

“Cradle-to-cradle” architecture. Eco-effectiveness and quality of life

Arquitectura “cuna-a-cuna”. Ecoeficiencia y calidad de vida

M. J. Agudo-Martínez¹

ABSTRACT

In the 2002 book *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*, the authors, W. McDonough and M. Braungart, raised the social benefits associated with circular economies geared towards waste disposal. This proposed a radical revision of the design process based on three principles based on nature itself: the transformation of waste into raw materials, the use of clean and renewable energies and the commitment to natural and cultural diversity.

In this sense, today the Cradle to Cradle Certificate (C2C) has an international recognition in relation to the design and manufacture of products that advocate a Circular Economy. The revision of industrial production was thus proposed in an improved proposal, since the three Rs (recycle, reuse and reduce) of traditional environmentalism were insufficient to stop the unstoppable deterioration of the planet. Therefore, the novel factor was the management of waste and its reuse as raw material.

The objective of the work is to demonstrate the existence of practices related to this revisionism in the field of architecture, clarifying the existing relationships between sustainable housing and quality of life. Thus, for example, issues such as the use of natural lighting, cross ventilation, not only mean energy savings and self-sufficiency, but also require a new approach to the building from the beginning. All this from a new conception of environmental sustainability that brings architecture closer to industry and new technologies, but also with reuse of resources and use of local materials, and above all considering people and place, with community participation, community ties and solidarity.

The main conclusion is that this new ecological approach to architectural production is also compatible with other concepts such as Bioarchitecture and its wide range of possibilities, such as bioluminescence or bamboo construction, but also the Internet of Things (IOT), 3D printing or robotics. Architects such as Shigeru Ban or Simon Vélez adopt alternative forms that open new paths for architecture much more respectful of nature and landscape.

Key Words: Bioarchitecture, Cradle to Cradle (C2C), W. McDonough, Shigeru Ban, Simon Vélez. |

1. INTRODUCCIÓN

La huella ecológica de la industria, incluida la industria de la construcción, tiene grandes repercusiones ambientales, económicas y sociales sobre el planeta. En ese sentido, cada vez resultan más preocupantes las alteraciones a las que es sometido el medio natural, las cuales vienen siendo evidenciadas por la comunidad científica desde hace varias décadas. Una de las primeras voces críticas en relación con la conciencia ambiental fue la investigadora Rachel Carson con su obra *Silent Spring* [1], una obra clave que sin duda contribuyó al desarrollo del actual Ecologismo.

Una década después, en el Informe que el Club de Roma encargó al MIT y que llevaba por título *The Limits to Growth* (1972), Donella Meadows, autora principal del mismo, se refería a los recursos limitados del planeta en un estudio que relacionaba economía, población, y medio ambiente [2].

Esta misma investigadora, especialista en dinámica de sistemas, trabajó además en varias pruebas piloto para el desarrollo de ecoaldeas¹ y granjas orgánicas, poniendo de manifiesto la necesidad de una reconciliación con el medio natural en lo que a formas de vida se refiere [3] [Fig.1].

Por otro lado, el término Desarrollo Sostenible se acuñó en la Conferencia de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo de 1987. Así, en el Informe Brundtland² titulado "Nuestro Futuro Común", se hacía una llamada a los gobiernos para minimizar el impacto negativo de la industria sobre el medio ambiente.

2. CALIDAD DE VIDA

En base al mencionado informe Brundtland, el problema principal que nos ocupa a nivel planetario es resolver la calidad de vida de los actuales habitantes,

1. INTRODUCTION

The ecological footprint of industry, including the construction industry, has major environmental, economic and social impacts on the planet. In this sense, the alterations to which the natural environment is subjected, which have been evidenced by the scientific community for several decades, are increasingly worrying. One of the first critical voices in relation to environmental awareness was the researcher Rachel Carson with her work *Silent Spring* [1] a key work that undoubtedly contributed to the development of current Environmentalism.

A decade later, in the Report commissioned by the Club of Rome from MIT entitled *The Limits to Growth* (1972), Donella Meadows, lead author of the report, referred to the planet's limited resources in a study linking the economy, population, and environment [2].

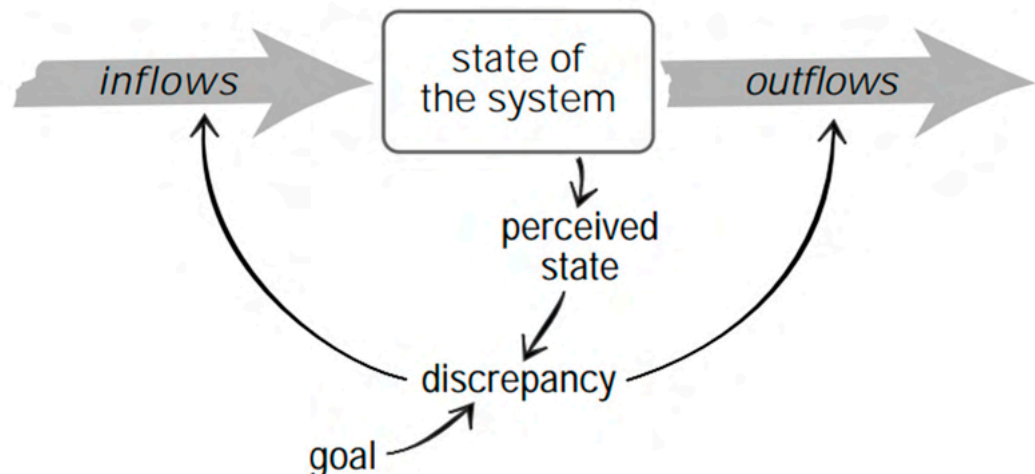
This same researcher, a specialist in systems dynamics, also worked on several pilot tests for the development of ecovillages¹ and organic farms, highlighting the need for reconciliation with the natural environment in terms of life forms [3] [Fig.1].

On the other hand, the term Sustainable Development was coined at the 1987 Conference of the World Commission on Environment and Development. Thus, in the Brundtland² Report entitled "Our Common Future", a call was made to governments to minimise the negative impact of industry on the environment.

2. QUALITY OF LIFE

On the basis of the Brundtland report, the main problem facing us at global level is to resolve the quality of life of the current inhabitants, without compromising that of future generations. The circular econo-

Fig.1.
Leverage Points.[3]



(1) A precursor of peaceful and collaborative communities can be cited as Moro with his *Utopia* (1516) (Moro, 2016). Utopian socialism also raised criticisms with proposals such as Robert Owen's *New Harmony* (1825), considered a pioneer of management, or Charles Fourier's *The Falanstery* (1870), an agricultural community of 300 families without wages or private property (Fourier, 2008).

(2) The proposal was built in Guise (1859-76) by Jean-Baptiste Godin.

sin comprometer la de las generaciones futuras. Las economías circulares orientadas a la eliminación de residuos planteadas en el libro *De la cuna a la cuna: Rediseñando la forma en que hacemos las cosas* [4] implican, sin lugar a dudas, beneficios sociales, económicos y medioambientales. Esto supone la necesidad de un enfoque interdisciplinar a fin de posibilitar la consecución de la consabida y anhelada sostenibilidad planetaria.

La principal aportación de McDonough y Braungart al postular el *Cradle to Cradle* supone el paso de la Ecoeficiencia (reducción de residuos) a la Ecoefectividad (reutilización de residuos). En ese sentido, el Certificado *Cradle to Cradle* (C2C) [5] cuenta con reconocimiento internacional, como garantía de que es posible la mejora de la regla de las tres R's de la Ecología (reciclar, reutilizar y reducir) considerando la interdependencia de las tres E's (Ecología, Economía, Equidad [8, 9]).

En el ámbito de la arquitectura, el concepto de "ciclo de vida" implicaría, por lo tanto, la reutilización de los materiales empleados en un edificio tras la vida útil del mismo, es decir, convertir el residuo en materia prima. Así sucede en el ciclo biológico y así debería suceder, según los mencionados autores, en el ciclo tecnológico con la reutilización y reciclaje de materiales.

Por otro lado, el problema de la vivienda y la conservación del patrimonio construido pasan a ser asuntos de primera magnitud y que por ello deben ser abordados desde la perspectiva de la sostenibilidad. Así lo defienden autores como Albert Cuchi [10], quien, por otra parte, relaciona además la recuperación del patrimonio cultural en relación con el sistema hídrico tradicional, habida cuenta de que el propio patrimonio edificado puede devolver al suelo nutrientes a partir del ciclo hídrico.

En la misma línea Felipe Pich-Aguilera y Teresa Batlle [11] ponen de manifiesto la deficiencia de la manualidad en la puesta en obra, en relación con los oficios tradicionales sin entramado artesanal y la necesidad de industrialización de los sistemas constructivos, en aras, sobre todo, de una mayor innovación y sostenibilidad.

En el caso de viviendas sociales, asociadas siempre a la consecución de equidad [12], se busca además participación en el proceso constructivo, en la toma de decisiones e incluso en la capacitación técnica, además de en la mejora del entorno y el hábitat con huertas colectivas de participación comunitaria que ayudan a fortalecer a la comunidad con beneficios comunes [13].

En este sentido procede mencionar a arquitectos como el chileno Alejandro Aravena, con su *Quinta Monroy* (2004), su obra más reconocida, o Solano Benítez, éste último discípulo de Eladio Dieste, apuesta

mies oriented towards waste disposal raised in the book *Cradle to cradle: Redesigning the way we do things* [4] undoubtedly imply social, economic and environmental benefits. This implies the need for an interdisciplinary approach in order to make it possible to achieve the well-known and desired planetary sustainability.

The main contribution of McDonough and Braungart in postulating the *Cradle to Cradle* is the transition from Eco-efficiency (waste reduction) to Eco-effectiveness (waste reuse). In this sense, [5] it is possible to improve the rule of the three R's of Ecology (Reduce, Recycle and Reuse) considering the interdependence of the three E's (Ecology, Economy, Equity) [8, 9].

In the field of architecture, the concept of "life cycle" would therefore imply the reuse of the materials used in a building after the useful life of the building, that is, converting the waste into raw material. This is the case in the life cycle and this should happen, according to the aforementioned authors, in the technological cycle with the reuse and recycling of materials.

On the other hand, the problem of housing and the conservation of the built heritage become issues of the first magnitude and must therefore be addressed from the perspective of sustainability. This is defended by authors such as Albert Cuchi [10], who, on the other hand, also relates the recovery of cultural heritage in relation to the traditional water system, given that the built heritage itself can return nutrients to the soil from the water cycle.

In the same vein Felipe Pich-Aguilera and Teresa Batlle [11] highlight the deficiency of craftsmanship in the commissioning in relation to traditional trades without artisanal network and the need for industrialization of construction systems, for the sake, above all, of greater innovation and sustainability.

In the case of social housing, always associated with the achievement of equity [12], participation is also sought in the construction process, in decision-making and even in technical training, as well as in the improvement of the environment and habitat with collective gardens of community participation that help to strengthen the community with common benefits [13].

In this sense it is appropriate to mention architects such as the Chilean Alejandro Aravena, with his *Quinta Monroy* (2004), his most recognized work, or Solano Benítez, the latter disciple of Eladio Dieste, bets on social commitment, respecting the cultural heritage of Paraguay, through an experimentation that aims to respond to social needs from a collective architecture [14].

3. SUSTAINABLE ARCHITECTURE

por el compromiso social, respetando la herencia cultural de Paraguay, mediante una experimentación que pretende dar respuesta a necesidades sociales a partir de una arquitectura colectiva [14].

3. ARQUITECTURA SOSTENIBLE

El principal problema para la consecución de una arquitectura sostenible radica en el control exhaustivo del ciclo de vida de los materiales y todo ello en un tipo de construcción cada vez más tecnológica. El impacto ambiental de un edificio guarda una estrecha relación con los materiales empleados en su construcción, si bien también está asociado al consumo energético del edificio. En ese sentido, materiales como el hormigón, la piedra y el ladrillo, junto con otros naturales como la madera o el bambú, tienen un mínimo impacto si los comparamos con otros materiales como metales y aleaciones.

Otro punto interesante es determinar la optimización de dichos materiales, no tan solo a lo largo de la vida útil del edificio sino además considerando sus posibilidades de reutilización futura para responder a nuevos usos. Los conceptos de optimización y eficiencia parecen entonces ser relativos al depender de una temporalidad funcional, ya que, con la prefabricación e industrialización de los sistemas constructivos se posibilita la reutilización de un material que puede ser desmontado si se aplica un concepto de reversibilidad.

De esta manera, la durabilidad de un edificio pasa a ser un factor clave en la sostenibilidad del mismo, además de determinante en relación con su uso. Este novedoso planteamiento supone apostar por edificios cada vez más efímeros, cuya vida está asociada a su utilidad y re-utilidad funcional.

Por otro lado, el agotamiento de recursos naturales, junto con el impacto ambiental de los edificios, conducen a tener en cuenta la opción mencionada del desmontaje desde el proyecto original, contemplando también la opción del alquiler desde el sector de la construcción industrializada.

La trayectoria que sigue la arquitectura hacia la industrialización parte de la Revolución Industrial, la cual tuvo lugar en la segunda mitad del siglo XVIII y supuso cambios radicales en la sociedad de la época. Dichos cambios conllevaron que se alzaran voces críticas como la de John Ruskin, el autor de "Siete Lámparas de la Arquitectura" (1849) y "Piedras de Venecia" (1853), o la de artistas como William Morris. En este contexto hay que situar el movimiento Arts and Crafts en Reino Unido y Estados Unidos a mediados del siglo XIX, apostando por las artes y los oficios y rechazando la producción industrial por pérdida de calidad.

Para el caso concreto de la vivienda social, existió una preocupación clara por la misma por parte del

The main problem for the achievement of a sustainable architecture lies in the exhaustive control of the life cycle of the materials and all this in an increasingly technological type of construction. The environmental impact of a building is closely related to the materials used in its construction, although it is also associated with the energy consumption of the building. In that sense, materials such as concrete, stone and brick, along with other natural ones such as wood or bamboo, have a minimal impact if we compare them with other materials such as metals and alloys.

Another interesting point is to determine the optimization of these materials, not only throughout the useful life of the building but also considering their possibilities of future reuse to respond to new uses. The concepts of optimization and efficiency then seem to be relative to depend on a functional temporality, since, with the prefabrication and industrialization of the construction systems, the reuse of a material that can be disassembled is possible if a concept of reversibility is applied.

In this way, the durability of a building becomes a key factor in its sustainability, as well as a determining factor in relation to its use. This novel approach involves betting on increasingly ephemeral buildings, whose life is associated with their usefulness and functional re-utility.

On the other hand, the depletion of natural resources, together with the environmental impact of the buildings, lead to take into account the aforementioned option of disassembly from the original project, also contemplating the option of renting from the industrialized construction sector.

The trajectory that architecture follows towards industrialization is part of the Industrial Revolution, which took place in the second half of the eighteenth century and meant radical changes in society at the time. These changes led to critical voices such as that of John Ruskin, the author of "Seven Lamps of Architecture" (1849) and "Stones of Venice" (1853), or that of artists such as William Morris. In this context we must place the Arts and Crafts movement in the United Kingdom and the United States in the mid-nineteenth century, betting on the arts and crafts and rejecting industrial production for loss of quality.

For the specific case of social housing, there was a clear concern for it on the part of the Modern Movement, from the First International Congress of Modern Architecture (CIAM) held in La Sarraz, Switzerland (1928), to the XI CIAM Congress in Otterlo, The Netherlands (1959) [Fig. 2 and 3]. The origin and *raison d'être* of these congresses was none other than to try to find solutions to the problems generated in the cities by the Industrial Revolution, hence the issues of urban legislation, historical heritage, restoration, environment and regional planning. The

Movimiento Moderno, desde el I Congreso Internacional de Arquitectura Moderna (CIAM) celebrado en La Sarraz, Suiza (1928), hasta XI Congreso CIAM de Otterlo, Países Bajos (1959) [Fig. 2 y 3]. El origen y razón de ser de dichos congresos no fue otro que tratar de encontrar soluciones a los problemas generados en las ciudades por la Revolución Industrial, de ahí que se abordaran cuestiones de legislación urbanística, patrimonio histórico, restauración, medio ambiente y ordenación del territorio. El Movimiento Moderno trató, por ello, de conciliar, las ventajas de la industrialización con el respeto a la naturaleza y al medio ambiente, buscando principios básicos de mejora de la calidad de vida³ de las personas.

Así, en la Carta de Atenas del IV CIAM de 1933 se recogían las "perturbaciones" del advenimiento de la era de la máquina, para las cuales había que encontrar soluciones con una actitud crítica y revisionista con mejoras que hoy nos parecen normales: ciudades con zonas residenciales de densidades razonables, nuevas superficies verdes, sectores industriales independizados de las zonas de habitación, clasificación de las vías de circulación, etc. Se sentaban así las bases del urbanismo con las conocidas cuatro funciones: habitar, trabajar, recrearse y circular, buscando la aplicación de unos criterios normativos de orden y equilibrio.

4. ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

La eficiencia energética es un planteamiento que persigue hacer un uso racional de la energía, hasta llegar a un consumo energético cero, lo que se consigue con diseños no convencionales y mediante el análisis del ciclo de vida del edificio. En el caso de la arquitectura bioclimática se utilizan exclusivamente elementos arquitectónicos y los sistemas mecánicos



Fig.2.
IV CIAM Congress of Athens,
Greece (1933).

Modern Movement tried, therefore, to reconcile the advantages of industrialization with respect for nature and the environment, seeking basic principles to improve the quality of life³ of people.

Thus, the Athens Charter of the FOURTH CIAM of 1933 included the "disturbances" of the advent of the machine age, for which solutions had to be found with a critical and revisionist attitude with improvements that today seem normal: cities with residential areas of reasonable densities, new green surfaces, industrial sectors independent of the living areas, classification of traffic routes, etc. Thus the foundations of urbanism were laid with the well-known four functions: to inhabit, work, recreate and circulate, seeking the application of normative criteria of order and balance.

4. BIOCLIMATIC ARCHITECTURE

Energy efficiency is an approach that seeks to make a rational use of energy, until reaching a zero energy consumption, which is achieved with unconventional designs and through the analysis of the life cycle of the building. In the case of bioclimatic architecture, architectural elements are used exclusively and mechanical systems become support systems⁴.



Fig.3.
XI CIAM Congress of Otterlo,
The Netherlands (1959).

(3) In relation to rurality, apart from any kind of political ideology, it is also worth mentioning the pragmatism of the Spanish colonisation settlements of the post-war National Colonisation Institute, associated with a socio-economic reform of the land.

pasan a ser sistemas de apoyo⁴.

La adecuación del edificio al clima supone adaptación al entorno, lo cual se traduce en ahorro y eficiencia energética, así como en mejora de la calidad de vida mediante sistemas pasivos de captación, protección, ventilación e inercia térmica. Todo ello partiendo de unas adecuadas estrategias de diseño arquitectónico relativa exclusivamente a elementos constructivos, tales como orientación, sol e iluminación [15], vientos, elección adecuada de materiales o tipología, las cuales dan prioridad al confort higrotérmico verano-invierno, en aras de generar, almacenar o transferir calor o frío, esto último en relación con la trayectoria solar.

En este sentido, es importante valorar estrategias tradicionales de las viviendas vernáculas o de arquitecturas históricas, tales como la islámica en relación con el clima Mediterráneo, que se agrupan para generar sombras, con patios, vegetación y láminas de agua, sobre todo si se comparan con otra anti-arquitectura.

Siguiendo a Rafael Serra [16], existen 5 temas de diseño: ubicación, entorno, forma, piel e interior. Sin duda, el proyecto depende del lugar, pero también de las actuaciones en el entorno para propiciar diferencias térmicas, por ejemplo, con láminas de agua o con vegetación. La existencia de patios permite porosidad y ventilación, y el adosamiento impide ventilar e iluminar, si bien a cambio de proteger. También es importante diferenciar las cualidades de la piel del edificio en relación con la transparencia (iluminación) y la perforación (ventilación), al igual que sus atributos de color, textura y peso. En relación con los sistemas pasivos, en el interior del edificio son determinantes tanto las compartimentaciones como las conexiones.

Retomando el tema que nos ocupa, relativo a la con-

The adaptation of the building to the climate implies adaptation to the environment, which translates into energy saving and efficiency, as well as in improvement of the quality of life through passive systems of capture, protection, ventilation and thermal inertia. All this starting from adequate architectural design strategies relating exclusively to constructive elements, such as orientation, sun and lighting [15], winds, appropriate choice of materials or typology, which give priority to summer-winter hygrothermal comfort, in order to generate, store or transfer heat or cold, the latter in relation to the solar trajectory.

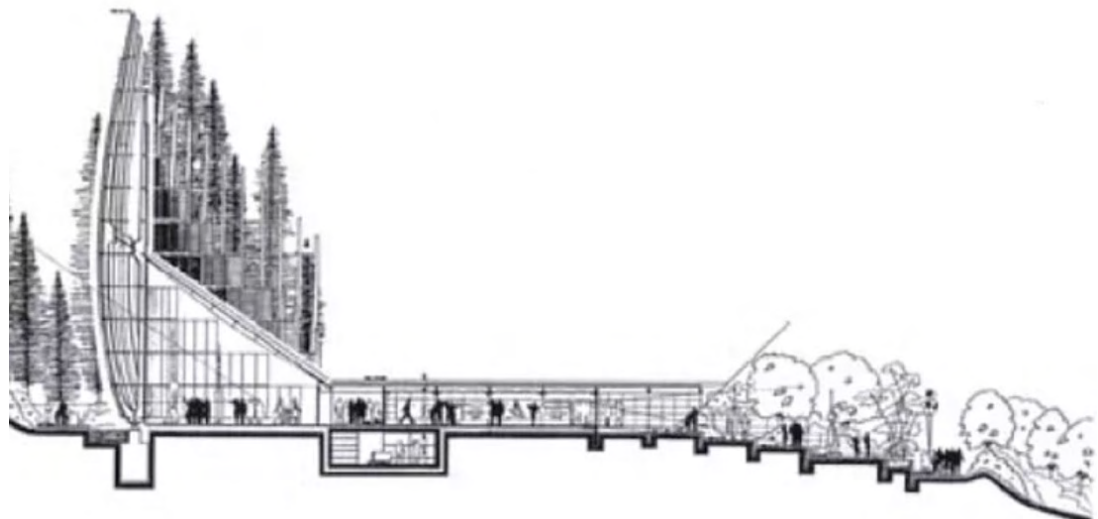
In this sense, it is important to value traditional strategies of vernacular dwellings or historical architectures, such as the Islamic one in relation to the Mediterranean climate, which are grouped together to generate shadows, with patios, vegetation and sheets of water, especially if compared to other anti-architecture.

Following Rafael Serra [16], there are 5 design themes: location, environment, shape, skin and interior. Undoubtedly, the project depends on the place, but also on the actions in the environment to promote thermal differences, for example, with sheets of water or vegetation. The existence of patios allows porosity and ventilation, and the attached prevents ventilation and lighting, although in exchange for protecting. It is also important to differentiate the qualities of the building's skin in relation to transparency (lighting) and perforation (ventilation), as well as its attributes of color, texture and weight. In relation to passive systems, both compartmentalations and connections are decisive inside the building.

Returning to the issue at hand, relating to the achievement of a sustainable architecture, there is a duality, only apparent, between positions that advocate an industrialized architecture versus another that proposes the recovery and use of traditional techni-

Fig.4.

Jean Marie Tjibaou Cultural Center. Renzo Piano. Nouméa, 1991-98.



(4) However, home automation involves home automation by means of energy control.

secución de una arquitectura sostenible, se plantea una dualidad, tan sólo aparente, entre posturas que abogan por una arquitectura industrializada frente a otra que propone la recuperación y uso de técnicas tradicionales, una arquitectura vernácula, adaptada a la topografía, al clima [17] y a la idiosincrasia cultural, si bien con frecuencia conviviendo con la primera postura.

Es el caso de arquitectos como Renzo Piano en el Centro Cultural Jean Marie Tjibaou (1991-98) en Nouméa (Nueva Caledonia), en el cual se emplean materiales y técnicas constructivas del Pacífico, como la madera de iroko, si bien el interior tiene un planteamiento tecnológico [Fig.4]. El proyecto adquiere un especial interés por esa hibridación cultural y en un emplazamiento natural singular y de enorme valor ecológico, se respetaba además la sensibilidad de las tradiciones de las culturas indígenas y se buscaba además dar respuesta al clima húmedo de la zona poniendo especial énfasis en la ventilación mediante corrientes ascendentes.

Así, retomando el tema de la ventilación natural, ha sido una constante histórica en los sistemas de ventilación de la arquitectura tradicional y popular [18], mediante estrategias pasivas para renovar el aire interior y siempre con una estrecha relación entre el diseño y las condiciones ambientales.

Se trata de un planteamiento que, sin duda, es desarrollado con la High Technology, que tiene exponentes claves como Norman Foster y obras emblemáticas como su terminal del aeropuerto Stansted⁵ de Londres, caracterizada por recorridos fluidos y un sistema de tránsito automatizado, todo ello abogando por la simplicidad y la comodidad. La luz natural y la ventilación de los lucernarios del gran vestíbulo, sustentados por una estructura desmaterializada, son los dos grandes protagonistas del edificio [Fig.5]. Por otro lado, es también modelica la inserción del edificio en el paisaje. Este edificio es una de las grandes obras de Foster, al responder a necesidades tanto materiales como espirituales y por ello comparable a la Nueva Galería Nacional de Berlín de Mies van der Rohe.

Por otro lado, otra arquitecta que trabaja con la luz natural de manera magistral es Zaha Hadid, con ejemplos como el Centro de Ciencias Phaeno de Wolfsburg, de una extraordinaria plasticidad sensorial [Fig.6].

5. CIUDAD URBÓTICA.

La urbótica se ocupa de la gestión urbana, el control y el diseño inteligente, a partir de ciudades virtuales superpuestas a las ciudades físicas, asociado todo ello a un laboratorio de innovaciones o Living-Lab urbano que persigue la automatización de servicios urbanos tales como gestión energética, seguridad, tráfico rodado o comunicación [19]. Otros ámbitos

ques, a vernacular architecture, adapted to the topography, the climate [17] and the cultural idiosyncrasy, although often coexisting with the first position.

This is the case of architects such as Renzo Piano at the Jean Marie Tjibaou Cultural Centre (1991-98) in Nouméa (New Caledonia), in which materials and construction techniques from the Pacific, such as iroko wood, are used, although the interior has a technological approach [Fig.4]. The project acquires a special interest in this cultural hybridization and in a unique natural location of enormous ecological value it also respected the sensitivity of the traditions of indigenous cultures and also sought to respond to the humid climate of the area with special emphasis on ventilation by updrafts.

Thus, returning to the theme of natural ventilation, it has been a historical constant in the ventilation systems of traditional and popular architecture [18], through passive strategies to renew the indoor air and always with a close relationship between design and environmental conditions.

It is an approach that is undoubtedly developed with High Technology, which has key exponents such as Norman Foster and emblematic works such as its terminal at Stansted Airport in London⁵, characterized by smooth routes and an automated transit system, all advocating simplicity and comfort. The natural light and ventilation of the skylights of the great vestibule, supported by a dematerialized structure, are the two main protagonists of the building [Fig.5]. On the other hand, it is also exemplary the insertion of the building in the landscape. This building is one of Foster's great works, responding to both material and spiritual needs and therefore comparable to Mies van der Rohe's New National Gallery in Berlin.



Fig.5.
Stansted Airport. Norman Foster. London, 1981-91.
(Photo by the author).

Fig.6.
Phaeno Science Center. Zaha Hadid. Wolfsburg, Germany, 1999-2005. (Photo by the author).



de aplicación serían la atención de emergencias sanitarias, el control de la contaminación ambiental o la optimización de la movilidad y la vigilancia [20].

El primer ejemplo de automatismo en la gestión urbana del tráfico es el semáforo. Sin embargo, la red urbótica coordina un sistema integrado de información con servicios capaces de dar respuesta a inconvenientes impredecibles, como los sistemas IPS (Intelligent Parking System) [21]. Por otro lado, la inteligencia computacional permite además el aprendizaje autónomo de los microsistemas de la red urbótica, si bien la integración en un único macrosistema, resulta más complicada desde un punto de vista político.

Jeremy Rifkin, en su libro *La tercera Revolución industrial* [22] habla de la actual era poscarbónica y justifica el cambio climático asociado a la actividad industrial con combustibles fósiles. Plantea por ello la democratización de la energía con la sustitución de energías fósiles por energías verdes o renovables, con el empleo de hidrógeno para almacenamiento energético por el flujo intermitente de las renovables. Este autor se refiere también a edificios con producción de energía propia solar y eólica, con microcentrales eléctricas in situ y una red de energía compartida, con una transición hacia vehículos de motor eléctrico.

En la misma línea de automatización e interacción entre usuarios, se incluyen los jardines verticales, las cubiertas ajardinadas y los huertos tecnificados, buscando optimizar la eficiencia energética y el respeto al medio ambiente [23].

Por otro lado, en el ámbito de la construcción, la Industria 4.0 o cuarta Revolución industrial está asociada a automatización y robótica avanzada en la

On the other hand, another architect who works with natural light in a masterful way is Zaha Hadid, with examples such as the Phaeno Science Center in Wolfsburg, of an extraordinary sensory plasticity [Fig.6].

6. URBOTIC CITY.

Urbotics deals with urban management, control and intelligent design, from virtual cities superimposed on physical cities, all associated with an innovation laboratory or urban Living-Lab that pursues the automation of urban services such as energy management, security, road traffic or communication [19]. Other areas of application would be the attention of health emergencies, the control of environmental pollution or the optimization of mobility and surveillance [20].

The first example of automatism in urban traffic management is the traffic light. However, the urbotic network coordinates an integrated information system with services capable of responding to unpredictable problems, such as IPS (Intelligent Parking System) systems [21]. On the other hand, computational intelligence also allows the autonomous learning of the microsistemas of the urbotic network, although the integration into a single macrosystem is more complicated from a political point of view.

Jeremy Rifkin, in his book *The Third Industrial Revolution* [22] talks about the current post-carbon era and justifies the climate change associated with industrial activity with fossil fuels. It therefore proposes the democratization of energy with the replacement of fossil energies by green or renewable energies, with the use of hydrogen for energy storage by the intermittent flow of renewables. This author also refers to buildings with their own solar and wind energy production, with on-site power plants and a shared energy network, with a transition to electric motor vehicles.

In the same line of automation and interaction between users, vertical gardens, landscaped roofs and technified orchards are included, seeking to optimize energy efficiency and respect for the environment [23]. On the other hand, in the field of construction, Industry 4.0 or fourth Industrial Revolution is associated with automation and advanced robotics in construction, which entails digital manufacturing processes and 3D Printing [24], but also addressing other issues such as cybersecurity or connectivity, that is, it involves a profound transformation of the means of production.

All this in an unstoppable process of digitization, interconnectivity, interoperability, standardization and globalization, with the use of cloud computing, big data and project management, as well as new resources of the Internet of Things (IoT) [25] or connection of everyday objects to the Internet; the latter is

construcción, lo cual conlleva procesos de fabricación digital e Impresión 3D [24], pero también abordar otras cuestiones como ciberseguridad o conectividad, es decir, supone una transformación profunda de los medios de producción.

Todo ello en un proceso imparable de digitalización, interconectividad, interoperabilidad, estandarización y globalización, con la utilización de cloud computing, big data y gestión de proyectos, así como nuevos recursos de la internet de las cosas (IoT) [25] o conexión de objetos cotidianos a internet; éste último se trata de un término acuñado por Kevin Ashton y basado en la idea de ubicuidad que posibilita un seguimiento en tiempo real [26] y con una mínima intervención humana [27].

Este nuevo tipo de construcción altamente digitalizada está basado en el diseño generativo y la optimización paramétrica y supone además automatización de procesos. Se emplea modelado BIM y simulación mediante realidad virtual (VR) o realidad mixta (MR).

En relación con la ciudad urbótica, algunos ámbitos de aplicación del internet de las cosas (IoT) serían infraestructuras (alumbrado público o tráfico rodado), seguridad (video vigilancia y prevención de accidentes) o

Interacción informativa con la población. Por otro lado, todo ello asociado además a dar respuesta a la problemática ambiental de la sostenibilidad mediante el control de la contaminación o el ciclo hídrico.

7. CONCLUSIONES

La arquitectura actual requiere un enfoque interdisciplinar al contemplar, bajo el prisma de la sostenibilidad o ecoeficiencia, aspectos económicos, ecológicos y éticos. El ciclo de vida de un edificio implica siempre impacto ambiental, además de residuos y desechos tóxicos. Se busca por ello la consecución de la minimización de dicho impacto ambiental, junto a la mejora de la calidad de vida, especialmente en relación con la calidad social de las viviendas, en base sobre todo a su planificación y diseño.

El desarrollo tecnológico y la investigación científica deben apostar por una toma de decisiones responsable, en base a un imperativo ético en el cual se fundamenten el diseño y la planificación de una arquitectura sostenible, sin efectos colaterales, ni consecuencias imprevisibles. Solo así podremos aspirar a mejorar la calidad de vida y el bienestar de la población: resolviendo los problemas de vivienda, recuperando y conservando el patrimonio construido, reduciendo la vulnerabilidad de los asentamientos más pobres, rehabilitando los espacios urbanos, reduciendo la huella ecológica y los recursos y aplicando una mayor racionalidad energética. Todo ello

a term coined by Kevin Ashton and based on the idea of ubiquity that enables real-time monitoring [26] and with minimal human intervention [27]. This new type of highly digitized construction is based on generative design and parametric optimization and also involves process automation. BIM modeling and simulation using virtual reality (VR) or mixed reality (MR) is used.

In relation to the urban city, some areas of application of the Internet of Things (IoT) would be infrastructure (public lighting or road traffic), security (video surveillance and accident prevention) or

Information interaction with the population. On the other hand, all this is also associated with responding to the environmental problem of sustainability through the control of pollution or the water cycle.

7. CONCLUSIONS.

Today's architecture requires an interdisciplinary approach when contemplating, under the prism of sustainability or eco-efficiency, economic, ecological and ethical aspects. The life cycle of a building always involves environmental impact, in addition to waste and toxic waste. It seeks to achieve the minimization of this environmental impact, along with the improvement of the quality of life, especially in relation to the social quality of housing, based above all on its planning and design.

Technological development and scientific research must bet on responsible decision-making, based on an ethical imperative on which the design and planning of a sustainable architecture are based, without side effects or unforeseeable consequences. Only in this way can we aspire to improve the quality of life and well-being of the population: solving housing problems, recovering and conserving the built heritage, reducing the vulnerability of the poorest settlements, rehabilitating urban spaces, reducing the ecological footprint and resources and applying greater energy rationality. All this considering with a new consideration of the waste as raw material. The main conclusion is that this new ecological approach to architectural production is also compatible with other concepts such as Bioarchitecture and its wide range of possibilities, such as bioluminescence or bamboo construction, but also the Internet of Things (IOT), 3D printing or robotics. Architects such as Shigeru Ban or Simon Vélez adopt alternative forms that open new paths for architecture much more respectful of nature and landscape.

considerando con una nueva consideración del residuo como materia prima.

La principal conclusión es que este nuevo enfoque ecológico de la producción arquitectónica es compatible además con otros conceptos como la Bioarquitectura y su amplio abanico de posibilidades, como la bioluminiscencia o la construcción de bambú, pero también a la Internet de las Cosas (IOT), la impresión 3D o la robótica. Arquitectos como Shigeru Ban o Simon Vélez adoptan formas alternativas que abren nuevos caminos para la arquitectura mucho más respetuosos con la naturaleza y el paisaje.

REFERENCIAS / REFERENCES

- [1] Carson, R. L. *Silent Spring*. Harcourt, Houghton Mifflin, New York, 1962.
- [2] Meadows, D. H. *The Limits to growth*. Universe Books, New York, 1972. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63768-0.00630-2>
- [3] Meadows, D. *Leverage Points: Places to Intervene in a System*. The Sustainability Institute, Hartland, 1999.
- [4] McDonough, W., & Braungart, M. *De la cuna a la cuna: rediseñando la forma en que hacemos las cosas*. McGraw-Hill/Interamericana, Madrid, 2005.
- [5] Cradle to Cradle Certified. (n.d.). Retrieved March 21, 2021, from <https://www.c2ccertified.org/>
- [6] Moro, T. Utopía. *Textos.info*, N.543, (2016) <https://www.textos.info/tomas-moro/utopia>
- [7] Fourier, C. El C. Ediciones Godot, Buenos Aires, 2008
- [8] Gudynas, E. *Ecología, Economía y Ética del Desarrollo Sostenible*. In *Ambiente & Sociedade* (Vol. 6, Issue 2). Coscoroba, 2004. <https://doi.org/10.1590/s1414-753x2003000300011>
- [9] Georgescu-Roegen, N. *¿Qué es la Economía Ecológica? Ecologistas en Acción*, Madrid, 2017.
- [10] Cuchi, A. *La qualitat ambiental als edificis*. In *Generalitat de Catalunya*. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge, Barcelona, 2009.
- [11] Pich-Aguilera, F., & Batlle, T. *Arquitectura ambiental en España hoy*. *Práctica Urbanística: Revista Mensual de Urbanismo*, 145 (2017).
- [12] Acosta, D. *Arquitectura y Construcción Sostenibles*. *Uniandes*, 4 (2009), 14-23. <https://doi.org/https://doi.org/10.18389/dearq4.2009.02>
- [13] Villalobos-González, E. M. *La construcción social en la práctica de la arquitectura. Una revisión crítica*. *Contexto*, 14 (2020), 99–113. <https://doi.org/10.29105/contexto14.20-8>
- [14] Abramovay, R. *Más allá de la economía verde*. Temas Grupo Editorial, Buenos Aires, 2013.
- [15] Rasmussen, S. E. *Experiencia de la arquitectura*. Jorge Sáinz (ed.), Reverté, Barcelona, 2012.
- [16] Jarauta Marión, F. (coord.) *Arquitectura y sostenibilidad: Primeras Jornadas noviembre 2005*. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia, 2006.
- [17] Garzón, B. *Arquitectura bioclimática*. Nobuko, Buenos Aires, 2020
- [18] Araujo, R. *La arquitectura y el aire: ventilación natural*. *Tectonica* 35 (2014), 5-19
- [19] Valero Martínez, M. et al. *Desarrollo urbano del semáforo inteligente. Primeras experiencias en un living-lab urbano*. *Revista de Biomecánica*, 53 (2010), 29–30.
- [20] Rivera, S., & Sosa, L. *Aportaciones a la caminabilidad desde la urbótica*. *Seminario Internacional de Investigación en Diseño*, 11 (2020), 305–311.
- [21] Barberis, W. *Ciudad urbótica contemporánea: y nuevas tecnologías en el espacio y los servicios urbanos*. *Architecture, City and Environment*, 17 (2011), 95–108. <https://doi.org/10.5821/ace.v6i17.2530>
- [22] Sandoval-Ruiz, C. E. *Diseño Arquitectónico Inteligente Aplicando Conceptos de Urbótica y Sostenibilidad*. *REC Perspectiva*, 11 (2017), 18–29.
- [23] Rifkin, J. *La tercera revolución industrial: cómo el poder lateral está transformando la energía, la economía y el mundo*. Paidós, Barcelona, 2011.
- [24] López Parada, J. *Fabricación aditiva y transformación logística: la impresión 3D*. *Oikonomics*, 9, (2019), 58–69. <https://doi.org/10.7238/o.n9.1805>
- [25] Salazar, J., & Silvestre, S. *Internet de las cosas (IoT)*. TechPedia, Praha, 2017.
- [26] Barrio, M. *Internet de las Cosas*. Reus, Madrid, 2018.
- [27] Rose, K. *La internet de las cosas. Una breve reseña*. *Internet Society (ISOC)*, 2015. https://doi.org/10.1007/978-0-85729-103-5_5