

# ENERGÍA Y SUSTENTABILIDAD EN LA ARQUITECTURA. ANTECEDENTES Y UNA MUESTRA DE APLICACIÓN

## Energy and Sustainability in Architecture. Background and a Selected Application

Recibido: 13/10/2021  
Aceptado: 01/02/2022

Luis Alfredo Galindez Galdona. Universidad de Los Andes, Venezuela. galindez.galdona@gmail.com  
 <https://orcid.org/0009-0007-4331-8931>

### Resumen:

Con base en una revisión documental, el presente artículo ofrece una mirada sobre las aplicaciones de las energías limpias de carbono en la arquitectura como medio para contribuir al Desarrollo Sustentable, iniciando con las actuaciones llevadas a cabo y acuerdos multilaterales propuestos por grupos e instituciones medioambientales dentro de este contexto, presentando algunos conceptos clave para posteriormente delinear los usos más relevantes de estas energías, y finalizar con un ejemplo sobre cómo se han aplicado algunos de estos criterios en el edificio One Angel Square en Manchester, Inglaterra, que lo hizo merecedor del Certificado BREEAM.

Palabras clave: Sustentabilidad, huella de carbono, energías limpias, arquitectura, diseño integral, diseño integrado.

### Abstract:

Based on a literature review, this article offers a look at the applications of carbon clean energies in architecture as a way to contribute to Sustainable Development, beginning with the actions taken and multilateral agreements proposed by environmental and institutional groups within this context; presenting some key concepts so as to outline the most relevant uses of these energies, and finally with an example of how some of these criteria have been applied in the One Angel Square building in Manchester, England, which made it worthy of the prized BREEAM Certificate.

Keywords: Sustainability, Carbon footprint, clean energies, architecture, Integral Design, integrated design.

## Introducción

La contaminación del planeta producto de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) ha devenido en una serie de consecuencias negativas sobre el medioambiente, las cuales han generado afectaciones con implicaciones globales y de consideración en los ecosistemas locales alterando negativamente la calidad de vida del ser humano. Por tal motivo se hace imperativo acometer acciones que permitan minimizar estos impactos, procurando el uso y aprovechamiento adecuado de las energías tanto en la producción de bienes y servicios como en el consumo en edificaciones indistintamente de su envergadura. En este sentido, el uso de las energías limpias cobra cada vez más relevancia en un sector como el de la construcción que aporta cerca del 40% de las emisiones de GEI a la atmósfera.

La actividad arquitectónica tiene una gran implicación en los impactos y deterioro ambiental, y es por ello que se deben asumir con gran responsabilidad criterios que contribuyan a la reducción de la "Huella de Carbono" (HC), bajo una visión más consciente con diseños integrados al ecosistema y a las condiciones ambientales locales, en procura de la conservación del planeta para garantizar a las generaciones actuales y futuras una mejor calidad de vida, y condiciones armónicas de subsistencia.

En este sentido, una noticia de las Naciones Unidas, del 9 de diciembre 2020 afirmaba que:

"Para que el calentamiento se establezca, es imprescindible reducir desde ya las emisiones de dióxido de carbono con vistas a llegar a neutralizarlas por completo...

En el 2019, y por tercer año consecutivo, las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero volvieron a aumentar y se situaron en un máximo histórico...

[No obstante]...el creciente número de

países que se han comprometido a lograr cero emisiones netas a mediados de siglo demuestra un "avance significativo y alentador". (Shehzad, 2020, p. 1)

Dentro de este alarmante contexto global, se hace imperativo comprender que para que el proceso arquitectónico-edificatorio alcance niveles de sustentabilidad acordes a las necesidades mundiales para la reducción de emisiones de GEI y de su impacto ambiental, debe apostarse a la consecución de un verdadero diseño integral es decir, un diseño en el que la edificación ha de concebirse como un sistema en el que el ser humano coexiste en un espacio físico con unos componentes y tecnologías que propician un sistema perfectamente interrelacionado, de manera que cada aspecto considerado aporte a la dinámica ambiental en el que se recrea condiciones que generan confort y bienestar, a partir de la aplicación de los principios del diseño bioclimático, como medio para abordar los efectos positivos que generan las energías limpias en los distintos sistemas y subsistemas que intervienen en las condiciones medioambientales del espacio edificado (radiación e iluminación solar, temperatura, humedad relativa, viento, condiciones del suelo y subsuelo, entre otros) para lograr -por medio de un diseño adecuado- que las edificaciones alcancen su integración al ambiente natural circundante, bajo una interacción equilibrada basada en el respeto a su entorno.

En segundo lugar, comprender cómo puede hacerse un uso sustentable de las distintas manifestaciones energéticas tomado conciencia y minimizando el uso de energías que generan GEI desde la producción de sus componentes hasta su transcurrir por el ciclo de vida de la edificación, haciendo uso adecuado de recursos, materiales, procesos constructivos, del uso y consumo de la energía, para la consecución de una economía circular (extracción-producción-uso-reúso o reciclado) en todo el proceso edificatorio dejando definitivamente

atrás la economía lineal (extracción-producción-uso-desecho), con criterios profesionales claros sobre el ciclo de vida de los materiales y del objeto diseñado-construido en procura de la disminución del impacto ambiental.

Como podemos ver en la figura 1, los Recursos Energéticos Primarios Sustentables se basan primero en la radiación solar que es incorporada a los distintos sistemas y subsistemas naturales de la tierra, segundo en la disipación natural de la energía rotacional de la tierra y por último en el calor geotérmico del núcleo de la tierra y sus capas tectónicas.

Estas fuentes de energía limpia pueden ser aprovechadas mediante sistemas de captación y transformación que finalmente pueden utilizarse en los medios de producción y para el consumo humano. Estos se caracterizan por: mejor eficiencia, reducción de emisiones contaminantes, mejora sustancial de la calidad de vida de las personas, reducción o mitigación del daño a la salud, reducción sustancial de impacto ambiental, disminución de costos de uso y producción de la energía, y disminución de la dependencia de los mercados energéticos convencionales.

Un ejemplo del uso eficiente de estas energías es su aplicación en las llamadas Construcciones

Ecológicas-Inteligentes, en las que, partiendo del diseño, se logra un sistema de edificación integral, cuyo equipamiento permita generar autonomía energética, confortabilidad y calidad de vida para sus usuarios.

## 1. Recorriendo los antecedentes

La humanidad está viviendo el período histórico conocido como "La Era Industrial", iniciada a mediados del siglo XVIII en Gran Bretaña con la Revolución Industrial, extendiéndose por todo el mundo y prolongándose en el tiempo hasta hoy, con muchos augurios sobre su pronta culminación. Esta era se ha caracterizado por otorgarnos grandes avances sociales, culturales y tecnológicos a costa de un gran consumo de recursos naturales y un enorme gasto de energía para su transformación en productos, que han convertido al consumo de energía en uno de los medidores macroeconómicos del progreso y bienestar de las sociedades contemporáneas.

El modelo económico y social actual, cuyo funcionamiento depende de un crecimiento continuo, ha exigido también de una demanda igualmente creciente de energía, obtenida en un primer momento del carbón, posteriormente del petróleo y del gas, y más recientemente de origen nuclear.

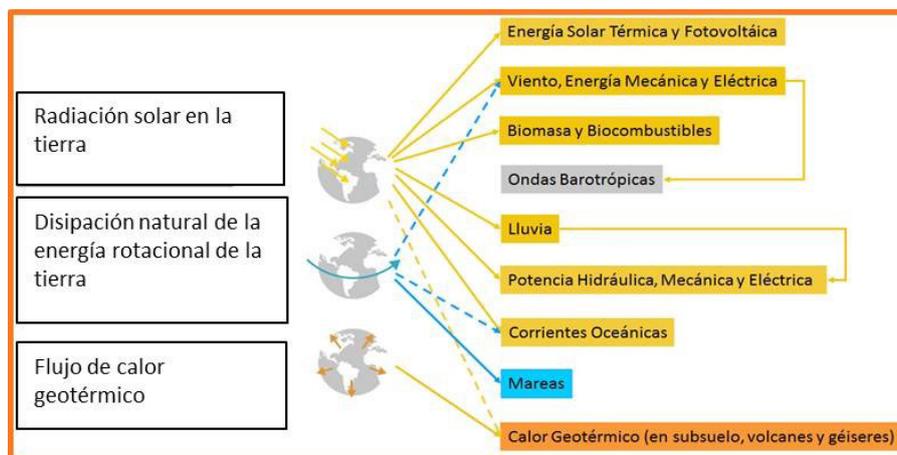


Figura 1. Recursos energéticos sostenibles.

Fuente: Elaboración propia a partir de Gommans, 2012, p. 39. Edición de Alix Paola Hernández Dugarte y Grecia Nicoll Parra Tatsis.

Las materias primas que respaldan dichas fuentes de energía son extraídas de yacimientos naturales de carácter finito, y sobre las cuales es inevitable predecir su agotamiento en el tiempo, dando como posible resultado que todo el sistema colapse. Sin embargo, Aun cuando la humanidad no ha llegado a esta situación, ya ha enfrentado varias crisis económicas producto del encarecimiento de materias primas energéticas (como el petróleo y sus derivados).

Las crisis energéticas se presentan cuando las fuentes de energía de las que se abastece una sociedad se agotan o encarece su adquisición drásticamente. Estos eventos se han dado de manera cíclica y continuarán haciéndolo debido a la sensible dinámica económica mundial, trayendo como consecuencia enormes recesiones en aquellos países que escasamente cuentan con estos recursos y que los hace dependientes de aquellos que los poseen.

Por lo que es una situación que sólo podrá solventarse en la medida que se desarrolle el uso de energías renovables, tal como ha venido sucediendo en los últimos 50 años, y más recientemente con fuentes y procesos que hacen mayor énfasis en implementar Recursos Energéticos Primarios Sustentables de muy bajo impacto ambiental.

La dinámica industrializadora junto a la química moderna, la industria farmacéutica y las mejoras sanitarias, han alargado la expectativa de vida y por ende el crecimiento de la población, trayendo consigo un mayor consumo de bienes, innovaciones tecnológicas y avances (en infraestructura, salud, transporte, comunicaciones, etc.) que requieren de una mayor demanda energética que pudiéramos imaginar como una gran espiral ascendente. Estos eventos han sido posibles gracias a la disposición de enormes cantidades de energía barata provenientes de los combustibles fósiles, teniendo mayor énfasis desde inicios del siglo XIX.

Pero este desarrollo y sus beneficios no han sido 100% favorables si lo vemos en toda su dimensión. La extracción de dichos recursos para generar energía y bienes de consumo ha ocasionado un gran deterioro ambiental por: la degradación del medio natural en el lugar de extracción, la contaminación que generan los procesos industriales y el transporte, el consumo de los productos, los desechos asociados a estos, y la generación de GEI en todo el ciclo productivo y de consumo. Esto ha provocado significativos cambios climáticos que repercuten sobre la dinámica de los ciclos medioambientales, la calidad de vida y salud del ser humano, afectando también a todas las especies vivas del planeta por la interconectividad biológica del mismo.

Ya para finales del siglo XIX, el químico y premio Nobel Svante Arrhenius conocedor de las investigaciones atmosféricas de De Saussure tanto del comportamiento atmosférico como del funcionamiento termodinámico de la "caja caliente" (dispositivo que comprobó el Efecto Invernadero -EI) previó que la generación de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) aumentaría la capacidad de retención de calor del manto atmosférico. Calculó el aumento de la temperatura atmosférica de la Tierra en 4 grados durante los siguientes dos siglos (XX y XXI) de continuar la tendencia creciente en el consumo de energía fósil y el EI que desencadena. Estos cálculos han sido ratificados tanto por la NASA como por la Fundación de la Ciencia de los EE.UU.

Podemos observar cómo casualmente todas esas fuentes de energía generan una gran contaminación ambiental por la producción de  $\text{CO}_2$  y otros contaminantes causantes, entre otros daños, del calentamiento global por el EI que producen, por lo que la consideración del uso y aplicación de energías limpias (limpias de agentes contaminantes) rebasa la mera discusión clasificatoria en pos de un cambio en el tipo de energías a usar como procuradoras de un desarrollo sustentable sin menoscabo del eco-

sistema biológico planetario. Cambio que necesariamente tendremos que producir durante los primeros 50 años de este siglo evaluando, desarrollando y aplicando las fuentes de energía que sean menos agresivas y perjudiciales. En este sentido, en los años 70 del siglo pasado aparece el concepto de uso de "energías alternas" o "energía alternativa", términos ya hoy un poco anticuados, y que surgieron más como una preocupación por el agotamiento en un plazo perentorio de los recursos energéticos no renovables, por lo que era necesario encontrar "alternativas" energéticas sustitutivas más duraderas, pero los problemas medioambientales ocasionados nos llevan a considerar a la mayoría de estas fuentes de energía limpia, no como alternativas ante un eventual agotamiento, sino como el resultado de la imperiosa conservación de la vida en el planeta, al punto que en la actualidad ya no podemos decir que sean alternativas en la generación de energía, sino una opción perfectamente válida para satisfacer las demandas sin el consecuente deterioro del planeta, evidenciándose cómo las fuentes de energías limpias paulatinamente se han ido extendiendo por el mundo como medios de generación de energías de uso cada vez más común.

En ...la década de los 70's, cuando se produjeron eventos mundiales importantes en el mercado petrolero, provocando en los años posteriores un encarecimiento notable de las fuentes de energía no renovable, situación ésta que generó una concientización mundial que provocó el resurgido interés de realizar acciones preventivas sobre el suministro y precio futuro de la energía. Resultando de esto, los países consumidores, enfrentados a los altos costos del petróleo y a una dependencia casi total de este energético, tuvieron que modificar sus costumbres de consumo y buscar opciones para reducir su dependencia de las fuentes no renovables (Solís, 2014, p. única).

Casi simultáneamente mientras se van presentando estos eventos mundiales por el encarecimiento de la energía de origen fósil, en 1972, el Club de Roma solicita al Massachusetts Institute of Technology (MIT) un informe, el cual fue emitido bajo el título Los Límites del Crecimiento en el que se exploran las consecuencias del crecimiento exponencial de la población para los ecosistemas de la tierra, la industrialización, la polución, la producción de alimentos, y el agotamiento de los recursos (Heinberg y Lerch, 2010).

Los Límites del Crecimiento predijo aproximadamente cuando podría ocurrir el punto de inflexión y de no retorno en la capacidad del planeta de regenerar sus ecosistemas, pero el mundo falló al escuchar la advertencia, y como resultado, la adaptación será ahora mucho más difícil. Los líderes globales afrontan la necesidad de llevar a cabo simultáneamente estas enormes tareas:

1. Reducir rápidamente la dependencia a los combustibles fósiles o de fisión nuclear, evitando los impactos ambientales requiriendo un urgente rediseño del transporte, la agricultura, y sustituir los sistemas de generación de energía por otras renovables.
2. Proponer como alternativa el fomento del auto consumo, que evite en la medida de lo posible la construcción de grandes infraestructuras de generación y distribución de energía eléctrica.
3. Disminuir la demanda energética, mediante la mejora del rendimiento de los dispositivos eléctricos.
4. Adaptarse al final del crecimiento económico, reinventándolo, incluso desde los procesos de creación del dinero y los capitales, que no se trata solo de consumir menos sino de desarrollar una conciencia y una cultura del ahorro energético y la condena del despilfarro.

5. Diseñar y proveer una forma sustentable de vida para 8.000 millones de personas e incluso estabilizar y disminuir la población mundial.

6. Lidar con las consecuencias ambientales que ha traído el crecimiento social y desarrollo económico de los últimos 100 años.

El informe Los Límites del Crecimiento ha tenido actualizaciones a lo largo de casi cincuenta años: En 1992, se actualiza bajo el nombre de Más allá de los Límites del Crecimiento, en donde se exponen datos que manifiestan que la humanidad ya había superado la capacidad de carga del planeta para sostener la población existente.

En el año 2004, se publica Los Límites del Crecimiento: 30 años después, en donde se aborda el imparable crecimiento de la población mundial, el aumento de la producción industrial, el agotamiento de los recursos, la contaminación y la tecnología. En este informe se señala entre otras cosas que “no puede haber un crecimiento poblacional, económico e industrial ilimitado en un planeta con recursos limitados”. (Emanuel, 2018, p. 14).

En el año 2012, se edita la última versión de Los Límites del Crecimiento en la cual se publican con datos fiables en numerosas áreas, aspectos como el clima y la biosfera, según los cuales ya estamos en los límites físicos, mostrando mediante instrumentos la huella ecológica y la necesidad de comenzar la inevitable transición para evitar el temido colapso, y proponiendo entre otras cosas la necesidad de transitar hacia una sociedad que consuma recursos de manera sustentable.

El uso de fuentes de energías limpias y aumentar las eficiencias tecnológicas son importantes, pero la transición hacia una era de bajo consumo energético no estará meramente limitada a construir turbinas eólicas o casas bioclimáticas, por dos razones: la primera, no hay fuentes de energía renovable que pueda sus-

tituir en precio y en abundancia a los combustibles fósiles de manera que estén disponibles en poco tiempo. Segundo, hemos diseñado y construido las infraestructuras de nuestros sistemas de transporte, suministro eléctrico, bienes de consumo, alimentos, urbes y construcciones, adaptadas a las características del petróleo, el gas natural y el carbón, por lo que urge realizar cambios y rediseñar muchos aspectos de estos sistemas, y un ejemplo de estos cambios es la aparición de autos de combustión a gas, biocombustibles y más recientemente los eléctricos, tanto de recarga por el sistema interconectado de origen hidroeléctrico o termoeléctrico como los propulsados con energía eléctrica solar.

Uno de esos sistemas de producción de alto impacto en requerimientos de recursos y deterioro ambiental es el sector construcción, con una incidencia muy cercana al 40% en la generación de contaminantes ambientales (directa e indirectamente por procesos y productos asociados) por el consumo de energía de origen fósil y la consecuente generación de GEI. Es necesario acometer con responsabilidad la labor edificadora desde varios aspectos:

1. Revisar y proponer alternativas el uso y producción de materiales de construcción, componentes, sistemas estructurales y procesos constructivos sustentables. Reducir, reusar y reciclar. Economía Circular del Proceso Edificatorio.
2. Proponer e implementar el uso y aplicación de sistemas de generación de energías con recursos renovables en toda la cadena de producción del sector.
3. Reinterpretar los conceptos sobre cómo se usan, la dimensión y como se disponen los espacios habitables tanto urbanos como a lo interno de las edificaciones, en función del ahorro energético sin el menoscabo de la calidad y el confort.

Por otra parte y a raíz de los informes publicados por el MIT sobre Los Límites del Crecimiento, movimientos ambientalistas mundiales preocupados por la sobreexplotación de los recursos, el sobre poblamiento mundial y la consecuente contaminación ambiental, acordaron realizar en el mismo año de 1972 la primera reunión mundial sobre medio ambiente o Conferencia sobre el Medio Humano de Estocolmo, donde se instaura el Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas (PNUMA), el cual pone los cimientos para la más importante Cumbre de la Tierra que se celebró 20 años después en Río de Janeiro en 1992.

La Conferencia sobre el Medio Humano de Estocolmo, produjo la conformación de la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo (CMMAD), llamada Comisión Brundtland, la cual elabora en 1987 un informe conocido con el nombre de Nuestro Futuro Común a cargo de la Ex-primer ministra de Noruega Gro Harlem Brundtland. En él se planteó lo que se convertiría en el concepto y bandera del protectorado medioambiental y desarrollo equilibrado mundial, definiendo el término "Desarrollo Sustentable" (Sustainable Development) y estableciéndolo como: "El desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas." (Nuestro futuro común: Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo -Informe Brundtland-, 1987). y se plantean como estrategias generales fundamentales métodos más limpios de producción y conservación de la energía.

En definitiva, más que un modelo definido, el Desarrollo Sustentable se presenta como un proceso de cambio y transición hacia nuevas fórmulas de producir y consumir, pero también hacia nuevas formas de ser, estar, conocer y hacer. El concepto ecología establece como definición que el ser humano es una parte de la naturaleza, de un sistema interdependiente

y cerrado que debe mantenerse en equilibrio dada su fragilidad, por el bien de todos y del todo. De ahí la necesidad de actuar localmente pensando globalmente, de ser conscientes de nuestros actos dado que estos repercuten en todos y en el todo de forma negativa o positiva, en nuestras manos está tomar esta decisión.

Ya desde 1989, la ONU, había comenzado la planificación de la Conferencia sobre Medio Ambiente y Desarrollo, en la que se trazarían los principios para alcanzar ese Desarrollo Sustentable. Durante dos años, numerosos expertos en todo el mundo se dedicaron con ahínco a la concertación de acuerdos que allanaron el camino hacia la Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro en 1992, bajo la dirección de su secretario general el Dr. Maurice Strong. En ella se concertaron dos acuerdos internacionales, se formularon declaraciones de principios y un vasto Programa de acción sobre Desarrollo Mundial Sustentable. Este se denominó como Programa o Agenda 21, ley blanda, consensuada por 178 naciones y ratificada por España en 1993, que recoge las normas tendentes al logro de un Desarrollo Sustentable desde el punto de vista Social, Económico y Ecológico, y que dio origen a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

En 1995 los países iniciaron las negociaciones para fortalecer la respuesta mundial al cambio climático y, dos años después, en 1997, se adoptó el Protocolo de Kioto que entra en vigor en febrero del año 2005, que obliga jurídicamente a los países desarrollados que son Parte a cumplir metas de reducción de emisiones de GEI. El primer período de compromiso del Protocolo comenzó en 2008 y finalizó en 2012. El segundo período de compromiso empezó en el 2013 y terminó en el 2020. A este acuerdo no se sumaron Estados Unidos, Rusia ni Canadá. Sin embargo, en el 2015, Estados Unidos estableció un compromiso a lo interno de reducir las emisiones de efecto invernadero en un 30% para el 2030.

En el año 2015 se celebró la 21ª Conferencia en París de la Convención Mundial de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, en la cual 184 países llegaron a acuerdos históricos para combatir el cambio climático. El principal objetivo es reforzar la respuesta mundial para mantener el aumento en los niveles de temperatura por debajo de los 1,5° C.

El 23 de septiembre de 2019, el secretario general de la ONU Antonio Guterres, convocó a los Estados Miembros a participar en la Cumbre sobre Clima donde se reunieron los líderes del mundo, el sector privado y la sociedad civil con la finalidad de respaldar el proceso multilateral, incrementar y acelerar la acción climática dado que por tercer año consecutivo las emisiones mundiales de GEI volvieron a aumentar y se situaron en un máximo histórico, según lo revela el informe del PNUMA. Esta cumbre se enfocó en sectores claves donde la acción puede generar una mayor diferencia, industria pesada, soluciones ecológicas, ciudades, energía, resiliencia y finanzas.

La Organización de las Naciones Unidas contempla 17 objetivos en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sustentable con la finalidad de poner fin a la pobreza, luchar contra la desigualdad y la injusticia, y hacer frente al cambio climático, y para fines del presente artículo podemos mencionar los siguientes:

- Garantizar una vida saludable y promover el bienestar para todos y todas en todas las edades.
- Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.
- Asegurar el acceso a energías asequibles, fiables, sostenibles y modernas para todos.
- Desarrollar infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible, y fomentar la innovación.
- Conseguir que las ciudades y los asentamien-

tos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.

- Garantizar las pautas de consumo y de producción sostenibles.
- Tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.

Esta tendencia es visualizada por varios países que han establecido líneas rectoras para el uso de la energía limpia para la reducción de GEI. Al respecto, países como Estados Unidos, Alemania, España e Israel presentan un crecimiento muy acelerado en el número de instalaciones que aprovechan una energía renovable como lo es la Energía Solar de manera directa, o indirecta a través de sus manifestaciones secundarias (Solís, 2014. p. única).

En la gráfica 1 se demuestra claramente que las energías renovables ganan la partida, pero no por ello tienen una ausencia total de impacto ambiental. Un caso son los paneles solares, que requieren de una gran cantidad de energía eléctrica (en muchos casos de origen fósil) para su fabricación y se habla mucho del impacto visual de los enormes huertos solares.

Las principales fuentes de calentamiento global por las emisiones de CO<sub>2</sub> son las que provienen de los sistemas térmicos (centrales de ciclo combinado, carbón, de gas natural, de fuel oil). Las emisiones de CO<sub>2</sub> de las energías renovables son nulas o prácticamente nulas (inferior a 12 Mili Puntos). El objetivo para el año 2020 según el Plan de Energías Renovables (PER) era lograr un ahorro energético de 9.701 kt respecto al año 2007 que evitará la emisión de 76.494 ktCO<sub>2</sub>. (Martínez, 2013, p. 1)

Partiendo de estos antecedentes, hagamos un breve recuento de las distintas fuentes de energía haciendo especial énfasis en la Energía Solar por ser la precursora de todas y algunos conceptos clave.

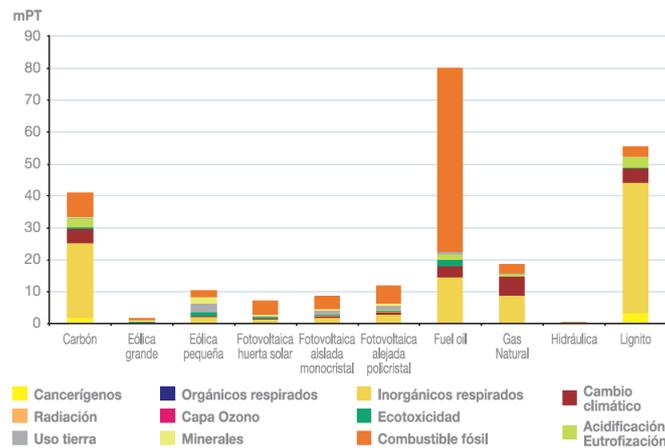


Gráfico 1. Impactos Medioambientales en Mili Puntos (Ecoindicador-99) en generación eléctrica para la producción de 1 KWh.

Fuente: Martínez, 2013, p. 1. Edición de Alix Paola Hernández Dugarte y Grecia Nicoll Parra Tatsis.

## 2. Energías No Renovables

Son aquellas fuentes de energía que se encuentran en la naturaleza en cantidades limitadas, las cuales, a medida que se van agotando son más difíciles de extraer aumentando su costo y una vez consumidas en su totalidad no pueden sustituirse. Las más utilizadas son de origen fósil (petróleo, gas y carbón mineral), y se clasifican en reservas identificadas y las reservas probables. Según los cálculos el planeta puede suministrar este tipo de energía durante los próximos 40 años si solo se utilizaran petróleo y gas, y hasta 200 años si se utiliza en combinación con el carbón mineral. En paralelo a estas fuentes de energía, en la actualidad se está explotando la energía proveniente de la fisión nuclear, también de carácter no renovable por proceder de minerales naturales finitos.

Veamos un poco más en detalle estas dos clases de energía (Emanuel, 2018, p.21):

**2.1 Combustibles Fósiles:** Proviene de la biomasa de hace millones de años, se formaron bajo condiciones de presión y temperatura adecuadas. Son: petróleo, gas natural y carbón mineral.

Ventajas: Facilidad de extracción, gran disponibilidad en la actualidad y comparativamente

barato dada la simplicidad de la tecnología asociada, para extracción y procesamiento.

Desventajas: Dadas sus altísimas concentraciones de carbono, los productos derivados de estas son altamente contaminantes por su largo período de biodegradabilidad y emisión de gases contaminantes a la atmósfera, son de carácter finito, su uso para combustión disminuye la posibilidad de generar productos de consumo.

**2.2 Combustibles Nucleares:** Proviene de la explotación de minerales con capacidad de producir energía por fisión nuclear, estos son: uranio, plutonio y torio (considerado limpio porque no genera desechos radiactivos ni CO<sub>2</sub>, pero limitado y con implicaciones de impacto ambiental durante su extracción).

Ventajas: Producción de energía abundante, ausencia o pocas emisiones de GEI.

Desventajas: Reservas limitadas, generación de residuos radiactivos (excepto el Torio), posibles catástrofes ambientales.

### 3. Energías Renovables

Son provenientes de recursos naturales considerados limpios, virtualmente inagotables, que no generan impacto o huella en el ambiente y capaces de regenerarse por medios naturales. Estas han constituido una parte importante de la energía utilizada por los humanos desde tiempos remotos, especialmente la solar, eólica e hidráulica. La navegación a vela, los molinos de viento o de agua, las disposiciones constructivas de los edificios y sus diseños para aprovechar la energía del sol, son buenos ejemplos de ello. Con el invento de la máquina de vapor por James Watt, se van abandonando estas formas de aprovechamiento y la industrialización hizo el resto, por considerarse inestables en el tiempo y caprichosas de acuerdo a las condiciones climáticas, y se utilizaron cada vez más los motores térmicos y eléctricos.

Este tipo de energía las podemos clasificar de la siguiente manera (Emanuel, 2018, p. 21):

#### 3.1 No contaminantes:

- La Energía Hidráulica (o energía azul), proviene del aprovechamiento de grandes masas de agua, tanto dulce como salada, es por mucho la fuente energética más eficiente, pero de gran impacto ambiental por las superficies que deben disponerse para el reservorio.
- La Energía Solar, cuya fuente es el sol y es aprovechable por métodos pasivos y activos.
- Energía Geotérmica, proviene del aprovechamiento de las temperaturas de la tierra, siendo bajas (12-18 °C) a escasos metros (entre 0,5 y 3 mt) proclives a ser utilizadas para la confortabilidad de los espacios, y altas (100-150 °C) a mayores profundidades (hasta 200 metros), aprovechable para generar electricidad.
- Energía Eólica, proviene del aprovechamiento de las corrientes de aire por turbinas eólicas.

- Energía Mareomotriz, las mareas, las corrientes oceánicas, térmica oceánica, y por ósmosis para generar energía.
- Energía Undimotriz o Alomotriz, aprovechando el movimiento de las olas.
- Pila o celda de combustible, dispositivo electroquímico que utiliza un combustible y un oxidante para generar electricidad, los cuales pueden ser por ejemplo hidrógeno y oxígeno respectivamente, y cuyos subproductos son el agua y nitrógeno.

Todas estas aplicaciones energéticas tienen un pequeño grado de emisiones, por una parte, de GEI durante el proceso de fabricación de los componentes y equipos asociados al sistema tecnológico, y en segundo lugar generan un pequeño grado de contaminación, una vez que han cumplido su vida útil, aunque una buena parte de ellos pueden ser reciclados, otros no lo son. Aun así, son consideradas no contaminantes dado que comparativamente sus incidencias sobre el medio ambiente son ínfimas en comparación con otras tecnologías, con tendencias a disminuir por el uso de energía limpia para la fabricación de los componentes.

#### 3.2 Contaminantes:

Que durante la producción de la materia prima producen algún tipo de contaminación atmosférica y que por su combustión emiten CO<sub>2</sub>, GEI e incluso hollín y otras partículas sólidas, estas son (Emanuel, 2018, p. 22):

- Los Biocombustibles o Biocarburantes, como el biodiesel producido por ejemplo a partir de la planta de girasol (icono emblemático de las energías renovables), o bioetanol a partir de la caña de azúcar. Este tipo de energía es sumamente contaminante dado que produce mayor cantidad de dióxido de carbono por unidad de energía producida, comparativamente con los equivalentes fósiles.
- Energía de Biomasa, aunque contaminante

en menor grado, proviene de la descomposición de materias orgánicas (maderas y desechos orgánicos vegetales y/o animales), puede aprovecharse para generar gas para combustión y electricidad. Una fuente de esta energía lo son los residuos sólidos urbanos, de lodos de centrales depuradoras y potabilizadoras de agua. Estos están tendiendo a ser cada vez menos contaminantes y más sustentables en la medida que se usa materia orgánica producida para ese fin.

Los combustibles ecológicos neutros en carbono o de cero emisiones, de acuerdo como han sido obtenidos, resultan en emisiones nulas de GEI cuando se utilizan, dicho de otra manera, tienen HC cero. Entre estos, los principales son: los que no llevan carbono como el hidrógeno o el amoníaco, y los que si llevan carbono como el metano o el etanol. Los del segundo grupo sólo pudieran ser neutros de HC si, al producirlos, el carbono que llevan se extrae para su utilización, como pueden ser: el CO<sub>2</sub> directamente capturado del aire, o el de los gases de combustión de una central termoeléctrica de ciclo convencional, o del ácido carbónico del agua de mar. En Alemania e Islandia se utilizan estos combustibles (en forma de gas natural) los cuales son almacenados y distribuidos, minimizando los problemas de intermitencia de las energías solar o eólica, efectuando la transmisión de esas energías a través de los gasoductos existentes.

Ventajas y desventajas de las energías renovables:

Ventajas: No contaminan el medio ambiente por lo que son consideradas "limpias", no producen GEI ni otras emisiones salvo para la fabricación de sus componentes (aún), y tienen un potencial ilimitado de producción por provenir de fuentes virtualmente inagotables.

Desventajas: A excepción de la energía hidráulica, las energías renovables son consideradas "difusas" dado que tienen una intensidad

relativamente baja, están distribuidas sobre grandes superficies, también son "irregulares" o intermitentes dado que los medios naturales que las proporcionan no son constantes (aunque predecibles en un 95% con fiabilidad por modelos matemáticos) y pueden no coincidir con los picos de las demandas, por lo que necesitan obligatoriamente medios de almacenamiento (baterías, tanques termo-aislados, pozos térmicos o sustratos de arena), y su aprovechamiento está estrechamente ligado a las condiciones geográficas y climáticas de cada localidad. Por otro lado, tienen un enorme impacto visual desde el punto de vista paisajístico natural por las extensas áreas que ocupan.

Las energías renovables, representan el 18,054% del consumo mundial actual (2020), del cual el 90% es de hidráulico. El resto es muy marginal: biomasa 5,5 %, geotérmica 1,5 %, eólica 0,5 % y solar 0,5 % (Emanuel, 2018, p. 23). En Hispanoamérica, los países con mayor interés y uso de las energías renovables son Costa Rica, Brasil, México, Colombia, Argentina, Chile, Uruguay y Venezuela.

Venezuela es un país privilegiado en recursos energéticos tanto renovables como no renovables. Esta riqueza ha posibilitado la instalación de industria pesada con gran capacidad de exportación como las del hierro, acero, aluminio, entre otras, que gracias a las centrales hidroeléctricas del río Caroní, que aportan el 62% del consumo nacional, el otro 35% de la generación de electricidad proviene de plantas termoeléctricas, y casi un 3% corresponde al sistema de generación distribuida, conformada por grupos electrógenos (Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica. 2020. p. única) Por otra parte, en el año 2012 entraron en servicio dos parques eólicos ubicados en la Guajira y Paraguaná, diseñados para entregar aproximadamente 27 MW al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional, respectivamente. Hoy todas estas fuentes de energía se encuentran en lamentable franco deterioro al punto en que

ha caído drásticamente la capacidad productiva del país que no alcanza a abastecer el consumo interno. (Reve, 2020. p. única).

En Estados Unidos, en 2011 la producción de energía renovable superó por primera vez a la nuclear, generando 11,73% del total de la energía del país. Un 48% de la producción de energías renovables provenía de los biocombustibles, 35% de centrales hidroeléctricas, y el otro 16% de origen eólico, geotérmico y solar. (Emanuel, 2018, p. 23)

#### 4. Muestra de aplicación en edificaciones certificadas

Dada la importancia que ha tomado el actuar con mayor responsabilidad ante los cambios climáticos que han ocasionado los altos niveles de contaminación ambiental, sumado al esfuerzo hecho por organismos multilaterales mundiales en llegar acuerdos que establecen formas de actuación y metas para la reducción de la Huella de Carbono, y a los incentivos por actuar en consecuencia, vemos como han aparecido un importante número de certificadoras de edificaciones sustentables, como LEED de USA, BREEAM de Gran Bretaña, Verde y WELL Building Standard de España, Passiv Haus y EDGE de Alemania, CASBEE de Japón, incluso algunas con actuaciones muy específicas como EarthCheck del sector turístico y Parksmart de México que asesora y certifica en el diseño y operación de estructuras de estacionamiento inteligentes, entre otras.

Ante este escenario, son cada vez más los profesionales del área -incluso fabricantes de componentes y prestadores de servicios- que se suman a labor sustentable esperando reconocimiento por medio del otorgamiento de tales certificaciones, y en este sentido, cada certificadora establece sus parámetros y aspectos que deben abordarse, brindando asesoría desde el mismo momento que se plantea la

elaboración del proyecto, abordándolo desde criterios de diseño integrado con el entorno socio-cultural, físico y ambiental, hasta los medios que conlleven a un diseño integral para que todos los componentes de la edificación se interrelacionen y respondan a criterios de sustentabilidad en el sentido más amplio, a la confortabilidad lograda por medios pasivos y bioclimáticos, al uso de materiales sin huella de carbono, a la autogeneración energética incluso hasta alcanzar su total autonomía, y por supuesto a la aplicación de energías limpias.

Como ejemplo de ello, una edificación con alto nivel de sustentabilidad es el One Angel Square en Manchester. Este edificio logró uno de los puntajes más altos de BREEAM; que lo hizo merecedor de una certificación por la aplicación de energías limpias durante su construcción.

El One Angel Square es una excelente muestra en la aplicación de energías limpias por sus consideraciones en cuanto al diseño integral de la edificación, desde su comportamiento térmico, lumínico, de ventilación y la confortabilidad, en este sentido podemos mencionar (Arquitectura+acero, 2021, p. única):

- Uso de energías geotérmicas, el enfriamiento a través de los tubos subterráneos de hormigón que proporcionan una cantidad de calenta-



Figura 2. One Angel Square

Fuente: Arquitectura+acero, p. única.

miento o enfriamiento según la estación y aire fresco entrante, apoyado mediante un intercambiador de calor en el subsuelo.

- Fachada de doble piel para minimizar el calentamiento.
- Sistema de iluminación y ventilación naturales, optimizado mediante un gran atrio de 8 pisos de altura coronado por una cubierta acristalada inclinada hacia el sur, maximizando la luz del día y la ganancia solar pasiva. (Figura 3)
- Las paredes en el interior del atrio son de hormigón pintado mayoritariamente blanco aumentando la eficiencia en la iluminación natural.
- Masa térmica del hormigón absorbiendo pasivamente el calor y reduciendo la cantidad de energía necesaria para enfriar el edificio.
- El aire residual se extrae finalmente sobre el borde del balcón utilizando el efecto de chimenea natural, antes de ser expulsado en el punto

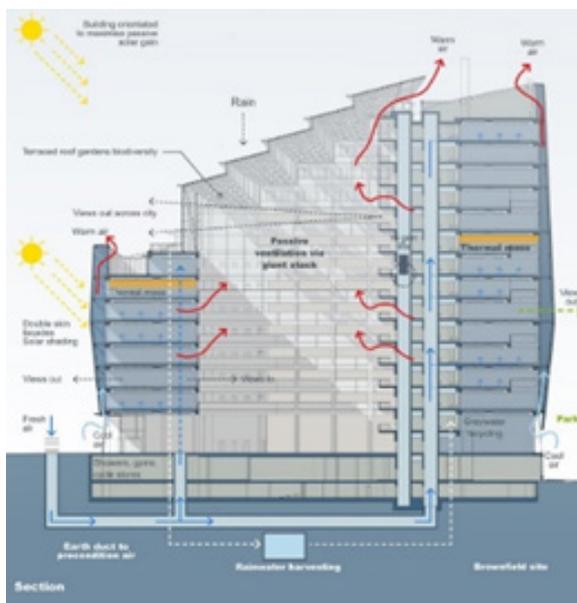


Figura 3. Sección Angel Square.

Fuente: 3D Reid

más alto del techo, el aire pasa a través de un intercambiador de calor que recicla el calor para calentar el aire entrante en las oficinas de abajo.

Es preciso mencionar otros aspectos que hacen del One Angel Square una interesante muestra de lo que debe ser una edificación sustentable (Arquitectura+acero, 2021, p. única):

- Se privilegió el empleo local
- Capacitación, el empleo local, el apoyo a la educación y los grupos de la comunidad.
- La obra fue abastecida por pequeñas empresas locales
- Se involucró a más de 1,000 estudiantes en el proyecto
- Se incorporó el trabajo voluntario
- Abastecimiento cooperativo local en la producción de semillas de colza para producir aceite vegetal puro como combustible para una planta instalada de Combinación de Calor y Energía (CHP, por sus siglas en inglés), proporcionando la mayoría de los requisitos eléctricos y de calefacción para la co-generación de energía en la planta baja del edificio. Las cáscaras restantes de la cosecha se reciclan en la alimentación animal.
- Prefabricación de vigas conformadas en frío y módulos de baños que optimiza el uso de los materiales y reduce el impacto de los desechos de obra.
- Un colector de latas y un compactador de cartón en el lugar. El cartón recolectado en el sitio fue reciclado.
- Los pallets se reciclaron para crear muebles únicos y elegantes para su uso en el edificio.
- El acero de la estructura ofrece libertad espacial con mayores luces y menor peso.
- Las plantas de techo y en el ámbito público ayudan a mejorar la biodiversidad local.

- Luz LED de baja energía para disminuir el consumo eléctrico.
- Recuperación de calor de los sistemas informáticos.
- Sistema de reciclaje del agua usada y un sistema de recolección de agua de lluvia.
- Puntos de carga eléctricos, alimentados desde la CHP
- Incorporación de una 'App' que transmite información real de cómo está actuando el edificio energéticamente.

## Conclusión

En los actuales momentos se hace imperativo asumir con responsabilidad tanto individual como colectivamente, procedimientos que coadyuven a detener los efectos negativos que han ocasionado sobre el medio ambiente los medios de producción basados en una economía lineal, y en esto los mecanismos de creación del medio habitable tienen enormes implicaciones que requieren ser abordados con criterio local pero con una visión global, en el entendido de que cada acción interviene en el ecosistema mundial afectando al todo, que finalmente repercutirá en cada individuo, en la calidad de vida sobre el planeta. En este sentido, los profesionales vinculados al sector construcción deben conocer y manejar los criterios de la Economía Circular y la Sustentabilidad en su sentido más amplio, asumiendo el diseño integral en las obras como estrategia en la que se incorporen, entre otros mecanismos, las Energías Limpias con la finalidad de generar confort, disminuir la huella de carbono y hacer del planeta un lugar más saludable sin menoscabar las necesidades de las generaciones futuras.

## Referencias

- Aguirre, P. (2015). *Sustentabilidad: principios y prácticas*. Universidad Técnica del Norte, Ecuador. Disponible: [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/4494/1/libro%20sustentabilidad%20Vol\\_1.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/4494/1/libro%20sustentabilidad%20Vol_1.pdf)
- Arquitectura+acero (2021). *One Angel Square* [Documento en línea] Disponible: <http://www.arquitecturaenacero.org/proyectos/sustentable/one-angel-square> [Consulta: 2021/05/23]
- Cerdá, E. (2016). *Crítica de libros. Los límites del crecimiento 30 años después*. Universidad Complutense de Madrid. [Documento en línea] Disponible: [https://fundacionsistema.com/wp-content/uploads/2015/05/PPios9\\_Meadows.pdf](https://fundacionsistema.com/wp-content/uploads/2015/05/PPios9_Meadows.pdf) [Consulta: 2020/07/15]
- Ecoenergy (2011). *Energía solar*. [Documento en línea] Disponible: <https://www.eco-energy.com.mx/publicaciones/la-energia-solar/> [Consulta: 2020/07/012]
- Emanuel, K. (2018). *What we know about climate change*. Massachusetts: The MIT Press.
- Gommans, L. (2012). *Gebiedsgerichte Energetische Systeemoptimalisatie*. Delft: TU Delft.
- Heinberg, R. y Lerch, D. (2010). *The Carbon Reader*. [Libro en línea] Disponible: <http://sermasresiliente.com/mas-alla-de-los-limites-del-crecimiento-Richard-Heinberg.pdf> [Consulta: 2020/07/06]
- Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica. (s/F). *Informe técnico de generación de energía eléctrica en Venezuela*. <http://www.corpoelec.gob.ve/generacion> [Consulta: 2020/07/18]
- Martínez, V. (2013). *Transformación de la energía*. [Documento en línea] Disponible: <https://www.eoi.es/blogs/victormartinezsalas/2013/11/19/la-transformacion-de-la-energia/> [Consulta: 2020/07/06]
- ONU. (2018). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. [Documento en línea] Disponible: <http://www.exteriores.gob.es/portal/es/politicaexteriorcooperacion/nacionesunidas/paginas/objetivosdedesarrollodelmilenio.aspx> [Consulta: 2020/07/12]
- Plataforma Arquitectura. (2020). *Angel Square*. <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-243784/edificio-1-angel-square-3d-reid> [Consulta: 2021/05/23]

- Plataforma Arquitectura. (2006). *Edificio 1 Angel Square / 3D Reid* [Documento en línea] Disponible: [https://www.archdaily.mx/mx/02-243784/edificio-1-angel-square-3d-reid?ad\\_source=search&ad\\_medium=projects\\_tab](https://www.archdaily.mx/mx/02-243784/edificio-1-angel-square-3d-reid?ad_source=search&ad_medium=projects_tab)
- Reve. (2019). *Eólica en Venezuela: Pdvsá reactivará 14 aerogeneradores del parque eólico de Paraguaná y el del Zulia sigue en el abandono*. 14 mayo, 2019. [Documento en línea] Disponible: <https://www.evwind.com/2019/05/14/eolica-en-venezuela-pdvsá-reactivará-14-aerogeneradores-del-parque-eólico-de-paraguana-y-el-del-zulia-sigue-en-el-abandono/> [Consulta: 2020/07/12]
- Shehzad, N. (2020). Las emisiones de CO<sub>2</sub> rompen otro récord: un calentamiento global catastrófico amenaza el planeta. [Documento en línea] Disponible: <https://news.un.org/es/story/2020/12/1485312> [Consulta: 2020/07/06]
- Solís, A. (2014). *Energía y sustentabilidad*. [Documento en línea] Disponible: <http://www.revistacoepesgto.mx/revistacoepes10/energia-y-sustentabilidad> [Consulta: 2020/07/06]