

Es difícil situar a Richard Buckminster Fuller en una categoría profesional tradicional, sin duda, fue uno de los innovadores de la arquitectura del siglo XX, por lo cual se le podría calificar como arquitecto; pero su contribución fue igualmente significativa en el campo de la ingeniería estructural, por lo que nos podríamos referir a él como ingeniero. También ha sido llamado filósofo, visionario y futurista, ya que era un buen matemático, gran orador y tenía algo de poeta. Adicionalmente anticipó el movimiento ambientalista con su preocupación por el uso de recursos. Para sus estudiantes, quienes lo apodaban afectuosamente Bucky, Fuller fue el Gran Maestro (con mayúsculas). Él se autodenominaba un "científico del diseño" (*design scientist*), puesto que veía el diseño como una ciencia.

# R. Buckminster Fuller.

## Un innovador del diseño del siglo XX\*

IGNACIO ARMILLAS

E-mail: ignacioarmillas@aol.com

**Palabras clave:**  
domos geodésicos  
Torre 4D  
Dimaxión  
Casa 4D

**Key words:**  
geodesic domes  
4D tower  
Dymaxion  
4D house

### Resumen

Los domos geodésicos son la parte más conocida de la extensa obra de R. Buckminster Fuller, pero en la opinión del autor, Ignacio Armillas, sus contribuciones más importantes fueron su filosofía y su metodología del diseño: principios que formaron su obra y los cuales compartió con varias generaciones de estudiantes en numerosos países. Quizá la mejor manera de comprender su filosofía es conocer la evolución de su obra a través de más de medio siglo, pues fue producto directo de su ideología.

### Abstract

**The vast work of R. Buckminster Fuller is better known by his geodesic domes but, in Ignacio Armillas' opinion, his design philosophy and methodology are more important contributions. Those principles, shared with several generations of students in many countries, shaped his work. Perhaps the best way to understand his philosophy is to follow the evolution of his works along more than half a century, because they stem directly from his ideas.**

### LA FORMACIÓN DE UN INNOVADOR

Buckminster Fuller nació en 1895<sup>1</sup> en el estado de Massachusetts en el seno de una familia acomodada. Sus años formativos coincidieron con una época de gran innovación tecnológica y de expansión industrial. Su región natal era uno de los principales centros de esta transformación. En esos tiempos trabajaban en esa región grandes inventores como Edison y Bell, entre muchos otros.

Innovadores de esta talla debieron ser de gran inspiración para el joven Fuller. Sin embargo, su familia esperaba que siguiera la tradición familiar de servicio público o comercio. De acuerdo con estas expectativas Bucky ingresó a la Universidad de Harvard en 1913, pero en corto plazo fue expulsado de esa sobria institución y se fue a trabajar como mecánico en un telar. Su creatividad y habilidad mecánica lo hicieron sobresalir en ese trabajo. Este esfuerzo fue recompensado con su reingreso a Harvard, de donde fue expulsado por segunda vez debido a "irresponsabilidad general". Harvard, con todos sus recursos y medios para transformar a jóvenes en dóciles miembros de la elite, no podía con la mente independiente y el espíritu creativo de Bucky.

Convencido de que una formación académica tradicional no era para él, encontró empleo en una compañía empaquera de productos de carne. Su vocación por las matemáticas lo llevó a estudiar sistemas de distribución y contabilidad y otra vez pros-

\* El contenido general de esta reseña biográfica está basado en conocimientos personales de Armillas, quien estudió durante los años sesenta en la Facultad de Diseño de la Universidad del Sur de Illinois (Southern Illinois University), donde Fuller era profesor e investigador, y con el cual tuvo la oportunidad de estudiar y trabajar brevemente en su oficina de investigación.

<sup>1</sup> Datos específicos, como fechas y características de las estructuras diseñadas por este diseñador, han sido verificados con los que aparecen en *R. Buckminster Fuller* por John McHale, 1962, George Braziller, Inc. Nueva York, excepto cuando otra referencia es citada.

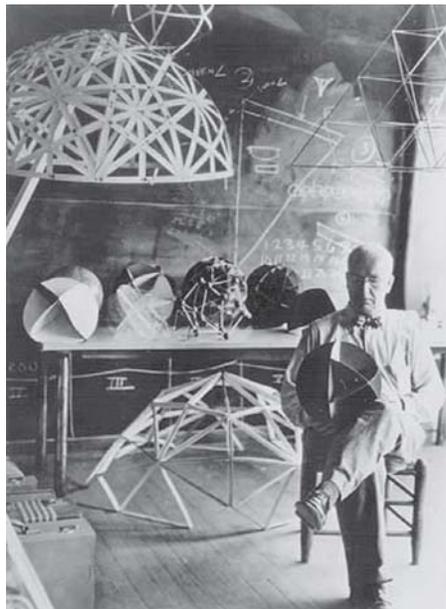
peró en el trabajo. Esta etapa de su vida fue interrumpida por la Primera Guerra Mundial. Bucky se enlistó en la Armada en 1917, donde permaneció hasta el fin de la guerra. Esa experiencia contribuyó de una manera positiva a su formación, pues fortaleció sus conocimientos marítimos y matemáticos; también lo ayudó a desarrollar sus habilidades en logística y, en particular, a pensar de manera anticipada.

No es extraño que Fuller escogiera servir en la Armada, pues desde su niñez le fascinaban los barcos veleros. Viviendo cerca de la costa, su familia pasaba los meses de calor navegando. Fue durante esos veranos juveniles que Bucky se instruyó sobre el diseño, la construcción y la navegación de estas naves. Aprendió que, en su diseño, un barco velero tiene poco que no sea funcional. Desde la estructura y perfil del casco hasta el mástil y el despliegue de velas, el diseñador busca obtener la máxima utilidad con un mínimo de materiales. En términos de diseño, el barco velero es un buen ejemplo de eficiencia, de diseño óptimo, de lograr lo máximo con lo mínimo. Esta fue la esencia de la filosofía de diseño que guiaría a Fuller durante toda su vida.

Sin una educación formal en diseño, su acercamiento a este campo vino por medio del matrimonio. En 1917 contrajo nupcias con una estudiante de arte e hija del arquitecto, muralista y escenógrafo James Monroe Hewlett. La transformación de contador a diseñador no fue inmediata, ya que al terminar la Primera Guerra Mundial Bucky vuelve a su empleo en la compañía empacadora de carne. Tres años más tarde, establece una compañía productora de materiales de construcción con su suegro.

Ese mismo año muere su primera hija, hecho que Fuller atribuye, en parte, a las condiciones poco salubres que caracterizaban la vivienda de esa época. A consecuencia de este infortunio, empieza a trabajar con energía en el campo de la construcción con la ambición de mejorar la calidad de la vivienda en general. Si en la Universidad de Harvard se había sentido agobiado por la rigidez de la institución, ahora se encontraba frustrado por la ineficiencia e ignorancia que prevalecía en la industria de la construcción.

Así pasaron cinco años, un periodo durante el cual Fuller experimenta una creciente preocupación por la incapacidad de la sociedad para proveer un mejor nivel de vida a todos sus integrantes. El detonador que finalmente lo llevaría al campo del diseño ocurre en 1927, cuando pierde el control financiero de la compañía de materiales de construcción. Decide dedicarse por completo al diseño como resultado de esta contrariedad. Diseño como él lo definía: "Desarrollar soluciones para satisfacer necesidades reales de la humanidad".



R. Buckminster Fuller en su estudio.

### LAS EXPLORACIONES DE UN INNOVADOR

Su primer paso en esa dirección fue publicar –por cuenta propia– dos ensayos: *4D* y *4D Timelock*. En estos ensayos presentó su filosofía de diseño e incluyó unos esquemas para vivienda industrializada que denominó *Casa 4D*. Como ya se ha mencionado, Fuller sentía un gran compromiso personal por mejorar la calidad de la vivienda, en la *casa 4D* buscó darle solución a esta problemática.

Al igual que Le Corbusier, Bucky concibe la vivienda como una "máquina para vivir"; pero Fuller va más allá y la define en términos enteramente funcionales: un sistema para satisfacer las necesidades humanas de protección contra los elementos, privacidad e higiene. Con esta definición busca liberarse de los conceptos tradicionales asociados con



El diseño y la construcción de barcos de vela fueron la inspiración de Fuller.

el término vivienda. Sin embargo, se autolimita al buscar la solución dentro de los confines de la tecnología; más exactamente, busca una solución que se preste a la producción en serie. Sólo así, razonaba él, se podrían reducir los costos para hacer el producto (la máquina para vivir) asequible a la mayor parte de la población. Muy consciente deja a un lado los factores sociales, culturales y políticos. Para él, estos factores no eran relevantes y limitaban la libre exploración de posibles soluciones tecnológicas. Estaba convencido de que las necesidades habitacionales de la humanidad sólo se podrían resolver por medio de la industrialización del proceso de producción.

En los mencionados ensayos *4D*, Fuller propone un diseño específico para vivienda industrializada: una torre con las áreas habitacionales suspendidas de un mástil central. La razón por la cual propone suspender los pisos es para lograr una estructura más ligera y fácilmente transportable de la fábrica al sitio de erección. En este diseño, Bucky estaba empleando los principios de tensión que había observado en los barcos veleros durante su niñez.

La planta de los pisos en la *Torre 4D* era hexagonal y todos los servicios estaban incorporados al mástil que también tenía un molino en la cúpula para captar la energía del viento. En la selección de materiales Bucky demostró su gran capacidad para innovar: el mástil era de aluminio, mientras que las paredes, ventanas y techos eran de plástico (materiales relativamente nuevos en esa época) y los pisos estaban conformados por losetas inflables de hule. Las unidades eran selladas, con las puertas también inflables, hechas de seda para globos, cerrando a prueba de polvo. Un sistema central de circulación de aire surtía la ventilación y calefacción de cada unidad; otro sistema central de aspiración y de aire comprimido facilitaba la limpieza. De noche, la luz era proyectada dentro del mástil y la iluminación llegaba a cada ambiente por medio de un sistema de espejos y prismas. Cada estructura tenía tanques para agua, sistema séptico y fuente propia de energía.

De esta manera cada estructura era autosuficiente y no requeriría de conexiones a sistemas urbanos.

Las estructuras serían ensambladas en fábricas y las unidades completas podrían transportarse a cualquier parte del mundo por dirigible. El concepto de transportar las unidades por dirigible era una extensión de su interés en artefactos aéreos. En 1927 Fuller ya anticipaba cómo, en un futuro próximo, las aeronaves facilitarían el transporte a cualquier punto del planeta, sin necesidad de transbordos. Siendo autosuficientes, estas torres podrían ser colocadas en cualquier lugar, y darían como resultado patrones de

asentamiento disperso muy similar al propuesto por su amigo el arquitecto Frank Lloyd Wright, en su libro *The Living City*.<sup>2</sup>

En términos de costos, Fuller calculó que el costo por libra<sup>3</sup> (0.4536 kg) de la estructura 4D sería de 25 centavos de dólar (en 1928); comparativamente, la fabricación de un automóvil en esa época costaba 22 centavos de dólar por libra. Desde su punto de vista, Bucky estaba logrando su propósito de hacer de la vivienda una máquina para vivir asequible a la población de su país.

En los mismos ensayos, Fuller describe ideas para otras estructuras, por ejemplo, un edificio de oficinas de 100 pisos de altura suspendido entre dos mástiles, en esencia es el mismo principio que se utiliza en los puentes colgantes; también una estructura para estacionamiento de automóviles suspendida de un mástil central. Todas estas ideas eran permutaciones del mismo concepto. El explorar todas las permutaciones posibles de un concepto fue una de las características del trabajo de él a lo largo de su vida.

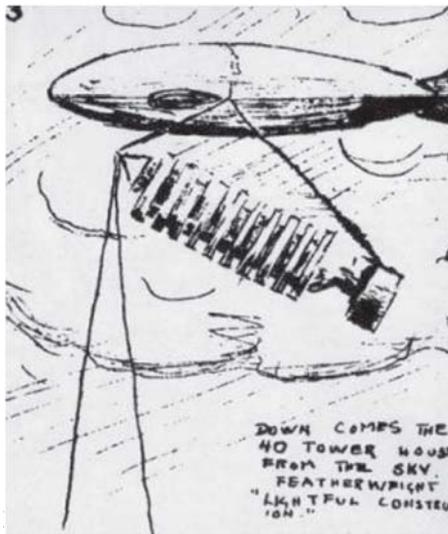
Los ensayos 4D y 4D *Timelock* llaman la atención en círculos profesionales y Fuller es invitado a presentar sus ideas en la Universidad de Harvard, entre otros lugares. Sus conceptos son publicados y el trabajo se exhibe en varias ciudades, aunque no en todas la acogida es favorable. Bucky ofrece ceder las patentes que tiene sobre la vivienda 4D al Colegio de Arquitectos de Estados Unidos (*American Institute of Architects*) para su mayor difusión, pero la directiva del Colegio no sólo rechaza el ofrecimiento, sino además pasa una resolución estipulando que está, en principio, en contra de cualquier diseño reproducible "como chícharos en vaina" (Fuller, 1969 a:1). Así expresaron los profesionales su oposición a la vivienda industrializada y a las ideas del joven innovador.

Bucky no se desanima y desarrolla la versión de vivienda unifamiliar del edificio 4D, a la que denomina la casa *Dymaxion*.<sup>4</sup> Ésta es básicamente un piso de la estructura 4D, suspendido un par de metros sobre el nivel del terreno, de tal manera que permite estacionar automóviles bajo el área habitacional. El techo es utilizado como terraza y está parcialmente cubierto.

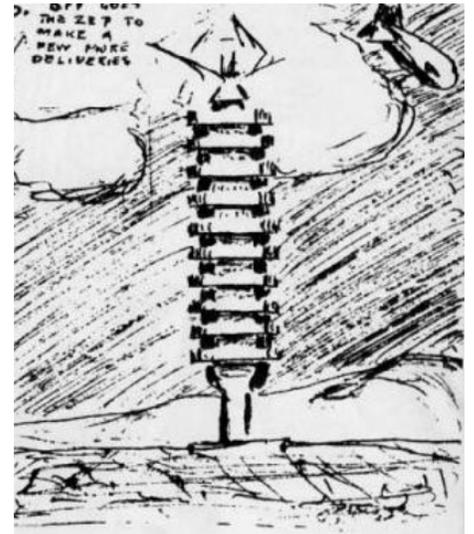
<sup>2</sup> Fuller y Frank Lloyd Wright se conocieron personalmente hasta 1931, en adelante establecieron una buena amistad.

<sup>3</sup> Cuando era vicepresidente del Colegio su propio suegro, el arquitecto James M. Hewlett.

<sup>4</sup> *Dymaxion* es una contracción de las palabras dinámica y máxima en inglés y en adelante Fuller utiliza este término para referirse a muchas de sus obras, pues refleja su filosofía de diseño.



Proyecto de la Torre 4D que podría transportarse por dirigible a cualquier parte del mundo, 1927.

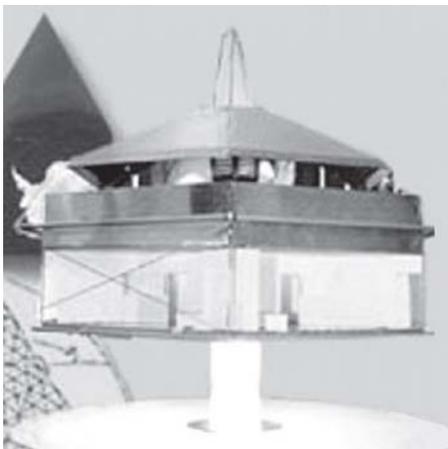


Aunque por el momento ninguno de estos diseños para vivienda pasa de la etapa de anteproyecto, el baño unitario de plástico moldeado, que era parte del concepto de las viviendas *Dymaxion*, provoca el interés de la industria de sanitarios. En 1931 Fuller desarrolla el primer prototipo completo de este baño. Cinco años más tarde produce otro prototipo más elaborado, el cual incluye un sistema integrado de ventilación, iluminación y calefacción; en 1940 desarrolla un tercer prototipo. Este último incluye una regadera de agua atomizada e inodoro seco (Marks, 1960). A pesar de que varias compañías habían apoyado las investigaciones del baño integral en diferentes épocas, ninguna se aventuró a lanzarlo al mercado.

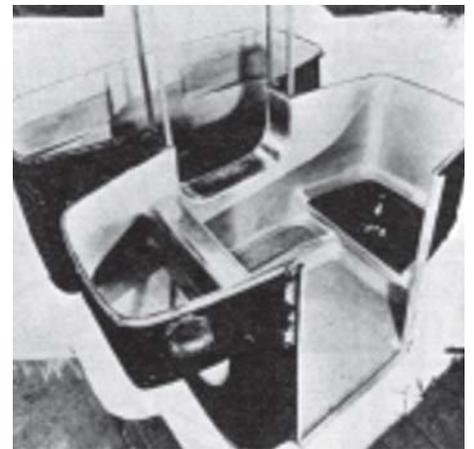
El concepto de limpiarse con agua atomizada también lo derivó de su experiencia marítima. Bucky había observado, cuando subía a cubierta, que la grasa de maquinaria pegada a su piel desaparecía después de un

rato. Dedujo que la neblina actuaba como limpiador y confirmó esta idea con trabajo experimental. La economía en consumo de agua que se podía lograr utilizando agua atomizada era considerable, pues Fuller estimaba que un baño de una hora consumiría solamente dos tazas de agua. Aún más, el inodoro seco prescinde del uso de agua por completo.

En el mismo año, Bucky expande el concepto del baño unitario al del módulo mecánico para adecuar espacios como vivienda. Estas unidades operaban de una fuente central de apoyos mecánicos y de energía, e incorporaban el baño, la cocina y facilidades para lavado de ropa. Este concepto sería elaborado en 1949 —en su proyecto académico con un grupo de estudiantes— como el Paquete autónomo para vivir (*Autonomous Living Package*). El paquete (un remolque de aproximadamente 2.5 x 2.5 x 7.6 m) contenía todo el mobiliario y los servicios mecánicos para una familia de seis miembros.



Vivienda unifamiliar *Casa Dymaxion*, suspendida sobre el terreno, 1928.



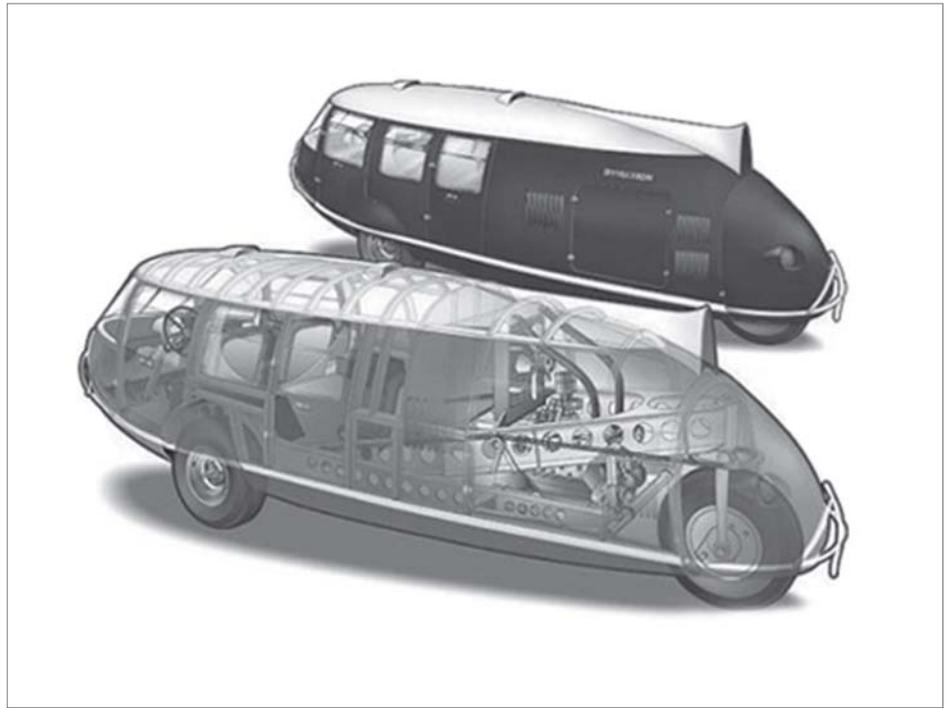
Prototipo de baño unitario de plástico moldeado diseñado para las viviendas *Dymaxion*, 1937.

El Paquete autónomo para vivir era transportable y sencillamente se incorporaba a un espacio existente, convirtiendo ese espacio en vivienda. Aquí Fuller separaba claramente las funciones de vivienda, que requieren apoyo mecánico, de las funciones de protección contra los elementos que son tradicionalmente combinadas en toda estructura para habitación. Veinte años después, diseñadores italianos produjeron unidades similares basadas en el mismo concepto (Ambasz, 1972:137-199).

Otro proyecto que Bucky trabajó durante el periodo desde la publicación de sus ensayos hasta la Segunda Guerra Mundial fue el coche *Dymaxion*. En concepto y diseño este automóvil era muy diferente a otros de la época. La primera versión del automóvil fue construida en 1934: el vehículo era totalmente aerodinámico y parecía el fuselaje de un pequeño avión al cual le faltaban las alas. El sistema estructural, materiales y modo de fabricación también simulaban los de un avión de la época: el motor estaba montado en la parte posterior con tracción delantera. El coche tenía solamente tres ruedas, dos delanteras y una trasera más pequeña que se utilizaba para la dirección. Esto le brindaba un alto grado de maniobrabilidad al vehículo. El espacio interior se asemejaba al de un coche tipo *Van* contemporáneo.

En 1948 Fuller retomaría el tema del automóvil y desarrolla un nuevo concepto con el auspicio de la compañía metalúrgica Kaiser. Este coche mantiene la geometría de tres ruedas pero es más pequeño, y esta vez cada rueda tiene un motor independiente. Una vez que el vehículo alcanza la velocidad deseada sólo se requiere de uno de los motores para mantener la velocidad, proporcionando un mejor rendimiento de combustible. Aquí vale la pena señalar que este concepto es similar al de los automóviles "híbridos" recientemente introducidos al mercado internacional: estos automóviles tienen dos motores, uno de gasolina y otro eléctrico. El primero ayuda a generar electricidad para el motor eléctrico y cuando se requiere más potencia, los dos motores actúan en concierto para propulsar el vehículo.

En 1940, después de más de una década de desarrollar conceptos para vivienda industrializada, la compañía Butler le dio la oportunidad de realizar este concepto. La compañía producía graneros de metal corrugado y Fuller adaptó esta tecnología para propósitos de vivienda. El diseño fue bautizado *Dymaxion Deployment Unit* (Unidad *Dymaxion* Desplegable), pues el concepto era producir albergues transportables de la fábrica al sitio de erección. En su diseño, mantuvo la planta circular de la estructura para graneros, solamente introdujo aperturas para las puertas y ventanas, y en la cúpula del techo incorporó un ventilador.



Coche *Dymaxion* de tres ruedas diseñado por Fuller hacia 1934.

La producción pico llegó a ser de mil unidades por día, pero cuando Estados Unidos entró a la Segunda Guerra Mundial la producción se limitó por la escasez de materia prima; sin embargo, estas unidades encontraron múltiples usos durante la guerra como dormitorios, hospitales y eventualmente estaciones de radar. Fueron situadas en muchas partes del mundo, pues se adaptaban a diferentes condiciones climáticas y eran de fácil ensamblado para los trabajadores no especializados.

Durante este periodo, Bucky sigue elaborando la base filosófica de su trabajo. En 1938 publica el libro *Nine Chains to the Moon* (*Nueve cadenas a la luna*), en el que expone sus ideas de cómo la tecnología debe ser puesta al servicio de la humanidad, pues para él es la función primaria del diseñador. En este libro Fuller despliega su manera de pensar poco convencional con conceptos como el que las materias primas deberían ser alquiladas por los usuarios; este concepto es análogo a lo que hoy en día se conoce como reciclaje. Fuller parte de una base filosófica mucho más profunda: los recursos del planeta no le pertenecen a ningún individuo, corporación, nación o generación, por lo tanto, estos recursos deben ser utilizados de tal manera que no sean consumidos.

Entre 1938 y 1940 Fuller se desempeñó como consultor técnico para la revista *Fortune*. Esta posición le brindó la oportunidad de continuar sus investigaciones sobre recursos naturales y complementarlos con pesquisas sobre el desarrollo tecnológico de la humanidad, estudiando tendencias y proyectando necesidades futuras.

Una innovación que introduce es el uso extensivo de gráficos para analizar y presentar información de manera sucinta y clara, práctica poco común en la época (*Fortune*, 1940).

El mapa que usa como base para presentar la distribución de factores alrededor del mundo es otra innovación de Fuller. Se trata de una proyección de la esfera terrestre sobre un icosaedro, lo cual minimiza la distorsión al aplanar el globo terrestre, por lo que la representación de las masas terrestres es más exacta. Además forma los 20 triángulos del icosaedro de tal manera que la continuidad de la masa terrestre es evidente y, consistente con su ideología, no pone ninguna frontera política: el mundo sin fronteras. Este mapa es conocido como el *Dymaxion Air Ocean World Map* (Mapa Mundial Aire Océano *Dymaxion*) (ver la reproducción del mapa en un modelo para recortar y armar en la página 37).

Es evidente que en la inquieta mente del diseñador fluían muchos cauces de forma simultánea. Mientras algunos cauces estaban activos, otros parecían desaparecer solamente para brotar de nuevo en otro lugar y en otro tiempo. Cada concepto, aun en "reposo", iba madurando. Lo que es más, estos cauces parecían, en la superficie, ser bastante diferentes uno del otro; sin embargo, todos compartían la misma base filosófica y metodológica de diseño.

La entrada de los Estados Unidos de América a la Segunda Guerra Mundial no secó los cauces que fluían en la mente de Bucky, pero sí concentró las prioridades de este país en el conflicto bélico. Fuller trabajó para su gobierno y a fines de 1944 se anticipó a la

necesidad de convertir la enorme industria aeronáutica militar en una con propósitos civiles; también previno la demanda de vivienda que se produciría con el retorno de las tropas al concluir la guerra, y propuso desarrollar un proyecto para la producción de vivienda en fábricas de aviones. De esa manera, las fábricas continuarían funcionando y crearían empleos, y la demanda para viviendas sería satisfecha al mismo tiempo.

El gobierno aceptó la propuesta y Fuller se puso a trabajar con la compañía *Beech Aircraft Corporation* en Wichita, Kansas. Ahí diseñó y construyó un prototipo de vivienda que fue denominado la casa Wichita (*Wichita House*). Este prototipo representa la maduración de los conceptos para vivienda industrializada que Fuller había trabajado por casi dos décadas. Al igual que los diseños de vivienda *4D* y *Dymaxion*, la casa *Wichita* era de forma circular y la estructura íntegra estaba suspendida de un mástil central; pero esta vez la vivienda estaba próxima al terreno y anclada al mismo. La circunferencia de la planta era de aproximadamente 8.5 metros.

El mástil tenía una altura de casi 7 m y estaba compuesto por siete tubos de acero inoxidable de aproximadamente 7.5 cm de diámetro, los cuales soportan más de tres toneladas. La cubierta utilizaba los mismos materiales que se empleaban en el fuselaje de un avión: aluminio y plástico. Los avances en metalurgia y plásticos permitieron que la estructura fuera más fuerte y liviana que en los diseños anteriores. El techo era más bajo, pero incorporaba el sistema de ventilación y los cables de suspensión como en los diseños pasados. El área habitacional estaba dividida en una sala/comedor, dos recámaras y dos baños, cocina y recepción. Al igual que en los diseños anteriores, todos los servicios estaban dentro del mástil; los espacios para almacenaje se incorporaban a las divisiones entre ambientes, y la iluminación era indirecta.

Describiendo el concepto de la casa *Wichita* para la revista *Fortune*, en abril de 1946, Fuller reitera su convicción de que si vamos a proveer vivienda digna para todos, "el albergue tendrá que ser producido industrialmente en grandes cantidades" (1946). Fuller explica que la producción en masa implica transporte, tanto de materia prima como del producto, y esto exige que se considere el peso como el parámetro primario de diseño. Para obtener reducciones considerables en peso, debemos tener la estructura en tensión en lugar de en compresión. Esta es la diferencia entre "un puente colgante y las pirámides", explicaba Fuller.

Debido a que la casa *Wichita* fue diseñada para ser producida en fábricas de aviones y que usaba las mismas técnicas y materiales de producción, no había necesidad de capacitar a los trabajadores y las fábricas podían



Construcción de la *Casa Wichita*, en Wichita, Kansas, 1946.

mantenerse en plena producción, sin interrupción para cambiar de maquinaria. Fuller estimó que las fábricas de aviones localizadas en el área de Wichita podían producir un cuarto de millón de unidades habitacionales por año, sin interferir con la demanda de la aviación civil; y estimó el costo por unidad, en condiciones de producción limitada, en 6,500 dólares (de 1946), cantidad que podría reducirse a 3,500 dólares, si la producción se elevara a medio millón de unidades por año. Sin embargo, Bucky no logra encontrar inversionistas dispuestos a proveer el capital necesario para la producción. Esto causa que se desilusione de una vez por todas del sector privado y en adelante se asocia casi exclusivamente con universidades.

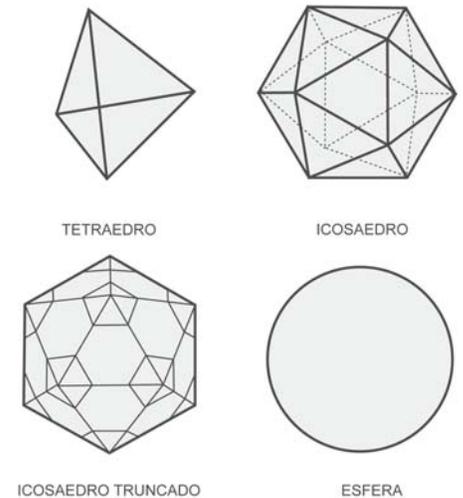
En el ámbito universitario Bucky enfoca sus energías en la investigación de la geometría estructural. El estudio de volúmenes lo lleva al tetraedro, el cual es la estructura más estable y más resistente a la compresión. También estudia la esfera, el volumen con la relación más alta entre volumen contenido y superficie, y con mayor resistencia a la presión interna. Combinando 20 tetraedros se forma un icosaedro, el cual se aproxima a la esfera. Para mayor aproximación a la esfera se pueden trincar las puntas del icosaedro.<sup>5</sup> Este tipo de estructuras presenta la mejor relación entre volumen, contenido y resistencia, puesto que las fuerzas se reparten de manera pareja por toda la estructura. Fuller llamó a este tipo de estructuras: estructuras geodésicas. Las estructuras geodésicas<sup>6</sup> son un ejemplo por excelencia de la máxima eficiencia en uso de materiales: la esencia de la filosofía de diseño de Buckminster.

Es interesante observar que en la naturaleza se encuentran estructuras geodésicas, un ejemplo es la molécula del Carbono 60, en

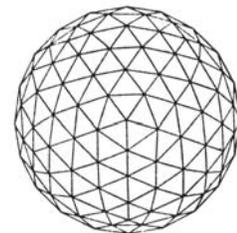
<sup>5</sup> La pelota introducida para la Copa Mundial de Fútbol de 1970, en México, es básicamente un icosaedro truncado.

<sup>6</sup> Puesto que, como nuestro planeta, no son esferas perfectas.

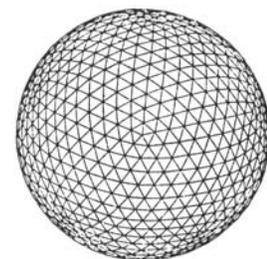
la cual los átomos de éste forman un icosaedro truncado. Esta molécula fue descubierta en 1985 por el inglés Harold W. Kroto, quien la bautizó Fullereno en honor de Bucky. De manera similar, la tensegridad, concepto estructural que aparece en la escultura de Kenneth Snelson en 1949, es desarrollado por Fuller posteriormente; ésta se encuentra



Geodésica regular, icosaedro frecuencia-dos.



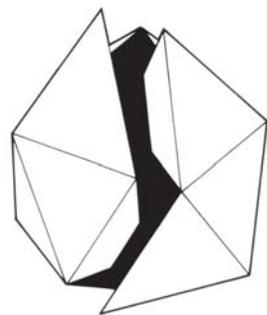
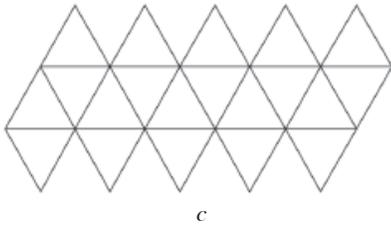
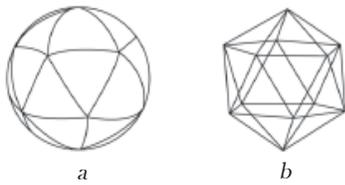
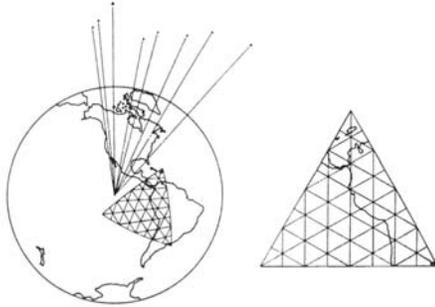
Geodésica regular, icosaedro frecuencia-cuatro.



Geodésica regular, icosaedro frecuencia-nueve.

El sistema de proyección del Mapa Mundial Aire Océano Dymaxión divide la esfera en 20 triángulos equiláteros de forma esférica (a), los cuales son unidos para formar un icosaedro (b). Estos 20 triángulos son desdoblados para formar un plano (c).

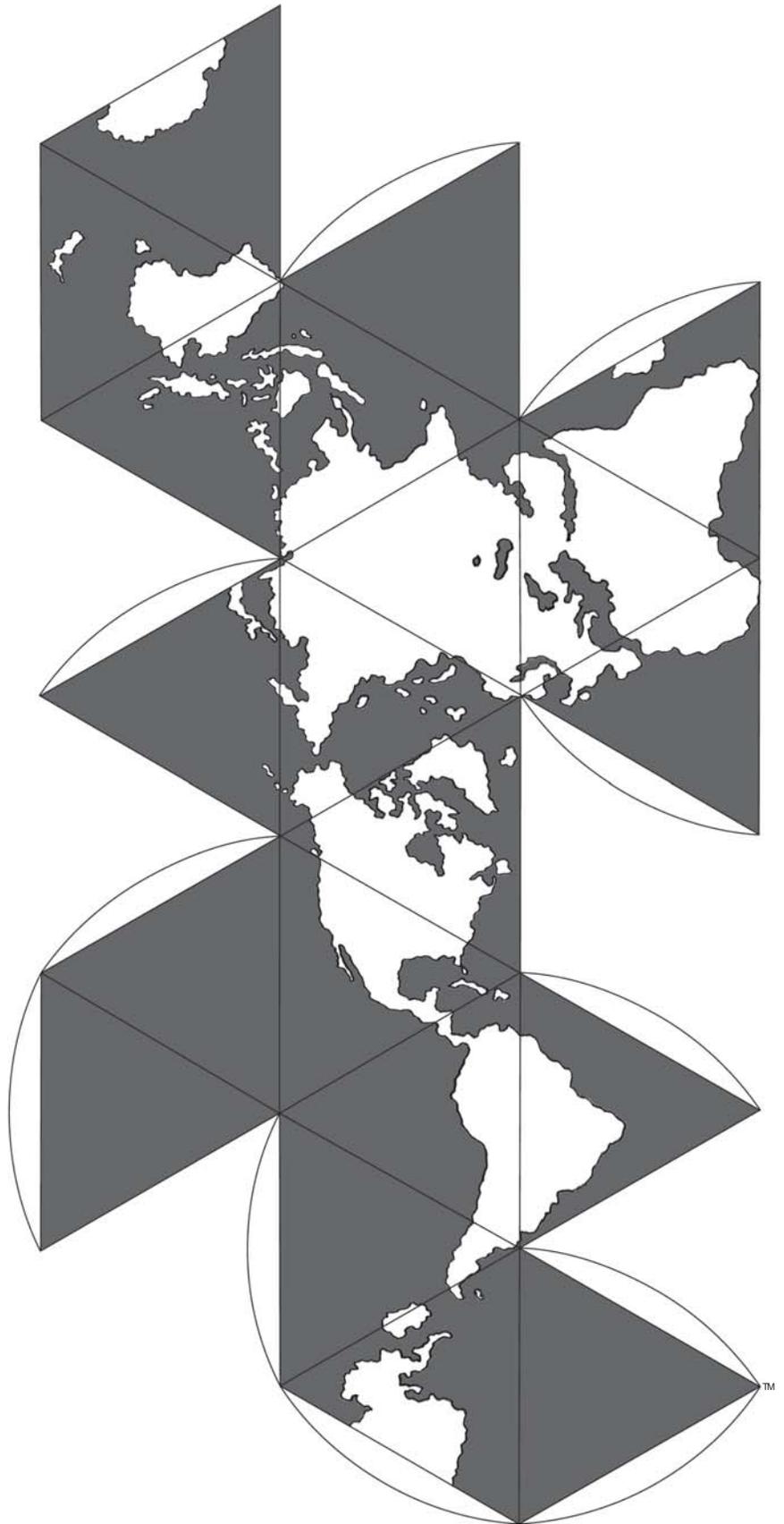
Este método da como resultado un mapa que tiene una menor distorsión visible que cualquier otro sistema de proyección de mapas conocido con anterioridad.



Mapa armado



### Mapa Mundial Aire Océano Dymaxión



Mapa desplegado para ser cortado y armado



una amplia gama de estructuras naturales. (Ingber, 1998).

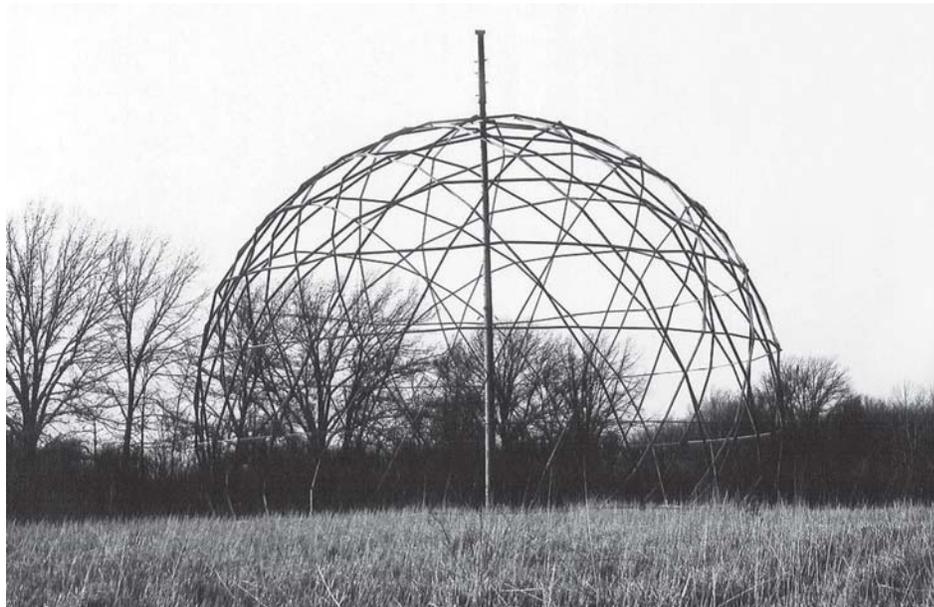
Trabajando principalmente con grupos de estudiantes en diferentes universidades, Bucky generó un gran número de permutaciones del concepto de estructuras geodésicas. En algunas, cada miembro de la estructura puede funcionar en tensión o en compresión; en otras, unos miembros trabajan nada más en tensión y otros nada más en compresión. Él también exploró la construcción de estructuras geodésicas y utilizó una variedad de materiales: construyó domos de metal, madera, bambú, plásticos y papel (cartón corrugado). Aunque los domos dominan entre las estructuras experimentales que produce durante estos años, también diseñó otros tipos de estructuras basadas en dicha geometría.

Sus estructuras geodésicas llaman la atención en los ámbitos de la arquitectura y la ingeniería. En 1953 Fuller es comisionado para diseñar un domo para cubrir un patio redondo al centro de un edificio que se estaba proyectando para la Compañía Ford. El área por cubrir tenía 30 m de diámetro. Un domo convencional de acero de esas dimensiones hubiera pesado 160 toneladas, mientras que el domo geodésico pesó solamente ocho toneladas y media.

Desafortunadamente la belleza del domo no se puede percibir desde el exterior, pues la estructura del edificio que lo rodea es más alta. Sin embargo, esta primera aplicación de los experimentos que venía haciendo, fue exitosa.

También las instituciones militares muestran interés en el trabajo de Fuller. En ese mismo año lo comisionan para que diseñe albergues para zonas de avanzada militar. Esta vez Bucky disponía de un extenso catálogo de estructuras experimentales. Propuso una variedad de posibilidades, desde domos de cartón corrugado para reemplazar tiendas de campaña<sup>7</sup> hasta domos que podían servir de hangares. Entre otros, se estudiaron domos de madera y plástico que podían ser transportados, previamente armados, por helicópteros. Fue elegido un domo de 14 m de diámetro que podía armarse en dos configuraciones. Estos domos podían ser utilizados en cualquier clima y en condiciones muy adversas. Fuller también diseñó los llamados Radomes para albergar el sistema de radares a lo largo del ártico canadiense, construidos para monitorear el espacio aéreo entre la antigua Unión Soviética y Norte América. Estas estructuras de plástico son transparentes y pueden resistir temperaturas por

<sup>7</sup> Estos domos podían producirse por una fracción del costo de los de acero y pesaban menos que una tienda de campaña convencional; podían ser empacados en menor volumen. Fueron conocidos como los domos *Kleenex*.



Fotografía de domo experimental construido con estudiantes de diseño en la Universidad del Sur de Illinois en 1962. Foto: Ignacio Armillas.

debajo de 0° C y fuertes vientos de hasta 240 km por hora.

Para la Trienal de Milán, en 1954, Fuller presentó un domo de 12 m de diámetro construido de cartón corrugado. Las instrucciones de ensamblaje estaban impresas sobre el mismo cartón. Una vez en el sitio, el cartón fue cortado, doblado y engrapado para ensamblar el domo. Casi todas sus facetas tenían ventanas triangulares, permitiendo que el interior estuviera bien iluminado y creando una vista muy interesante desde el exterior, particularmente de noche.

Las características intrínsecas de las estructuras geodésicas (en especial su economía, ausencia de soportes internos, erección en corto plazo por mano de obra no especializada, ligereza y fácil transportación, así como calidad estética), empiezan a crear demanda para este tipo de estructuras en el ámbito civil. En 1956 Fuller diseña el Pabellón de los Estados Unidos para una exhibición industrial en Kabul, Afganistán. La estructura era un domo de 30 m de diámetro, construido con tubos de metal y lona. El domo fue diseñado y fabricado en un plazo de seis semanas, las partes transportadas en avión y erigido por trabajadores locales en 48 horas. El éxito de este primer pabellón llevó a la realización de un pabellón similar para una feria en Moscú, tres años más tarde. Esta vez el domo tenía el doble de diámetro y era todo metálico.

Hacia fines de la década de los años cincuenta y en la década de los sesenta, empezaron a surgir domos por todo el mundo con dimensiones de 50, 100 y más metros de diámetro. Más de dos mil domos se construyeron en esos años. Sus usos eran tan diversos

como sus características: domos para jardines botánicos, fábricas, centros de conferencias, hangares, teatros móviles, talleres de mantenimiento, estadios para deportes y otros propósitos.

Paradójicamente, la estética (calidad menospreciada por Fuller en su filosofía de diseño) contribuyó, en mi opinión, al éxito de las estructuras geodésicas. La calidad estética de las estructuras, es decir, sus proporciones, simetría, textura, ligereza y volumen no son el resultado del genio o capricho artístico del diseñador; estas cualidades fluyen de la base matemática que las conforma y los materiales utilizados. Son estructuras honestas y estables, muestran qué son y cómo funcionan; en esto se asemejan mucho al diseño de los barcos veleros tan apreciados por Bucky.

De las muchas estructuras geodésicas que han sido construidas hasta la fecha, sin duda alguna la más visitada es la que se encuentra



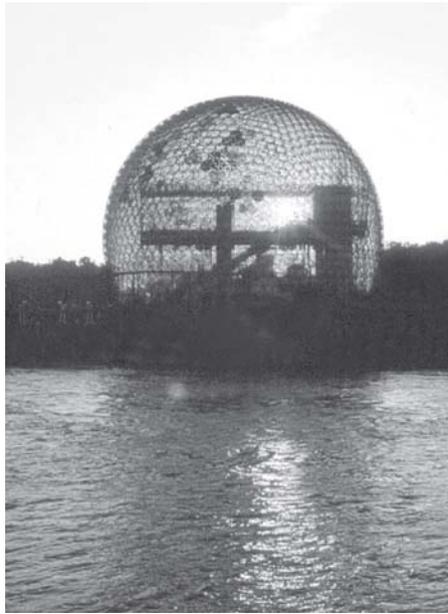
Domo de Nagoya, 1997, ilustrativo de los construidos recientemente.

en el EPCOT Center de Disney World en Florida; pero la estructura geodésica que se convirtió en un icono de su época fue la utilizada para el pabellón de los Estados Unidos en la Feria Mundial de Montreal de 1967 (Expo 67). Esta fue la más bella e inconfundible estructura construida para una feria mundial desde que la Torre Eiffel fuera realizada en 1889. Coincidentemente, en ambos casos el propósito de los diseñadores fue demostrar el potencial de nuevos materiales y sistemas de construcción. En su Torre, el ingeniero Gustavo Eiffel demostró como lograr nuevas alturas con acero en compresión. En el caso del pabellón, Fuller demostró como cubrir económicamente un gran volumen de espacio con estructuras en tensión.

El colaborador principal para esta obra fue el arquitecto japonés Shoji Sadao, quien trabajaba en la oficina de Fuller en esa época. El domo para la Expo 67 en Montreal era a su vez muy ligero y fuerte. Los elementos estructurales eran de acero tubular y los casi dos mil hexágonos eran de plástico transparente. El domo tenía un diámetro de 76 m y una altura de 61 m (Jacobs, 1967) por lo cual encerraba un volumen de aproximadamente 190 mil metros cúbicos.

El domo era como una gran burbuja transparente reposando sobre los jardines de la feria. Desde afuera, se podía apreciar la estructura interna donde estaban las exhibiciones, mientras que de adentro se gozaba del paisaje de la feria. La gran burbuja estaba sellada, pero su "piel" respiraba manteniendo un ambiente ideal en el interior. La "respiración" era por medio de un sistema programado para reaccionar con las condiciones climáticas en el exterior. El sistema incluía ventosas distribuidas por toda la estructura. Además cada hexágono tenía viseras enrolladas dentro de sus elementos, las cuales podían ser desplegadas o retraídas por motores eléctricos. De esta manera, se bloqueaba la luz directa del sol y la apariencia del domo cambiaba de acuerdo con las condiciones externas. Al cerrarse la Feria Mundial en octubre de 1967, los pabellones fueron desmantelados, como es costumbre al término de estas actividades; pero, al igual que la Torre Eiffel, el domo de Bucky quedó en pie, transformado en un jardín ecológico.

Aunque la exhibición al interior del Pabellón estadounidense en Expo 67 también fue meritoria (ésta no fue diseñada por Fuller), el gran éxito, sin duda, fue la estructura geodésica. Irónicamente en el concepto original que Bucky presentó a su gobierno en 1964, el domo era sencillamente el cascarón que contendría una idea mucho más ambiciosa. Proponía que el pabellón no fuera una exhibición de productos nacionales, sino un ruedo para exponer y jugar el Juego del mundo (*World Game*).



Pabellón de Estados Unidos en la Feria Mundial de Montreal en 1967, Expo 67. Foto: Ignacio Armillas.

El Juego del mundo concebido por Fuller es un ejercicio de simulación computarizado; durante el juego el público participa en la gestión de los recursos globales con el objetivo de lograr un mundo más justo. Esta idea es una aplicación de los juegos de simulación de combate (*War games*) que los militares usan para desarrollar estrategias, pero en el caso del Juego del mundo, el objetivo es optimizar el uso de recursos para el bien de la humanidad.



Vista interior del Pabellón de los Estados Unidos en la Feria Mundial de 1967. Foto: Ignacio Armillas.

Este juego era una extensión de investigaciones que Bucky venía haciendo por cuatro décadas sobre recursos naturales y del proyecto Inventario de Recursos Globales (*World Resource Inventory*), que se llevaba a cabo en su oficina en esa época. Frente a la Reunión Conjunta de la Sociedad Americana de Investigación de Operaciones y la Sociedad Americana de Astronáutica (*Joint National Meeting of the Operations Research Society of América and American Astronautical Society*) (Fuller, 1969 b), Fuller dijo estar seguro que conforme el Juego del mundo se desarrollara, se descubriría una variedad de estrategias eficientes y sorprendentes para resolver problemas de la humanidad que parecían no tener arreglo y que las instituciones políticas no habían podido solucionar.

El gobierno estadounidense aceptó la propuesta de la estructura geodésica, después de todo estructuras similares habían sido exitosas en Kabul y Moscú. Sin embargo, no estaba tan convencido de la factibilidad (o deseabilidad) de que público de todo el mundo participara en experimentar alternativas de desarrollo para optimizar el uso de los recursos del planeta. El gobierno citó limitaciones presupuestarias y como Bucky no estaba dispuesto a transar, el contrato para el trabajo de la exhibición al interior del domo se otorgó a otra oficina de diseño.

El proyecto Inventario de Recursos Globales continuó con la dirección de John McHale. El trabajo evolucionó del énfasis en recursos naturales y energía a abarcar un horizonte mucho más amplio, cubriendo las consecuencias e implicaciones de las diver-

sas actividades humanas a escala global. Estas investigaciones dieron origen a una serie de publicaciones (McHale, 1970). Resultados parciales fueron presentados en varios foros, incluyendo el Congreso de la Unión Internacional de Arquitectos (UIA), llevado a cabo en París, en 1966.

A fines de los años sesenta y principios de los setenta Fuller desarrolló conceptos para una ciudad flotante con el patrocinio del magnate japonés Matsuro Shoriki. La propuesta de Fuller era para una ciudad de 200 000 habitantes que podría albergar a un millón de habitantes. Esta ciudad sería totalmente autónoma e igual podría estar sobre la tierra o flotar sobre el agua. Fiel a sus estudios de geometría, la ciudad sería un tetraedro, inicialmente de 200 pisos y podría crecer hasta una altura de kilómetro y medio. Fuller eligió el tetraedro porque puede crecer en una dirección sin perder su simetría. Estudios preliminares de factibilidad se llevaron a cabo en el Massachusetts Institute of Technology (MIT) y la Universidad de Harvard, pero el proyecto no pasó de esa fase.

Hasta sus últimos días, Fuller siguió pregonando la necesidad de aprender a guiar lo que él llamaba la "Nave Espacial Tierra" (*Spaceship Earth*) para que el planeta no continuara a la deriva. Su fe en la tecnología siguió incuestionable y su desdén por los políticos fue indomable. Como solía decir: "Podríamos arrancar todo lo producido por la tecnología y arrojarlo al mar; si así lo hiciéramos, dos tercios de la humanidad moriría en seis meses; pero si lanzáramos a todos los políticos al espacio, todos seguiríamos comiendo" (1969a: 115).

#### LAS ENSEÑANZAS DE UN INNOVADOR

Si bien la contribución más palpable de Fuller fue la estructura geodésica, su contribución más importante fue su teoría de diseño. Para él, era muy claro que la función del diseñador es encontrar soluciones a necesidades humanas, soluciones que puedan servir a la mayor parte de la humanidad posible. Como repetía frecuentemente: "El diseño debe resolver, no imponer" (Fuller, 1969a:1). Desde su punto de vista, cualquier esfuerzo que no llenara estos requisitos no era diseño, era sencillamente arte.

Igualmente significativa fue su metodología de diseño. Fuller empezaba concibiendo el problema a la escala más general posible para abarcar toda la problemática, y lo definía en términos enteramente funcionales para no dejarse encasillar por la terminología. Fuller entendía bien cómo el lenguaje utilizado para definir un problema se convierte en una limitante de la creatividad, pues la terminología que utilizamos para definir un problema nos apunta por caminos ya establecidos a soluciones preconcebidas, vedando la exploración de alternativas que puedan encontrarse fuera de los conceptos asociados con los tér-

minos utilizados: al expresar un problema en términos de las funciones o necesidades a satisfacer, nos liberamos de las limitaciones lexicológicas y abrimos nuestras mentes a la creatividad. Una vez definido el problema, lo desglosaba a sus elementos básicos y procedía a analizar cada elemento, buscando soluciones alternativas para cada uno. Finalmente sintetizaba una solución combinando las alternativas más idóneas de cada elemento.

La trayectoria de Bucky como diseñador se distinguió además por varias características que solamente pueden apreciarse cuando se percibe la totalidad de su obra. Quizá la más notable fue que para él nunca se llegaba al término de un trabajo, no había solución que no pudiera mejorarse y, por lo tanto, volvía a un tema una y otra vez. Cada vez elaboraba y refinaba soluciones anteriores. Otra característica, que es evidente durante el transcurso de su vida, es que siempre trató varios temas simultáneamente. Aunque la relación entre temas no siempre era evidente, todos compartían la misma base filosófica. También se caracterizó por explorar todas las permutaciones posibles de un concepto: su trabajo con estructuras geodésicas es el mejor ejemplo de esto.

No se puede dudar del éxito que Fuller logró trabajando con factores tecnológicos, y aunque daba cabida a aspectos económicos, no tomaba en cuenta aspectos culturales, políticos o de estética. Sencillamente no había cupo para estos factores en su esquema lógico o en su filosofía de diseño. Por lo cual, sus soluciones tendían a ser vistas como ciencia-ficción, lo que les restaba aceptación. Sin embargo, Bucky no buscaba aceptación; buscaba soluciones tecnológicas a necesidades humanas. Por esta razón, sus ideas fueron innovadoras y muchas han sido aceptadas posteriormente.

A fin de cuentas, podemos considerar que, sobre todo, Bucky aspiró a poner la tecnología al servicio de la humanidad, y para esta ocupación no existe una categoría profesional reconocida. Además fue un Gran Maestro que impartió su filosofía y metodología de diseño a gran número de estudiantes a través de varias generaciones. Para los que tuvimos la fortuna de ser sus alumnos, las enseñanzas de Bucky influyeron sobre nuestras carreras de manera contundente. La única cualidad que Bucky no podía impartir a sus estudiantes era su genio. Su genio era su visión, la inquieta mente que poseía, y la facultad para relacionar lo que para otros no es evidente. En esto se asemejaba a los grandes inventores de su niñez.

#### BIBLIOGRAFÍA

Ambasz, Emilio (ed), 1972, Italy: *The New Domestic Landscape*, The Museum of Modern Art, Nueva York.

*Fortune*, 1940, febrero, reimpresso en Fuller, R. B. 1969a, pp. 45-59.

\_\_\_\_\_ 1946, abril, "Fuller's House", reimpresso en Fuller, R. B. 1969 (a), pp. 65-75.

Fuller R. Buckminster, 1938, *Nine Chains to the Moon*, J. B. Lippincott Co., Nueva York.

\_\_\_\_\_ 1962a, *Education Automation*, Southern Illinois University Press, Carbondale.

\_\_\_\_\_ 1962b, *No More Second Hand God*, Southern Illinois University Press, Carbondale.

\_\_\_\_\_ 1969a, *50 Years of the Design Science Revolution*, Colección de artículos publicados en varias revistas sobre el trabajo de Fuller. Impreso por la oficina de R. B. Fuller, Southern Illinois University, Carbondale.

\_\_\_\_\_ 1969b, *World Game*, presentación a la Joint National Meeting of the Operations Research Society of America and American Astronautical Society llevada a cabo en Denver, Colorado, reimpresso en Fuller, R. B. 1969a, pp. 111-118.

Ingber, Donald E, 1998, "The Architecture of Life" en *Scientific American*, enero, volumen 278, núm. 1.

Jacobs, David, 1967, "An Expo Named Buckminster Fuller", en *New York Times*, 23 de abril, reimpresso en Fuller, R. B. 1969a, pp. 80-88.

Marks, Robert W., 1960, *The Dymaxion World of Buckminster Fuller*, Reinhold Publishing Corporation, Nueva York.

McHale, John, 1962, *R. Buckminster Fuller*, George Braziller, Inc. Nueva York.

\_\_\_\_\_ 1970, *The Ecological Context*, George Braziller, Inc. Nueva York.

Portal Web del *Buckminster Fuller Institute*: <http://www.bfi.org/>

Portal Web del *Buckminster Fuller Virtual Institute*: [www.buckminster.info](http://www.buckminster.info)

Nota 1: Las fotografías de las páginas 33-36 y 39 se reproducen por cortesía de los herederos de R. Buckminster Fuller.

Nota 2: El diseño de la proyección del mapa terrestre que aparece en la página 37 de ésta revista es una marca registrada del Instituto Buckminster Fuller © 1938, 1967 y 1992. Todos los derechos reservados.