

The logo consists of the letters 'A', 'X', and 'A' in a stylized, blue, sans-serif font. The 'X' is positioned between the two 'A's and is slightly larger and more prominent.

UNA REVISTA DE ARTE Y ARQUITECTURA

**Daniel García de Frutos.**

Ingeniero de Edificación. Máster en Ingeniería Ambiental.  
Universidad Alfonso X el Sabio

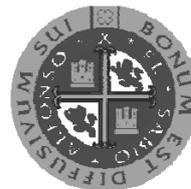
**Esther Guervós Sánchez.**

Doctora en Ingeniería Industrial. Licenciada en Ciencias Físicas. Área de Matemáticas y Física Aplicadas.  
Universidad Alfonso X el Sabio

**Un nuevo modelo de arquitectura  
y tecnología sostenible . Del origen a las  
nuevas teorías de la arquitectura Moderna.**

**UNIVERSIDAD ALFONSO X EL SABIO**

Villanueva de la Cañada, MMXI



© **del texto: los autores**

Julio 2014

<https://www.uax.es/publicaciones/axa.htm>

© **de la edición: AxA. Una revista de arte y arquitectura**

Universidad Alfonso X el Sabio

28691 - Villanueva de la Cañada (Madrid)

**Editor:** Felipe Pérez-Somarriba- [axa@uax.es](mailto:axa@uax.es)

**Producción:** Isabel Sardón de Taboada – [msarddet@uax.es](mailto:msarddet@uax.es)

No está permitida la reproducción total o parcial de este artículo ni su almacenamiento o transmisión, ya sea electrónico, químico, mecánico, por fotocopia u otros métodos, sin permiso previo por escrito de la revista

Datos de Contacto del Autor:

Daniel García de Frutos. Madrid. e-mail : [dgarciad@uax.es](mailto:dgarciad@uax.es)

Esther Guervós Sánchez. Madrid e-mail : [quervos@uax.es](mailto:quervos@uax.es)

**RESÚMEN:**

En la actualidad se ha llegado a un punto de catarsis normativa y de apogeo sobre la sostenibilidad en la arquitectura que puede pensarse que es un modelo reciente y sin arraigo. Sin embargo, el camino recorrido por la construcción sostenible es de varios milenios .

Existen una gran cantidad de conceptos que se repiten de forma permanente y que merecen un análisis detallado como se hace en este texto. Otros aparecen de forma espontánea para incorporarse y matizar lo existente, como aquellos que están relacionados con la aparición de nuevos materiales .En algunos casos se abren nuevas vías para la comprensión de la arquitectura que hoy pretenden seguir conformando el conglomerado diverso que compone la llamada arquitectura comprometida con el Medio ambiente.

Se detallan aquí, hitos y acontecimientos relevantes que son puntos que jalanan este itinerario histórico y que nos llevan hasta el siglo XX.

La arquitectura y la evolución tecnológica del hombre siempre ha tenido un estrecha relación; esto se contrasta en las antiguas civilizaciones, pasando por la revolución industrial hasta la fase actual que se encuentra muy marcada por la búsqueda de energías alternativas a las fuentes tradicionales. Entender la relación entre el hombre y la energía que necesita para subsistir y evolucionar es vital para comprender el modelo actual.

**PALABRAS CLAVE:**

Edificación sostenible, arquitectura bioclimática, tecnología solar, recursos energéticos,

**ABSTRACT: (EN INGLÉS).**

Today it has reached a point of catharsis and height regulations on sustainability in architecture that can be thought to be a recent model and rootless. However, the path to sustainable construction is several millennia. There are a number of concepts that are repeated on a permanent and you deserve a detailed analysis as in this text. Others appear spontaneously onto and refine existing, as those who are associated with the development of new materials. Sometimes new avenues for understanding the architecture intended to continue to shape today's diverse conglomerate that made the call open architecture committed to the Environment.

Detailed here, milestones and events that are relevant points that mark this historic journey and lead us into the twentieth century.

The architecture and the Human technological evolution has always had a close relationship; Since the ancient civilizations, through the industrial revolution to the present phase is marked by the search for alternatives to traditional energy sources. Understanding the relationship between Human and the energy it needs to survive and evolve is vital to understand the current model.

**KEY-WORDS: (EN INGLÉS).**

Building sustainable, bioclimatic architecture, solar technology, energy resources,

**ÍNDICE:**

**Introducción**

**Texto (pueden haber varias secciones)**

**Conclusiones**

**Bibliografía**

**Referencias Documentación gráfica (si las hay)**

## Introducción

La preocupación por la vertiente medioambiental de la arquitectura ha estado ligada al oficio de proyectista desde sus orígenes, y también al trabajo de los técnicos, aparejadores y constructores que buscaron la máxima eficacia en las soluciones aportadas, considerando la calidad, la durabilidad, el uso de materiales locales y como no, el fin último de lograr un adecuado confort de los ocupantes.

La tesis de la que forma parte este artículo, establece relación entre esa Construcción sostenible que se basa en un adecuado diseño y la utilización de ciertos materiales, con el uso y el comportamiento individual de los usuarios, para ello es necesario partir de la comprensión de la evolución en las prioridades de dicha arquitectura para poder hacer nuevas propuestas de modelos.

Es cierto que las crisis energéticas recientes han potenciado el protagonismo de los aspectos medioambientales y por lo tanto es cierto que la fase final del siglo XX y principios del XXI, gracias a una creciente preocupación social forman parte de un periodo de singular apogeo que dejaremos para un análisis posterior.

Se hace un repaso histórico de aquellos periodos que, fundamentalmente se buscaba un mejor aprovechamiento energético, germen de la actual arquitectura sostenible. En sus orígenes, se buscaba el aprovechamiento del Sol como vía indispensable para conseguir mejoras en la habitabilidad, recientemente se basan en el mismo concepto pero como alternativa al consumo de combustibles fósiles y otras fuentes no renovables de energía que se han constatado como no convenientes para el desarrollo humano.

Los aspectos relacionados con el impacto medioambiental de los materiales es más un problema reciente provocado por la excesiva elaboración de los mismos y la contaminación derivada de un extenso procesado industrial. Por lo tanto, la recuperación de materiales tradicionales y la mejora de esos procesos, en algunos casos necesarios para materiales avanzados, son las vías para la solución de estos problemas.

Se analizan aquí diferentes etapas que se agrupan para este estudio por sus similitudes conceptuales y continuidad cronológica pero que tienen una duración muy diferente.

## PRIMERA ETAPA: LA TECNOLOGIA Y LA ARQUITECTURA SOSTENIBLE EN LAS GRANDES CIVILIZACIONES Y LOS IMPERIOS.

Los griegos ya hace casi tres milenios diseñaban sus casas para captar el calor solar durante el invierno. No quiere decir esto que otras culturas anteriores no lo hicieran previamente pero la constancia es fehaciente en el caso de los griegos. Ya decía Sócrates que la casa ideal debería ser fresca en verano y cálida en Invierno, pero lo que tenían complicado era conseguir esas condiciones con los medios con los que contaban, básicamente braseros y poco más.

El uso de la leña como combustible tuvo también su problemática, ya que en el siglo V a.C. gran parte de Grecia carecía de bosques suficientes para abastecer a

esta población ansiosa de este material. Este hecho obligó a importar madera y muchas ciudades regularon el uso de ésta y del carbón. Atenas limitó el uso de madera de olivo para hacer carbón, medida que según muchos cronistas representa la salvación de buena parte de su masa arbórea.

La climatología de Grecia, con abundante Sol y con inviernos moderadamente fríos hizo evidente que una buena estrategia de aprovechamiento de la Radiación en esos periodos junto con la protección de su exceso en los periodos más cálidos serviría para reducir la demanda de combustible.

Es así como nació lo que hoy conocemos como arquitectura solar, entendiendo que en función de cada estación, la altura del sol variaba en el horizonte y que esa inclinación variable de los rayos podía utilizarse como herramienta para un diseño más eficaz del pórtico y la fachada.

Jenofonte<sup>1</sup> cita a Sócrates "en las casas orientadas al sur, el sol penetra por el pórtico en invierno, mientras que en verano el arco solar descrito se eleva sobre nuestras cabezas y por encima del tejado, de manera que hay sombra" (1)

Hasta las tragedias griegas tratan este tema y Esquilo en su obra de Pometeo encadenado (2) diferencia los primitivos o "bárbaros" de la civilización porque "Carecían del conocimiento de las casas... vueltas para dar la cara al sol, y habitaban... como pululantes hormigas en cuevas sin sol."

La madera en Roma se consumía incluso más pródigamente que en Grecia. Su demanda como combustible era inmensa tanto para la construcción de casas y barcos como para la industria o para calentar los hogares y baños públicos.

Los romanos ricos en el s. I a.C utilizaban los Hipocaustos hoy conocidos en zonas de Castilla como "Glorias" muy probablemente debido a la situación de agradable confort que provocan. Este sistema de calefacción bajo el suelo utilizaba en grandes instalaciones madera o carbón que quemados calentaban el aire que circulaba bajo el edificio, este calor quedaba acumulado en los ladrillos y de esa manera llegaba a los espacios interiores. Un sistema de este tipo podía llegar a consumir unos 150 kg de madera por hora.

Los recursos de madera se agotaron en Italia pese a las inmensas zonas boscosas existentes incluso afectando al cierre de industrias importantes como las minas de hierro de Elba.

La arquitectura Solar en Roma hereda las técnicas griegas y la desarrolla adaptándola a los diferentes climas del Imperio. Cabe destacar dos mejoras importantes que se introdujeron: la primera es la incorporación del vidrio en los cerramientos, lo que provoca un incremento de la ganancia solar y su aplicación en Invernaderos y edificios públicos. La segunda mejora es la aparición del "derecho al Sol", es decir, la ley romana introduce el derecho de que la casa del prójimo no se interpusiera entre el Sol y la casa propia.

El invento del vidrio plano y transparente supone un hito en la arquitectura que hasta el S. I. no fue utilizado y supone una novedad radical que ya anunciaba Séneca 2 en sus escritos: "He sabido que algunas cosas han aparecido en los tiempos actuales, como por ejemplo el empleo de láminas en las ventanas que dejan pasar a través de la masa transparente del vidrio la clara luz del día".

<sup>1</sup>Jenofonte . 431 a. C. - 354 a. C.) fue un historiador, militar y filósofo griego, conocido por sus escritos sobre la cultura e historia de Grecia.

<sup>2</sup>Lucio Anneo Séneca nació y vivió en la Córdoba romana (Corduba) en el siglo I dC. Pertenecía a una ilustre familia de pensadores y cultivadores de las artes y las letras, de la que fue su principal exponente.

No obstante si hay que atribuir la paternidad de la Arquitectura sostenible a alguien, esta debe ser muy probablemente para Marco Lucio Vitrubio Polion ( s. I a.C) que en varios apartados de sus diez libros de la arquitectura<sup>3</sup> (3) habla claramente de conceptos que todavía hoy siguen siendo referencia clara de lo que se quiere expresar en la arquitectura comprometida con el medio ambiente.

En el libro Sexto dice "...exactamente de la misma manera se debe orientar la disposición de los edificios atendiendo a las peculiaridades de cada región y a las diferencias del clima. Parece conveniente que los edificios sean abovedados en los países del norte, cerrados mejor que descubiertos y siempre orientados hacia las partes más cálidas. Por el contrario, en países meridionales, castigados por un sol abrasador, los edificios deben ser abiertos y orientados hacia el cierzo. Así, por medio del arte se deben paliar las incomodidades que provoca la misma naturaleza. De igual modo se irán adaptando las construcciones en otras regiones, siempre en relación con sus climas diversos y con su latitud." Y más adelante "...Los triclinios de primavera y de otoño se orientarán hacia el este, pues, al estar expuestos directamente hacia la luz del sol que inicia su periplo hacia occidente, se consigue que mantengan una temperatura agradable, durante el tiempo cuya utilización es imprescindible...."

Y ya más relacionado con el uso adecuado de materiales en el libro PRIMERO dice..." si el arquitecto no va persiguiendo lo que no puede encontrar o preparar sin grandes dispendios. Veamos un ejemplo: no en todos los lugares se encuentra abundancia de arena de cantera, piedra para edificar, abetos, madera limpia y sin nudos, mármol, sino que cada uno de estos materiales se dan en lugares muy concretos y diferentes por lo que su transporte resulta complicado y muy costoso. Por tanto, donde no haya arena de cantera, utilizaremos arena fluvial o bien arena marina limpia..." o sea, se utilizarán recursos locales , apartado especialmente valorado en todos los indicadores de Sostenibilidad que se basan en el análisis de ciclo de vida del edificio.

Otros arquitectos que vinieron después como Marco Cetio Faventino <sup>4</sup> en S.IV d.c aportaron su granito de arena , resumiendo , sintetizando incluso detallando acerca de las mejores ubicaciones de ciertas estancias, pero no es comparable a la aportación de Vitrubio.

Está claro que el avance de la arquitectura Romana y la manera en que el Sol se respetó como fuente de confort y de energía , tiene su culminación en el registro jurídico que se hace en el Código del emperador Justiniano en el Siglo VI donde se especifica

"...debe afirmarse que tal objeto crea sombra en un lugar donde la luz del Sol constituye una absoluta necesidad. Esto es así una violación del derecho del heliocaminus al sol."

Esta norma , pese a lo interesante e innovador , no fue de aplicación universal ya que los privilegios de clase hicieron que las clases menos favorecidas no disfrutasen de las orientaciones más convenientes, no obstante es fuente de inspiración para ordenanzas y normas modernas.

Por lo tanto , podemos concluir que en estos periodos también se produjeron crisis por escasez de energía y que la valoración del confort térmico como bien preciado empezó a dar sus pequeños frutos en la investigación de nuevos sistemas orientados principalmente al calentamiento incluyendo el sector doméstico.

<sup>3</sup>La obra, estructurada en diez libros, expone todos los conocimientos de su época sobre la teoría y la práctica arquitectónica, entendiendo por tal no solo el arte de la construcción de edificios, a los que dedica los siete primeros libros, sino también las obras públicas y los diseños de máquinas para la construcción de edificios.

<sup>4</sup>Marco Cetio Faventino (Marcus Cetus Faentinus) fue un escritor de la Roma Antigua que vivió probablemente en la segunda mitad del siglo IV. Escribió un compendio de arquitectura que algunos de los manuscritos que lo conservan titulan De diuersis fabricis architectonicae (Sobre las distintas técnicas de la arquitectura). Otros nos lo transmiten bajo el título, más acorde con su contenido, de Artis architectonicae priuatis usibus adbreuiatus liber (Libro abreviado de técnica arquitectónica para usos privados).

## SEGUNDA ETAPA: UN ESTANCAMIENTO BASADO EN EL AUTOABASTECIMIENTO, LA REPETICIÓN DE MODELOS Y LA EXPORTACIÓN TECNOLÓGICA AL NUEVO MUNDO.

Después de que los clásicos como Sócrates, Aristóteles o Vitruvio resaltarán los principios de la arquitectura solar, durante los mil años siguientes en Europa se ignoraron esos principios y los arquitectos, y grandes señores medievales para los que trabajaban dieron la espalda a estos conceptos. Sin embargo, la arquitectura tradicional basada en una ajustada economía siguió preservando los principios de reducción de energía y aprovechamiento de los recursos naturales locales, intentando no poner en riesgo el autoabastecimiento que era la base productiva en esa época.

No podemos decir que estos siglos fueron provechosos para lograr grandes avances en la materia, ni siquiera en su consideración, pero ese estancamiento tecnológico permitió poner en valor la arquitectura vernácula y apuntalar conceptos que llevaron por ejemplo, a la construcción de casas con gruesos muros de piedra o adobe que, según el clima de España, conseguía tener edificios con temperaturas moderadas en el interior durante todo el año.

Esta influencia Española tuvo especial importancia en la Colonización en el s. XVI ya que se exportó a América un tipo de alojamiento construido con adobe local con orientación este-Oeste y con las estancias principales abiertas al sur. La temperatura en el interior era agradable, gracias a lo benigno del clima, y gracias a la reducción del salto térmico que los muros con inercia permitían. También los huecos se convertían en instrumentos de regulación térmica, ya que habitualmente se dotaban de contraventanas, fraileros y otros elementos móviles que ayudaban a exponerse o protegerse de las condiciones del exterior, en función de que fuesen favorables o desfavorables.

Pero no avancemos tanto y volvamos a Europa. En el s. XV Leon Battista Alberti<sup>5</sup> y en el XVI, Andrea Palladio<sup>6</sup> y otros arquitectos Italianos recuperan la herencia de la arquitectura romana, si bien es cierto que lo hacen en la recuperación de los conceptos de los tratados antiguos en sus escritos pero no tanto en la concepción de la orientación o los materiales como eje de su arquitectura.

En esto, el Renacimiento, busca una ruptura estética con el gótico y la recuperación de los valores estéticos de la arquitectura clásica.

Uno de los avances principales en esta época para la evolución de la construcción sostenible es la concepción del Antropocentrismo y del humanismo que abrirá las puertas de una arquitectura que debe mirar al hombre como sujeto de la misma, por lo tanto la comodidad y la mejora en las condiciones de habitabilidad tomarán otro nivel y se alejarán de las precariedades del medievo de forma prácticamente definitiva.

## TERCERA ETAPA: LA TENSIÓN ENTRE EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA Y LOS VIEJOS PRINCIPIOS, CON EL NATURALISMO DE TRASFONDO.

<sup>5</sup>Leon Battista Alberti (Génova, Italia, 18 de febrero de 1404 - Roma, 20 de abril de 1472) fue sacerdote, Secretario Personal (abreviador apostólico) de tres Papas (Eugenio IV, Nicolás V, Pío II) (desde 1431 a 1464), humanista, arquitecto, proyectó edificios, aunque nunca dirigió sus obras, matemático y poeta italiano. Es una de las figuras del humanismo y personalidad artísticas teórica más polifacéticas del Renacimiento

<sup>6</sup>Andrea di Pietro della Góndola (Padua, 1508 - Maser, 1580) fue un importante arquitecto italiano de la República de Venecia. Sus villas campestres y otras obras han influido de manera importante en la arquitectura del Neoclasicismo.

Más adelante en el siglo XVIII, siguiendo el rastro de los momentos más importantes de la arquitectura solar que indican en su conocida obra Butti y Perlin (4) que nos sirve de continua referencia desde la antigüedad, se produce otro de los hitos importantes del diseño Solar de los edificios, el uso frecuente y popular de los invernaderos tuvo como consecuencia que mucha gente experimentara de forma directa la capacidad del vidrio de retener el calor solar.

Para entender otras visiones del siglo XVIII hay que analizar lo que supone la Ilustración en cuanto a la relación del individuo con la naturaleza a través de dos filósofos, Jean-Jacques Rousseau y Marc-Antoine Laugier<sup>7</sup>, que encabezan el debate sobre la naturaleza como lugar excepcional. Destacan algunas de las aportaciones del segundo:

Laugier debate sobre el origen de la arquitectura desde un enfoque naturalista sosteniendo que la esencia del arte arquitectónico se halla en la imitación de los verdaderos principios de la naturaleza, tomada como modelo. (5)

Laugier lleva a cabo una evaluación metódica de la arquitectura medieval, según el principio de claridad de una construcción conforme a la naturaleza, y plasma claras diferencias: el románico, primera arquitectura medieval, es oscuro y macizo; la arquitectura gótica, claramente su favorita, que le sucede, es una versión más luminosa y esbelta. Parte de un principio que pertenece a lo más sublime por su forma y sus efectos. El genio del arquitecto gótico materializa en la piedra un bosque de columnas de gran belleza. La arquitectura es infinita en su capacidad de poner en escena la Naturaleza y sus leyes siempre y cuando, no obstante, no se limite a una imitación rigurosa de la Naturaleza y dé rienda suelta al genio del arquitecto, que puede superar a los griegos para revelar lo desconocido a la humanidad.

El defiende que en la cabaña como “primer principio” de la arquitectura se encuentran sintetizadas las reglas naturales de la arquitectura que serían capaz de conectar la arquitectura contemporánea con esos verdaderos principios naturales.

Como detractor de las teorías de la época, se granjeó enemigos de gran entidad como Goethe, entre otros, pero sus dos obras *Essai sur L'architecture*, PARÍS 1753 (Ensayo de arquitectura) y *Observations sur L'architecture*, PARÍS 1765 (Observaciones sobre la arquitectura) siguen siendo una referencia para la arquitectura que quiere vincularse a la naturaleza.

Con el Romanticismo más adelante es donde el paisaje se convierte en actor o productor de emociones y de experiencias subjetivas. Opuestamente al paisaje clásico que representa una naturaleza idealizada, es el paisaje naturalista que propone una visión más humanista, de armonía entre el hombre y la naturaleza.

Tal y como indica Andrea Bucher (6) En Reino Unido, foco de la crisis social provocada por la industrialización, tres hombres reformulan la relación hombre – naturaleza – arquitectura:

Pugin<sup>8</sup> formula una serie de principios sobre la veracidad de todos los elementos funcionales, estructurales y del ornamento, preferentemente basados en formas naturales en su libro “*True Principles of Pointed or Christian Architecture*” de 1841. También critica la influencia pagana de la arquitectura clásica y ensalza el arte gótico y la espiritualidad cristiana como antídoto contra los problemas sociales derivados de la

<sup>7</sup>Marc-Antoine Laugier (Manosque, 1713 - París, 1769) fue un religioso jesuita francés, destacado hombre de letras y teórico de la arquitectura, considerado el padre del Naturalismo.

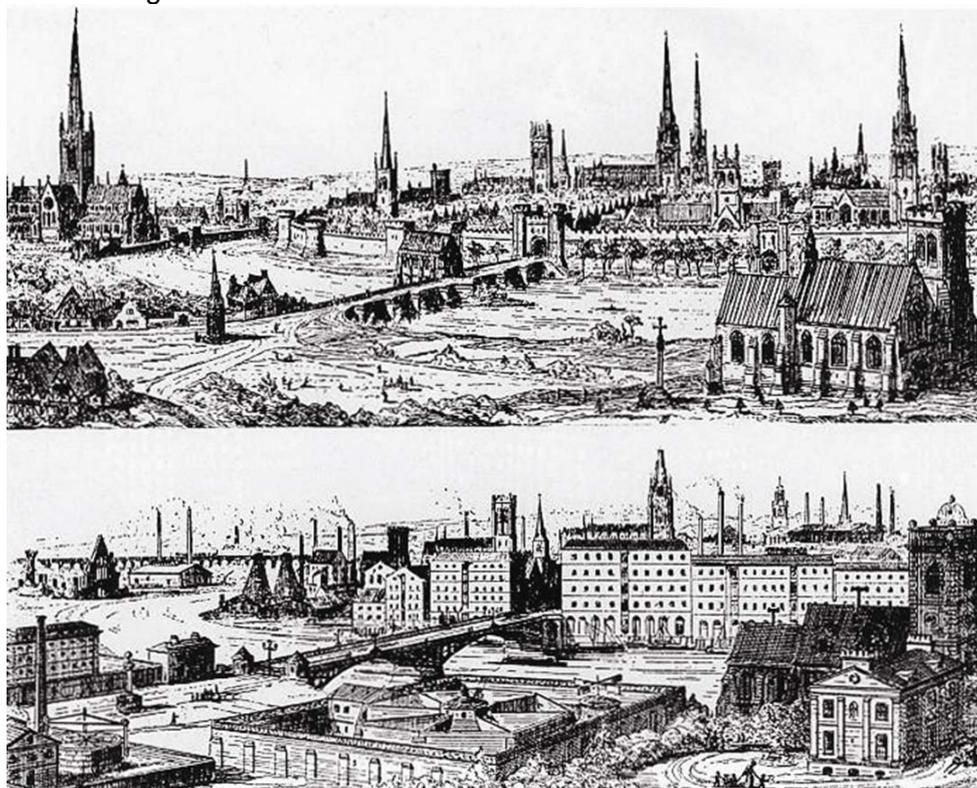
<sup>8</sup> Augustus Welby Northmore Pugin. (Bloomsbury, Reino Unido 1812-1852 Ramsgate, R. Unido) Arquitecto y teórico del diseño

continúa industrialización. Estos serían los principios que sentarían las bases del Movimiento conocido como “Arts and Crafts”.

Para Ruskin<sup>9</sup> la naturaleza es una revelación directa de la verdad de Dios que el hombre debe descubrir, abstraer y convertir en obra de arte. Comparte con Pugin la idea de veracidad de la arquitectura, distinguiendo en “Seven Lamps of Architecture” de 1849 entre dos tipos de engaños destapados por la “lámpara de la verdad”: los de tipo estructural, donde la estructura no cumple su función; y los de textura, donde los materiales aparentan ser otros.

Morris<sup>10</sup> cree en el diseño artesanal como antídoto a los crecientes problemas sociales de la sociedad industrializada. Propone una reacción antimquinista.

Todos ellos tienen una visión romántica de la Edad Media y de la arquitectura gótica. La Edad Media simboliza la artesanía como valor moral y estético en contraposición a la seriación enajenante de la máquina moderna que puede llevar al escenario mostrado en la figura 1.



**Fig. 1. Ciudad católica en 1440 y ciudad industrial en 1840. Fuente: Contrast , or a parallel between the architecture of the 15th and the 19th centuries. Augustus Welby Northmore Pugin**

En paralelo a ésta corriente que postula una vuelta atrás para recuperar valores perdidos, existe otra arquitectura pro-industrial en la que podemos encontrar ejemplos en los que también está presente la utilización del sol como fuente de energía y confort, es el caso de los “grandes invernaderos”, como el Palacio de Cristal de Londres de

<sup>9</sup> John Ruskin (Londres, Reino Unido 1819-1900 Brandtwood, Reino Unido) Escritor, crítico de arte y sociólogo

<sup>10</sup> William Morris (Walthamstow, Reino Unido 1834-1896 Hammersmith, Reino Unido) Diseñador industrial, pintor, escritor y activista político socialista

Joseph Paxton<sup>11</sup> dedicado a albergar la exposición de 1851. Pionero en su sistema constructivo, para su ejecución se utilizaron materiales como el cristal y el metal, que eran nuevos materiales alejados del uso generalizado por aquel entonces del ladrillo como material destinado a las grandes edificaciones.

#### CUARTA ETAPA: LA ERA TECNOLÓGICA Y EL TEMOR POR LA ESCASEZ DE RECURSOS ENERGÉTICOS.

Viendo estos avances, tenemos por tanto , si queremos comprender la evolución de la arquitectura sostenible, pararnos a analizar con cierto detenimiento los inventos y avances tecnológicos que por estos años se produjeron.

Uno de los más destacados fue el que iniciara Saussure en el XVIII pero que a través de investigaciones como las del astrónomo John Herschel o el astrofísico Samuel Pierpoint Langley, es el desarrollo de la caja caliente como prototipo de lo que hoy se conoce como Captadores solares .

Pero estos avances en la investigación no sólo hacen que aparezca un nuevo aparato útil para el hombre , supuso algo mucho más importante que eso , supuso la comprensión del efecto invernadero y del Calentamiento de la tierra por efecto de la radiación , teorías que hoy toman especial relevancia en el planteamiento de uno de los principales problemas ambientales que es el Calentamiento Global .

En constante búsqueda de nuevos artilugios , los ingenieros de la época , eran hijos de la Revolución industrial pero muy pocos retomaron los estudios antiguos sobre cajas solares . En 1860 Augustin Mouchot consciente de la posibilidad del agotamiento del carbón, inicia investigaciones que retomando los principios de Saussure le llevaría en 1866 a inventar la primera máquina de vapor movida por energía solar. Sin embargo , pese a lograr su sueño , también quedaron claras las dificultades que suponía ser una alternativa real y viable al carbón.

Retomemos , el camino de los ingenios aplicados a la arquitectura , es este sentido fue Edward Morse<sup>12</sup> en 1880 el que viendo el efecto que producía una cortina oscura en una ventana orientada al Sol,( Fig. 2) que permitía la generación de una masa de aire caliente entre ambos elementos, creo un prototipo. Este invento consistió en una caja caliente adosada a un muro Sur que permitía la entrada de aire exterior a la misma y que tenía unas aperturas que sólo permitía al aire caliente escapar hacia las habitaciones.

---

<sup>11</sup>Sir Joseph Paxton ( \* 3 de agosto de 1803 – 8 de junio de 1865), fue un ilustrador y paisajista inglés.; él no fue arquitecto más que de manera autodidáctica, pues nunca realizó estudios de la arquitectura más que por sí mismo.

<sup>12</sup> Edward Sylvester Morse (Portland, 1838 – Salem, 1925) was an American zoologist and orientalist

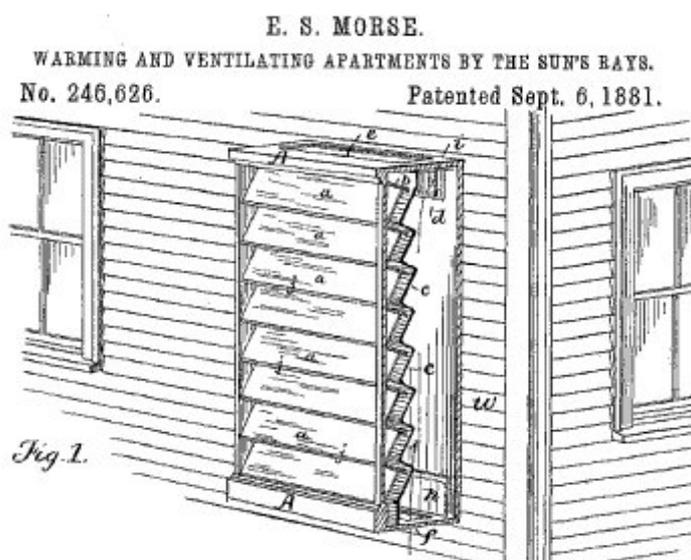


Fig. 2: Colector solar E.Morse. USA 1881. Fuente: <http://solcalientaagua.blog.com/>

Como ya vimos en las anteriores crisis energéticas , la constante producción industrial y el vertiginoso ritmo de explotación de recursos mineros , hacía que cada vez fuese más costoso y difícil encontrar vetas accesibles lo cual hacía prever un colapso del sistema económico por la vía del agotamiento de recursos indispensables para la producción de acero , que era la base del desarrollo industrial. En este caso era el carbón , como lo fue más adelante el petróleo y como lo fue antaño la madera de los bosques la clave para que estallase esta burbuja. Sin embargo , muchos economistas ingleses no alteraron sus previsiones de un crecimiento sostenido y de futuro feliz .

Pero , pese a todo esto, encontramos unos escritos para un discurso de 1885 donde uno de los más destacados científicos de la época Rudolf Clausius<sup>13</sup> reflexiona sobre la inagotabilidad de los recursos y las fuentes de energía renovables , siendo estos planteamientos muchas veces rescatados en los 120 años siguientes (7):

“Debido a la conversión de carbón en energía mecánica vivimos un tiempo maravilloso [...] pero en general, en las relaciones económicas, vale el principio de que cada cosa puede usarse sólo lo que en el mismo tiempo pueda ser de nuevo producido. Por tanto, se debería usar como material combustible sólo la cantidad que es producida de nuevo a través del crecimiento de los árboles. Pero en verdad nos comportamos de manera muy distinta. Hemos hallado que hay bajo la tierra reservas de carbón de tiempos antiguos que se han formado de plantas en la superficie de la tierra y depositado durante un período tan largo que los tiempos históricos, en comparación, parecen minúsculos. Las gastamos ahora y nos comportamos exactamente como herederos felices que consumen un rico patrimonio. Se saca de la tierra todo lo que permite la fuerza humana y los medios técnicos, y se usa como si fuera inagotable. Los trenes, los barcos de vapor y las fábricas con máquinas de vapor usan una cantidad de carbón tan sorprendente que, mirando al futuro, no es algo caprichoso preguntarse que ocurrirá cuando los yacimientos de carbón queden agotados”.

## QUINTA ETAPA: LA ARQUITECTURA MODERNA

<sup>13</sup>Rudolf Julius Emmanuel Clausius.(Koszalin, Prusia, 1822- Bonn, 1888), fue un físico y matemático alemán, considerado uno de los fundadores centrales de la ciencia de la termodinámica

Siguiendo el orden cronológico tenemos se llega a una de las figuras de la época que es Howard<sup>14</sup>, es el fundador del movimiento de la Ciudad Jardín que hoy sigue sirviendo de reflexión para ecologistas y urbanistas. Sus principios se basaban en comunidades autosuficientes de menos de 32.000 habitantes situadas en menos de 2400 Ha, rodeadas de un anillo verde y con un equilibrio entre zonas de trabajo, residencia y zonas de cultivo. Todo esto se basa en un ideal igualitario cercano a la naturaleza que retoma de Rousseau. Este modelo siguió influyendo en las viviendas en Estados Unidos, Alemania e Inglaterra.

Todas las variantes arquitectónicas de esos años derivarían en una corriente unificada entendida como Arquitectura Moderna.

En esta nueva arquitectura que tantas veces se la tildado de construir de espaldas a la naturaleza, tiene una evolución propia y la podemos resumir en tres fases (8):

La primera etapa donde el sol y el vidrio entraban en un diálogo que llevó a algunos como Scheerbart y Taut a sugerir el empleo de cámara de aire en los vidrios o experimentar con superficies radiantes, de esta etapa datan las obras de la primera época de Wright.

La segunda etapa dominada por el funcionalismo de la Bauhaus rescata el soleamiento como una de las necesidades básicas del ser humano y los estudios avanzan en Centroeuropa en esta línea apareciendo mapas de trayectoria solar que permitían cuantificar el acceso al sol. No obstante, ese continuo deseo de captar luz solar tuvo un efecto que hasta ahora estamos pagando y es el despegue de la tecnología de sistemas de aire acondicionado que era incipiente en aquellos años.

La tercera época se caracteriza por un funcionalismo más humano, donde el proyecto retoma la necesidad bajo necesidades térmicas, lumínicas y acústicas que lleven a los ocupantes a los estándares más altos de confort. Se sustituye la captación solar por control solar, se incorporan ventilaciones naturales y materiales más amables para el hombre.

Le Corbusier afirmaba en el 1933 en el Congreso Internacional de Arquitectos que “el sol, la vegetación y el espacio son las tres materias primas del urbanismo” defendiendo así los principios del bioclimatismo. Aunque sus principios no se puede decir que respondan a una arquitectura con aprovechamiento de los recursos naturales, más adelante inicia en los años 30 unas nuevas investigaciones (9). Sus inquietudes pasaron por la protección ante el soleamiento, el control de ventilación y humedad y la construcción con sistemas naturales, tratando de recuperar las enseñanzas de la cultura constructiva tradicional que en sus viajes a Sudamérica, Argel, etc observó, sin perder el papel renovador de la modernidad. En sus estudios sobre “Epure du soleil” del que conservamos algún dibujo como la Fig. 3 corrige y mejora el diseño del bri-soleil como protector de soleamiento en los grandes paños vidriados y con el estudio “Grille Climatique” recoge en tablas los métodos arquitectónicos a aplicar en función del clima existente, entre los que cabe destacar la presencia de los aerateur.

---

<sup>14</sup> Sir Ebenezer Howard (Londres, R. Unido 1850-1928, Reino Unido) Notable Urbanista. Creador del Movimiento e inspirador de las primeras ciudades-jardín (Letchworth, Welwyn y en EE. UU., Radburn)

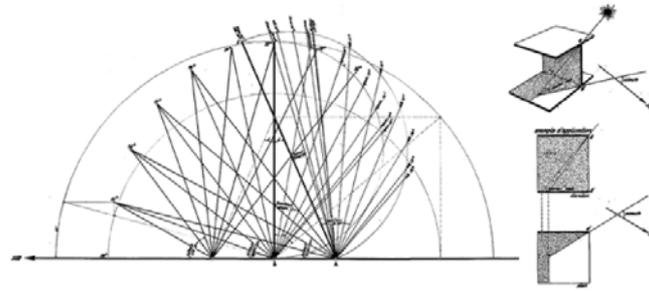


Fig. 3. "Epure du soleil" de Chandigarh. Le Corbusier . Fuente: Requena , I.

Una de sus célebres citas "La arquitectura debe de ser la expresión de nuestro tiempo y no un plagio de las culturas pasadas." Pone en de manifiesto su preocupación y el sentido de las continuas investigaciones y las innovaciones que este genio llevó a cabo.

Con el maestro Le Corbusier se puede cerrar una etapa del análisis que nos llevará en posteriores investigaciones a profundizar en la arquitectura sostenible del siglo XX y como hemos llegado a esta reinterpretación de los antiguos modelos. Hasta aquí podemos destacar las siguientes.

### CONCLUSIONES:

- 1-Un nuevo modelo de arquitectura sostenible no basado únicamente en condiciones históricas y económicas es necesario, poniendo las necesidades del hombre y el futuro que desea en el planeta como centro de la acción .
- 2-Los grandes imperios ya experimentaron crisis energéticas pero sus limitaciones derivaron más hacia una preocupación económica que a una reinterpretación de la arquitectura.
3. La intensificación de experiencias con las tecnologías e inventos solares se suelen dar por una triple razón hasta el siglo XVIII: la curiosidad científica , la búsqueda del confort de las clases acomodadas y una cierta inseguridad en el abastecimiento energético.
- 4- El abandono de las técnicas de construcción y productos locales ha ido ligado a épocas de prosperidad y desarrollo económico que asocia el lujo al uso a materiales singulares y procedentes de lugares remotos.
- 5- Muchos de los inventos y artilugios solares están basados en investigaciones muy antiguas que se basan en las propiedades del vidrio utilizándolo para provocar el efecto invernadero.
- 6- La arquitectura moderna en Europa no centra su discurso en los materiales ni en el aprovechamiento energético aunque lo toma en consideración, no ha trascendido como el eje de la herencia que dejó este movimiento.

### Referencias bibliográficas

1. **Jenofonte.** Memorabilia. *Memorabilia*. Atenas : ND, s. V a.C, pág. seccion VIII y ss.
2. **Esquilo.** Prometeo encadenado. *Prometeo encadenado*. ND : ND, s. IV a.C, pág. 447 y ss.

3. **Vitrubio, Marco Lucio.***Los Diez libros de la Arquitectura.* Madrid : Editorial Alianza, 2009. ISBN. 978-84-206-7133-9..
4. **Butti, Ken et John Perlin.***Un Hilo Dorado ( A Golden thread).* Madrid : Blume, 1980.
5. **Evers, Bernd.***Teoría de la Arquitectura.* Köln : Taschen, 2006. ISBN 9783822850831.
6. **Buchner Anfruns, Andrea.**SKFANDRA .F.fanzine de Arquitectura. [En línea] 24 de Julio de 2011. [Citado el: 4 de febrero de 2013.]  
<http://skfandra.wordpress.com/2011/07/24/arquitectura-sostenible-desde-la-ilustracion-al-movimiento-moderno-02/>.
7. *La ciencia económica y el análisis energético. Discusiones antiuas y recientes.* **Martínez Alier, J.** Barcelona : Universidad de Barcelona, Abril de 1983, Papers, Vol. 19, pág. 121.  
<http://ddd.uab.cat/record/35>. ISSN: 2013-9004 ; 0210-2862 (versión paper) .
8. *Energía y permanencia.La duración como futuro de la modernidad.* **Ruiz, Requena.** Madrid : CAH 20thC, 2011. International Conferece CAH 20thC. pág. 7.
9. *Bioclimatismo en la arquitectura de Le Corbusier: El Palacio de los Hilanderos.* **Requena-Ruiz, Ignacio.** [ed.] CSIC. 528, Madrid : CSIC, Diciembre de 2012, Informes de la Construcción, Vol. 64, pág. 14. ISSN: 0020-0883.

#### Listado Ilustraciones:

- Fig. 1. Ciudad católica en 1440 y ciudad industrial en 1840. Fuente: Contrast , or a parallel between the architecture of the 15th and the 19th centuries. Augustus Welby Northmore Pugin.....pg 10.
- Fig. 2: Colector solar E.Morse. USA 1881. Fuente: <http://solcalientaagua.blog.com/>...pg 12.
- Fig. 3. "Epure du soleil" de Chandigarh. Lecorbusier . Fuente: Requena , l.....pg 14.