

Tecnología de la construcción ambientalmente consciente para el siglo XXI

Guillermo Jacobo ⁽¹⁾

Resumen: La problemática ambiental-climática actual se debe al consumo masivo de bienes y servicios, generados con recursos naturales y combustibles fósiles. La ciencia comprobó que la emisión masiva de gases de efecto invernadero (GEIs) es la causante del calentamiento global. La edificación requiere bienes y servicios, conformados por elementos constructivo, producidos emitiendo GEIs. El planeta tiene actualmente 8 mil millones de habitantes, para el 2100 serán 10,4 mil millones. Todos necesitan hábitats construidos. Actualmente un 56% de la población mundial habita en centros urbanos, en el 2100 será el 68%. ¿Podrá la Tecnología de la Construcción concretar conscientemente la problemática ambiental-climática?

Palabras clave: Ambiente - GEIs - Combustibles Fósiles - Energía - Tecnología - Eficiencia Energética - Descarbonización.

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 189]

⁽¹⁾ Arquitecto, Docente investigador (Universidad Nacional del Nordeste, Argentina) Director y Profesor de la Carrera de Posgrado de Especialización en Eficiencia Energética de la Edificación (Universidad Nacional del Nordeste), Director del Instituto para el desarrollo de la Eficiencia Energética en la Arquitectura (Universidad Nacional del Nordeste, Argentina).

Clima, ambiente y hábitat humano

“La crisis climática es la gran amenaza mundial. Además, es un multiplicador de crisis y genera un grave impacto en la seguridad mundial, que devasta comunidades y fomenta más conflictos”. La declaración de la Cumbre de la OTAN fue contundente en Madrid, Junio 2022

(El Ágora. 2022.). La actual crisis energética internacional, ocasionada por la invasión rusa a Ucrania, obligó a Alemania utilizar nuevamente el carbón como fuente de energía primaria, debido al recorte del suministro de gas ruso. Alemania se había propuesto abandonar el carbón en el 2030, por su alto nivel de toxicidad ambiental. (Sevillano, E. G., 2022).

El caso del Japón es paradigmático, pues se enfrenta a una ola de calor extraordinaria, con picos de 40,2°C y simultáneamente a una inusual de escases de energía eléctrica en un país superindustrializado, debido a que la mayoría de las centrales nucleares han sido desactivadas desde el accidente de Fukushima en el 2011. Las autoridades japonesas solicitaron a la población que “ahorre energía reduciendo el uso de los equipos de climatización de los edificios en las ciudades, donde el efecto de la Isla de Calor Urbana impacta directamente sobre la salud de la población” (Hemingway Jaynes, C., 2022).

Estos recientes hechos corroboran la afirmación de la principal investigadora alemana del clima Friederike Otto: “es una normalidad la frecuencia e intensidad de los extremos climáticos continuos, los que se han quintuplicados desde el 2015” (Stoppel, K., 2022). Ratificando así el último informe del IPCC-2021 que, “la temperatura global del planeta ya aumentó 1,1°C y se encamina hacia los 3° C. Con este aumento de la temperatura planetaria, la vida humana será una catástrofe en el 2050”. (UNEP, 2021).

La Agencia Internacional de Energía (AIE) informó que el nivel de emisiones antropogénicas de Gases de Efectos de Invernadero (GEIs), octubre 2021, fue de:

CO2 equivalente per cápita promedio de 4,4 t/año y han disminuido un 1 % desde el 2018. El efecto se neutralizó, pues la población mundial creció un 1 % a 7.700 millones de personas. Al no contabilizar el crecimiento de la población, no se alcanzará el objetivo de cero neto para el 2050 (Schulz, T., 2019).

China, India y Rusia son algunos de los mayores emisores de CO₂e del mundo. Los países productores de petróleo en el Medio Oriente son los mayores emisores de CO₂e per cápita. USA, Australia, Alemania, Suiza, Inglaterra y Canadá también tienen las tasas más altas de emisiones per cápita por el consumo masivo de bienes y servicios (Deshmukh, A., 2021). Los efectos ambientales del calentamiento global debido a las emisiones de GEIs se verifican con las crisis climáticas, como en el 2021, cuando se registraron temperaturas de 49,6°C en Costa Oeste de USA, en Canadá y en el círculo Polar Ártico con 40°C. Valores similares en China, Junio 2022, con grandes lluvias e inundaciones masivas generando destrucción de infraestructuras que han afectado a casi medio millón de personas y el calor abrasador anormal con aumento desmedido del consumo de energía para climatización. (May, T., 2022). Igualmente en Bangladesh, donde 3,5 millones de niños se han quedado sin acceso al agua potable por las inundaciones de Mayo de 2022 (El Ágora. 15/VII/2022).

El Servicio Meteorológico Nacional del Reino Unido informó: “sin el cambio climático inducido por el hombre, habría sido casi imposible alcanzar tales temperaturas récord” (Maldita.es; 2021).

La Organización Meteorológica Mundial pronosticó que “los fenómenos meteorológicos excesivos debido al calentamiento global serán habituales” (SIC, 2022). Según la NASA “la cuestión climático-ambiental se agravó mundialmente, debido a la cantidad de calor que atrapa el planeta, que se ha duplicado desde el 2005, lo que contribuye a un calenta-

miento más rápido de los océanos, el aire y la tierra” (ROOT. T., 2021). “La aceleración del calentamiento global en la última década es responsable de cinco millones de muertes anuales” (Millan Lombrana, L., 2021).

Según el Informe del IPCC-2021:

Lo peor vendrá en el 2050: 420 millones de personas enfrentarán olas de calor extremas y potencialmente letales; Alrededor de 350 millones de personas vivirán en áreas urbanas sin infraestructuras, donde se inundan a causa de las lluvias extraordinarias y otros 80 millones de personas sufrirán hambre por las sequías (Focus.de; 2021).

El calentamiento global genera alergias recurrentes y graves, pues la temporada de polen inicia 20 días antes y se prolonga ocho días más. La Organización Mundial de la Salud estimó en 300 millones de personas con asma, un 80% de las mismas sufren rinitis alérgica. Las alergias causan una elevada morbilidad y un alto costo económico para el sistema sanitario. El 50% de la población mundial sufrirá alergias en el 2050 debido al aumento de la polución ambiental (infobae.com. 8/VII/2022). La Universidad de Leeds informó: “si las emisiones de GEIs no se controlan, el calentamiento global provocará que la mortalidad infantil se duplique por enfermedades generadas con el calor” (Infobae.com. 9/VII/2022). El IPCC verifica continuamente las publicaciones científicas sobre la crisis climática. Actualmente tiene lugar la sexta revisión desde 1988, cuando la ONU lo creó para sentar las bases científicas sobre el calentamiento global. La última revisión fue en 2014 y fundamentó el Acuerdo de París, 2015. La actual revisión permitió comprobar que de los 196 que acordaron, muchos no implementaron acciones para cumplir el pacto internacional suscrito, cuyo objetivo es que el calentamiento global tenga un efecto menos catastrófico sobre el planeta. También se comprobó que el tiempo se está agotando para morigerar la situación ambiental-climática. Por esto, se establecieron las metas temporales: 2030 y 2050, en cuanto a valores máximos admisibles de temperaturas atmosféricas. En Agosto de 2021 publicó el GRUPO I: bases físicas del cambio climático. En Febrero de 2022 publicó el GRUPO II: los impactos y la adaptación al calentamiento y en Abril de 2022 divulgó el GRUPO III: la mitigación (propuestas de soluciones). Esta sexta revisión es una auténtica advertencia final, pues la posibilidad de revertir o al menos minimizar los daños ambientales ya son escasos, mientras las emisiones de GEIs aumentan.

El IPCC reconoce que las emisiones rebasaran el límite máximo admisible de los 1,5°C en los próximos 20 años. Sin embargo, se necesitan reducciones importantes e inmediatas de las emisiones en todas las actividades económicas, entre las que se encuentra la industria de la construcción, para alcanzar las metas acordadas.

Antonio Guterres, Secretario General de la ONU, declaró en la presentación del Informe del IPCC-2021 (Febrero 2022):

Este informe es un atlas de los sufrimientos de la humanidad debido a una errónea política climática global. El 50% de la humanidad vive en un riesgo permanente. Para muchos ecosistemas no hay recuperación. La descontrolada

emisión de GEIs es un camino a la ruina de la humanidad. Es criminal no reaccionar ante estas situaciones. Se alcanzará el límite de los 1,5°C de aumento de la temperatura planetaria y se lo superará debido a la falta de acciones conjuntas. La ciencia nos dice claramente que se deben reducir las emisiones GEIs en un 45% para el 2030 y deben ser nulas en el 2050. En lo que resta del siglo XXI las emisiones de CEIs aumentarán un 14% debido a las acciones erróneas e insuficientes. Hay dos verdades: Los combustibles fósiles y sus emisiones de carbón envenenan a la humanidad. Las subvenciones económicas a los combustibles fósiles deben cesar inmediatamente. (ONU. 28/II/2022).

En el 2050, el uso masivo de combustibles fósiles (como energía primaria, bases del orden económico mundial), deberá ser reducido en un 70% y si fuera posible en un 100%, en comparación al 2019. El IPCC asevera que el cambio climático no se puede revertir ahora y muchos daños ambientales son irreversibles, por esto, se debe mantener el calentamiento atmosférico dentro de límites tolerables. La edificación arquitectónica debe participar en la disminución de emisiones de GEIs, pues actualmente 8 mil millones de personas demandan hábitats construidos (edificios e infraestructuras); caso contrario, los efectos serán peores, dado que cada medio grado de calentamiento incrementa intensidad y frecuencia de los sucesos climáticos extraordinarios: olas de calor e precipitaciones intensas, sequías prolongadas, frío, etc.; casi el 50% de la actual población mundial habita en áreas altamente vulnerables, por lo que son víctimas directas de los fenómenos meteorológicos extremos. Las regiones de alta vulnerabilidad humana se encuentran en África, Asia meridional, América Central y del Sur, los Estados insulares y el Ártico. Según el IPCC, entre 2010 y 2020, la mortalidad humana fue 15 veces mayor en las regiones altamente vulnerables, debido a inundaciones, sequías y tormentas, que en regiones con baja vulnerabilidad (Planelles, M., 2022).

Desde Diciembre 2019 a Junio 2022 se contabilizaron oficialmente 6,3 millones de muertes a -nivel mundial- como consecuencia de la pandemia COVID-19 (Orús, A., 2022). Esta cifra se podría duplicar con los no registrados, cantidad equivalente a cerca de 10 mil muertes diarias (Noticias Uno, 2021). Sin embargo, el calentamiento global causó casi el doble de muertes diarias en similar período. Las condiciones climáticas extremas representaron casi el 9% de todas las muertes a nivel mundial entre el 2000 y el 2019 (Royte, E., 2021). Según la *London School of Hygiene & Tropical Medicine* y la Universidad de Berna:

El calentamiento global es responsable de un 37% de todas las muertes relacionadas con las altas temperaturas. América de Sur y el Sudeste Asiático son las áreas geográficas más afectadas, según datos de 732 localidades de 43 países relevados en el período 1991- 2018 (ALCALDE, S., 2021).

El Prof. Guo Yumingr, Universidad de Monash, Australia afirmó: “a largo plazo, el cambio climático aumentará la mortalidad humana relacionadas con el calor” (Pagura, C., 2021). Se estima que una de cada tres víctimas es una acción directa del calentamiento global

(Millan Lombrana, L., 2021). Además, la tasa de mortalidad también se encuentra influida no solo por el aumento de las temperaturas diurnas, sino que también se incrementaron las nocturnas debido al fenómeno térmico de la Isla de Calor Urbana, el organismo humano se encuentra bajo la acción continua del aire caliente, causante del insomnio, pues el cuerpo humano no puede equilibrarse térmicamente y esto afecta a la salud generando eventos cardiovasculares (San Martín, V., 2022). Otro efecto del calentamiento global, es la combinación del calor atmosférico con bacterias y algas, obstruyendo las aguas dulces planetarias y volviéndolas inhabitables para los peces. Las floraciones microbianas de agua dulce, los incendios forestales, la decoloración de los corales y los picos en la temperatura del océano son cada vez más frecuentes e intensos (Mays, C. 2022).

Se puede citar un hecho significativo del siglo XX, hito en la historia del calentamiento global, que propendió a una lenta modificación del consumo masivo y que también impactó significativamente en la edificación arquitectónica: la primera crisis internacional de la energía en 1974, se originó debido a la Guerra Árabe-Israelí de 1973, cuando los países industrializados (capitalistas y socialistas) se paralizaron por el embargo comercial petrolero dispuesto por la Organización de Países Productores de Petróleo. El petróleo escaseó en el mercado comercial mundial, pues el costo del barril pasó de menos de US\$3 a casi US\$71. Otro hecho significativo, antes de la crisis energética, el Club de Roma publicó Los Límites del Crecimiento, un informe del Instituto Tecnológico de Massachussets, de 1972, que predijo el colapso medioambiental que se avecinaba. Alertaba, si se mantenía el ritmo de incremento de la población mundial, de la industrialización, de la contaminación, de la producción de alimentos y de la explotación de recursos naturales, la Tierra alcanzaría su límite en los siguientes cien años; en el 2022, luego de 50 años, las previsiones del Club de Roma se acercan mucho a la realidad planetaria (Roquet, G., 2020), y a lo informado por el IPCC-2021.

La primera conclusión del estudio tiene vigencia desde hace 50 años: el planeta tiene límites físicos infranqueables. No es posible un crecimiento económico y material exponencial e infinito en un planeta finito.

La segunda conclusión es una dura advertencia:

La capacidad de carga del sistema finalmente se sobrepasaría, alcanzando los límites en algún momento dentro de los 100 años posteriores a la publicación del Informe, cuando sobrevendría el colapso de la sociedad consumista, con una caída abrupta de la población y del bienestar humano (Del Castillo, G., 2022).

Con la Primera Cumbre del Clima (Río de Janeiro, Junio 1992), la opinión pública mundial tomó conciencia sobre los problemas climático-ambientales planetarios. Luego se desarrollaron una serie de encuentros internacionales tratando de alcanzar acuerdos vinculantes en relación al clima y el ambiente, que pasaron sin pena ni gloria hasta que en diciembre de 2015 se realizó la Cumbre de París para el cambio climático, aceptado por 196 países. Su objetivo es limitar el calentamiento global muy por debajo de 2°C, preferiblemente a 1,5°C. Sin embargo, muchos países industrializados (emisores de GEIs)

se retiraron del acuerdo, sus macroeconomías se financian con Carbón como energía primaria. En la Cumbre de Líderes sobre el Clima, 2021 se alcanzaron algunos compromisos (la mayoría retóricos), como tomar medidas efectivas para mitigar el cambio climático y descarbonizar el ambiente. El líder chino Xi Jinping declaró: tenemos responsabilidades comunes pero diferenciadas. China alcanzará el pico de emisiones de GEIs en el 2030 y la neutralidad de carbono recién en el 2060.

También afirmó que China cumplirá los compromisos asumidos, pero dejó sutilmente aclarado que el carbón sigue siendo el rey en su país (Bbc.com; 2021). El carbón es la principal fuente primaria de generación de energía en China, Australia, India, Canadá, Rusia, Polonia y en USA, debido a su bajo costo macroeconómico. Esto explica la extraordinaria capacidad exportadora de China. Continuamente publicita una retórica ecológica verde agradable para los occidentales, pero en los últimos años puso en servicio 247 nuevas centrales térmicas de carbón. China emite más GEIs que todos los países desarrollados juntos (Lomborg, B.; 2021).

El consumo mundial de energía aumentó 17 veces en el siglo XX. Desde 1950 devino aun estado de bienestar impensable, acompañado en 16 veces el desarrollo económico. A los 3,2 mil millones de personas que se las consideran pertenecientes a la Clase Media mundial, se estima que aumentara a cerca de 5 mil millones para el 2030, quienes demandarán la materialización constructiva de hábitats humanos y consumos energéticos y de recursos. El consumo mundial de energía, al 2017 promediaba 2,5 kW per cápita. Elevar a la población mundial al nivel de consumo energético de USA que es de 9,5 kW/cápita, en el Siglo XXI, implicaría generar 51 TW sobre lo actualmente producido, un total de 70 TW (Gibbs, W., 2017). Si se elevara masivamente el consumo mundial de energía para final del Siglo XXI, valen las siguientes cuestiones: ¿Cómo evitar los efectos climáticos?, ¿Cómo controlar la futura alta demanda?, ¿es posible reducirla?, ¿se reducirá la emisión de GEIs?, ¿cuáles serán los impactos ambientales? Huelga comentar que estas últimas cuestiones ya están contestadas, primero por el Club de Roma, 1972; Luego fueron ratificadas por el Informe del IPCC-2021.

En muchos países, la concientización de la población implicó modificar hábitos de culturales, fomentado la demanda comercial del tipo ambiental-ecológica; por ejemplo, no consumir plásticos, que contaminan suelos y aguas. Investigadores de la Universidad de Victoria (USA) estiman que el ciudadano promedio norteamericano consume anualmente más de 70.000 y hasta 121.000 micropartículas, cuando se alimenta (peces, mariscos, azúcar, sales, alcohol) y bebe agua del grifo o embotellada y respiran aire contaminado (Cox, K. Et al. 2019). Las políticas higienistas devenidas en costumbres culturales, como por ejemplo el lavado de la ropa, es generadora de microplásticos, pues casi el 50% de la población mundial lo realiza con aparatos electrodomésticos, que desechan aguas residuales con microplásticos desprendidos de la ropa. En 1950 se inició la producción de plásticos, con 2 millones de toneladas. Desde entonces se han producido cerca de 8,3 mil millones de toneladas. Los microplásticos provienen del consumo masivo de elementos plásticos desechados y degradados. Los nanoplásticos se producen por efecto de la meteorización de los residuos en lugares remotos, principalmente en ríos que desembocan en mares (Residuosprofesional.com; 14/VI/2021). Ante la elevada cantidad de microplás-

tos y nanoplásticos detectados en los ambientes marinos, ya se considera que el planeta está cerca de un punto de no retorno, con daños irreversibles (Residuosprofesional.com; 07/VII/2021). Los plásticos son polímeros sintetizados de derivados del petróleo (petroquímicos), de fácil fabricación y con bajos costos de producción, de allí sus múltiples aplicaciones. El 51% de los plásticos del mundo se producen en Asia: China posee el 31% de la producción mundial. Además, los plásticos (PVC, poliuretano, polipropileno, poliestireno) se utilizan en construcciones, cañerías, dispositivos eléctricos y electrónicos, etc., todos aplicados en los edificios.

En la última asamblea de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (Nairobi, Marzo 2022), acordaron 175 países poner fin a la contaminación por plásticos, pues en el 2050, la producción mundial de plásticos emitirá el 15% de los GEIs (Residuosprofesional.com; 03/III//2022). La Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) informó que se recicla solo el 9% de la producción mundial de plásticos, el 12% se quema contaminando el aire y el resto termina como sólidos contaminado aguas y suelos, donde se degrada en forma de microplásticos (Residuosprofesional.com; 23/II//2022.). La OCDE informó también que para el 2060 se triplicará la producción mundial de plásticos, de 460 millones de toneladas en el 2019 a 1.231 millones de toneladas. Es urgente la implementación de políticas ambientales duras, como la eliminación de la producción de plásticos de derivados de petroquímicos, pues el reciclado mundial es insuficiente (Residuosprofesional.com; 08/VI//2022). Los microplásticos ya se encuentran en los tejidos cárnicos de los alimentos (Clarín.com; 24/VI/2021).

Los microplásticos y los residuos plásticos ya se han detectado en el Monte Everest, en las aguas naturales (océanos, lagos, ríos, etc.) y en la potable, en el Ártico, en los estómagos de los animales, en diversos alimentos y en la sangre humana. El plástico se fabrica en un 99% a partir de productos de la industria petrolera, que tiene poco interés en reducir su lucrativo mercado de ventas. La Agencia Internacional de la Energía (EAI) estima que los petroquímicos serán pronto el mayor factor de demanda de petróleo crudo (DW. 2022). Otro caso de actualidad es el consumo masivo de barbijos descartables debido a la pandemia planetaria COVID-19. Se estima que se han desechado mensualmente cerca de 129 mil millones de unidades de barbijos en todo el mundo (Residuosprofesional.com; 04/XI/2020), que han terminado como deposiciones en aguas (ríos, lagos y mares) y en suelos. China ha exportado 240 mil millones de barbijos descartable desde Marzo a Diciembre del 2020, casi 40 barbijos descartables por habitante mundial (Cronista.com; 2021). La energía barata a base de carbón como fuente primaria, hace de China un exportador internacional de productos industriales con bajos precios competitivos.

El conocimiento científico aplicado, generó que en los últimos años se desarrollaran productos comerciales descarbonizados para consumo masivo, se citan como ejemplo a:

- Marianne de Groot-Pons ha desarrollado barbijos descartables biodegradables y compostables de papel de arroz relleno con semillas de flores. Los cordones de lana de oveja están fijados al barbijo con pegamento a base de fécula de papa (Ecoinvestos.com, 2021).

- Emilie Burfeind ha desarrollado el calzado deportivo *Sneature* con suela de micelio y el tejido de pelo canino. Materiales renovables y reciclables para abono (Hahn, J., 04/II/2021).
- Public School creó calzados deportivos con cuero cultivado por microbios (Hahn, J., 10/III/2021).
- En el 2020, Norm logró reducir la huella de carbono de su calzado 1L11 de 11 kg/CO₂ a 6,5 kg/CO₂ con plástico reciclado. Nike, con el modelo *Space* a 3,7 kg CO₂ (Hahn, J., 18/VI/2021).

En la producción de bienes y servicios descarbonizados también se encuentran innovaciones tecnológicas que son aplicables en la tecnología de la construcción, realidades de la última década:

- La empresa holandesa *Made of Air* produce bioclásticos para material de construcción, a partir de residuos agrícolas y forestales, permite el secuestro de CO₂ a largo plazo (Hann, J., 24/VI/2021).
- La empresa suiza *Climeworks* captura CO₂ de la atmósfera con equipos ubicados en los techos de los edificios, es un recurso sostenible, lo almacenamos y producimos combustibles sintéticos, fertilizantes y plásticos”. (Fairs, M., 14/VI/2021).
- El CO₂ es un recurso increíble que se puede secuestrar en los edificios, aprovechando el CO₂ natural de la fotosíntesis, que debería ser la base de los bienes de consumo (Cox, S., 2021).

Según Gerardo Honty (Claes, 2019): “la Transición Energética no es solo cambiar de fósiles a renovables, sino también reducir el consumo de energía”, o sea, reducir la demanda mundial de energía.

La economía depende del consumo, para descarbonizarla (dejar de emitir GEIs), se deberá integrar la transición ecológica (eficiencia energética en todos los órdenes de la vida) y la innovación tecnológica (productos y servicios producidos sin combustibles fósiles, reciclables, biodegradables, etc.). Según la NASA (2014): se emitieron 35 mil millones de toneladas de CO₂e. En el 2000 se emitían 760 Tn/segundo (Conlen, M., 2021), lo que implica, se deben eliminar las emisiones utilizando diferentes tecnologías, incluyendo a la construcción, que posibiliten el uso mínimo y/o nulo de combustibles fósiles para su producción, y que permitan las absorciones permanentes de GEIs, como la madera, que es acumuladora de CO₂ en su masa.

Luego de iniciada la cuarentena internacional por la pandemia COVID-19, se verifico una mejora de la situación ambiental de muchas regiones, donde disminuyeron los niveles de polución del aire y del agua. La vida silvestre ingresó en los centros urbanos ante la ausencia de los humanos. La cuarentena obligatoria paralizó la economía mundial durante 18 meses, lo que redujo la demanda de bienes industriales y de combustibles fósiles. Todo fue un beneficio temporal. Desde fines el 2021 la concentración de CO₂ en la atmósfera alcanza el récord de 447 ppm de CO₂e, el más alto de los últimos 63 años (Dennis, B. y Mufson, S., 2021). El valor aceptable máximo es 300 ppm de CO₂e para que la biosfera los absorba. En el periodo preindustrial, el valor no superaba los 260 ppm de CO₂e:

Si para el 2030 se implementarán en China todas las posibles tecnologías de captura y almacenamiento del carbono, reduciendo un 85% sus emisiones, y aun así, solo por los ya generados en China, aumentaría mundialmente en un 80% la acumulación planetaria de GEIs (Hamilton, C., 2003).

El planeta tiene de 10 a 30 años como máximo, para descarbonizar la cultura consumista (Infobae.com; 08/12/2021).

Entre los bienes de consumo masivo se encuentra la tecnología de la construcción, pues 8 mil millones de personas demandan de alguna manera los hábitats construidos: edificios e infraestructuras.

Tecnología de la Edificación Arquitectónica en el siglo XX.

Desde el inicio del proceso histórico (cerca del 1750 a la actualidad y continúa) denominado Revolución Industrial, se verificó un continuo fenómeno cultural-económico-tecnológico: la población rural emigró a las ciudades y la población urbana ha crecido exponencialmente, generando una demanda continua de bienes y servicios que se satisface con la explotación masiva de los recursos naturales. La población urbana mundial en el 2020 alcanzaba a 4,2 mil millones (56% del total).

En las ciudades se genera el 80% del PBI mundial, incluyendo a la industria de la construcción (World Bank, 2020). Actualmente existen 43 megaciudades con más de 10 millones de habitantes, Tokio es la mayor con 37 millones. Para el 2050, el 68% de la población mundial será urbana (ONU; Junio 2019). La materia prima necesaria para producir los materiales de construcción se basa en la extracción, que daña el ambiente con la energía, para obtenerla, con su transformación industrial, con transporte y comercialización y con el uso final como tecnología de la construcción. En todas las etapas, el daño ambiental está presente con energía y emisiones de GEIs. Un material clave y de uso masivo mundial es el cemento, que genera casi el 6% de los GEIs (Growingbuildings.com; 2019), con el agravante que los productos finales casi no se reciclan: hormigón armado y concreto, por el contrario, generan residuos sólidos y polvos tóxicos. Con estos materiales se aumenta paulatinamente el stock mundial acumulado de edificios e infraestructuras. La producción mundial de materiales de construcción, en particular acero y cemento, aporta el 11% de GEIs (Srubar III, W., /2021). Similar resultado expuso Edward Mazria (10/V/2021), para encarar la rehabilitación energética de los edificios existentes y la ejecución de nuevos edificios. Esta masa artificial materializada en forma de edificios e infraestructuras está compuesta de hormigón, agregados químicos, concreto, ladrillos, vidrios, metales y asfalto, que a principios del siglo XX era igual al 3% de la biomasa total de la Tierra. La masa creada por el hombre en el 2020 alcanzó alrededor de 1,1 mil millones de toneladas, superando la biomasa global. La masa antropogénica se ha duplicado en los últimos 20 años (Elhacham, E.; 2020). Para el 2040 se triplicará, si se mantiene el consumo. (Zalasiewicz, J. & Williams, M.; 2021). La masificación artificial de la superficie natural del planeta, también genera el efecto térmico de la Isla de Calor Urbana en las ciudades, donde el aire que

las rodea es más caliente que su entorno natural debido a la acumulación de energía solar en la masa construida, o sea, un plus al calentamiento global.

Como parte de la Historia de la Arquitectura del Siglo XX, se puede comentar sobre el movimiento moderno, cuyos conceptos comprenden: volúmenes puros, transparentes, fluidez espacial, implantables en cualquier sitio geográfico y clima: Su tecnología de la construcción se caracterizaba en las envolventes constructivas como cortinas livianas (*Courting-Wall*), con baja resistencia térmica, lo que implicaba el uso de instalaciones electromecánicas de climatización potenciadas con altos consumos de energía final, al cual era barata y generada a partir de combustibles fósiles (antes de 1974). La baja resistencia térmica perimetral de la envolvente constructiva es causada por los materiales industriales utilizados con alta conductividad térmica: acero, vidrio y H°A° (Moe, K., Webmimar 2021). El *International Styl* se concibió bajo los conceptos teóricos del movimiento moderno. Como icono mundial representativo se puede citar *al Seagram Building* (Mies Van Der Rohe, New York, 1958).

Luego de 66 años de su erección, se divulgan sus efectos ambientales del *Seagram Building*:

Este es el ejemplo de las relaciones invisibles de la arquitectura con el consumo de recursos naturales y con el ambiente. La masa constructiva comprende el 1,8% del volumen. Sin embargo, consumió el 49% de la energía para su ejecución (Ramirez, E., 2021).

El Prof. Kiel Moe realizó un atípico Análisis de Ciclo de Vida (ACV), pues investigo los orígenes de los materiales utilizados, o sea las circunstancias históricas, geográficas y climáticas de cada fábrica y de su personal, que proveyeron los materiales de construcción para el *Seagram Building*, los que fueron obtenidos y elaborados en diferentes y distantes sitios geográficos del planeta, con costos ambientales de transporte y de elaboración industrial, de comercialización y de uso en obra. El Prof. Kiel Moe estimó en 2,92e20 de Emergy, unidad que representa a toda la energía usada en todos los procesos requeridos: “luz solar, combustibles, electricidad y energía de la sangre de la mano de obra, que se encuentra contenida en la masa el edificio” (Moe, K., 2020; Webmimar 20/VII/2021). El *Seagram Building* fue la imagen del progreso económico “sin límites”, pero al considerar su invisible trasfondo ambiental, representa el modelo superlativo del consumo de energía-recursos naturales-emisión de GEIs. Actualmente, todavía se encuentra en servicio operativo como imagen corporativa de su propietario, pero con altos costos energéticos para su servicio activo. Similares situaciones presentan los otros edificios erigidos según la estética del *International Styl*. ¿Cuánto tiempo más continuarán operativos?, ¿cómo se comportarán ambientalmente en su fase de demolición?

Los edificios en altura consumen energía en sus diferentes fases del ciclo de vida, pero inicialmente son elevados, pues sus principales materiales son el cemento y el acero, debido a las exigencias estructurales de estabilidad y durabilidad. Las emisiones de GEIs desde la edificación lo ejemplifica la ciudad de New York, donde se encuentran casi seis mil edificios en altura. Solo en el área de Manhattan se encuentran cerca de cuatro mil,

donde se consume el 48% de la energía final de la ciudad de 8,5 millones de habitantes. Los edificios en altura consumen en tareas operativas cerca del 30% de la energía final (Mazria, E., 10/V/2021). También se puede citar al *Sears Building*, actualmente denominado *Willis Tower*, cuyo consumo energético es similar a la de una ciudad de 50 mil habitantes. La organización *Architecture2030* impulsó nuevos códigos de edificación en muchas ciudades norteamericanas, por esto, en el 2012 fueron invertidos cerca de US\$ 24 millones para reducir el consumo energético operativo, de un total de US\$ 350 millones, para mejorar la sustentabilidad del *Sears Building*. Luego de su inauguración en 1973, el edificio fue afectado operativamente por la Primera Crisis Internacional de la Energía (1974): escases y elevado costo de la energía eléctrica, situación sin antecedentes. No existía una conciencia ambiental generalizada.

En la 26° Conferencia de la ONU sobre el Cambio Climático, COP26 (Noviembre 2021, Glasgow), estuvo presente por primera vez la arquitectura, que fue representada con un día temático de discusiones y ponencias dedicadas a las Ciudades, Regiones y Medio Ambiente Construido. La *Built Environment Summit*, en el *Royal Institute of British Architects* (RIBA, Julio 2021, Londres), propuso discutir en la COP26 la reducción de las emisiones del entorno construido, que comprende el 40% de GEIs emitidos (Dezeen.com; 2021). Sin embargo, la arquitectura es una de las actividades económicas menos representadas en la iniciativa de la ONU *Race to Zero*. Ninguna de las 50 firmas de arquitectura más importantes del mundo se encuentra registrada en la misma. (Topping, N., 2021). *Race to Zero* es un compromiso internacional para reducir en un 50% las emisiones de GEI en el 2030 y emisiones cero neto para el 2050 (Pan-Montojo, N., 2021).

Los resultados en la COP26 fueron retóricos, pues al final de la conferencia ninguna economía importante se había comprometido con medidas que pudieran satisfacer los objetivos temporales. Según un análisis presentado: si se cumplieran todas las promesas actuales, el mundo está en camino a un aumento de 2,4°C para el 2100., miles de millones de personas están expuestas a severas olas de calor, escasez de agua, hambre, migraciones climáticas, y superando los puntos de inflexión ambientales. El entorno construido, figuró en los planes de acción climática de 136 de los países presentes, pues representa el 37% de los GEIs. Inge Andersen, Subsecretaria General de la ONU manifestó: la eficiencia energética de los edificios es cada vez más necesaria, pero el progreso es demasiado pequeño y lento. Necesitamos la transformación del sector de la construcción, y ese no ha sido el caso hasta ahora (Logan, K., 2021).

De manera paralela a la ONU, algunas organizaciones paraestatales han tomado la iniciativa, como *Architecture 2030*, dirigida por Edward Mazria, que viene bregando desde el 2003 para:

la implementación de políticas de estado que propendan a la descarbonización de la edificación, proceso que se inició en los últimos cinco años con los cambios de los códigos de edificación de muchas ciudades de América del Norte y con una hoja de ruta para la descarbonización como factor de la eficiencia energética de la edificación (*Architecture2030.org*; Octubre 2020).

El *Road Map* propuesto por *Architecture2030* en el 2015, 11 años antes de la COP26 y poco después del Acuerdo de París de 2015 (Mazria, E., 10/V/2021):

- 10 años para llegar a una reducción del 50% al 65%;
- 10 más para llegar a cero;
- Se requiere una reducción del 50% en las emisiones de GEIs el 2025;
- Cero emisiones del acero y del concreto para el 2030;
- Cero carbono incorporado en nuevas construcciones para el 2040;
- Para los edificios existentes, sin emisiones de carbono para 2030, pues generan el 50% de las emisiones operativas actuales.

Uno de los resultados de esta actividad es el cambio de códigos municipales y códigos estructurales de la edificación arquitectónica, lo que permitió que la madera fuera admitida como material estructural en los edificios en altura. Se puede citar como ejemplo, al edificio para alojamiento estudiantil de 18 niveles *Brock Commons Tallwood House* (2017) de la Universidad de Columbia Británica, Vancouver, con estructura de elementos prefabricados de Madera Laminada Cruzada, CLT (*Acton Ostry Architects*, 2017). También se puede citar al proyecto de la *River Beech Tower* de 228,00 m, Chicago (Madera21.cl; 2021). El antecedente directo de la aplicación masiva de madera estructural es el edificio residencial de nueve niveles *Stadthaus*, (2009) Londres, donde se erigió el primer edificio en altura del mundo con estructura de madera contralaminada, desarrollada en Alemania y Austria a principios del siglo XXI. La masa de madera almacena CO₂ ambiental durante su fase como masa del árbol por medio de la fotosíntesis y reemplaza a la estructura de H^o A^o. El CO₂ permanece confinado en la madera y no retorna al ambiente, esto es el secuestro natural del carbono. Otros de los beneficios ambientales fue comprobar el desacople de la economía de USA (PBI) de la emisión de GEIs, debido al consumo de productos descarbonizados (la madera en la construcción). La intensa actividad extensionista realizada por *Architecture 2030* permitió la divulgación continua de los efectos negativos de la tecnología industrializada de la construcción. Además, desarrolló una Hoja de Ruta hasta el 2040, con el objetivo de reducir el contenido atmosférico de 340 GtCO₂ al 65% para el 2030 y a cero emisiones de GEIs para el 2040 (Mazria, E., 10/V/2021). La metodología comprende a tres factores básicos propuestos desde el 2010:

- Reúso de los edificios existentes, evitar las demoliciones y fomentar la refuncionalización;
- Reducir el uso de materiales industriales con carbono, acero, cemento, plásticos, etc.;
- Secuestro del carbón con los mismos materiales de construcción, maderas principalmente.

Estas tres acciones que involucran a la tecnología de la construcción fueron también propuestas después por el Informe del IPCC-2021: Hacer que los edificios sean más eficientes (Kaplany, S.; Brady, D., 022). Igualmente la ONG *World Resources Institute* ha iniciado el programa *Zero Carbon Building Accelerator* cuyo objetivo es acelerar la transición hacia edificios eficientes con cero emisiones de carbono en todo el mundo (Wri.Org; 2021). El WRI cuenta con el apoyo del *Global Environment Facility*, del Programa de las Nacio-

nes Unidas para el Medio Ambiente y del *Green Building Council*. El WRI coordina el desarrollo de planes de acción nacionales para el sector de la construcción de carbono cero para el 2050 (Construibles.es; 29/VI/2021).

Las diversas organizaciones ecologistas sostienen que la solución pasará por residuo cero, pues el reciclado permitiría menos consumo de energía. Sin duda sería positivo, transformaría la economía mundial si se la implementara sin límites, pero debido a diferentes situaciones de la realidad (tecnológicas, estado del conocimiento, económicos, culturales, etc.), no se ha concretado masivamente. El Prof. Willi Haas determinó un consumo promedio de objetos industriales de 8 toneladas anuales per cápita para una población mundial de 7 mil millones de habitantes (Haas, W., 2015).

Mundialmente solo se recicla el 6% de los productos industriales del mercado de la construcción, generando 22 Giga Toneladas de materiales, pues no es circular, sino entrópica: se recicla una parte cada seis extraídas del ambiente (Martínez Alíer, J., 2016). Como no toda la tecnología de la construcción tiene la capacidad de acumular CO₂ -como es el caso del H^o A^o que por el contrario, genera emisiones de GEIs-, el uso mixto de tecnologías permite compensaciones: lo emitido se compensa con lo acumulado en la masa de los materiales utilizados, tratando que lo acumulado sea superior o igual a lo emitido para así obtener un balance positivo de carbono. La otra posibilidad de descarbonizar la construcción es aplicar el estándar internacional *Race to Zero*, que es el más exigente actualmente (Pan-Montojo, N., 2021), pues debe considerar al edificio con emisiones cuasi nulas en todas las fases del ciclo de vida, pero también debe incluir la captura de GEIs producido en la etapa de servicio operativo (Dezeen.com; 14/VI/2021). Así se observa como el problema climático-ambiental se encuentra actuadamente en consideración en la actividad profesional como factor de diseño y de ejecución de obra.

La ONG *Carbon Leadership Forum* (CLF) de la Universidad de Washington, USA, plantea la posibilidad de un futuro con carbono positivo, a concretar en tres a cinco años (Kriegh, J., 2021).

CLF analizó, por medio de diferentes herramientas informáticas desarrolladas como calculadoras de contenido de carbono, los ciclos de vida de diferentes materiales de construcción con altos contenidos de carbono: Cimientos y entresijos de hormigón armado, paredes y techos aislados, estructuras metálicas (*Biogenic Materials Webinar*, 2021). Se puede citar el caso de la Universidad de Trent, que incorporó un edificio para el Instituto Criminalístico-Fórense, en el 2020, que fue el primer edificio con Certificación de Carbono Cero del *Living Future's Institute* de Canadá (ILFI). El edificio tiene cero emisiones de materiales, que se implementó con materiales innovadores: aislamiento de vidrio reciclado expandido, hormigón aislado con astillas de madera de desecho, Muros de bloque de cáñamo, aislamiento de fibra de cáñamo y de tablero de fibra de madera (*Endeavour Center*. 11/II/2021). El resultado fue una reducción de casi el 60% en el carbono incorporado al reemplazar los materiales tradicionales del mercado comercial con otros disponibles de bajos contenidos en carbono, reciclados y naturales (CLF. 2021).

La madera es un buen ejemplo de material descarbonizado: la captación del CO₂ lo realiza inicialmente la masa boscosa. El bosque cultivado, luego de un período de 10 años, es transformado con emisiones mínimas de GEIs en el material madera de construcción, generando así un balance positivo de carbono durante la vida útil del edificio.

Al finalizar su servicio activo puede ser reutilizado con el contenido de carbono almacenado o ser biodegradado.

Hacia una Tecnología de la Construcción Descarbonizada en el siglo XXI.

Como informó el IPCC en el 2018 y lo ratificó en el 2021: es necesario eliminar los GEI de la atmósfera y también dejar de emitirlos. Por esto, es necesario que se reemplace el CO₂ emitido por los combustibles fósiles. La actividad extractiva de las materias primas para elaborar productos industriales es también dañina al medioambiente, con impactos negativos irreversibles en muchos casos (Churkina, G., 27/I/2020).

Existe la posibilidad técnica de reemplazarlos por el CO₂ emitido por la fotosíntesis, que significa reemplazar materiales de construcción producidos industrialmente con altos contenidos de carbono, por ejemplo metálicos y cemento, por el bioelemento acumulador de carbón, como es la madera. Según Paul Gambrell, de la firma Carbono Nori:

El bosque de árboles cultivados es una manera lenta de secuestrar el CO₂ atmosférico, pues necesita 10 años de crecimiento del árbol para ser un depósito efectivo de CO₂. Además, la madera se debe utilizar en algún momento, para evitar que el CO₂ contenido vuelva a la atmósfera cuando se muera el árbol o cuando se queme. Los bosques deben tener una permanencia de 100 años para ser sumideros efectivos de carbono (FAIRS, M., 5/VII/2021).

Existe una alternativa natural para acortar el tiempo de captura y de almacenamiento del CO₂ atmosférico con el cáñamo y el bambú. Según Darshil Shah del Centro de Innovación de Materiales Naturales Universidad de Cambridge:

El cáñamo es uno de los mejores convertidores biológicos de CO₂. Además, puede capturar el carbono atmosférico dos veces más rápido que los bosques de árboles, al tiempo que proporciona biomateriales carbón negativo de la construcción para la edificación. El cáñamo absorbe entre 8 a 15 tn de CO₂/ha/año, en cambio los árboles capturan de 2 a 6 tn de CO₂/ha/año. El bambú y el cáñamo contienen fibras fuertes y rígidas que forman la corteza, que se pueden usar para producir productos bioplásticos para paneles de revestimiento para la edificación, como alternativa adecuada a los paneles de aluminio, de plástico y de acero galvanizado, que consumen un 60% de energía en su producción. La parte interior del tallo, se puede utilizar para hacer hempcrete, un bioconcreto para relleno como aislamiento térmico en paredes de simple cerramiento. La fibra de cáñamo mezclada con resina biológica produce bioplástico que reemplaza a compuestos de fibra de vidrio y de aluminio (FAIRS, M., 30/VI/2021).

Edward Mazria organizó el seminario internacional REINICIO Carbón Positivo!. Aprendizaje global de 1,5°C, en Septiembre de 2020 (Architecture2030.org; 2020), que trató el tema de la descarbonización de la tecnología de la construcción.

Se expusieron diversas innovaciones tecnológicas, pero uno de ellos fue Troy Carter, de la *Rizome Company*, quien presentó las ventajas de:

La utilización de la madera de Bambú como material de construcción, que permite el secuestro del carbono atmosférico con 10 veces mayor velocidad que los árboles, y es una alternativa válida estructural con respecto al acero, estimando que, si para el 2025 se plantaran 10 millones de plantas de bambú, en el 2050 habría un millón de hectáreas de bambú que podrían secuestrar 10 GTn de CO₂ de la atmósfera y reemplazar el 1% de todos los materiales de construcción y estructurales (Carbon Positive, 08/VII/2020).

El bambú puede almacenar carbono en la planta, en el suelo y en los productos hechos a partir del mismo. Según la Organización Internacional del Bambú y el Ratán (INBAR), una plantación de bambú tipo *Guadua* puede almacenar y reducir, durante 30 años, hasta 401 toneladas de carbón por hectárea, en comparación con solo 236,70 tnC/ha de los pináceos. Esto se debe a que el bambú es una hierba, no un árbol, que crece rápidamente (se puede cosechar en un plazo de tres a siete años) y vuelve a crecer rápidamente sin necesidad de replantar (Jácome Estrella, P., Moreno, F., 2021).

En este sentido, el Prof. Dirk Hebel, Facultad de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Karlsruhe, Alemania, se encuentra trabajando con la fibra de bambú, como una alternativa estructural más sostenible y más barata que el acero.

Se puede producir un biomaterial estructural con mejor capacidad a la tracción debido a su relación resistencia-peso. El 70% del acero y el 90% del cemento producido mundialmente se consumen en los países subdesarrollados. El procedimiento es extraer las fibras del bambú y mezclarlas con un 10% de resina orgánica para formar una masa moldeable en barras, que conforman las armaduras de losas de H° A°, sin cemento como aglutinante, sino con un material biológico a base de micelio (hongos), pues el cemento, representa el 50% de todos los materiales industrializados con carbón utilizados a nivel mundial. Se podrían construir edificios en altura, pero el objetivo es cubrir el 80% de todas las estructuras mundiales que tienen uno o dos pisos de altura, para alcanzar a más usuarios” (Fairs, M.; 4/XI/2015).

Investigadores de la Universidad de Queensland, Australia, analizaron las propiedades térmicas y mecánicas del bambú, como requisito previo para la construcción de edificios de gran altura, que podrían allanar el camino para la construcción de estructuras complejas con bambú (Xiao, Y. et al., 2019). El bambú como material estructural al esfuerzo de tracción tiene una caracterización mecánica similar a las barras de acero aleadas de alta resistencia, por esto se han desarrollado barras de bambú para reemplazar a las

barras de acero en las estructuras de H° A°. El Bambú como material de construcción tiene también ventajas comparativas, todavía ocultas, como las ambientales y las prestaciones de servicios exigentes, tal es el caso de una torre de enfriamiento de una central térmica en China, a la que se la reemplazó el empaque interno de PVC (con incrustaciones y acumulación de depósitos de carbón, baja durabilidad y dañino para el medio ambiente), por otros empaques de rejilla de bambú con mayor capacidad de enfriamiento, eficiencia energética y nulo impacto ambiental. Se evaluó el ciclo de vida y la demanda energética, aplicando el procedimiento del *Building for Environmental and Economic Sustainability* (BEES), registrando un ahorro total de 529,20 to de emisiones de GEIs durante seis meses. Los principales índices de impacto ambiental, por ejemplo, el potencial de calentamiento global total, la acidificación, la eutrofización se redujeron entre 1,5 y 10,5 veces mediante el uso de rejillas de bambú (Xinxin, M; et al., 2021).

Los expertos coincidieron en que la mayor ventaja del bambú como material de construcción es su rápida regeneración natural, más rápida que la madera, pues las cañas de bambú maduran en tres a cinco años; la mitad del tiempo necesaria para la mayoría de las maderas de construcción. Las desventajas, según la mayoría de los expertos, la falta de durabilidad y resistencia al fuego de los materiales de construcción de bambú (Jun, Y., Kewei, L., 2021). En Ecuador se está desarrollando un prototipo de vivienda de 57,00 m² denominado Casa de bambú bioclimática, financiada por la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo. El objetivo es reemplazar los materiales acero y cemento, con una tecnología para la construcción de bajo contenido de carbono, para reducir las emisiones de GEIs.

En 2018, la industria de la construcción en América Central y del Sur representó el 24% del consumo de energía final y el 21% de las emisiones de GEIs. La poblacional en América Latina se expandirá en un 20% para el 2040, para cubrir la demanda de hábitats construidos se necesitarán elevadas cantidades de materiales con bajo contenido de carbono, siendo el bambú una solución alternativa económica y ecológica (Jácome Estrella, P., Moreno, F., 2021).

Como ejemplo de la buena prestación tecnológico-constructiva del material de construcción Bambú, se puede citar a los edificios ejecutados en los últimos 40 años por el arquitecto colombiano Simón Vélez, quien ha erigido diferentes edificios singulares y de infraestructura con estructuras complejas de Guada, un tipo de Bambú de la región de los Andes Amazónicos colombianos, que posee características mecánicas similares a las barras de acero aleado de alta resistencia. Para demostrar la buena calidad del material Bambu Guada, el arquitecto Velez proyectó y construyó el pabellón para la *Zero Emissions Research and Initiatives* en la Exposición Universal de Hannover 2000, Alemania, que fue estudiada por las Universidades de Braunschweig, Stuttgart y Ciencias de Bremen. El edificio se erigió primero en Colombia y luego en Hannover, donde recibió 6,4 millones de visitantes durante los 5 meses de la Expo 2000 (Zeri. 2013). Existen 1.642 especies de bambú en el planeta, que podrían ser elaborados para la tecnología de la construcción de bajo contenido de carbono. La Organización para la Alimentación y la Agricultura de la ONU estimó más de 30 millones de hectáreas de bambú en todo el mundo, o sea existen potencialidades naturales renovables disponibles para la tecnología de la construcción.

Además, es considerado adecuado para el Objetivo de Desarrollo Sostenible 12: crear infraestructuras y viviendas asequibles, sostenibles y resistentes por la ONU (INBAR. 2020). Desde el año 2015 se experimenta con el micelio (hongo) que se alimenta con desechos biológicos y se puede moldear en formas estables y resistentes a la compresión, como material básico generador de elementos constructivos, tal es el caso de la estructura experimental *Mycotree* de micelio cultivado naturalmente y bambu para la Bienal de Arquitectura y Urbanismo de Seúl 2017, que fue realizado por el ingeniero Philippe Block y el arquitecto Dirk Hebel (BRG-ETH Zürich). El Prof. Felix Heisel de la ETH-Zürich junto con el Prof. Dirk Hebel del Instituto de Tecnología de Karlsruhe, Alemania han desarrollado ladrillos de micelio, como elementos constructivos para reemplazar el plástico en la edificación (Change Lab). Todo el edificio de Unidad de Minería y Reciclaje Urbano (UMAR) creada por el Prof. Werner Sobek junto con los Profs. Dirk Hebel y Felix Heisel, se ha construido con materiales totalmente reciclables o compostables. La vanguardia del diseño tecnológico basado en el concepto del ciclo de vida: en lugar de usar y luego desear, se toman sus ciclos técnicos y biológicos durante cierto período de tiempo, para ponerlos en circulación una vez más (NEST-UMMAR. KIT.EDU. EMPA). Los arquitectos Asif Rahman, Beetles 3.3, Giombattista Arredia, Yassin Arredia Design desarrollaron un prototipo habitacional-estructural-constructivo denominado *Shell Mycelium Fort Kochi* en Kerala, India, con el doble propósito de experimentar un hábitat temporal construido naturalmente y descarbonizado, para solución de la superpoblación de la India y para participar en la Bienal de Kochi Muziris 2016 (Minimalblogs). El ingeniero holandés Bob Hendriks de la Universidad Tecnológica de Delft, desarrolló una estructura experimental, denominada arquitectura viva de micelio, se desarrolla naturalmente conformando espacios habitables (Materialdistrict.Com; 2019).

La NASA se encuentra experimentando con micelio en el Centro de Investigación AMES, *Silicon Valley*, como material de construcción para bases lunares. El micelio servirá de materia prima para desarrollar hábitats moldeados In-Situ en 3D (NASA. 2020). También, junto con la Agencia Espacial Europea y la China planean construir bases lunares en las próximas décadas, pero transportar los materiales desde la Tierra sería problemático, por lo que se está experimentando con urea como superplastificante para mezclas de geopolímeros lunares. La urea la obtendrán de la orina de los astronautas (PILEHVARA, S. et al. 2020).

Se está en condiciones de reemplazar al cemento portland, por medio del arrecife de coral como materia prima, que es una estructura subacuática hecha del carbonato de calcio secretado, conformando una estructura biótica de colonias pétreas. En estanques se desarrolló el Biocemento®, material de construcción sostenible producido con microorganismos en una solución acuosa.

La empresa BioMason desarrolló un proceso a temperatura ambiente, que puede reemplazar al proceso caliente de producción del Cemento Portland, que necesita temperaturas superiores a 1.300°C. Un kilo de Cemento Portland emite UN kilo de CO₂ de los cuales, 0,5 kg/CO₂ proviene de la calcinación de CaCO₃ y el otro 0,5 kg/CO₂ del combustible fósil. También se emiten otros GEIs tóxicos: dioxina, NO_x, SO₂ y partículas. El Cemento Portland puede ser reemplazado por el Biocemento® para generar concretos y hormigones sustentables, que se produce de manera inversa: el carbono natural y el calcio se combinan

biológicamente para producir el biomaterial. El hormigón tradicional necesita hasta 28 días para alcanza su resistencia final, el Biocemento® menos de 72 horas. El Biocemento® comprende un 85% de granito triturado reciclado y un 15% de piedra caliza cultivada biológicamente (Dichristina, M., 2020; Feldman, A., 2021; Wsj.com; 2020).

También se ha desarrollado el hormigón carbono negativo, que posee como agregado fino al olivino. La empresa *Green Minerals* desarrolló hormigón de olivino, que está hecho con CO₂ producido y capturado en las mismas fábricas de cemento. El hormigón ecológico posee arena de olivino y reciclado de hormigones existentes triturados. Este proceso podría convertir el hormigón en un producto reciclable, sin tener que fabricar cemento nuevo. El hormigón tradicional libera 800 kg de CO₂/Tn. El hormigón de olivino captura 133 kg de CO₂/Tn. El olivino puede absorber CO₂ naturalmente hasta 30% de su peso, así se capturan 300 kg de CO₂ que permanece en forma mineral (aireal-materials.com). Una tonelada de arena de olivino puede absorber hasta una tonelada de CO₂, cuando se tritura y se esparce en el suelo (Fairs, M., 15/VI/2021).

El proyecto Carbon4PUR de la empresa Covestro, desarrolló el poliuretano renovable, producido con GEI capturado en la industria de acero. La industria siderúrgica emite CO₂ y CO, que pueden reemplazar el 20% del petróleo. El poliuretano es derivado del petróleo. Se utiliza para fabricar: adhesivos y revestimientos para madera o metal. Se desarrolló la espuma rígida renovable, que ya se puede utilizar en la industria aeroespacial y de la construcción. *Cardyon Flexible Foam* es una innovación capturando en origen a los GEIs para reemplazar al petróleo.

Los residuos de construcción y demolición en la Unión Europea representan el 30% de todos los generados a nivel mundial, de estos, hasta el 70% son residuos de hormigón, que, triturados y mezclados con escorias de acero (subproducto de la producción de acero) y de fósforo (subproducto de la producción de fósforo amarillo) y el CO₂ capturado como aglutinante, pueden formar un material denominado *CarbStone*, que captura hasta 600 kg de CO₂/Tn., que fue desarrollada por el Instituto Flamenco de Investigaciones Tecnológicas y la empresa ORBIX para crear elementos constructivos: tejas, cementos, hormigones y bloques de construcción (aireal-materials.com).

En el Siglo XX se desarrollaron materiales de construcción, en su momento considerados revolucionarios, por ser de usos múltiples, como el asbesto cemento, que luego de 30 años de uso masivo devino en un tóxico mortal (contaminación respiratoria por macropartículas de amianto, asbestosis) de larga duración en sus efectos para los humanos y el ambiente (el asbesto necesita 1000 años para su degradación). En 1990 fue prohibida su fabricación, comercialización y uso en Alemania y posteriormente en la Unión Europea; se estima en cerca de 30 millones de muertes por cáncer en vías respiratorias entre 1975 y 2005, además generó un alto costo al sistema sanitario europeo (Der Spiegel. 2006).

Conclusiones

La especie humana ha devenido en una acción modificadora de la configuración planetaria. La masa creada por el hombre o antropogénica se duplica cada 20 años; al compararla con la biomasa viva -que actualmente equivale a cerca 1,1 teratoneladas- se verificó que en el 2020 ya se igualaron.

En promedio, cada habitante del planeta produce por semana una masa antropogénica igual a su peso corporal (Elhacham, E., 2020). Toda la masa producida en el 1900, alcanzó a 35.000 millones de toneladas, que luego se duplicó en 1950. Al 2000 se cuantificó medio billón de toneladas. En los últimos 20 años dicha cantidad se ha vuelto a duplicar, para el 2040 se triplicará, si se mantienen las tendencias actuales de consumo masivo (Zalaziewicz, J., Williams, M., 2021).

Nos encontramos cerca al punto de no retorno. La ciencia ha establecido los años 2030 y 2050 como los límites temporales de la capacidad climática-ambiental planetaria para cambiar de rumbo (Pan-Montojo, N., 2021).

La arquitectura no puede ser ajena a esta situación, pues es el causante de cerca el 40% de las emisiones de GEIs por medio del consumo de casi el 50% de los recursos naturales planetarios al 2020 (Polliotto, G. y Reyes, G., 2020).

Es por esto que la tecnología de la construcción ocupa un rol fundamental en el siglo XXI, para la superveniencia planetaria y de sus habitantes, pues debe materializar masivamente hábitats construidos. En los casos de los materiales antes comentados, en los últimos 10 años la tecnología de la construcción devino en un proceso de desarrollo con sentido ambiental-ecológico, que permitirán en el correr del Siglo XXI, concretar la mentada descarbonización -el eslabón básico de la eficiencia energética-, que la edificación implementa técnicamente sólo en su etapa operativa en, pero no así en las otras etapas de ciclo de vida: producir sin carbón, acumular carbón, reutilizar y biodegradar materiales.

Existe la potencialidad científica de descarbonizar los hábitats construidos por medio de la Tecnología o sea, con conocimientos científicos aplicados, que se encuentran en un nivel elevado en todos los campos, como por ejemplo, el reciente descubrimiento de los investigadores de la Universidad de Queensland, Australia, al detectar un gusano (*Zophobas morio*), nativo de Centroamérica y la zona septentrional de Sudamérica, con capacidad de triturar plásticos con la boca para después alimentar a las bacterias de su intestino. Fue alimentado en el laboratorio con Poliestireno, que representa el 10% de la producción mundial de plásticos. Se pretende replicar lo que pasa en el estómago de estos gusanos para reciclar residuos derivados de petroquímicos, lo que podría ser clave en materia de reciclaje de los plásticos (SUN, J. 2022. DW. 2022).

La IEA informó recientemente que los existentes GEIs acumulados en la atmosfera (alcanzan actualmente a los 220 Giga Toneladas de CO₂), pueden ser almacenados en los sustratos planetarios, principalmente en los que se encuentran vacíos de los antiguos agotados yacimientos de gas natural y petróleo (Malischek, R. y McCulloch, S. 2022).

Una buena noticia, pues ya está comprobado científicamente que el CO₂ puede ser reutilizado para producir cemento y acero sin emitir nuevamente. Pero al mismo tiempo una mala noticia, pues se debe financiar las acciones concretas de captura y almacenamiento,

para lo que no hay consenso internacional. Otra recomendación retórica, mientras las emisiones de GEIs continúan y aumentan. Sin embargo, la ciencia avanza en busca de soluciones planetarias, entre las que debería encontrarse la tecnología de la construcción.

Referencias Bibliográficas

- ACTON OSTRY ARCHITECTS. 2017. www.actonstry.ca/project/brock-commons-tallwood-house/
- AIREAL-MATERIALS.COM; <https://airreal-materials.com/>
- ALCALDE, Sergi. 15/VI/2021. www.nationalgeographic.com.es/ciencia/cambio-climatico-es-culpable-37-muertes-por-calor_16979
- ARCHITECTURE2030.ORG; Octubre 2020; <https://architecture2030.org/thousands-worldwide-participated-in-the-1-5oc-global-teach-in/>
- BBC.COM; 22/IV/2021; www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-56850445
- BIOGENIC MATERIALS WEBINAR, 18/VI/2021; <https://youtu.be/84eHm-1F7o>
- CARBON POSITIVE. 08/VII/2020. <https://carbon-positive.org/>
- CHANGE LAB. <https://changelab.exchange/portfolio/mycelium-bound-building-materials/>
- CHURKINA, Galin. 27/I/2020; www.nature.com/articles/s41893-019-0462-4#citeas ;
- CLAES, 7/VII/2019; <https://ambiental.net/2019/05/transicion-energetica-no-es-cambiar-fosiles-a-renovables-sino-reducir-el-consumo/>
- CLARIN.COM; 24/06/2021; www.clarin.com/buena-vida/-ingerimos-microplasticos-dialimentos-cotidianos-_0_ucGgZjQvC.htm
- CLF. 2021. https://carbonleadershipforum.org/es_cl/investigacion/
- CONLEN, Matthew. 15/VII/2021; https://climate.nasa.gov/news/3020/how-much-carbon-dioxide-are-we-emitting/?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=monthly+newsletter
- CONSTRUIBLE.ES; 29/VI/2021. www.construible.es//organizaciones-mundiales-crean-iniciativa-acelerar-transicion-edificios-cero-emisiones
- COX, Kieran. Et al. 5/VI/2019. Consumo Humano de Microplásticos. Revista Environmental Science & Technology. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.9b01517>
- COX, Sebastián, www.dezeen.com/2021/06/14/carbon-cycle-sustainable-materials-sebastian-cox-opinion/
- CRONISTA.COM; 14/I/2021; www.cronista.com/internacionales/coronavirus-china-fabrico-40-barbijos-por-cada-persona-en-todo-el-mundo/
- DEL CASTILLO, Gonzalo. 13/V/2022. www.clubderoma.org.ar/post/los-l%C3%ADmites-del-crecimiento .
- DER SPIEGEL. 2006. Der späte Tod (La muerte tardía). N° 45. Alemania.
- DESHMUKH, Anshool. 1/XII/2021. www.visualcapitalist.com/visualizing-global-per-capita-co2-emissions/
- DEZEEN.COM; 14/VI/2021. www.dezeen.com/2021/06/14/carbon-guide; 24/VI/2021. www.dezeen.com/2021/06/24/built-environment-summit-riba-architects-declare/

- DENNIS, Brady y MUFSON, Steven. 07/VI/2021; www.washingtonpost.com/climate-environment/2021/06/07/atmospheric-carbon-dioxide-hits-record-levels/
- DICHRISTINA, Mariette. 10/XI/2020; www.scientificamerican.com/article/low-carbon-cement-can-help-combat-climate-change/
- DW. 10/VI/2022. www.dw.com/es/cient%C3%ADficos-descubren-un-supergusano-que-es-capaz-de-comer-poliestireno/a-62092552; 2022. www.dw.com/es/son-un-enga%C3%B1o-los-certificados-de-neutralidad-pl%C3%A1stica-para-empresas/a-61815934
- ECOINVENTOS.COM; 21/IV/2021; <https://ecoinventos.com/marie-bee-bloom/>
- EMPA. <https://www.empa.ch/web/nest/aboutnes>
- ENDEAVOUR CENTER. 11/II/2021. <https://endeavourcentre.org/trent-university-zero-carbon-forensics-science-building/?v=e4b09f3f8402>; <https://endeavourcentre.org/just-biofiber-hempcrete-blocks-for-zero-carbon-trent-forensics-facility/?v=e4b09f3f8402>
- EL ÁGORA. 30/VI/2022. www.elagoradiario.com/desarrollo-sostenible/crisis-climatica-gran-amenaza-mundial-cumbre-otan; 15/VII/2022. www.elagoradiario.com/agua/multiplicar-por-cuatro-trabajo-ods6/
- FAIRS, Marcus. www.dezeen.com/2021/06/14/carbon-climeworks-mining-sky-interview/; www.dezeen.com/2021/06/15/carbon-capture-material-library-aireal-olivine-teresa-vandongen/?li_source=LI&li_medium=rhs_block_1; www.dezeen.com/2021/06/30/carbon-sequestering-hemp-darshil-shah-interview/; www.dezeen.com/2021/07/05/carbon-climate-change-trees-afforestation/?utm_medium=email&utm_campaign=Daily%20Dezeen&utm_content=Daily%20Dezeen+CID_1345e8ed96ed27a00a01deefcee6826&utm_source=Dezeen%20Mail&utm_term=Planting%20trees; www.dezeen.com/2015/11/04/bamboo-fibre-stronger-than-steel-dirk-hebel-world-architecture-festival-2015/FOCUS.DE; 23/VI/2021. www.focus.de/panorama/ipcc-legt-berichtsentwurf-vor-weltklimarat-warnt-verfehlen-des-1-5-grad-ziels-haette-irreversible-folgen_id_13427%E2%80%A6
- FELDMAN, Amy. 2021; www.forbes.com/sites/amyfeldman/2021/06/14/startup-biomaso-n-makes-bio-cement-tiles-retailer-hm-group-plans-to-outfit-its-stores-floors-with-them/?sh=1972927057c9
- GIBBS, Wayt. Julio 2017. ¿Cuánta energía necesitará el mundo?. www.anthropocenemagazine.org/howmuchenergy/
- GROWINGBUILDINGS.COM. 30/III/2019; <https://growingbuildings.com/construccion-y-emisiones-co2-a-la-atmosfera/>
- HAAS, Willi. 13/III/ 2015. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jiec.12244>;
- HAHN, Jennifer. www.dezeen.com/2021/02/04/sneature-emilie-burfeind-trainer-design/?li_source=LI&li_medium=rhs_block_1; www.dezeen.com/2021/06/24/carbon-negative-plastic-biochar-made-of-air-interview/; www.dezeen.com/2021/03/10/public-school-compostable-trainers-theanne-schiro-onexone/?li_source=LI&li_medium=rhs_block_1; www.dezeen.com/2021/06/16/carbon-net-zero-takt-furniture-henrik-taudorf-lorensen-interview/?li_source=LI&li_medium=bottom_block_1
- ELHACHAM, Emily; et al., 09/XII/2020, www.nature.com/articles/s41586-020-3010-5
- BRG-ETH-Zurich. Institute of Technology in Architecture. <https://block.arch.ethz.ch/brg/project/mycotree-seoul-architecture-biennale-2017>

- AMILTON, Clive, 2003. El fetiche del Crecimiento, Editorial Allen & Unwin. Australia.
- HEMINGWAY JAYNES, Cristen. 27/VI/2022. www.ecowatch.com/japan-heat-wave-power-outages.html
- ILFI. <https://living-future.org/>
- INBAR. 2020. www.inbar.int/es/global-programmes/
- INFOBAE.COM. 12/VIII/2020. www.infobae.com/america/medio-ambiente/2021/08/12/reduccion-a-gran-escala-de-los-gases-de-efecto-invernadero-el-camino-urgente-de-las-naciones-para-prevenir-el-impacto-de-la-crisis-climatica/; 10/VII/2022. www.infobae.com/america/medio-ambiente/2022/07/10/emisiones-sin-control-el-cambio-climatico-duplicaria-la-mortalidad-infantil-relacionada-con-el-calor/; 8/VII/2022. www.infobae.com/salud/ciencia/2022/07/08/dia-mundial-de-la-alergia-como-influye-el-cambio-climatico-y-el-aumento-de-la-polucion-ambiental/; 8/VII/2022. www.infobae.com/america/medio-ambiente/2022/07/10/emisiones-sin-control-el-cambio-climatico-duplicaria-la-mortalidad-infantil-relacionada-con-el-calor/;
- JÁCOME ESTRELLA, Pablo y MORENO, Fabián. Marzo 2021. Revista Novedades del bambú y el ratán. Vol. 2. N° 1. www.inbar.int/wp-content/uploads/2021/12/BRU_2-1_ES_Web.pdf
- JUN, Yang y KEWEI, Liu. Diciembre 2021. Revista Novedades del bambú y el ratán. Vol. 2. N° 4. www.inbar.int/wp-content/uploads/2022/06/BRU-2-4_ES_Construyendo-el-futuro-con-bambu.pdf
- KAPLAN, Sarah; BRADY, Dennis. 4/IV/2022). www.washingtonpost.com/climate-solutions/2022/04/04/ipcc-climate-change-solutions/
- KIT.EDU. <https://nb.ieb.kit.edu/index.php/category/research/mycelium/>
- KRIEGH, Julie. 2021. <https://carbonleadershipforum.org/carbon-storing-materials/>
- LOGAN, Katherine, 17/XI/2021. COP26: Demasiado poco, demasiado lento (¿demasiado tarde?). www.architecturalrecord.com/articles/15399-cop26-too-little-too-slow-too-late
- LOMBORG, Bjorn; 30/VI/2021. www.perfil.com/noticias/opinion/contradicciones-en-la-lucha-contra-el-cambio-climatico.phtml;
- MADERA21.CL; 24/II/2021. www.madera21.cl/blog/2021/02/24/el-futuro-de-la-construccion-la-madera-como-material-para-edificios-en-altura-alrededor-del-mundo/
- MALDITA.ES; 2/VII/2021. <https://maldita.es/malditaciencia/20210702/canada-calor-lytton-49-gradus-norteamerica-ola/>
- MALISCHEK, Raimund y MCCULLOCH, Samantha. 1/IV/2022. IEA: El mundo tiene una gran capacidad para almacenar CO2. www.iea.org/commentaries/the-world-has-vast-capacity-to-store-co2-net-zero-means-we-ll-need-it
- MARTÍNEZ ALIER, Joan; <https://economiasur.com/2016/08/la-economia-no-es-circular-sino-entropica/>
- MATERIALDISTRICT.COM; 5/XI/2019. <https://materialdistrict.com/article/living-house-mycelium/>
- MAZRIA, Edward. 06/IX/2020; <https://carbonleadershipforum.org/architecture-2030-open-letter-calls-for-revised-carbon-emission-reduction-targets/>; 10/V/2021, Webinar Passivhaus de las Américas, <http://conferencia.passivhaus.lat/>

- MAYS, Chris. et al. Scientific American. 1/VII/2022. www.scientificamerican.com/article/toxic-slime-contributed-to-earth-s-worst-mass-extinction-and-it-s-making-a-comeback/
- MAY, Tiffany. 23/VI/2022. www.clarin.com/new-york-times-international-weekly/clima-extremo-golpea-china-inundaciones-masivas-calor-abrasador_0_ewgIxsf0pz.html
- MINIMALBLOGS. <https://minimalblogs.com/fungus-used-to-build-arching-pavilion-in-kerala/>
- MILLAN LOMBRANA, Laura. 08/VII/2021. www.perfil.com/noticias/bloomberg/bc-cambio-climatico-estaria-ligado-a-5-millones-de-muertes-al-ano.phtml
- MOE, Kiel. 2020, *Unless: The Seagram Building Construction Ecology*, Actar Publishers, New York.
- MOE, Kiel. 20/VII/2021 Webminar. <https://skyscraper.org/programs/the-seagram-building-construction-ecology/>
- MOE, Kiel. 2021. Webminar *The Ecologies of the Building Envelope*. <https://urbannext.net/the-science-of-building/>
- NASA. 2020. www.nasa.gov/feature/ames/myco-architecture
- NEST-UMMAR. <http://nest-umar.net/>
- NOTICIAS UNO, 21/V/2021, <https://news.un.org/es/story/2021/05/1492332>
- ORÚS, Abigail, 23/VI/2022. <https://es.statista.com/estadisticas/1107719/covid19-numero-de-muertes-a-nivel-mundial-por-region/>
- PAGURA, Carlos; 5/VI/2021; www.ambito.com/informacion-general/cambio-climatico/guia-del-drastico-aumento-victimas-del-calentamiento-global-n5198238
- PAN-MONTOJO, Nicolás; 14/VI/2021, www.elagoradiario.com/desarrollo-sostenible/cambio-climatico/puntos-de-no-retorno-crisis-climatica/; 02/VII/2021; www.elagoradiario.com/desarrollo-sostenible/economia-circular/adios-plastico-un-solo-uso/
- PILEHVARA, Shima. et al. 20/II/2020. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 247. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619340478
- PLANELLES, Manuel, 11/IV/2022. <https://elpais.com/clima-y-medio-ambiente/2022-04-11/retrato-de-una-crisis-global-esto-lo-que-ya-sabemos-sobre-el-cambio-climatico-gracias-al-ipcc.html>
- POLLIOTTO, Gabriela y REYES, Gabriela, 2020. *Ambiente y Arquitectura*. Ediciones Universidad Católica de Salta, Argentina.
- RESIDUOSPROFESIONAL.COM; 04/XI/2020; www.residuosprofesional.com/millones-mascarillas-en-todo-el-mundo/; 07/VII/2021, www.residuosprofesional.com/punto-sin-retorno-contaminacion-plastico/; 14/VI/2021; www.residuosprofesional.com/80-basura-marina-plastico/; 23/II/2022; www.residuosprofesional.com/ocde-alerta-residuos-plasticos/; 03/III/2022. www.residuosprofesional.com/cientificos-limitar-produccion-plasticos/; 08/VI/2022; www.residuosprofesional.com/generacion-mundial-residuos-plasticos-triplicara-2060/
- RAMIREZ, Enrique. 2021; www.archpaper.com/2021/06/review-unless-the-ecology-of-the-seagram-building/?trk_msg=UG6KM69S5DT476GQ0M18RIDPHG&trk_contact=DJLR6Q5CTDARV9L8M4643MTA6O&trk_sid=F6DJREGEO85F43C7HLELETR284&utm_source=listrak&utm_medium=email&utm_term=Kiel+Moe%e2%80%99s+U

- nless+breaks+down+the+ecology+of+the+Seagram+Building&utm_campaign=Late+Edition%3a+Kiel+Moe%e2%80%99s+%e2%80%98Unless%e2%80%99+breaks+down+the+ecology+of+the+Seagram+Building+and+more+newsRAVENSC
- ROQUET, Gemma. 9/IX/2020. <https://elordenmundial.com/los-limites-del-crecimiento-informe-colapso-medioambiental-1972/>
- ROOT, Tik. 16/VI/2021. www.washingtonpost.com/climate-environment/2021/06/16/earth-heat-imbalance-warming/
- ROYTE, Elizabeth. 23/VI/2021. www.nationalgeographic.com.es/edicion-impres/articulos/demasiado-calor-para-vivir_16997?utm_source=newsletter
- SAN MARTÍN, Victoria. 31/V/2022. <https://insideclimateneeds.org/news/31052022/warmer-nights-climate-change-cut-sleep/>
- SCHULZ, Thomas, 2019. München. <https://aqalgroup.com/2019-worldwide-co2-emissions/>
- SEVILLANO, Elena. 21/6/2022. <https://elpais.com/economia/2022-06-19/alemania-recurrira-al-carbon-ante-el-recorte-de-suministro-de-gas-ruso.html>
- SIC. 20/VI/2022. <https://prod.senasica.gob.mx/ALERTAS/inicio/pages/single.php?noticia=16398>
- SRUBAR III, Will. 8/VI/2021; Webinar Biogenic Materials, <https://youtu.be/84eHm-1Fx7o>
- STOPPEL, Kai. 28/VI/2022. www.n-tv.de/wissen/Toedlicher-Hitzetrend-laut-Studie-Folge-des-Klimawandels-article23425590.html
- SUN, Jiarui. et al. 9/VI/2022. Centro Australiano de Ecogenómica, Facultad de Química y Biociencias Moleculares, Universidad de Queensland, Australia. <https://doi.org/10.1099/mgen.0.000842> ; www.microbiologyresearch.org/content/journal/mgen/10.1099/mgen.0.000842
- TOPPING, Nigel; 28/VI/2021; www.dezeen.com/2021/06/28/carbon-emissions-architecture-race-to-zero-cop26-nigel-topping/
- UNEP, 26/X/2021. www.unep.org/es/resources/emissions-gap-report-2021
- ONU. Junio 2019; www.un.org/development/desa/es/news/population/2018-world-urbanization-prospects.html; 28/II/2022; <https://unric.org/de/ipcc280202022/>
- WRI.ORG; www.wri.org/initiatives/zero-carbon-building-accelerator
- WSJ.COM; 12/II/2020 www.wsj.com/articles/growing-bricks-and-more-ways-to-shrink-concretes-carbon-footprint-11581527395
- WORLD BANK, 2020; www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/overview
- WRI.ORG. 22/VI/2021; www.wri.org/initiatives/zero-carbon-building-accelerator
- XIAO, Y., LI., Z. y LIU, K. W., 2019. Acta de la Tercera Conferencia Internacional sobre Estructuras Modernas de Bambú (ICBS 2018). 25-27 de junio de 2018, Pekín, China.
- XINXIN, M. et al. 15/V/2021. Rejilla de bambú versus cloruro de polivinilo como material de empaque en torre de enfriamiento: Eficiencia energética y evaluación de impacto ambiental. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479721002528
- ZALASIEWICZ, Jan y WILLIAMS, Mark. 03/I/2021; <https://theconversation.com/antropoceno-los-materiales-fabricados-por-el-hombre-ya-pesan-tanto-como-el-conjunto-de-la-biomasa-151861>
- ZERI. 2013. www.zeri.org/ZERI/Bamboo.html

Abstract: The current environmental-climatic problem is due to the massive consumption of goods and services, generated with natural resources and fossil fuels. Science has proven that the massive emission of greenhouse gases (GHGs) is the cause of global warming. Building requires goods and services, made up of construction elements, produced by emitting GHGs. The planet currently has 8 billion inhabitants, by 2100 there will be 10.4 billion. They all need built habitats. Currently 56% of the world population lives in urban centers, in 2100 it will be 68%. ¿Will Construction Technology be able to consciously specify the environmental-climate problem?

Keywords: Environment - GHGs - Fossil Fuels - Energy - Technology - Energy Efficiency - Decarbonization.

Resumo: O problema ambiental-climático atual se deve ao consumo massivo de bens e serviços, gerados com recursos naturais e combustíveis fósseis. A ciência provou que a emissão massiva de gases de efeito estufa (GEEs) é a causa do aquecimento global. A construção requer bens e serviços, constituídos por elementos construtivos, produzidos pela emissão de GEEs. O planeta tem atualmente 8 bilhões de habitantes, em 2100 serão 10,4 bilhões. Todos eles precisam de habitats construídos. Atualmente 56% da população mundial vive em centros urbanos, em 2100 será de 68%. A Tecnologia da Construção ¿será capaz de especificar conscientemente o problema ambiental-climático?

Palavras chave: Ambiente - GEEs - Combustíveis Fósseis - Energia - Tecnologia - Eficiência Energética - Descarbonização.

[Las traducciones de los abstracts fueron supervisadas por su autor]
