

Matemáticas y Arquitectura



ALBERTO FORTES NOVOA
SANDRA SAMBADE NIETO

Día Escolar de las Matemáticas

12 de mayo de 2027



Federación
Española de
Sociedades de
Profesores de
Matemáticas

Día Escolar de las Matemáticas 2027
Matemáticas y Arquitectura

Alberto Fortes Novoa y Sandra Sambade Nieto

SERVICIO DE PUBLICACIONES DE LA FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE SOCIEDADES DE PROFESORES DE MATEMÁTICAS

Avda. de la Mancha, s/n. (IES Universidad Laboral)

02006 Albacete

publicaciones@fespm.es

<https://fespm.es/>

© 2026 FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE SOCIEDADES DE PROFESORES DE MATEMÁTICAS (FESPM)

ISBN: 979-13-87777-02-9

España

Imagen de portada: Alberto Fortes Novoa, adaptada de [VANK.NGN](#)

1. Introducción

Para la celebración del Día Escolar de las Matemáticas 2027, proponemos explorar la arquitectura no solo como un arte visual, sino como una ciencia de precisión. Siguiendo la tradición, iniciada en el año 2000 para conmemorar el nacimiento de Pedro Puig Adam, de mostrar la presencia de las matemáticas en diversos ámbitos de la realidad, este material busca que el alumnado desvele la matemática oculta en los espacios que habitamos, desde la ergonomía de una silla hasta la planificación de una ciudad. Pretendemos que el alumnado explore cómo las matemáticas ayudan a comprender y diseñar el espacio vital que nos rodea, desde la casa hasta el mundo global en el que vivimos, pasando por la ciudad y sus grandes monumentos.

Cuando pensamos en la relación entre arquitectura y matemáticas, una de las primeras ideas que aparece es la proporción. La arquitectura trabaja con medidas, escalas y relaciones entre tamaños: la altura de una puerta respecto a una persona, el tamaño de una ventana en relación con una fachada, las dimensiones de una plaza en comparación con los edificios que la rodean. La escala es el puente que conecta el cuerpo humano con el espacio construido.

Podemos empezar por la escala más cercana y tangible: nuestro propio cuerpo. Somos nosotros quienes habitamos las casas, subimos escaleras, cruzamos calles y utilizamos los espacios públicos. A partir de ahí, la mirada se amplía: la vivienda, el edificio, el barrio, la ciudad... hasta llegar a la escala global, donde la arquitectura se convierte en parte de un sistema mundial de ciudades interconectadas, consumo de recursos y transformaciones ambientales.

Este recorrido entre escalas recuerda al famoso cortometraje **Powers of Ten**, realizado por los diseñadores Ray y Charles Eames, en el que la cámara se aleja progresivamente desde una persona tumbada en un parque hasta mostrar el universo, y después vuelve a descender hacia el interior microscópico. De manera similar, queremos relacionar matemáticas y arquitectura ampliando y reduciendo nuestra mirada: de lo concreto y cercano a lo abstracto y global, de lo que podemos medir con una cinta métrica a lo que necesitamos representar con gráficas y modelos.

A lo largo de este texto recorreremos ese viaje: desde el cuerpo hasta el mundo, desde el espacio cotidiano hasta las dinámicas globales. Porque las matemáticas son, en cierto modo, la herramienta que nos permite cambiar de escala sin perder la comprensión del conjunto.

2. La escala humana. El Modulor

Inspirado en la medida humana (pulgada, pie, codo, braza, palmo...) usada para la construcción del Partenón, los templos indios y las catedrales, así como en el hombre de Vitruvio de Leonardo Da Vinci, el arquitecto franco-suizo Le Corbusier desarrolló el Modulor, un sistema de proporciones para encontrar una escala humana en la arquitectura. Este sistema es una herramienta matemática y geométrica que establece un conjunto de medidas proporcionales basadas en las dimensiones de nuestro cuerpo, con el fin de crear espacios que sean funcionales y estéticamente armoniosos.

Le Corbusier buscaba una arquitectura más accesible para las personas, creando espacios que se adaptaran mejor a sus necesidades físicas mediante un sistema basado en proporciones naturales y matemáticas.

2.1. La escala

La escala es una herramienta matemática que permite la representación de un objeto, una casa o un terreno sobre un plano, manteniendo las proporciones pero con unas dimensiones más pequeñas. Las escalas más habituales son 1:1, 1:10, 1:50 y 1:100. Una escala 1:50 significa que una unidad de medida en el plano representa 50 unidades en la realidad: así, 1 cm medido en el plano se corresponde con 50 cm reales, es decir, 0,5 m. La escala 1:100 es más intuitiva, pues a 1 cm en el plano le corresponden 100 cm, es decir, 1 m en la realidad.

2.2. Las bases del Modulor

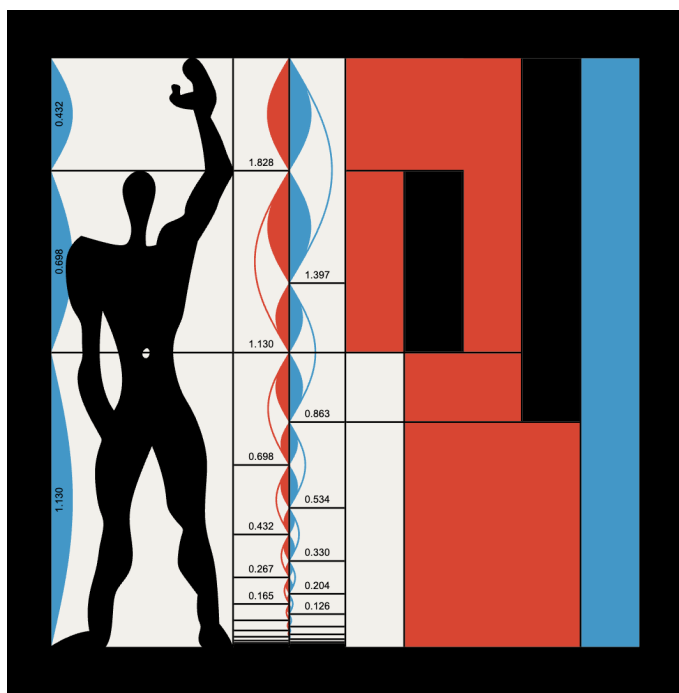


Figura 1: El Modulor (Xeno4n, CC BY-SA 4.0).

Para construir el Modulor, Le Corbusier tomó como referencia un hombre de 1,83 m de altura y de 2,26 m con el brazo levantado. A partir de estas medidas fue generando nuevas longitudes mediante sucesivas multiplicaciones y divisiones por el número áureo ($\Phi = \frac{1+\sqrt{5}}{2} \approx 1,618$), un número irracional que aparece en la naturaleza, el arte y la arquitectura.

Así obtuvo dos series de medidas —la roja y la azul en la figura 1— que proporcionan una amplia gama de dimensiones relacionadas entre sí. Estas proporciones pueden emplearse como referencia para diseñar puertas, ventanas, escaleras, muebles y otros elementos arquitectónicos, de manera que todos ellos mantengan unas proporciones coherentes y adaptadas a la escala humana.

Actividad 1: El número de oro se esconde en nosotros (trabajo en grupo)

Veamos si el modelo de Le Corbusier funciona con nuestras medidas. Utilizad una cinta métrica y tomad las siguientes medidas de vuestro cuerpo: altura, altura con el brazo levantado y altura hasta el ombligo.

a) Representa esas medidas en un dibujo similar al Modulor a escala 1:10.

b) Calcula las siguientes proporciones:

$$\text{i) } \frac{\text{altura con el brazo levantado}}{\text{altura hasta el ombligo}}, \quad \text{ii) } \frac{\text{altura}}{\text{altura hasta el ombligo}}$$

Comparte los resultados de estos cálculos con tu grupo. ¿Observáis algún patrón? ¿Se acerca alguno de los dos datos al número Φ ?

c) Recoged los datos de toda la clase de la proporción $\frac{\text{altura}}{\text{altura hasta el ombligo}}$. Calculad la media y la desviación típica de los datos. ¿Qué observáis?

d) Reflexiona sobre este modelo. ¿Piensas que se puede considerar el Modulor un modelo universal del cuerpo humano? ¿Qué defectos le encuentras?

Actividad 2: Diseña tu mundo con el Modulor

Las distintas medidas que aparecen en las series roja y azul tienen relación con el diseño de elementos arquitectónicos como puertas o ventanas, así como de mobiliario que necesitamos en acciones cotidianas: mesas, sillas, encerados. . .

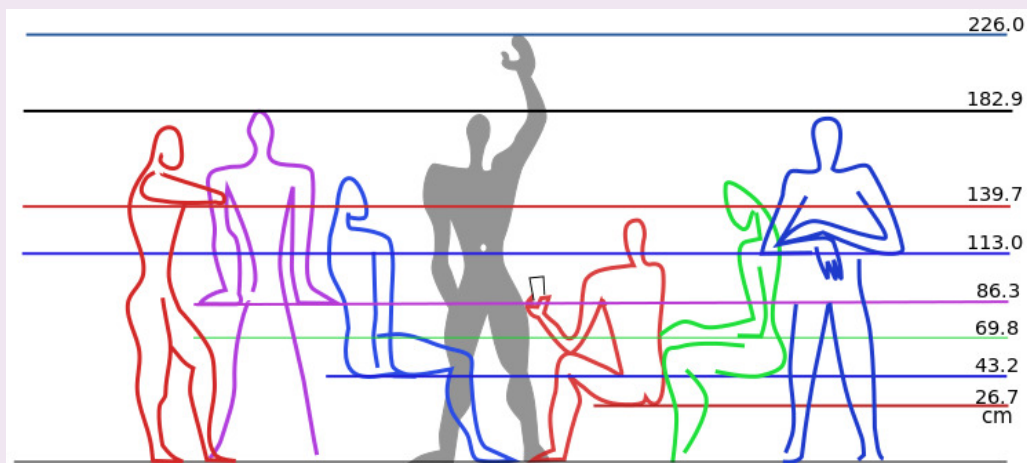


Figura 2: El Modulor en posiciones cotidianas (Shyamal, CC0).

- Averigua cómo se han calculado las distintas alturas que aparecen en la imagen a partir de la altura del Modulor (1,83 m), la altura con el brazo levantado (2,26 m) y el número de oro ($\Phi = \frac{1+\sqrt{5}}{2} \approx 1,618$).
- Indica cuáles crees que son las alturas que propone Le Corbusier para una mesa, una silla, el alféizar de una ventana y una puerta. Usando las medidas que tomaste de tu cuerpo en la actividad 1, indica cuáles serían esas medidas ajustadas a tu altura si fueses tú el modelo en lugar del Modulor.
- Verifica que tanto en la serie roja como en la azul cada término es la suma de los dos anteriores. ¿Conoces una famosa sucesión que cumple esta propiedad? ¿Qué relación tiene con Φ ?
- ¿Qué relación existe entre la serie azul y la roja? ¿Qué significado tiene esto en la relación que existe entre la altura con el brazo levantado y la altura del ombligo?

3. La casa como espacio para habitar

La vivienda es mucho más que un espacio físico. Es el lugar donde transcurre gran parte de nuestra vida, donde estudiamos, convivimos, descansamos y construimos nuestros proyectos personales. Si las necesidades básicas de todas las personas son similares, cabe preguntarse: ¿cuáles son los espacios mínimos con los que debería contar una vivienda? ¿Deberían tener todos la misma forma o las mismas dimensiones?

Parece razonable pensar que en una vivienda haya espacios imprescindibles, como el dormitorio, el baño, la cocina o el salón, y otros que puede tener o no, como el comedor, los espacios de juego o de trabajo, la terraza, el garaje, el trastero o la zona de lavado y tendido. La distribución y el tamaño de estos espacios vendrán determinados por las necesidades de las personas que habitan esa casa.

Cuando visitamos una casa vacía o miramos los planos de una vivienda en construcción solemos prestar atención al tamaño de las habitaciones o a la cantidad de luz que reciben, pero una casa es mucho más que un contenedor: es un espacio que debe acoger muebles, enseres y personas que se moverán entre ellos. Pensar desde el principio los espacios con un tamaño y una forma apropiados es fundamental en arquitectura. Para ello, la geometría, la proporción y la medida serán las herramientas matemáticas que nos ayuden a organizar esos espacios tridimensionales.

3.1. La escala de representación

Además de la escala numérica, en los planos es frecuente encontrar otro elemento que facilita su comprensión: la escala gráfica. Consiste en una línea recta graduada, dividida en partes iguales, que indica directamente la correspondencia entre las distancias medidas en el plano y las distancias reales. Tiene, además, una ventaja práctica frente a la escala numérica: si haces una fotocopia ampliando o reduciendo el plano, la escala gráfica se transforma con él y sigue siendo válida, mientras que la escala numérica deja de serlo.

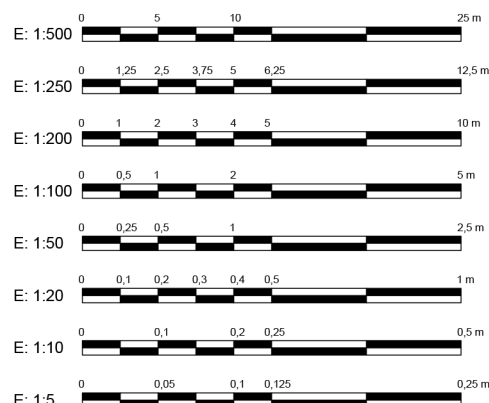


Figura 3: Escala gráfica.

3.2. Del refugio a la vivienda

En la prehistoria, la función de cobijo la cumplían pequeñas cuevas en las que las personas se refugiaban. Esa idea de refugio mínimo ha ido evolucionando a lo largo del tiempo, concretándose en formas y materiales adaptados a las culturas y a los climas de cada lugar. Como respuesta a la necesidad básica de dormir protegido se construyeron las pallozas (construcciones de montaña de planta redondeada y cubierta de paja, características de zonas como Os Ancares), las yurtas de las poblaciones nómadas de Mongolia o, ya en la actualidad, los refugios de alta montaña y las caravanas, que nos permiten desplazarnos llevando la casa con nosotros.

Actividad 3: Conoce las viviendas tradicionales y los refugios

En la figura siguiente se muestran las plantas de cuatro de estos refugios —una palloza, una yurta, una caravana y un refugio de montaña— dibujadas todas con la misma escala gráfica, lo que permite compararlas entre sí y medir directamente sobre el papel.

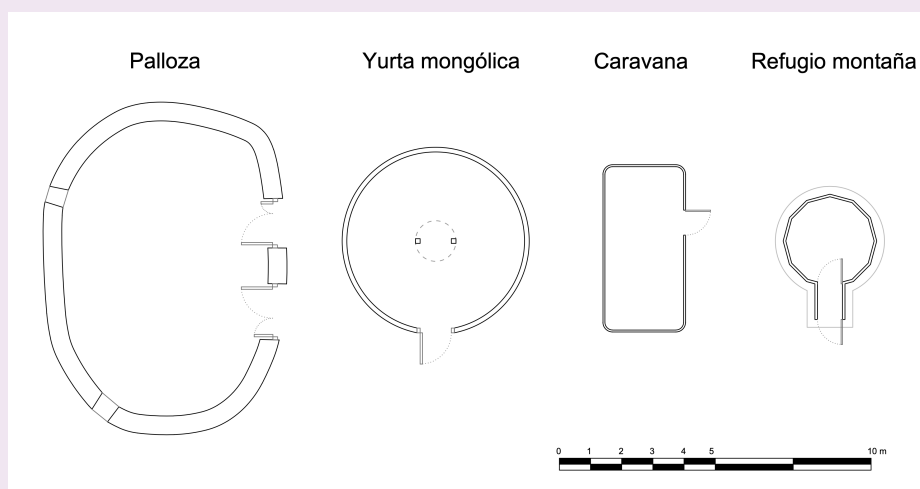


Figura 4: Plantas de distintos refugios y viviendas tradicionales ([enlace de descarga](#)).

- Mide con la regla las dimensiones máximas (largo y ancho) de cada refugio y pásalas a metros usando la escala gráfica.
- Calcula el área interior aproximada de cada uno. Observa que cada planta pide una estrategia distinta: la yurta es un círculo y la caravana es prácticamente un rectángulo. La palloza, de planta ovalada, puedes aproximarla por una elipse o superponer una cuadrícula y contar cuadrados. ¿Qué método te parece más fiable? ¿Por qué?
- Fíjate en el grosor de los muros. Mide el espesor del muro de la palloza y el de la pared de la yurta. ¿Cuántas veces es más grueso uno que otro? ¿Qué relación tiene esa diferencia con los materiales (piedra frente a fieltro y madera) y con el clima y el modo de vida (construcción permanente frente a vivienda desmontable)?
- Suponiendo que una persona necesita en torno a 10 m^2 de espacio habitable, estima cuántas personas podrían vivir en cada refugio. ¿Crees que podrías vivir en alguno de ellos?
- Busca una fotografía de cada uno de los refugios propuestos para entender el motivo de sus formas. El ejemplo de refugio de montaña es Cabaña Verónica en los Picos de Europa.

Actividad 4: ¡Compramos una casa!

Aunque actualmente las empresas constructoras suelen acompañar con imágenes 3D los diseños de las casas que venden, el plano sigue siendo una herramienta esencial para su construcción. Arquitectos, ingenieros y constructores tienen en el plano toda la información necesaria para levantar la vivienda. En los planos se suelen incluir representaciones de muebles para que las personas que compran se hagan una idea de las dimensiones reales de los espacios. Te proponemos que uses la escala dada para calcular las dimensiones de algunos espacios y de los muebles y que luego reflexiones.



Figura 5: Planta de vivienda con mobiliario ([enlace de descarga](#)).

- a) Utilizando la escala gráfica del plano, calcula las dimensiones reales (largo $\times$ ancho) y el área de los elementos de la tabla: cama, sofá, mesa de comedor, inodoro, habitación y baño.

Mobiliario/Espacio	Dimensión del dibujo (largo $\times$ ancho)	Dimensión real	Área del dibujo	Área real
Cama				
Sofá				
Mesa de comedor				
Inodoro				
Habitación				
Baño				

- b) Compara tus resultados con las medidas habituales de estos muebles. ¿Qué observas? Mide los coches y piensa en cómo se han aparcado. ¿Debemos fiarnos de lo que vemos a primera vista?
- c) Ahora hazlo al revés: en el siguiente plano vacío, de una vivienda de unos 56 m², dibuja a escala el mobiliario imprescindible (cama, mesa, sofá, armario) respetando sus medidas reales. ¿Queda espacio para circular entre los muebles?

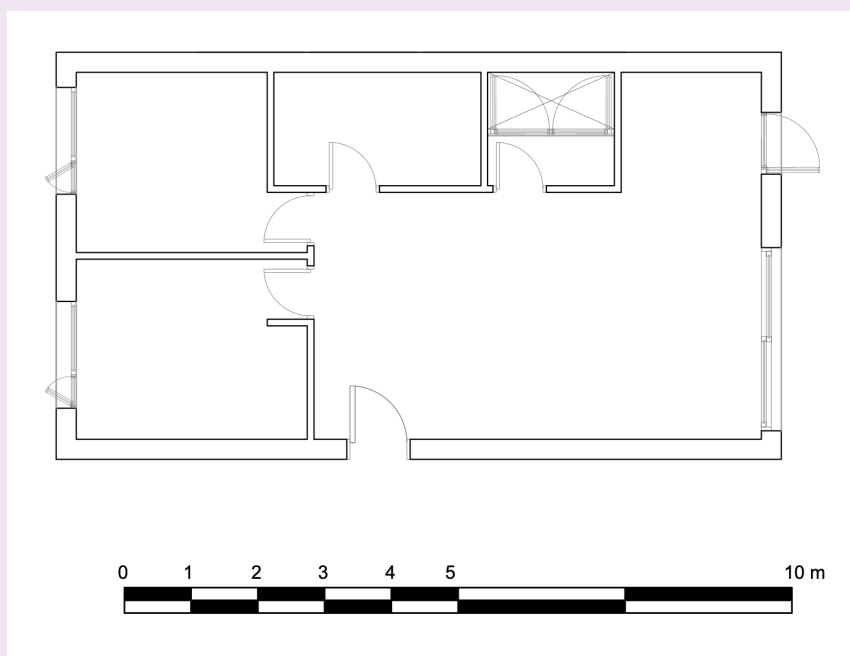


Figura 6: Planta de vivienda sin mobiliario ([enlace de descarga](#)).

- d) Recupera las plantas de las viviendas tradicionales de la actividad 3: ¿cabría ese mismo mobiliario en la palloza o en la yurta? Investiga sobre la forma de vida de sus moradores: ¿qué te dice esto sobre cómo se podrían habitar esos espacios?

3.3. Normas de habitabilidad

En la actualidad, en España existen en las diferentes comunidades autónomas normas de habitabilidad que regulan las superficies y dimensiones de los diferentes espacios que debe reunir una casa. El objetivo de estas normativas es garantizar unas condiciones adecuadas de salubridad, iluminación, ventilación y ocupación, de modo que las viviendas resulten funcionales y adecuadas para sus ocupantes.

Sin embargo, no todas las viviendas que existen hoy fueron construidas según estos criterios. Muchas se proyectaron antes de la aprobación de las actuales normativas, cuando las exigencias eran diferentes o, simplemente, no existían. Si analizamos planos de edificios antiguos podemos comprobar que hay espacios demasiado pequeños y distribuciones poco funcionales.

En Galicia las **normas de habitabilidad** establecen unas superficies mínimas para las estancias principales y para los servicios, en función del número de estancias. Puedes analizarlas en las siguientes tablas:

N.º estancias	1	2	3	4	5	> 5
Superficie E1 (estancia mayor)	25 m ²	16 m ²	18 m ²	20 m ²	22 m ²	25 m ²
Superficie E2		12 m ²	12 m ²	12 m ²	12 m ²	12 m ²
Superficie E3			8 m ²	8 m ²	8 m ²	8 m ²
Superficie E4				8 m ²	8 m ²	8 m ²
Superficie E5					6 m ²	8 m ²
Superficie En						6 m ²

N.º estancias	1	2	3	4	5	> 5
Cocina	5 m ²	7 m ²	7 m ²	9 m ²	9 m ²	10 m ²
Cuarto de baño	5 m ²	5 m ²	5 m ²	5 m ²	5 m ²	5 m ²
Cuarto de aseo				1,5 m ²	1,5 m ²	1,5 m ²
Lavadero	1,5 m ²	1,5 m ²	1,5 m ²	1,5 m ²	1,5 m ²	1,5 m ²
Tendedero	1,5 m ²	1,5 m ²	1,5 m ²	1,5 m ²	1,5 m ²	1,5 m ²
Espacio de reserva para almacenamiento	1 m ²	2 m ²	3 m ²	4 m ²	5 m ²	6 m ²

Actividad 5: ¿Aprobaría tu casa el examen de habitabilidad?

Muchas viviendas de los cascos históricos se construyeron antes de que existieran las actuales normas de habitabilidad. En el plano acotado que se adjunta (vivienda antigua de un casco urbano) vamos a comprobar si cumple la normativa actual, utilizando las tablas de superficies mínimas de Galicia que aparecen más arriba.

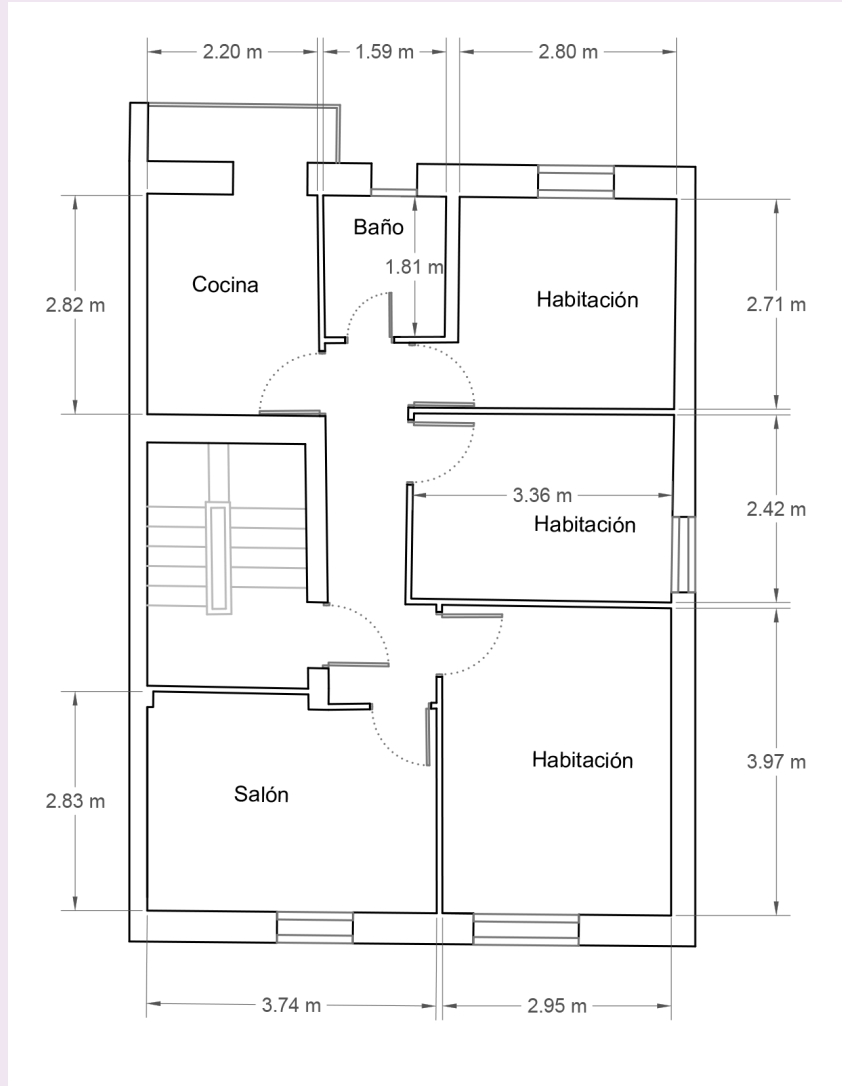


Figura 7: Plano de vivienda de un casco histórico ([enlace de descarga](#)).

- Analiza los datos de las tablas anteriores de Galicia, ¿cuántos metros cuadrados debería tener como mínimo una vivienda de 2 estancias? ¿Y de 4 estancias? ¿Cuál sería la superficie mínima para 6 estancias?
- Calcula la superficie de cada estancia de la vivienda (salón y habitaciones) de la imagen a partir de las cotas del plano.
- Compara los resultados con las tablas de superficies mínimas: ¿qué estancias incumplen la normativa gallega actual?
- Propón una redistribución de la vivienda (puedes mover tabiques, unir o dividir estancias) que cumpla la normativa manteniendo la superficie total.
- Busca las normas de habitabilidad de tu comunidad autónoma y analiza si las estancias son más grandes o más pequeñas que en Galicia.

4. La construcción de los edificios

En arquitectura, la definición de espacios y su construcción forman parte de una misma idea. La elección de los materiales, el diseño de la estructura, la forma de la cubierta o la resolución de los accesos son algunos de los aspectos que condicionan tanto la seguridad como el funcionamiento del edificio y que han evolucionado a lo largo de la historia para responder a nuevas necesidades y formas de habitar. Todas estas decisiones están estrechamente relacionadas y determinan tanto el aspecto como el comportamiento del edificio una vez construido.

4.1. Materiales y esfuerzos

La incorporación en los últimos siglos de nuevos materiales constructivos, como el acero o el hormigón armado, ha cambiado la forma de las estructuras y su manera de soportar las diferentes cargas. Estas cargas generan distintos esfuerzos en los elementos estructurales que, según la forma en que actúen, pueden producir tracción, si tienden a estirar el material; compresión, al acortarlo; cortante, al hacer que dos partes se deslicen entre sí; flexión, al doblarlo; o torsión, al retorcerlo. Este [vídeo](#) permite visualizar cómo actúan los principales esfuerzos sobre una barra.

Para analizar cómo se deforma un material sólido sometido a tensión y poder comparar su comportamiento con el de otros materiales, se utiliza el *módulo de elasticidad de Young* (E), que mide cuánta resistencia opone un material a deformarse elásticamente cuando se somete a tracción o compresión en su eje longitudinal. Se calcula dividiendo la tensión aplicada (σ) (fuerza por unidad de área) entre la deformación unitaria (ϵ) que sufre el material: $E = \sigma/\epsilon$. Habitualmente se mide en Pascales (Pa) o GigaPascales (GPa).

Pero no todos los materiales resisten igual todos los esfuerzos: la piedra y el ladrillo, protagonistas de la arquitectura durante siglos, soportan muy bien la compresión pero muy mal la tracción. Por eso, durante gran parte de la historia de la construcción, el reto no fue solo elegir el material, sino disponerlo con una forma que hiciese que los esfuerzos que ese material no podía soportar disminuyesen.

Actividad 6: El duelo de los materiales

Accede al recurso de [GeoGebra](#), en el que puedes ver la representación de las rectas tensión-deformación para distintos materiales: acero, aluminio, hormigón y madera.

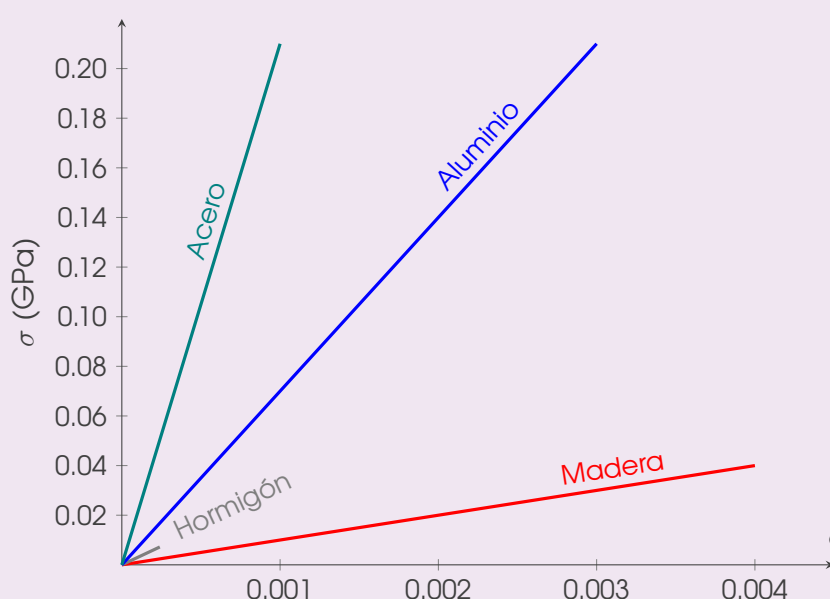


Figura 8: Relación entre la tensión (σ) y la deformación unitaria (ϵ).

- ¿Qué significado geométrico tiene el módulo de Young en esta gráfica? Sometidos a la misma tensión, ¿qué material se deforma menos? ¿Y cuál más? ¿Qué relación tiene la deformación con el valor del módulo de Young del material?
- Un cable de acero de 2 cm^2 de sección soporta una fuerza de tracción de 40 kN . Calcula la tensión σ (fuerza dividida entre superficie) y la deformación unitaria, ϵ , que sufre, aplicando la ley de Hooke: $\sigma = E \cdot \epsilon$ (el módulo de Young del acero es $E = 210 \text{ kN/mm}^2$). Si el cable mide 10 m , ¿cuántos milímetros se alarga?
- Ningún material es perfecto para soportar todos los esfuerzos que actúan sobre una estructura. Investiga cómo responden el hormigón y el acero frente a la tracción y la compresión y explica por qué la combinación de ambos da lugar al hormigón armado, uno de los materiales más utilizados en la construcción.

4.2. La forma sigue a la fuerza

Si sujetamos una cadena por sus dos extremos y la dejamos colgar, adopta una curva característica: la catenaria. En esa posición, la cadena trabaja únicamente a tracción, sin sufrir otros esfuerzos. Si se invierte esa curva, se obtiene un arco que trabaja únicamente a compresión, el esfuerzo que mejor resisten la piedra y el ladrillo. La catenaria invertida es, por tanto, la forma ideal para construir arcos con materiales tradicionales.

Antoni Gaudí convirtió esta propiedad en un auténtico método de diseño. Para proyectar la iglesia de la Colonia Güell y la Sagrada Familia construyó maquetas funiculares: suspendía cordeles del techo y colgaba de ellos pequeños saquitos de perdigones que representaban las cargas del edificio. Los cordeles adoptaban de forma natural las curvas funiculares o de equilibrio y, fotografiando la maqueta e invirtiendo la imagen, Gaudí obtenía la geometría de arcos y bóvedas.

La catenaria suele confundirse con una parábola, aunque describen situaciones físicas distintas. La parábola es la forma que adopta un cable cuando sostiene una carga repartida uniformemente en horizontal, como puede ser el tablero de un puente colgante. En cambio, la catenaria es la curva que adopta un cable sometido únicamente a su propio peso. Este recurso de **GeoGebra** permite compararlas. La ecuación de la catenaria involucra la función coseno hiperbólico: $y = a \cdot \cosh(x/a)$, que también puede escribirse en su forma exponencial: $y = a \cdot (e^{\frac{x}{a}} + e^{-\frac{x}{a}})/2$.

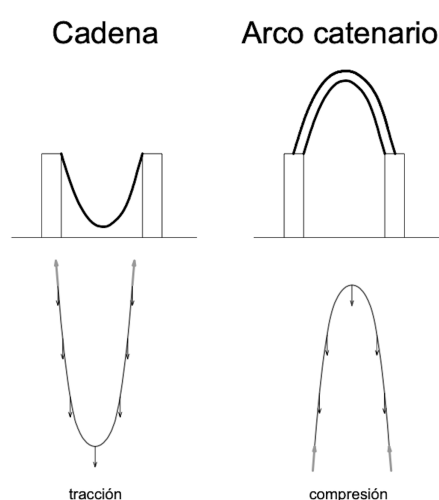


Figura 9: Esfuerzos en la catenaria.

Actividad 7: La catenaria de Gaudí

La modelización matemática permite describir formas presentes en la arquitectura mediante funciones. Analizaremos la geometría de una cadena suspendida y de los arcos de la Casa Milà para determinar qué función representa mejor su forma.

- Fotografía una cadena o un cable colgado de dos puntos e inserta la fotografía en GeoGebra. Marca varios puntos sobre la curva.
- Trata de ajustar esos puntos a una parábola ($y = a \cdot (x - b)^2 + c$) y a una catenaria ($y = a \cdot \cosh(x/a) + b$). ¿Cuál se ajusta mejor?
- Busca una fotografía frontal de los arcos del ático de la Casa Milà e invierte el análisis. ¿Siguen los arcos la forma de una catenaria?

4.3. Cubierta de un edificio

La cubierta es uno de los elementos más importantes de un edificio, ya que protege su interior de las inclemencias del tiempo y, en muchos casos, permite aprovechar el espacio situado bajo ella. Puede ser plana o inclinada y cuando está formada por varios planos inclinados, estos se cortan siguiendo líneas que determinan tanto la forma del tejado como el recorrido del agua de lluvia. Las líneas de intersección de los planos que se encuentran en la parte superior son las cumbreras o caballetes, las que recogen el agua se llaman limahoyas y las que desvían el agua limatesas.

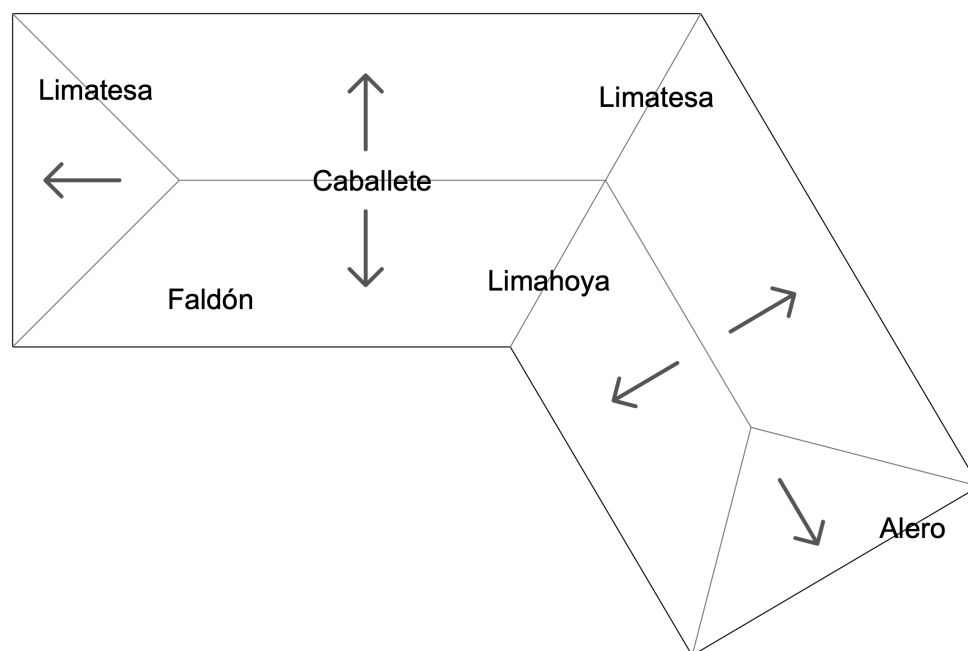


Figura 10: Partes principales de una cubierta.

Actividad 8: Geometría a vista de dron

En el caso de que los ángulos de los faldones de la cubierta sean iguales, el dibujo de las limatesas y limahoyas se hace trazando las bisectrices de los ángulos en planta. En ese caso las cumbreras estarán a la misma distancia de los faldones enfrentados.

- a) Dadas las siguientes tres plantas de cubierta en **GeoGebra** (rectangular, en L y en T), traza las cumbreras, limatesas y limahoyas suponiendo que todos los faldones tienen la misma pendiente.

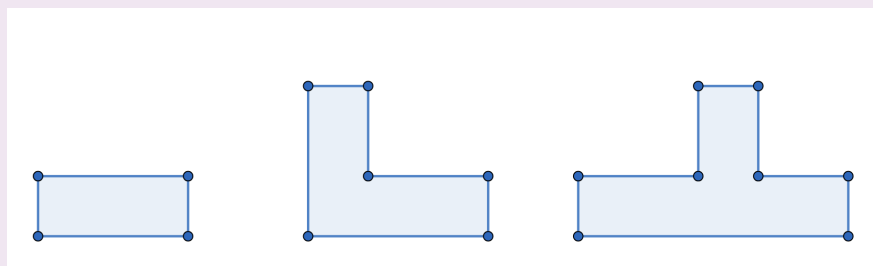


Figura 11: Plantas de distintos tipos de cubiertas.

- b) Un faldón de cubierta ocupa 45 m^2 en planta y tiene una pendiente del 30 %. Calcula el ángulo de inclinación del faldón y su área real.
- c) Si se necesitan 12 tejas por metro cuadrado de faldón, ¿cuántas tejas habrá que comprar para ese faldón? ¿Qué error cometeríamos si hiciésemos el cálculo con el área en planta en lugar de con el área real?
- d) Con la herramienta de medición de Google Maps, localiza la ortofoto de tu centro educativo y estima la medida de la superficie en planta de su cubierta. Suponiendo una pendiente del 30 %, calcula la medida de su superficie real.

4.4. Accesibilidad

Uno de los objetivos de la arquitectura es crear espacios que puedan ser utilizados por todas las personas, independientemente de sus capacidades o circunstancias. Por ello, la normativa vigente exige que los edificios de uso público sean accesibles e incorporen soluciones que permitan salvar desniveles de forma segura, como las rampas. El Código Técnico de la Edificación, en el documento **Seguridad de Utilización y Accesibilidad (DB-SUA)**, establece las pendientes máximas y las características que deben cumplir para garantizar un uso cómodo y seguro. Así, en su artículo 1.4.3.1, indica lo siguiente:

Las rampas tendrán una pendiente del 12 %, como máximo, excepto:

- a) *las que pertenezcan a itinerarios accesibles, cuya pendiente será, como máximo, del 10 % cuando su longitud sea menor que 3 m, del 8 % cuando la longitud sea menor que 6 m y del 6 % en el resto de los casos.*
- b) *las de circulación de vehículos en aparcamientos que también estén previstas para la circulación de personas, y no pertenezcan a un itinerario accesible, cuya pendiente será, como máximo, del 16 %.*

Actividad 9: Accesibilidad con regla y calculadora

- a) Calcula el ángulo de inclinación que corresponde a rampas del 16 %, del 10 % y del 6 %.
- b) Queremos salvar un desnivel de 0,5 m en un itinerario accesible. Prueba primero con una pendiente del 10 %, ¿qué longitud tendría la rampa? ¿Cumple la condición de medir menos de 3 m? Prueba después con el 8 % y comprueba si cumple su condición. ¿Qué pendiente y qué longitud cumplen la norma?
- c) Repite el razonamiento para un desnivel de 0,2 m. ¿Por qué en este caso el problema se resuelve al primer intento?

5. Las ciudades

Las ciudades no solo se construyen con ladrillos, planos y edificios; también se construyen con números, proporciones, datos y decisiones. Detrás del precio de un alquiler, del tamaño de una vivienda o de la transformación de un barrio hay dinámicas económicas, sociales y políticas que pueden —y deben— analizarse con herramientas matemáticas.

El mercado de la vivienda es uno de los fenómenos urbanos más complejos y, al mismo tiempo, más cercanos a la vida cotidiana. Determina dónde podemos vivir, cuánto tiempo

dedicamos a desplazarnos, qué barrios se transforman y cuáles se vacían, qué zonas se turistifican y cuáles se precarizan. Cuando analizamos la evolución del precio del alquiler, las diferencias entre comunidades autónomas, la variación entre ciudades grandes y pequeñas o la influencia del turismo en determinadas zonas, estamos utilizando herramientas matemáticas para “leer” la ciudad.

Los datos oficiales —procedentes de organismos como el INE o el Ministerio de Vivienda— nos permiten trabajar con información contrastada, aprender a interpretar fuentes y comprender los límites de los modelos estadísticos.

Por otra parte, el análisis de la vivienda conecta directamente con la arquitectura y la planificación urbana. El precio del suelo y del alquiler influye en la altura de los edificios, en la densidad de los barrios, en la rehabilitación o abandono de determinadas zonas y en el diseño mismo de la ciudad. Las matemáticas ayudan a entender por qué las ciudades no crecen de manera uniforme y cómo determinadas decisiones generan efectos acumulativos.

5.1. La vivienda turística

En las últimas décadas, las viviendas de uso turístico han experimentado un notable crecimiento en muchas ciudades, especialmente en aquellas con mayor atractivo cultural y turístico. Este fenómeno ha transformado algunos barrios y ha generado un intenso debate sobre su impacto en el acceso a la vivienda, la vida cotidiana de los residentes y el desarrollo urbano.

Actividad 10: Leyendo los mapas de viviendas turísticas del INE

En [esta](#) página del INE (Instituto Nacional de Estadística) puedes consultar diversos datos sobre la vivienda turística en España. Te invitamos a que accedas y busques los mapas en los que puedes consultar la información del número de viviendas turísticas por comunidad autónoma, provincia o municipio. Observa que también puedes conseguir el dato del porcentaje de viviendas turísticas sobre el total de viviendas.

- Compara los mapas de viviendas turísticas por provincia en los períodos de agosto de 2021 y mayo de 2026 (observa que el color de las leyendas no se corresponde con los mismos intervalos en ambos mapas).
- ¿Qué afirmación puedes hacer acerca del número de viviendas turísticas en España en los últimos 5 años?
 - ¿En qué lugares está localizado el mayor número de viviendas turísticas? ¿Cuál crees que es el motivo?
 - ¿Ha habido cambios significativos en alguna comunidad autónoma con el paso de los años? ¿Han sido homogéneos estos cambios?

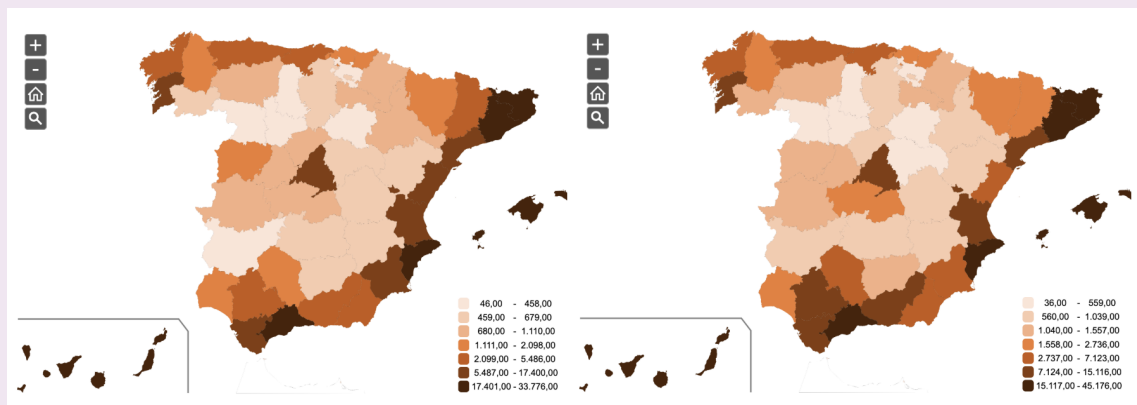


Figura 12: Mapas de número de viviendas turísticas por provincia en agosto de 2021 (izquierda) y mayo de 2026 (derecha).

b) Escoge ahora para los mismos períodos del apartado anterior el mapa que representa el porcentaje de viviendas turísticas sobre el total de viviendas.

- ¿Qué diferencias notas con los mapas anteriores? ¿A qué crees que es debido?
- ¿Qué zonas son las que concentran un mayor porcentaje de viviendas turísticas? ¿Cuál crees que puede ser la causa?

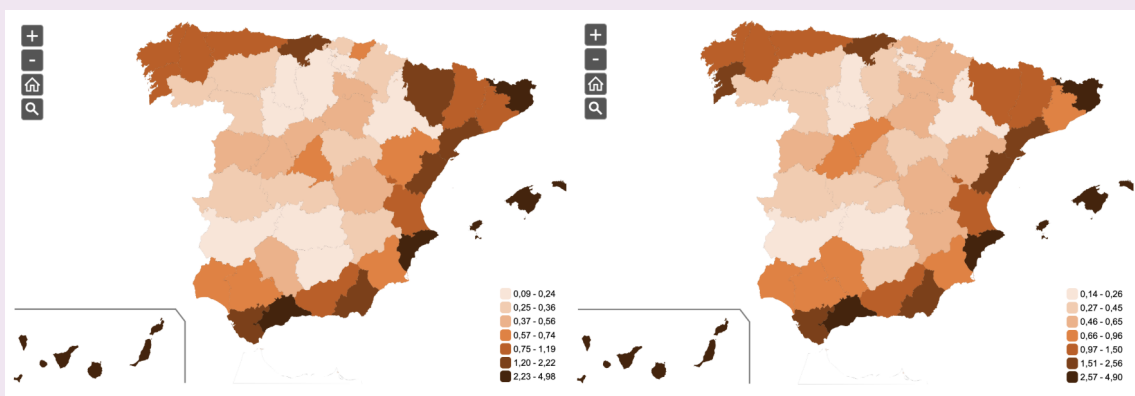


Figura 13: Mapas de porcentaje de viviendas turísticas sobre el total de viviendas por provincia en agosto de 2021 (izquierda) y mayo de 2026 (derecha).

c) En los mapas por municipios se puede observar con más detalle la evolución de la vivienda turística en los últimos años.

- Consulta los datos referentes a tu municipio y compáralos con la evolución en Barreiros (Lugo).
- ¿Qué diferencias observas con el mapa por provincias? ¿Hay alguna zona donde el número de viviendas turísticas sea tan elevado que te llame la atención? ¿Qué explicación le darías?

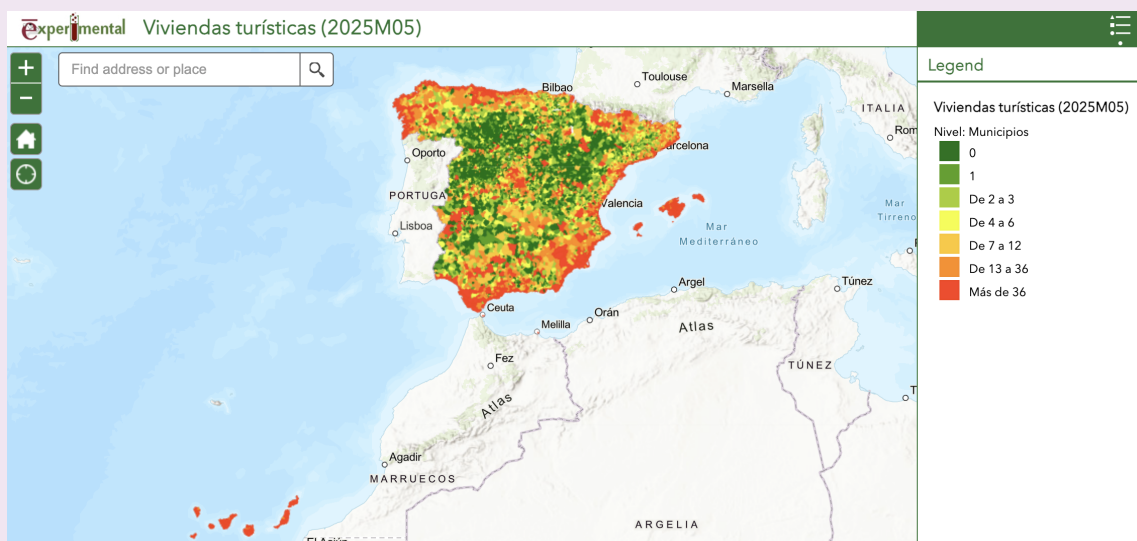


Figura 14: Mapa de viviendas turísticas por municipios en mayo de 2025.

Si haces clic en el botón [Tablas de resultados](#) puedes generar una tabla de datos con el número de viviendas turísticas por comunidad autónoma y por provincia en distintos períodos.

5.2. El precio de los alquileres

En los últimos años, el precio del alquiler ha aumentado de forma significativa en muchas ciudades, aunque no con la misma intensidad en todos los territorios. Esta evolución afecta directamente a la vida de las personas, ya que condiciona dónde pueden vivir, cuánto dinero destinan a la vivienda o incluso la posibilidad de permanecer en un mismo barrio. Comprender cómo cambian los precios del alquiler y cómo varían entre ciudades o comunidades autónomas permite analizar uno de los fenómenos urbanos más relevantes de la actualidad.

Actividad 11: La evolución del mercado de la vivienda

La página de **indicadores urbanos** del INE nos permite adentrarnos en el detalle de los datos para comprender mejor cómo la evolución del mercado de la vivienda influye en la organización y el desarrollo de nuestras ciudades.

- a) Selecciona en el apartado **Ciudades** el subapartado de **Aspectos sociales**. Busca el precio del alquiler mensual medio en Madrid y en Ponferrada en los años 2013 y 2023.

Seleccione valores a consultar

Nivel territorial	Indicadores	Periodo
Q 📄 a z ↓	Q 📄 a z ↓	Q 📄 a z ↓
Lorca Lugo Madrid Mairena del Aljarafe Málaga Manresa	Número de viviendas convencionales según Censo (Número) Proporción de viviendas vacías (Porcentaje) Alquiler anual medio por metro cuadrado (Euros/m2) Alquiler mensual medio (Euros) Mediana del alquiler anual por metro cuadrado (Euros/m2) Mediana del alquiler mensual (Euros)	2024 2023 2022 2021 2020 2019
Seleccionados: 1 Total: 113	Seleccionados: 1 Total: 23	Seleccionados: 1 Total: 15

Figura 15: Captura de pantalla de la página del INE.

- i) ¿En cuál de las dos ciudades es más caro el alquiler mensual medio? ¿Cuánto más caro era en 2013 y cuánto en 2023? ¿Te parece una diferencia significativa?
- ii) ¿Ha subido el precio en las dos ciudades en la misma proporción? ¿Cómo explicarías estos resultados?
- iii) Escoge una de las dos ciudades y compárala con los datos de tu ciudad o municipio (en la página de **indicadores urbanos** debes escoger **Grandes Municipios**). ¿Cambian mucho los datos?
- b) Selecciona en el apartado **Ciudades** el subapartado de **Aspectos económicos**. Nos fijamos en la renta neta media anual de los hogares (este indicador se calcula sumando todos los ingresos netos de los hogares y dividiendo entre el número de hogares). Obtén los datos para Madrid y Ponferrada en los años 2013 y 2023.

Seleccione valores a consultar

Nivel territorial	Indicadores	Periodo
Q 📄 a z ↓	Q 📄 a z ↓	Q 📄 a z ↓
Lorca Lugo Madrid Mairena del Aljarafe Málaga Manresa	Tasa de actividad (Porcentaje) Proporción de empleo en servicios (NACE Rev.2 G-U) (Porcentaje) Proporción de empleo en industria (NACE Rev.2 B-E) (Porcentaje) Renta neta media anual de los hogares (Euros) Renta neta media anual por habitante (Euros) Renta neta media anual por unidad de consumo (Euros)	2024 2023 2022 2021 2020 2019
Seleccionados: 1 Total: 113	Seleccionados: 1 Total: 8	Seleccionados: 1 Total: 15

Figura 16: Captura de pantalla de la página del INE.

- i) ¿En cuál de las dos ciudades la renta media por hogar es más alta? En las dos la renta ha subido en el transcurso de 10 años, pero ¿en cuál de ellas ha subido proporcionalmente más?
- ii) La tabla proporciona el dato anual. Calcula cuál sería la renta neta media mensual para Madrid y Ponferrada en los años 2013 y 2023. Con este dato, ¿qué porcentaje de la renta mensual estaría destinado al alquiler de la vivienda si tomamos como datos del precio del alquiler los obtenidos en el apartado a)? ¿Varía mucho entre las dos ciudades este porcentaje? ¿Y en la misma ciudad pasados 10 años?
- iii) Con los datos que has calculado puedes hacerte una idea de cómo se distribuye la riqueza en diferentes ciudades y en qué medida afecta esto al poder adquisitivo de los hogares. Busca ahora la ciudad en la que vives o el gran municipio más cercano, obtén los mismos datos y compáralos con las ciudades vistas anteriormente.
- iv) Busca dos ciudades con similar número de habitantes y compáralas. ¿Piensas que la comunidad autónoma influye en los resultados?

Actividad 12: MathCityMap. Una ruta matemática por tu ciudad (actividad colaborativa)

MathCityMap es una aplicación libre desarrollada dentro del proyecto **MoMaTrE** (*Mobile Math Trails in Europe*), dentro del cual la FESPM ha tenido una participación importante. Te proponemos la creación de una ruta dentro de una ciudad o municipio en la que se utilicen datos del precio del alquiler de la vivienda en los distintos distritos para crear problemas. Para la recogida de datos puede ser útil, además de la página del INE vista anteriormente, la del **Ministerio de Vivienda y Agenda Urbana**.

6. Los retos globales

Aspectos tan fundamentales de la arquitectura y el urbanismo como la forma de las ciudades, los materiales de los edificios, la densidad urbana o el acceso a la vivienda están profundamente condicionados por factores globales como el aumento de la población, el consumo energético, las desigualdades económicas o el cambio climático. A escala mundial, estos fenómenos se manifiestan de forma desigual entre estados, regiones y continentes, dando lugar a modelos urbanos muy distintos.

Más de la mitad de la población mundial vive en zonas urbanas y se prevé que para el año 2050 esta cifra se eleve al 70 %. Las decisiones que se toman en una ciudad o en un país —cómo se construye, qué materiales se usan, cómo se organiza el transporte— tienen consecuencias que van mucho más allá de sus fronteras. Del mismo modo, las dinámicas globales influyen directamente en la forma y el funcionamiento de cada ciudad.

En este contexto, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) proponen metas comunes para construir un futuro más justo y sostenible. Entre ellos, el ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles plantea un reto claro: lograr ciudades y comunidades inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles. La desigualdad y los niveles de consumo urbano de energía y de contaminación son algunos de los principales retos. Las ciudades apenas ocupan el 3 % de la superficie terrestre, pero suponen entre el 60 % y el 80 % del consumo energético y el 75 % de las emisiones de carbono.

6.1. Los barrios marginales

La meta 11.1 del ODS 11 plantea que, para 2030, todas las personas deberían tener acceso a una vivienda adecuada, segura y asequible, dotada de los servicios básicos necesarios, promoviendo al mismo tiempo la mejora de los barrios y asentamientos más vulnerables.

Aunque nos pueda parecer extraño, una gran parte de la población mundial no tiene acceso a una vivienda digna con servicios básicos. A efectos de estudiar este objetivo de desarrollo sostenible, se define como hogar marginal a un grupo de personas que viven bajo el mismo techo y carecen de una o más de las siguientes condiciones clave: acceso a agua potable, acceso a red de saneamiento, espacio habitable suficiente, durabilidad de la vivienda y seguridad en la ocupación.

Actividad 13: Mapas que cuentan desigualdades

La página web **Our world in Data** del proyecto educativo sin ánimo de lucro **Global Change Data Lab** publica datos e investigaciones para hacer el conocimiento accesible y comprensible y así avanzar en la solución de los mayores problemas del mundo.

Este **mapa** interactivo permite consultar el porcentaje de población urbana que vive en barrios marginales. En el menú de la derecha puedes ordenarlos por porcentaje, renta per cápita y población. También permite descargar los datos.

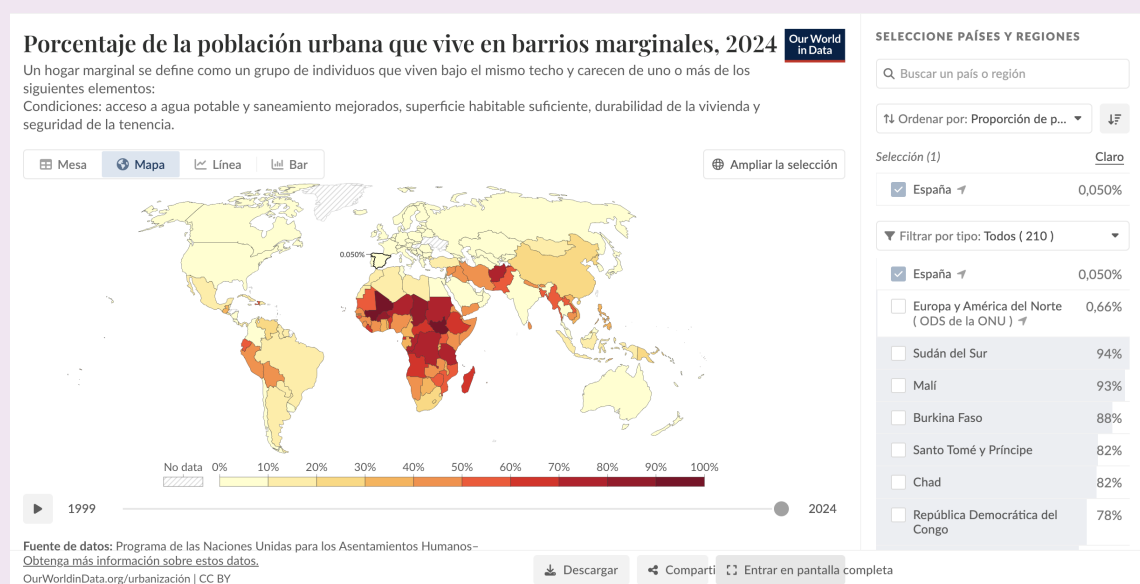


Figura 17: Captura de la página de consulta.

- Compara los porcentajes del mapa desde el primer año del que se tienen datos, 1999, hasta el 2024. ¿Qué sucede con el porcentaje de población urbana que vive en barrios marginales a lo largo de estos años? ¿Cómo se observa ese avance en los colores del mapa?
- En la actualidad, ¿qué continente tiene más países con un alto porcentaje de su población urbana viviendo en barrios marginales? ¿Y cuál tiene menos del 1 % de la población en barrios marginales? (Puedes ordenar los países por regiones en el menú de la derecha).
- En el año 2024, ¿cuáles son los dos países que tienen el mayor porcentaje de su población en barrios marginales? ¿Cuáles son esos porcentajes?
- Observa la evolución de Mali en los últimos 25 años. El porcentaje decrece hasta que entre 2020 y 2021 el indicador experimenta un gran aumento. ¿Crees que un cambio de esta magnitud puede explicarse por una transformación de la realidad? Busca información sobre lo sucedido en ese país en el año 2020 y sobre la definición del indicador ODS 11.1.1 y trata de explicar ese gran incremento porcentual de barrios marginales.

6.2. Generación de residuos: una mirada global

Gestionar adecuadamente los residuos es uno de los grandes desafíos de las ciudades del siglo XXI. Cada día se generan millones de toneladas de desechos cuyo tratamiento afecta al consumo de recursos, a la contaminación y a la calidad de vida de las personas. Por ello, el ODS 11, en su meta 11.6, propone reducir el impacto ambiental de las ciudades mejorando, entre otros aspectos, la gestión de los residuos municipales.

La cantidad de residuos que produce un país no depende de un único factor. Variables como la población, el grado de urbanización o el desarrollo económico pueden influir de maneras muy distintas en la producción de residuos. A través del análisis de datos reales, investigaremos estas relaciones tratando de descubrir tendencias y de interpretar fenómenos que afectan tanto a nuestras ciudades como al conjunto del planeta.

Actividad 14: Residuos, ciudades y sostenibilidad

Entra en la página del Banco Mundial donde analizaremos los siguientes mapas:

a) Residuos y población.

Los dos primeros mapas muestran la generación de residuos por país (totales y per cápita) en el año 2020.

- ¿Cuáles son los tres países que más residuos generan? ¿Tienen relación estos datos con el número de habitantes de esos países?
- El segundo mapa muestra los residuos generados por los países teniendo en cuenta su población. Localiza en el mapa los cinco mayores productores de residuos per cápita: Islas Vírgenes de EE.UU., Bermuda, Islas Feroe, Mónaco y Puerto Rico. ¿Cómo son sus burbujas?
- ¿Es el mismo mensaje el que traslada el primer y el segundo mapa? ¿Cuál crees que representa mejor la información?
- Observa que las burbujas tienen distintos colores, ¿qué variable se mide con el color de la burbuja? ¿Qué nivel de ingresos tienen los países que más residuos generan per cápita? ¿Cómo explicarías este dato?

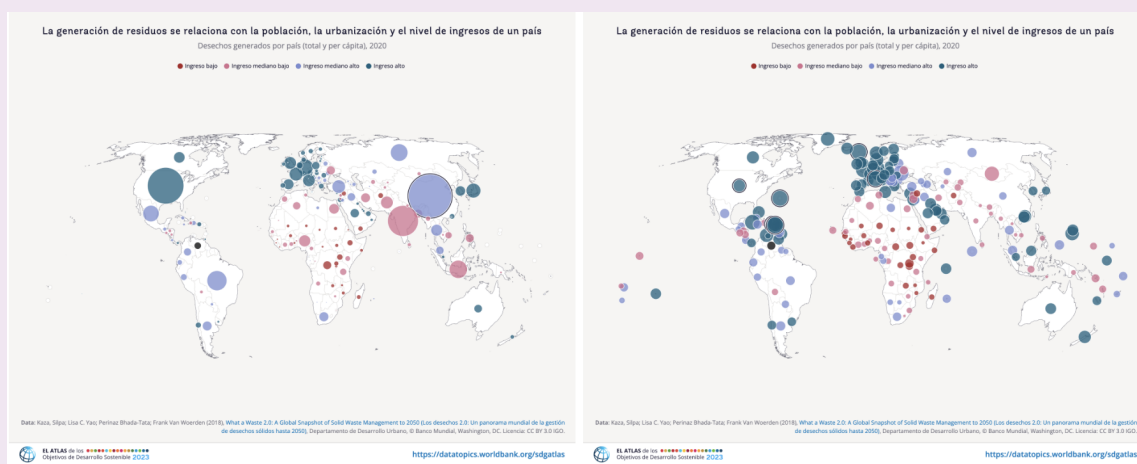


Figura 18: Desechos generados por país: totales (izquierda) y per cápita (derecha).

b) Residuos y porcentaje de población urbana.

- ¿Cuáles son las variables representadas en este gráfico?
- Localiza los cinco mayores productores de residuos per cápita. ¿Dónde están colocados en la gráfica? ¿Qué significado tiene esto?

- iii) ¿Piensas que hay relación entre el porcentaje de población urbana de un país y la cantidad de residuos que genera? ¿Cómo está expresada esa información en la gráfica?
- iv) ¿Existe relación entre la renta per cápita y la generación de residuos? ¿Cómo se refleja esa información en la gráfica?

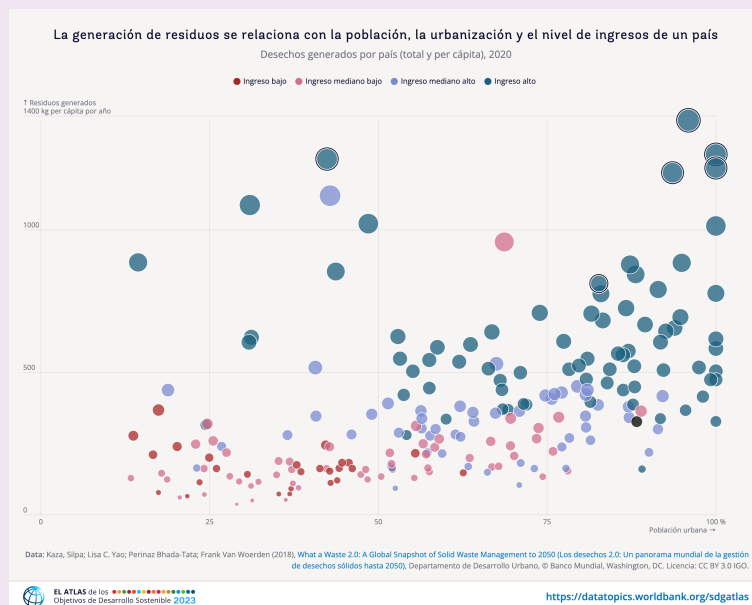


Figura 19: Relación entre residuos per cápita al año y porcentaje de población urbana.

c) **Residuos y renta per cápita.**

- i) ¿Siguen los colores en este gráfico algún tipo de patrón? ¿Cuál es la explicación?
- ii) Localiza los cinco mayores productores de residuos per cápita. ¿Dónde están colocados en la gráfica? ¿Qué significado tiene esto?
- iii) ¿Piensas que hay relación entre la renta per cápita y la generación de residuos de un país? ¿Cómo crees que es de fuerte esa relación?

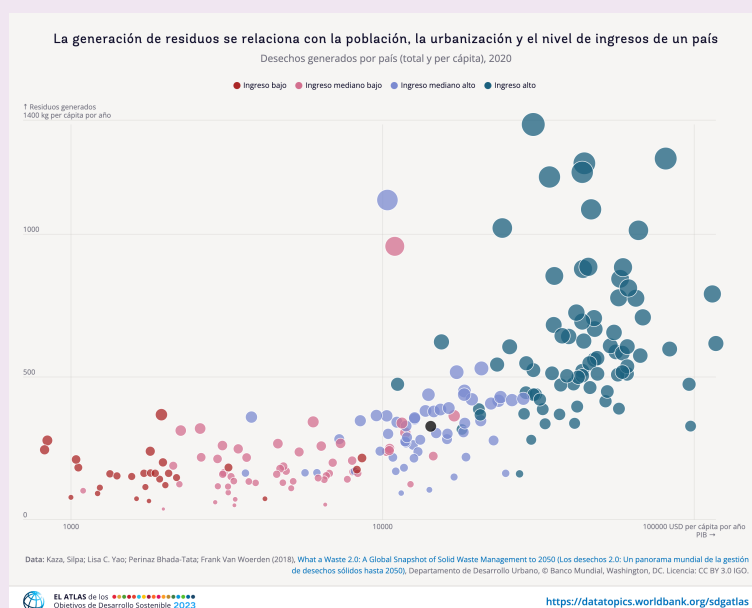


Figura 20: Relación entre residuos generados per cápita y renta per cápita.

6.3. Dollar Street: las casas del mundo

En este último apartado trabajaremos con **Gapminder**, una plataforma educativa que reúne y visualiza datos estadísticos procedentes de organismos internacionales como la Organización de las Naciones Unidas, el Banco Mundial o la Organización Mundial de la Salud. Su principal objetivo es facilitar la comprensión de los grandes cambios sociales, económicos y ambientales que se producen en el mundo mediante gráficos interactivos y comparaciones entre países a lo largo del tiempo. Muchos de los indicadores que recopila están directamente relacionados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, por lo que constituye una herramienta muy útil para analizar, con datos reales, el progreso de los distintos países hacia un desarrollo más sostenible e inclusivo.

Además de representar datos estadísticos, Gapminder ofrece recursos interactivos que ayudan a relacionar las cifras con la realidad cotidiana. Este enfoque permite comprender mejor cómo las diferencias en aspectos como la renta, la educación o la salud se reflejan en las condiciones de vida de las personas en distintos lugares del mundo.

Actividad 15: Un paseo por las casas del mundo

El proyecto **Dollar Street** de Gapminder ordena fotografías de hogares de todo el mundo según los ingresos mensuales de cada familia. Permite comparar casas, cocinas, puertas, camas o suelos de familias con rentas muy distintas.

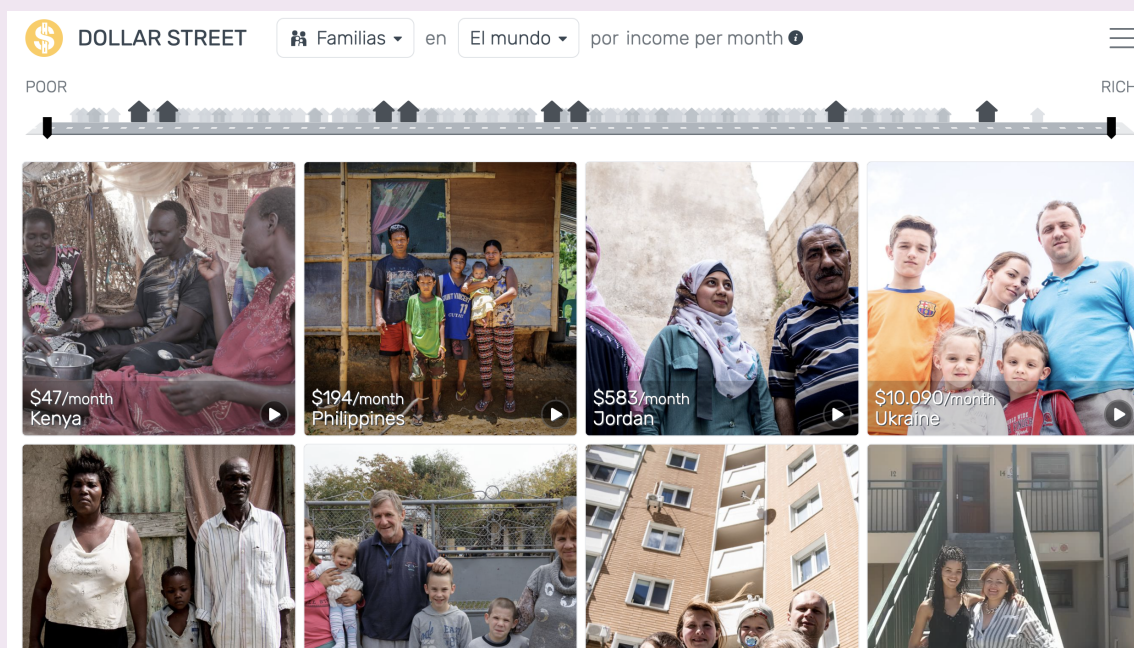


Figura 21: Fotografías de distintas familias según sus ingresos.

- En el menú superior escoge visualizar hogares y elige tres viviendas: una de ingresos bajos, una de ingresos medios y una de ingresos altos. Anota el país y los ingresos mensuales de cada familia.
- Cuenta las habitaciones de cada vivienda y el número de personas de la familia. Indica cuántas personas crees que duermen por habitación en cada caso.
- Mide (o estima) la superficie de tu propia vivienda y calcula los metros cuadrados por persona. ¿Entre qué dos viviendas de Dollar Street se situaría la tuya?
- Debate en grupo: ¿qué elementos aparecen en casi todas las casas del mundo, independientemente de los ingresos? ¿Cuáles solo aparecen a partir de cierto nivel de renta?



Figura 22: Fotografías de distintas habitaciones según los ingresos de las familias.

7. Agradecimientos

Nos gustaría agradecer a María González Rumbo, Paulo González Ogando y Julio Rodríguez Taboada sus valiosas aportaciones tras la lectura del borrador de este trabajo. Así mismo queremos agradecerle a Laura Figueiredo Iglesias su apoyo con la maqueta.

8. Referencias

8.1. Referencias bibliográficas

- [1] Le Corbusier (1961): *El Modulor. Ensayo sobre una medida armónica a la escala humana aplicable universalmente a la arquitectura y a la mecánica*, Buenos Aires, Editorial Poseidon.

8.2. Referencias en línea

- [2] Gapminder (s.f.): *Dollar Street*. Disponible en: <https://www.gapminder.org/dollar-street> [Consulta: 17 de julio de 2026]
- [3] IDMI, Goethe-Universität Frankfurt a.M. (2025): *MathCityMap*. Disponible en: <https://mathcitymap.eu/es/> [Consulta: 17 de julio de 2026]
- [4] INE (Instituto Nacional de Estadística) (2026): *Indicadores urbanos*. Disponible en: <https://www.ine.es/dynt3/inebase/index.htm?padre=1730&capsel=1730> [Consulta: 17 de julio de 2026]
- [5] INE. Instituto Nacional de Estadística (2026): *Medición del número de viviendas turísticas en España y su capacidad*. Disponible en: https://www.ine.es/experimental/viv_turistica/experimental_viv_turistica.htm?utm [Consulta: 17 de julio de 2026]

- [6] Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2022): *Documento Básico SUA (Seguridad de utilización y accesibilidad)*. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SUA/DBSUA.pdf> [Consulta: 17 de julio de 2026]
- [7] Ministerio de Vivienda y Agenda Urbana (s.f.): *Sistema estatal de referencia del precio del alquiler de la vivienda*. Disponible en: <https://www.mivau.gob.es/vivienda/alquila-bien-es-tu-derecho/serpavi> [Consulta: 17 de julio de 2026]
- [8] Naciones Unidas (s.f.): *Objetivos de Desarrollo Sostenible. Objetivo 11: Ciudades*. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/> [Consulta: 17 de julio de 2026]
- [9] Our World in Data team (2023): “Make cities inclusive, safe, resilient and sustainable”, *Our World in Data*. Disponible en: <https://archive.ourworldindata.org/20260709-130019/sdgs/sustainable-cities.html> [Consulta: 17 de julio de 2026]
- [10] Wadhwa, Divyanshi y Maarten Lambrechts (2023): “No time to waste: A sustainability challenge for cities”, *Atlas of Sustainable Development Goals 2023*. Disponible en: <https://www.doi.org/10.60616/ve6m-e113> [Consulta: 17 de julio de 2026]

8.3. Vídeos

- [11] Eames Office (1977): *Powers of tenTM*. [Vídeo en línea]. YouTube. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=OfKBhvDjuy0> [Consulta: 17 de julio de 2026]
- [12] raultecnologia (2012): *Esfuerzos en las estructuras*. [Vídeo en línea]. YouTube. Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=_piI8eXhpZ4 [Consulta: 20 de julio de 2026]