

figura 1



Figura 2



Figura 3

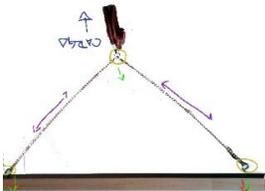


Figura 3.1

EXPERIMENTACIONES DE GAUDÍ.

En las experimentaciones de Gaudí, se ve una resolución estructural desde el uso de las cadenas colgantes o catenarias (figura 2), que es la forma curva que da una cadena colgando desde sus extremos, de masa uniforme, sometida solo a su peso y la gravedad.

Vemos que, al replicar el experimento, al someter a la cadena a pesos extras esta va adquiriendo una forma distinta a la original, va deformándose según el peso del objeto y la posición donde esta esté en la cadena.

Pues según Robert Hooke, en 1670, decía básicamente que el funcionamiento de las cadenas se replica en el funcionamiento de los arcos, hasta entonces (y a pesar del conocimiento de esto), se seguían utilizando los arcos de medio punto (figura 1), derivación del círculo, una forma geométrica fácil de obtener, pero que no resultaba tan estable, de ahí los contrafuertes tan anchos para soportar la abertura natural de estos arcos. Y resulta que esta forma catenaria, sería la más eficiente para soportar cargas, por su forma, no tiene las mismas fuerzas horizontales, soporta lo mismo que un arco de medio punto, pero sabiendo donde viajan las fuerzas, la forma que adquiere con su carga, se puede disponer solo el material necesario para que este aguante.

Este arco catenario o funicular (al ser deformado), no es igual a la parábola, ya que utiliza otras formas matemáticas, a pesar de su supuesto parecido.

Pues Gaudí utilizó este conocimiento y lo aplicó en su forma de compresión, en arcos comprimidos, que le dio ligereza y estabilidad a la tradición estructural hasta el momento con sus obras.

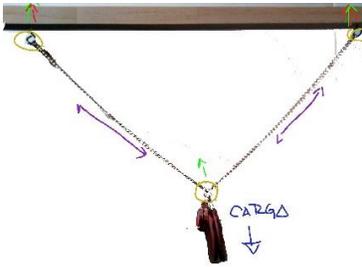


Figura 4



figura 5

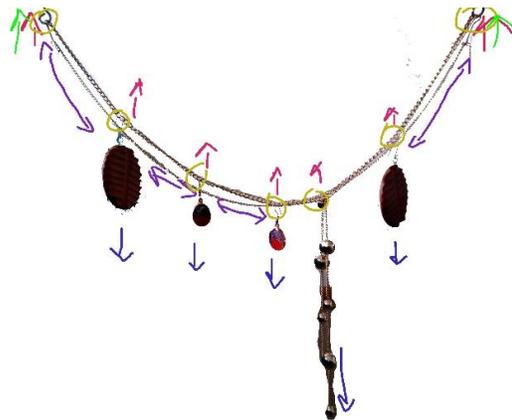


figura 6



Figura 7



En las obras de Gaudí se observa una forma rígida de la utilización de este concepto constructivo, marcos rígidos, a compresión, vínculos rígidos, empotramientos.

Con el tiempo se extiende el uso de este concepto, de la catenaria y formas hiperbólicas, que son esta forma catenaria, o luego, formas hiperbólicas rotadas en un eje (como un catenoide), como puede ser parecida lo que sucede en la figura 6, como una suerte de “carpa” una “red” que funciona a tracción.

Lo interesante es que en aquella figura en cualquier punto de aquella “red” se cruzan dos curvaturas, una horizontal o otra vertical, la cual resulta geoméricamente resistente, como lo sería una concha o un huevo.

En el caso de Otto ocupa aquel concepto, pero lo utiliza del lado de tracciones, y reacciones articulas, donde la obra adquiere una gran ligereza, y flexibilidad equilibrada. Resulta también ser un uso económico de material, un uso eficiente y resistente. Que habría sido la evolución del concepto usado por Gaudí.

Lo interesante de todo esto es que es replicable en maquetas, donde por ejemplo con la cadena, se observa la deformación inicial respecto a las fuerzas sometidas, se puede ser más riguroso usando escalas, para poder aplicarlo para un arco, como Gaudí, y en la figura 6, **la maqueta podría ser como una de las cubiertas de Otto Frei si se convierte en escala rigurosa**(refiriéndome a la magnitud). Y que si se hacen presente fuerzas, aquella forma que adquiere es la forma ideal para soportar la fuerza, la forma natural que toma.

Figura 8

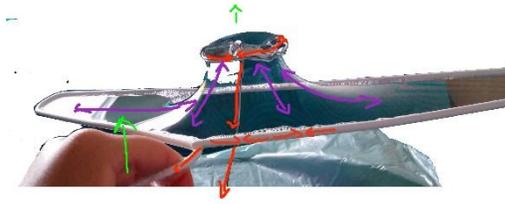


figura 9

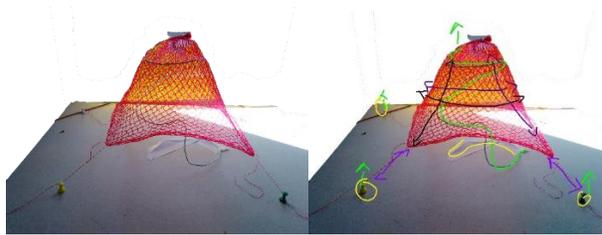


Figura 10

figura 9

Figura 11



figura12

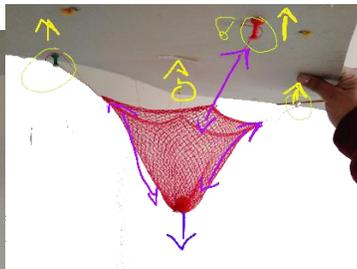
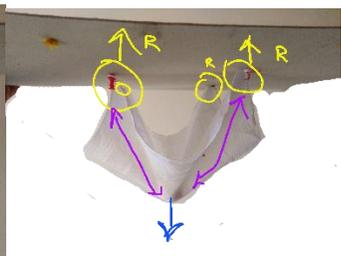


Figura 13



figura 14



Por ejemplo, acá yo puse una malla de tomates, estirada por hilos hacia pinchos, y un alambre al medio que hace subir la malla (por la forma en sí que tenía). El alambre funciona a compresión, está siendo aplastado por la malla que tira hacia abajo, la malla funciona a tracción, está siendo estirada por los cuatro apoyos, que no restringen en la totalidad el movimiento, por tracción se “anulan”, pero si yo movía la base se movía toda la estructura, siendo estos apoyos articulados, como los vistos en las obras de Otto Frei, que lo hace ser de equilibrio indiferente, que se puede deformar pero vuelve a su estado original.

Funciona con la malla y un pañuelo, ambos materiales ligeros, algo translúcidos cada uno, y como vemos la malla (con ayuda de alambre, figura 10), funciona del derecho, y también al revés, como la cadena y los arcos. Con las figuras formadas en este caso se toma el espacio, el 3d, con respecto a la cadena que queda como en 2 dimensiones, para un umbral, pero al superponer varias cadenas tenemos las 3 dimensiones, como podrían ser las cúpulas puntiagudas de la sagrada familia de Gaudí. Y como lo que pasa con las mallas y los tejidos (figura 12 y 14).

Lo que sí, hay una diferencia, en la union de hilos, en la figura 12, se hace posible en figuras de tracción, aal estirar la malla con hilos, pero la figura 14, se me figura como para una figura en compresión (que puede ser igualmente estable), del lado hacia arriba. Puede que ese pequeño elemento entre una malla y su apoyo, haga la diferencia en tomar este concepto catenario en figuras de compresión a las de tracción.

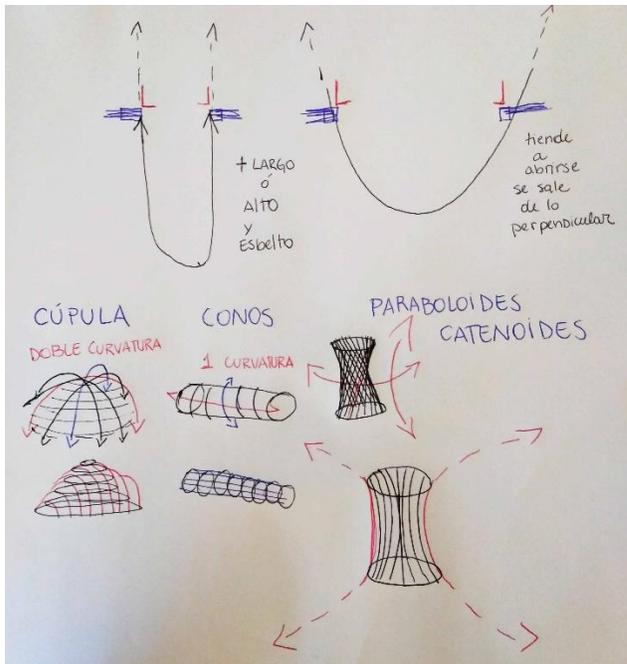


Figura 15

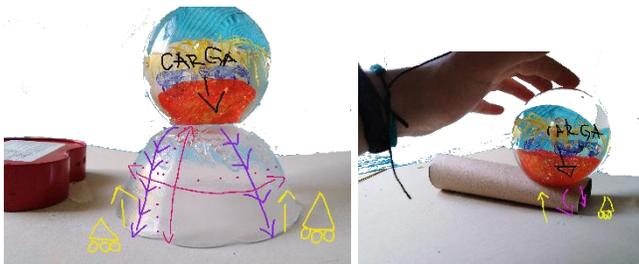


Figura 16

figura 17

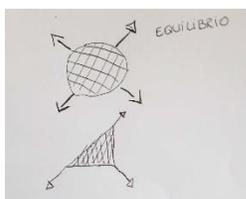
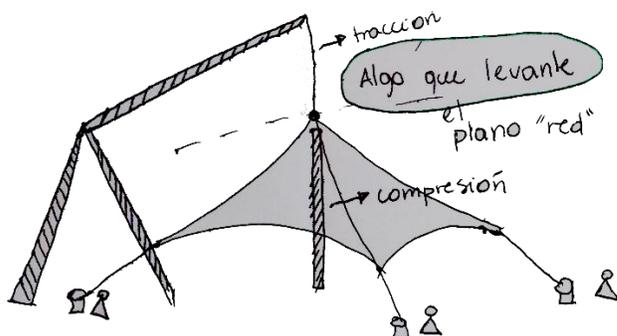


Figura 18



Ahora bien, se sabe que las catenarias funcionan al igual que los arcos. Podemos caer en la conclusión empírica de que mientras más largo el arco más recto la proyección de esta, lo que en forma de arco, un arco más alto y esbelto, más perpendicular la fuerza llega al suelo (como en los arcos góticos, y los arcos de Gaudí).

Si uno hace girar un arco en sí mismo obtenemos una cúpula, donde podemos abarcar el espacio. Es una geometría estable, como una concha o un huevo, donde el material puede ser bastante delgado pero su forma le da rigidez, como podemos ver en la figura 16, en cambio en un cono, que sería la sucesión de arcos, es menos estable, sucumbe a la carga como en la figura 17. Pues la cúpula es sí se interceptan estos arcos, mientras en el cono no, esa intersección de arcos lo hace geoméricamente estable.

Como decía más arriba, ese concepto se traslapo a las figuras constructivas a compresión para luego ser vistas en las figuras de tensión (o tracción).

En las figuras a tracción con las cuales experimenté fue la cadena, las mallas, tela y plástico.

Pasó lo siguiente, primero con la cadena, experimenté con las cargas, pero no aseguré una estabilidad por ejemplo a cargas exteriores, y en el otro tipo de trabajos de mallas, levanté con un elemento a compresión por lo que intenté la figura a tracción.



Figura 19

figura 20

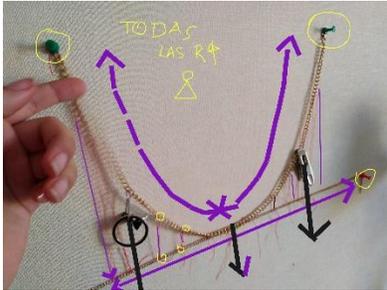


Figura 21



Figura 22

figura 23

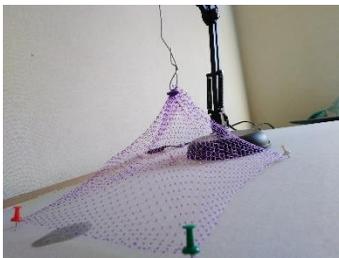


Figura 24

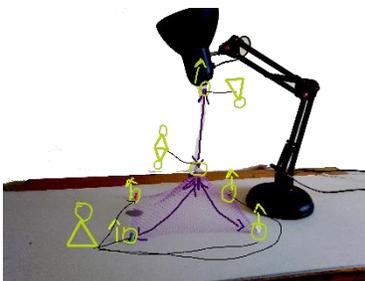


figura 25

En la figura 19 vemos una cadena sostenida a un plano por reacciones articuladas, sometida a una carga central, donde estaba mucho más tensa (y con una forma casi triangular), por lo que al moverla iba rápidamente a su estado original, como de estabilidad indiferente. Y en la figura 20, vemos la misma cadena, las mismas reacciones, pero sin esa carga central, la cadena al someterla a una fuerza externa, se movía por más tiempo para luego volver como antes, mucho más inestable.

Se estabiliza, se restringe el movimiento pendular con trozos de hilo perpendiculares de la catenaria hacia otra cadena tensa, donde al tratar de moverla catenaria, ésta se movía acotadamente para volver al equilibrio. Aquí todas las uniones son articuladas, que restringen 2 movimientos (que no avance la cadena de ese lugar) pero si permite cierto momento, que se restringe de cierta manera como con las tensiones internas (cosa que se aprecia mejor en los otros 2 ejemplos).

En la figura 22 vemos un plástico estirado sobre un alambre que lo levanta por el medio hacia apoyo es sus extremos (articulados), sucede que al tensarlo hay cierto material que no tensa (porque por ahí no hay fuerza, y lo pegaba a la parte que sí o derechamente se podía prescindir de aquel material). El alambre interno funciona a compresión ya que el manto tira hacia abajo, como apretándolo. Y los vínculos son articulados, donde no hay movimiento por el juego interno de tensiones que evita la rotación, que, al ser sometida a una fuerza externa, se mueven, pero no se cae y vuelve a estar en equilibrio.

Y en a ultima figura, es básicamente lo mismo, esta ver con una malla de ajos, estirada en sus extremos, y esta vez levantada desde afuera, donde esta vez el alambre funciona a tracción, desde la lampara (compresión y tracción, por unos resortes que tiene). Las uniones igualmente son articuladas, abajo en los pinchos, entre esto se genera una tensión que evita la rotación de la malla, y el alambre externo por la tensión entre la malla y la lampara no se mueve, no rota, todo esto si es que no se somete a una fuerza externa, en ese caso, se mueven, pero no se caen como dije antes y vuelven a su estado de equilibrio original (como en las cubiertas de otto Frei).

Linkografía:

<http://www2.caminos.upm.es/Departamentos/maticas/Fdistan cia/PIE/Chip%20geom%C3%A9trico/Catenaria.pdf>

videografía:

https://www.youtube.com/watch?v=Ve ahtDy7n8latch?v=KXP_kPPc7LY

<https://www.youtube.com/watch?v=Ve ahtDy7n8l>

https://www.youtube.com/watch?v=_xJWESxbP0k&t=503s