resultados de los test (FIGURA 17). Además, las asignaturas impartidas en arquitectura tratan más aspectos de la visión espacial que los evaluados mediante esos test. Por lo que igual, un alumno obtiene una buena nota en la asignatura debido a alguna habilidad que tiene desarrollada, sin embargo, no es una de las que están siendo evaluadas con los test. De esta forma, el test asigna a dicho alumno una calificación inferior a la que realmente le corresponde sencillamente por falta de información o porque no está teniendo en cuenta todo lo que en arquitectura se trabaja.



Por otro lado, SketchUp no funciona mejor en función de los grupos B o E, de hecho, los del B mejoran más que los del E, independientemente de todo.



En relación a las cuestiones de género, se puede concluir que los hombres apenas se han visto afectados por el estímulo de SketchUp, sin embargo, la mejora en las mujeres sí fue más notable.



En la realización del DAT-SR sin estímulos ni ayudas, los hombres naturalmente mejoran más que las mujeres, pero una vez se incorporan las ayudas ya se igualan. De hecho, aunque las mujeres no mejoran más, si cursan SketchUp, obtendrán mejor nota que los hombres, los cuales han obtenido un mejor resultado cuando no ha habido estímulo de por medio (FIGURA 33).

También se ha observado que las mujeres mejoran más que los hombres en el MRT, independientemente de si cursan SketchUp o no. Quizá por tener más margen de mejora o quizá por desarrollar más rápidamente esta habilidad. Con esto, las mujeres que sí cursaron SketchUp obtuvieron una mejor nota a final de curso en el MRT que los hombres (FIGURA 34).

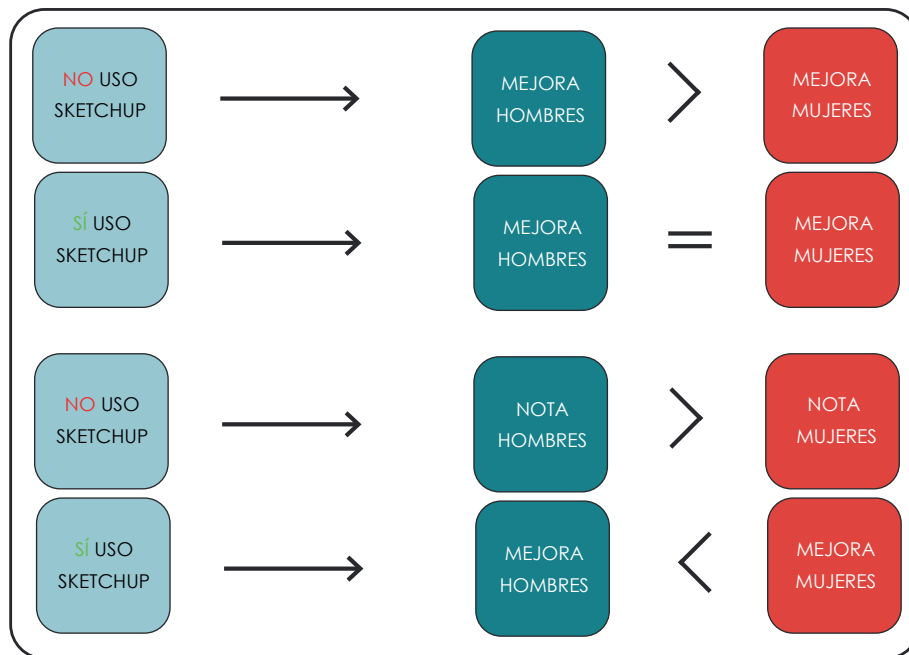


FIGURA 33. CONCLUSIONES DAT-SR EN FUNCIÓN DEL GÉNERO

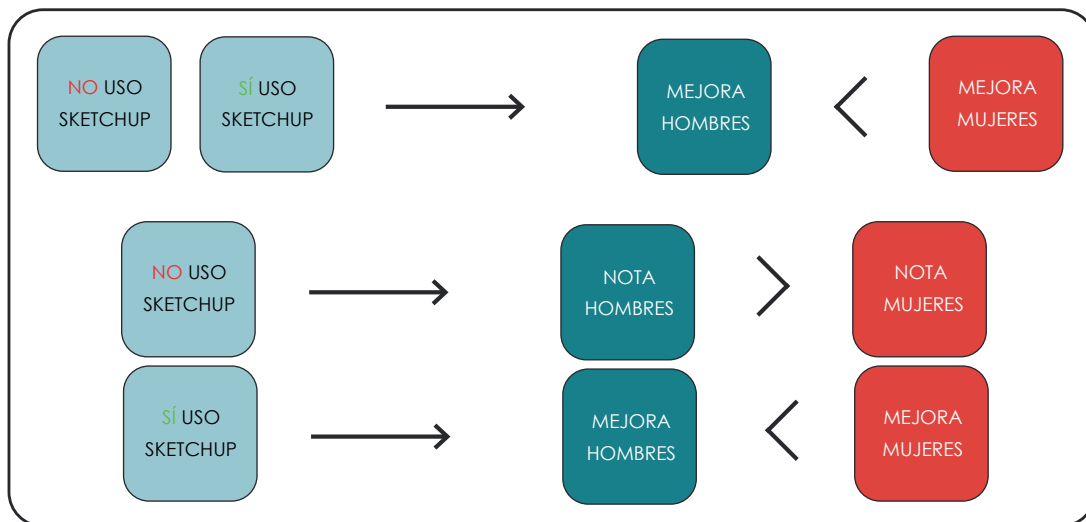


FIGURA 34. CONCLUSIONES MRT EN FUNCIÓN DEL GÉNERO

Por último, recordar que los estudiantes del grupo E generalmente son extranjeros que han podido tener dificultades con el idioma y de esta forma no haber seguido su ritmo natural de trabajo y mejora, lo que puede poner en duda los resultados obtenidos de dicho grupo.

Dicho todo esto, se finaliza con la respuesta a la gran pregunta, ¿influye el uso de un software de modelado 3D como SketchUp o AutoCAD en la mejora de la visión espacial del alumnado? La respuesta es generalmente sí, pues hay matices y variables que pueden hacer que esto cambie ligeramente, pero efectivamente, se puede afirmar que sí que influye y que se recomienda su uso didáctico para mejorar determinadas aptitudes. Se ha visto que el alumnado que ha utilizado SketchUp ha obtenido las mejores calificaciones, por lo que se puede deducir que el uso de SketchUp sí que es útil y que, por su parte, los test cuyo fin es medir la eficacia de este programa igual no lo son tanto para evaluar estas aptitudes en concreto de las que requiere la arquitectura.

Y después de todo, se propone el diseño de un test de medición de visión espacial más enfocado a la arquitectura y no tanto a la ingeniería. De este modo se podría usar un test como este o similares en la carrera y poder así, evaluar la capacidad de visión espacial del alumnado teniendo en cuenta todos los aspectos y aptitudes que realmente se tratan en arquitectura, sin dejarse ninguno olvidado, y obviando alguno que quizá no sea tan recurrente.

## 8.2. PROPUESTA TEST ARQUITECTÓNICO

Con el objetivo de evaluar la capacidad de visión espacial desde una perspectiva más vinculada a la arquitectura, se ha propuesto el diseño de un test específico que permita analizar esta competencia en relación con conceptos fundamentales del diseño arquitectónico. A diferencia de otros instrumentos estandarizados que se centran en rotaciones o plegados genéricos, este nuevo test busca una aproximación más enfocada a esta práctica, teniendo en cuenta elementos propios del espacio arquitectónico.

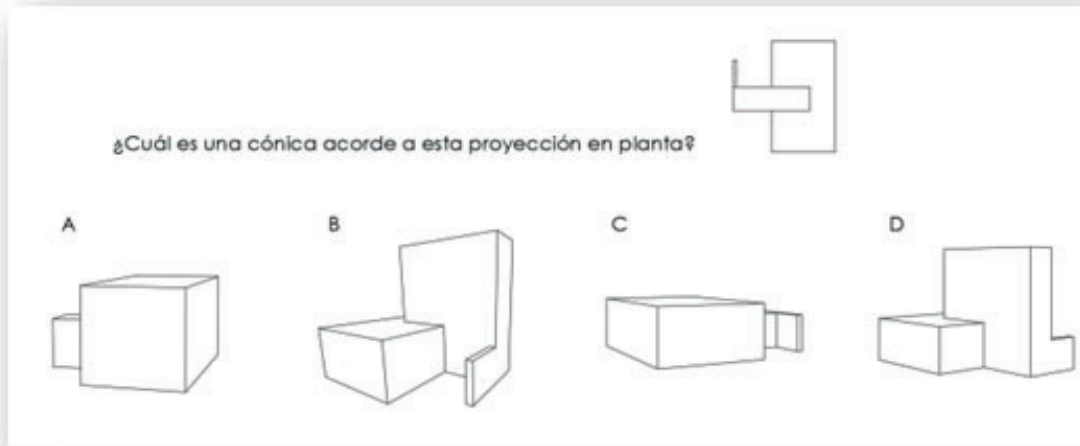
Como bien se ha comentado anteriormente, el test propuesto se relaciona con conceptos fundamentales de la arquitectura, con el fin de poder aplicar las principales habilidades evaluadas en otros test a este sector del diseño. Hay una considerable cantidad de test mencionados en otros apartados del presente trabajo (4.2.1) en los que se ofrece evaluar habilidades como la rotación mental de objetos tridimensionales, el plegado y ensamblaje mental 3D, la interpretación de vistas ortogonales, la simetría espacial o la visualización de secciones espaciales, entre otros (estas habilidades también son útiles en la arquitectura pero no son exclusivas de ésta, por ello es que no potencia al máximo la evaluación). Sin embargo, estos test están mayoritariamente destinados a evaluar la visión espacial de otros campos, pues la evaluación de estas habilidades es recomendable aplicarlas en sectores como el diseño gráfico o industrial, la ingeniería mecánica, la ingeniería de producto, la ingeniería civil... El resto de estos test, que son la minoría, son aplicables en el ámbito de la arquitectura, pues generalmente para evaluar la visión espacial se usan objetos abstractos o sin ninguna relación con el mundo del arquitecto. No es lo mismo trabajar con objetos aleatorios que con objetos relacionados con el espacio, con la interacción entre volúmenes o con el entorno.



Por todo esto, se ha diseñado un test para evaluar la capacidad de visión espacial en relación a la arquitectura, usando conceptos como el volumen, la función, el lugar, la geometría o el color. Este test tiene como fin poder identificar el nivel de la rama arquitectónica más pura de la visión espacial de los estudiantes. Para ello, el test se estructura en cinco secciones, cada una de las cuales consta de cuatro preguntas centradas en un aspecto clave de la arquitectura como bien se ha mencionado: volumen, función, lugar, geometría y color. Cada sección aborda una dimensión específica de la visión espacial aplicada, tal como se describe a continuación:

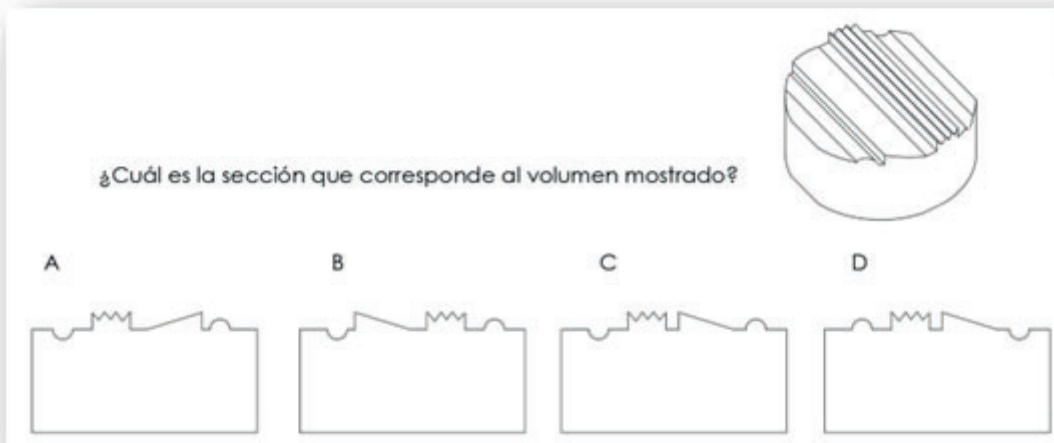
### Sección 1. Volumen.

La primera sección evalúa la capacidad de comprender e interpretar volúmenes arquitectónicos. Se presentan proyecciones que deben relacionarse con sus respectivas perspectivas fugadas, o viceversa. El objetivo es identificar si el estudiante posee las aptitudes necesarias para analizar correctamente las relaciones entre vistas y volúmenes 3D.



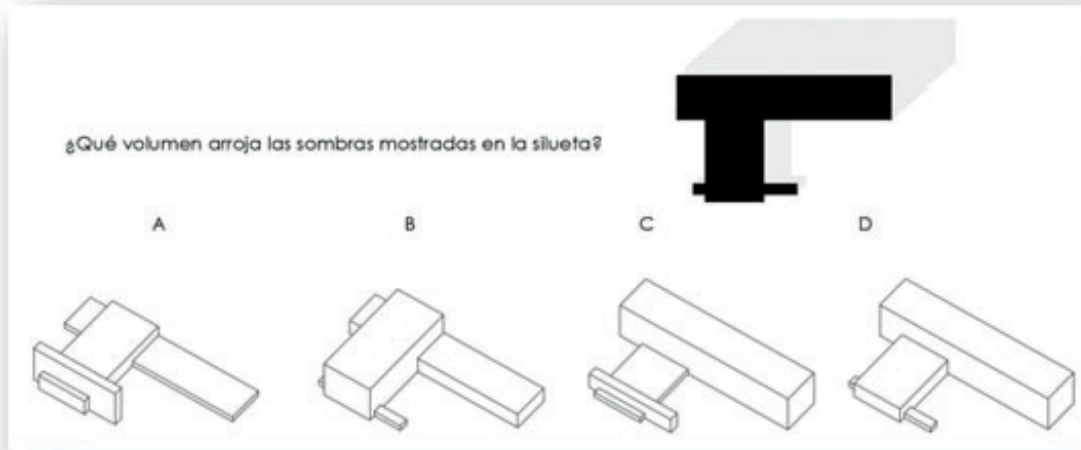
### Sección 2. Función.

En esta parte, el foco está en la relación entre el volumen y su funcionalidad arquitectónica. A través de cortes o secciones de un edificio, se pide al estudiante que relacione estas representaciones con el volumen que les da origen, valorando si entiende cómo los diseños se vinculan con secciones concretas.



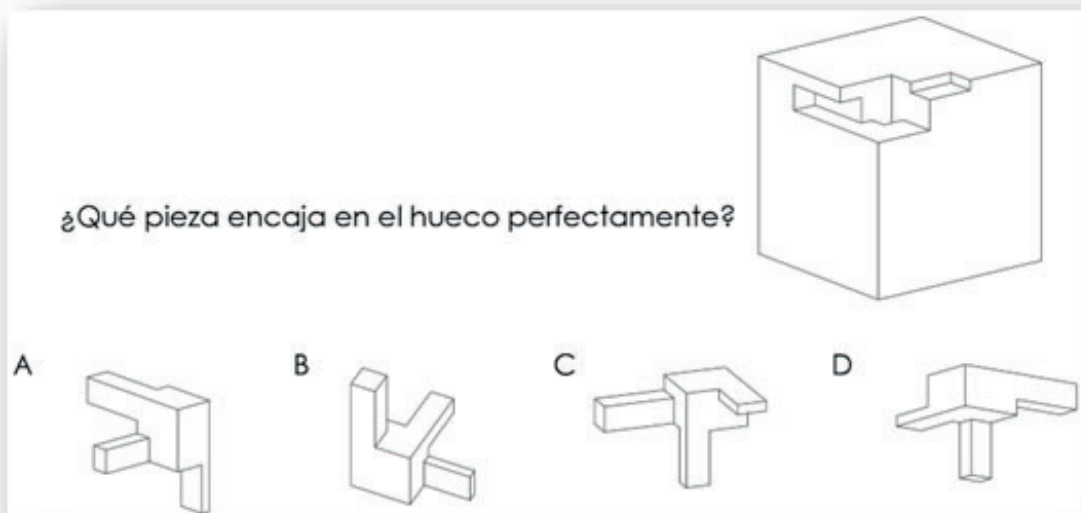
### Sección 3. Lugar.

Esta sección subraya la importancia del contexto y del entorno en la percepción arquitectónica. Se evalúa la capacidad del alumno para visualizar cómo un volumen interactúa con el lugar en el que se sitúa, en este caso, mediante el comportamiento de las sombras proyectadas dependiendo de la forma del volumen.



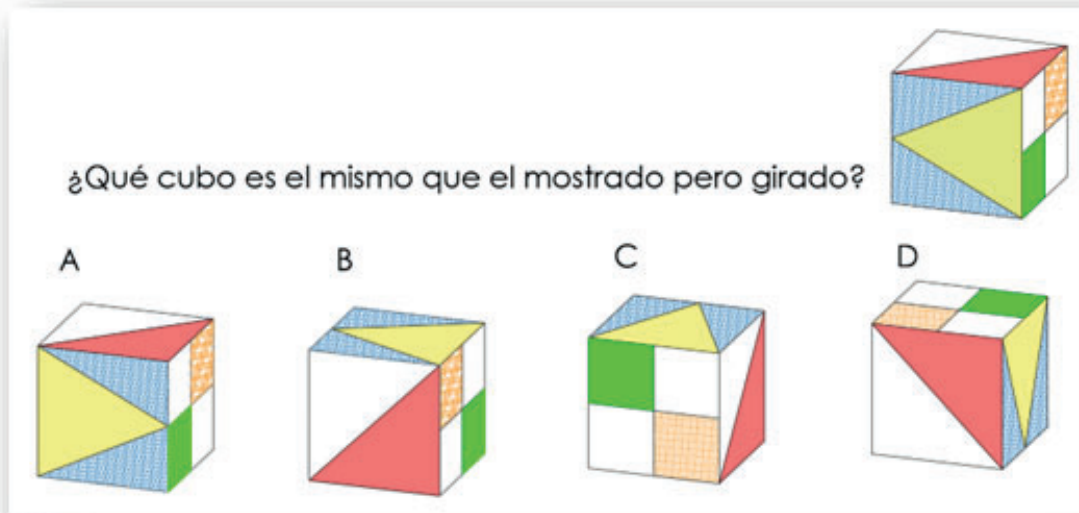
### Sección 4. Geometría.

En este apartado, se propone un ejercicio de encaje geométrico tridimensional. Se presentan volúmenes a los que se les ha sustraído una parte, y se solicita al alumno que determine cuál es el fragmento que encaja exactamente en dicho hueco, poniendo a prueba su habilidad para reconstruir formas complejas a partir de componentes parciales.



## Sección 5. Color.

Por último, la sección de color evalúa la capacidad de identificación volumétrica a través de patrones visuales. A partir de volúmenes con diferentes distribuciones de color, tramas o estampados, se debe seleccionar el objeto que corresponde exactamente al modelo inicial, valorando así la visión espacial mediante la atención al detalle basada en elementos cromáticos y gráficos.



## 8.3. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

A lo largo de la realización de este trabajo se ha tenido presente el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). En consonancia con esto, se va a comentar cómo en mayor o menor medida están incorporados estos ODS en el trabajo, de manera que se den a conocer los mismos y se promueva la sensibilización hacia ellos.



El primero de los ODS no está relacionado con el tema de trabajo.



Ocurre lo mismo con el segundo.



Parece que no tenga relación directa, sin embargo, si los estudiantes logran mejorar y desarrollar sus habilidades, se sentirán más satisfechos y con ello aumentará su salud mental y, en consecuencia, su bienestar.



Este objetivo ha estado presente en el 100% del trabajo, pues se persigue constantemente una educación de calidad, buscando herramientas y estrategias didácticas con el fin de ofrecer lo mejor al alumnado y lo más óptimo para éste, en función de las características y necesidades de cada uno.



Este ODS también es contemplado y tratado. El trabajo aborda este ODS desde la búsqueda de igualdad de oportunidades para ambos géneros. Esto se consigue mediante la investigación de cómo evoluciona el desarrollo de cada uno de los géneros, y de esta manera poder incorporar medidas adaptas a cada uno de éstos.



No existe relación directa con este objetivo.



Del mismo modo, tampoco existe relación directa con este objetivo.



Se puede considerar que se trata este objetivo, al trabajar decentemente con el alumnado proporcionándoles conocimiento que permita un crecimiento en la sociedad, entre ellos, el económico.



El presente trabajo tiene relación con el punto 9 de los ODS ya que se pretende innovar en la actividad docente, incorporando nuevos sistemas didácticos que permitan mejorar la manera en la que se han hecho las cosas hasta el tiempo presente.



La reducción de las desigualdades es una de las cosas que define este trabajo, pues se ha estudiado las maneras de combatir dichas desigualdades iniciales con las que el alumnado ingresa a la universidad, con el fin de incorporar medidas equitativas, y así, alcanzar la igualdad en la docencia.



Este objetivo apenas tiene relación con el trabajo.



El trabajo tiene cierta relación al mostrar con las herramientas digitales que no se consume apenas papel, por lo que se reduce su producción, promoviendo entre el alumnado el consumo responsable.



Este ODS se tiene en cuenta al darle la oportunidad a la docencia de incorporar herramientas didácticas digitales, que reducen prácticamente a cero el consumo de papel y permiten mejorar al medio ambiente.



ODS no tratado en este Trabajo Final de Grado



Al igual que en los objetivos 12 y 13, la vida de ecosistemas terrestres mejora, al reducir la producción de papel, tanto del mundo vegetal como de la fauna que en él habita.



Este objetivo se aborda al permitir que el alumnado reciba una docencia justa, independientemente de sus características personales o sociales. Además, todo esto, desde una institución sólida.



Se puede considerar una relación entre este objetivo y el trabajo al ver que las instituciones docentes se han aliado con el fin de buscar y encontrar las medidas óptimas que permitan mejorar el nivel de los alumnos a su cargo.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

**ARMSTRONG, Thomas.** Las inteligencias múltiples en el aula. Barcelona: Editorial Paidós, 2009.

**AUTODESK INC.** AutoCAD. San Rafael, CA: Autodesk Inc., 2024. Disponible en: <https://www.autodesk.com/products/autocad> [Consulta: mayo 2025].

**BASHAM, K. Lynn; KOTRLIK, Joe W.** The Effects of 3-D CADD Modeling Software on the Development of Spatial Ability of Technology Education Students. *Journal of Technology Education*, 2008, vol. 20.

**BENNETT, George K.; SEASHORE, Harold G.; WESMAN, Agnes G.** Differential Aptitude Tests: Manual. New York: The Psychological Corporation, 1982. ISBN 0-15-623622-5.

**BLENDER FOUNDATION.** Blender. Ámsterdam: Blender Foundation, 2024. Disponible en: <https://www.blender.org> [Consulta: mayo 2025].

**CARRIÓN, María; FERRER, Belén.** La capacidad de visualización espacial como predictor de éxito académico en estudios de ingeniería y arquitectura. *Revista de Educación*, 2010, n.º 352, p. 653–673. ISSN 0034-8082.

**CHÁVEZ SOMOZA, Alicia Roxana; QUIJUN MARTÍNEZ, Juan José.** Desarrollo de habilidades espaciales en estudiantes universitarios mediante talleres de modelado 3D. *Revista Educación*, 2023, vol. 21, n.º 22.

**CHING, Francis D.K.** Drawing: A creative process. New York: Wiley, 2010. ISBN 978-0-470-43939-2.

**CHING, Francis D.K.** Introducción a la arquitectura. Barcelona: Gustavo Gili, 2015. ISBN 978-84-252-2760-2.

**CUTTING TEST basado en: FRENCH, John W.; EKSTROM, Ruth B.; PRICE, Lyle A.** Manual for Kit of Reference Tests for Cognitive Factors. Princeton, NJ: Educational Testing Service, 1963.

**DASSAULT SYSTÈMES.** SolidWorks. Vélizy-Villacoublay: Dassault Systèmes, 2024. Disponible en: <https://www.solidworks.com> [Consulta: mayo 2025].

**EKSTROM, Ruth B. et al.** Kit of Factor-Referenced Cognitive Tests. Princeton, NJ: Educational Testing Service, 1976. (Incluye Paper Folding Test, Card Rotation Test, Surface Development Test.)

**FERGUSON, Eugene S.** Engineering and the Mind's Eye. Cambridge, MA: MIT Press, 1992. ISBN 0-262-06147-3.

**GARDNER, Howard.** Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences. Nueva York: Basic Books, 1983.

**GARDNER, Howard.** Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences. New York: Basic Books, 2011. ISBN 978-0-465-02610-8.

**GARDNER, Howard.** Intelligence Reframed: Multiple Intelligences for the 21st Century. Nueva York: Basic Books, 1999.

**GARDNER, Howard.** Las inteligencias múltiples: La teoría en la práctica. Barcelona: Paidós Ibérica, 2006.

**GARDNER, Howard.** Multiple Intelligences: New Horizons in Theory and Practice. Nueva York: Basic Books, 2011.

**GEOGEBRA GMBH.** GeoGebra 3D Graphing. Linz: GeoGebra GmbH, 2024. Disponible en: <https://www.geogebra.org/3d> [Consulta: mayo 2025].

**GÓMEZ PUENTE, Sonia M.; SOMMER, Katrin; VAN EIJCK, Michiel.** A review of SketchUp as an educational tool in design education. *Design and Technology Education: An International Journal*, 2013, vol. 18, n.º 1, p. 34–45. ISSN 1360-1431.

**GRAVITY SKETCH LIMITED.** Gravity Sketch. Londres: Gravity Sketch Limited, 2024. Disponible en: <https://www.gravitysketch.com> [Consulta: mayo 2025].

**GUAY, Roland B.** Purdue Spatial Visualization Tests: Visualization of Rotations. West Lafayette, IN: Purdue Research Foundation, 1976.

**GUAY, Roland B.** Visualization of Views Test: Manual. West Lafayette, IN: Purdue Research Foundation, 1977.

**IÑARRA-ABAD, Susana; SENDER-CONTELL, Marina; PÉREZ DE LOS COBOS-CASINELLO, Marta.** Aptitudes de juicio estético y visión espacial en alumnos de arquitectura. En: VIII Jornadas sobre Innovación Docente en Arquitectura (JIDA'20). Barcelona: Iniciativa Digital Politècnica; Málaga: UMA Editorial, 2020.

**LEGO GROUP.** LEGO Construction Sets. Billund: LEGO Group, 2024. Disponible en: <https://www.lego.com> [Consulta: mayo 2025].

**LIKERT, Rensis; QUASHA, William H.** Minnesota Paper Form Board Test: Revised Manual. New York: Psychological Corporation, 1941.

**LINN, Marcia C.; PETERSEN, Anne C.** A meta-analysis of gender differences in spatial ability: Implications for mathematics and science achievement. *Psychological Bulletin*, 1985, vol. 94, n.º 1, p. 10–26. DOI: 10.1037/0033-2909.94.1.10.

**LLOBET, Jordi.** Educación espacial: visión espacial y pensamiento visual. Barcelona: Editorial Graó, 2006. ISBN 978-84-7827-460-7.

**MAEDA, Yukiko; YOON, So Yoon.** A Meta-Analysis on Gender Differences in Mental Rotation Ability Measured by the Purdue Spatial Visualization Tests: Visualization of Rotations (PSVT:R). *Educational Psychology Review*, 2013, vol. 25.

**MARTIN-DORTA, Nareme; SAORÍN, José Luis; CONTERO, Manuel.** Development of a fast remedial course to improve the spatial abilities of engineering students. *Journal of Engineering Education*, 2008, vol. 97, n.º 4, p. 505–513.

**NAVARRO, Rosa; SAORÍN, José Luis; CONTERO, Manuel, et al.** El desarrollo de las habilidades de visión espacial mediante actividades de expresión gráfica en futuros ingenieros. 2004.

**OCULUS VR.** Oculus Medium. Menlo Park, CA: Oculus VR (Meta Platforms), 2024.

Disponible en: <https://www.oculus.com/medium/> [Consulta: mayo 2025].

**ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA (UNESCO).** Replantear la educación: hacia un bien común mundial. París: UNESCO, 2015. ISBN 978-92-3-300022-3.

**ORIGAMIUSA.** Origami: The Art of Paper Folding. Nueva York: OrigamiUSA, 2023. Disponible en: <https://origamiusa.org> [Consulta: mayo 2025].

**PETERS, Michael et al.** A Revised Version of the Vandenberg and Kuse Mental Rotations Test: Multiple Forms and an Updated Normative Data Set. *Perceptual and Motor Skills*, 1995, vol. 81, n.º 3, p. 1231–1237.

**SAORÍN, José Luis; NAVARRO TRUJILLO, Rosa; HARTOONIAN, Noreen.** Mejoras en la visión espacial mediante la enseñanza de la expresión gráfica. 2005.

**SAORÍN PÉREZ, José Luis et al.** La capacidad espacial y su relación con la ingeniería. *Dyna. Ingeniería e Industria*, 2009, vol. 84, n.º 9, p. 721–732.

**SCOTT, Lloyd.** Testing spatial ability in architecture education: The architectural aptitude test. *International Journal of Technology and Design Education*, 2012, vol. 22, n.º 1, p. 1–17.

**SHEPARD, Roger N.; METZLER, Jacqueline.** Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, 1971, vol. 171, n.º 3972, p. 701–703.

**SMITH, Isaac.** *Spatial Ability: Its Educational and Social Significance*. London: University of London Press, 1964.

**SORBY, Sheryl A.** Developing 3D spatial skills for engineering students. *Australasian Journal of Engineering Education*, 2009, vol. 15, n.º 1, p. 1–11.

**SORBY, Sheryl A.** Educational research in developing 3D spatial skills for engineering students. *International Journal of Science Education*, 2009, vol. 31, n.º 3, p. 459–480.

**TRIMBLE INC.** SketchUp. Sunnyvale, CA: Trimble Inc., 2024. Disponible en: <https://www.sketchup.com> [Consulta: mayo 2025].

**TRISTANCHO-ORTIZ, Julián A.; VARGAS-TAMAYO, Luis F.** Influencia del software SolidWorks en el desarrollo de la visión espacial de los estudiantes de Ingeniería. *Science and Technology*, 2019, vol. 24, n.º 1.

**VOYER, Daniel; VOYER, Susan; BRYDEN, Michael P.** Magnitude of sex differences in spatial abilities: A meta-analysis and consideration of critical variables. *Psychological Bulletin*, 1995, vol. 117, n.º 2, p. 250–270.

**VANDENBERG, Steven G.; KUSE, Allan R.** *Mental Rotations, a Group Test of Three-Dimensional Spatial Visualization*. Perceptual and Motor Skills, 1978.

**VERGARA-RODRÍGUEZ, Diego; FERNÁNDEZ ARIAS, Pablo.** Impacto del uso de entornos de aprendizaje TIC en el desarrollo de la visión espacial. *Brazilian Journal of Education, Technology and Society*, 2023.

**YARIN ACHACHAGUA, Yasser Hipolito; TARAZONA ROMERO, Hugo Eliseo.** Aplicación

de herramientas tecnológicas para el desarrollo de la visión espacial en educación a distancia. *Revista de Educación a Distancia*, 2022, vol. 22, n.º 68.

**YARIN ACHACHAGUA, Yasser Hipolito; TARAZONA ROMERO, Hugo Eliseo.** Taller de geometría espacial para mejorar la visión espacial en estudiantes de educación a distancia. *Revista de Educación a Distancia*, 2023, vol. 23, n.º 72.

