

Arquitectura espacial: un nuevo campo de innovación práctica

RAÚL PÓLIT CASILLAS

*Xar Sidereal Initiative. Investigador independiente [rr@xarsideral.net] Valencia.
Arquitecto Superior (UPV) en todas sus especialidades.
Miembro del Comité Técnico de Arquitectura Espacial
del Instituto Americano de Aeronáutica y Astronáutica (AIAA)*



I. SITUACIÓN ACTUAL, INTRODUCCIÓN

Quizá, el primer pensamiento asociado al oír este término de Arquitectura Espacial sea tan sólo de expectación... ¿construir en la Luna?... ¿es esto una realidad?... u otras cuestiones similares y un tanto comprensibles.

Sin embargo, esta disciplina emergente es muy 'real' y lejos de tener su campo de acción en los proyectos propios al sector aeroespacial (como estaciones orbitales y demás) tiene conexiones con la Tierra desde múltiples e interesantes perspectivas.

Este incipiente contexto de la Arquitectura en el siglo XXI que, de manera inmediata, surge en la América de los 70, posee un enorme potencial innovador para nuestra sociedad; siendo un nexo o puente entre dos ámbitos: el espacial y el terrestre.

Si en la situación actual hablamos de prioridades, la necesidad de reinención destaca entre ellas. La perspectiva y posición de la Arquitectura Espacial es privilegiada para abordar esta cuestión, haciéndolo desde las transferencias tecnológicas, conceptuales y de conocimiento que un ámbito avanzado como el aeroespacial puede aportar y contribuyendo, así, a una mejora de nuestras vidas.

1.1. Se trata de Arquitectura... Orígenes

“La tierra es la cuna de la humanidad, pero uno no puede vivir en la cuna para siempre”

Konstantin E. Tsiolkovsky, 1895

K. E. Tsiolkovsky un pionero de la astronáutica de finales del XIX, tal vez resumió (con esta frase) 'el alma' de esta disciplina, no tanto en su aplicación como en su visión.

La arquitectura es algo más allá de un proyecto o de una realidad constructiva; por encima de todo es el 'contenedor de la vida humana' (el '*ambiente físico*' al que aludía William Morris). Es el entorno creado por el hombre, para el hombre... donde quiera que éste se encuentre.

Desde ésta, 'su cuna', hablamos de su Arquitectura y dónde situar su origen dependerá, en último extremo, del criterio de quien observa...

Tratamos de Arquitectura y como bien apuntan mis ilustres colegas del JPL (NASA), podríamos comenzar hace 44000 años, con los primeros asentamientos del hombre de Cro-Magnon hallados en Ucrania, o en el 8000 aC con los primeros vestigios en Jericó o en el 1350 aC con templos egipcios como el de Karnak. Y, también, con las prime-

ras viviendas ‘aeroespaciales’ de Buckminster Fuller en los 60 o con la puesta en órbita de la Salyut rusa en 1971.

La Arquitectura ha puesto ‘marco’ a la Humanidad en todas sus facetas, siendo su huella sobre el planeta y comienza a serlo también fuera de él. Sin embargo, no se trata de hacer un recorrido, al uso, por su extensa y magnífica evolución. No obstante, en ella hay dos apuntes relevantes en su relación con el contexto espacial.

En *primer lugar*, es importante recordar que la Arquitectura y el Cosmos han estado relacionados desde el principio de los tiempos. El estudio de la bóveda celeste no sólo ha sido fuente de mitos y leyendas sino que, además, cautivó nuestra imaginación y nos sirvió para entender mejor el paso del tiempo. Comprender y anticipar los ciclos de las cosechas, por ejemplo. En definitiva, dar respuesta a interrogantes fundamentales. Ya hemos comentado que el origen de la Arquitectura nos remonta al Neolítico y de esta relación nos hablan algunos de los primeros observatorios, como el templo de *Abu Simbel* (1244 aC.) en el antiguo Egipto, sus arquitectos lo orientaron de tal manera que dos veces al año (20 Febrero y 20 de Octubre) el sol penetra en su interior e ilumina las esculturas de su pared posterior. Todas salvo la de Ptah, cuya deidad se asociaba al ‘inframundo’ y la oscuridad. Un ejemplo entre otros muchos.

Lejos de entrar en ningún debate, la reflexión que planteamos es la siguiente: la Arquitectura en sus primeros estadios y, a costa de grandes esfuerzos, se relacionaba con los albores del conocimiento y las primitivas observaciones astronómicas. Esas primeras ‘miradas al Cosmos’ constituirían el fundamento para el posterior desarrollo de las disciplinas científicas que nos llevaron a la exploración del Espacio y esa exploración nos conducirá a su eventual colonización.

En *segundo lugar* existe otro momento en la historia que requiere especial atención para este punto de vista. En el Imperio Romano de Oriente (el Imperio Bizantino) la arquitectura miraba al Cosmos desde una perspectiva única en la historia. En esta época, el título de *mechanikoi (mechano-poi)* correspondía a aquellos arquitectos cuyos conocimientos iban más allá de los necesarios para la construcción terrestre, más allá de los *arkitekton* o constructores (Signes, 2000). Desde esta condición, su formación les versaba en materias como la matemática, la física o la astronomía, además de las propias a la Arquitectura. Y es, en esta etapa de la Edad Media, cuando podemos considerar uno de los primeros momentos (quizá, el primero) en el

que estos ‘mecanikos’ establecen, de forma consciente, un vínculo entre la construcción terrestre y los conocimientos derivados de esa exploración/estudio del Cosmos. Este vínculo entre dos ámbitos (el científico y el constructivo) trajo consigo la aplicación de dichos conocimientos con espectaculares resultados y tenemos un buen ejemplo en la conocida (y no menos hermosa) Hagia Sopia o Santa Sofia (Divina Sabiduría). Allí, los ‘mecanikos’ Antemio de Tralles e Isidoro de Mileto consiguieron que su gran cúpula pareciera levitar sobre una franja de luz, reflejando en el proceso la imagen del cosmos bizantino (cubobóveda) e implementado avances tecnológicos y conceptuales en su proyecto.

Marcando una referencia en la Era Moderna, *tal vez, la Arquitectura Espacial (entendida como tal) comenzó años después; en la década de los 70, cuando el arquitecto Maynard Dalton y el diseñador Raymond Lowy, ambos americanos, diseñaron el interior de la primera estación espacial americana, el Skylab (Howe et al., 2009).*

Las dos últimas décadas del pasado siglo XX, han dado cumplido testimonio de cómo grandes profesionales (arquitectos, ingenieros, diseñadores, tecnólogos, científicos o investigadores) han vertebado los principios, analizado los conceptos, investigado y publicado numerosos estudios desde las principales Agencias Espaciales (NASA, ESA, JAXA); algunas de las mayores industrias aeroespaciales (Boeing, Lockheed Martin, etc.) y las más prestigiosas Universidades de todo el mundo. Movidos por la pasión y el entusiasmo de esta visión sobre el futuro del hombre, arquitectos, diseñadores y otros profesionales han trabajado en red (y en solitario) para establecer las bases de esta emergente disciplina, consolidando Comités Técnicos entre las sociedades profesionales del ámbito aeroespacial y arquitectónico.

1.2. Qué entendemos, hoy, por Arquitectura Espacial

En 2002, Houston fue sede de una conferencia que formara parte de la historia reciente de la Arquitectura... Allí, un simposio centrado en la ARQUITECTURA ESPACIAL dio lugar, bajo el auspicio de magníficos profesionales que llevaban décadas trabajando en estos entornos, a una primera definición: *‘La Arquitectura Espacial es la teoría y la práctica en el diseño y construcción de ambientes habitados en el espacio exterior’.* (Carta del Milenio, 2002).

No obstante, esta primera definición, como to-

do concepto pionero, puede ser complementado al ver que la Arquitectura Espacial abarca no sólo el Espacio sino sus relaciones con el ámbito terrestre. Los principios de Vitrubio (*firmeza, utilidad y belleza*), con matices inherentes al Espacio son igualmente aplicados y siendo Arquitectura (en general), conceptos y campos como la sostenibilidad (ecología, tecnología, economía y sociología) son también incluidos, como lo son en la Tierra. La ARQUITECTURA ESPACIAL, como nuevo campo de trabajo en la evolución natural de un Arte tan antiguo como la civilización representa, sobretodo, un punto de vista... una nueva perspectiva esencial y multidisciplinar en este decisivo umbral en que nos encontramos.

Por ello, desde su primera reflexión escrita, se atestigua como tiene relaciones complementarias con otros entornos y esto nos habla, también, de la naturaleza y perfil de las personas que trabajan y estudian en este ámbito. Esta perspectiva se ve influenciada por las interacciones entre el hombre la tecnología y el Cosmos. Conlleva una importante reflexión técnica que será, probablemente, una sólida base para el futuro desarrollo de ambientes avanzados (espaciales o terrestres) y sus pioneros ('generalistas' en formación, aunque 'especialistas' de profesión) con un pensamiento 'renacentista' e inter-disciplinar, trabajan en las respuestas a los retos que la Arquitectura demanda en el Espacio y que se relacionan con los terrestres. *Hoy y mañana, aquí o en el Espacio exterior... porque el hombre es la base de la Arquitectura*.

1.3. En la Tierra también...

"Lo más importante de la Nave espacial Tierra: el libro de instrucciones no venía con ella"

Richard Buckminster Fuller

Hemos referido que la Arquitectura Espacial no se ubica exclusivamente en el espacio exterior... sino en el Espacio y, como bien dice la propia NASA: 'El Espacio está allá donde mires'... incluido, claro está, nuestro planeta. Por lo que parece acertado decir que estamos hablando de una perspectiva complementaria a la consagrada Arquitectura terrestre, aunque sus campos de trabajo y puntos de partida pueden ser diferentes.

La última etapa de la revolución industrial, dio a finales del siglo XIX, algunas de las claves con los primeros pensadores que 'intuían' el mundo, como una gran nave planetaria... (Henry George. *Progreso y Pobreza* 1879). Y desde mitad del pasa-

do siglo XX, allá por los 60, arquitectos, pensadores y visionarios como Buckminster Fuller comenzaron a entender este planeta desde una perspectiva más compleja. Las necesidades personales se unían y subordinaban a los conceptos globales. El diseño y los conocimientos, aplicados desde la óptica aeroespacial, reflejaban (ya entonces) las esperanzas y anhelos de esa sociedad, precursora de la nuestra.

El mundo ya no era infinito, era más bien un pequeño 'punto azul claro' (como decía Carl Sagan), tenía límites, sus recursos eran limitados y la 'economía de cowboys' (Kenneth Boulding, 1966) en la que los recursos no tenían fin, dejaba paso a otra que veía la Tierra, como lo que es, una gran nave espacial con un sistema cerrado de recursos (Vogler et al., 2009). En ella todos somos astronautas, todos nos movemos y todos dependemos del correcto uso de esos limitados recursos... Como veremos después, la Arquitectura Espacial tiene en la Tierra no solo claras conexiones con la terrestre, sino objetos de estudio propios.

1.4. Las primeras 'imaginaciones' y la 'arquitectura ficción'...

"Los locos abren los caminos que más tarde recorren los sabios"

Carlo Dossi (1849-1910)

Quizá sea cierto que esta línea es difícil de trazar; lo que no ofrece dudas es que explorar el Espacio ha sido uno de los sueños más antiguos del hombre y habitarlo ha sido el siguiente. Muchos visionarios construyeron el camino; un camino, una línea a seguir... La ficción, la 'ciencia-ficción' documentada, ha sido una literatura de 'anticipación' y una potente herramienta de pensamiento. Hoy no podríamos pensar en la robótica de futuro sin pensar en Isaac Asimov y escritores como Arthur C. Clarke ya nos hablaban, en los 50, de la importancia de los satélites artificiales; incluso antes de que hubiera existido ninguno. Pero no sólo en la literatura o el cine, también en la disciplina arquitectónica podemos encontrar una 'arquitectura ficción'.

Lo vemos en obras de escritores: Julio Verne o Arthur C. Clarke. En el trabajo de *científicos e ingenieros*: Konstantin E. Tsiolkovsky (1895-1935, uno de los padres de la astronáutica y autor de algunos de los primeros conceptos para estaciones orbitales, naves inter-generacionales, ascensores espaciales o ecosistemas orbitales) (Moleiro et al., 1988), Herman Potocnik (Noordung) o Wernher

Von Braun (1919-1977). Y, por supuesto, en *arquitectos* como R. Buckminster Fuller o P. Soleri (autor del concepto de las 'arcologías'). El grupo Archigram que, en los 60, nos contaban sobre arquitecturas utópicas basadas en la tecnología; pro-consumistas que intentaban generar o introducir nuevas perspectivas; más tarde, desde el 'hi-tech', fueron retomadas por Norman Foster o Richard Rogers, entre otros muchos (Jecks, 1975).

La Arquitectura del siglo XX nos dejó muy buena Arquitectura; que mostraba las ideas de vanguardia, los ideales de modernidad, de progreso, de la vivienda como máquina (Le Corbusier). En esencia, un estilismo marcado por el desarrollo tecnológico e industrial desde la forma. No obstante, con los primeros hombres en la Luna, hace más de 30 años... ¿no se percibe un cierto desanimo en la sociedad? ¿No esperábamos más? Pasadas fechas tan significativas como: 1999, 2001 o 2010 que estas series y películas immortalizaron como reflejos de una sociedad más avanzada... ¿esa 'ARQUITECTURA FICCIÓN' no era una forma recurrente y 'asequible' de plantearnos futuras sociedades que deberían estar ya aquí?...

2. EL PRESENTE DE UNA ANTIGUA DISCIPLINA Y SUS FUTURIBLES

Habitar el espacio exterior, como hemos visto, parece un futuro natural en la evolución del hombre y, por tanto, de su Arquitectura. Sin embargo, la Arquitectura no ha estado al frente de los primeros pasos en el Espacio. Fue tras la ardua labor de muchos buenos profesionales, junto a las necesidades implícitas, lo que abrió esta disciplina a nuevos contextos en los albores del tercer milenio. En este punto, seguiremos algunos de los apuntes que la última publicación del Comité Técnico arroja sobre este tema y analizaremos cuál ha sido su realidad en este pasado siglo, desde una perspectiva introductoria.

2.1. La Arquitectura Espacial en el último siglo (XX-XXI)

La ARQUITECTURA ESPACIAL, como tal, tiene muchos elementos comunes y equivalentes con la terrestre, si bien los condicionantes a los que se enfrenta son mayores.

A las materias tradicionales: Ingeniería estructural, Técnicas de construcción, Ingeniería del terreno, Diseño interior, Instalaciones, Psicología o Sostenibilidad (entre otras) hay que sumar: Astrodinámica, Propulsión, Computación, Gestión de

Proyectos Aeroespaciales y muchas más.

Hoy, el presente de esta disciplina se puede sintetizar en tres ámbitos de actuación que, a su vez, suponen requerimientos y relaciones diferentes con otros campos.

2.1.1. Arquitectura Orbital: órbitas de baja altitud (LEO)

Éste es el entorno más evidente, el propio a las estaciones espaciales que tantas veces hemos visto en la televisión y que representan retos y proyectos ya construidos. La MIR, la estación Espacial Internacional (ISS), son nombres que, seguro, nos sueñan. Veamos cuales son las implicaciones de la Arquitectura Aeroespacial.

Diseñar para estos entornos requiere comprender cuales son los condicionantes propios a la hora de habitar el *Espacio*, ya que muchas de las cosas que damos por sentado en la Tierra (agua, aire, gravedad) no están 'ahí fuera'. Entre los más relevantes encontramos:

Órbita: Todos los objetos están sometidos a mecánicas orbitales y se mueven / *Micro-gravedad*: la ausencia de aceleración gravitatoria implica un cambio en el comportamiento de fluidos, la ausencia de peso o en profundos efectos sobre nuestro cuerpo. / *Vacío extremo*: debemos mantener una atmósfera interior. / *Temperaturas extremas*: con diferencias de cientos de grados entre sol y sombra. / *Luz solar*: sin ningún tipo de reducción. / *Atmósfera tenue*: el oxígeno mono-atómico de las capas altas de la atmósfera es altamente corrosivo. / *Radiación*: uno de los principales problemas para la supervivencia / *Desechos espaciales y micro-meteoritos*.

Pero, aún hay un factor más importante: las personas. Por encima de todo, está el ser humano; sus condicionantes fisiológicos y psicológicos como la mayor prioridad. Estar en entornos de ingravidez tiene, en largas estancias, consecuencias físicas importantes (reducción de masa ósea y muscular entre otras) y, por supuesto, los espacios limitados y asilados aumentan el nivel de estrés y tensión entre las tripulaciones, influyendo negativamente en los aspectos psicológicos. Sin embargo, pese a todo, se puede hacer y se hace. Estamos dando los primeros pasos y de ahí la importancia de la reflexión en el diseño de estas arquitecturas.

Las primeras aproximaciones corresponden a visionarios como: K. Tsiolkovsky, Wehner Von Braun o Herman Potocnik que ya aventuraban estaciones giratorias con gravedad simulada. Desde aquellas primeras visiones, los programas espacial-

les contemporáneos dieron paso a una primera generación de *arquitectura monolítica* en bases como la ‘Salyut’ o el ‘Skylab’, módulos unitarios que incorporaban todos los elementos en un único casco.

Posteriormente, la Arquitectura orbital ha sido concebida de una manera *modular* en las últimas estaciones; estos módulos son puestos en órbita con todo lo necesario, bajo la constante limitación de peso y volumen (diámetro de 4,5 m.) y cada uno de ellos realiza funciones especializadas. Con cada lanzamiento se pueden incluir nuevos módulos que permiten, por adición, ampliar el tamaño de estas estaciones. Estas restricciones son la razón por la que las técnicas constructivas y los materiales han tenido una importancia tremenda; la introducción de composites (de fibra de carbono o la aramida) es muy habitual y numerosos avances en materiales (como espumas metálicas) deben su existencia a este reto constante. Ésto es algo que conoce bien la Arquitectura, el correcto uso de los materiales adecuados, el esfuerzo necesario (Buckminster Fuller o Viollet-Le-Duc) y nos habla de relaciones con los retos de la arquitectura terrestre. Hasta ahora, la Arquitectura Espacial, específica, ha sido una

‘Arquitectura vehicular’ (Sherwood, 2009). Y tiene sentido, pues los desafíos técnicos a solucionar y la naturaleza de sus funciones tenían un mayor peso. Un ejemplo de esta Arquitectura orbital lo tenemos en:

Estación Espacial Internacional (ISS) (1998 / 2011, previsión) Se trata de la mayor apuesta tecnológica de la Humanidad; pudiéndose ver a simple vista desde la Tierra, tiene un volumen habitable de 425 m³, 419.000 Kg. de peso (completa) y 110 m. de longitud (10 campos de fútbol americano). Está compuesta de diferentes módulos especializados, presurizados o no. Su descripción puede ser muy compleja, algunos de los más destacados son: el módulo ruso ‘Zarya’ y diversas estaciones de descanso desplazadas por el segmento americano: ‘Destinity and Tranquility modules’ que están destinados a la investigación junto con el ‘Columbus’ de la Agencia Espacial Europea (ESA).

Este proyecto, en conjunto, permite obtener los conocimientos necesarios para misiones de mayor duración en todos los aspectos: factores humanos, sistemas de soporte vital, etc. y nos facilita una plataforma científica sin igual. Los arquitectos espaciales han tenido una participación desde los primeros estadios de su concepción y son la antesala para una mayor implicación de los principios arquitectónicos en este tipo de proyectos.

Estos módulos, se basan en un casco que mantiene la presión y la integridad estructural junto con

4 raíles técnicos que permiten situar las instalaciones de soporte vital, almacenamiento o camarotes mediante unos ‘rack’ modulares. La aplicación de éstos como ‘camarotes’ portátiles, llevó a los arquitectos a trabajar con el equipo diseñador desde el principio; teniendo que responder a numerosos requerimientos. Están concebidos para reducir el sonido y la luz, para poder permitir una correcta circulación de oxígeno/evacuación o permitir el ‘personalizar’ el espacio con objetos de la tripulación, también reducir los efectos de la radiación mediante materiales ricos en hidrógeno (plásticos) ubicados en lugares estratégicos. Se trabajó con maquetas que permitieron estudiar en la Tierra: materiales, construcción, ensayos, etc... y se propusieron alternativas que servirán a las próximas estaciones, para lo que participaron diversas Escuelas Superiores y Estudios de Arquitectura americanos (Sci-Arc de California).

2.1.2. *Arquitectura Espacial en otras superficies planetarias*

El siguiente paso a las Arquitecturas orbitales son los asentamientos en otros cuerpos celestes, inmediatos, como la Luna o Marte. Estos ‘puestos de avanzada’ serán las primeras ‘cabezas de playa’ del hombre en cuerpos planetarios y más próximas a ‘campamentos’ (en su primera etapa) darán pie a su ampliación y permitirán, a largo plazo, asentamientos de gran escala.

En **la Luna**, las misiones Apollo consiguieron que los humanos pisáramos la Luna, habitando por primera vez un cuerpo planetario que no fuera la Tierra. Aunque con sistemas de soporte vital muy limitados (sin ‘baño’ o tratamiento de residuos), fueron tan solo ‘las puntas de lanza’ de esta expansión de la humanidad. En la Luna los condicionantes son otros; tenemos algo de gravedad, pero no tenemos atmósfera. La radiación y los meteoritos son problemas importantes pero solucionables.

El reciente cancelado programa CONSTELLATION, y otros previos, aportaron estudios muy completos sobre ‘futuribles’ arquitecturas lunares. Se han estudiado ‘hábitats de Clase 1’, es decir pre-integrados y prefabricados en Tierra, derivados de las tecnologías de las estaciones espaciales y donde los sistemas rígidos se combinan con elementos ‘hinchables’ adheridos. El suelo autóctono (regolito) se prevé que tenga una utilización puntual como material para protección frente a la radiación y los micro-meteoritos. Estas primeras configuraciones, en las que trabajaron arquitectos, han dado pie a los hábitats cilíndricos (casco rígido presurizado de alumi-

nio-litio) en cuyo exterior tenemos los sistemas de exclusas de acceso, los paneles solares, los radiadores para el intercambio térmico y un chasis que permite almacenar sistemas activos como el de potencia (emergencia). También se han combinado con sistemas robóticos de transporte y con otros conceptos que hacen uso de las más avanzadas tecnologías de estructuras hinchables, como el proyecto de hábitat toroidal de la NASA. Todos ellos, lejos de ser 'imágenes' se han convertido en prototipos funcionales, que también abren nuevos caminos a la Arquitectura sobre la Tierra.

En relación a **Marte**, los condicionantes vuelven a cambiar; con una tenue atmósfera (1% de la presión terrestre y con una gravedad del 38% de la terrestre). Wernher Von Braun, en los años 50, ya describía una primera misión a Marte. No obstante, el titánico reto de habitar el planeta rojo, lleva a considerar soluciones arquitectónicas aún más cuidadosas. Probablemente, las misiones a Marte

requerirán de 'habitats clase 2' para permanecer allí. Algunas de las ideas iniciales contemplan llevar 'habitats robóticos' que preparen la llegada de los astronautas (lo que plantea nuevas relaciones entre dos campos con mucho futuro, la Arquitectura y la Robótica). En 1990, la NASA abordó el diseño de una misión de referencia a Marte (3.0) basándose en el trabajo de oficinas de Arquitectura privadas.

2.1.3. *Arquitectura Espacial con base terrestre...*

La Arquitectura Espacial, por sí misma, tiene una serie de campos de actuación específicos en la superficie de la Tierra y son independientes de la influencia o relación que su singular perspectiva pueda tener en la Arquitectura terrestre. A continuación, estudiamos tres de ellos (Howe et al., 2009):

Analogías. La Arquitectura en ambientes extremos, como la Antártida por ejemplo, permite avanzar en algunos aspectos que son comunes a los espaciales. Sólo la tecnología ofrece los medios para poder habitar similares entornos y la dificultad de las condiciones motiva que los espacios habitados, no sólo sean limitados sino que, además, se encuentren aislados. Esto permite que se puedan estudiar diversos aspectos: la organización de misiones, los efectos psicológicos y fisiológicos generados en 'hábitats' remotos y extremos o cuestiones de montaje, logística, movilidad, etc. Un buen ejemplo es la base 'hinchable' que la NASA desplegó, en la Antártida (McMurdo), para estu-

diar (entre otras cosas) las estructuras de fácil montaje y despliegue, la ligereza constructiva, aspectos de sistemas en condiciones extremas (frío), etc.

Simuladores. En las misiones tripuladas, los factores a investigar son muchos más: el comportamiento de sistemas cerrados, es decir, simular el tratamiento y reciclaje de agua/residuos, las interacciones de sistemas ecológicos (plantas y animales), las respuestas de la tripulación frente a diferentes rutinas de trabajo, el aislamiento por parte de esa misma tripulación, las relaciones interpersonales y sociales, las influencias del número de personas o la duración de la misión, etc. Son factores decisivos y un ámbito propio de la colaboración y estudio por parte de los arquitectos espaciales. Un ejemplo lo tenemos en los simuladores Bioplex americanos o los simuladores para Marte europeos, Mars Mission (520 días).

Puertos espaciales. El turismo espacial comienza a ser una realidad en diversos puntos del planeta, como el America Spaceport (Nuevo Mexico). Estos relacionan dos ámbitos: el 'Espacial' como destino y el 'terrestre' como punto de partida, con las bases desde las que las naves comerciales despegan y que deben responder a requerimientos únicos: como telemetría, operaciones, navegación y control, entrenamiento de pasajeros, etc.

3. SU RELACIÓN CON LA ARQUITECTURA TERRESTRE

Si todo lo anterior es de gran relevancia, posiblemente este apartado, sea de mayor interés, en especial, por la circunstancia socio-económica que atravesamos. Ya hemos citado la perspectiva que arquitectos y pensadores nos mostraron desde mediados del siglo pasado, viendo este planeta como una gran nave espacial planetaria, como un sistema cerrado en sus recursos... Constatemos algunas elocuentes cifras:

- La población del planeta (según las previsiones) será de 9.000 millones para el 2050 según la UN (de ellos, 6.400 millones viviendo en zonas urbanas).
- El 86% de los recursos es consumido por un 20% de la población mundial.
- Las edificaciones, solo en Estados Unidos, consumen el 72% de la energía eléctrica disponible y el 40 % de las materias primas. En Europa los edificios son responsables del consumo del 40% de toda la energía producida y generan el 36% de las emisiones de CO2.

Resulta fácil, pues, entender como el aumento de la presión demográfica, la falta de sostenibilidad en la utilización y gestión de recursos naturales, la revisión de modelos de crecimiento económico y los eventuales cambios climáticos, son objeto de preocupación en la sociedad actual que precisa desarrollar nuevos modelos de gestión y desarrollo. La situación es compleja, con muchos matices económicos y sociales, como la UN (Informe de objetivos para el milenio) plantea (con serios problemas en educación, medio-ambiente, pobreza, salud, etc. IMF, 2010).

Como han reflejado 'los números' y la realidad vivida en el día a día confirma... la sostenibilidad, no ya energética y de recursos, sino también 'personal', pasa por la relación con nuestros entornos y actividades, pasa por la Arquitectura y por los retos que enfrenta. Salvo en contados ejemplos, en las últimas décadas, la Arquitectura (en su conjunto) ha estado lejos de dar respuestas sociológica y medio-ambientalmente responsables. Son realidades ya conocidas pero... ¿qué tienen que ver, directamente, con la Arquitectura Espacial?... Mucho!

Desde las principales Agencias Espaciales se están desarrollando iniciativas para conectar la tecnología y los conceptos, intrínsecos a la exploración espacial, con la Arquitectura y sus aplicaciones terrestres. Y para estas transferencias, el punto de vista de la ARQUITECTURA ESPACIAL es algo básico. La Arquitectura, llamemos de 'nueva generación' es considerada (por los expertos) uno de los pilares económicos de las próximas décadas a nivel global... De ahí la importancia de 'nuevas perspectivas' que trabajen es esa necesaria evolución de la Arquitectura iniciada ya.

Energía, agua, aire, materiales, desechos, transporte y utilización de la tierra son algunos de los desafíos con los que la NASA está comprometida. La *sustainability base* en el AMES Research Center de la NASA, pretende convertirse en un icono de referencia; un revolucionario edificio de altas prestaciones donde las tecnologías 'verdes' se abrazan con las tecnologías espaciales, propias a requerimientos mucho más demandantes.

Podríamos enumerar tres líneas básicas desde esta útil perspectiva, evidentemente, *con múltiples conexiones y derivaciones en el tejido económico-empresarial, como líneas de innovación de un carácter práctico*, que son potenciales generadoras de riqueza y empleo. Los tiempos de revisión siempre requieren de nuevas perspectivas. Como decíamos, estas son:

Energía. Sabemos que los edificios son los mayores consumidores de energía en la actualidad; al-

go que debemos evitar con urgencia y la creciente tendencia hacia otras alternativas energéticas, junto con las redes de distribución inteligentes, en las que las viviendas se conviertan en generadoras en lugar de meras consumidoras, son una interesante opción. Ello implica la integración de una gran cantidad de técnicas/avances y una serie de nuevos protocolos tanto para su uso como en su proceso de concepción. Muchos de éstos son comunes al ámbito aeroespacial (células de combustible, sistemas activos, combinación de energías renovables, etc.) De nuevo, más allá de la transferencia directa es la perspectiva multi-disciplinar la más interesante en su aplicación.

Muchas de estas tecnologías (como los paneles solares o las células de combustible) derivan del ámbito aeroespacial o bien se ha trabajado, en mayor medida, en su implementación. Podríamos extendernos mucho en esta importante cuestión, pero no es el objeto de este artículo.

Materiales. La otra 'cara' de la energía son los materiales y los procesos técnicos / constructivos. Los retos urbanísticos y arquitectónicos a los que nos estamos enfrentado ya, requieren de nuevas soluciones en materiales. Y un ejemplo de transferencia directa la tenemos en el *aerogel* (NASA Spinoff, 2009), como aislante de altas prestaciones para edificios. En las próximas décadas vamos a 'sorprendernos' con nuevos materiales y con las nuevas concepciones de los mismos; avances en aislamiento, materiales inteligentes, procesos de industrialización, etc. que tienen importantes aplicaciones arquitectónicas y son catalizadores de la progresiva implementación global. Al igual que la energía, requieren de nuevas organizaciones creativas por parte de los arquitectos, terrestres o espaciales.

Diseño. Los cambios en los parámetros energéticos y los paradigmas que abren la nueva generación de materiales (con sus sub-siguientes requerimientos), facilitan la consecución de objetivos antes ni siquiera esbozados y exigen nuevos planteamientos para abordar las soluciones a los problemas existentes o los intuitos. Tal vez, pensando no tanto en proyectos concretos como en procesos (que de una manera más dinámica permiten introducir un mayor número de variables). El diseño en general y el diseño arquitectónico en particular, deben avanzar en aspectos tan vitales como: la integración de nuevas herramientas de computación y construcción virtual en el diseño, la integración de la perspectiva inter-disciplinar 'real' en los procesos creativos o la conexión entre disciplinas. Y no podemos dejar en el olvido la necesaria educación

multi-disciplinar y la investigación asociada de carácter práctico, como sólidas e imprescindibles bases para un trabajo eficiente e innovador.

4. CONCLUSIONES

La Arquitectura Espacial es una disciplina emergente que surge por la necesidad humana de explorar y habitar nuevos entornos. Desde sus orígenes nos ha abierto nuevas perspectivas, que miraban a la Tierra como esa hermosa nave espacial, con la más delicada de las cargas: ‘nosotros’. Nuestra relación el planeta esta pidiendo a gritos un ‘reforma integral’... en los 60 podía ser interesante o importante... Hoy es absolutamente necesaria. Esta disciplina, tiene un perspectiva única para complementar los retos que Arquitectura y

sociedad tienen que afrontar en la próximas décadas... porque como Arquitectura, aporta una organización creativa a los complejos retos que esto conlleva, en la Tierra y en el Espacio, respaldada por la sinergia de esa importante conexión.

En este trascendental momento de nuestra historia, en los umbrales de un nuevo paradigma hacia la Era del conocimiento, necesitamos ‘mirar arriba’ (quizá ahora más que nunca) y tener una perspectiva más global... capaz de analizar los problemas en su conjunto, buscando respuestas a los problemas presentes y futuros con sus muchas singularidades y diversas causas.

Las propias Agencias Espaciales, como estandarte de los sectores de mayor desarrollo conceptual y tecnológico, han apostado por la ‘confluencia e interacción’ de los ámbitos terrestre y espacial como útil y consecuente plataforma para un progreso paralelo, que no margine nuestro entorno cotidiano y pueda re-activar la economía, innovando. En resumen: **llevar el Espacio a la Tierra, para seguir llevando el hombre al Espacio.**

REFERENCIAS

- Benevolo, L., *Historia de la arquitectura moderna*, 8º Ed. Editorial Gustavo Gili, SA, Barcelona, 1999.
- European Commission, *Energy Efficiency in Buildings*, [Web site] URL: http://ec.europa.eu/energy/efficiency/buildings/buildings_en.htm [2010].
- Howe A.S. and Sherwood B., *Out of This World: The New Field of Space Architecture*, American (AIAA), Inc, Reston, Virginia, 2009.
- International Monetary Fund, “Millennium Development Goals,” Available at URL: <http://www.imf.org/external/np/exr/facts/pdf/mdg.pdf> [2010].
- Jenks, C., *Arquitectura 2000, Predicciones y métodos, Nuevos caminos de la arquitectura*, Editorial Blume, 1975.
- Millennium Charter, Fundamental Principles of Space Architecture*, desarrollada y formada for los 46 asistentes al Space Architecture Workshop, 12 October, 2002, Houston, TX, USA. URL: <http://www.spacearchitect.org/>.
- Moleiro Rodriguez, M. et al., *Gran Atlas del Espacio*, Editorial Ebrisa S.A., Barcelona, 1988.
- NASA, “The NASA Scientific and Technical Information (STI) program,” URL: <http://www.sti.nasa.gov> [2010].
- NASA, “SPINOFF 2009”, NASA Center for Aerospace Information (CASI), URL: <http://www.sti.nasa.gov/tto/> [2010].
- Roth, Leelan, *Entender la arquitectura, sus elementos, historia y significado*, 2ª Edition, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 2000.
- Sherwood, B., “Lunar Architecture and Urbanism,” In A. S. Howe, B. Sherwood (Eds.), *Out of This World: The New Field of Space Architecture* (Chapter 24, p. 317-330). Reston, Virginia, USA: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2009.
- Signes Codoñer, J., “Ciencia y técnica en Bizancio” in *Ciencia y cultura en la edad media*, Actas VIII y X, Fundacion Canaria Orotava de historia de la Ciencia, 2000-01 pp. 230-236.
- Vogler, A., and Vittori, A., “Space Architecture for the Mother Ship: Bringing it Home,” en A. S. Howe, B. Sherwood (Eds.), *Out of This World: The New Field of Space Architecture* (Chapter 30, p. 393-404). Reston, Virginia, USA, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2009.
- United Nations (UN), Copenhagen Accord, Climate Change Conference (UNCCC), Copenhagen URL: http://unfccc.int/files/meetings/cop_15/application/pdf/cop15_cph_auv.pdf [2010].
- United Nations Environment Programme, “Annual report 2009”, UNEP Division of communication and public information, Nairobi. Available at <http://unep.org/annualreport> [2010].
- Wines, J., *Green architecture*, Benedikt Taschen Verlag gmbH, Cologne, Germany, 2000. ■