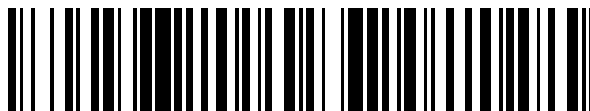


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 543 693**

21 Número de solicitud: 201400138

51 Int. Cl.:

**E04B 1/344** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

**21.02.2014**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**21.08.2015**

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DE SEVILLA (100.0%)  
Paseo de las Delicias s/n - Pabellón de Brasil  
41013 Sevilla ES**

72 Inventor/es:

**SÁNCHEZ SÁNCHEZ , José ;  
ESCRIG PALLARÉS , Felix y  
PONCE ORTIZ DE INSAGURBE , Mercedes**

54 Título: **Poliedros desplegables de estructura tubular y cerramiento textil**

57 Resumen:

La presente invención tiene por objeto un sistema estructural de forma poliédrica constituido por piezas rectas tubulares resistentes articuladas en sus extremos y en puntos intermedios formando aspas, de tal forma que el conjunto puede plegarse en un paquete compacto fácilmente desplegable o abrirse cubriendo una superficie prácticamente cerrada.

El conjunto irá acompañado de un cerramiento textil, de simple o doble capa, según necesidades de aislamiento, unido a los nudos del conjunto de tal modo que durante el despliegado quede en tensión y en el plegado quede insertado en el interior del paquete de un modo compacto. La invención corresponde al área de edificios de emergencia y rápido montaje y se aplicará a la creación de recintos cerrados.

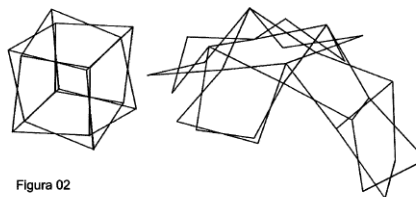


Figura 02

DESCRIPCIÓN

Poliedros desplegados de estructura tubular y cerramiento textil

**Objeto de la invención**

5 La presente invención tiene por objeto un sistema estructural de forma poliédrica constituido por piezas rectas tubulares resistentes articuladas en sus extremos y en puntos intermedios formando aspas, de tal forma que el conjunto puede plegarse en un paquete compacto fácilmente desplegable o abrirse cubriendo una superficie prácticamente cerrada.

10 El conjunto irá acompañado de un cerramiento textil, de simple o doble capa, según necesidades de aislamiento, unido a los nudos del conjunto de tal modo que durante el desplegado quede en tensión y en el plegado quede insertado en el interior del paquete de un modo compacto. La invención corresponde al área de edificios de emergencia y rápido montaje y se aplicará a la creación de recintos cerrados.

15 **Estado de la técnica**

El campo de las estructuras desplegadas está bastante estudiado y cuenta con innumerables patentes que se refieren a distintos mecanismos de plegado y apertura, todos basados en sistemas de articulaciones giratorias.

Sería prolijo detallar todas las patentes habidas sobre el tema y se citan algunas como  
20 las siguientes:

US3325958, US4026313, US3710806, US4689932, US4658560, US5444946, US6141934, US4156433, US5230196, ES2268963, ES2180356, US3053351, US4669909, US5038532, US3766932, ES2152787. Todas ellas aportan novedades en el campo de la despleabilidad. Las patentes más antiguas en las que se basan casi  
25 todas las demás son ES266.801, ES283.201, ES311.901 y algunas propias como ES532117, ES1026200U y ES2158787

Es por tanto un campo en donde las novedades deben ser claramente justificadas, ya que en este momento hay patentes superpuestas sobre temas idénticos apenas distinguibles por pequeños detalles.

30 Por ello hay que distinguir entre los mecanismos de barras móviles que se basan en los distintos sistemas siguientes:

a) Colapsables en los que barras aisladas tienen una articulación intermedia que permite acodalarlas y por tanto plegarlas (Santiago Calatrava).

- b) Mecanismos de paraguas, en los que una articulación deslizante sobre un mástil central permite arrastrar un sistema de varillas radiales con codales que las empujan (Frei Otto, Bodo Rash).
- c) Mecanismos de barras extensibles, en donde las barras se alargan o se acortan en función de las necesidades (Dante Bini. Sistema Binistar).
- 5 d) Mecanismos de barras flotantes, absolutamente inestables durante el desplegado pero que en la posición final incorporan nuevos elementos que las rigidizan. (Buckminster Fuller)
- e) Mecanismos de acordeón o de abanico, en que las barras forman planos separados abisagrados que se pliegan como hojas de papel y se despliegan del mismo modo. (C.H. Hernandez).
- 10 f) Sistemas denominados tensigrities en los cuales unas pocas barras rígidas basan su estabilidad en la tensión mediante cables que las conectan. Estos cables, dotados de tensores si se destensan permiten recoger el conjunto en un paquete (Buckminster Fuller).
- 15 g) Sistemas de nudos desenganchables en la que algunos nudos conectan sus barras en dos planos distintos que pueden separarse (Santiago Calatrava)
- h) Sistemas de barras dobles con articulación central que tienen por tanto dos capas de nudos en sus extremos a modo de tijeras o aspas. Funcionan mediante cambio angular en la posición de los dos elementos de estas aspas a modo de pantógrafo. (Leonardo da Vinci).
- 20 i) Sistemas de barras triples o cuádruples con articulación central que tienen también dos capas de nudos al igual que los anteriores pero que en lugar de abrir sobre un plano lo hacen espacialmente. (Emilio Pérez Piñero).
- 25 j) Sistemas de aspas de dos barras que en lugar de plegar en paquete compacto lo hacen en forma de anillo hacia el exterior (Chuck Hoberman).

La presente invención hace referencia a sistemas estructurales de aspa simple. La particularidad de esta invención estriba en la posibilidad de utilizar las aspas como si los lados de un desplegable de papel se tratara. Cuando queremos construir un poliedro de papel lo construimos en un plano desplegando todas sus caras y marcando las aristas para el posterior plegado (Figura 1). Al concluir pegamos las aristas coincidentes y cerramos el poliedro en cuestión. Algo así se realiza en esta invención. Se sustituyen las aristas por aspas con articulación interior posicionada en un lugar preciso para que el plegado final las sitúe en el ángulo que las aristas del poliedro terminado exige (Figura 2).

30

35

El resultado será una pieza que en el estado compacto forma un paquete y en el desplegado cierre las caras de un poliedro.

Esta forma de generación da lugar a numerosas variantes y a conceptos novedosos no recogidas en ninguna patente anterior que se haya podido localizar. Tiene por tanto

5 la novedad suficiente para ser registrada como patente.

Además se han construido prototipos que funcionan como se describe.

### **Descripción de las figuras**

Figura 1. Plegado de un cubo a partir de su despiece en caras planas

10 Figura 2. Plegado de un cubo en que sus aristas se han sustituido por aspas con extremos articulados en los nudos y un pasador intermedio, lo cual hace que durante el plegado las aspas se contraigan los cuadrados disminuyan hasta que se hagan muy pequeños y el conjunto haya empaquetado en plano con todas las barras alineadas

15 Figura 3. Evolución de aspas colocadas sobre las caras de una pirámide para demostrar el cambio de tamaño del cuadrado base y las nuevas alineaciones que toman las aspas hasta poner todas las barras en paralelo en un paquete compacto.

Figura 4. Evolución de un aspa en su movimiento en torno a su articulación intermedia para mostrar que el lado (a) disminuye hasta (b) a medida que disminuye el ángulo  $\alpha$  hasta  $\beta$ .

20 Figura 5. Proceso de plegado cuando hay varias caras contiguas, un triedro en este caso, en que hay que duplicar barras coincidentes para poder desplegarlo. Se señalan con (1) las barras que se duplican y se desconectan.

Figura 6. Identificación de los elementos en la estructura representada en la Figura 2 para poder describirlos en la memoria

25 Figura 7. Sistema de cerramiento textil que acompaña a la estructura en su plegado. En el caso (1) colocamos el textil uniendo los nudos inferiores y en el caso (2) uniendo los puntos superiores.

Figura 8. Sistema de pinzado de puntos interiores de los paños textiles para un plegado ordenado cuando cierre la estructura.

30 Figura 9. Sistema de tensado de las superficies textiles mediante barras flotantes.

Figura 10. Sistema de tensado de las superficies textiles mediante bielas conectadas a los puntos inferiores.

Figura 11. Imagen del poliedro arquimideano denominado "pequeño rombicuboctaedro".

35 Figura 12. Imagen del trozo seleccionado para convertirse en recinto del pequeño rombicuboctaedro que seleccionamos.

Figura 13. Estructura tubular de aspas en base al trozo del pequeño rombicuboctaedro seleccionado en la figura 12. Lo que hemos hecho es sustituir lo que eran aristas del poliedro por aspas móviles.

Figura 14. Imagen del pequeño rombicuboctaedro alargado. Es el mismo poliedro base con unos módulos prismáticos adicionales que duplican su superficie.

Figura 15. Estructura tubular de aspas móviles en base al pequeño rombicuboctaedro alargado seleccionado en la figura 14

Figura 16. Imagen del poliedro denominado "icosaedro truncado" en el que se representa sólo la mitad del mismo, seccionada por un plano ecuatorial. Esta mitad está formada por un cuadrado y cuatro hexágonos.

Figura 17. Evolución durante el plegado del semioctaedro truncado en el que se han sustituido las aristas por aspas móviles. Observamos que hay que duplicar barras en una arista para que pueda desengancharse y plegarse.

## 15 Descripción de la invención

Los poliedros son figuras formadas por caras planas que tienen configuración espacial. Sin embargo haciendo los cortes adecuados pueden aplanarse y obtenerse a partir de un dibujo sobre una superficie plana (Figura 1). Cualquier poliedro es susceptible de obtenerse a partir de un dibujo plano. Esta forma de construcción es la base de nuestra invención sin más que sustituir las aristas del poliedro en cuestión por aspas (Figura 2).

Un ejemplo sencillo se muestra con uno de los polígonos que forman los poliedros, concretamente con un cuadrado. Al sustituir los lados por aspas fuera de su plano podremos hacerlo situándolas sobre las caras de una pirámide (Figura 3) en la que a medida que hacemos oscilar las barras del aspa cambia la altura de la pirámide y disminuye su base. Este fenómeno podrá realizarse con varios polígonos contiguos con aspas comunes donde había aristas comunes.

La diferencia con otras patentes que también se basan en sustituir las aristas de un poliedro por aspas es que en aquellas la compatibilidad durante el movimiento no se cumple y hay que acudir a dispositivos que permitan doblar barras o deslizar las articulaciones interiores para que mínimamente hagan posible el plegado. En la presente invención eso no sucede puesto que desenganchamos nudos y duplicamos aristas como se hace con el papel plegado (Figura 2).

El proceso de plegado se describe a continuación:

Consideramos un poliedro regular, por ejemplo el cubo en el que hemos sustituido sus aristas por aspas (Figura 2). Si analizamos el comportamiento de estas aspas veremos que en la posición del poliedro desplegado tiene una distancia entre nudos superiores "a" y forman un ángulo " $\alpha$ " (Figura 4) y una distancia "b" formando un ángulo " $\beta$ " cuando giran en torno al pivote interior plegándose.

Cuando comienza el plegado ya no es posible hacer una disminución de escala "b/a" del tamaño del poliedro puesto que aunque hiciéramos coincidir los nudos superiores no somos capaces de hacer coincidir los nudos inferiores, viéndonos obligados a desengancharlos, lo cual se ilustra en el triedro de la figura 5.

Esto llevaría consigo que algunos nudos quedarían flotando sin conexión a otras barras por lo que nos vemos obligados a duplicar las barras de las aristas que se desenganchan según (1) de la figura 5.

Si continuamos ampliando el ángulo " $\beta$ " hasta que forme  $180^\circ$  habremos alineado los dos palos del aspa y todas las aspas se habrán concentrado en un paquete compacto.

En este paquete todas las barras serán de la misma longitud si los poliedros son regulares, los llamados platónicos, o semirregulares, los llamados arquimideanos.

En caso contrario tendrán longitudes variables, pero siempre estarán formando un paquete compacto.

Por tanto el objeto de la patente es el de un sistema para construir poliedros de aristas en aspa fuera del plano de las caras, capaces por apertura y cierre de las barras de las mismas de formar un paquete compacto o construir el poliedro completo, permitiendo durante el proceso desenganchar nudos para hacer compatible el plegado. Esto es extensible a cualquier poliedro regular o irregular, cóncavo o convexo y abierto o cerrado que sea posible. Igualmente es extensible a la agrupación de poliedros formando conjuntos modulares o apilamientos, conectados entre sí por los nudos.

Entre las ventajas de la presente invención podemos destacar ( figura 6):

- En el estado final abierto serán formas poliédricas con aristas formadas por aspas (1) de barras con una articulación intermedia (2), conectadas unas a otras mediante nudos articulados (3) y susceptibles de moverse mediante plegado (4) que provocará la apertura de las caras (5) que a la par disminuyen su tamaño. Para conseguir esto tenemos que situar aspas duplicadas (6) en donde como poliedro completo no eran necesarias. En la posición final de plegado las caras habrán disminuido de tamaño tanto que todas estarán alineadas formando un paquete compacto (7). Esto es extensible a todo tipo de poliedros.

- Las barras serán tubulares de formas distintas según los casos, de secciones rectangulares, circulares o elípticas, y tendrán un pasador intermedio que permitirá

conectarlas dos a dos formando aspa de brazos móviles (1). Los nudos serán de tal clase que permitan la inserción de los extremos de las aspas en un ángulo predeterminado en función del tipo de poliedro que se trate (3). Si son caras cuadradas permitirán la entrada de las barras en planos ortogonales, si son triángulos equiláteros entrarán a 60°, y así sucesivamente, pues la angulación inicial no cambiará en el proceso de plegado. Esto es una de las ventajas adicionales de este sistema que no se produce en otro tipo de propuestas plegables.

El conjunto de barras irá acompañado para su uso como recinto cerrado de una envoltura textil como se ve en la Figura 7, conectando todos los nudos interiores (1) o exteriores (2). También podrá utilizarse un cerramiento doble que permitirá un mayor aislamiento y estanqueidad. En este caso las dos capas se conectarán en algunos puntos interiores mediante tensores para mejorar el plegado ordenado del textil dentro del paquete final (Figura 8). Si solo se tiene una capa de cerramiento el plegado ordenado se garantiza también mediante tensores conectados a los nudos superiores si el cerramiento es interior y a los inferiores si el cerramiento es exterior. Los paños que durante el desplegado tengan que separarse en las aristas duplicadas irán dotados de elementos de conexión tales como cintas belcro u otros sistemas. Los cerramientos tendrán las aberturas necesarias para su ventilación y paso.

En algunos casos podrán situarse elementos flotantes que ayuden a sacar picos en la superficie textil para mejorar el drenaje o simplemente para darle otro aspecto (Figura 9). Estos elementos nuevos también se plegarán con el resto hacia el interior del paquete.

Otro tipo de elementos que podemos colocar son las bielas, barras que triangulan los recuadros sin ser aspas y que pliegan con el conjunto pudiendo fijarse en sus extremos conexiones al textil plegable al que acompañarán en el plegado y desplegado haciendo que éste siempre empaquete ordenadamente (Figura10).

### **Modo de realización de la invención**

Como ejemplo de realización se propone el poliedro denominado pequeño rombicuboctaedro (Figura 11) formado por 18 cuadrados y ocho triángulos, aunque nos quedaremos para su uso como recinto practicable con una porción que se muestra en la figura 12, formado por 13 cuadrados y cuatro triángulos.

En la figura 13 se muestra el conjunto de barras que lo forman y su evolución durante el plegado. Como se aprecia los cuadrados del poliedro siguen siendo cuadrados durante el plegado hasta que estos se reducen tanto que prácticamente se han concentrado en un paquete compacto. También se aprecia que los cuadrados siguen

siendo cuadrados durante el plegado, aunque cada vez más pequeños. La cubierta textil puede acompañar al conjunto durante el plegado o puede ser de quita y pon al final del proceso.

5 Como extensión de este poliedro acompañamos el pequeño rombicuboctaedro alargado (Figura 14) que se pliega y despliega por el mismo procedimiento pero tiene la propiedad de que con pocas barras más duplica el espacio del recinto (Figura 15).

Otra figura sencilla de construir por este procedimiento es el octaedro truncado (Figura 16) que evoluciona con la misma facilidad cuando sustituimos sus aristas por

10 Pero como ya hemos expresado esto es válido para cualquier tipo de poliedros y la lista podría ser inacabable, todos con las mismas posibilidades de plegabilidad.

15

20

25



REIVINDICACIONES

1. Poliedros desplegados de estructura tubular y cerramiento textil **caracterizado** porque está constituido por a) aristas en aspas articuladas de piezas rectas tubulares capaces por apertura y cierre de las barras de las mismas de formar un paquete compacto o construir el poliedro completo, permitiendo durante el proceso desenganchar nudos para hacer compatible el plegado y b) un cerramiento textil, de simple o doble capa, unido a los nudos de tal modo que durante el desplegado quede en tensión y en el plegado en el interior del paquete de un modo compacto.
- 5
- 10 2. Poliedros desplegados de estructura tubular y cerramiento textil según reivindicación 1 **caracterizado** porque los poliedros pueden ser regulares e irregulares, cóncavos y convexos, abiertos o cerrados.
- 15 3. Poliedros desplegados de estructura tubular y cerramiento textil según reivindicaciones anteriores **caracterizado** por permitir agrupar este tipo de unidades conectadas entre sí por los nudos de tal modo que puedan formarse conjuntos desplegados en serie o aisladamente.
- 20 4. Poliedros desplegados de estructura tubular y cerramiento textil según reivindicaciones anteriores **caracterizado** porque permite el cubrimiento simple o doble sujetándose en los nudos interiores, exteriores o en ambos a la vez realizado en materiales flexibles.
- 25 5. Poliedros desplegados de estructura tubular y cerramiento textil según reivindicaciones anteriores **caracterizado** porque permite con elementos complementarios ayudar a mantener la superficie textil tensa y con pendientes suficientes como para el desagüe, incluyendo mástiles flotantes y bielas ancladas a los nudos del resto de la estructura.

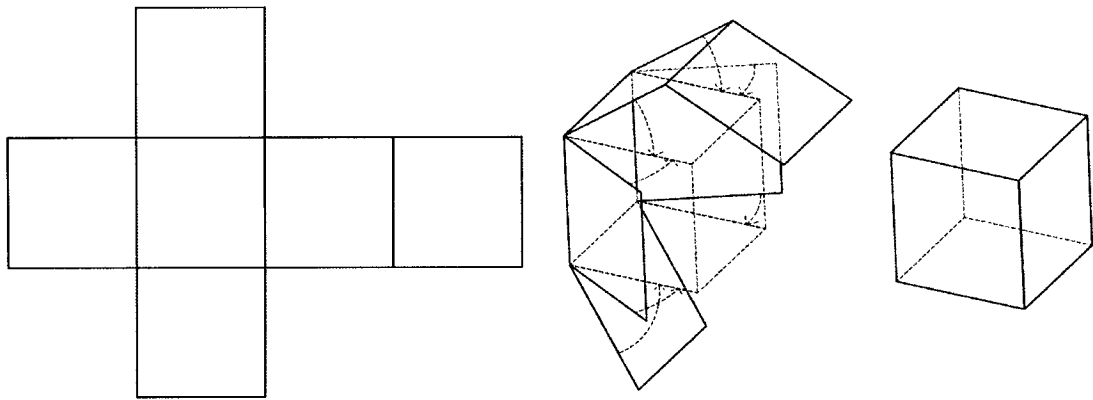


Figura 01

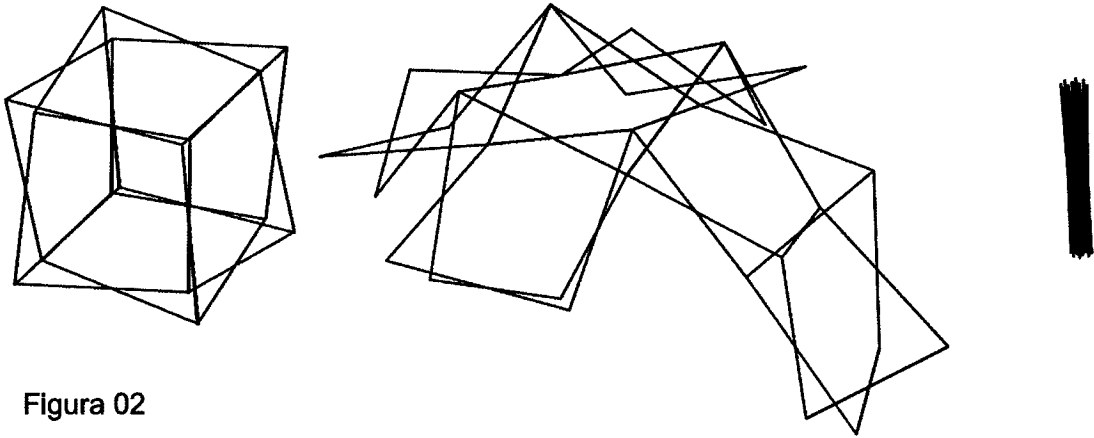


Figura 02

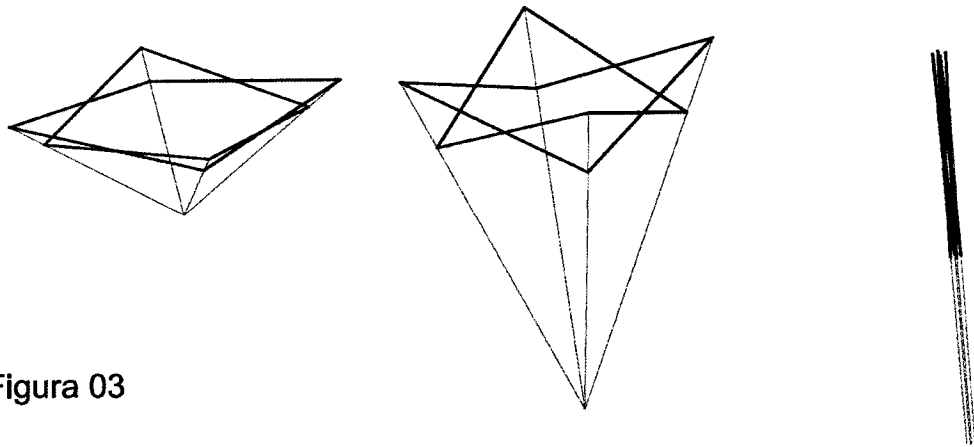


Figura 03

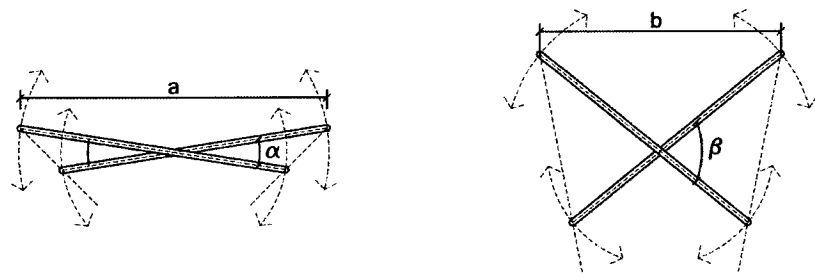


Figura 04

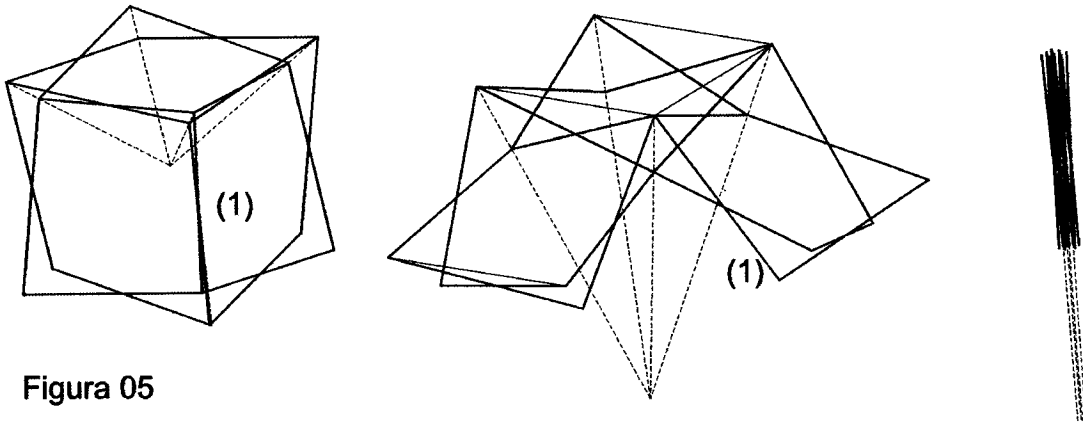


Figura 05

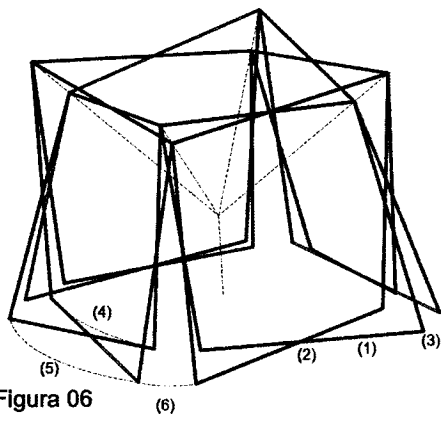


Figura 06

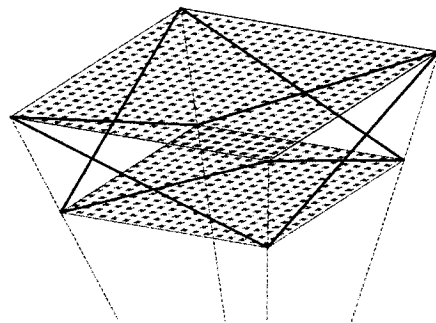


Figura 07

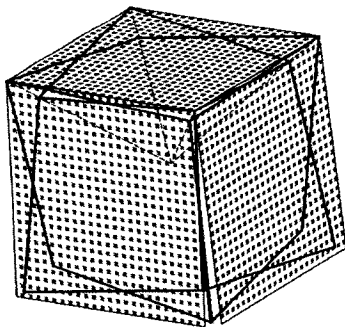


Figura 08

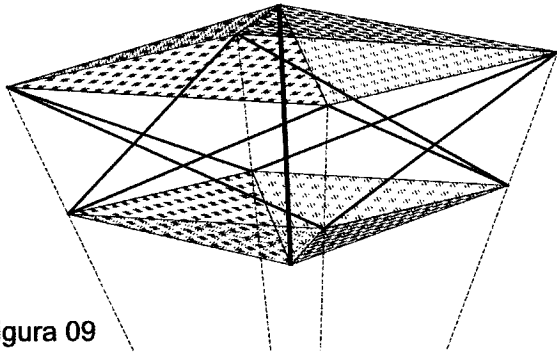


Figura 09

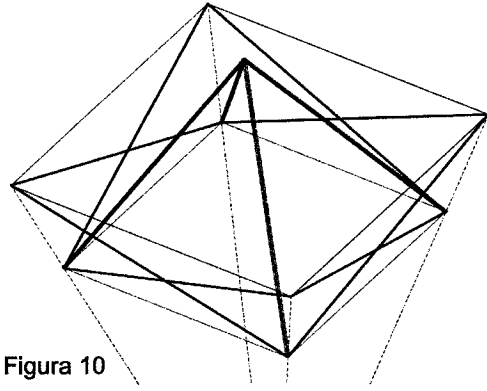


Figura 10

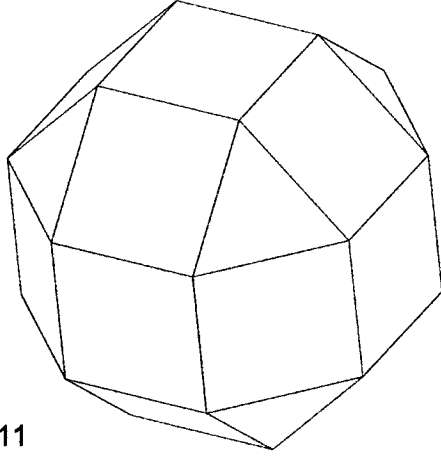


Figura 11

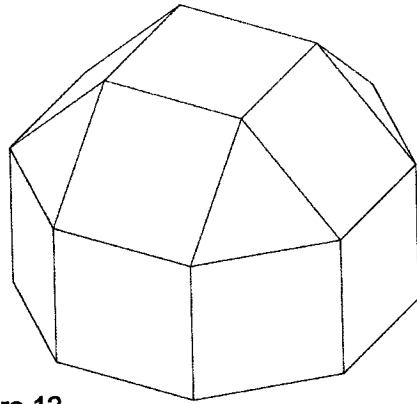


Figura 12

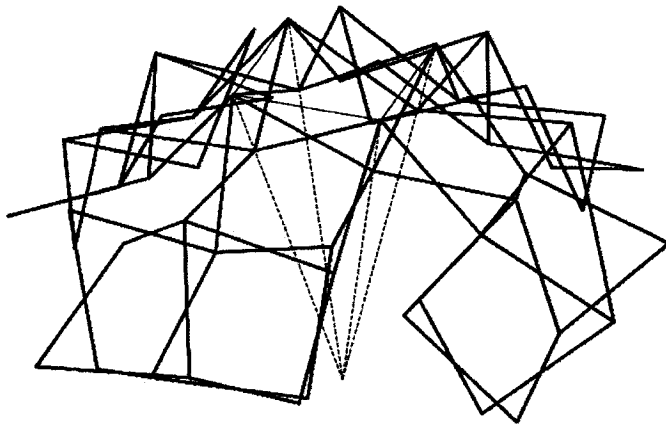
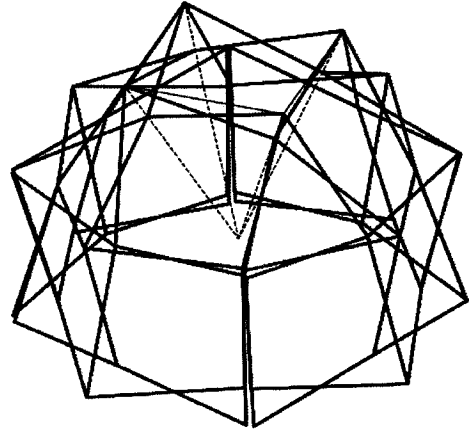
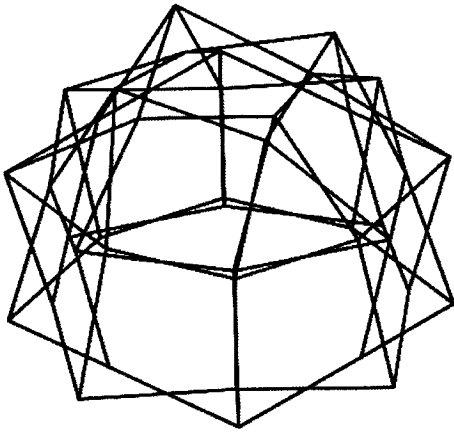
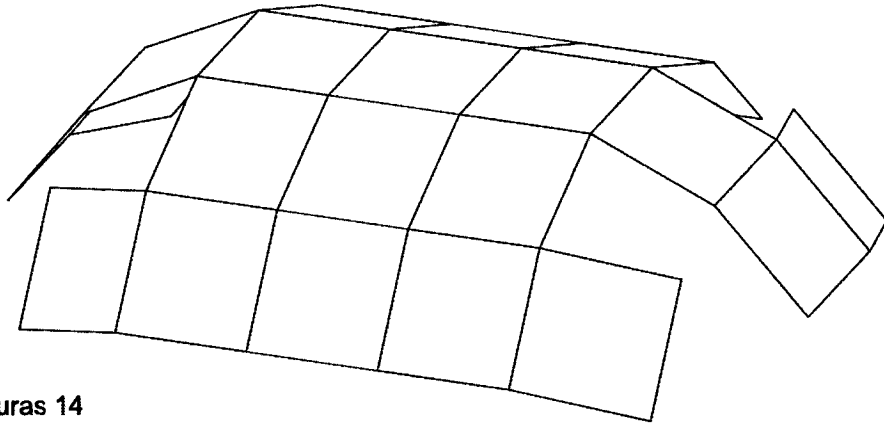
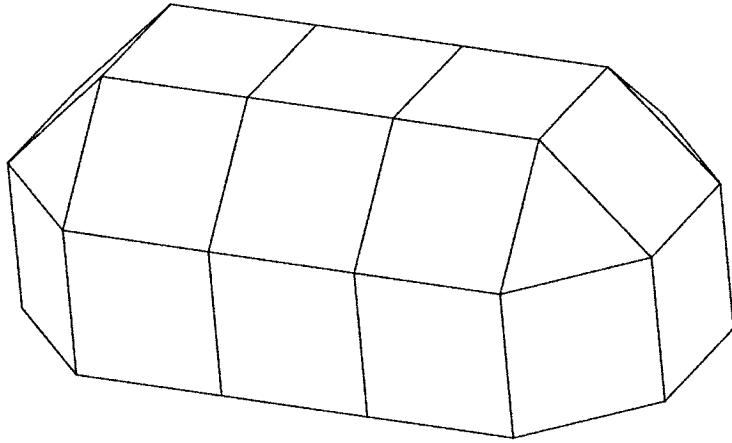
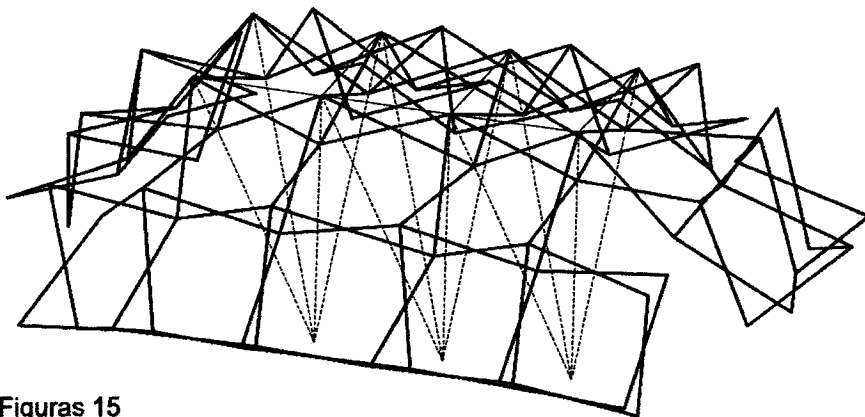
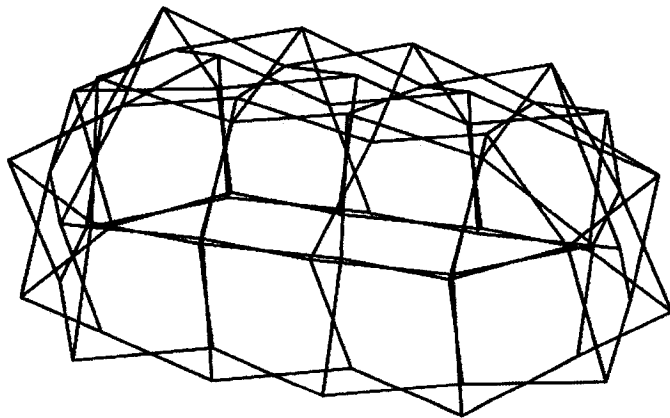


Figura 13



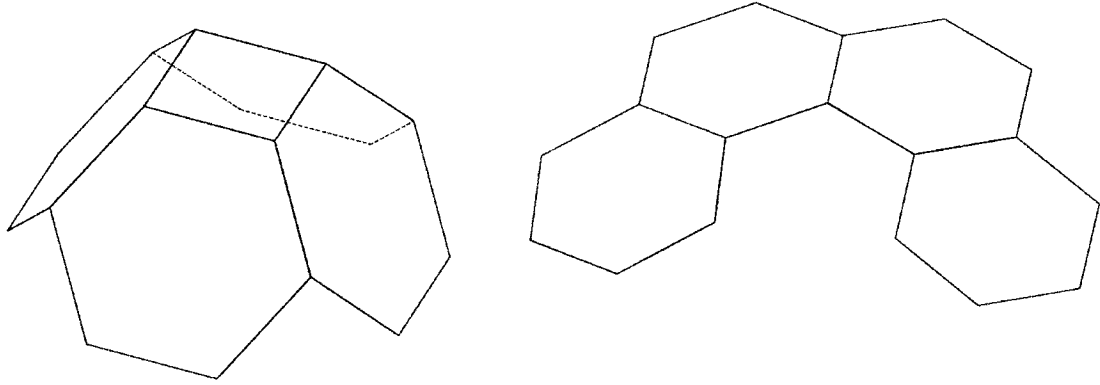


Figuras 14

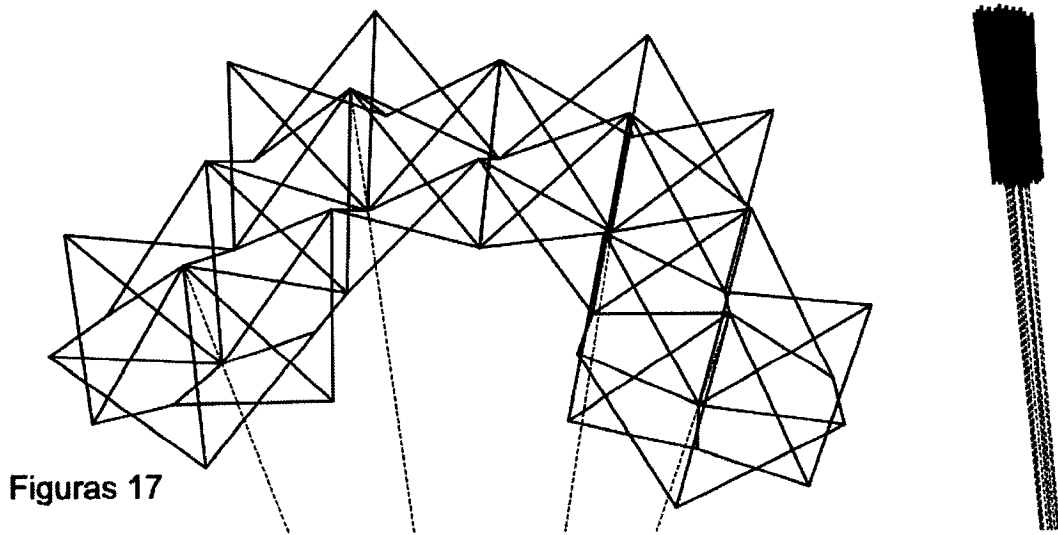
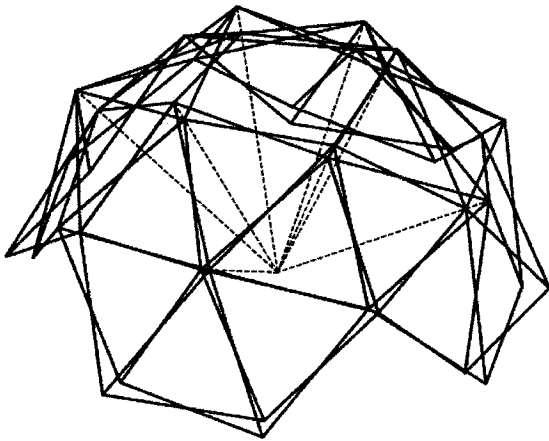


Figuras 15





Figuras 16



Figuras 17