

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
SECCIÓN DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA



INFORME FINAL DEL CURSO DE PRE ESPECIALIZACIÓN:
EN GESTIÓN Y TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

TÍTULO DEL INFORME FINAL:

“APLICACIÓN DE CATENARIAS Y ARCOS DE GAUDÍ COMO ESTRUCTURAS DE
CUBIERTA Y SOPORTE PARA PROYECTOS CONSTRUCTIVOS EN 2023”

PARA OBTAR AL CURSO ACADEMICO DE:

BILLY NELSON FLORES AYALA LICENCIATURA EN INGENIERÍA CIVIL
CESIA LISSETH LARA FLORES LICENCIATURA EN ARQUITECTURA
CARLA MARÍA TREJO GARCÍA LICENCIATURA EN ARQUITECTURA

PRESENTADO POR:

BILLY NELSON FLORES AYALA N° CARNÉ FA16006
CESIA LISSETH LARA FLORES N° CARNÉ LF15012
CARLA MARÍA TREJO GARCÍA N° CARNÉ TG15010

DOCENTE ASESOR:

ARQ. MILTON RICARDO ANDRADE CHINCHILLA

NOVIEMBRE 2023

SAN MIGUEL, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA

Resumen

La constante búsqueda de los profesionales del sector construcción para una buena realización de proyectos, ha resultado en la creación de una gran variedad de procesos constructivos ideados para optimizar la realización de los proyectos sin llegar a comprometer el requisito indispensable llamado control de calidad en la edificación. La gestión eficiente de los recursos y la reducción del tiempo de construcción se han convertido en una finalidad a alcanzar para cada profesional en el sector construcción para evidenciar su capacidad laboral, mejorar la productividad en la obra, reducir la cantidad de desechos producidos disminuyendo así la contaminación del lugar y garantizar el control de calidad de la obra final según los estándares previstos.

Palabras clave: *sector construcción; procesos constructivos; control de calidad; gestión de recursos; catenarias; arcos de Gaudí.*

Introducción

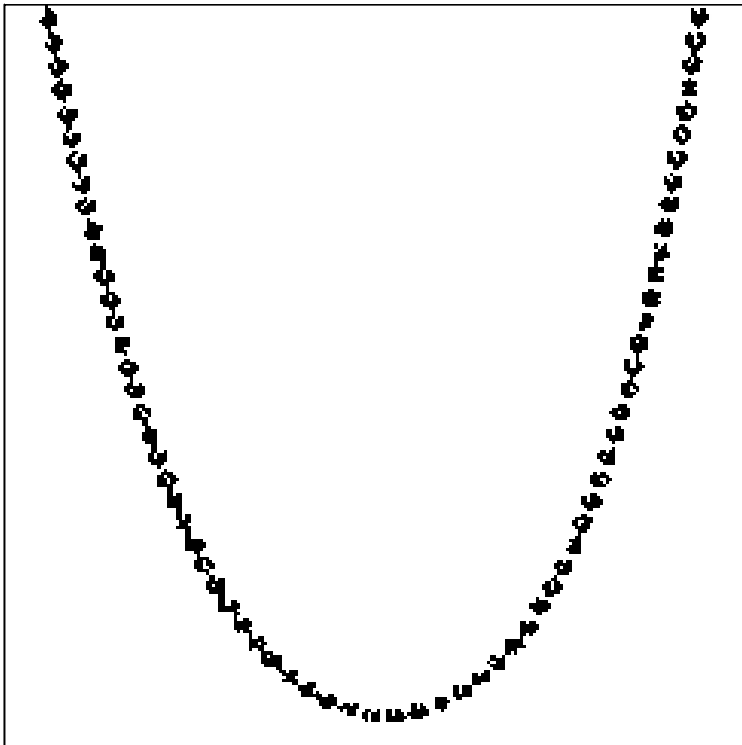
En la actualidad, el sector construcción se encuentra centrado en la gestión eficiente de los recursos y la disminución de tiempo de construcción de obra para acelerar el desarrollo urbano, con una mejora constante de los sistemas constructivos los profesionales en el sector construcción buscan una mayor capacidad de productividad sin comprometer el requisito del control de calidad a la que están sujetos según las normas previstas. Este hecho ha dado lugar a la búsqueda persistente de nuevas tecnologías y métodos de construcción, lo que causa la investigación de estructuras constructivas que se creían obsoletas y planteando una forma de construcción con sistemas más modernos. Es así que, la aplicación de catenarias y arcos de Gaudí como estructuras de cobertura y soporte para los proyectos constructivos emerge como una propuesta que puede garantizar que los proyectos de construcción tengan una buena gestión de recursos, una mayor productividad en la obra, la reducción de desechos producidos y el control de calidad de la obra según los estándares.

Catenarias Y Arcos De Gaudí

La geometría óptima para un arco que únicamente soporta su propio peso es la de una catenaria invertida como se muestra en la figura 1. Esto lo descubrió Robert Hooke en el siglo XVII. Él mismo lo utilizó para calcular la estructura de la Catedral de San Pablo en Londres. Gaudí, al darse cuenta del descubrimiento de las catenarias por Robert Hooke, decidió construir en 1906 catenarias de forma sistemática en su proyecto, la Casa Milà, también conocida como La Pedrera, ubicada en Barcelona. De modo que Gaudí decidió aplicar de manera sistemática el conocimiento de las catenarias que nos había ofrecido Robert Hooke.

Figura 1

Ilustración de una Catenaria de Cadenas Invertida



Nota. Adaptado de *Estudio y Aplicación de la Catenaria* [Fotografía], por Soleprado, 2012, wiki.ead ([Archivo:Catenaria estelle1.jpg - Casiopea \(pucv.cl\)](#)). CC BY-SA 4.0

Si bien algunas parábolas pueden tener una forma muy parecida a la catenaria, son dos curvas diferentes. Se emplea la palabra catenaria para designar la curva cuyo trazado sigue la forma

que adquiere una cadena o cuerda de densidad uniforme y perfectamente flexible sujeta por sus dos extremos y que se encuentra sometida únicamente a las fuerzas de la gravedad (Mata, 2010, párrafo primero).

El desafío de la catenaria, que surgió en el siglo XVII, se centraba en descifrar la forma que tomaba una cadena o cuerda (que no poseía rigidez flexional) en un campo gravitatorio uniforme. En otras palabras, se trataba de entender cómo se comportaba un segmento de cuerda cuando era afectado por su propio peso de manera vertical y al mismo tiempo sostenido por las tensiones en sus extremos, en direcciones que eran tangentes a un segmento de curva en dichos extremos (Wikipedia, 2023).

Los primeros físicos y matemáticos que abordaron el problema supusieron que la curva era una parábola, porque empíricamente la forma de la cuerda se parece mucho a una parábola, especialmente si se consideran longitudes pequeñas de cuerda (Mata, 2010).

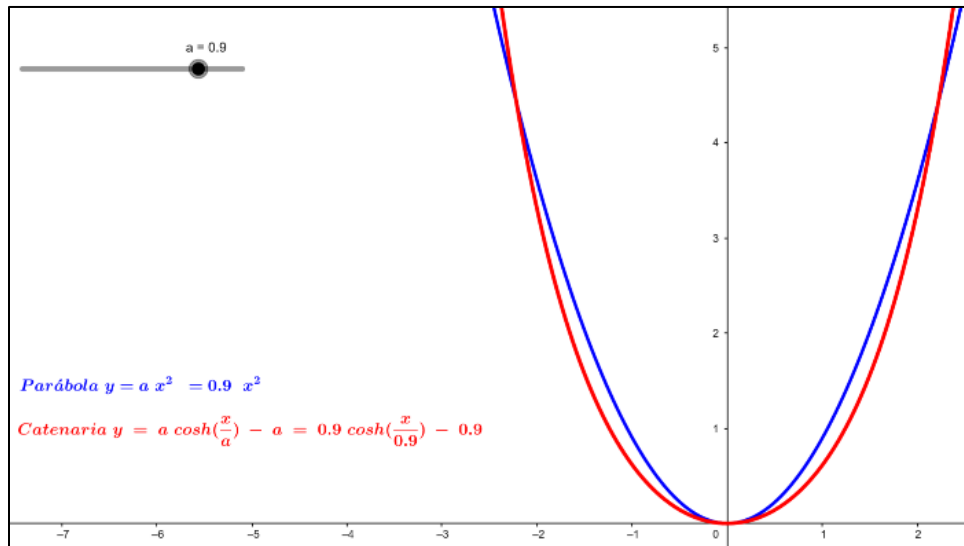
En cambio, una parábola es la sección cónica de excentricidad igual a 1:1 resultantes de cortar un cono recto con un plano cuyo ángulo de inclinación respecto al eje de revolución del cono sea igual al presentado por su generatriz. El plano resultará por lo tanto paralelo a dicha recta. Se define también como el lugar geométrico de los puntos de un plano que equidistan de una recta llamada directriz y un punto interior a la parábola llamado foco (Vasquez, 2020).

En geometría proyectiva, la parábola se define como la curva envolvente de las rectas que unen pares de puntos homólogos en una proyectividad semejante o semejanza. La parábola aparece en muchas ramas de las ciencias aplicadas debido a que su forma se corresponde con las gráficas de las ecuaciones cuadráticas. Por ejemplo, son parábolas las trayectorias ideales de los cuerpos que se mueven bajo la influencia exclusiva de la gravedad (Oleo, 2017). Podemos observar en la figura 2 una comparación entre ambas curvas y su comportamiento a través del plano.

Figura

2

Curva Catenaria y Parábola



Nota. Adaptado de *Curva Catenaria y Parábola* [Fotografía], Ezequiel Martínez Rosales, 2023, GeoGebra ([Curva catenaria y parábola – GeoGebra](#)). CC BY-NC

Comparación Entre Catenarias y Arcos De Gaudí

Concretamente hablando ambas curvas son muy parecidas, pero son matemáticamente diferentes. Decimos geometría óptima, dado que para construir dicha obra se requiere únicamente el material justo y necesario, obteniendo de este modo paredes hechas de ladrillo delgadas y esbeltas que dan la sensación de más amplitud.

Este mismo edificio se pudo haber construido con arcos de medio punto, el edificio claramente hubiese soportado las mismas cargas, sin embargo, hubiésemos tenido un exceso de material dando la sensación de paredes más gruesas. Y columnas menos esbeltas. Lo cual en su momento fue un gran descubrimiento.

Gaudí se interesó en que la estructura no solo cumplierse el requisito para soportar las cargas requeridas, sino que también redujera el uso de materiales al mínimo. Gracias a encontrar la forma geométrica perfecta que lo permitiese, en el caso del Colegio teresiano y estas fueron las parábolas.

Algunas características a considerar de las catenarias y arcos de Gaudí son:

Catenaria

Forma Geométrica Auto Resistente. Siguen la forma natural de una cadena o cuerda bajo su propio peso, sin tensiones laterales. Esto significa que un arco con la forma de una catenaria invertida minimiza los esfuerzos de compresión sobre sí misma.

Estabilidad. Son estructuralmente estables y no requieren apoyos laterales. Tiene una gran aplicación en puentes colgantes, sobre todo si no tiene ningún peso adicional no produce un exceso de presión sobre los materiales.

Estética. Según Gaudí, la catenaria aporta elegancia y espiritualidad al arco y a toda la construcción. Puede infundir la sensación de ligereza y fluidez en la estructura, al ser una curva natural aporta armonía y equilibrio a los diseños.

Técnica Constructiva. Entre estas se encuentran la construcción tradicional, prefabricada o la técnica de construcción Binishells.

Arcos de Gaudí

Forma Geométrica. Gaudí utilizaba una combinación de diferentes arcos, entre ellos están los arcos parabólicos con curvas más amplias y abiertas que un arco semicircular tradicional, arcos catenarios comúnmente utilizados en los techos de sus obras y arcos funiculares que estaban especialmente diseñados para soportar cargas pesadas y son ideales para estructuras como puentes y pasarelas.

Estabilidad. Debido a que Gaudí planteaba sus proyectos desde un inicio con formas equilibradas, garantizaba que la estructura estuviera en equilibrio volviéndola estable.

Estética. Se caracteriza por su conexión con las formas naturales, su uso innovador de las formas geométricas y su simplicidad y elegancia.

Técnica Constructiva. Se Utilizaban técnicas constructivas innovadoras para su época. Realizaba maquetas tridimensionales para determinar sus arcos catenarios o parabólicos, que luego fotografiaba y giraba la imagen 180° para obtener las volumetrías del conjunto.

Obras Arquitectónicas

Casa Milá, Barcelona.

También conocida como La Pedrera, es un edificio modernista diseñado por el famoso arquitecto Antoni Gaudí. Fue construido entre los años 1906 y 1910 en el distrito del Ensanche de Barcelona, en el número 92 del paseo de Gracia.

Este edificio es uno de los más emblemáticos de Gaudí y es conocido por sus innovaciones constructivas y funcionales, así como por sus soluciones ornamentales y decorativas. La Casa Milà es un reflejo de la plenitud artística de Gaudí: pertenece a su etapa naturalista, periodo en que el arquitecto perfecciona su estilo personal, inspirándose en las formas orgánicas de la naturaleza como puede observarse en la figura 3 (Fundació Catalunya La Pedrera, 2021).

Figura

3

Casa Milà, vista general.

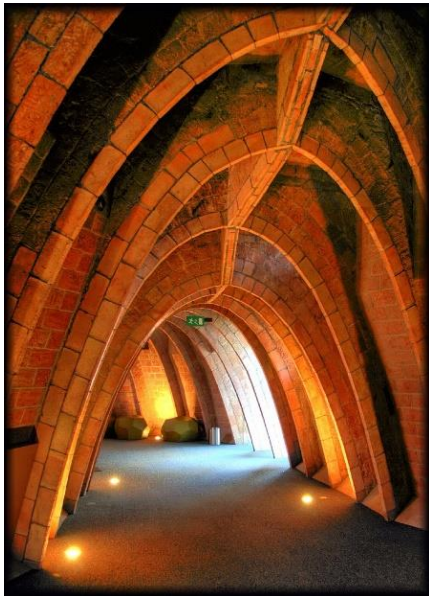


Nota. Adaptado de *Casa Milà, general view, perspective corrected* [Fotografía], Thomas Ledl, 2018, Wikipedia ([Casa Milà, general view - Casa Milà - Wikipedia](#)). CC BY-SA 4.0

En su último piso, Gaudí diseñó una galería de arcos catenarios de ladrillo. Teniendo en cuenta que estos arcos, al estar en el último piso, no soportaban más que su propio peso y por eso la geometría óptima para estos arcos es la de una catenaria. Al interior da la sensación de estar dentro de una gruta o un esqueleto como puede verse en la figura 4.

Figura**4**

Arcos Catenarios del desván.



Nota. Adaptación de *Casa Milà inside, Barcelona* [Fotografía], Matthias Ott, 2008, Wikipedia ([CasaMila-Voltes2 - Casa Milà - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)). CC BY 2.0

Casa Batlló, Barcelona.

La Casa Batlló es una obra maestra del arquitecto Antoni Gaudí, quien es el máximo representante del modernismo catalán. Se encuentra en el número 43 del Paseo de Gracia de Barcelona. Esta casa es una remodelación integral de un edificio previamente existente, obra de Emilio Sala Cortés. La construcción se realizó entre los años 1904 y 1906 (Casa Batlló Gaudí Barcelona, 2012).

Gaudí puso en práctica toda una serie de nuevas soluciones estructurales originadas en los profundos análisis efectuados por él de la geometría reglada. A ello añade el artista catalán

una gran libertad creativa y una imaginativa creación ornamental, partiendo de cierto barroquismo sus obras adquieren gran riqueza estructural, de formas y volúmenes desprovistos de rigidez racionalista o de cualquier premisa clásica como se muestra en la figura 5.

Figura**5**

Casa Batlló, Antoni Gaudí.



Nota. Adaptado de *Casa Batlló, Antoni Gaudí* [Fotografía], Canaan, 2005, Wikipedia ([Gaudí - Casa Batlló - Casa Batlló - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)). CC BY-SA 4.0

Su nivel superior también posee una galería de catenarias, estas eran construidas con ladrillos. Dando la sensación al contrario de un arco tradicional, ser muy delgada como se ve en la figura 6. E incluso parecer que no soportará su propio peso, sin embargo, Gaudí entendiendo los análisis estructurales que hizo Robert Hooke. Tenía la seguridad, que los arcos catenarios no caerían y que eran perfectamente estables. Si no que su geometría era muchísimo más óptima

que la de un arco de medio punto dado que requería menos material en su construcción para la misma estabilidad.

Figura**6**

Casa Batlló, detalle del desván.



Nota. Adaptado de *Barcelona (Spanien), Casa Batlló, sog. Dachboden* [Fotografía], Michael Stallbaum, 2006, Wikipedia ([Barcelona, Casa Batlló, innen, Dachboden - Casa Batlló - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)). Dominio Público

La Sagrada Familia, Barcelona.

La Sagrada Familia es una basílica católica en Barcelona, España, diseñada por el arquitecto Antoni Gaudí. La construcción comenzó en 1882 y todavía está en curso. Es la obra maestra de Gaudí y el máximo exponente de la arquitectura modernista catalana (Fundación Junta Constructora del Templo Expiatorio de la Sagrada Familia, 2021).

La Sagrada Familia es un reflejo de la plenitud artística de Gaudí, como se ve en la figura 7, trabajó en ella durante la mayor parte de su carrera profesional, pero especialmente en los

últimos años, donde llegó a la culminación de su estilo naturalista. Gaudí logró una perfecta armonía en la interrelación entre los elementos estructurales y los ornamentales, entre plástica y estética, entre función y forma, entre contenido y continente, logrando la integración de todas las artes en un todo estructurado y lógico (Fundación Junta Constructora del Templo Expiatorio de la Sagrada Familia, 2021).

Figura**7**

Templo Expiatorio de la Sagrada Familia



Nota. Adaptado de *Templo Expiatorio de la Sagrada Familia* [Fotografía], Canaan, 2021, Wikipedia ([Sagrada Familia 8-12-21 \(1\) - Templo Expiatorio de la Sagrada Familia - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)). CC BY-SA 4.0

El interior de la Sagrada Familia debía semejar un bosque como se observa en la figura 8, con un conjunto de columnas arborescentes inclinadas, de forma helicoidal, que crean una estructura a la vez simple y resistente. Gaudí aplicó en la Sagrada Familia todos sus hallazgos

experimentados anteriormente en obras como el parque Güell o la cripta de la Colonia Güell y consiguió elaborar un templo estructuralmente perfecto a la vez que armónico y estético.

Figura 8

Bóveda de la Sagrada Familia.



Nota. Adaptado de *Bóveda de la Sagrada Familia* [Fotografía], Canaan, 2016, Wikipedia ([SE - Detalle de la bóveda - Templo Expiatorio de la Sagrada Familia - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)).

CC BY-SA 4.0

La Sagrada Familia tiene planta de cruz latina, de cinco naves centrales y transepto de tres naves, y ábside con siete capillas. Ostenta tres fachadas dedicadas al Nacimiento, Pasión y Gloria de Jesús y, cuando esté concluida, tendrá dieciocho torres: cuatro en cada portal, haciendo un total de doce por los apóstoles; cuatro sobre el crucero, invocando a los evangelistas; una sobre el ábside, dedicada a la Virgen; y la torre cimborrio central, en honor a Jesús, que alcanzará los 172.5 m de altura (Fundación Junta Constructora del Templo Expiatorio de la Sagrada Familia, 2021). La mayor parte del diseño de esta edificación, tiene sus orígenes

en la inacabada iglesia Güell, su forma es dada por los pesos en cada cordel, para así calcular la estructura del edificio como se ve en la figura 9.

Figura**9**

Maqueta poli funicular, Antoni Gaudí, Museo de la Sagrada Familia



Nota. Adaptado de *Maqueta poli funicular, Antoni Gaudí, Museo de la Sagrada Familia* [Fotografía], Canaan, 2009, Wikipedia ([Maqueta funicular - Templo Expiatorio de la Sagrada Familia - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)). CC BY-SA 4.0

La Cupola, Cerdeña.

La Cupola es una cúpula construida en 1964 por el arquitecto Dante Bini como refugio junto al mar para la pareja formada por el director de cine italiano Michelangelo Antonioni y la actriz Mónica Vitti. Se encuentra en Cerdeña (Arquitectura Sostenible, 2023). La distribución del interior de La Cupola puede verse en la maqueta de la figura 10.

Figura 10

La Cupola, interior

Nota. Adaptado de *Dante Bini, La Cupola, Costa Paradiso, Cerdeña* [Fotografía], Giulia Ricci, 2018, domus ([Dante Bini, La Cupola, Costa Paradiso, Cerdeña - Domus \(domusweb.it\)](https://www.domusweb.it)). CC BY-NC

Dante Bini es el inventor de Binishell, una técnica que utiliza la presión del aire para crear construcciones de hormigón armado de forma esférica, que se convierte en el elemento clave de su obra. Para la construcción de La Cupola, Dante Bini utilizó esta técnica (Felicori, 2021).

La Cupola parece haber surgido de la tierra y retoma los matices rojizos de las rocas de la costa, cuyos polvos se utilizan para hacer el revestimiento de yeso de la construcción. Aunque actualmente se encuentra abandonada, sigue siendo un icono de la arquitectura de los años 60. La figura 11 demuestra el deterioro que ha sufrido la edificación a través de los años.

Figura**11***La Cupola, Cerdeña, Italia.*



Nota. Adaptado de La Cupola [Fotografía], Architectuul, 2023, Architectuul ([La Cupola | Architectuul](#)). CC BY-SA 3.0

Métodos De Construcción

Construcción Tradicional.

La construcción tradicional se suele referir a técnicas de construcción en albañilería y mampostería, es decir, en su mayoría se utiliza el hormigón armado como material estructural y morteros húmedos para crear divisiones y cierres en mampostería. Es una técnica constructiva que permite mucha flexibilidad, ya que los elementos constructivos y decorativos son fabricados in situ para la obra (Structuralia, 2023). La figura 12 muestra la construcción inacabada de una bóveda catenaria hecha de ladrillos y cemento.

Figura

12

Bóveda Catenaria en construcción.



Nota. Adaptado de Estructura y Cerramiento en Bóveda Catenaria - Laureana Arquitectura Sostenible [Fotografía], Revista Digital de Arquitectura, 2012, Apuntes de Arquitectura Digital ([APUNTES - REVISTA DIGITAL DE ARQUITECTURA: Estructura y Cerramiento en Bóveda Catenaria - Laureana Arquitectura Sostenible \(apuntesdearquitecturadigital.blogspot.com\)](http://apuntesdearquitecturadigital.blogspot.com)). CC

BY-SA

Construcción Prefabricada.

Como su nombre lo indica, los elementos utilizados en este tipo de construcciones son preformados y prefabricados en masa, y por supuesto, en sitios ajenos a la obra. Aun así, estos sistemas suelen ofrecer amplias posibilidades, y admiten el uso de varios tipos de materiales, como la madera, el acero, el hormigón, polímeros, etc. Esta técnica constructiva apremia las juntas en seco y la reutilización de los elementos constructivos dispuestos (Structuralia, 2023). La figura 13 representa una de las estructuras accesibles más altas de Estados Unidos, su interior posee un observatorio en la cima curva por el que se tiene acceso a través de las escaleras de emergencia, un ascensor o el tranvía.

Figura**13***St. Louis Arch*

Nota. Adaptado de St. Louis Arch [Fotografía], Daniel Ramírez, 2008, Flickr (<https://flic.kr/p/5nJtWV>). CC BY 2.0

Construcción Con Técnica Binishells.

La técnica de construcción Binishell fue creada por el arquitecto italiano Dante Bini en los años sesenta. Esta técnica se basa en la creación de estructuras de hormigón inflado en forma de conchas. Hasta la fecha, se han construido alrededor de 1.600 Binishells en 23 países.

Las Binishells originales son circulares y están armadas con un sistema de muelles y barras de refuerzo. La tecnología se basa en las estructuras aéreas, que se levantan igual que un globo. Además, Bini se inspiró en la cúpula de un equipo de tenis neumático. El primer Binishell se construyó en 1965 (Arquitectura Sostenible, 2023).

Figura**14**

Construcción Innovadora de Binishells.



Nota. Adaptado de *Binishells, a smarter way of building* [Fotografía], Binishells, 2022, Binishells ([a smarter way of building | Binishells](#)). CC BY-NC-ND 2.0

Las aplicaciones de los Binishells van desde escuelas, viviendas, pueblos turísticos, estadios deportivos, almacenes, silos y discotecas. En 1978 se inauguró un ejemplo de Binishell como pabellón deportivo para el Malvern Girls College.

Estos “Binishells” inicialmente se crearon como una opción arquitectónica para construir refugios, viviendas de bajo coste y otras instalaciones como escuelas, bases militares y estadios deportivos, para personas desplazadas, refugiados y evacuados. A diferencia de los refugios de emergencia tradicionales, que se levantan por todas partes en tiempos de crisis, los Binishells están concebidos para ser permanentes (Arquitectura Sostenible, 2023).

Actualmente, Nicolás Bini, hijo del creador original de los “Binishells”, ha evolucionado la técnica de su padre para crear estas conchas con fines arquitectónicos de vivienda (Arquitectura Sostenible, 2023).

Figura**15**

Construcción Innovadora de Binishells, Membrana.



Nota. Adaptado de *Binishells, a smarter way of building* [Fotografía], Binishells, 2022, Binishells ([a smarter way of building | Binishells](#)). CC BY-NC-ND 2.0

Conclusiones

El estudio de la aplicación de las catenarias y los arcos de Gaudí como estructuras de cubierta y soporte a través de sus características y métodos de construcción es esencial, ya que como elementos constructivos pueden ser utilizados en diferentes proyectos para minimizar la cantidad de material y tiempo invertido en cada obra sin comprometer la calidad del mismo. La combinación de los aspectos más característicos de estas estructuras junto a los nuevos sistemas y técnicas constructivas pueden conducir a grandes mejoras en la productividad de la obra, la reducción de los residuos causados por la misma, el acortamiento del tiempo de construcción de obra y la incorporación de estos elementos arquitectónicos pueden aportar no solo un valor estructural al diseño sino también un valor estético único a los proyectos, alineándose con la nueva visión innovadora y progresista del sector construcción en la actualidad. Este artículo se centra en la aplicación de las catenarias y arcos de Gaudí como estructuras de tipo cubierta y soporte respectivamente, destacando sus características por medio del análisis de diferentes obras constructivas y algunos métodos de diseño y construcción.

Referencias

- Arquitectura Sostenible. (4 de julio de 2023). *"Binishells" Casas de Hormigon Inflado en Forma de Conchas*. Recuperado el 2 de noviembre de 2023, de oldskull: https://www.oldskull.net/arquitectura/binishells-casas-de-hormigon-inflado-en-forma-de-conchas/#google_vignette
- Casa Batlló Gaudí Barcelona. (9 de marzo de 2012). *Historia de Casa Batlló*. Recuperado el 2 de noviembre de 2023, de Casa Batlló Gaudí Barcelona.
- Felicori, B. (10 de octubre de 2021). *Esta Cúpula Abandonada Es Un Icono de la Arquitectura y Está en Peligro*. Recuperado el 2 de noviembre de 2023, de Elledecor: <https://www.elledecor.com/es/arquitectura/a37538790/dante-bini-cupola-michelangelo-antonioni-monica-vitti/>
- Fundació Catalunya La Pedrera. (17 de marzo de 2021). *Las Inovaciones Arquitectónicas de La Pedrera*. Recuperado el 2 de noviembre de 2023, de La Pedrera - Casa Milá: <https://www.lapedrera.com/es/la-pedrera/arquitectura-gaudi>
- Fundación Junta Constructora del Templo Expiatorio de la Sagrada Familia. (1 de octubre de 2021). *Historia de la Basílica*. Recuperado el 2 de noviembre de 2023, de Basílica de la Sagrada Familia: <https://sagradafamilia.org/es/historia-del-templo>
- Mata, S. d. (29 de noviembre de 2010). *La Catenaria en Arquitectura*. Recuperado el 1 de noviembre de 2023, de ETSI Caminos, Canales y Puertos: <https://www2.caminos.upm.es/Departamentos/matematicas/Fdistancia/PIE/Chip%20geom%C3%A9trico/Catenaria.pdf>
- Oleo, M. d. (12 de diciembre de 2017). *Parábola*. Recuperado el 1 de noviembre de 2023, de GeoGebra: <https://www.geogebra.org/m/eceNTmRp>
- Structuralia. (2023). *Técnicas Constructivas en la Arquitectura Contemporánea*. Recuperado el 2 de noviembre de 2023, de Structuralia: <https://blog.structuralia.com/tecnicas-arquitectura-contemporanea>
- Vasquez, G. A. (10 de junio de 2020). *Actividad 5 - Parábola*. Recuperado el 1 de noviembre de 2023, de coursehero: <https://www.coursehero.com/file/69797086/Actividad-5-Parabola-Gael-Alejandro-Muzquiz-Vasquezpdf/>
- Wikipedia. (26 de septiembre de 2023). *Catenaria*. Recuperado el 1 de noviembre de 2023, de Wikipedia: <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Catenaria&oldid=154071581>