

**DEL SUEÑO DE CRISTAL A LA  
REALIDAD ESTRUCTURAL**

*La evolución del vidrio desde la utopía de Bruno Taut hasta su  
consolidación como material dominante en la arquitectura.*



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA



TRABAJO FIN DE GRADO

**Laura Montoro Renedo**

*Del sueño de cristal a la realidad estructural.*

*La evolución del vidrio desde la utopía de Bruno Taut hasta su consolidación como material dominante en la arquitectura.*

DEL SUEÑO DE CRISTAL A LA REALIDAD ESTRUCTURAL  
LA EVOLUCIÓN DEL VIDRIO DESDE LA UTOPIA DE BRUNO TAUT HASTA SU CONSOLIDACIÓN  
COMO MATERIAL DOMINANTE EN LA ARQUITECTURA.

*Estudiante*

Laura Montoro Renedo

Expediente 20277

*Tutor*

Jose Ramón Gámez Guardiola

Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas

*Aula TFG 7*

Eduardo Javier Gómez Pioz, *coordinador/a*

Daniel Fox, *adjunto/a*

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid

Universidad Politécnica de Madrid

# ÍNDICE

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

1. EL SUEÑO DE CRISTAL - LA UTOPIA TRANSPARENTE

- 1.1. La visión utópica en el siglo XX frente al racionalismo emergente.
- 1.2. Bruno Taut y la arquitectura expresionista.
- 1.3. El «Alpine Architektur» y el «Pabellón de Cristal».
- 1.4. El simbolismo del vidrio: transparencia, pureza y futuro.
- 1.5. Utopía frente a viabilidad: límites técnicos y materiales.

2. EL VIDRIO Y SU INFLUENCIA EN EL MOVIMIENTO MODERNO

- 2.1. La industrialización del vidrio y su influencia en el Movimiento Moderno.
- 2.2. Innovaciones tecnológicas del vidrio en el siglo XX.
- 2.3. El vidrio como elemento compositivo y estructural emergente.

3. LA REVOLUCIÓN DEL VIDRIO ESTRUCTURAL

- 3.1. Fachadas ligeras y muros cortina.
- 3.2. Nuevas técnicas: vidrios laminados, curvos y autoportantes.
- 3.3. Grandes iconos contemporáneos.
- 3.4. El vidrio como símbolo de sostenibilidad, luz y apertura.

4. EXPLORACIONES ANALÍTICAS Y COMPARATIVAS

CONCLUSIONES

FUENTES

- Bibliografía y recursos digitales
- Procedencia de las ilustraciones



# RESUMEN

En un entorno donde la industria se ve marcada por la necesidad de una producción rápida y aspiraciones ideales, el vidrio ha tenido que evolucionar desde lo que antes se consideraba inalcanzable hasta superar esos límites. ¿Qué tan lejos puede llegar realmente?

Este Trabajo de Fin de Grado investiga cómo ha cambiado el uso del vidrio en la arquitectura, abarcando su rol utópico en las visiones expresionistas de Bruno Taut hasta convertirse en un material esencial en la arquitectura moderna. Mediante un enfoque integral que entrelaza historia, teoría, tecnología y práctica del diseño, se examina tanto el valor simbólico del vidrio como sus avances técnicos y funcionales. El análisis establece vínculos entre las ideas innovadoras del siglo XX y las soluciones constructivas contemporáneas a través de una evaluación crítica de documentos relevantes, obras significativas y casos actuales.

La metodología empleada incluye revisión bibliográfica, análisis histórico, estudios gráficos y reflexiones sobre proyectos para entender cómo el vidrio ha transformado su imagen desde ser un símbolo idealista hasta convertirse en un elemento activo dentro del espacio arquitectónico contemporáneo.

## PALABRAS CLAVE

Utopía · Transparencia · Ligereza · Vidrio · Luz · Expresionismo

“Si queremos elevar nuestra cultura a un nivel superior, estamos obligados a transformar nuestra arquitectura. [...] Esto solo lo lograremos con la arquitectura de cristal.”

(Taut, 1914, citando a Scheerbart)

# INTRODUCCIÓN

## MOTIVACIÓN

El origen de este trabajo surge de una profunda fascinación personal por el vidrio, un material con el que he tenido una conexión constante desde mis primeros años. Este interés se ha intensificado gracias a la actividad en un negocio familiar, lo que me ha brindado la oportunidad de estar en contacto directo con sus procesos de fabricación, transformación y uso en diversas situaciones. A través de esta experiencia cercana, he podido apreciar cómo el vidrio ha pasado de ser considerado frágil o simplemente decorativo a convertirse en un componente técnico, funcional y estéticamente poderoso dentro del ámbito arquitectónico.

Esta evolución despertó en mí múltiples interrogantes acerca de su historia, sus posibilidades y las imaginaciones que han rodeado al vidrio a lo largo del tiempo. Motivado por esta curiosidad, comencé a investigar sobre sus orígenes, significados simbólicos y su papel fundamental durante las grandes transformaciones arquitectónicas del siglo XX.

En ese proceso descubrí al pensador Bruno Taut, cuya visión utópica sobre el vidrio resultó especialmente inspiradora para mí. Su capacidad para imaginar un futuro donde la transparencia y la luz actúan como herramientas para transformar tanto lo espiritual como lo social contrasta notablemente con los enfoques contemporáneos hacia este material, más enfocados en su rendimiento técnico. Sin embargo, esa visión me llevó a cuestionar si aquellas ideas aparentemente idealistas no habrían encontrado finalmente espacio para manifestarse hoy día gracias a los avances tecnológicos. Esta reflexión constituye el punto inicial de mi investigación: tender un puente entre los sueños expresionistas del pasado y la realidad palpable del vidrio en la arquitectura actual.

## OBJETIVOS

El propósito central de este estudio es explorar cómo ha evolucionado el vidrio en la arquitectura, comenzando desde su simbolismo idealista en las propuestas expresionistas de Bruno Taut y llegando a su establecimiento como un material fundamental en la arquitectura moderna. Se busca no solo entender su progreso técnico y funcional, sino también examinar su carga simbólica y el impacto que tiene sobre la percepción del espacio arquitectónico.

Dentro de los objetivos específicos, se incluye fomentar un intercambio entre las ideas visionarias del siglo XX y los desarrollos tecnológicos contemporáneos, así como identificar los momentos históricos, culturales y técnicos más significativos en la historia del vidrio. También se propone analizar ejemplos arquitectónicos destacados que reflejen este trayecto. Además, se pretende integrar perspectivas históricas, proyectuales, constructivas y filosóficas para ofrecer una interpretación integral del material.

Por último, esta investigación aspira a llenar un vacío existente al trazar una conexión clara entre la utopía cristalina propuesta por Taut y las oportunidades actuales que ofrece el vidrio en la arquitectura moderna, tomando en cuenta tanto sus aspectos técnicos como sus dimensiones conceptuales y espirituales.

## METODOLOGÍA

La metodología empleada en este Trabajo de Fin de Grado se caracteriza por ser cualitativa, analítica y transversal, combinando historia, teoría, tecnología y práctica en el ámbito arquitectónico. Se fundamenta en una revisión exhaustiva de la literatura que incluye tanto fuentes primarias como secundarias, además del análisis crítico de obras significativas que permiten seguir la evolución del vidrio desde sus aplicaciones utópicas hasta su función estructural en la arquitectura actual.

El estudio se organiza a través de diversas etapas: inicialmente, se establece un marco teórico robusto mediante el examen de textos fundamentales; posteriormente, se lleva a cabo un recorrido histórico-crítico que sitúa el desarrollo simbólico y técnico del vidrio; finalmente, se realiza un análisis de ejemplos arquitectónicos contemporáneos que ilustran tanto las dimensiones constructivas como conceptuales del material. Este proceso también incorpora recursos gráficos, esquemas originales y documentación visual.

Al finalizar la investigación, se presenta una reflexión crítica que contrasta las ideas innovadoras del siglo XX con los logros y retos actuales. Se evalúa si la utopía relacionada con el “cristal” ha sido efectivamente alcanzada o transformada. En resumen, esta metodología tiene como objetivo evidenciar cómo el vidrio ha pasado de ser una idea idealista a convertirse en un componente estructural fundamental.



# 1 EL SUEÑO DE CRISTAL - LA UTOPIÍA TRANSPARENTE

Para entender la función que ha tenido el vidrio en la arquitectura moderna, es esencial investigar sus orígenes simbólicos y conceptuales dentro de los movimientos innovadores de principios del siglo XX.

Más allá de ser simplemente un material constructivo, algunos arquitectos y pensadores lo vieron como un medio para lograr transformaciones tanto espirituales como sociales. Un personaje destacado en este ámbito es Bruno Taut, quien, en una época caracterizada por crisis y cambios profundos, envisionó una arquitectura capaz de reflejar ideales utópicos a través de elementos como la transparencia, la luz y una rica expresión emocional. Su trabajo representa el inicio de un viaje que conecta los anhelos del pasado con las realidades técnicas actuales.

## 1.1. La visión utópica en el siglo XX frente al racionalismo emergente.

A comienzos del siglo XX, la arquitectura europea se encontraba en una encrucijada entre el legado académico, el avance del funcionalismo racional y el surgimiento de nuevas perspectivas sobre lo social, lo técnico y lo estético. En este contexto de cambio, caracterizado por tensiones políticas, innovaciones industriales y las secuelas de la Primera Guerra Mundial, emergió un pensamiento utópico que concebía la arquitectura no solo como una disciplina técnica sino también como un medio espiritual capaz de provocar transformaciones.

Bruno Taut se situó en el epicentro de esta tensión entre razón y utopía. Ante el creciente predominio del racionalismo que comenzaba a imponerse en la arquitectura moderna, representado por figuras como Mies van der Rohe o Le Corbusier, defendió una propuesta arquitectónica cargada de simbolismo, colorido emocional y espiritualidad.

Su visión estuvo fuertemente influenciada por Paul Scheerbart, quien en su obra *Arquitectura de Cristal* (1914) abogaba por cómo el vidrio podría elevar la conciencia humana hacia esferas superiores. Fue una creación efímera diseñada para la exposición del Deutscher Werkbund en Colonia. Su intención era generar una experiencia estética envolvente mediante interacciones entre luz, color y forma estructural. El vidrio emerge así como símbolo de pureza y liberación interior; actúa como medio para facilitar la transformación espiritual del espectador.

“Una cultura nueva solo puede nacer cuando la arquitectura del cristal se imponga. Entonces viviremos en casas brillantes, transparentes, radiantes; la oscuridad desaparecerá de nuestras habitaciones y, con ella, el espíritu de violencia.”

(Scheerbart, 1914, citado por Eva-Maria Barkhofen en el catálogo de «Arquitectura Alpina»)

No obstante, es con *Arquitectura Alpina* (1917–1919) donde Taut lleva sus ideas a su máxima expresión. A través de dibujos y textos imaginativos describe un mundo donde las montañas se convierten en monumentales estructuras cristalinas: catedrales suspendidas e ideales paisajísticos. La utilidad práctica queda completamente relegada: “nada práctico ni útil. Pero ¿acaso lo útil nos ha hecho felices?”, reflexiona Taut. Estas visiones funcionan como auténticos manifiestos visuales proponiendo una arquitectura utópica que busca restablecer los vínculos entre humanidad naturaleza y comunidad.

Para Taut, crear arquitectura debía ser un esfuerzo colectivo con dimensión espiritual; buscaba redimir al hombre moderno frente al tedio existencial individualista e incluso violento. Su trabajo no pretendía ser ejecutado tal cual fue diseñado; más bien aspiraba a inspirar nuevas formas para contemplar nuestro entorno construido. En contraste con el enfoque pu-

ramente funcionalista presente entonces su propuesta surge como alternativa ética y estética que devuelve a la arquitectura esa capacidad esencial para soñar emocionar e impactar profundamente. (Paul Scheerbart, 1914)

## 1.2. Bruno Taut y la arquitectura expresionista.



Fig. 1. Bruno Taut

Bruno Taut (*Fig. 1*), a diferencia de otros arquitectos expresionistas que se enfocaban en lo orgánico o escultural, expresó la radicalidad del movimiento mediante una estética caracterizada por la ligereza y la luminosidad. Su trabajo fusionaba emoción con una sensibilidad tanto estructural como abstracta, lo cual le permitió posteriormente avanzar hacia el racionalismo y liderar proyectos de vivienda social en Berlín después de la Primera Guerra Mundial.

Para Taut, la arquitectura representaba un vehículo para el cambio espiritual y social que iba más allá de su funcionalidad. Sus diseños estaban destinados a conmover e inspirar al ser humano, apelando a aspectos simbólicos, sensoriales y emocionales. No concebía los edificios como entidades aisladas; los veía como experiencias vivenciales capaces de inducir transformaciones personales.

Rechazó las corrientes establecidas y sostenía que el espacio debía comunicarse con el alma humana, generando estados emocionales e invitando a la contemplación. Aun durante su fase más orientada al funcionalismo, mantuvo un anhelo por infundir belleza y significado en lo cotidiano.

En última instancia, su legado se caracteriza por su búsqueda de lo intangible: aquello que conmueve e inspira profundamente.

### 1.3. El “Alpine Architektur” y el “Pabellón de Cristal”.

El Pabellón de Cristal (Glashaus), creado por Taut en 1914 para la exposición del Deutscher Werkbund en Colonia (*Fig. 2, 3, 4, 5, 6 y 7*), encarna de manera inmediata esta visión. Con un carácter efímero y sin función práctica definida, este pabellón fue ideado como un espacio poético; un «templo de belleza» construido con vidrio coloreado y hormigón armado, además de contar con una simbólica escalera helicoidal. Su interior estaba impregnado de luz natural que se filtraba a través de los cristales creando una atmósfera casi litúrgica. Taut no perseguía utilidad ni confort: ofrecía una experiencia estética integral, presentando la arquitectura como arte emocional y espiritual.

Tres años después, durante la Primera Guerra Mundial, Taut canalizó ese impulso poético en *Arquitectura Alpina* (1917) (*Fig. 8 y 9*), conforman-



*Fig. 2. Pabellón del Cristal en la Exposición Werkbund, Colonia, 1914.*

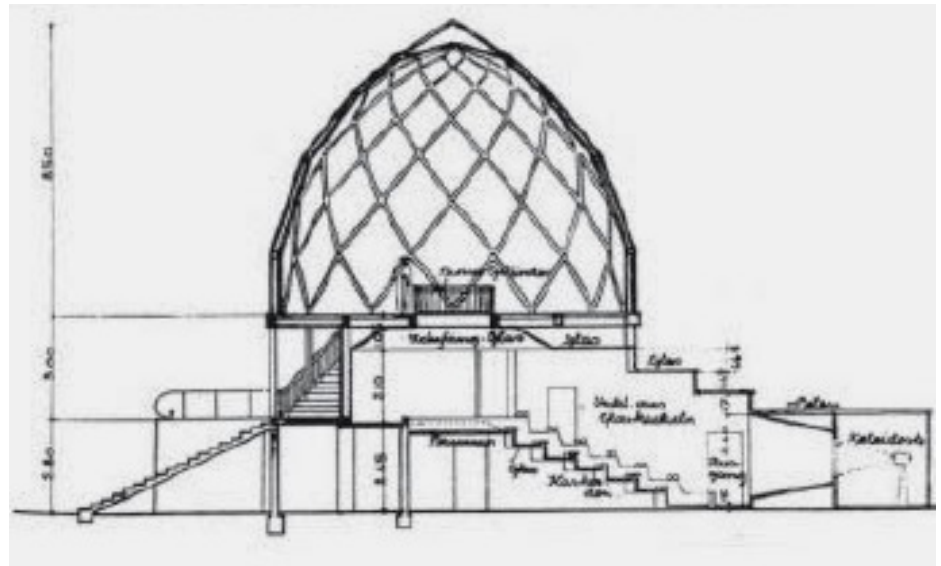


Fig. 3. Sección Pabellón del Cristal en la Exposición Werkbund, Colonia, 1914.

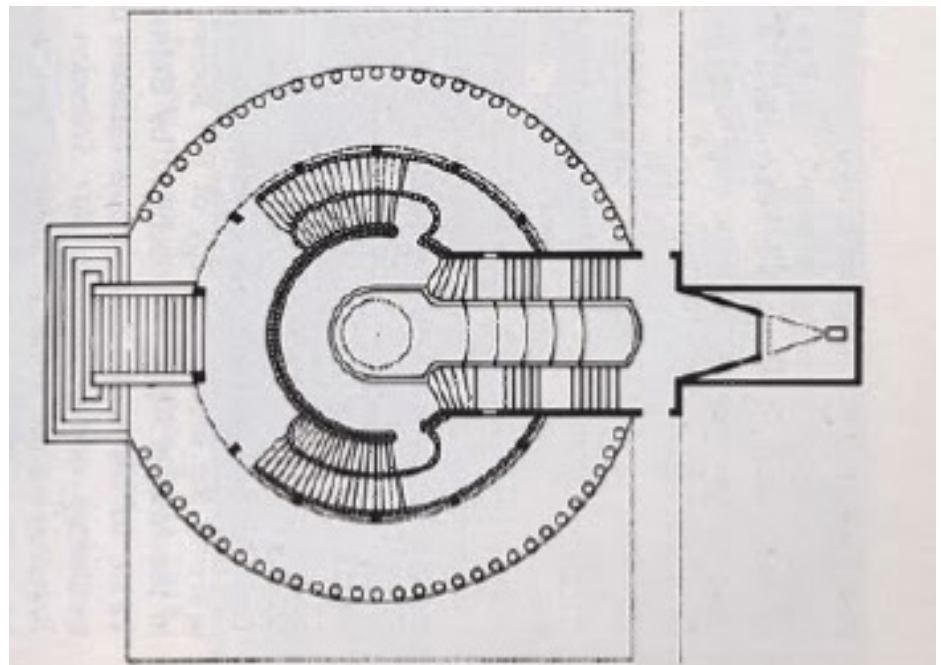


Fig. 4. Planta Pabellón del Cristal en la Exposición Werkbund, Colonia, 1914.

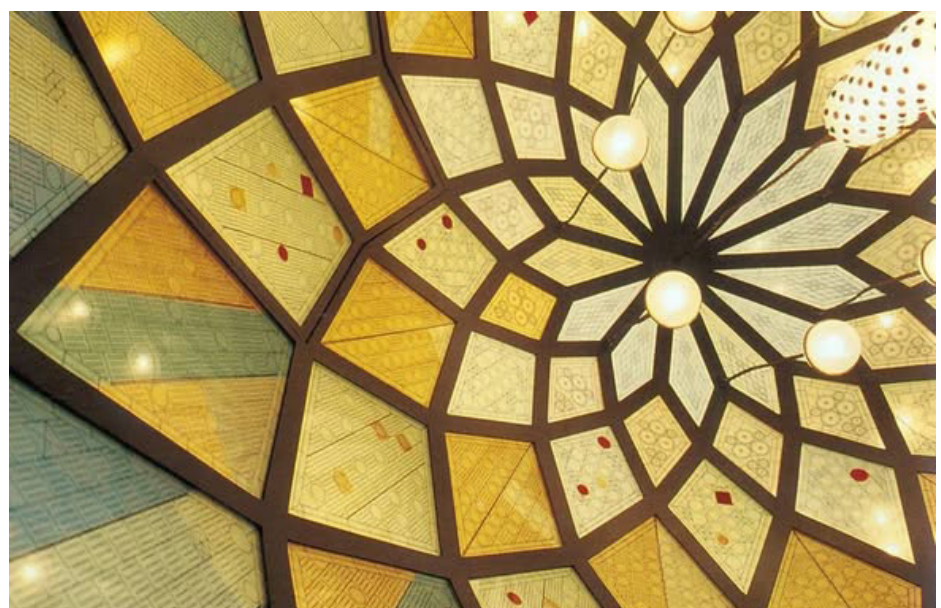


Fig. 5. Detalle de la cúpula del Pabellón del Cristal en la Exposición Werkbund, Colonia, 1914.



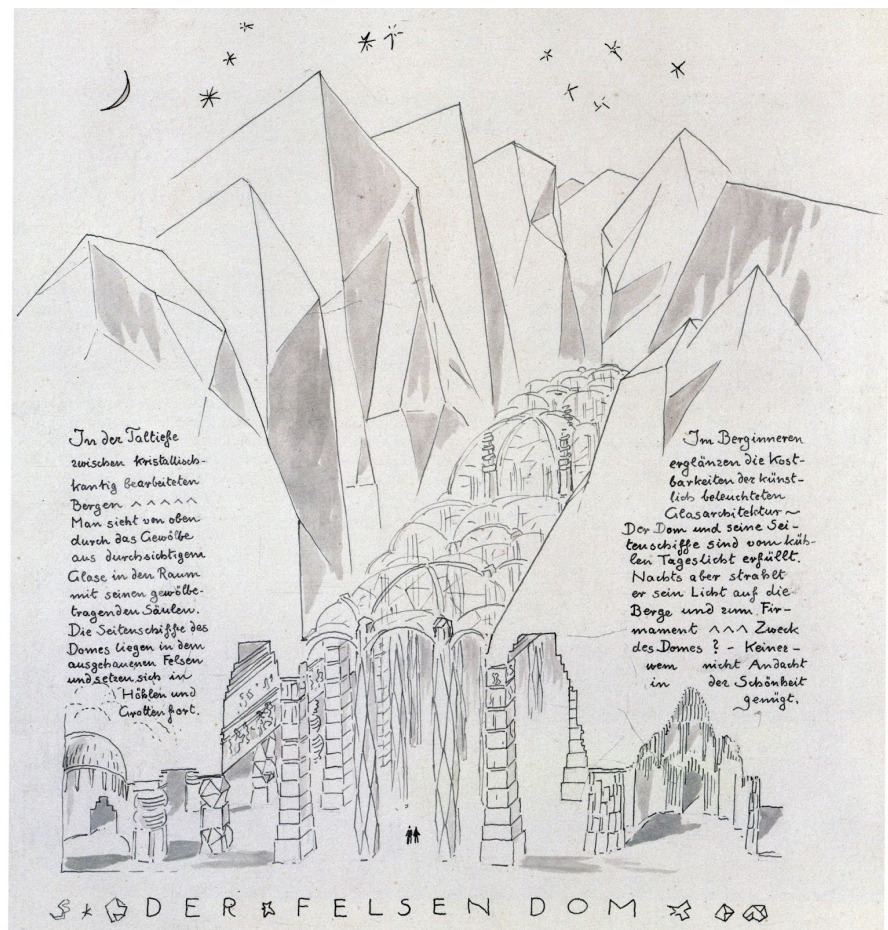
*Fig. 6. Interior cascada de vidrio Pabellón del Cristal en la Exposición Werkbund, Colonia, 1914.*



*Fig. 7. Interior cúpula Pabellón del Cristal en la Exposición Werkbund, Colonia, 1914.*

do una serie de treinta láminas acompañadas por textos que se consideran uno de los manifiestos más ambiciosos sobre arquitectura utópica moderna. Allí visualizó una civilización futura asentada en las cumbres alpinas donde las edificaciones, totalmente construidas en cristal, se integraban al paisaje en perfecta simbiosis. Estas estructuras eran monumentales y transparentes; su esencia era simbólica más que funcional: proponían reconciliar al ser humano con el cosmos como respuesta idealista ante el colapso europeo.

Fig. 8. Lámina 7, Paisaje grotesco con cumbres transformadas, II parte. *Arquitectura Alpina*, 1919..



Ambos proyectos representan expresiones complementarias del pensamiento tautoísta. El primero brinda una experiencia sensorial tangible mientras que el segundo ofrece una visión trascendental hacia el futuro. Jun-



Fig. 9. Lámina Arquitectura Alpina, 1919..

tos articulan críticas al materialismo moderno así como al emergente racionalismo; sugieren a cambio una arquitectura capaz de inspirar conmoción e impulsar la renovación colectiva.

Profundamente influenciado por Paul Scheerbart, quien ya había afirmado en *Arquitectura de cristal* (1914) que “el vidrio transformará al ser humano”, Taut convirtió esa transparencia en símbolo puro tanto espiritual como esperanzador para lograr transformación social. Para él edificar no significaba solo erigir estructuras físicas sino sembrar ideales; frente a arquitecturas utilitarias propuso construir lo sublime: utilizando luz colorida e imaginación.

#### 1.4. El simbolismo del vidrio: transparencia, pureza y futuro.

A lo largo del desarrollo de la arquitectura, el vidrio ha tenido un papel que trasciende lo meramente estructural. Su inclusión no se limita a responder a necesidades técnicas o estéticas; también está impregnada de una profunda carga simbólica. La transparencia, la pureza y la noción de futuro son tres conceptos que han estado presentes y que han transformado su trayectoria como material arquitectónico desde sus primeras manifestaciones hasta las corrientes vanguardistas y la cultura contemporánea en este campo.

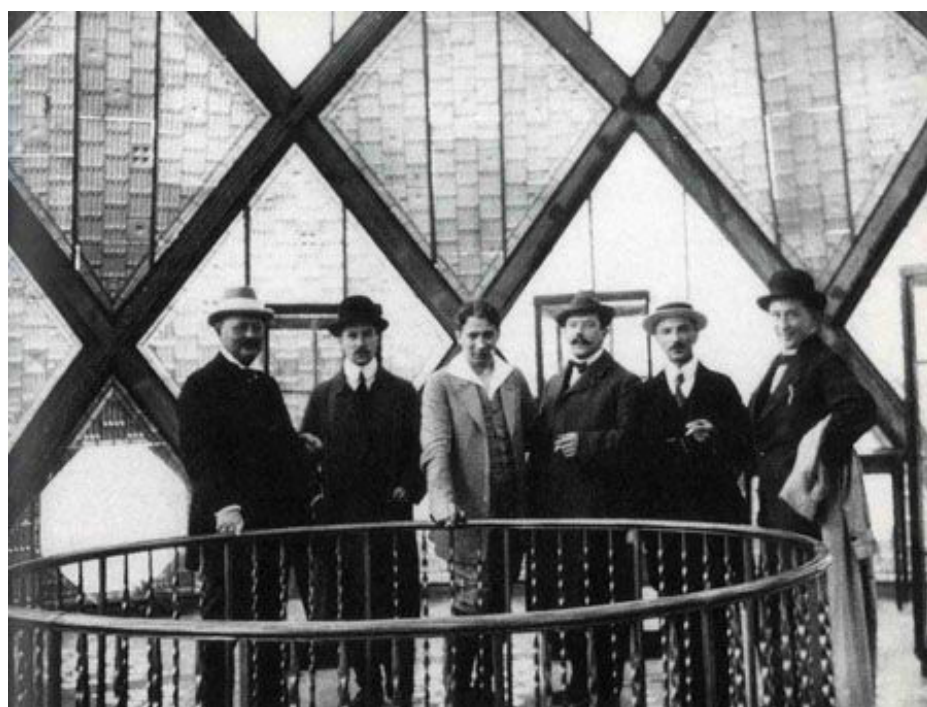
Primero, es importante destacar que la transparencia puede considerarse quizás su atributo más significativo y metafóricamente enriquecedor. En las construcciones religiosas medievales, los vitrales no solo permitían el paso de luz: representaban lo sagrado y convertían el entorno en una experiencia visual sublime. Esta función simbólica fue retomada por los arquitectos modernos, especialmente aquellos dentro del movimiento expresionista. Bruno Taut, profundamente influenciado por Paul Scheer-

bart (**Fig. 10**), hizo de la transparencia un principio fundamental en su enfoque arquitectónico.

En su obra «Arquitectura de cristal» (1914), Scheerbart sostenía: “La arquitectura de cristal revolucionará al hombre. Lo hará más noble, más puro y más alegre” (Scheerbart, 1914, p. 45).

Taut plasmó su visión en el Pabellón de Cristal (1914), donde la transparencia representaba algo más que un mero efecto visual; era un símbolo de apertura, eliminación de barreras y una sinceridad radical. Eva-Maria Barkhofen destaca que el cristal en su obra “podía contribuir a la claridad de ideas [...], junto con la fantasía, el color y la luz” (Barkhofen, 2011, p. 23).

En segundo lugar, esta pureza está profundamente conectada con la pro-



*Fig. 10. Inauguración del Pabellón de Cristal 1914. En la imagen aparecen Bruno Taut y Paul Scheerbart, entre otros de los participantes de la exposición..*

pia esencia del vidrio. Su superficie lisa, desprovista de adornos y su luminosidad inherente evocan una arquitectura libre de retórica decorativa o historicista. Taut y sus contemporáneos interpretaron esta pureza como una forma de espiritualidad secular: el espacio hecho de cristal debía ser depurado para dar paso a un nuevo modo de habitar, alejado de los símbolos del poder tradicional. Así fue como el vidrio se convirtió en emblema de regeneración ética y social, material ideal para una arquitectura que buscaba lo sublime.

Por último, hay que mencionar cómo el vidrio evoca fuertemente asociaciones con el futuro. Durante todo el siglo XX, especialmente tras la llegada del vidrio industrializado, su incorporación en fachadas completas y muros cortina lo estableció como símbolo del avance técnico. Arquitectos

como Mies van der Rohe o Philip Johnson hicieron del cristal un lenguaje constructivo moderno que consolidó su estatus como signo visual distintivo de modernidad. A día de hoy, se sigue transmitiendo esa imagen: transparencia institucional, sostenibilidad ecológica e innovación tecnológica. En espacios culturales importantes como museos, instituciones públicas o sedes corporativas, el vidrio continúa comunicando mensajes sobre apertura y futuro.

## **1.5. Utopía frente a viabilidad: límites técnicos y materiales.**

La trayectoria de la arquitectura ha estado marcada por una tensión constante entre el deseo utópico y las limitaciones técnicas. En este contexto, el vidrio se ha erigido como un material emblemático: representa espiritualidad, transparencia y modernidad, aunque también está condicionado por los desafíos físicos y constructivos de su época. Pocas sustancias logran encapsular con tanta intensidad esta dualidad entre lo anhelado y lo realizable.

A lo largo del siglo XX, especialmente durante el periodo entre guerras, los arquitectos expresionistas visualizaron el vidrio como una herramienta para provocar transformaciones tanto sociales como estéticas. Uno de los más destacados en la exploración de su simbolismo fue Bruno Taut. En obras como *Alpine Architektur* (1917) o el *Pabellón de Cristal* (1914), ideó una arquitectura que era a la vez transparente, ligera y trascendental; donde los edificios parecían fusionarse con el entorno natural y la luz misma. Sin embargo, estas visiones tan poderosas desde un punto simbólico eran en gran medida inalcanzables técnicamente.

En esa época, el vidrio enfrentaba significativas restricciones: su fragilidad estructural, limitada capacidad aislante, dificultad para ser manipulado en formatos grandes y una dependencia considerable de técnicas productivas aún primitivas. Estas características chocaban con las ambiciones monumentales y espaciales propias del movimiento expresionista. Por ejemplo, la realización del *Pabellón de Cristal* solo fue posible debido a su tamaño contenido, su naturaleza efímera y al apoyo brindado por la industria vidriera, más enfocada en promover comercialmente este material que en implementarlo a gran escala dentro de proyectos arquitectónicos.

Más que encontrar soluciones a los problemas técnicos asociados con una arquitectura translúcida, dicho pabellón optaba por evitar dichos retos mediante un enfoque artístico casi escenográfico. Su verdadero valor radicaba en la experiencia sensorial que proporcionaba más que en cualquier posibilidad constructiva concreta; era una obra singular que funcionaba como un manifiesto arquitectónico tangible pero no replicable. La utopía aquí no era ingenua sino un motor creativo vital; tal cual demuestra la historia del movimiento expresionista donde sus arquitectos eran conscientes de que muchas propuestas resultaban irrealizables para ese tiempo.

Conforme avanzó el siglo XX, las innovaciones tecnológicas comenzaron a reducir esa brecha entre visión idealizada y factibilidad realista. La llegada del vidrio flotado, templado o laminado así como sistemas de doble acristalamiento mejoraron notablemente sus propiedades estructurales además de térmicas y acústicas. La arquitectura moderna, hasta aquella más racionalista, absorbió parte del simbolismo relacionado al vidrio anticipado por Taut: fachadas continuas compuestas por amplios paneles transparentes integrando espacios llenos de luz conectados con su entorno inmediato.

Este paso desde lo utópico hacia lo viable técnicamente no implicó necesariamente un fracaso del idealismo; más bien representó una reconfiguración significativa. Las aspiraciones hacia formas puras junto con espacios transparentes enlazados íntimamente con la naturaleza continúan siendo objetivos fundamentales dentro de la arquitectura contemporánea ahora mediadas bajo parámetros eficaces relacionados al confort así como sostenibilidad ambiental.

Así pues, el trayecto del vidrio desde ser un material soñado hasta convertirse en un elemento clave dentro de la arquitectura contemporánea no significa renunciar al ideal; más bien es una forma de mantenerlo vivo. Las limitaciones materiales no anulan la utopía: más bien la desafían y le exigen reconfigurarse. Es precisamente este diálogo continuo entre aspiraciones e impedimentos donde la arquitectura halla uno de sus espacios más fértiles para desarrollarse.

## 2 EL VIDRIO Y SU INFLUENCIA EN EL MOVIMIENTO MODERNO

### 2.1. La industrialización del vidrio y su influencia en el Movimiento Moderno.

El Movimiento Moderno en arquitectura, surgido en las primeras décadas del siglo XX, supuso una ruptura radical con los estilos históricos. Este movimiento defendía la funcionalidad, la economía formal y la sinceridad constructiva como principios rectores. En este contexto, el vidrio se consolidó como un material emblemático de la nueva arquitectura: no solo por su carga simbólica heredada del expresionismo, sino por el impulso que recibió gracias a los avances industriales en su producción.

Una intervención muy importante en esta trayectoria fue el proyecto no construido del rascacielos de oficinas para la Friedrichstrasse en Berlín (1921), diseñado por Ludwig Mies van der Rohe. Aunque solo existió como propuesta, este edificio se considera el primer rascacielos enteramente de vidrio concebido en Europa. Mies no solo introducía una envolvente acristalada, sino una nueva concepción del espacio vertical y ligero, anticipando la imagen del rascacielos moderno como símbolo de transparencia, tecnología y racionalidad estructural.

Mientras que arquitectos como Bruno Taut habían exaltado el vidrio desde una perspectiva utópica y espiritual, los modernistas racionalizaron su uso, incorporándolo a una lógica técnica y funcional. La transparencia pasó a significar sinceridad estructural: mostrar sin ocultar, expresar la organización interna de un edificio sin ornamentos. Como señala Kenneth Frampton, la arquitectura moderna buscaba una “estética de la producción” coherente con el espíritu industrial de la época (Frampton, 2007).

Este giro fue posible gracias a la industrialización del vidrio. Con la aparición del vidrio flotado (Pilkington, 1952), el vidrio templado y los sistemas de doble acristalamiento, el material ganó resistencia, uniformidad y capacidad aislante. Estas innovaciones permitieron su uso en grandes paños, fachadas completas y cerramientos estructurales. Lo que en la utopía expresionista era una visión mística de lo translúcido, en el Movimien-



Fig 11. *Pabellón de Barcelona, 1929. Mies van der Rohe.*

to Moderno se tradujo en una espacialidad continua, abierta y conectada con la vida urbana.

Un ejemplo paradigmático es el Pabellón de Barcelona (1929) (*Fig. 11*) de Mies van der Rohe, donde el vidrio participa activamente en la definición del espacio. Aquí, el material no es solo envoltorio, sino generador de atmósferas, reflejos y transiciones visuales. Según Reyner Banham, esta nueva “arquitectura del vidrio” permitía disolver los límites físicos y crear una experiencia fluida, sin jerarquías entre interior y exterior (Banham, 1960).

No obstante, esta integración técnica del vidrio también reveló las tensiones del propio ideario moderno. La transparencia podía volverse exposición forzada; la pureza formal, una estética repetitiva. Lo que comenzó como un símbolo de apertura e innovación, pronto debió adaptarse a las exigencias térmicas, acústicas y normativas de una arquitectura cada vez más reglada. Aun así, el vidrio mantuvo su lugar central como símbolo de racionalidad, progreso y claridad, no solo como material físico, sino como soporte de una ideología arquitectónica.

## 2.2. Innovaciones tecnológicas del vidrio en el siglo XX.

A lo largo del siglo XX, el vidrio vivió una auténtica revolución tecnológica que transformó por completo su rol en la arquitectura. De ser un material frágil y ornamental, limitado a pequeñas superficies, pasó a convertirse en un elemento estructural, expresivo y protagonista en la definición de nue-

vos lenguajes arquitectónicos. Este cambio fue posible gracias a avances industriales que expandieron sus posibilidades técnicas, estéticas y funcionales, haciendo realidad muchos de los ideales del Movimiento Moderno.

Uno de los hitos más significativos fue el desarrollo del vidrio flotado, introducido por Alastair Pilkington en los años 50. Este proceso permitió fabricar paneles perfectamente planos y de gran tamaño, sin distorsiones ópticas ni necesidad de pulido posterior, lo cual abarató costos y mejoró la calidad del material (Frampton, 2007). Esta innovación fue clave para la expansión del vidrio en fachadas y muros cortina, contribuyendo al ideal moderno de ligereza y transparencia.

También se incorporaron tecnologías que mejoraron la resistencia mecánica y la seguridad, como el vidrio templado, cinco veces más resistente que el vidrio convencional, y el vidrio laminado, que evita desprendimientos peligrosos al romperse. Estas variantes hicieron posible su uso en cubiertas, suelos, barandillas o pasarelas (Forty, 2000).

Otro aspecto fundamental fue la mejora del comportamiento térmico y lumínico del vidrio. A partir de los años 60 se desarrollaron recubrimientos metálicos y tintes que redujeron las pérdidas energéticas y filtraron la radiación solar, favoreciendo el confort climático en edificios altamente acristalados. Estas soluciones respondían directamente a una de las principales críticas al uso masivo del vidrio: su baja eficiencia energética (Banham, 1960).

Gracias a estas innovaciones, el vidrio dejó de ser un símbolo utópico, como en la obra de Bruno Taut, para convertirse en un material esencial de la arquitectura contemporánea. Su evolución es un ejemplo sobre cómo el progreso técnico puede materializar visiones estéticas, fusionando idealismo arquitectónico y viabilidad constructiva.

### **2.3. El vidrio como elemento compositivo y estructural emergente.**

A lo largo de los siglos, el vidrio ha sido visto como un material secundario en la arquitectura, empleado principalmente para facilitar la entrada de luz natural o cerrar aberturas sin contribuir directamente a la estabilidad del edificio. Este material ha sufrido una transformación significativa que le ha permitido emerger como un componente estructural y estético fundamental. Este cambio se debe a los avances tecnológicos, las innovaciones en técnicas constructivas y un creciente aprecio por la transparencia como valor tanto estético como ético en la arquitectura moderna.

La evolución del vidrio desde ser un elemento accesorio hasta convertirse en parte integral de las estructuras comenzó con productos avanzados como el vidrio templado y laminado. Estos materiales, desarrollados durante el siglo pasado, mejoraron notablemente su resistencia al impacto, tracción y flexión. El laminado ofrece mayor seguridad al evitar que fragmentos se dispersen si ocurre una rotura gracias a capas poliméricas intercaladas entre las planchas de vidrio.

Este avance técnico abrió nuevas posibilidades arquitectónicas donde el vidrio dejó atrás su papel pasivo para integrarse activamente al sistema



Fig 12. Pirámide del Louvre



Fig 13 . Apple Store, Shangai



Fig 14. Cubierta Museo Británico.

estructural. La invención de herrajes puntuales, sistemas tensores y anclajes ocultos permitió crear fachadas suspendidas y construcciones completamente acristaladas sin marcos visibles. Estas soluciones técnicas lograron una ligereza visual excepcional que refuerza principios modernos tales como continuidad espacial e integración honesta con los materiales constructivos. Este principio ha sido llevado al extremo en proyectos icónicos como el Great Court del Museo Británico (Foster + Partners) (*Fig. 12*), la Pirámide del Louvre (L. M. Pei) (*Fig. 14*) o las Apple Stores (*Fig. 13*), donde el vidrio se usa incluso en escaleras, pasarelas y cubiertas.

La incorporación del vidrio como elemento estructural conlleva desafíos significativos. Implica un diseño extremadamente preciso, el uso de análisis computacionales sofisticados, así como un control riguroso sobre los efectos térmicos y las expansiones, además de cómo responde a cargas dinámicas y una instalación cuidadosa. La longevidad del vidrio depende considerablemente de la calidad en los detalles constructivos y del mantenimiento sostenido a lo largo del tiempo (Wurm, 2007).

El vidrio ha evolucionado desde ser un ícono utópico en la arquitectura, como fue para Bruno Taut, hasta convertirse en un componente estructural plenamente viable y tecnológicamente avanzado. Su dualidad técnica y simbólica ha ampliado las oportunidades dentro de una arquitectura que ya no considera al vidrio solo como una simple fachada, sino que lo integra como parte esencial tanto del sistema nervioso como estructural del edificio. Hoy en día, la transparencia trasciende su función óptica para convertirse en una manifestación material del pensamiento constructivo contemporáneo.

### 3 LA REVOLUCIÓN DEL VIDRIO ESTRUCTURAL

Desde mediados del siglo XX, el vidrio ha dejado de ser un mero elemento de cerramiento para convertirse en parte activa de la estructura arquitectónica. Este cambio no solo respondió a avances tecnológicos, sino también a una transformación ideológica: la búsqueda de transparencia, continuidad espacial y expresión honesta de la construcción, estos principios son heredados tanto del racionalismo como del idealismo expresionista.

La revolución del vidrio estructural fue posible gracias al desarrollo de tecnologías como el vidrio templado, laminado y curvado, así como a sistemas de unión estructural invisibles, fijaciones puntuales, herrajes minimalistas y siliconas estructurales, que permitieron eliminar marcos y perfiles tradicionales (Wurm, 2007). Esto convirtió al vidrio en un componente capaz de resistir cargas, absorber esfuerzos térmicos y cumplir funciones antes reservadas al acero o al hormigón.

En términos simbólicos, esta revolución materializa el sueño utópico de Bruno Taut, para quienes el vidrio representaba apertura, luz y futuro. La transparencia, antes metáfora poética, se convierte ahora en un atributo técnico integrado en la lógica estructural contemporánea.

El vidrio estructural ha redefinido las posibilidades expresivas y técnicas de la arquitectura moderna y contemporánea. Ha dejado de ser solo una piel pasiva para convertirse en un verdadero esqueleto arquitectónico: resistente, visible y tecnológicamente sofisticado.

#### 3.1. Fachadas ligeras y muros cortina.

Uno de los hitos más significativos en la afirmación del vidrio dentro de la arquitectura actual fue la introducción y normalización del muro cortina, conocido también como fachada ligera. Este sistema constructivo, que se basa en la distinción entre la estructura portante y el cerramiento exterior, permitió liberar a la envolvente de sus funciones estructurales tradicionales, abriendo un amplio campo para explorar nuevas posibilidades formales, técnicas y simbólicas durante el siglo XX.

El muro cortina consiste en una fachada no portante que se compone de módulos de vidrio y perfilería metálica, generalmente fabricada con aluminio o acero, que se fija a la estructura del edificio. Su función principal es ofrecer protección climática, aislamiento térmico y acústico además de permitir el ingreso de luz natural; sin embargo, también juega un papel estético crucial al definir la imagen general del edificio. Este sistema emergió en el marco del Movimiento Moderno junto con el crecimiento vertical urba-

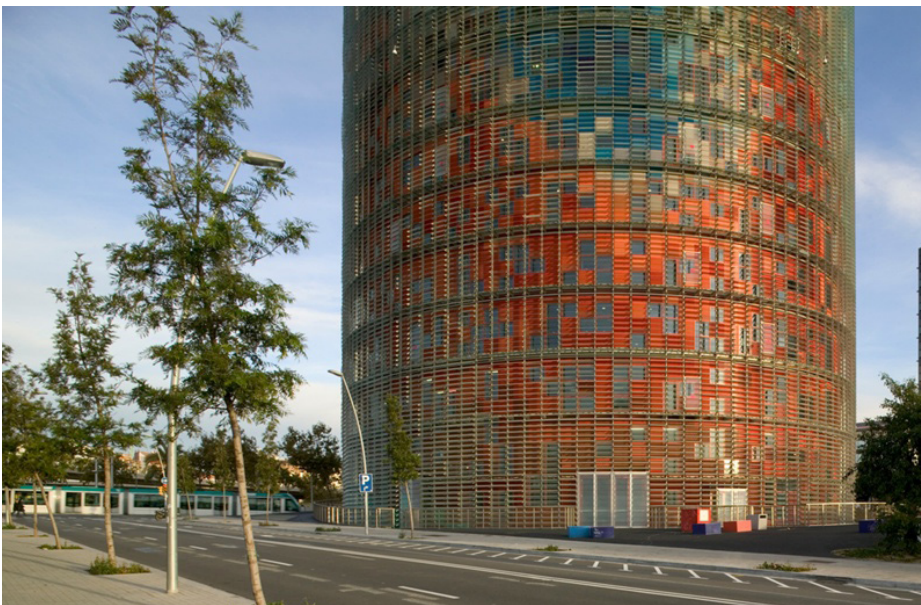
no impulsado por rascacielos en Estados Unidos. Proyectos emblemáticos como Lever House (SOM, 1952) (*Fig. 15*) y Seagram Building (Mies van der Rohe, 1958) (*Fig. 16*) iniciaron una nueva estética caracterizada por repetición modular, transparencia y sinceridad constructiva (Frampton, 2007).



*Fig 15. Lever House.*

*Fig 16. Seagram Building*

A lo largo del tiempo, este sistema ha evolucionado hacia dos categorías principales: el stick system que se ensambla in situ y el sistema modular o panelizado que es prefabricado en talleres. Ambas alternativas han permitido optimizar recursos durante las obras e incrementar control sobre su calidad. La inclusión de silicona estructural, rotura del puente térmico o de cámaras llenas de gas argón junto con vidrios diseñados para controlar solarmente llevaron a fachadas sin marcos visibles que son altamente eficientes con superficies lisas continuas (Braham & Hale, 2007).



*Fig 17. Torre Agbar*

Además, estas envolventes han implicado un cambio conceptual significativo, han pasado de ser barreras pesadas u opacas a pieles ligeras que responden dinámicamente gracias a su sofisticación técnica. Con elementos como vidrios curvos o serigrafiados e incluso fotovoltaicos o electrocrómicos incorporados a las fachadas hemos presenciado surgir una arquitectura fluida que combina tecnología avanzada. Ejemplos representativos incluyen Torre Agbar (Jean Nouvel) (*Fig. 17*), sede Commerzbank (Norman Foster) (*Fig. 18*) o las Apple Stores donde el vidrio funciona a la vez como elemento arquitectónico fundamental y como soporte simbólico.



*Fig 18. Sede Commerzbank.*

Sin embargo estos avances también han sido objeto de críticas respecto al impacto energético si no son diseñados bajo criterios bioclimáticos adecuados. Por ello las nuevas generaciones de muros cortina están enfocándose cada vez más hacia integrar estrategias pasivas tales como ventilación natural o captación solar alineándose con estándares reconocidos LEED, BREEAM o Passivhaus (Forty, 2000).

El muro cortina ha transformado la concepción de fachada en la arquitectura moderna y contemporánea. Su ligereza, su transparencia y su habilidad para incorporar tecnología lo establecen como uno de los sistemas más emblemáticos que ilustran la evolución del vidrio desde una visión utópica expresionista hasta convertirse en una realidad constructiva avanzada y cargada de simbolismo.

### **3.2. Nuevas técnicas: vidrios laminados, curvos y autoportantes.**

El vidrio laminado, compuesto por varias láminas de vidrio unidas mediante polímeros como PVB o EVA, ha revolucionado los criterios de seguridad. Además de impedir la dispersión de fragmentos en caso de rotura,

puede incorporar filtros solares, tratamientos acústicos, colores, tejidos o serigrafías, convirtiéndose en un recurso expresivo y técnico al mismo tiempo (Wurm, 2007). Su aplicación en suelos, escaleras, pasarelas o cubiertas demuestra su adaptación a zonas que antes eran consideradas incompatibles con el vidrio.

El vidrio curvado ha liberado a la arquitectura de la bidimensionalidad. Mediante técnicas de curvado en caliente o en frío, los arquitectos pueden hoy generar volúmenes fluidos, fachadas sin aristas y envolventes orgánicas que mejoran incluso el rendimiento aerodinámico o el escurrimiento de agua. Esta técnica ha sido especialmente adoptada en edificios institucionales y sedes corporativas que buscan un alto impacto visual en el paisaje urbano (Braham & Hale, 2007).

Pero uno de los desarrollos más significativos es el del vidrio autoportante, en el que el propio vidrio asume funciones estructurales. Grandes vidrios templados o laminados pueden actuar como muros, columnas o costillas que resisten cargas de viento, peso o esfuerzos internos, eliminando marcos visibles y acentuando una transparencia radical. Estas soluciones requieren cálculos estructurales complejos y una ejecución de alta precisión, pero logran fusionar completamente estructura y piel en un solo elemento arquitectónico.

Estas técnicas no solo mejoran el rendimiento del material, sino que redefinen su rol simbólico donde el vidrio ya no es solo un signo de modernidad, también es una herramienta compositiva y tecnológica fundamental para la arquitectura contemporánea. Su evolución encarna la convergencia entre innovación, técnica y expresión, cumpliendo las promesas de transparencia, ligereza y flexibilidad que durante décadas fueron solo un ideal proyectado hacia el futuro y partían de una utopía.

### **3.3. Grandes iconos contemporáneos: ejemplos internacionales y nacionales.**

La integración del vidrio como un componente fundamental en la arquitectura se manifiesta claramente en diversas obras icónicas, tanto a nivel global como local. En estas construcciones, el vidrio trasciende su función de simple cerramiento para convertirse en estructura, lenguaje y experiencia. Estas edificaciones representan hitos significativos en la evolución actual al utilizar el vidrio no solo como un material funcional, sino también como una herramienta simbólica y espacial.

Un ejemplo destacado es la Pirámide del Louvre en París, concebida por I. M. Pei en 1989. Esta obra de vidrio y acero no solo sirve como acceso práctico al museo, sino que establece un diálogo entre lo tradicional y lo moderno, integrándose de manera respetuosa dentro de un contexto patrimonial denso (Frampton, 2007). Su utilización del vidrio simboliza apertura e innovación ha dejado huella sobre numerosas intervenciones realizadas en centros históricos.

Por otro lado, la Casa de Cristal (**Fig. 19**) diseñada por Philip Johnson en 1949 fue pionera al emplear el vidrio como envolvente total aunque precediera los avances técnicos actuales. Su radical transparencia y fusión con el paisaje anticiparon muchas aspiraciones formales y conceptuales que mar-



Fig 19. Casa de Cristal.

carían la arquitectura del siglo XXI.

En entornos comerciales urbanos destaca el cubo autoportante de cristal que alberga la Apple Store en 5th Ave (Foster + Partners), donde el vidrio se transforma en una experiencia emblemática; aquí se fusionan estructura, marca y diseño arquitectónico formando una instalación que va más allá de lo meramente constructivo.

En España resalta también la Torre de Cristal (**Fig. 20**) diseñada por César Pelli situándose Madrid; su fachada vidriada presenta alta eficiencia energética además de contar con una expresión dinámica que responde a las características lumínicas diarias del entorno circundante. El MUSAC (**Fig. 21**) ubicado en León (Mansilla & Tuñón) ofrece igualmente un enfo-

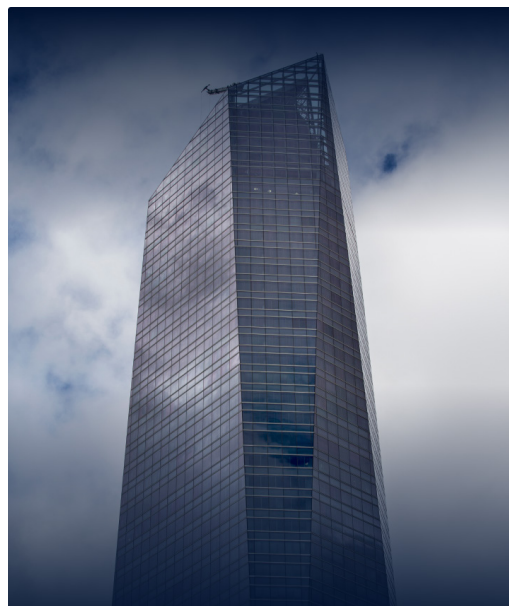


Fig 20. Torre de Cristal.

que artístico sobre el uso del vidrio al alejarse de lo transparente para abrazar cualidades pictóricas.

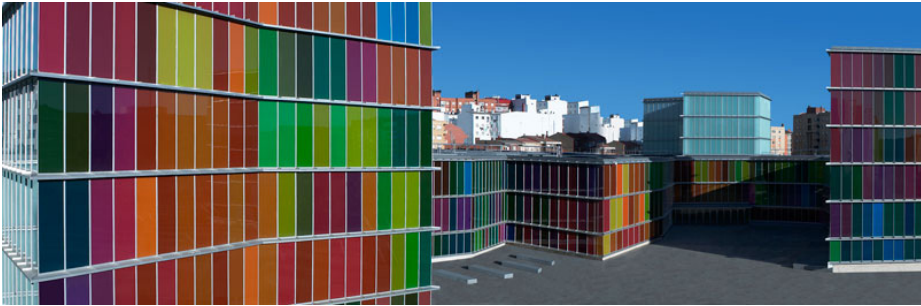


Fig 21. MUSAC.

En Berlín, Norman Foster incorporó una cúpula vidriada al Reichstag (*Fig. 22*) emulando transparencia mientras implementaba ventilación natural junto a estrategias sostenibles redefiniendo así los roles técnico y simbólico asociado a este material.



Fig 22. Cúpula Reichtag

Obras como Basel Messe Hall (Herzog & De Meuron) (*Fig. 23*) o Centro Heydar Aliyev (*Fig. 24*) diseñado por Zaha Hadid son ejemplos donde se lleva el uso del cristal hacia nuevas dimensiones formales donde adquiere propiedades escultóricas sensoriales convirtiéndose casi en una piel viva interactuando con su entorno inmediato.



Fig 23. Basel Messe Hall



Fig 24. Centro Heydar Aliyev.

Estas proyecciones ilustran cómo el vidrio ha evolucionado hasta alcanzar versatilidad suficiente para desempeñar múltiples funciones: desde cerramientos eficientes hasta elementos estructurales complejos o dispositivos climáticos sofisticados hasta lenguajes estéticos únicos.

### 3.4. El vidrio como símbolo de sostenibilidad, luz y apertura.

En la arquitectura moderna, el vidrio ha evolucionado de ser un simple material funcional a convertirse en un símbolo que refleja valores intrínsecamente relacionados con nuestra cultura actual: sostenibilidad, luminosidad y apertura. Esta transformación no se limita únicamente a las mejoras en sus propiedades físicas, sino que también abarca cómo arquitectos, ingenieros y usuarios han reinterpretado su significado.

La conexión entre vidrio y sostenibilidad se ha fortalecido gracias al desarrollo de vidrios de alto rendimiento térmico, como los acristalamientos

dobles o triples con cámaras llenas de argón, así como aquellos con baja emisividad (low-E) o control solar selectivo. Estas innovaciones permiten disminuir la necesidad energética para climatizar sin sacrificar la entrada de luz natural (Wurm, 2007). Además, el avance hacia vidrios fotovoltaicos y electrocrómicos, que generan energía o alteran su opacidad ante estímulos eléctricos o cambios climáticos, ha enriquecido su rol dentro de sistemas arquitectónicos tanto pasivos como activos.

El vidrio también se establece como el principal medio para canalizar luz natural en los espacios construidos. Su habilidad para filtrar, reflejar o dispersar la luz lo convierte en una herramienta esencial en el diseño de edificios saludables que están alineados con los ciclos naturales del día y minimizan la dependencia de iluminación artificial. En este contexto, el vidrio trasciende su función técnica para asumir un significado simbólico: representa claridad mental y apertura sensorial que favorece el bienestar de quienes lo utilizan (Forty, 2000).

Por otro lado, la idea de apertura va más allá del ámbito físico. El vidrio cada vez es más visto como un ícono que denota accesibilidad e interacción social equitativa. En edificaciones institucionales y culturales educativas donde grandes paneles acristalados son prominentes se transmite una sensación de confianza e inclusión mientras conecta los espacios interiores con el exterior. Proyectos como bibliotecas públicas, y centros cívicos así como oficinas gubernamentales emplean este recurso para expresar principios sobre transparencia institucional y compromiso comunitario como podemos ver en el Parlamento Escocés (Miralles) (*Fig. 25*), al Reichstag berlinés (Foster), junto a diversas sedes pertenecientes a las Naciones



Fig 25. Parlamento Escocés.

Unidas y Unión Europea.

Sin embargo esta simbolización exige una reflexión crítica: La utilización extensiva del cristal puede resultar en pérdidas térmicas excesivas u otros problemas si no está respaldada por estrategias bioclimáticas adecua-

das. El uso responsable del vidrio asociado a sostenibilidad implica diseñar cuidadosamente donde dicho material funcione integrado dentro un sistema arquitectónico inteligente equilibrando forma, clima y función (Braham & Hale, 2007).

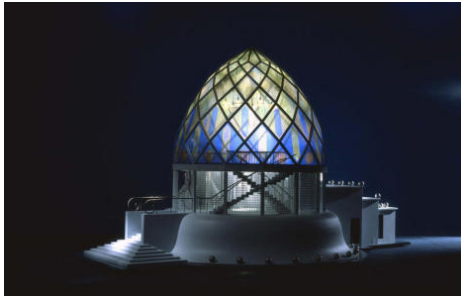
En definitiva, el vidrio se ha consolidado no solo como un recurso tecnológico, sino como un lenguaje arquitectónico cargado de significado. Representa una visión del espacio contemporáneo que busca ser abierto, luminoso, eficiente y conectado con el entorno. Su capacidad de fusionar lo técnico con lo poético lo posiciona como uno de los materiales más emblemáticos de una arquitectura que aspira a construir no solo edificios, sino futuros más claros, justos y habitables.

## 4 EXPLORACIONES ANALÍTICAS Y COMPARATIVAS

Tras ver los avances del vidrio a lo largo de la historia desde las intervenciones de Bruno Taut, tanto a nivel material como constructivo, en este apartado se plantean dos tipos de análisis. En primer lugar, se examinan todas las obras históricas mencionadas anteriormente, calculando el porcentaje aproximado de vidrio empleado en cada una, con el objetivo de observar su variación a lo largo del tiempo.

En segundo lugar, se desarrollará un análisis a partir de una serie de parámetros obtenidos tras estudiar el Pabellón de Cristal y Alpine Architektur de Bruno Taut. A estos parámetros se les han asignado diferentes obras arquitectónicas que los cumplen, de manera que se pueda establecer, a continuación, una comparación entre los proyectos seleccionados y aquellos más afines a la visión arquitectónica de Taut.

La evolución del vidrio como material arquitectónico se revela con particular claridad al observar su presencia cuantitativa y simbólica en una serie de obras clave distribuidas entre los siglos XX y XXI. A través del análisis comparativo de la cantidad estimada de vidrio en la envolvente de estos edificios, es posible identificar una progresiva consolidación del vidrio no solo como cerramiento, sino como estructura, lenguaje compositivo y elemento expresivo.



1914 70% vidrio como símbolo utópico.

Fig 26. Exterior Pabellón de Cristal (1914)

Fig 27. Interior Pabellón de Cristal (1914)



1949 90% vidrio como envolvente total

Fig 28. Exterior Casa de Cristal (1949)

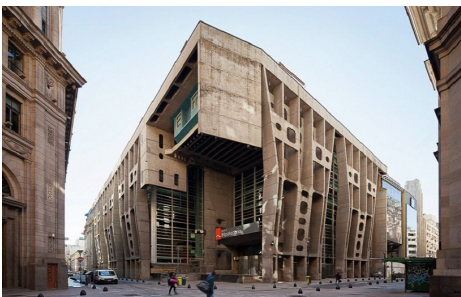
Fig 29. Interior Casa de Cristal (1949)



1958 65% modulación vertical, muro cortina

Fig 30. Exterior Torre Pirelli (1958)

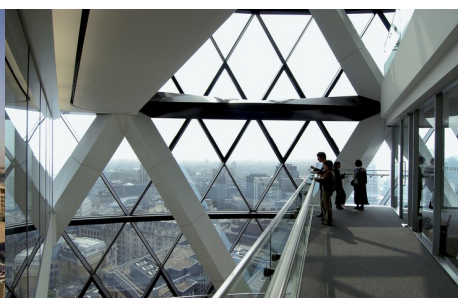
Fig 31. Interior Torre Pirelli (1958)



1966 40% uso expresivo y contenido del vidrio

Fig 32. Exterior Banco de Londres (1966)

Fig 33. Interior Banco de Londres (1966)



2004 68% doble piel de vidrio energéticamente eficiente.

Fig 34. Exterior 30St Mary Axe (2004)

Fig 35. Interior 30St Mary Axe (2004)

El análisis comienza con el Pabellón de Cristal (1914) de Bruno Taut (*Fig. 26 y 27*), una obra emblemática del expresionismo arquitectónico donde el vidrio cumple una función simbólica y emocional, nada estructural. Contando con aproximadamente el 70% de superficie vidriada, esta arquitectura manifiesta el anhelo de transparencia, espiritualidad y transformación social que marcaría las primeras aspiraciones modernas. A pesar de sus limitaciones técnicas, la obra opera como un manifiesto visual en el que el vidrio anticipa un futuro que en aquel momento no era viable.

Posteriormente, la Casa de Cristal (1949) de Philip Johnson (*Fig. 28 y 29*) da un paso decisivo al utilizar el vidrio como envolvente total. Con un 90% de fachada vidriada, esta vivienda explora los límites entre lo privado y lo público, proponiendo una radical fusión con el entorno. Aquí el vidrio comparte características tanto de barrera como ausencia de barrera, anticipando debates contemporáneos sobre la transparencia y la exposición.

Durante la segunda mitad del siglo XX, el vidrio entra de lleno en la lógica del Movimiento Moderno y la arquitectura internacional. Obras como el Seagram Building (1958) de Mies van der Rohe o la Torre Pirelli (1958) de Gio Ponti (*Fig. 30 y 31*) consolidan el uso del vidrio en muros cortina, alcanzando porcentajes del 65% al 75%. En estos casos, el vidrio adquiere un nuevo valor: transparencia estructural y expresión de la racionalidad constructiva. El Centro Pompidou (1977) también incorpora el vidrio como parte de una envolvente técnica y expositiva, alcanzando un 50%.

A finales del siglo XX e inicios del XXI, el vidrio empieza a asumir roles más complejos. El Reichstag (1999), con un 60% de vidrio, utiliza el material como símbolo de transparencia política y apertura institucional. En contraste, el Museo Guggenheim de Bilbao (1997) presenta un uso más limitado del vidrio, 30%, subordinado a una envolvente metálica dominante, lo cual evidencia que el vidrio, aunque central en muchos discursos, convive con otros lenguajes materiales.

Las obras más recientes reflejan la consolidación del vidrio como elemento estructural y de marca. Destaca el caso del edificio 30 St Mary Axe (2004) en Londres, diseñado por Foster + Partners (*Fig. 34 y 35*), con aproximadamente un 68% de superficie vidriada. El lenguaje formal de Foster, prioriza la claridad estructural, la ligereza visual y la eficiencia ambiental y a su vez encuentra en esta obra una de sus manifestaciones más emblemáticas.

En esta misma línea, el MUSAC (2005) y la Torre Agbar (2005) (*Fig. 36 y 37*) alcanzan niveles altos de acristalamiento de entre 65% y 75%, con enfoques distintos: el primero utiliza vidrio coloreado como piel artística; el segundo, como dispositivo climático y formal.

Uno de los mayores iconos en cuanto al uso del vidrio se refiere es Apple Store en la Quinta Avenida (2006) I (*Fig. 38 y 39*) a cual emplea un 100% de vidrio en su entrada monumental, un cubo autoportante que fusiona símbolo, estructura y estrategia comercial. Del mismo modo, el Apple Park (2017) (*Fig. 44 y 45*) alcanza un 75% mediante un muro cortina curvo que evidencia el dominio técnico actual.

La Torre de Cristal (2009) (*Fig. 40 y 41*) y The Edge (2015) (*Fig. 42 y 43*) ejemplifican cómo el vidrio puede integrarse en sistemas de alta eficiencia energética, mientras que el Heydar Aliyev Center (2012) y la Fondation Louis Vuitton (2014) exploran formas fluidas donde el vidrio se pliega a geometrías complejas, asumiendo un papel plástico y sensorial.

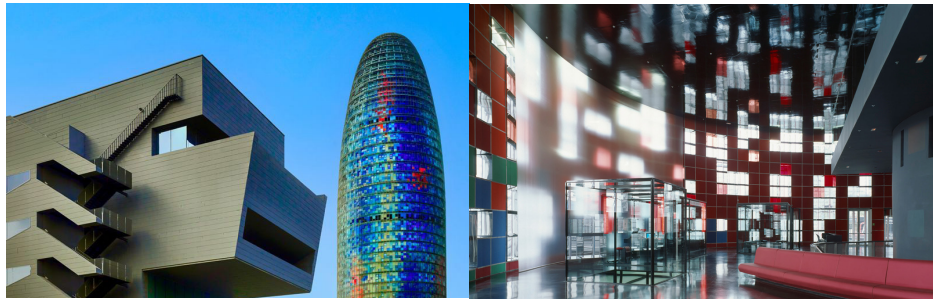
Por último, el Messe Basel Hall (2013) y la Sede BBVA (2015) muestran cómo el vidrio puede dialogar con otros materiales y responder a exigencias bioclimáticas mediante dobles pieles y sistemas activos.

A lo largo de los siglos analizados, el porcentaje de vidrio ha aumentado de forma progresiva, pero no de manera lineal. Lo relevante no es solo la cantidad, sino el cambio de sentido que ha tenido su uso: de símbolo utópico a componente estructural, de lenguaje espiritual a herramienta de marketing. En algunas obras contemporáneas, el vidrio ha alcanzado una sofisticación técnica sin precedentes, pero ha perdido parte de su carga simbólica original, convirtiéndose en un signo de transparencia literal más que emocional o ética.

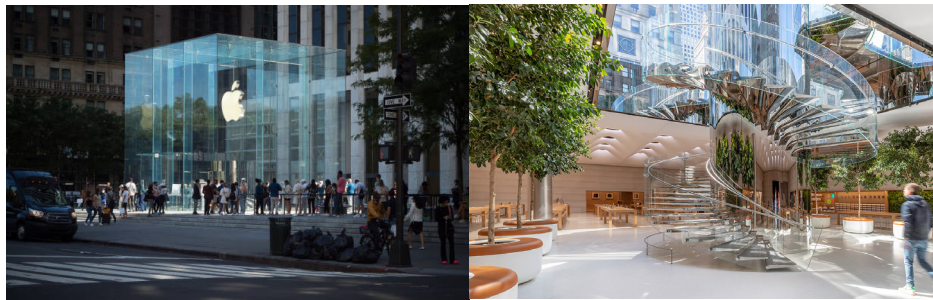
Este recorrido evidencia que el vidrio no es solo un material, sino un barómetro del pensamiento arquitectónico en cada época: cuando se soñaba con la utopía, cuando lo principal era la industria, cuando se buscaba eficiencia y cuando se buscaba priorizar la imagen.

El estudio histórico y porcentual del vidrio en obras clave demuestra que su uso ha evolucionado en paralelo con los ideales arquitectónicos, las tecnologías disponibles y las aspiraciones sociales de cada momento. De símbolo de redención espiritual a piel energética de la arquitectura corporativa, el vidrio ha sabido adaptarse, reinventarse y expandir sus límites, aunque no sin contradicciones.

2005

65% piel de vidrio  
serigrafiado y colorido.*Fig 36. Exterior Torre  
Agbar (2005)**Fig 37. Interior Torre  
Agbar (2005)*

2006

100% cubo vidrio  
autoportante.*Fig 38. Exterior Apple  
Store (5th Ave) (2006)**Fig 39. Interior Apple  
Store (5th Ave) (2006)*

2009

80% envolvente técnica  
altamente acristalada.*Fig 40. Exterior Torre  
de Cristal (2009)**Fig 41. Interior Torre  
de Cristal (2009)*

2015

70% vidrio con control  
climático y solar*Fig 42. Exterior The Edge (2015)**Fig 43. Interior The Edge(2015)*

2017

75% curtain wall  
circular, vidrio*Fig 44. Exterior Apple  
Park (2017)**Fig 45. Interior Apple  
Park (2017)*

ALPINE ARCHITECTURE

PARÁMETROS CONCEPTUALES

Arquitectura como instrumento de redención espiritual.



Fig 60. Capilla de Campo Bruder Klaus.

Fig 61. Roden Crater, James Turrel

Utopía social-artística.



Fig 62. Pabellón de la Paz de Hiroshima

Fig 63. Elemental, Aravena.

Fig 64. The Hive, Wolfgang Buttress.

Naturaleza como escenario y aliada de la arquitectura.



Fig 65. Vessel, Heatherwick

Fig 66. Refugio Alpino Monterosa, ETH.

Fig 67. Norwegian Wild Reindeer Pavilion.

Cristal y geometrías simbólicas como lenguaje universal.



Fig 68. Instituto del Mundo Árabe

Fig 69. The Eden Project, Grimshaw.

PARÁMETROS CONSTRUCTIVOS

Uso estructural del vidrio.



Fig 70. The Eden Project.

Fig 71. Apple Park Campus

Fig 72. Apple Store 5th ave.

Estructuras ligeras y abiertas.



Fig 73. Serpentine Pavilion 2015, SelgasCano.

Fig 74. Kanagawa Institute, Ishigami.

Construcción en emplazamientos extremos.



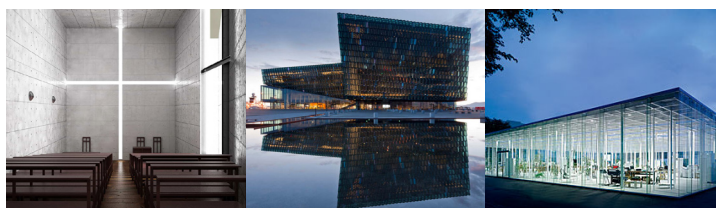
Fig 75. Refugio Alpino Monterosa, ETH.

Fig 76. Observatorio Mirador del Fiordo.

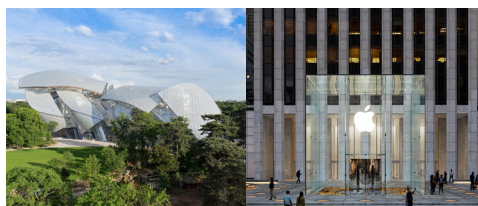
## PABELLÓN DE CRISTAL

## PARÁMETROS CONCEPTUALES

- Fig 46. *Capilla de la luz* Espiritualidad y trascendencia a través de los espacios.
- Fig 47. *Harpa Concert Hall*
- Fig 48. *Kanagawa Institute*



- Fig 49. *Fundación Louis Vuitton, Gehry.* Uso simbólico de materiales.
- Fig 50. *Apple Store, Foster + partners.*



- Fig 51. *Museo Nikola Tesla* Rechazo del Historicismo y búsqueda de un lenguaje nuevo.
- Fig 52. *VIA 57 West in NY*
- Fig 53. *Harvin Opera House*

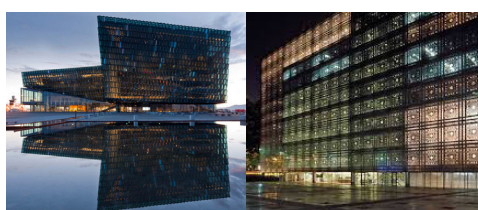


## PARÁMETROS CONSTRUCTIVOS

- Fig 54. *The Shard, Renzo Piano.* Vidrio como protagonista.
- Fig 55. *Instituto Holandés del sonido y la visión, Neutelíng Riedijk.*



- Fig 56. *Harpa Concert Hall* Efectos cromáticos y lumínicos como generadores de espacios.
- Fig 57. *Instituto del Mundo Árabe, Jean Nouvel*



- Fig 58. *Museo Guggenheim Bilbao* Formas no ortogonales.
- Fig 59. *Heydar Aliyev Center, Zaha Hadid.*



Seguidamente se analizará cómo las ideas propuestas por Bruno Taut en dos de sus obras clave, el Pabellón de Cristal (1914) y el proyecto utópico Alpine Architektur (1917), han sido reinterpretadas, transformadas y adaptadas en la arquitectura contemporánea. Para hacerlo se establecen diferentes

parámetros característicos de cada uno y a través de una matriz comparativa, se identifican una serie de obras que incorporan, cada una desde su enfoque y contexto, distintos parámetros conceptuales y constructivos derivados de aquellas propuestas pioneras.

El Pabellón de Cristal fue concebido como un espacio sin función utilitaria, donde el vidrio se convertía en medio para elevar la experiencia espiritual a través de la luz, el color y la forma, obras como la Capilla de la Luz de Tadao Ando o el Harpa Concert Hall de Ólafur Elíasson reafirman esa dimensión trascendental: en ambos casos, la luz natural filtrada a través del vidrio se transforma en experiencia estética y contemplativa.

A nivel constructivo, proyectos como The Shard (Renzo Piano) o el Instituto del Sonido y la Visión (Neutelings Riedijk Architects) exploran el vidrio como protagonista material, no solo por su presencia visual, sino como elemento que articula espacio, percepción y atmósfera. Estas obras trasladan al presente el uso poético del vidrio que Taut intuía como un medio de redención simbólica.

En Alpine Architektur, Taut proyectaba una arquitectura no construible, pero sí imaginativa, destinada a una humanidad renovada en comunión con la naturaleza y lo sublime. Obras como el Roden Crater de James Turrell o la Capilla de Campo Bruder Klaus de Peter Zumthor evocan ese mismo gesto: lugares alejados de lo urbano, donde la arquitectura se convierte en un instrumento de conexión espiritual, simbólica y cósmica.

La relación con la naturaleza también es central en proyectos como el Refugio Alpino Monte Rosa (ETH Zürich) o el Observatorio del Fiordo en Noruega, que reinterpretan la idea de implantación extrema, armonía con el entorno y que retoman la noción de montaña como soporte de elevación espiritual.

Algunos proyectos presentes en ambas categorías reflejan una fusión entre lo expresivo y lo técnico. El uso de efectos cromáticos (Harpa Hall), estructuras ligeras (The Eden Project, Serpentine Pavilion), y formas no ortogonales (Heydar Aliyev Center, Fundación Louis Vuitton) son estrategias contemporáneas que conectan tanto con el carácter experimental del Pabellón de Cristal como con la vocación utópica y simbólica de Alpine Architektur.

La Apple Store (5th Ave) o el Apple Park Campus son ejemplos del uso del vidrio en clave tecnológica, donde se reinterpreta el ideal de transparencia, pero con fines más comerciales que espirituales. Esta ambigüedad refuerza la necesidad de analizar no solo cómo se construye, sino con qué intención se construye.

El estudio demuestra que, a pesar de que los contextos han cambiado radicalmente desde la época de Bruno Taut, los fundamentos conceptuales de sus obras siguen vigentes, reencarnados en arquitecturas que buscan emocionar, conmover o integrar al ser humano con el paisaje. Sin embargo, también se advierte una desviación del sentido original, especialmente cuando el vidrio es instrumentalizado con fines de impacto comercial, perdiendo parte de su dimensión simbólica original.

Para finalizar haremos un análisis comparativo donde se han escogido dos obras emblemáticas de la arquitectura contemporánea que estéticamente cumplen similitudes con el Palacio de Cristal de Bruno Taut (1914) como son: 30 St Mary Axe (The Gherkin), de Foster + Partners en Londres (*Fig. 77*), y la Torre Agbar (*Fig. 78*), de Jean Nouvel en Barcelona.



*Fig 77. 30st Mary Axe, London*

*Fig 78. Torre Agbar, Barcelona.*

Tanto The Gherkin como la Torre Agbar presentan una morfología fluida y vertical, alejada de la rigidez geométrica convencional. Esta elección formal remite a una búsqueda expresiva que, aunque hoy se apoya en la tecnología digital y la eficiencia aerodinámica, puede verse como heredera del gesto simbólico de Taut, cuya arquitectura ya se apartaba de lo funcional para explorar lo emocional y espiritual. La forma en los tres casos busca destacar, elevar, inspirar.

En las tres obras el vidrio actúa como protagonista absoluto, no solo como envolvente, sino como generador de atmósferas, reflejos, efectos lumínicos y sensaciones visuales. Foster lo utiliza como parte de un sistema de doble piel que responde a criterios energéticos y de transparencia estructural, mientras que Nouvel lo manipula cromáticamente para proyectar una imagen cambiante, vibrante, casi pictórica. En Taut, en cambio, el vidrio se usaba como medio sensorial para provocar una experiencia mística y simbólica. En todos los casos, el material busca trascender su condición meramente técnica para influir directamente en la percepción del espacio.

Sin embargo, a pesar de estas similitudes formales y constructivas, es importante subrayar que tanto The Gherkin como la Torre Agbar no logran recuperar ni transmitir plenamente la dimensión poética, espiritual y utópica que Bruno Taut planteaba con el Pabellón de Cristal. Mientras que este último era una arquitectura pensada como herramienta de transformación interior del ser humano, como espacio de elevación sensorial y ética, las torres contemporáneas están diseñadas desde lógicas muy distintas: rendimiento energético, identidad corporativa, innovación formal o impacto visual.

Esto no implica una desvalorización de los ejemplos actuales, sino una reflexión crítica sobre el cambio de paradigma. En el presente, el vidrio se ha convertido en una herramienta versátil y potente, pero en muchos casos ha perdido la carga simbólica y espiritual que motivaba su uso en los inicios del siglo XX. Quizás hoy podemos construir lo que entonces solo se podía imaginar, pero la pregunta persiste: ¿hemos logrado construir también aquello que se quería sentir?

# CONCLUSIONES

Tras la redacción de este trabajo en el que me ha sido posible analizar la evolución del vidrio como material arquitectónico, desde sus orígenes como símbolo utópico hasta su consolidación como componente estructural y tecnológico fundamental en la arquitectura contemporánea, he llegado a las siguientes conclusiones. Aquello que a comienzos del siglo XX parecía inalcanzable como eran las visiones cristalinas, flotantes y espirituales de Bruno Taut, Paul Scheerbart y otros arquitectos expresionistas, se han convertido hoy en una realidad física y técnica. Las limitaciones que entonces eran insalvables, como la fragilidad del material, su bajo rendimiento térmico o su coste de producción, han sido superadas por la investigación tecnológica, la industrialización y el avance en sistemas constructivos.

Sin embargo, este logro técnico no ha estado exento de contradicciones. Si bien es cierto que se ha conseguido hacer realidad aquello que en su momento fue considerado utopía, cabe preguntarse si también se ha conservado el sentido profundo y simbólico que motivó a esos primeros arquitectos a trabajar con el vidrio como medio poético y espiritual. Desde mi punto de vista, la evolución tecnológica del material ha contribuido, en la mayoría de los casos, a una pérdida de límites arquitectónicos y conceptuales. Al simplificarse su uso y al eliminarse los elementos que antes acompañaban y enmarcaban al vidrio (marcos, proporciones controladas, transiciones máticas), el vidrio ha pasado de ser un lenguaje simbólico cargado de significado a convertirse, en muchas ocasiones, en un recurso estandarizado o puramente formal.

Este fenómeno se acentúa especialmente en las arquitecturas promovidas por grandes corporaciones y marcas internacionales. Obras firmadas por empresas como Apple, Hermès o Louis Vuitton, entre muchas otras, utilizan el vidrio con una clara intención de exhibición, transparencia comercial y espectacularidad. En estos casos, el vidrio ya no transmite necesariamente la introspección, espiritualidad o conexión con la luz que buscaban Taut o Scheerbart, sino que se convierte en una herramienta para potenciar el producto, la marca o la experiencia de consumo. El interés por generar una atmósfera emocional ha sido, en parte, desplazado por el objetivo de impactar visualmente o proyectar una imagen de innovación y sofisticación. En definitiva, aunque la utopía técnica del vidrio se ha materializado con éxito, su dimensión simbólica original parece haber quedado en segundo plano. La arquitectura contemporánea, al perder ciertos límites formales y espirituales, corre el riesgo de banalizar un material que, en su origen mo-

derno, fue concebido como un vehículo de transformación ética y estética. Por ello, resulta necesario volver a cuestionar no solo cómo se utiliza el vidrio, sino para qué y desde qué intenciones. Solo así podrá recuperarse su capacidad para emocionar, conectar y significar algo más que transparencia literal.

A partir del análisis realizado, se considera fundamental seguir profundizando en el estudio del vidrio como material arquitectónico, no solo desde una perspectiva técnica o constructiva, sino también desde una dimensión simbólica, perceptiva y cultural. La evolución que este material ha experimentado a lo largo del siglo XX y XXI demuestra que muchas de las ideas que en su momento parecían utópicas o inalcanzables han podido materializarse gracias al ingenio, la innovación y la perseverancia del ser humano.

Del mismo modo, resulta importante plantearse una segunda cuestión como es la experiencia que genera el vidrio en el espacio interior. Aunque se ha avanzado notablemente en la resolución estructural y energética del material, la pregunta que permanece abierta es si esa evolución ha ido acompañada de una comprensión profunda de las sensaciones y emociones que el vidrio es capaz de producir. Las ideas originales de arquitectos como Bruno Taut apuntaban no solo a un material constructivo, sino a un medio espiritual, emocional, casi místico. Hoy, aunque disponemos de soluciones más sofisticadas y sistemas más avanzados, la forma en que el vidrio afecta al usuario desde el interior ha cambiado significativamente.

# Bibliografía

ÁBALOS, Iñáqui. *Arquitectura Alpina*, Bruno Taut. Círculo de Bellas Artes de Madrid, Sala Goya, Madrid, 2011. (95 pp).

BANHAM, Reyner. *Theory and Design in the First Machine Age*. The Architectural Press, Londres, 1960. (320 pp).

BARKHOFEN, E. *La casa de cristal de las montañas tiene vida...* Nuevas fuentes de *Arquitectura Alpina*, 2011.

BRAHAM, William. *Rethinking Technology: A Reader in Architectural Theory*. Routledge, Nueva York, 2007. (392 pp).

ELGER, Dietmar. *Expresionismo: una revolución artística alemana*. Colonia, Benedikt Taschen, 1998. (192 pp).

FORTY, Adrian. *Words and Buildings: A Vocabulary of Modern Architecture*. Thames & Hudson, Londres, 2000. (336 pp).

FRAMPTON, Kenneth. *Historia crítica de la arquitectura moderna*. Gustavo Gili, Barcelona, 2007. (424 pp).

GARCÍA ROIG, José Manuel. *Arquitectos alemanes, arquitectos desconocidos. 1, Bruno Taut (1880-1938)*. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2000. (127 pp).

GARCÍA ROIG, José Manuel. *La corriente industrialista de la 'Werkbund' en Alemania y el compromiso guillermino ('Der wilhelminische Kompromiss 1888-1918'): Pensamiento utópico, germanidad, arquitectura*. Instituto Juan de Herrera, Madrid, 2001. (336 pp).

PEHNT, Wolfgang. *La arquitectura expresionista*. Gustavo Gili, Barcelona, 1975. (160 pp).

PILKINGTON, A. *The Float Glass Process*. Pilkington Glass, 1952. (24 pp).

SCHEERBART, Paul. *Glasarchitektur (1914)*. E. Asimétricas, 2015. (95 pp).

SCHEERBART, Paul. La Arquitectura de Cristal. Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos, Murcia, 1998. (85 pp).

TAUT, Bruno. The Crystal Chain Letters: Architectural Fantasies. Editado y traducido por Iain Boyd Whyte, MIT Press, Cambridge, 1985. (201 pp).

WINFRIED, Brenne. Bruno Taut: Master of Colourful Architecture in Berlin = Meister des farbigen Bauens in Berlin. Deutscher Werkbund Berlin, Braun, Berlín, 2008. (160 pp).

WURM, Jürgen. Glass Structures: Design and Construction of Self-Supporting Skins. Birkhäuser, Basilea, 2007. (312 pp).

# Procedencia de las ilustraciones

## Capítulo 1

Fig. 1: <https://arthive.com/es/brunotaut>

Fig. 2: [https://es.wikipedia.org/wiki/Pabell%C3%B3n\\_de\\_Cristal](https://es.wikipedia.org/wiki/Pabell%C3%B3n_de_Cristal)

Fig 3: <https://unalhistoria3.blogspot.com/2014/02/bruno-taut-alemania-1880-1938-pabellon.html>

Fig. 4: <https://unalhistoria3.blogspot.com/2014/02/bruno-taut-alemania-1880-1938-pabellon.html>

Fig 5: <https://www.facebook.com/Serraglasssl.sueca/posts/bruno-taut-1880-1938-va-ser-un-arquitecte-alemany-que-va-pert%C3%A0nyer-a-la-german-w/291425464395634>

Fig 6: <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/pabellon-de-cristal-en-la-exposicion-del-werbund/#pabellon-de-cristal-niv-inf>

Fig 7: <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/pabellon-de-cristal-en-la-exposicion-del-werbund/#pabellon-de-cristal-3>

Fig 8: <http://hiddenarchitecture.net/alpine-architecture/>

Fig 9: <http://hiddenarchitecture.net/alpine-architecture/>

Fig 10: <https://www.frieze.com/issue/article/dream-works/>.

## Capítulo 2

Fig 11: <https://miesbcn.com/es/el-pabellon/>

Fig 12: <https://museolouvre.info/piramide-louvre/>

Fig 13: <https://www.applesfera.com/general/buenas-noticias-hoy-apple-reabrira-todas-sus-apple-store-china>

Fig 14: <https://www.theguardian.com/artanddesign/2020/dec/07/how-we-made-the-british-museum-great-court>

## Capítulo 3

Fig 15: [https://www.archdaily.com/61162/ad-classics-lever-house-skidmore-owings-merrill/5037defc28ba0d599b000f5-ad-classics-lever-house-skidmore-owings-merrill-image?next\\_project=no](https://www.archdaily.com/61162/ad-classics-lever-house-skidmore-owings-merrill/5037defc28ba0d599b000f5-ad-classics-lever-house-skidmore-owings-merrill-image?next_project=no)

Fig 16: <https://dokmimarlik.com/es/seagram-building-skyscraper/>

Fig 17: <https://www.arquitecturacatalana.cat/es/obras/torre-agbar>

Fig 18: [https://es.wikipedia.org/wiki/Torre\\_Commerzbank](https://es.wikipedia.org/wiki/Torre_Commerzbank)

Fig 19: <https://www.elledecor.com/es/arquitectura/a20923167/casa-cristal-philip-johnson/>

Fig 20: <https://www.mutuainmobiliaria.es/edificios/torre-de-cristal/>

Fig 21: <https://masdearte.com/centros/musac-2/>

Fig 22: <https://www.jotdown.es/2015/09/tragicomedia-de-norman-foster-y-la-cupula-del-reichstag/>

Fig 23: <https://www.herzogdemeuron.com/projects/213-messe-basel-new-hall/>

Fig 24: <https://www.archdaily.cl/cl/02-310432/centro-heydar-aliyev-zaha-hadid-architects>

Fig 25: <https://www.archdaily.cl/cl/757050EST/clasicos-de-arquitectura-edificio-del-parlamento-escoces-enric-miralles>

#### Capítulo 4

Fig 26: [https://wiki.ead.pucv.cl/Ana\\_Rivera\\_Lopez\\_Bruno\\_Taut\\_-\\_Presentaci%C3%B3n\\_de\\_las\\_Vanguardias\\_2018](https://wiki.ead.pucv.cl/Ana_Rivera_Lopez_Bruno_Taut_-_Presentaci%C3%B3n_de_las_Vanguardias_2018)

Fig 27: [https://www.reddit.com/r/ModernistArchitecture/comments/jacbsk/bruno\\_tauts\\_glass\\_pavilion\\_for\\_the\\_werkbund/?tl=es-es](https://www.reddit.com/r/ModernistArchitecture/comments/jacbsk/bruno_tauts_glass_pavilion_for_the_werkbund/?tl=es-es)

Fig 28: <https://www.dificonsa.com/la-revolucion-de-philip-johnson-la-casa-de-cristal/>

Fig 29: <https://www.arqfoto.com/glass-house-philip-johnson/>

Fig 30: [https://ca.wikipedia.org/wiki/Torre\\_Pirelli](https://ca.wikipedia.org/wiki/Torre_Pirelli)

Fig 31: <https://www.granitifiandre.es/realizaciones/espacios-p%C3%BAblicos/belvedere-skyscraper-pirelli>

Fig 32: <https://tecnne.com/arquitectura/clorindo-testa-banco-de-londres/>

Fig 33: <https://www.metalocus.es/es/noticias/el-banco-de-londres-revisitado-por-federico-caioli>

Fig 34: <https://gyaconstructora.wordpress.com/2015/12/10/edificio-30-st-mary-axe/>

Fig 35: <https://www.archdaily.com/928285/30-st-mary-axe-tower-foster-plus-partners>

Fig 36: <https://www.arquitecturacatalana.cat/es/obras/torre-agbar>

Fig 37: <https://www.jeannouvel.com/en/projects/tour-agbar/>

Fig 38: <https://www.istockphoto.com/es/fotos/apple-store-on-5th-ave>

Fig 39: <https://seele.com/project/glass-balustrade>

Fig 40: <https://www.torredecristal.com/>

Fig 41: <https://www.bellapart.com/project/torre-de-cristal/>

Fig 42: <https://www.bloomberg.com/features/2015-the-edge-the-worlds-greenest-building/>

Fig 43: <https://www.bloomberg.com/features/2015-the-edge-the-worlds-greenest-building/>

Fig 44: <https://www.nationalgypsum.com/project-profiles/apple-park>

Fig 45: <https://www.fosterandpartners.com/projects/apple-park>

Fig 46: <https://www.cosinestudio.com/tadao-anda-iglesia-de-la-luz-1988/>

Fig 47: <https://www.archdaily.cl/cl/02-105732/harpa-concert-hall-and-conference-centre-henning-larsen-architects>

Fig 48: <https://www.architecturalrecord.com/articles/8130-kanagawa-institute-of-technology-workshop>

- Fig 49: <https://www.archdaily.cl/cl/755334/fundacion-louis-vuitton-gehry-partners>
- Fig 50: <https://www.apple.com/es/newsroom/2019/09/apple-fifth-avenue-the-cube-is-back/>
- Fig 51: <https://arquitecturaviva.com/obras/museo-nikola-tesla-en-belgrado>
- Fig 52: <https://www.c-sgroup.es/blog/performance-louvres-at-via-57-west-new-york/>
- Fig 53: <https://inhabitgroup.com/project/grand-theatre-opera-house-harbin-prc/>
- Fig 54: [https://www.tripadvisor.es/Attraction\\_Review-g186338-d3539289-Reviews-The\\_View\\_from\\_The\\_Shard-London\\_England.html](https://www.tripadvisor.es/Attraction_Review-g186338-d3539289-Reviews-The_View_from_The_Shard-London_England.html)
- Fig 55: <https://www.archdaily.cl/cl/02-1373/netherlands-institute-for-sound-and-vision-neutelings-riedjik>
- Fig 56: <https://www.archdaily.cl/cl/02-105732/harpa-concert-hall-and-conference-centre-henning-larsen-architects>
- Fig 57: <https://www.fadu.edu.uy/viaje2015/articulos-estudiantiles/instituto-del-mundo-arabe/>
- Fig 58: [https://es.wikipedia.org/wiki/Museo\\_Guggenheim\\_Bilbao](https://es.wikipedia.org/wiki/Museo_Guggenheim_Bilbao)
- Fig 59: <https://www.archdaily.cl/cl/02-310432/centro-heydar-aliyev-zaha-hadid-architects>
- Fig 60: <https://www.archdaily.cl/cl/798785/la-capilla-de-campo-bruder-klaus-de-peter-zumthor-bajo-el-lente-de-aldo-amoretti>
- Fig 61: <https://clui.org/newsletter/winter-2013/way-roden-crater>
- Fig 62: <https://www.nippon.com/es/features/h00141/>
- Fig 63: <https://www.archdaily.cl/cl/02-2794/quinta-monroy-elemental>
- Fig 64: <https://www.dezeen.com/2015/04/15/wolfgang-buttruss-bdp-uk-pavilion-milan-expo-2015/>
- Fig 65: [https://es.wikipedia.org/wiki/Vessel\\_%28estructura%29](https://es.wikipedia.org/wiki/Vessel_%28estructura%29)
- Fig 66: <https://www.nevasport.com/arquitectura/art/67177/El-Refugio-Monte-Rosa-una-nueva-era-en-la-construccion/>
- Fig 67: <https://www.dezeen.com/2011/11/01/norwegian-wild-reindeer-centre-pavilion-by-snohetta/>
- Fig 68: <https://www.fadu.edu.uy/viaje2015/articulos-estudiantiles/instituto-del-mundo-arabe/>
- Fig 69: <https://kildenmor.co.uk/the-eden-project-what-to-know-before-you-visit/>
- Fig 70: <https://kildenmor.co.uk/the-eden-project-what-to-know-before-you-visit/>
- Fig 71: [https://es.wikipedia.org/wiki/Apple\\_Park](https://es.wikipedia.org/wiki/Apple_Park)
- Fig 72: <https://www.apple.com/es/newsroom/2019/09/apple-fifth-avenue-the-cube-is-back/>
- Fig 73: <https://www.serpentinegalleries.org/whats-on/serpentine-pavilion-2015-designed-selgascano/>
- Fig 74: <https://www.architecturalrecord.com/articles/8130-kanagawa-institute-of-technology-workshop>

Fig 75: <https://www.nevasport.com/arquitectura/art/67177/El-Refugio-Monte-Rosa-una-nueva-era-en-la-construccion/>

Fig 76: <https://maps.arcticyeti.com/en/noruega/resource/mirador-stegastein#1748396464501>

Fig 77: <https://www.cbre.co.uk/property-search/office-space/listings/details/UK-GLDE-163000/the-gherkin-30-st-mary-axe-london-ec3a-8et>

Fig 78: <https://tripomatic.com/es/poi/torre-glories-poi:677>