

INTRODUCCIÓN AL DISEÑO INDUSTRIAL. 2025

M G T E R . D I . J U A N P A L A D I N O

ESTRUCTURAS EN EL ESPACIO

Hemos visto que la *forma* se identifica por el *tamaño*, el *color* y la *textura*; pero esta forma posee además una **estructura** que es la que determina la manera en que el objeto está construido y posicionado en el espacio. La estructura es literalmente un **esqueleto** y cumple idénticas funciones que en el mundo animal, mineral o vegetal. Este esqueleto puede ser percibido o no, sin embargo de una manera u otra está presente.

Es muy importante establecer que para que en un diseño cumpla su destino estético, simbólico y/o funcional, necesariamente debe cumplir la función primordial de auto sostenerse.

Una estructura, soporta siempre algún tipo de esfuerzo; su tarea principal es que el objeto mantenga su forma sin desmoronarse, sin deformarse de manera permanente.

DEFINICIÓN. CONCEPTO

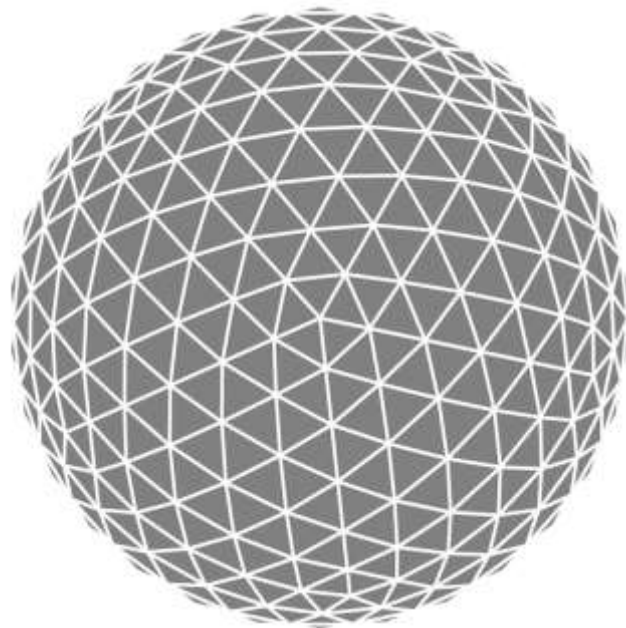
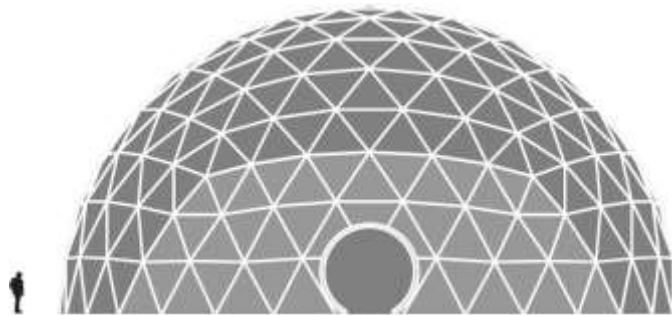
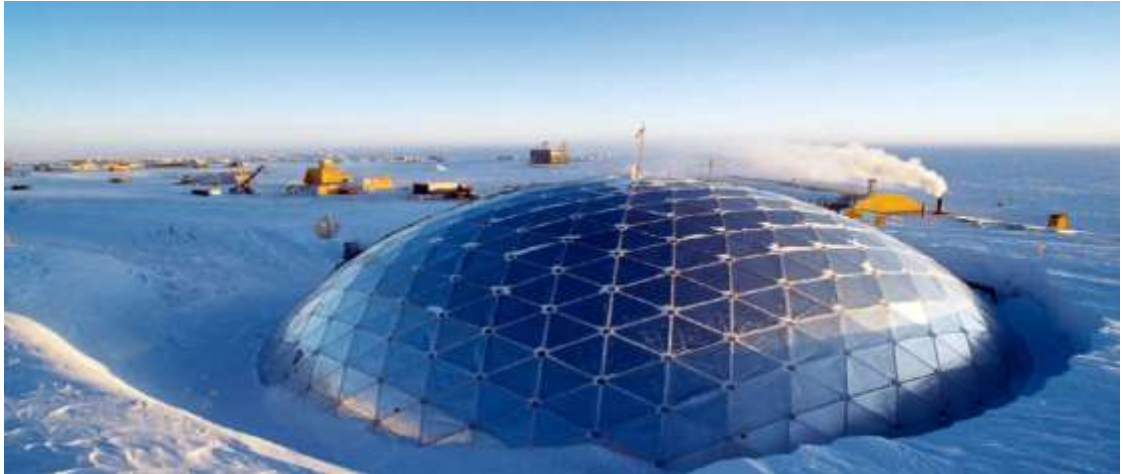
“Una estructura espacial, se puede definir como un conjunto de elementos simples o complejos dispuestos en forma tal que permitan soportar, sin romperse, los componentes y partes de un diseño, sistema o mecanismo”.

ESTRUCTURAS EN GRANDES ESPACIOS. ARQUITECTURA

Domos y cúpulas han sido construidos desde la antigüedad. Desarrollos tecnológicos más recientes, tales como concreto armado y los marcos estructurales de acero han hecho que esta forma estructural sea cada vez más eficaz y aceptada. Mientras que el Panteón de Roma pesó más de 400 kg/m² para un largo de 44 metros, un domo moderno de concreto armado de dimensiones similares puede pesar alrededor de 200 kg/m²; por su parte, un

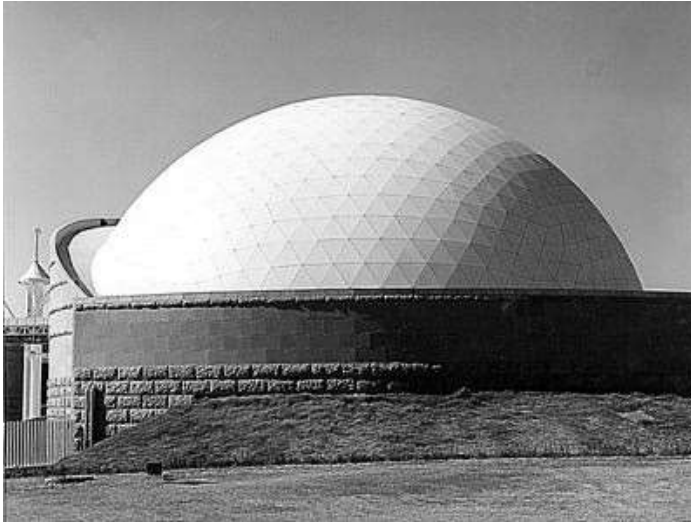
domo geodésico de acero galvanizado de este tamaño, como el siguiente, pesa menos de 10 kg/m².

Pero los domos geodésicos tienen la limitante de ser circulares, tanto en planta como en elevación (casquetes esféricos).



CASQUETE ESFÉRICO. PLANTA Y VISTA FRONTAL CON ESCALA HUMANA

Actualmente se han diseñado y fabricado domos que poseen las ventajas estructurales de los domos geodésicos sin la limitación de su planta en forma circular.



Este tipo de estructuras posee la ventaja de no necesitar columnas en su interior, todas las solicitaciones de esfuerzo se descargan en el contorno del perímetro.

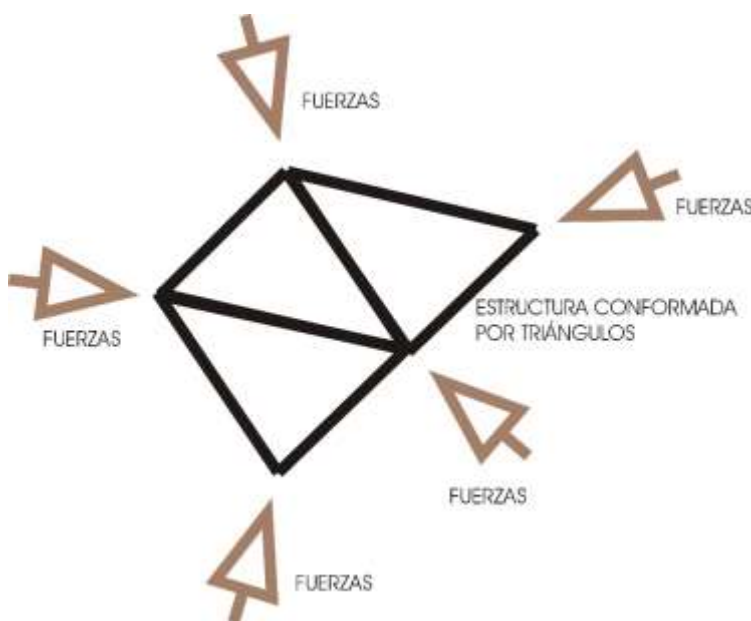


Las figuras poligonales son las que absorben los esfuerzos, aunque existe un marcado predominio del triángulo en su configuración.

Es importante destacar que dentro de las figuras geométricas, el **triángulo** posee la forma más resistente para soportar esfuerzos sin deformación. Si nos detenemos a observar la conformación de estas mallas metálicas podremos comprender mejor su comportamiento.

En el caso de los domos metálicos, combinan los beneficios de los marcos tridimensionales con aquellos de la forma de un cascarón. Similar al chasis de algunos vehículos.

En una estructura espacial, las dimensiones de estas triangulaciones, se determinan para facilitar su diseño y construcción. Obviamente para recibir cargas principalmente de tensiones como la flexión, en donde actúan a su vez fuerzas de tracción y compresión.



**EL TRIÁNGULO. FIGURA
GEOMÉTRICA ESTRUCTURAL
MÁS RESISTENTE**

El empleo del triángulo en estructuras tridimensionales, no se limita al diseño en grandes espacios arquitectónicos, sino que particularmente es aplicable al **diseño industrial**: chasis de vehículos: autos, motos, naves, juguetes; mobiliario en general: sillas, mesas, etc. y también en mallas o estructuras plásticas y metálicas de todo tipo: joyería, trajes especiales, armaduras, etc.

PERO ¿PORQUÉ HABLAMOS DE ESQUELETOS?

Al referirnos a una **estructura**, no nos centramos en el término organizativo de su significado, sino a su trabajo mecánico de ser **esqueletos** y/o **exoesqueletos** que soportan esfuerzos internos y externos respectivamente. Su finalidad principal es resistir, sostener, proteger manteniendo en su lugar, las piezas o componentes de un diseño.



ESQUELETO. LA ESTRUCTURA DE MAMÍFEROS



MODELO DE ESTRUCTURA ORTOPÉDICA. PRÓTESIS ERGONÓMICA

ESFUERZOS QUE PUEDE SOPORTAR UNA ESTRUCTURA

Ejemplo: uno de ellos es la FLEXIÓN

Si sometemos por ejemplo a una viga flexible que puede ser el asiento de una silla a un esfuerzo determinado, veremos que la misma sufre una deformación que trata de curvarlo, en este caso el fenómeno se llama **FLEXIÓN**; a su vez en el elemento flexionado que es el asiento (viga) actúan interiormente dos fuerzas: **TRACCIÓN**, que tiende a alargar la pieza;

y la carga de COMPRESIÓN, que es la que actúa justamente comprimiendo al objeto y siendo transmitidas las fuerzas a las patas (columnas) de la silla.

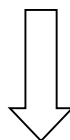
El cálculo del carga adecuado de estos esfuerzos, son los que determinan las dimensiones de los elementos soportes como las patas y travesaños en el caso de una silla o el chasis si diseñamos un automóvil o motocicleta; estos enrejados serán son el armazón o esqueleto, es decir la estructura de estos elementos; también se dimensionará a partir de estos datos los componentes de los puntos de unión: bulones, soldaduras, remaches.



Esquema de esfuerzo: carga de FLEXIÓN en una viga soportada por columnas

Aclaremos que además de la **flexión**, existen otros tipos de esfuerzos a los que puede someterse una estructura, tales como: **torsión y pandeo**; pero por el momento solo graficamos el ejemplo de flexión en la imagen de arriba.

TIPOS DE ESTRUCTURAS. CLASIFICACIÓN



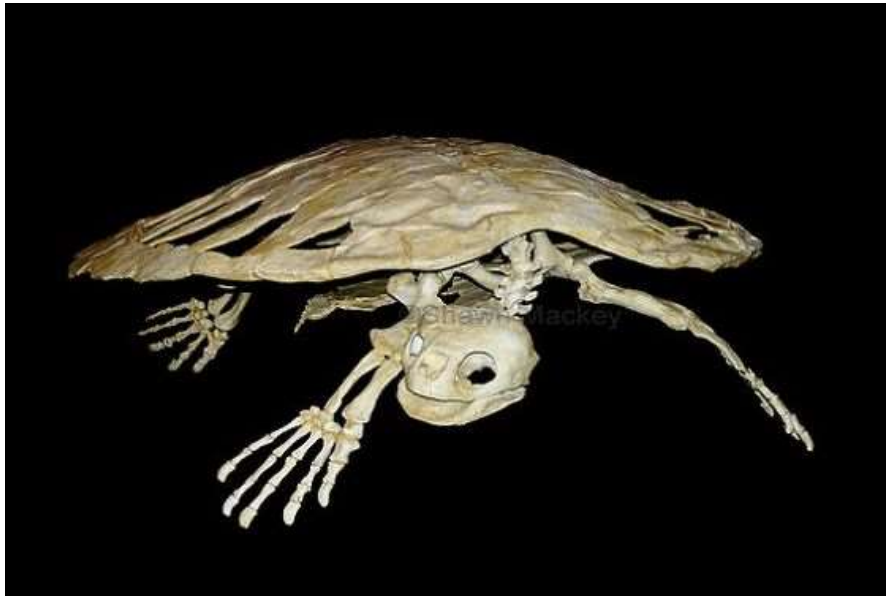


A. SEGÚN SU ORIGEN

A1. ESTRUCTURAS NATURALES U ÓSEAS

Desde los primeros tiempos los seres vivos se vieron forzados a un proceso de evolución que trajo como consecuencia la aparición de los vertebrados. Su estructura les ha permitido adaptarse mejor al medio en el que se han desarrollado en cuanto a supervivencia y a control del entorno.

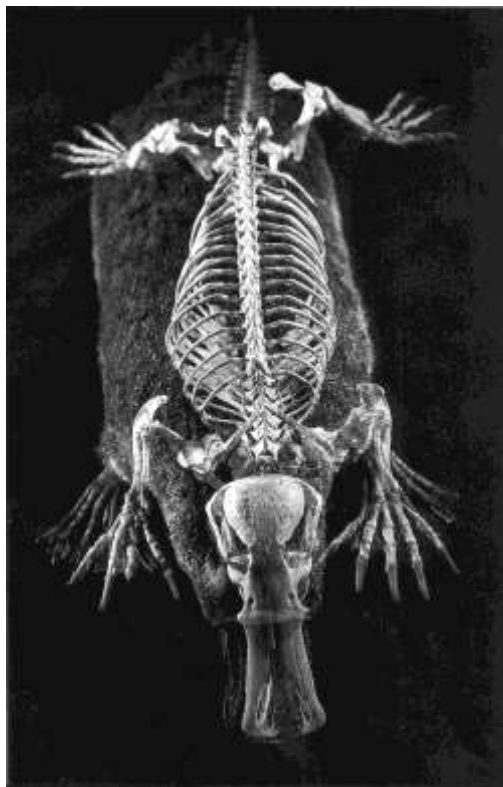




Esqueleto de una tortuga marina.

Estructura combinada

La estructura ósea se ha ido adaptando a su entorno, tanto en vertebrados como invertebrados.



En esta imagen vemos el esqueleto de un ornitorrinco.

La transparencia superpuesta muestra como es recubierto por musculatura y piel.

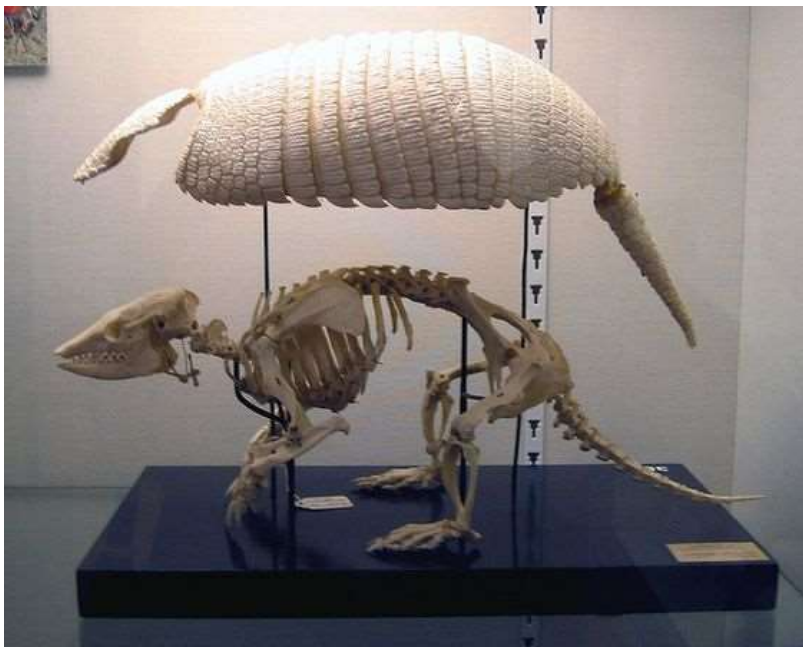
Un elemento esencial en esta evolución ha sido el establecimiento de un sistema eficaz que les ha permitido sostenerse en pie, moverse en el agua o ser capaces de volar. Nos estamos refiriendo en estos casos al esqueleto o estructura ósea de los animales vertebrados: mamíferos, aves, peces. El esqueleto es un conjunto de piezas duras y resistentes, normalmente articuladas entre sí, que dan consistencia a la forma y el cuerpo de los

animales. Los huesos que suelen estar articulados entre sí son unidos y soportados por estructuras complementarias como ligamentos, tendones, músculos y cartílagos.

Estructura natural de la mano (esqueleto). Se considera una estructura lineal/abierta.



De la misma manera se consideran estructuras naturales las que constituyen el tronco y ramas de un árbol, su raíz, el caparazón de un caracol, el pico de un ave, etc.



Esqueleto (estructura) de un armadillo. A su vez posee un segundo esqueleto o coraza laminar

A2. ESTRUCTURAS ARTIFICIALES

Las estructuras artificiales son todas las diseñadas y construidas por el ser humano, que al sentir inquietudes y necesidades, se inspira en la naturaleza para poder adaptarse al medio



en que se desenvuelve, por ello proyecta y fabrica Sistemas estructurales que resuelven diferentes necesidades. En el ejemplo de las fotografías vemos diferentes objetos: un sillón, una silla y algunas esculturas.

Sillón: estructura metálica lineal.



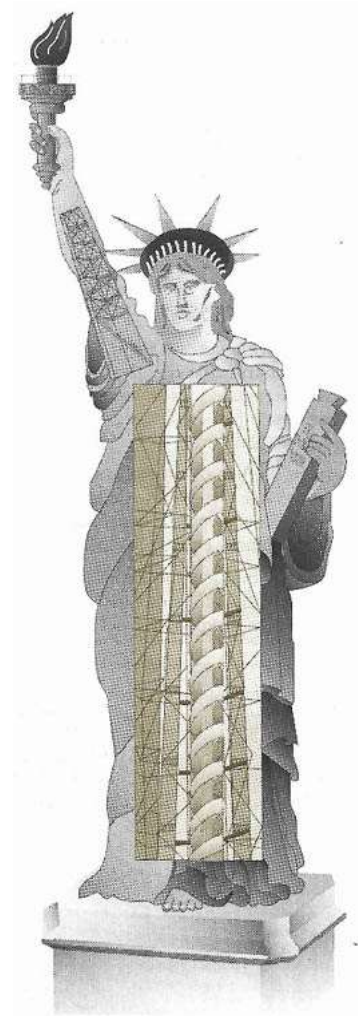
Silla: estructura principal de madera





Escultura ancestral de Latinoamérica.

Estructura de piedra maciza.



Estatua de la Libertad, donación del gobierno francés a Estados Unidos para conmemorar el primer centenario de su independencia, tiene una altura de 45 metros. Posee una estructura o esqueleto interno (abierto) de acero y exteriormente va recubierto de una chapa de cobre.



Perfil de acero doble T, utilizado para estructuras metálicas en edificios.

El material con que se construyen las estructuras de edificios y torres está formado por perfiles angulares como el de la figura de arriba, se fabrican de acero galvanizado y pintado.

Por otro lado, en arquitectura, las construcciones que hace tiempo incorporaron el acero en el interior del cemento originan el hormigón armado que es uno de los materiales actuales más empleados en la fabricación de **cimientos**, **columnas** y **vigas**, son el **esqueleto** del edificio; es decir su **estructura**.

También la aparición de la soldadura como elemento de unión de las piezas metálicas ha determinado un avance muy importante en el diseño y construcción de estructuras metálicas, no solamente para la fabricación de edificios, sino en los elementos soporte (esqueletos) del diseño de aviones, barcos, automóviles, motocicletas, naves, mobiliario metálico, etc. Esas son su estructura o esqueletos, y especialmente aquí nos estamos refiriendo al **diseño industrial**.

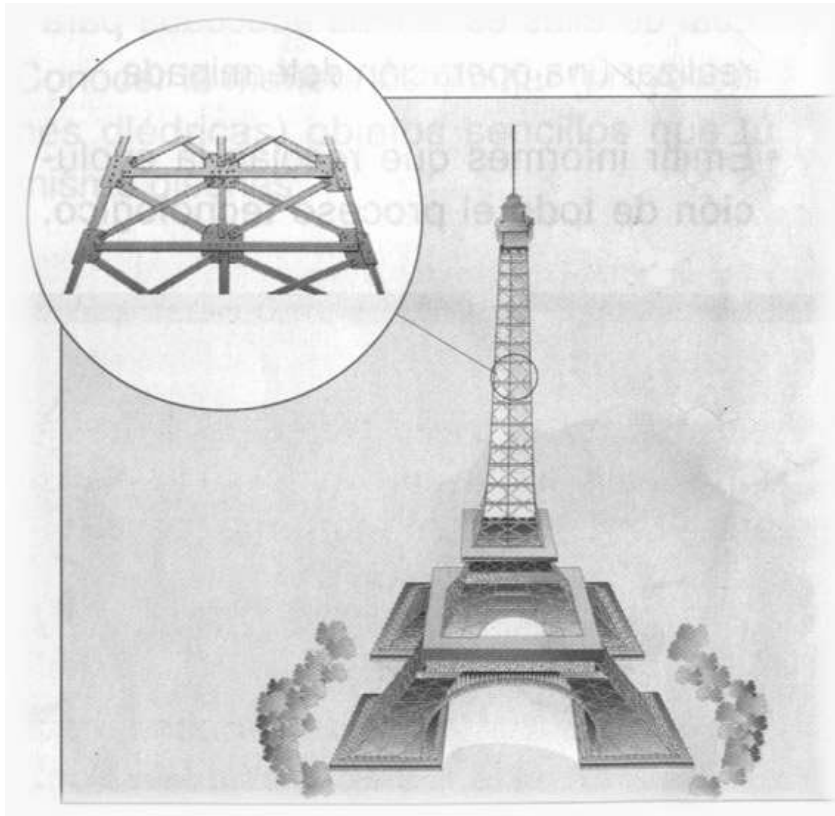


Sillón de 3 cuerpos. Estructura principal: metálica lineal/abierta.

B. CLASIFICACIÓN DE ESTRUCTURAS SEGÚN SU CONFIGURACIÓN

B1. ESTRUCTURAS LINEALES. ABIERTAS

Las estructuras abiertas se caracterizan por estar configuradas por líneas, pueden encerrar un volumen aparente o virtual. Esto quiere decir que si analizamos esa estructura descubiertas de su carcasa o piel, descubrimos que puede pasar aire o simplemente haber vacío en su interior. **Sus esfuerzos internos son transmitidos linealmente en una sola dirección.** Esto sucede tanto en los esqueletos naturales de: mamíferos, árboles, telas de araña, etc. Como también en las estructuras (esqueletos) artificiales; éstas últimas en general son diseños conformados por perfiles metálicos delgados, pueden ser macizos, o tubulares como caños, pero también pueden estar fabricados en madera (listones) o algún tipo de plástico. Ejemplos: sillas, mesas, jaulas, chasis de vehículos, torres de alta tensión, robots.



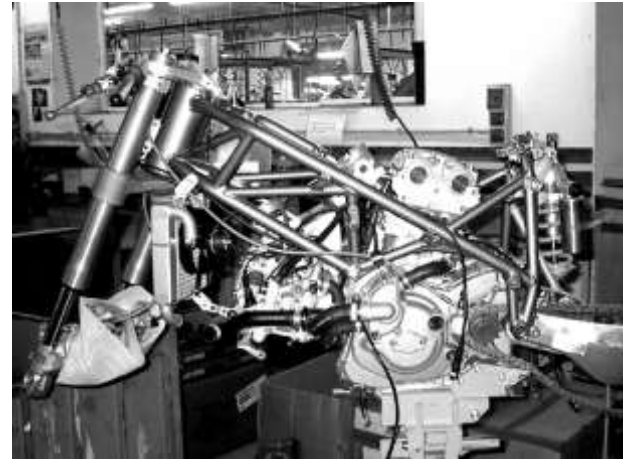
Torre Eiffel de París, constituye una estructura lineal/abierta.

La Torre Eiffel está formada por multitud de perfiles de hierro, unidos entre sí mediante bulones. Se trata de una estructura abierta (líneas). Observemos el detalle de perfiles metálicos, la formación de triangular como figura resistente a las fuerzas.

El **chasis**, es la estructura que sostiene y aporta rigidez a su forma, en un vehículo u objeto portable. Por ejemplo, en un automóvil o motocicleta, el chasis es el equivalente al esqueleto en un mamífero, sosteniendo el peso, aportando rigidez e integridad al conjunto, y condicionando la forma y lo dinámico del mismo.

Suele estar realizado en diferentes materiales, dependiendo de la rigidez y su forma necesaria. Los más habituales son de acero o aluminio. Las formas básicas que lo componen suelen ser como mencionamos antes, tubos o vigas. En una motocicleta, el cuadro (chasis) constituye la estructura fundamental del vehículo.

En las fotografías de la página siguiente se observa una motocicleta Ducati y su esqueleto metálico o chasis a la derecha. Su estructura está constituida por tubos metálicos. Es de tipo lineal, abierta y artificial. Se observa una vez más la triangulación en el diseño de su esqueleto metálico.



Exprimidor de cítricos. Diseño de Philippe Sttark, sus patas son su sostén.
Estructura lineal combinada



La estructura de un árbol (raíces, tronco y ramas), es lineal y abierta y obviamente de tipo natural



Pirámide de Cristal del Louvre (París). La estructura abierta que sostiene y contiene los cristales está construida por perfiles metálicos lineales.



Silla DKR y CONE CHAIR. Sus respectivas estructuras artificiales son lineales y abiertas



B2. ESTRUCTURAS LAMINARES. CERRADAS O DE SUPERFICIE CONTINUA

Se refieren a configuraciones estructurales laminares, se las denomina también cerradas o continuas, es decir que sus esfuerzos, son transmitidos a través de una **superficie o lámina plana de manera continua** (dos direcciones).

Constituyen esqueletos laminares, la manera en que se transmiten los esfuerzos es a través de toda su superficie. Existen tanto en la naturaleza como en objetos creados por el hombre, estas estructuras son **esqueletos externos** o **exo-esqueletos**; a diferencia de las



estructuras abiertas o lineales, las que muchas veces están ocultas detrás de una piel o carcasa.

Las estructuras cerradas laminares también cumplen la función de resistir esfuerzos y a veces contener o proteger elementos interiores más frágiles o delicados. Ejemplos: garrafa, casco de motociclista, carcasas de electrodomésticos, cajas de cartón, botellas de plástico, maple de huevos, caparazón de los insectos, pico de las aves, cáscara de huevo, etc.

Escarabajo Rinoceronte. Su exoesqueleto (caparazón) constituye su estructura principal laminar



Mouse Trackball, Su carcasa (exoesqueleto) constituye una estructura laminar de superficie continua



La silla Phantom y la silla Ball, poseen una configuración continua sin espacios libres, claramente sus respectivas estructuras son láminas cerradas.

Las carcasas de computadoras, radios, equipos de audio o video, proyectores, telefonía celular, tablets, etc. Son consideradas estructuras laminares/cerradas. Igual que las estructuras naturales cerradas como el esqueleto de un insecto o la cáscara de un huevo, son **exo esqueletos**, soportan esfuerzos que contienen y protegen las partes internas más vitales y frágiles. En la práctica, es común que exista una estructura principal y otra u otras secundarias, estas cumplen funciones estructurales de apoyo a la estructura principal.

Diversos componentes estructurales planos o laminares de un teléfono celular





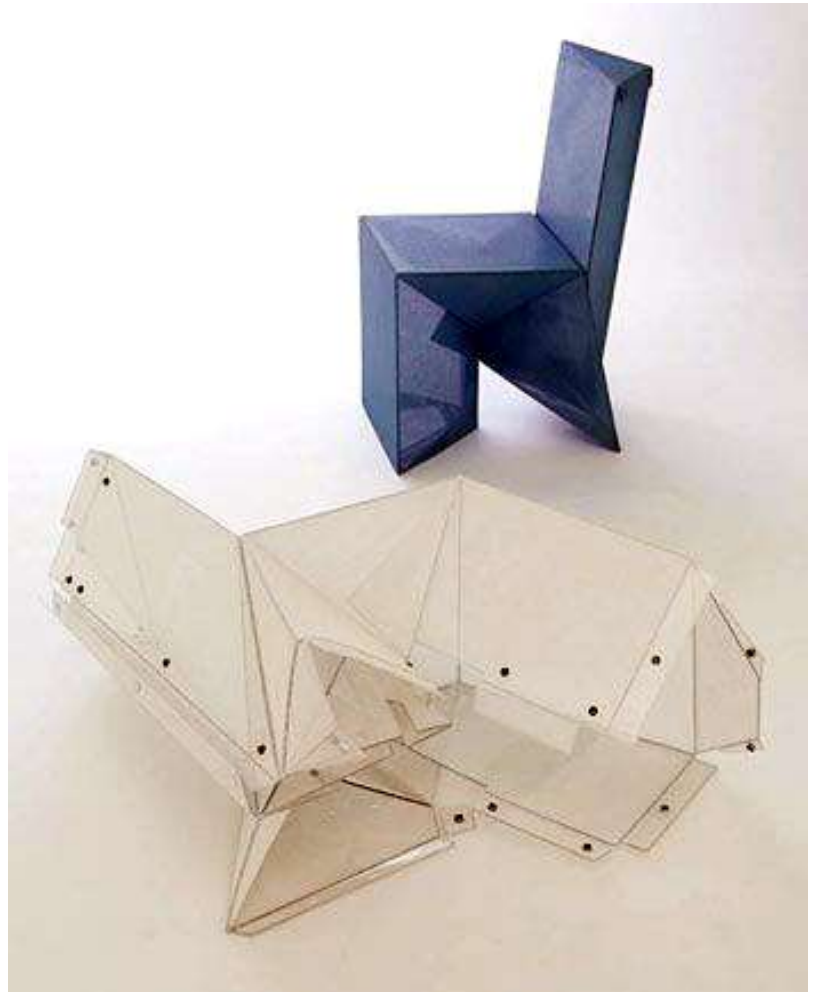
Las carcasas que encierran el motor de un vehículo son en sí una estructura cerrada, ya que estas fuertes piezas laminares, son las encargadas de alojar y proteger sus componentes y de resistir las tremendas fuerzas que se producen en su interior.



El diseño de esta máscara, de la misma manera que un casco, se comporta como un exoesqueleto protector. Cualquier esfuerzo es transmitido a través toda su superficie laminar continua

Collar y brazalete línea tortuga con coraza flexible.
Cuero ecológico. Estructura laminar





Silla plegable, laminar de plástico. Su estructura es de superficie continua (cerrada)



Reloj BULOVA ACCUTRON. Carcasa laminar de acero.
Estructura cerrada

B3. ESTRUCTURAS VOLUMÉTRICAS. VOLUMEN MACIZO

Existen obviamente las que llamaremos estructuras volumétricas, son aquellas en donde los esfuerzos que resiste un diseño son transmitidos de manera volumétrica, es decir no unidireccional (lineal), ni en dos direcciones (laminar), sino en todas las direcciones de las moléculas de un determinado bloque macizo.

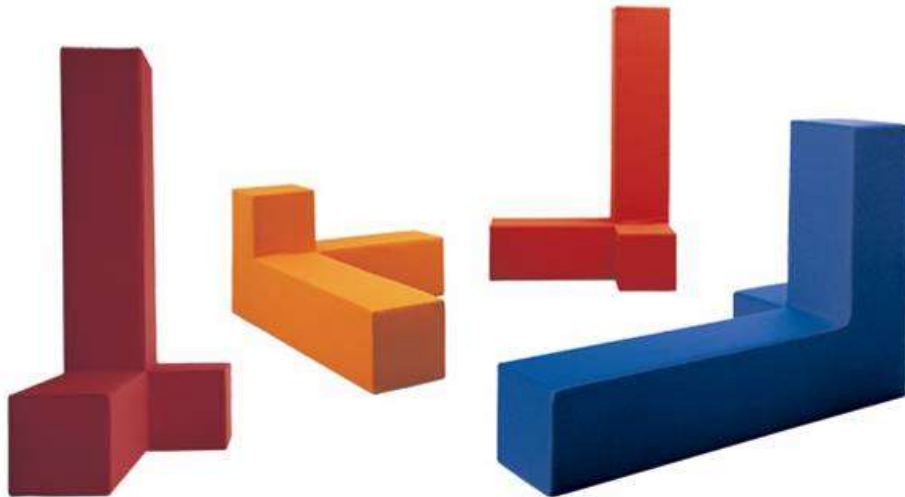
Sin embargo es muy importante aclarar que una de las finalidades fundamentales de las estructuras es que además de ser resistentes a esfuerzos internos y externos, **sean livianas**. Premisa que se cumple tanto a nivel de las estructuras naturales como artificiales. Por eso el concepto de estructura de volumen es solo a nivel de informativo, no tiene mucho sentido construir o diseñar una estructura volumétrica, ya que no solamente habría un desperdicio de material, costos y tiempo, sino que no cumple con los requisitos del concepto estructural que hemos aprendido. Solo podemos aplicar esta variante con fines estéticos o funcionales en determinados objetos, por ejemplo un ladrillo, una esponja de baño, algunos generalmente forman parte de un conjunto mayor. Otros casos pueden ser colchones, esculturas, bases o pies de cemento armado para mobiliario urbano, etc.

Como ejemplo de estructuras volumétricas aplicadas en diseño, observamos mobiliario en donde se utilizan materiales como la gomaespuma, algunos bloques o tipo de ladrillos o puzle para juegos y juguetes para niños. Algunas opciones de modelaje volumétrico en diseño, también se opta por este tipo de representación estructural. Por otro lado la estructura volumétrica se observa en monumentos monolíticos realizados en piedra en la antigüedad como los menhires o en increíbles construcciones de murallas macizas en diferentes culturas de nuestro planeta.



Baqueta de gomaespuma densa. Su estructura es volumétrica, sus esfuerzos se transmiten en las tres direcciones de su volumen macizo





Mobiliario volumétrico, si bien es macizo (material es espumoso y denso), sus esfuerzos estructurales se transmiten en todas sus direcciones, no en una o en dos, como es el caso de esqueletos lineales y laminares que describimos anteriormente.



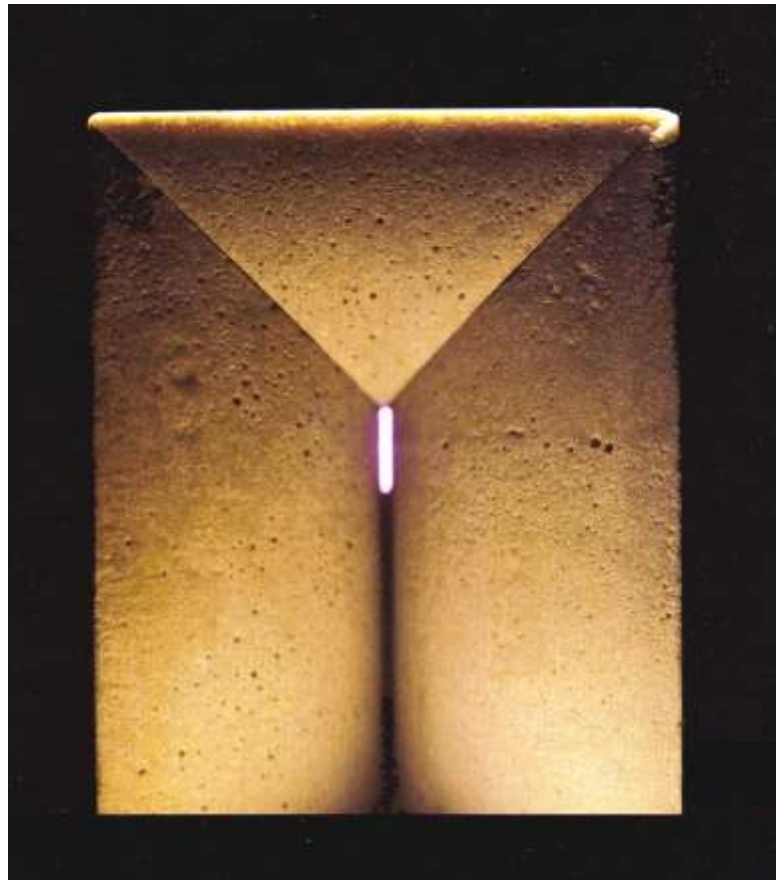
Babosa amarilla. En el mundo natural también encontramos ejemplos de estructuras volumétricas que son las que inspiran creaciones humanas



Escultura abstracta de un bisonte.
Estructura volumétrica tallada en piedra



Apoya libros de piedra reconstituida.
Estructura maciza volumétrica



Modelo estructural volumétrico de una bicicleta (izquierda). Recurso representacional de diseño



Auto de madera (juguete). Los juegos de construcción de bloques, también suelen constituir estructuras macizas/volumétricas

C. ESTRUCTURAS COMBINADAS

En la práctica, es común que existan objetos o productos donde se combinan diferentes tipos de estructuras, por lo general suelen ser dos, comúnmente una de las cuales se considera la principal, ya que es la encargada de transmitir y soportar sus esfuerzos incluyendo a los de la estructura secundaria.



La silla Le Chaise. Sus patas conforman una estructura lineal metálica que es la que soporta el peso de su asiento/respaldo laminar, y a su vez el peso de la persona que esté utilizando la silla.



Estructura desmontable: mesa circular de vidrio (estructura laminar). Al ser armada, las cuerdas se tensan, trabajando como una estructura lineal, junto con sus patas de madera, soportan el peso de la mesa.



Estructura plegable articulada: banqueta/bastón. Permite distribuir esfuerzos combinando su doble estructura: lineal (patas/bastón) y laminar (asiento/mango).



Estructura plegable: mesa: tapa de estructura laminar y patas de estructura lineal (la principal).

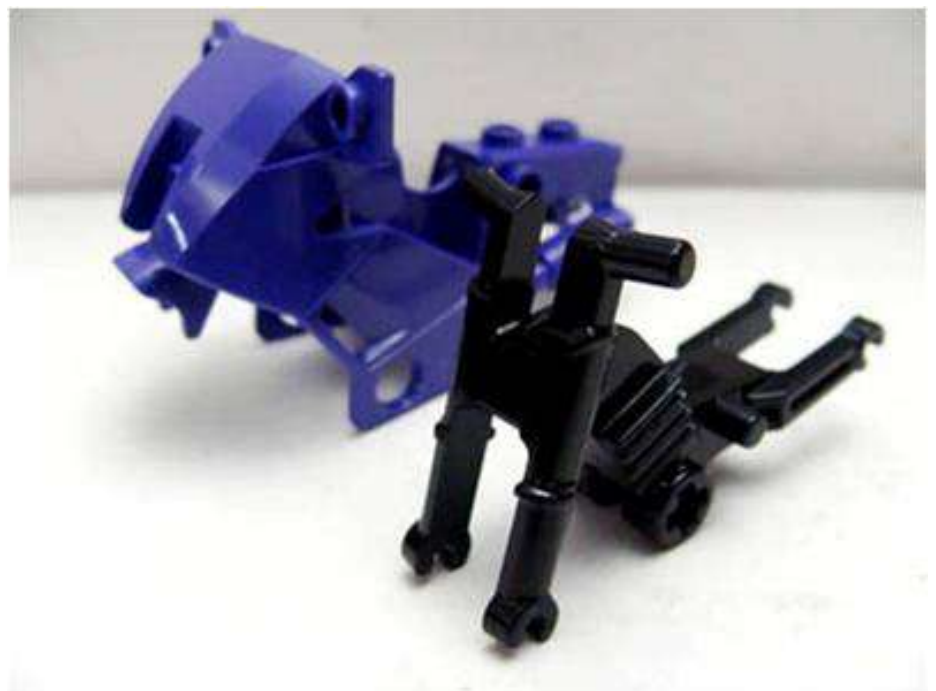


Silla. Combinación de dos tipos de estructura lineal y laminar. Estructura fija desmontable

Particularmente en la naturaleza, encontramos ejemplos de diferentes combinaciones estructurales. Caracol: cuerpo volumétrico y su caparazón laminar



Chasis y carenado de moto
Lego (similar a una
motocicleta real). En los
diseños de juegos de
bloques se aplican
combinaciones
estructurales desmontables





BIBLIOGRAFÍA RESUMEN

Archivo de Diseño. Ed. Clarín. 2009

Técnicas de plegado para diseñadores y arquitectos. Jackson Paul. Promopress. 2011

Páginas de internet consultadas

<https://midomo.es/2014/08/16-domos-geodesicos-que-cambiaran-tu-forma-de-concebir-una-vivienda/>

https://www.bioguia.com/hogar/domos-geodesicos_29293071.html

<http://www.agroecologiamurcia.org/wp-content/uploads/2018/03/cuadro-de-frecuencias.jpg>

MAGNETIC BUILDING BLOCK

<https://www.target.com/s/kids+magnetic+building+blocks?Nao=0>

DIAMOND JEWELRY PACKAGING

<https://ar.pinterest.com/pin/336503403386267162/>

ESQUELETOS/ESTRUCTURAS

<https://free3d.com/3d-model/turtle-skeleton-1510.html>

INTRODUCCIÓN AL DISEÑO INDUSTRIAL 2025

MGTER. DI. JUAN PALADINO