

Trabajo de Fin de Grado

*Láminas plegadas de
hormigón. Catalogación
y una aproximación al
tipo estructural*



*Grado en Fundamentos de la Arquitectura
Universidad de Sevilla*

*Autor: Ángel Carpio Asencio
Tutora: Paloma Pineda Palomo
Curso 2022-2023*

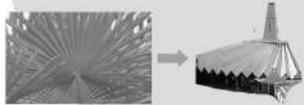
Índice

Resumen Gráfico	3
Resumen	4
Abstract	4
Objetivos	5
Objetivo General	5
Objetivos Específicos	5
Método	6
Estado de la cuestión.....	7
Estructuras laminares vs Estructuras de lámina plegada	8
Estructuras de Lámina plegada	10
Usos	13
Evolución histórica	14
España	15
Catalogación previa de estructuras laminares	16
Catalogación en función de criterios geométricos, constructivos y estructurales.....	40
Clasificación según los parámetros establecidos	60
Fichas de Catalogación	70
Análisis.....	132
Gráficas.....	132
Gráfica 1: luz vs canto total	132

Gráfica 2. luz vs espesor:.....	147
Gráfica 3: Base del módulo-Ángulo.....	161
Vinculación exterior. Clasificación de los edificios.....	176
Conclusiones parciales de la vinculación exterior.....	180
Conclusiones finales.....	181
Bibliografía	183

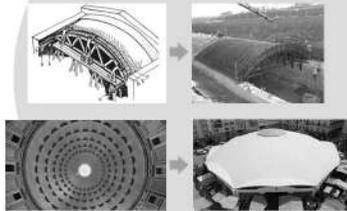
ESTRUCTURAS DE LÁMINAS PLEGADAS DE HORMIGÓN

La construcción laminar tiene una clara influencia de elementos que se encuentran en la naturaleza

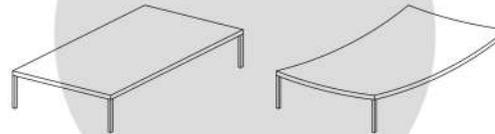


Este tipo de estructuras deben su funcionamiento a su forma

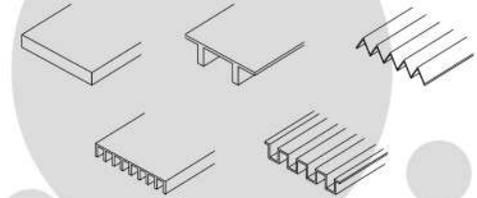
El hormigón armado cambió por completo este tipo de estructuras



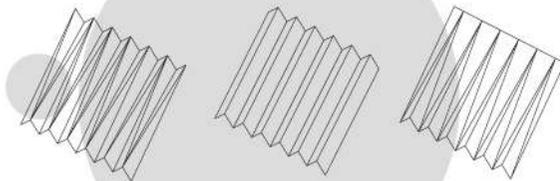
La losa de hormigón necesitaba de un espesor elevado y sufría deformaciones



De la optimización de la losa surgieron las estructuras de láminas plegadas de hormigón



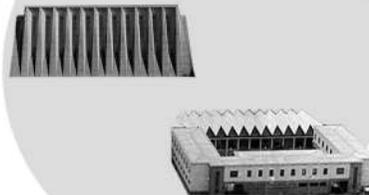
Las estructuras de láminas plegadas adoptan distintas formas y combinaciones



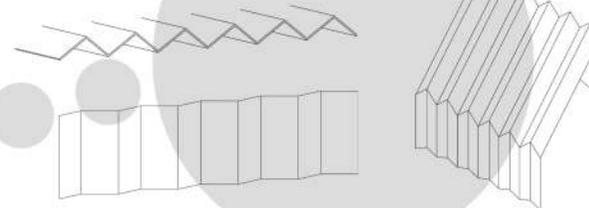
Tuvieron un gran auge en la década de los 50 y 60



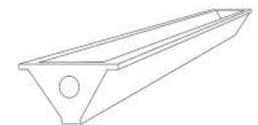
Muchos autores se interesaron por este tipo de construcciones y las desarrollaron: Nervi, Candela, Torroja y Saarinen



Pueden disponerse tanto en cubierta, forjado, fachada o ser mixtos y formar pórticos o bóvedas



Pueden ser tanto in situ como prefabricadas, realizándose módulos y láminas prefabricadas



Pero más tarde los autores optaron por estructuras laminares como el paraboloides hiperbólico y las plegadas dejaron de utilizarse...

...sin embargo se trata de un gran sistema respecto a sus capacidades estructurales que merece ser conocido

Resumen

En el desarrollo de este Trabajo de Fin de Grado se abordará la catalogación de las estructuras de láminas plegadas de hormigón armado, en función de una serie de parámetros (características geométricas (luz, canto total, relación luz/canto, base del módulo, ángulo, espesor de la lámina, relación luz/espesor y tipo de pliegue), características constructivas (ubicación en el sistema constructivo-estructural y prefabricado o in situ) y características estructurales (tipo de vinculación exterior y sistema bi o tridimensional)) y respecto a los edificios encontrados. Si bien los edificios y los tipos encontrados son muy diversos, esto permite conocer los rasgos identificativos. Este tipo de estructuras permiten obtener un diseño característico, así como un buen comportamiento estructural.

Dependiendo de esto, pueden conseguirse grandes luces con cantos y espesores reducidos, de manera que resulten muy eficientes para diversas aplicaciones. El estudio realizado contribuye a la puesta en valor de este tipo estructural.

Palabras clave: lámina plegada, hormigón armado, caracterización tipológica, tipo estructural, contextualización del tipo estructural.

Abstract

In the development of this Bachelor Degree Thesis, the cataloguing of reinforced concrete folded sheet structures will be addressed, according to a series of parameters (geometric characteristics (span, total edge, span/edge ratio, module base, angle, sheet thickness, span/thickness ratio and type of fold), constructive characteristics (location in the constructive-structural system and prefabricated or in situ) and structural characteristics (type of external connection and two- or three-dimensional system) and with respect to the buildings found. Although the buildings and types found are very diverse, this makes it possible to identify identifying features. These types of structures allow for a characteristic design as well as good structural behavior. Depending on this, large spans can be achieved with reduced depths and thicknesses, making them very efficient for various applications. This study contributes to the valorization of this structural type.

Keywords: folded sheet, reinforced concrete, typological characterization, structural type, contextualization of the structural type.

Objetivos

Objetivo General

Catalogación y caracterización de estructuras de láminas plegadas de hormigón

Objetivos Específicos

- OE1: Identificación de parámetros definitorios de las estructuras de láminas plegadas de hormigón.
- OE2: Interrelación entre los distintos parámetros
- OE3: Clasificación de los edificios según los parámetros establecidos
- OE4: Estudio de los edificios y su composición estructural
- OE5: Análisis de diferencias entre edificios y tipos

Método

El método mediante el cual se pretenden alcanzar los objetivos propuestos es el siguiente:

- Estudio del estado de la cuestión
- Catalogación
- Elaboración de fichas de caracterización
- Análisis

-Estudio del estado de la cuestión

Se parte de la situación previa, de dónde proviene este tipo de estructuras y cómo el hormigón armado cambió el panorama, así como el origen de la forma. Posteriormente se definen tanto las estructuras laminares, origen del tipo, como las láminas plegadas.

-Catalogación

Se elabora una lista de edificios con láminas plegadas de hormigón. Para poder clasificarlos, se escogen una serie de parámetros identificativos, que se dividen en características geométricas (luz, canto total, relación luz/canto, base del módulo, ángulo, espesor de la lámina, relación luz/espesor y tipo de pliegue), características constructivas (ubicación en el sistema constructivo-estructural y prefabricado o in situ) y características estructurales (tipo de vinculación exterior y sistema bi o tridimensional). Esto permite agruparlos mediante la asignación de un código. Se realiza una tabla con todos los edificios y sus parámetros, así como datos de interés e imágenes.

-Fichas de caracterización

Se realizan fichas de catalogación con los edificios de los cuales se puede extraer documentación gráfica e información. En estas se cumplimentan los datos en relación a los parámetros definidos.

-Análisis

Se elaboran unas gráficas con los datos obtenidos de las fichas y tablas. Estas gráficas se agruparán según la ubicación del elemento (si las láminas están en cubierta-forjado, voladizo o fachada) además de según su tipo de plegadura. Esto permitirá realizar un análisis de las características escogidas y extraer conclusiones del funcionamiento del sistema.

Estado de la cuestión

La introducción del hormigón armado en el ámbito de la construcción supuso un incremento en cuanto a las posibilidades de los arquitectos para la realización de sus obras. En el caso de las estructuras laminares, anteriormente se realizaban con fábrica de ladrillo y hormigón en masa; se trataban de construcciones de un peso muy elevado y gran espesor, pero posteriormente gracias a la invención del hormigón armado, las estructuras laminares pudieron mejorar su funcionamiento respecto a los materiales y métodos constructivos anteriores [1][2].

La invención de este tipo de sistemas tiene una clara influencia de los elementos que encontramos en la naturaleza. Muchos ejemplos de construcciones laminares siguen los mismos principios que los de la cáscara de un huevo, como puede ser una cúpula. La naturaleza con la cáscara de un huevo consigue una gran resistencia con muy poco espesor. Esto es debido a la forma, el principio de funcionamiento de las construcciones laminares. En el caso de las láminas plegadas de hormigón encuentran símiles en la naturaleza en elementos como las conchas, las cuales añaden una plegadura a su forma incrementando su resistencia. Esta plegadura puede ser de muy diverso tipo, y en la naturaleza cambia. Si observamos las plegaduras presentes en las hojas de los árboles, no son la misma las hojas de un calpe que las de una palmera. Al igual que en los edificios también varía este tipo de plegadura, dependiendo de esta encontraremos ejemplos constructivos los cuales se estudiarán a lo largo del trabajo [3][4].



Cáscara de huevo



Hoja de calpe



Hoja de palma

[I-01] [I-02] [I-03] [I-04] [I-05] [I-06]

“El hormigón, pese a su carácter pétreo, ha sabido renunciar a su volumen para liberarse de masa y peso y llegar a soluciones superficiales, cuyas delgadas láminas son capaces de adaptarse a formas que hasta ahora sólo fueron soñadas en las mentes de arquitectos, ingenieros y proyectistas, en momentos de dar libertad y alas a su fantasía” Cassinello [5]

Estructuras laminares vs Estructuras de lámina plegada

Estructuras laminares

Las estructuras laminares son superficies delgadas (curvas o planas) que responden favorablemente a las acciones gravitatorias mediante esfuerzos normales de compresión y/o tracción y tangenciales, uniformes en el espesor de la propia superficie. El funcionamiento de este tipo de estructuras se basa fundamentalmente en su configuración geométrica, más allá de la capacidad resistente del material. Mediante la geometría, pueden alcanzarse diseños atractivos de grandes luces sobre soportes lineales o puntuales (muros y pilares), generando así espacios ininterrumpidos, facilitando la adaptación a múltiples usos. Son muy eficientes en lo que respecta a la relación luz/canto [6][7].

Estructuras de lámina plegada

Las estructuras de láminas plegadas están formadas por ensamblajes de múltiples números de láminas conectadas rígidamente en un patrón de plegado. Las estructuras soportan cargas sin necesidad de vigas de apoyo a lo largo de los bordes longitudinales. La razón de la eficacia de los sistemas de láminas plegadas de hormigón armado es que transfieren las cargas aplicadas a los elementos de soporte mediante flexión y acción de membrana [3][8].



[I-07]

Museo Oceanográfico (Valencia) – Félix Candela



[I-08]

Terminal Lindberg del aeropuerto Internacional Mineápolis-Saint Paul

Se diferencian principalmente del resto de construcciones laminares en que unas se curvan y otras se pliegan. Las láminas que componen el resto de estructuras laminares poseen alguna curvatura mientras que en las plegadas las láminas son completamente planas, y se unen en sus bordes formando un conjunto. Mientras que en las estructuras laminares como el paraboloides hiperbólico se produce una curva (parábola), en las estructuras laminares plegadas se realiza un pliegue, una doblez, como puede ser en el origami, generando una arista que interrumpe la continuidad [9].

Son aquellas que, a diferencia del resto de estructuras laminares, están "sometidas a régimen mixto de esfuerzos de membrana y flexión" Félix Candela [01].

Para formar elementos curvos como son las estructuras laminares de hormigón se precisa para su realización in situ de un elevado trabajo de encofrado. En cambio, en las estructuras de láminas plegadas de hormigón, al estar formadas por láminas rectas se pueden encofrar más fácilmente o prefabricar por módulos o láminas y ensamblarlos en obra.

"Tienen la ventaja, frente a las cáscaras, de estar compuestas por superficies planas, lo que representa menores dificultades de encofrado" Angerer [10].

Estructuras de Lámina plegada

El nombre de lámina plegada procede de su asignación por parte de Ketchum: "Siempre me disgustó el nombre de "cubrición a dos aguas (pitched roofs)", y cuando fui presidente de un comité ASCE (American Society of Civil Engineers), me hice responsable, al menos parcialmente, del cambio de nombre a lámina plegada (folded plate)"[1]. Funcionan longitudinalmente como una viga trabajando a flexión, lo cual permite conseguir grandes luces, y transversalmente funcionando como losa [3].

Tiene una gran variedad de formas y tipos y pueden disponerse tanto en el plano horizontal, como cubierta o forjado o en el plano vertical como fachada, e incluso combinarse entre sí formando pórticos o bóvedas [3] [11].

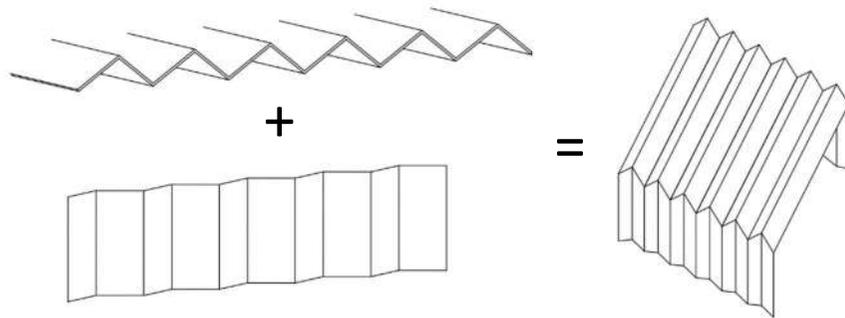
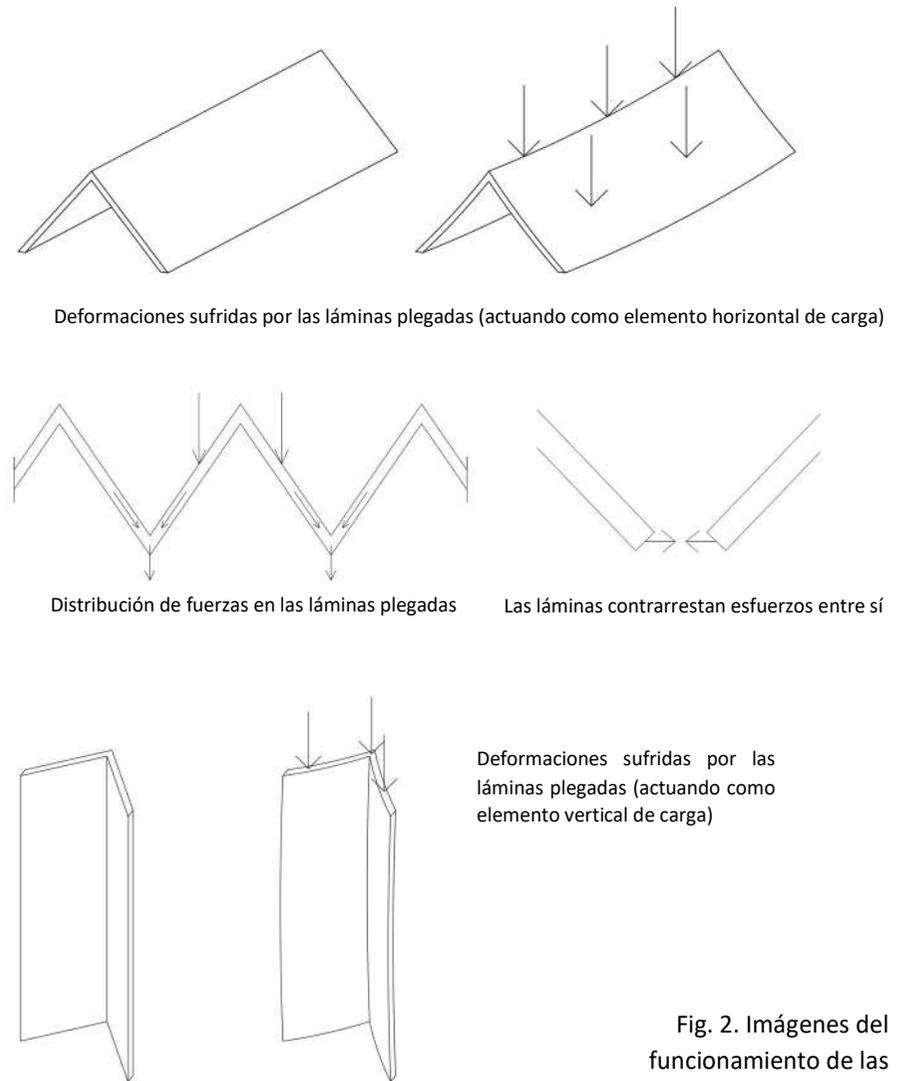


Fig. 1. Formación de pórticos.
Elaboración propia

"Las deformaciones de las aristas de una plegadura pueden reducirse mediante el arriostramiento con pórticos o tímpanos transversales resistentes a la flexión"

J. Born (Faltwerke)[3]



Deformaciones sufridas por las láminas plegadas (actuando como elemento horizontal de carga)

Distribución de fuerzas en las láminas plegadas

Las láminas contrarrestan esfuerzos entre sí

Deformaciones sufridas por las láminas plegadas (actuando como elemento vertical de carga)

Fig. 2. Imágenes del funcionamiento de las láminas. Elaboración propia

El sistema surge de la reducción de las losas, optimizando su funcionamiento. Hennerbrique apreció que colocando una losa sobre vigas su resistencia mejoraba. Es por ello por lo que se decidió crear la losa directamente con esa forma, prescindiendo del hormigón de las zonas de tracción, formando T en la losa. De esta forma se ahorra material y aumenta por tanto la resistencia al reducir el peso. Esta optimización lleva hasta la forma en V de la losa, mediante la utilización de láminas inclinadas [3].

El funcionamiento del sistema consiste en el plegado de láminas de hormigón, de manera que la proyección horizontal que abarque será el canto real de la estructura, logrando así un espesor menor que con una lámina (losa) completa que abarque tal canto. A su vez, la capacidad portante de las láminas dependerá de su espesor y de la calidad del material con el que estén fabricados [12]

La inclinación de las láminas también condicionará el funcionamiento del sistema, así como la necesidad de una viga o elemento de borde, ya que cuanto mayor sea el ángulo con el que la lámina llega a la unión inferior con respecto a la horizontal, más sustento tendrá por si sola, mientras que cuanto menor sea el ángulo más tendencia a abrirse tendrá. Sin embargo, la inclinación diseñada para la disposición de las láminas puede ser distinta, y encontramos muchos casos de las láminas a su vez puede variar, haciendo que el comportamiento de sistema mejore o empeore [3].

Una de las principales virtudes del sistema es la proporción luz/canto y luz/espesor que se consigue respecto a otros.

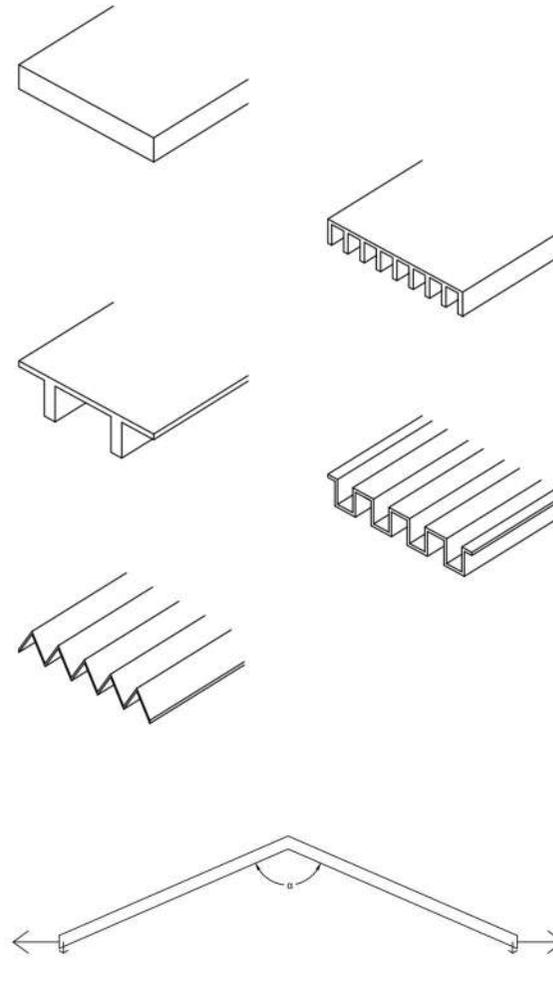


Fig. 3. Evolución de la losa hasta las láminas plegadas. Elaboración propia

Fig. 4. Diferencia de distribución de fuerzas entre ángulos que forman las láminas plegadas [3]. Elaboración propia



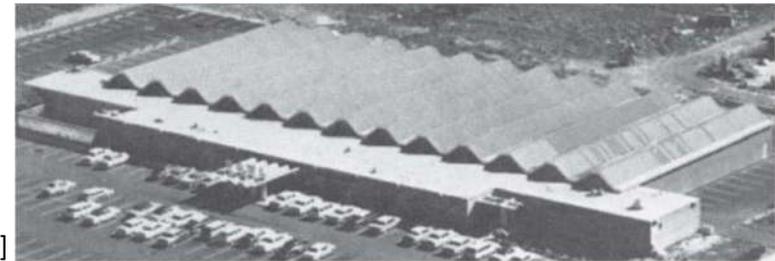
[I-09]

Canódromo de Carabanchel (1960-1962) - José Ramón Azpiazu Ordóñez y Pedro Pinto Martínez [13]

«Las láminas plegadas, definidas por planos que se cortan, ofrecen indudables posibilidades de aplicación al ser capaces de dar un gran canto, pese a su poco espesor, y una gran rigidez transversal, gracias a su forma» (Cassinello - 1974) [13].

Usos

El uso de las láminas plegadas viene condicionado por sus ventajas estructurales, ya que permiten conseguir grandes luces con pocos apoyos. Tienen más rigidez inherente y gran capacidad de carga que otras estructuras [11]. También permiten dotar de belleza y eficiencia a las composiciones que las adoptan. La gran variedad de tipos hace que las opciones elegidas para los edificios varíen estructural y estéticamente. Es por ello por lo que encontramos ejemplos principalmente de edificios de almacenamiento, piscinas, gimnasios, oficinas, centros, entradas a edificios y túneles, pero especialmente para edificios comerciales e industriales, ya que debido a su resistencia permiten colgar elementos bajo estas. Entre los usos se repiten principalmente el de iglesias, piscinas, hangares y almacenes, donde la ventaja de este tipo de estructuras sale a relucir. En Estados Unidos es donde encontramos la mayor variedad de usos debido a su extensa utilización en el país [1].



[I-10]

Bolera Cloverleaf lanes, Condado de Dade, EEUU



[I-11]

Hangar de Alleghany Airlines en el aeropuerto de Logan, Boston, EEUU

Evolución histórica

Se originaron en Alemania en la década de 1920 y se utilizaron por primera vez para un hangar de aviones en el aeropuerto de Orly en París, Francia (como cubierta) y comúnmente para inmensos edificios de fábricas y búnkeres de carbón en toda Europa central (como forjado) [1] [8] [14] [15].



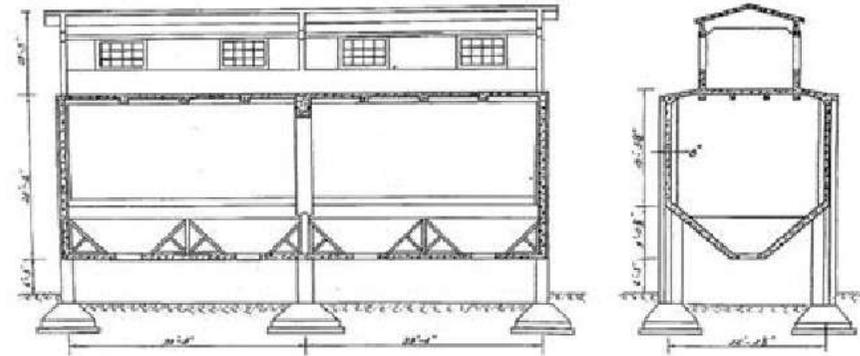
[I-12]

Carbonera - Obersalzberg, Baviera, Alemania



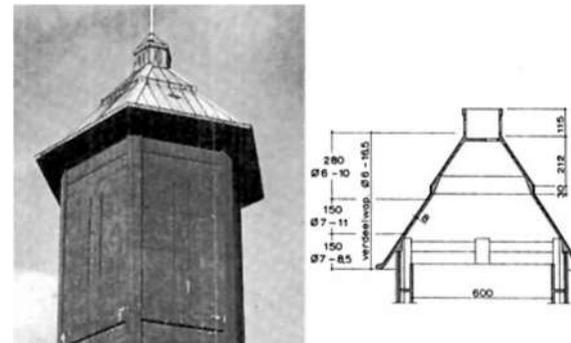
[I-13]

Hangares para dirigibles de Orly (1923) - Eugène Freyssinet



Sistema de láminas plegadas de Forjado en Carbonera tipo en Rusia [1]

Antes de la Segunda Guerra Mundial existieron pocas, siendo las primeras de tipo piramidal o con una sola dirección de pliegues. Se utilizaban para conseguir mayor altura, rigidez y menor peso. Se utilizaron para cubiertas de pabellón, torres de enfriamiento y otros propósitos [1] [12] [16].



Depósito elevado de agua en Dubbeldam [1]

En la postguerra se produjo una gran experimentación en cuanto a los sistemas constructivos por la falta de material. El hormigón fue la respuesta para solventar casi todas las necesidades de construcción de la época [15]. Las estructuras laminares sufrieron un gran avance de la mano de Nervi, Torroja, Candela o Saarinen [7].

En la década de 1950, las estructuras de láminas plegadas de hormigón ganaron una gran aceptación por su aspecto moderno, además de su rendimiento y economía. Gracias al uso de prefabricados, los costes de encofrado se redujeron drásticamente, reduciendo por tanto una de las desventajas del sistema, y posicionándolo sobre otros con mayor dificultad para encofrar. Tuvieron un gran auge sobre todo en Estados Unidos [1].

A partir de 1956 tuvieron una mayor popularidad los paraboloides hiperbólicos y láminas en forma de concha, lo que supuso el declive de las estructuras de láminas plegadas de hormigón, certificado en el Congreso de la Internacional Association of Shell Structures (IASS) de Viena en 1970 [8] [14].

España

Anterior a la Guerra Civil destacaron sobre todo las estructuras laminares, principalmente de Eduardo Torroja. Utilizando un espesor mínimo y gran variedad de formas, le permitieron realizar elementos para cubrir grandes espacios sin apoyos. Tiene grandes ejemplos, como son el Hipódromo de la Zarzuela (1934-1941), el Mercado de Algeciras (1933-1935) y El Frontón Recoletos (1935-36) [17].



Hipódromo de la Zarzuela



Mercado de Algeciras



El Frontón Recoletos

[I-14]

Las láminas plegadas llegaron mucho después, que se tenga constancia, y encontramos pocas realizaciones. Sin embargo, estas poseen una gran variedad y calidad arquitectónica. Se podría considerar la primera la realizada en la cubierta del comedor de la Universidad Laboral de Tarragona, de Torroja y De la Vega. Posteriormente encontramos la marquesina de entrada del pabellón de los Laboratorios Alter en Madrid en 1961 de Miguel Fisac y el Canódromo de Carabanchel (Madrid) en 1962 de José Ramón Azpiazu Ordóñez y Pedro Pinto Martínez, con un voladizo de 18 metros. Destaca también el Instituto Sorolla (Valencia, 1967), con un pórtico en cubierta y cerramiento de láminas del salón de actos. [13].



Laboratorios Alter



Instituto Sorolla

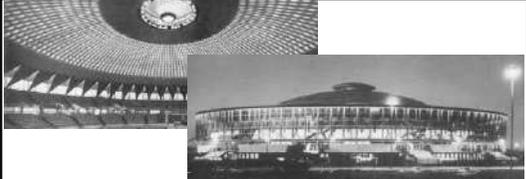
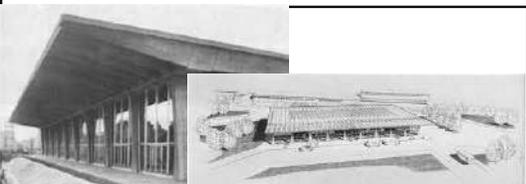


Canódromo de Carabanchel

[I-15]

Catalogación previa de estructuras laminares

A continuación, se presentan en la Tabla 1 los resultados de la catalogación previa realizada. Se han localizado un total de 120 obras, de las que se ofrecen los datos de autor, año del proyecto, uso del edificio e imagen descriptiva. Se asigna a cada obra un código identificativo con el que se nombrará en los siguientes apartados:

Código	Nombre	Autor	Año de construcción	Ubicación	Uso	Imagen
TR-P-01	Sede UNESCO (Sala de Conferencias)	Breuer, Zehrfuss y P. L. Nervi	1953	París, Francia	Conferencias	
TR-B-01	Palacio de los deportes	P. L. Nervi	1958	Roma, Italia	Deportivo	
B-S-01	Viaducto Olímpico de Roma	P. L. Nervi	1958-1960	Roma, Italia	Transporte	
B-S-02	Nueva estación ferroviaria de Savona	P.L. Nervi y A. Nervi	1959-1960	Savona, Italia	Transporte	
TR-B-02	Turin Exhibition Hall	P.L. Nervi	1948	Turín, Italia	Deportivo	
B-CTR-01	Canódromo de Carabanchel	José Ramón Azpiazu Ordóñez y Pedro Pinto Martínez	1960 62	Madrid, España	Deportivo	

B-S-03	Laboratorios Alter	Miguel Fisac Serna	1960 - 1963	Madrid, España	Empresarial	 
TR-B-03	Paul VI audience hall	P. L. Nervi	1963	Ciudad del Vaticano, El Vaticano	Conferencias	
TR-P-02	Mülhimatt Sports Education Center	Estudio Vacchini	2010	Brügg, Suiza	Deportivo	 
TR-P-03	General Trade School	Hermann Baur	1958 - 1961	Basilea, Suiza	Educativo	 
TR-P-04	Instituto Sorolla	José Ramón Azpiazu Ordóñez	1964-1967	Valencia, España	Educativo	 
B-CTR-02	Universidad Laboral de Tarragona	Eduardo Torroja, Antonio de la Vega, Manuel Sierra Nava y Luis Peral Buesa	1952-1956	Tarragona, España	Educativo	
TR-P-05	Central hidroeléctrica de Proaza	Joaquín Vaquero Palacios	1964-1965	Proaza, Asturias, España	Empresarial	 

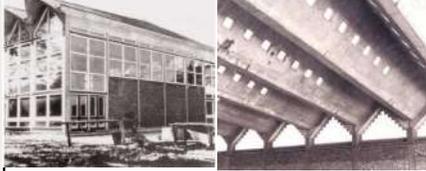
TR-P-06	Iglesia de Cristo Rey	Anton Swinkels y Bart Salemans	1964	Hoensbroek, Países Bajos	Religioso		
B-S-04	Den helder station (ampliación)	G.J. van der Grinten	1959	Den Helder, Países Bajos	Transporte		
TR-P-07	Aula de la TU Delft	Van den Broek y Bakema	1966	Delft, Países Bajos	Educativo		
B-CNC-01	Mercado Central de Punda			Punda, Willemstad, Curaçao	Empresarial/Comercial		
B-CNC-02	Instituto de Filosofía de la FU de Berlín	Hinrich e Inken Baller	1982–1983	Berlín, Alemania	Educativo		
TR-E-01	Neviges Pilgrimage Church	Gottfried Böhm	1964 - 1972	Neviges, Velbert, Alemania	Religioso		
B-S-05	Namics Headquarters	Mark Ammann Architekten	2016-2017	Saint Gallen, Suiza	Empresarial		

B-CNC-03	Mercado Central de Ivano-Frankivsk			Ivano-Frankivsk, Oblast, Ucrania	Comercial		
B-S-06	Edificios de la Torre de Televisión de Berlín	Walter Herzog y Rolf Heider	1972	Berlín, Alemania	Empresarial		
B-S-07	Centro di Atletica Leggera ESCUELA NACIONAL DE ATLETISMO DE FORMIA	Annibale Vitellozzi y Sergio Musmeci	1955	Formia, Italia	Deportiva		
B-S-08	Fábrica ASEA	José Villagrán y Ricardo Legorreta		Tlalneapantla, México	Empresarial		
B-S-09	Edificio IBM	Miguel Fisac	1966-1969	Madrid ES	Empresarial		
TR-B-04	Iglesia de St Paulus	Christian Schaller, Fritz Schaller	1978	Neuß-Weckhoven, Alemania	Religioso		
TR-P-08	Sala mortuoria cementerio de Frankfurt-Westhausen	Günther Bock	1952	Frankfurt-Westhausen, Alemania	Religioso		

B-S-10	Iglesia Notre Dame de Royan	Guillaume Gillet	1958	Royan, Francia	Religioso	
TR-B-05	Hangares Orly	Freyssinet	1915	París, Francia	Transporte	
TR-E-02	Capilla en Valleacerón	Sancho Madrudejos	1997-2000	Ciudad Real, España	Religioso	
TR-E-03	Casa de la Música Oporto	OMA y Rem Koolhaas	2001-2005	Oporto, Portugal	Cultural	
TR-E-04	Casa de Piedra "Steinhaus" Lago Ossiach	Günther Domenig	1986-2008	Klagenfurt, Austria	Cultural	
TR-E-05	Iglesia de San Antonio da Polana	Nuno Craveiro Lopes	1962	Maputo, Mozambique	Religioso	
TR-B-06	Cubierta en el Parque del Oeste	Alejandro Pietri		Caracas, Venezuela	Deportivo	

B-CTR-03	American Concrete Institute Building	Yamasaki	1958	Detroit, EEUU	Empresarial	 
TR-P-09	Piscina Cubierta Arquitecto José Laguillo	Rafael López Palanco	1985	Jerez, España	Deportivo	 
B-S-11	Hangar Alleghany Airlines, aeropuerto Logan, Boston	Amsler, Sepp Firnkas y Craig Barnes	1970	Boston, EEUU	Transporte	
B-CNC-04	St. Malachy Catholic Church			Kennedy, Pensilvania, EEUU	Religioso	 
B-S-12	Almacén y talleres H.W. Moore Equipment Co	M. Ketchum	1955	Denver, EEUU	Empresarial	
B-S-13	Escuela de la Sagrada Familia	Henry Toll		Denver, EEUU	Educativo	
TR-P-10	Sardar Vallabhbhai Patel Stadium	Charles Correa y Mahendra Raj	1965	Ahmedabad, India	Deportivo	 

B-CNC-05	Tagore Memorial Theatre	B. V. Doshi y Mahendra Raj	1966 71	Ahmedabad, India	Cultural	
B-S-14	Hangar Aerolínea Mackey, Aeropuerto de Fort Lauderdale	Kramer	1958	Fort Lauderdale, Florida, EEUU	Transporte	
B-S-15	Bolera Cloverleaf Lanes, ahora Bethel Evangelical Baptist Church	Alfred Browing y James P. McGlinchy	1958	Condado de Dade, Florida, EEUU	Empresarial	
B-S-16	Centro Comercial en West Hollywood			California, EEUU	Empresarial/Comercial	
B-S-17	Iglesia del Buen Pastor			San Pedro de Sula, Honduras	Religioso	
B-S-18	Teatro en Plaza de Sula		1989	San Pedro de Sula, Honduras	Cultural	
B-S-19	Edificio Industrial en Parque Industrial de Búfalo			Villanueva, Honduras	Empresarial	

B-S-20	TIH Corporation Building Factory			San Pedro Sula, Honduras	Empresarial	
B-S-21	Panadería Langendorf	John Driskell	1956	Los Ángeles, EEUU	Empresarial	
B-S-22	Gimnasio			Leeds, Yorkshire, Reino Unido	Deportivo	
B-S-23	Escuela en Albuquerque			Albuquerque, EEUU	Educativo	
B-S-24	Instituto en Scottsdale			Arizona, EEUU	Educativo	
B-S-25	Bank in Colorado, USA			Colorado, EEUU	Empresarial	
B-S-26	Gimnasio en Colorado	Milo Ketchum		Colorado, EEUU	Empresarial	

B-S-27	Mercado "Pedro Sainz de Baranda"		1960	San Francisco de Campeche, México	Empresarial	
B-CNC-06	Edificio principal de la producción con bodegas, Cartuchos Deportivos (hoy Industrias Tecnos)	Juan Sordo Madaleno	1962	Ahuatepec, Cuernavaca, México	Empresarial	
B-CTR-04	Aduana Frontera Finlandesa con Rusia en Torfyanovka		1967	Torfyanovka, Finlandia	Transporte	
B-S-28	Embajada de Estados Unidos en Bagdad	Josep Lluís Sert	1961	Bagdad, Iraq	Servicio Público	
B-CNC-07	Casa Octogonal	Max Hunn	1959	Naples, Florida, EEUU	Residencial	
B-S-29	Sinagoga en la Quinta Avenida	Wang Chiu-Hwa y Percival Goodman	1956-1959	Nueva York, EEUU	Religioso	
TR-P-11	HYUP SUNG CO. LTD.- NAVE INDUSTRIAL ZIP BUFALO	Mario Lean	1990-91	Parque Industrial Búfalo en San Pedro Sula, Honduras	Empresarial	

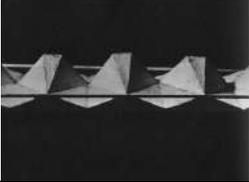
B-S-30	Edificio Marquesina coches en El Congo			El Congo	Empresarial	
B-CTR-05	Capilla San Ignacio de Loyola - Colegio Externado de San José	Salvador Choussy	1963	San Salvador, El Salvador	Religioso	 
B-S-31	Marquesina de entrada al Parque Zip Bufalo		1991	San Pedro de Sula, Honduras	Empresarial	 
B-S-32	Tienda de Sears			Tampa, Florida, EEUU	Empresarial/Comercial	
B-S-33	Terminal Lindberg del aeropuerto Internacional Mineápolis-Saint Paul	Cerny & Associates	1961	Mineápolis, EEUU	Transporte	 
B-S-34	Piscina en Nottingham			Nottingham, Reino Unido	Educativo	
B-CTR-06	Entrada del Bradford College			Reino Unido	Educativo	

B-S-35	Planta de Trabajos Químicos de ICI Hyde			Cheshire, Reino Unido	Empresarial	
B-S-36	Iglesia de Saint Paul en la Plaza Lorrimore	Woodroffe Buchanan & Coulter	1959-60	Londres, Reino Unido	Religioso	
B-S-37	Restaurante en Novato			Novato, California	Empresarial	
B-S-38	Instituto Nuestra Señora del Rosario			España	Educativo	
B-S-39	Centro de Desarrollo de Sonoma			Eldridge, California, EEUU	Empresarial	
B-S-40	Locales Comerciales en la zona peatonal de Coventry			Coventry, Reino Unido	Empresarial/Comercial	
B-S-41	Agencia de Automóviles Nash		1952	Ciudad de México, México	Empresarial	

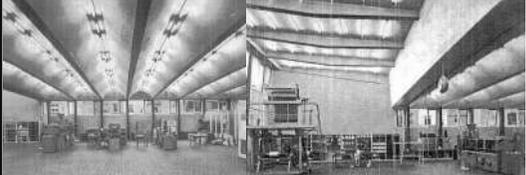
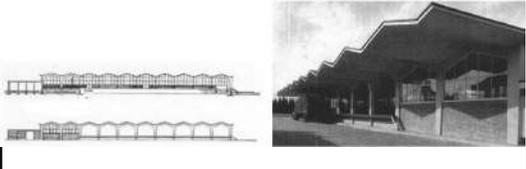
B-CNC-08	Hampton Coliseum Virginia	Odell Associates	1968	Virginia, EEUU	Deportiva	
TR-E-06	Fábrica Olivetti Underwood	Louis Kahn	1966-1970	Harrisburg, Pennsylvania, EEUU	Empresarial	
B-CNC-09	Iglesia Inmaculada Concepción	Curtis y Davis	1957	Marrero, Nueva Orleans, EEUU	Religioso	
B-CNC-10	Central térmica en Roman			Román, Rumanía	Empresarial	
B-CTR-07	Hipódromo Groenendaal	André Paduart	1980	Groenendaal, Bélgica	Deportivo	
TR-P-12	Iglesia Saint Albert	Erwin Heine	1967-1971	Freiburg, Alemania	Religioso	
TR-P-13	Centro deportivo en Gh. Gheorghiu-Dej			Onești, Rumanía	Deportivo	

TR-P-14	Sporturilor Bacau	G. Chira y A. Migala	1975	Bacau, Rumanía	Deportivo		
B-S-42	Estación Kursky		1972	Moscú, Rusia	Transporte		
B-S-43	Cine La República			Iasi, Rumanía	Empresarial		
B-S-44	Instituto Alemán de la Industria del Cemento	P. Neuffert	1956	Dusseldorf, Alemania	Empresarial		
B-S-45	Almacén en Alemania			Alemania	Empresarial		
TR-P-15	Iglesia de Fátima			Mar del Plata, Argentina	Religioso		
TR-E-07	Estación de Servicio	Mariano Marín Rodríguez	1962	Gijón, España	Empresarial		

TR-E-08	Depósito de carbón ITC CET	Manuel Barbero, Gonzalo Echeagaray y Eduardo Torroja Miret	1959	Madrid, España	Empresarial		
B-CNC-11	Monasterio de Santa Catalina de Siena		1966–1968	Alcobendas, España	Religioso		
B-CNC-12	Monasterio de la Encarnación de Lejona		1968–1976	Vizcaya, España	Religioso	 	
B-S-46	Escuela Montes Alpes	Félix Candela y Raúl Fernández Rangel	1951-53	Lomas de Chapultepec, México	Educativo		
B-CNC-13	Iglesia de Nuestra Señora del Carmen			Cúcuta, Colombia	Religioso		
B-S-47	Stabilimento Raffo	Sergio Musmeci	1956	Pietrasanta, Italia	Empresarial		
B-CNC-15	Ristorante Stadio del Nuoto	Sergio Musmeci	1959	Roma, Italia	Empresarial	 	

B-CNC-16	Cinema San Pietro	Sergio Musmeci	1957	Montecchio Maggiore, Italia	Empresarial		
B-CNC-17	Palestra CONI	Sergio Musmeci	1958	Frosinone, Italia	Empresarial		
TR-P-16	Abadía St John	Marcel Breuer	1961	Minesota, EEUU	Religioso	 	
B-S-48	Almacén en Cesena		1960	Cesena, Italia	Empresarial		
B-S-49	Palacio Galvani	Nervi		Milán, Italia	Cultural		
B-S-50	Galería Emilia	Marian Kuzniar y Czeslaw Wegner	1960	Varsovia, Polonia	Empresarial/Comercial		
B-CNC-18	Mercado Laykakota	Luis Vázquez y Miguel Bao	1960	Puno, Perú	Empresarial/Comercial		

B-S-51	Fábrica S.F. de México	José Villagrán García, Ricardo Legorreta Vilchis y L. Zeevaert	1963	Tlalnepantla, Ciudad de México, México	Empresarial	
B-CNC-19	Southside Café-Washington State College	Pearson y Richards	1962	Pullman, EEUU	Empresarial/Educ ativo	
B-S-52	Edificio en Jardín			China	Empresarial	
B-S-53	Edificio Residencial			Tangshan, China	Residencial	
B-S-54	Edificio Residencial			Tangshan, China	Residencial	
B-S-55	Fábrica			China	Empresarial	
B-S-56	Fábrica			China	Empresarial	

B-CNC-20	3 Pabellones circulares con cubierta con forma de sombrilla		1990	San Pedro de Sula, Honduras	Empresarial	
TR-B-07	Teleférico del Ávila. Estación Maripérez	Alejandro Pietri	1956	Caracas, Venezuela	Transporte	
TR-P-17	Lonja de Scheveningen	Seyna y Hofman	1964	Scheveningen, Países Bajos	Empresarial	
B-S-57	Verenigd Pastic Verkoopkantoor N.V. Laboratory	Caspers	1962	Zeist, Países Bajos	Empresarial	
B-CNC-21	Mezquita Masjid Negara y edificios adyacentes	Howard Ashley, Hisham Albakri y Baharuddin Kassim	1965	Kuala Lumpur, Malasia	Religioso	
B-CNC-22	Auditorium Maximum der Ruhr-Universität Bochum	Helmut Hentrich Hubert Petschnigg HPP Hentrich-Petschnigg & Partner	1971 – 1974	Bochum, Alemania	Educativo	
B-S-58	Glanerburg					

B-CNC-23	Desconocido					
B-S-59	Desconocido					
ANEXO	Parroquia Nuestra Señora del Carmen			Torreón, México	Religioso	
ANEXO	Estadio Flaminio	P.L. Nervi y A. Nervi	1957-1958	Roma, Italia	Olimpiadas 60	
ANEXO	Plaza de los Abanicos	Félix Candela, Manuel Larrosa y Guillermo Rosell	1958	Lomas de Cuernavaca, México	Espacio Público	
ANEXO	Ralph Munroe Marine Stadium	Hilario Candela	1963	Virginia Key, Miami, Florida, EEUU	Deportiva	
ANEXO	Biblioteca de la Parish Hill High School			Chaplin, Conectica, EEUU	Educativo	

ANEXO	IBM Pavilion	A. & J. Polak J. Thiran & J. Wybauw Noyes, Eliot Fette	1958	Bruselas, Bélgica	Exposición	
-------	--------------	--	------	-------------------	------------	---

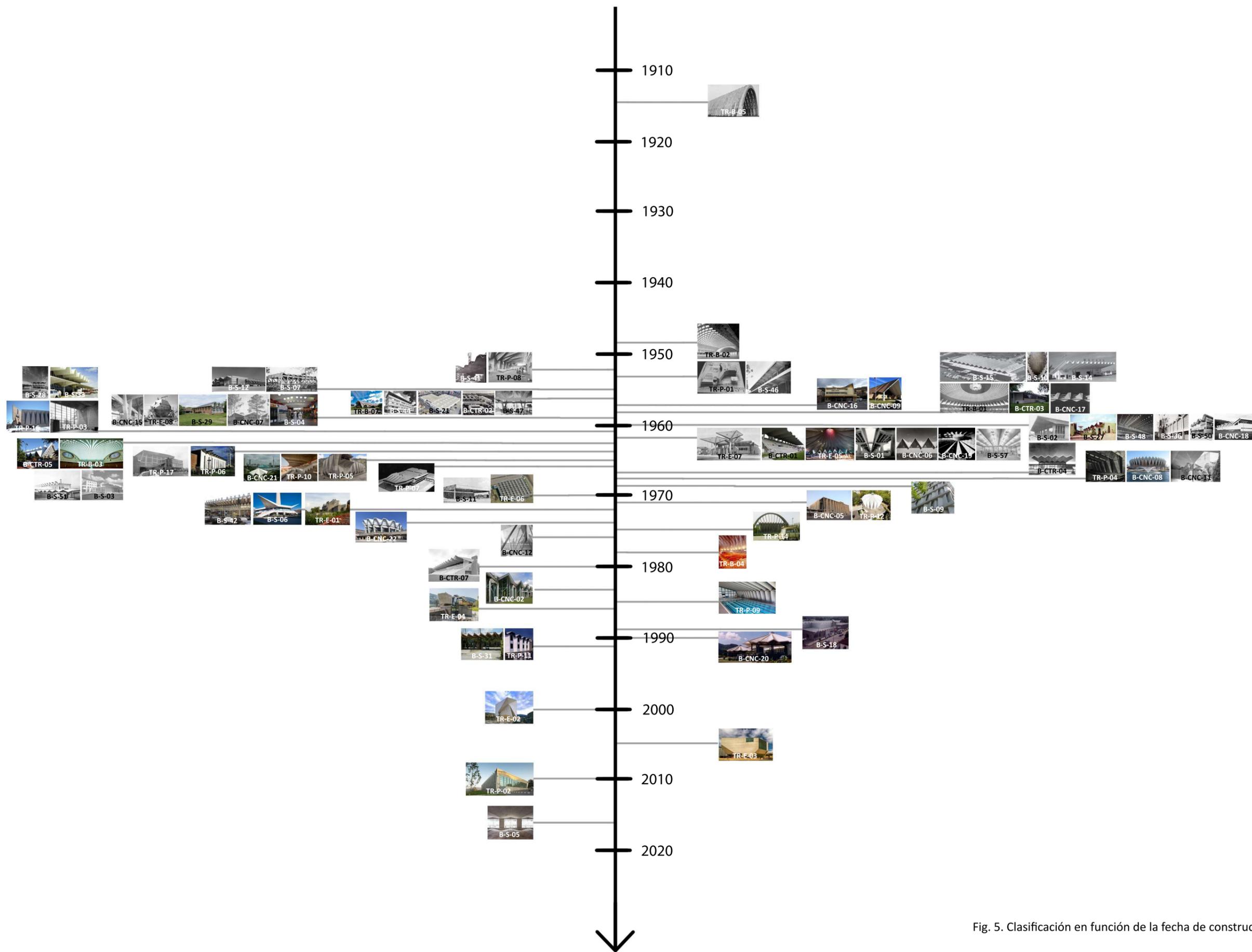


Fig. 5. Clasificación en función de la fecha de construcción.

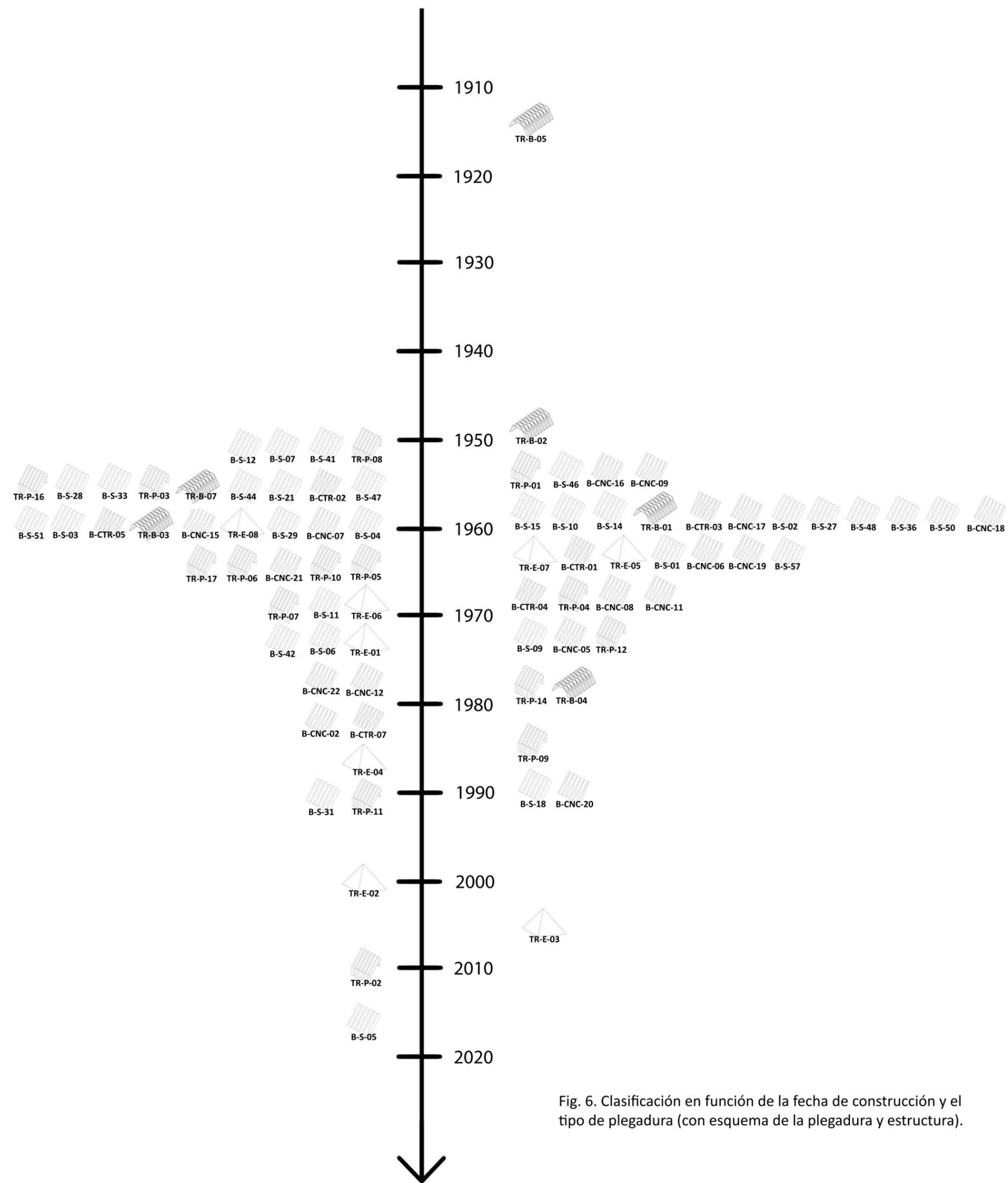


Fig. 6. Clasificación en función de la fecha de construcción y el tipo de plegadura (con esquema de la plegadura y estructura).



Fig. 7. Clasificación en función del emplazamiento (Excepto Europa).



Fig. 8. Clasificación en función del emplazamiento (en Europa)

Catalogación en función de criterios geométricos, constructivos y estructurales

Para la clasificación de los edificios de láminas plegadas de hormigón, se establecen los siguientes criterios:

1. Características geométricas

- Luz
- Canto total
- Relación luz/canto
- Base del módulo
- Ángulo (relación canto/base del módulo)
- Espesor de la lámina
- Relación luz/espesor
- Tipo de pliegue

2. Características constructivas

- Ubicación en el sistema constructivo-estructural
- Prefabricado o in situ

3. Características estructurales

- Tipo de vinculación exterior
- Sistema bi o tridimensional

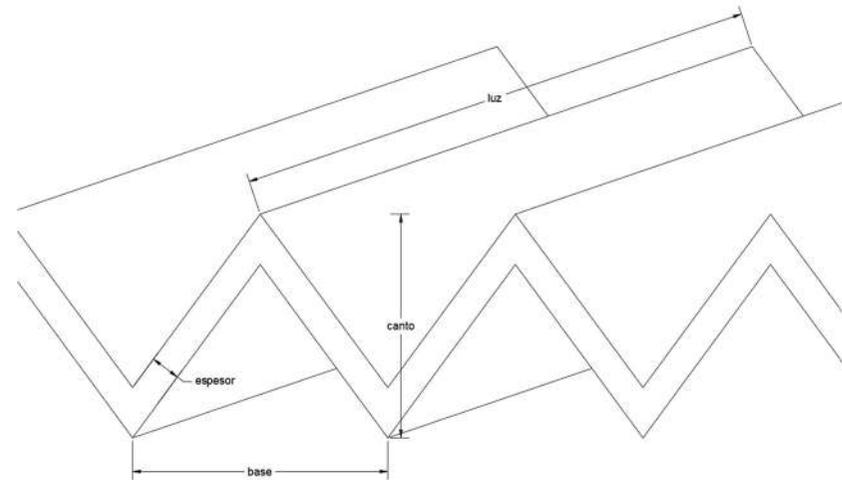


Fig. 9. Localización de los elementos dimensionales de las láminas plegadas (*Luz, canto, espesor, base*)

1. Características geométricas

Son aquellas que tienen que ver con la forma y dimensiones de las láminas plegadas

-Luz

Una de las claras ventajas de las láminas plegadas de hormigón son las luces que permiten salvar. Las luces que se consigan dependerán de diversos factores. Entre ellos la vinculación exterior dispuesta, que influirá en el comportamiento de la estructura y fundamentalmente en la deformación que pueda sufrir. El tamaño de los módulos, su inclinación y el canto que forman será un factor primordial. Encontramos luces muy variadas, dependiendo del tipo de plegadura. El rango de luz que alcanzan varía en función del tipo de plegadura. En general se encuentran en un rango en torno a 20-30 metros.

-Canto total

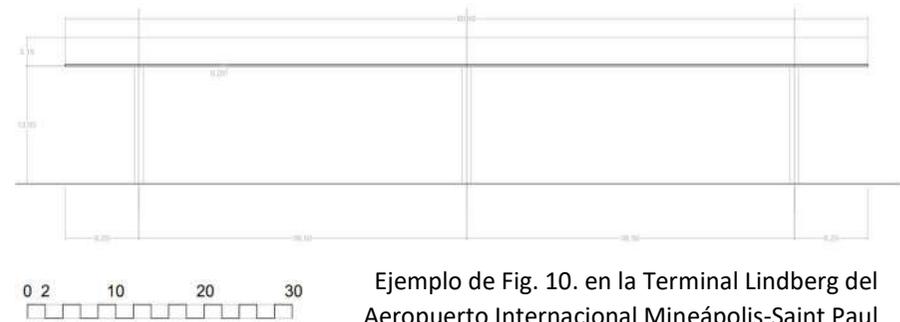
Los cantos en las láminas plegadas influyen en gran medida en la resistencia del sistema. Al igual que la losa, este sistema a mayor canto mayor resistencia, siempre que los ángulos que forman las láminas y la base del módulo sean adecuados. Una adecuada relación permitirá el correcto y óptimo funcionamiento. Generalmente, el canto suele ser de entre 1 y 3 metros.



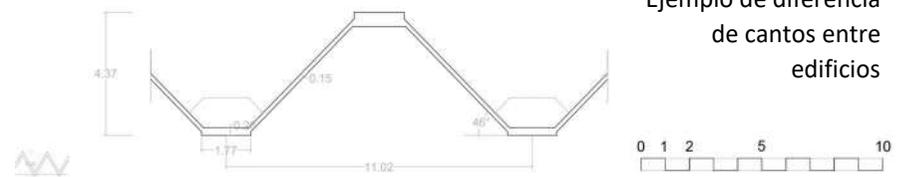
Fig. 10. Funcionamiento del sistema biapoyado



Fig. 11. Compensación de momentos en el sistema biapoyado con voladizos en los extremos



Ejemplo de Fig. 10. en la Terminal Lindberg del Aeropuerto Internacional Mineápolis-Saint Paul



Ejemplo de diferencia de cantos entre edificios

Elaboración propia de las figuras y ejemplos de la página

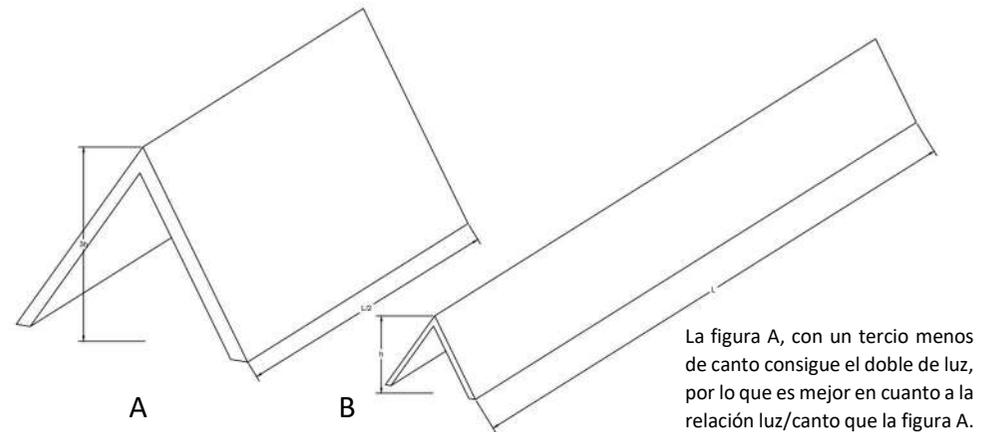
Laboratorios Alter

Hangar Alleghany Airlines

-Relación luz/canto

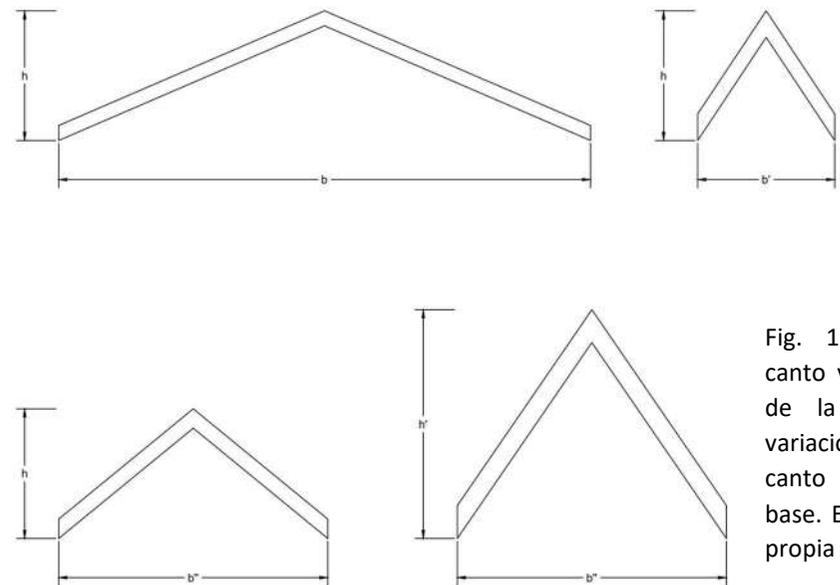
La relación luz/canto permite comparar edificios de tamaños distintos. Con los datos obtenidos se podrá conocer su optimización, siendo mejor cuanto mayor luz conseguida con un canto menor. Se podrá conocer en los distintos sistemas constructivos cómo funciona por tanto esta relación. Sin embargo, varían mucho dependiendo del tipo estructural y pliegue utilizado. Normalmente oscilan entre 10 y 30.

Fig. 12. Ejemplo de relación luz/canto. Elaboración propia



-Base del módulo

El sistema se compone de módulos que conforman la plegadura. Es lo que compone el sistema al cortar transversalmente. Este módulo puede variar a lo largo de la sección. Se compone de una base, canto y espesor. La base es el factor clave del módulo, ya que en función de esta y del canto se determina el funcionamiento del sistema. Es un dato que servirá para compararlo con el ángulo que forman las láminas y el canto total, y guarda una estrecha relación en este tipo de sistemas. Puede ser muy variado dependiendo del tipo de plegadura y la luz que se pretenda alcanzar. Al buscar luces grandes el canto suele aumentar y por tanto la base en proporción. Suelen variar mucho su valor entre los edificios y oscila entre 0,6 y 15 metros. Normalmente van entre 1 y 3 metros.



-Ángulo (relación canto/base del módulo)

Al colocar láminas inclinadas unidas entre sí estas formarán un determinado ángulo. Este ángulo es un dato imprescindible para conocer la eficacia y funcionamiento del sistema. A menor ángulo respecto a la horizontal, menor eficacia, ya que el canto disminuye y la transmisión de esfuerzos varía. También cuando el ángulo es muy grande con la horizontal el peso propio aumenta considerablemente, siendo prácticamente una losa. Al igual que cuando es muy pequeño, también sería una losa, careciendo de sentido el sistema de láminas plegadas. Además este ángulo dependerá del tipo de plegadura, ya que no tendrá el mismo comportamiento un determinado ángulo para una plegadura en V que para una Omega. Es preciso encontrar un ángulo óptimo, conociendo los utilizados en los distintos edificios. En el tipo V por ejemplo, varía entre 9 y 61° con respecto a la horizontal. Generalmente se encuentran valores entre 30 y 60° con respecto a la horizontal.

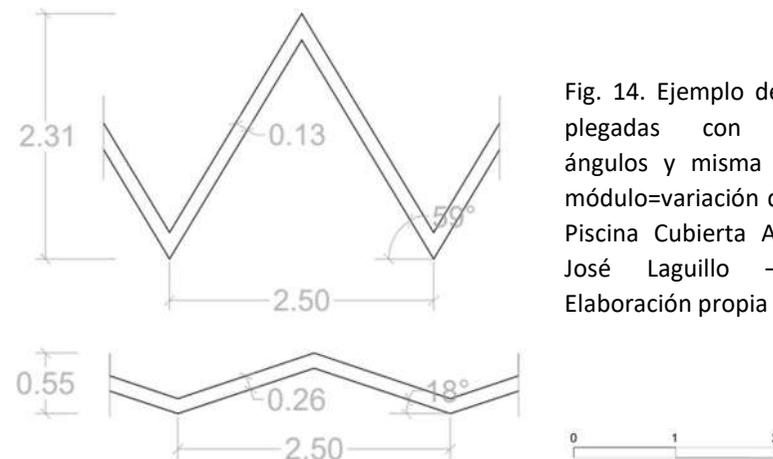


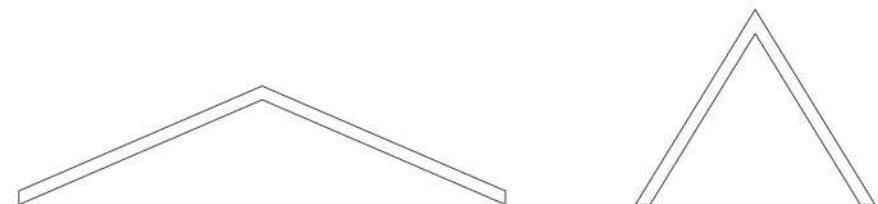
Fig. 14. Ejemplo de láminas plegadas con distintos ángulos y misma base del módulo=variación del canto. Piscina Cubierta Arquitecto José Laguillo – Jerez. Elaboración propia

Fig. 15. Explicación de tipos de láminas según el ángulo. Elaboración propia

“Las deformaciones de las aristas de las plegaduras abiertas son tanto más pequeñas cuanto mayor sea la inclinación de las láminas que forman la plegadura. Con inclinaciones superiores a 40° pueden desprejarse las deformaciones de las aristas.”

Las plegaduras cerradas son más favorables que las abiertas para la indeformabilidad de las aristas.”

J. Born (Faltwerke) [3]



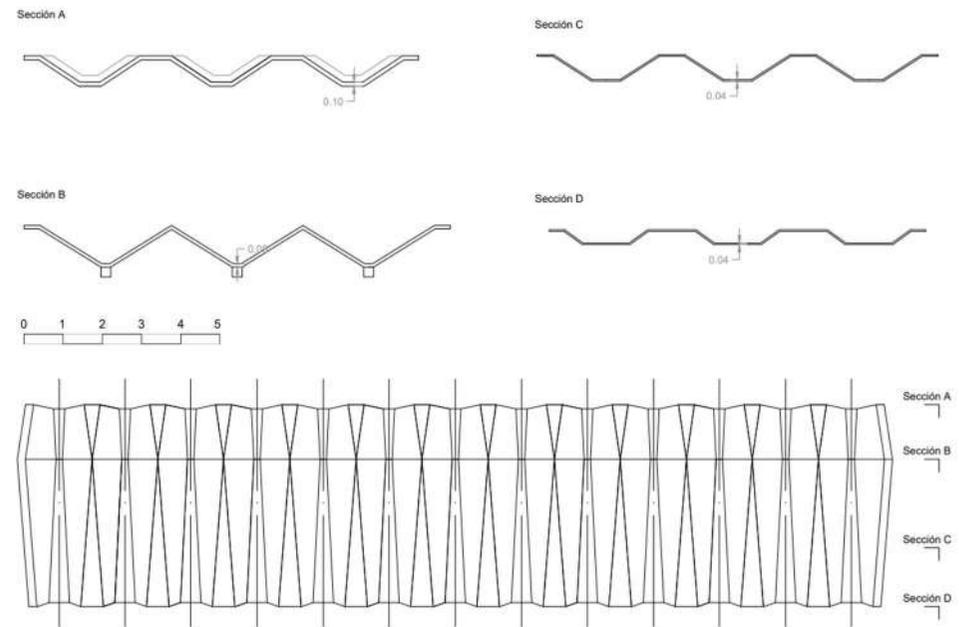
Plegaduras abiertas según J. Born

Plegaduras cerradas según J. Born

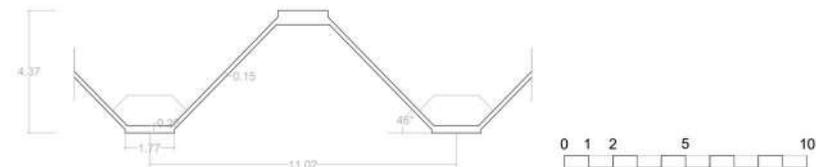
-Espesor de la lámina

Es importante conocer el espesor de las distintas láminas, que vendrá determinado por diversos factores, principalmente el tamaño de la luz que se pretende alcanzar y por tanto también del módulo (canto y base). Si la base es muy grande (>5 metros) y el canto pequeño (>1-1,5 metros) se precisará de un espesor mayor, por las deformaciones que pueden sufrir las láminas. La prefabricación también influirá en el espesor, el cual deberá resistir los desplazamientos. Para cuando se ensamblan in situ, en las uniones de las láminas se suele reforzar y ampliar el espesor en esta zona para asegurar las uniones en múltiples casos. Aquellas que tienen plegadura tipo Omega también necesitan refuerzo y mayor espesor en las láminas horizontales. El tipo de vinculación exterior también influye en el espesor de la lámina, ya que cuando posee tímpanos o estructuras que sustenten la lámina en todo su lado reducen la necesidad de un espesor mayor que cuando estas apoyan solo una parte en una viga, por ejemplo. También el espesor puede variar a lo largo de la sección, por ejemplo en voladizos, donde cuanto más alejado de la vinculación exterior nos encontremos menor espesor tienen las láminas. Por otro lado, los módulos prefabricados, permiten espesores realmente bajos en comparación con otros sistemas, al igual que el comportamiento estructural y la forma de las plegaduras del edificio.

En los distintos edificios que utilizan láminas plegadas de hormigón, el espesor es bajo respecto a las luces que se consiguen. El rango más frecuente se encuentra entre 0,08 y 0,2 metros.



Ejemplo de variación de espesor en el Canódromo de Carabanchel. Elab. propia



Ejemplo de variación de espesor en la parte horizontal del pliegue Omega en el Hangar de Alleghany Airlines. Elaboración propia

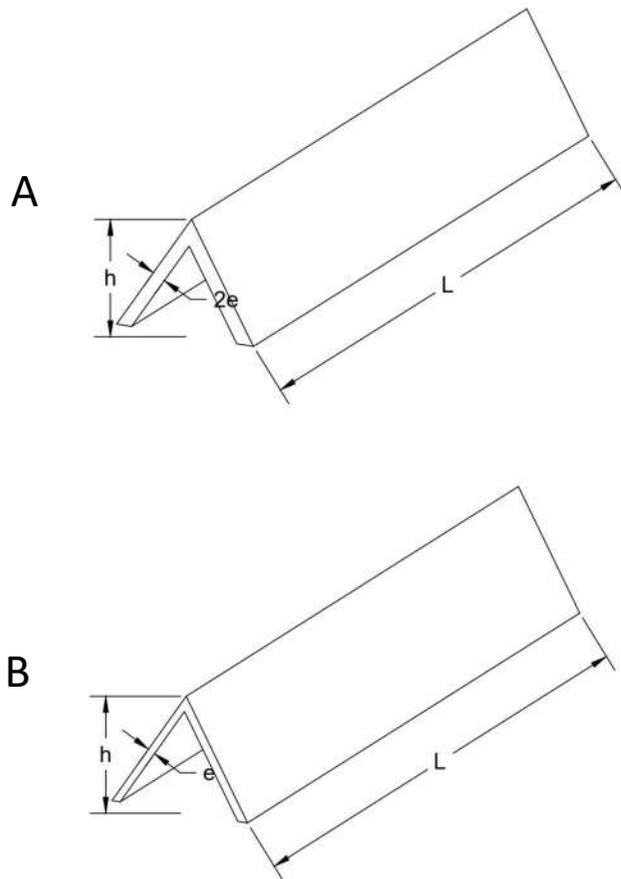


Fig. 16. Ejemplo de la relación luz/espesor.
Elaboración propia

En la figura A el espesor es el doble que en la figura B. En ambas la luz es la misma, por lo que la figura B tendrá un mayor valor en la relación luz/espesor y significará que su diseño es más edificiente

-Relación luz-espesor

La relación de la luz con el espesor es primordial. Es fundamental a la hora de comparar edificios, siendo mejor proporcionalmente cuanto mayor luz con menor espesor necesite. El principal aspecto donde se observa la ventaja entre una relación más alta o más baja es el económico, ya que a mayor espesor se necesite, mayor será el coste. Sin embargo, esta relación viene determinada por diversos factores, como son el canto y el ángulo de las láminas. Puede haber diferencias entre el espesor entre edificios, pero si el espesor mayor se acompaña de un mayor canto y mayor ángulo de las láminas respecto a la horizontal, el edificio no será óptimo. También el tipo de plegadura influirá en la eficacia del sistema, encontrando algunos casos con luces muy pequeñas con espesores de lámina relativamente grandes. Se observa una amplia diferencia de relaciones luz/espesor entre los edificios. Normalmente se encuentran entre 50 y 200.

-Tipo de pliegue

Las láminas pueden ser de muy diverso tipo. Estas se unen por sus bordes creando una serie de formas, a las que se denomina pliegue. Este pliegue puede disponerse tanto en un plano horizontal como vertical o ser mixto y formar un pórtico o bóveda. Sin embargo, sus capacidades son distintas dependiendo del tipo de pliegue y su disposición. Por tanto, es preciso estudiar las formas que pueden realizar, así como las capacidades de estas.

Las láminas pueden formar las siguientes plegaduras [18]:

- Plegaduras sencillas o simples
- Plegaduras con conicidad
- Pliegues contrapuestos

-Las plegaduras sencillas o simples poseen una geometría y canto de pliegue constante en toda la lámina. Es decir, se utiliza un patrón fijo. Suelen poseer secciones trapezoidal o piramidal.

-Las plegaduras con conicidad son aquellas en las cuales la lámina tiene forma de triángulo, cuando en la anterior es rectangular. En ellas el canto a su vez disminuye progresivamente, de manera que resulta ideal para voladizos por los momentos flectores que esta permite soportar. Sin embargo, su forma produce problemas para la recogida del agua.

-Los pliegues contrapuestos son una evolución del anterior por lo que siguen el mismo patrón, utilizando láminas triangulares, pero se disponen de manera simétricamente contrapuesta.

Elaboración propia de las figuras y ejemplos de la página

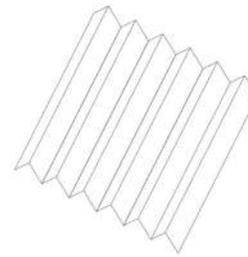


Fig. 17: Esquema plegadura simple



Ejemplo: Laboratorios Alter (Madrid) - Miguel Fisac (B-S-03) [I-16]

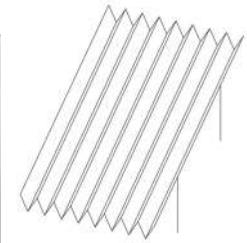


Fig. 18: Esquema plegadura simple en Laboratorios Alter

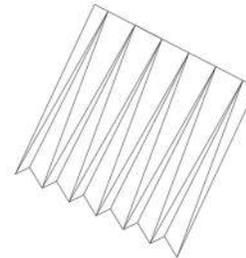


Fig. 19: Esquema plegadura con conicidad



Ejemplo: Estación de Savona (B-S-02) [I-17]



Fig. 20: Esquema plegadura con conicidad en Estación de Savona

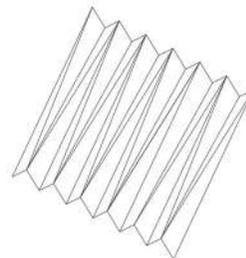


Fig. 21: Esquema plegadura con conicidad



Ejemplo: Universidad Laboral Tarragona (B-CTR-02) [I-18]



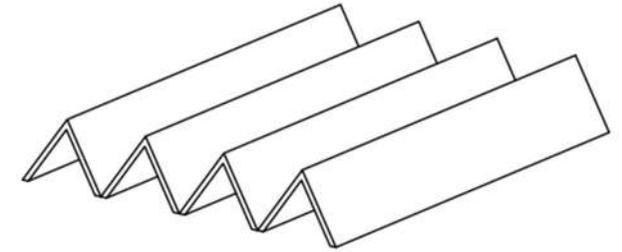
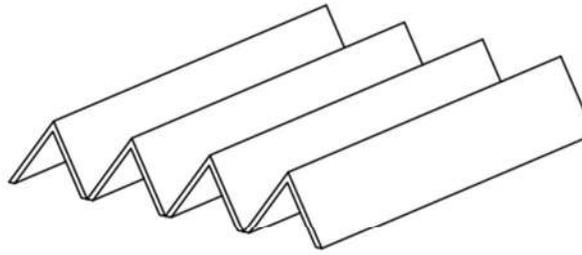
Fig. 22: Esquema plegadura con conicidad en Universidad Laboral Tarragona

LÁMINA DE LA CUAL
PARTEN LOS PLIEGUES

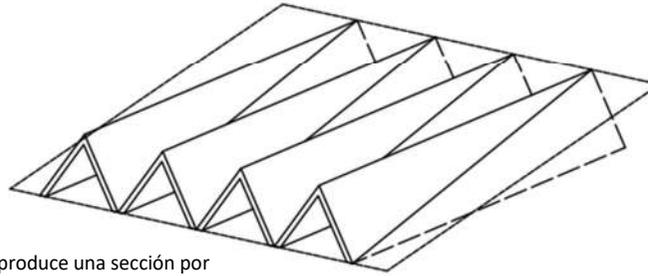
FORMACIÓN DEL PLIEGUE

PLIEGUE FINAL

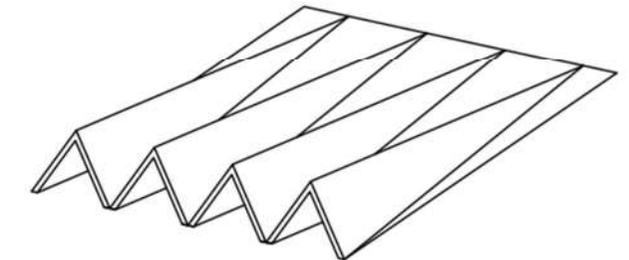
PLIEGUE SIMPLE



PLIEGUE CON
CONICIDAD



Se produce una sección por
un plano diagonal en el
pliegue simple



El cono que se forma puede unirse de muy
diversa manera, sobre un plano paralelo
entre si o con un vértice común, sea
material o en proyección

PLIEGUE
CONTRAPUESTO



Se forma a partir de la unión
de dos pliegues con conicidad
inversamente dispuestos

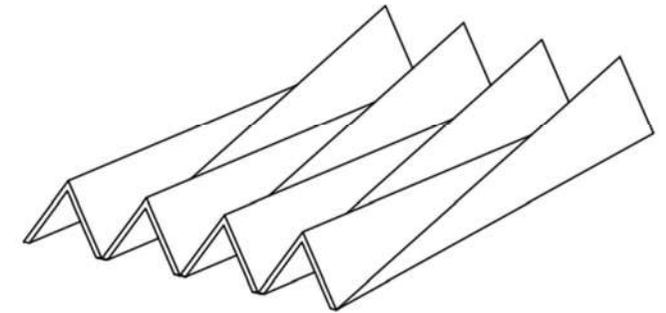
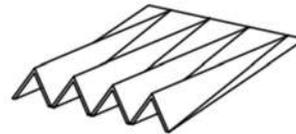
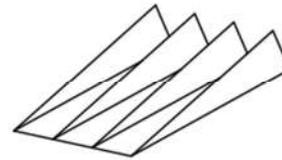
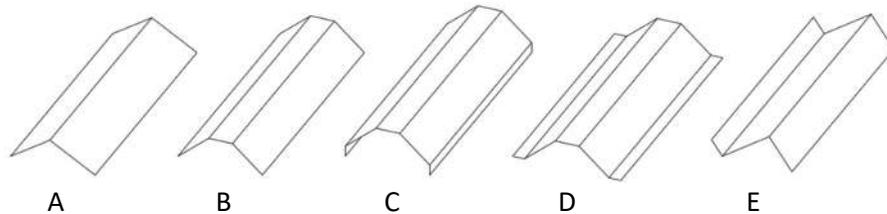


Fig. 23. Formación de los tipos de pliegues. Elaboración propia

Dentro de los tipos de pliegue, el de tipo simple se subdivide en otros tipos, los cuales tienen en común que su sección permanece constante, sin variar en toda su longitud. (También los otros pliegues utilizan estos tipos).



A: tipo V simple

B: tipo U simple

C: tipo V o U con viga de borde

D: tipo omega

E: tipo Z

Fig. 24. Clasificación de las láminas plegadas simple [19]. Elab. propia

Tipo V simple	Tipo U simple	Tipo V o U con viga de borde	Tipo omega	Tipo Z
				
<i>Escuela de la Sagrada Familia - Henry Toll (B-S-13)</i>	<i>Almacén en Cesena (B-S-48)</i>	<i>Sinagoga en la Quinta Avenida (B-S-29)</i>	<i>Aeropuerto de Mineápolis (B-S-33)</i>	<i>Almacén y talleres H.W. Moore Equipment Co (B-S-12)</i>

Fig 25. Ejemplos de edificios con los distintos tipos de pliegue simple. Elab. propia.

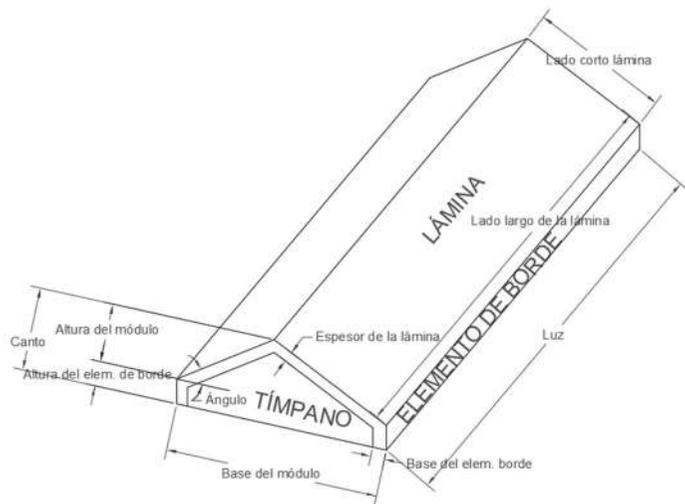
-Las de tipo V simple consisten en la colocación de un módulo en forma de V con láminas inclinadas que pueden formar distintos ángulos, variando su comportamiento estructural. Se trata de la más utilizada ya que proviene de la optimización de la losa, eliminando las zonas de tracción del hormigón.

-Las de tipo V o U simple con viga de borde tienen una viga en la unión inferior de las láminas inclinadas para proporcionarle soporte. Son la respuesta a los problemas de deformación de las láminas. Sin embargo, las láminas plegadas en su conjunto funcionan como una gran viga, como el forjado de losas propiamente.

-Las de tipo omega o U simple consisten en la colocación de láminas planas entre las láminas inclinadas. En el caso de omega se situarán en las uniones inferiores y superiores y en la U simple solo en la superior. Surgen de la resolución del problema de unión in situ de láminas prefabricadas, ya que al unirlos necesitan de una zona de soporte. Es el caso de las omegas, que realizan esa plataforma inferior a modo de viga plana. Al realizar la construcción in situ también se utilizan como viga, proporcionando un espesor mayor que al resto de las láminas y asegurando la eficacia del sistema. En el caso de la U, surge de la adaptación de las bóvedas a la construcción de láminas plegadas, mediante láminas rectangulares.

-Las de tipo Z simple surgen de las de tipo V simple, pero produciendo una abertura horizontal a lo largo de todo el módulo, para permitir la entrada de la luz. Es por ello por lo que se utilizan principalmente en cubiertas. Las uniones de estas en los extremos deben estar realizadas con algún tipo de empotramiento, tímpano o sistema que asegure la estabilidad de la lámina dividida que forma el hueco [20].

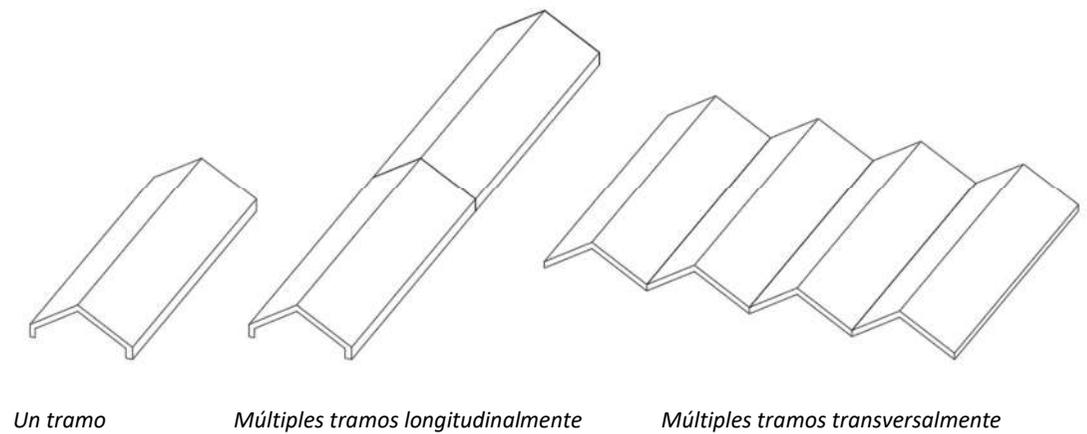
Fig. 26. Partes de una plegadura. Elaboración propia.



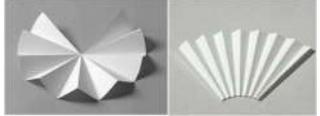
Ejemplo con V simple, pero los elementos en el resto de los tipos son los mismos.

El timpano y elemento de borde son opcionales y pueden ser sustituidos por otro elemento con la misma función.

Fig. 27. Disposición de las plegaduras [20]. Elaboración propia.



Todos los tipos de pliegues anteriores tienen similitudes con formas provenientes del origami. Las distintas dobleces de este arte japonés que se realizan plegando papel siguen los mismos principios que la losa de hormigón armado transformada en láminas plegadas [21][22]. Vemos la comparación de los distintos pliegues con la forma del origami:

Acordeón Simple en V, Omega o U	Acordeón rotacional en V, Omega o U	Pliegue en cono en V, Omega o U	Pliegues inversamente oblicuos en V, Omega o U
			
Bidimensional	Bidimensional	Bidimensional	Bidimensional
Pliegue simple	Pliegue con conicidad	Pliegue con conicidad	Pliegue contrapuesto

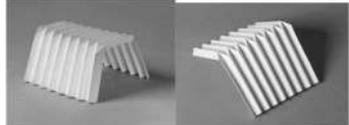
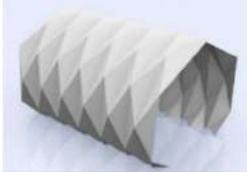
Pliegues formando un pórtico	Pliegue Yoshimura
	
Tridimensional	Tridimensional
Aporticado	Abovedado

Fig. 28. Tipos de plegado con origami [23].

2. Características constructivas

-Ubicación en el sistema constructivo-estructural

Las láminas plegadas de hormigón pueden colocarse tanto para la formación de forjados, cubiertas o paredes. Obviamente, la ubicación en el sistema estructural definirá su manera de trabajar. Cuando mejor funciona es a flexión, sin embargo, también se utiliza a compresión para la formación de elementos verticales de carga. Algo interesante a destacar es la posibilidad de combinar ubicaciones, dando lugar a sistemas mixtos.

Forjado	Cubierta	Fachada	Mixto (fachada y cubierta)	Todo (la totalidad del conjunto formada por las láminas plegadas)
				
Viaducto Olímpico de Roma – P.L. Nervi (B-S-01)	Laboratorios Alter (B-S-03)	Mülhimatt Sports Education Center (TR-P-02)	Instituto Sorolla (TR-P-04)	Capilla en Valleacerón (TR-E-02)

Fig. 29. Ejemplos de distintas ubicaciones.

-Prefabricados o in situ

Por el método de ejecución las estructuras plegadas pueden dividirse en estructuras que se realizan in situ y estructuras prefabricadas, que se producen en fábricas y se montan in situ [12]. Incluso encontramos algunos ejemplos donde se prefabricaban en el emplazamiento, y luego se colocaban in situ.

La prefabricación de láminas y módulos se diferencia en cuanto a las realizadas in situ que estas no necesitan encofrar todo para su realización, por lo cual se reducen mucho los tiempos en la obra. La prefabricación también facilita la estandarización del módulo.

- **Prefabricados**

Un aspecto clave de la prefabricación de láminas plegadas es tanto la unión entre elementos prefabricados como la unión con el resto de elementos constructivos (ya sean elementos también prefabricados o in situ).

- Láminas prefabricadas

La prefabricación de láminas consiste en la preparación de láminas con las medidas necesarias en talleres para su posterior transporte y montaje en obra. Estas permiten desarrollar múltiples formas y utilizarse para todo tipo de pliegues.



Fig. 30. Ejemplo de proceso de construcción de las láminas prefabricadas [24].

Un aspecto clave es la ejecución de las uniones y conexiones entre elementos prefabricados. Se suelen emplear los siguientes sistemas [24]:

- Unión de láminas mediante encofrado temporal
- Unión de láminas mediante pletinas metálicas
- Unión mediante viga de borde (en forjados y cubiertas)

Debe proveerse de armaduras salientes de las piezas y/o de refuerzo que aseguren las uniones de los dos hormigones (tanto el utilizado para la prefabricación de las láminas como el de unión in situ) utilizados para la formación del sistema.

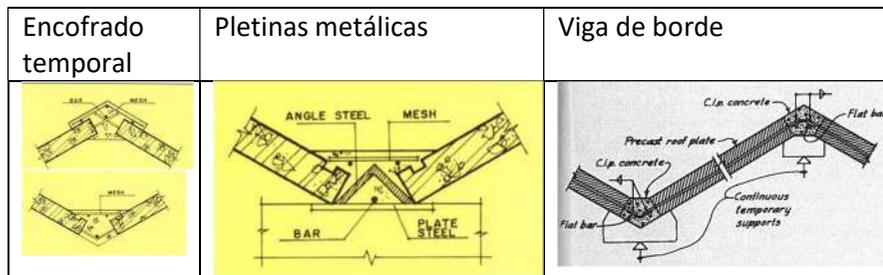
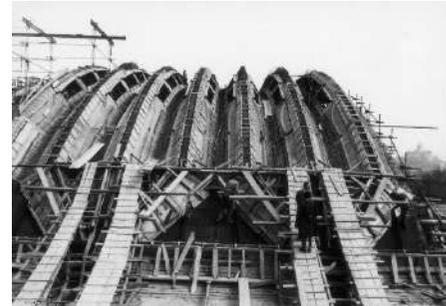


Fig. 31. Ejemplos de tipos de uniones [24][25].

- Módulos prefabricados:

La utilización de módulos consiste en preparar moldes en talleres los cuales permiten prefabricar piezas que se transportarán y se montarán en obra, ensamblando in situ las uniones. Tiene la ventaja de que al diseñar el

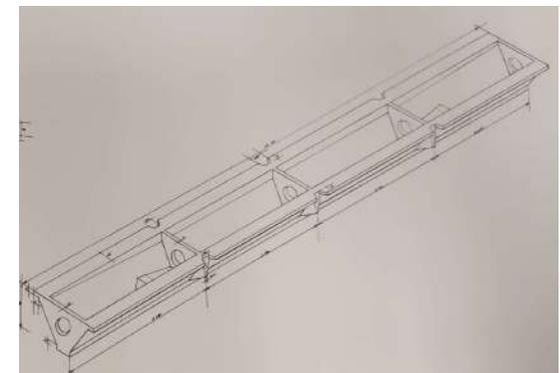
edificio puede disponerse un módulo estándar el cual a partir de uno o varios moldes puede obtenerse la estructura completa. Esto se produce en sistemas con pliegue simple principalmente.



[I-19]

Turin Exhibition Hall-Nervi

Uno de los mayores referentes en cuanto al empleo de módulos prefabricados en V es Nervi, con muchos ejemplos de edificios en Italia. Utiliza moldes los cuales son rellenos con ferrocemento. Normalmente las medidas eran de 9 metros de largo y con 2 cm de espesor, dejando entrever la eficacia y ligereza del sistema [26].



Módulo tipo de Nervi [27]

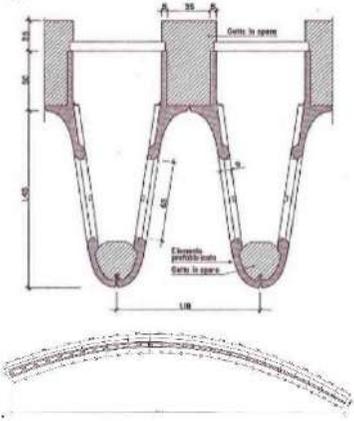
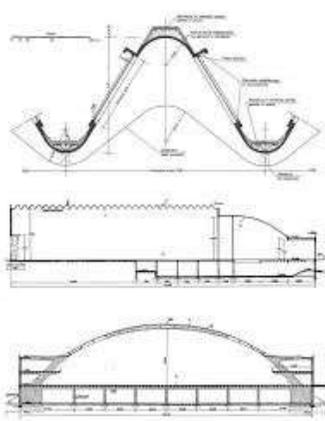
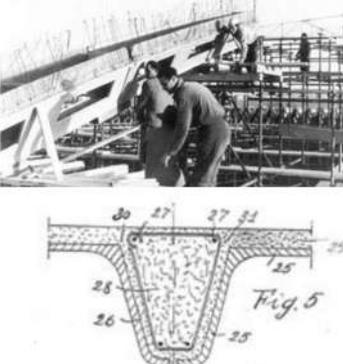
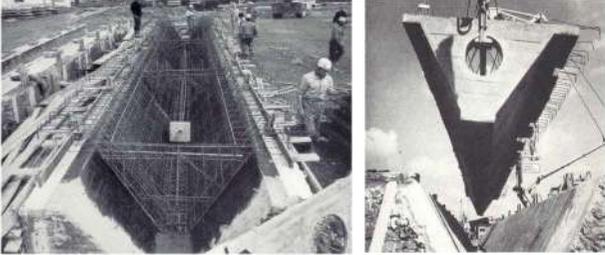
<p>Palacio Galvani (Milán)</p>	<p>St Paul IV Audience Hall (Roma)</p>	<p>Turin Exhibition Hall</p>
		
<p>Palacio de los Deportes (Roma)</p>	<p>Viaducto (Roma)</p>	
		

Fig. 32. Ejemplos de utilización de los módulos de Nervi [27][28][29].

- **In situ**

Para la realización in situ de estructuras de láminas plegadas se sitúa el encofrado con la forma que ha de tener la lámina, después se colocan las armaduras y se hormigona. Esto conlleva un mayor coste y trabajo de encofrado.

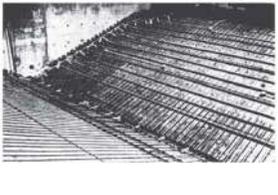
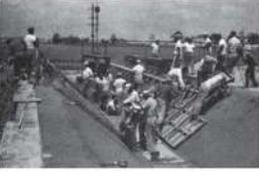
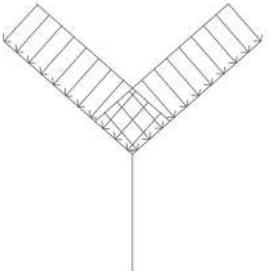
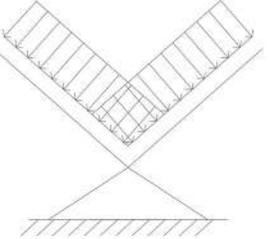
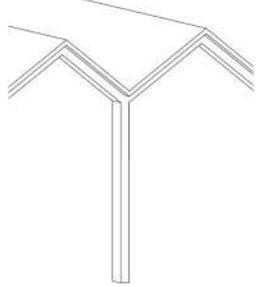
Encofrado	Colocación de armaduras	Hormigonado	Aplanado
			
<p><i>Bolera Cloverleaf Lanes (B-S-15), Panadería Langendorf (B-S-21) y Hangar Alleghany Airlines (B-S-11)</i></p>			

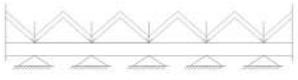
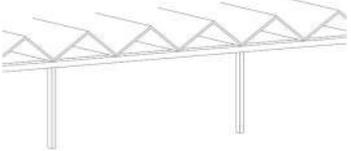
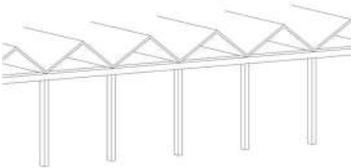
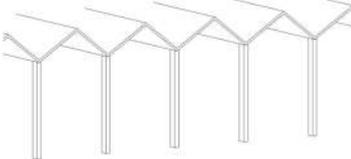
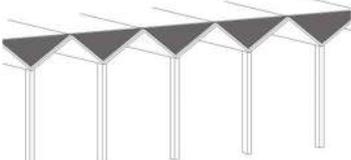
Fig. 33. Proceso de construcción in situ [15][30][31].

3. Características estructurales

-Tipo de vinculación exterior

Las láminas plegadas pueden ser de muy diverso tipo. Igualmente, la manera en la que estas se sujetan es muy variada. Esto determinará el funcionamiento del sistema en gran medida. La necesidad de elementos que ayuden a mantener la forma inclinada de las láminas es fundamental para evitar la deformación y pandeo de las láminas. Estos elementos pueden ser muy diversos o incluso no utilizarse en ciertos sistemas que, por su composición o tipo de pliegue no lo necesitan. Vemos los distintos que encontramos:

Tipo	Esquema del apoyo	Esquema 3D	Ejemplo
Apoyo sobre caballete			 <p><i>Escuela en Albuquerque (B-S-23) [I-19]</i></p>
Apoyo sobre horquilla			 <p><i>Instituto, Scottsdale, Arizona (B-S-24) [I-19]</i></p>

<p>Apoyo o empotramiento puntual sobre viga o cercha</p>	<p><i>Apoyo cada varios módulos</i></p>  <p><i>Apoyo cada módulo</i></p> 	<p><i>Apoyo cada varios módulos</i></p>  <p><i>Apoyo cada módulo</i></p> 	 <p><i>Sede Laboratorios Alter, Madrid – Miguel Fisac (B-S-03) [I-16]</i></p>
<p>Apoyo puntual sobre pilar</p>			 <p><i>Mercado en Colorado</i></p>
<p>Soporte con tímpano</p>	<p><i>Con tímpano superior</i></p>  <p><i>Con tímpano inferior</i></p> 	<p><i>Con tímpano superior</i></p>  <p><i>Con tímpano inferior</i></p> 	 <p><i>Hangar en el aeropuerto de Logan, Boston (B-S-11) [I-09]</i></p>

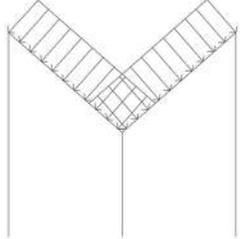
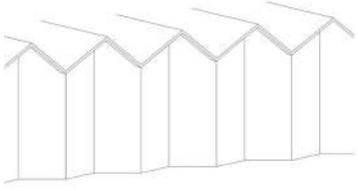
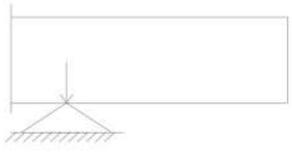
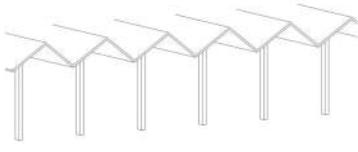
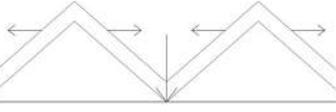
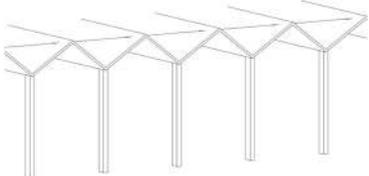
<p>Apoyo sobre láminas plegadas</p>			 <p><i>Iglesia de Cristo Rey, Hoensbroek, Países Bajos - Anton Swinkels y Bart Salemans (TR-P-06)[I-20]</i></p>
<p>Voladizo. Apoyo puntual pilar</p>			 <p><i>Canódromo de Carabanchel, Madrid-José Ramón Azpiazu Ordóñez y Pedro Pinto Martínez (B-CTR-01)[I-09]</i></p>
<p>Tirante o cable</p>			 <p><i>Sporturilor Bacau (TR-P-14) [I-21]</i></p>

Fig. 34. Vinculación exterior. Esquemas y ejemplos. Elaboración propia.

-Sistema bi o tridimensional

Las láminas plegadas pueden clasificarse también en función de si el mecanismo resistente es principalmente bidimensional o tridimensional [18]:

-Bidimensional: son aquellas utilizadas en una única superficie, generalmente horizontal. Pueden ser simples, con conicidad o de pliegues contrapuestos.

-Tridimensional: son aquellos donde la superficie se extiende en otra dirección diferente a la primera formando un pórtico, una bóveda o un sistema espacial, dependiendo de la cantidad de planos existentes y la función estructural.

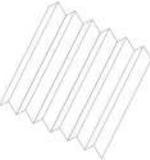
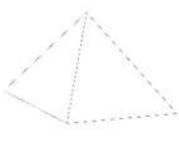
Bidimensional			Tridimensional		
					
Simple	Con conicidad	Contrapuestos	Sistema aporricado-abovedado	Sistema Espacial	

Fig 35. Imágenes clasificación según la estructura [18]. Elaboración propia.

Resumen. Clasificación general esquemática [31] (elaboración propia):

- Láminas plegadas bidimensionales

- Plegadura simple →

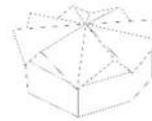


- Plegadura con conicidad

- Lineales →



- Radiales →

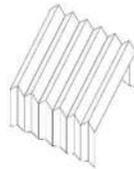


- Plegadura con pliegues contrapuestos →



- Láminas plegadas tridimensionales

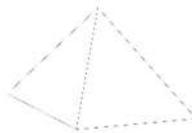
- Aporticadas →



- Abovedadas →

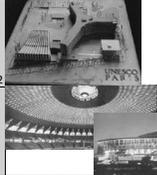


- Espaciales →



Clasificación según los parámetros establecidos

Una vez explicados y definido los criterios característicos de las láminas plegadas, se detallan a continuación en la Tabla 2 con respecto a los edificios encontrados:

Código	Nombre	Autor	Año de construcción	Ubicación	Uso	Ubicación en el sistema constructivo-estructural	Prefabricado o in situ	Sistema bi o tridimensional	Tipo de sistema	Tipo de vinculación exterior	Tipo de pliegue	Tipo de Origami	Luz (m)	Luz Voladizo (m)	Canto (m)	Luz/canto	Espesor (m)	Luz / espesor	Base de módulo (m)	Ángulo (°)	Imagen
TR-P-01	Sede UNESCO (Sala de Conferencias)	Breuer, Zehruss y P. L. Nervi	1953	París, Francia	Conferencias	Cubierta y parte de fachada	In situ	Tridimensional	Aporticado	Apoyo sobre láminas plegadas	Simple en V	Acordeón Simple en V	41		2,65	15,47169811	0,14	292,8571429	2,95	62	
TR-B-01	Palacio de los deportes	P. L. Nervi	1958	Roma, Italia	Deportivo	Cubierta	Prefabricado	Tridimensional	Espacial (cupula)	Apoyo puntual sobre pilar	Simple en V	Acordeón rotacional en V			1,7						
B-S-01	Viaducto Olímpico de Roma	P. L. Nervi	1958-1960	Roma, Italia	Transporte	Forjado	Prefabricado	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada varios módulos	Simple en V	Acordeón Simple en V	18		1,2	15	0,15	120	1,98	57	
B-S-02	Nueva estación ferroviaria de Savona	P.L. Nervi y A. Nervi	1959-1960	Savona, Italia	Transporte	Cubierta y Voladizo	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada varios módulos	Simple V y con concididad V	Acordeón Simple en V	28,56	7,9	1,9	15,03157895	0,08	357	1,95	61	
TR-B-02	Turin Exhibition Hall	P.L. Nervi	1948	Turin, Italia	Deportivo	Cubierta	Prefabricado	Tridimensional	Abovedado (Catenaria)	Apoyo puntual sobre pilar	Simple V	Acordeón Simple en V	90,1		1,67	53,95209581	0,08	1126,25	2,5	52	
B-CTR-01	Canódromo de Carabanchel	José Ramón Azpiazu Ordóñez y Pedro Pinto Martínez	1960-62	Madrid, España	Deportivo	Cubierta-Voladizo	In situ	Bidimensional	Superficie	Voladizo. Apoyo puntual pilar	Contrapuesto en Omega	Pliegues inversamente oblicuos en Omega	9,75	9,75	1	9,75	0,08	121,875	3,2	32	
B-S-03	Laboratorios Alter	Miguel Fisac Serna	1960 - 1963	Madrid, España	Empresarial	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Empotramiento en viga. Puntual cada varios módulos	Simple en V	Acordeón Simple en V	5,3	3,3	0,62	8,548387097	0,05	106	0,6	60	
TR-B-03	Paul VI audience hall	P. L. Nervi	1963	Ciudad del Vaticano, El Vaticano	Conferencias	Cubierta	Prefabricado	Tridimensional	Abovedado (Catenaria)	Apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada varios módulos	Simple en V	Acordeón Simple en V	62,86		1,95	32,23589744	0,09	698,4444444		0	
TR-P-02	Mülimatt Sports Education Center	Estudio Vaccini	2010	Brügg, Suiza	Deportivo	Fachada	Prefabricado	Tridimensional	Aporticado	Apoyo sobre láminas plegadas	Simple en V (cubierta) y con concididad en V (fachada)	Acordeón Simple en V	55		3	18,33333333	0,6	91,66666667	3,2	60	
TR-P-03	General Trade School	Hermann Baur	1958 - 1961	Basilea, Suiza	Educativo	Cubierta y fachada	In situ	Tridimensional	Aporticado	Apoyo sobre láminas plegadas	Simple en V (cubierta) y con concididad en V (fachada)	Acordeón Simple en V	33		3	11	0,2	165	6,5	43	
TR-P-04	Instituto Sorolla	José Ramón Azpiazu Ordóñez	1964-1967	Valencia, España	Educativo	Cubierta y fachada	In situ	Tridimensional	Aporticado	Apoyo sobre láminas plegadas	Con concididad en V (cubierta y fachada)	Pliegue en cono en Omega	12		1,5	8	0,2	60	3	53	
B-CTR-02	Universidad Laboral de Tarragona	Eduardo Torroja, Antonio de la Vega, Manuel Sierra Nava y Luis Peral Buesa	1952-1956	Tarragona, España	Educativo	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada módulo	Contrapuesto en V	Pliegues inversamente oblicuos en V	20,36		3,12	6,525641026	0,12	169,6666667	4,8	48	
TR-P-05	Central hidroeléctrica de Proaza	Joaquín Vaquero Palacios	1964-1965	Proaza, Asturias, España	Empresarial	Cubierta y fachada	Piezas Prefabricadas In situ	Tridimensional	Aporticado	Apoyo sobre láminas plegadas	Con concididad en V (cubierta y fachada)	Pliegue en cono desde V	17,82		0,91	19,58241758	0,4	44,55	6,04	9	
TR-P-06	Iglesia de Cristo Rey	Anton Swinkels y Bart Salemans	1964	Hoensbroek, Países Bajos	Religioso	Cubierta y fachada	Prefabricado	Tridimensional	Aporticado	Apoyo sobre láminas plegadas	Simple en V (cubierta y fachada)	Acordeón Simple en V	25,5		1,03	24,75728155	0,08	318,75	2,8	28	

B-S-04	Den helder station (ampliación)	G.J. van der Grinten	1959	Den Helder, Países Bajos	Transporte	Cubierta	Prefabricado	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada varios módulos	Simple en V	Acordeón Simple en V	35	1,51	23,17880795	0,1	350	2,73	45	
TR-P-07	Aula de la TU Delft	Van den Broek y Bakema	1966	Delft, Países Bajos	Educativo	Cubierta y fachada	In situ	Tridimensional	Aporticado	Apoyo sobre láminas plegadas. Y apoyo puntual sobre viga.	Simple en V (cubierta) y con concicidad (cubierta y fachada)	Acordeón Simple en V	35	5,18	6,756756757	0,3	116,6666667	7,35	60	
B-CNC-01	Mercado Central de Punda			Punda, Willemstad, Curaçao	Empresarial/Comercial	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre viga	Con concicidad en V	Acordeón rotacional en V	27,4	2,7	10,14814815	0,21	130,4761905	7,21	34	
B-CNC-02	Instituto de Filosofía de la FU de Berlín	Hinrich e Inken Baller	1982-1983	Berlín, Alemania	Educativo	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada módulo	Con concicidad en V	Pliegue en cono en V	3,72	3,12	1,192307692	0,4	9,3	6,4	39	
TR-E-01	Nevigis Pilgrimage Church	Gottfried Böhm	1964 - 1972	Nevigis, Velbert, Alemania	Religioso	Todo	In situ	Tridimensional	Espacial	Apoyo sobre láminas plegadas										
B-S-05	Namics Headquarters	Mark Ammann Architekten	2016-2017	Saint Gallen, Suiza	Empresarial	Forjado	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada varios módulos	Simple en V	Acordeón Simple en V	13	0,44	29,54545455	0,15	86,66666667	3,64	9	
B-CNC-03	Mercado Central de Ivano-Frankivsk			Ivano-Frankivsk, Oblast, Ucrania	Comercial	Cubierta	Prefabricado	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada módulo	Con concicidad en V	Acordeón rotacional en V	10,86	1,02	10,64705882	0,08	135,75	1,78	53	
B-S-06	Edificios de la Torre de Televisión de Berlín	Walter Herzog y Rolf Heider	1972	Berlín, Alemania	Empresarial	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada varios módulos	Simple en V (cubierta) y con concicidad (voladizos)	Acordeón Simple en V	35,91	1,05	34,2	0,2	179,55	5,2	18	
B-S-07	Centro di Atletica Leggera ESCUELA NACIONAL DE ATLETISMO DE FORMIA	Annibale Vitellozzi y Sergio Musmeci	1955	Formia, Italia	Deportiva	Cubierta y fachada	In situ	Bidimensional	Superficie	Empotramiento en cercha. Puntual cada varios módulos	Simple en V	Acordeón Simple en V	19,94	1,2	16,61666667	0,17	117,2941176	4,4	24	
B-S-08	Fábrica ASEA	José Villagrán y Ricardo Legorreta		Tlalneantla, México	Empresarial	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada varios módulos	Simple en V	Acordeón Simple en V	15	1,89	7,936507937	0,19	78,94736842	3,51	43	
B-S-09	Edificio IBM	Miguel Fisac	1966-1969	Madrid ES	Empresarial	Fachada	Prefabricado	Bidimensional	Superficie	Apoyo sobre láminas plegadas	Simple en V	Acordeón Simple en V								
TR-B-04	Iglesia de St Paulus	Christian Schaller, Fritz Schaller	1978	Neuß-Weckhoven, Alemania	Religioso	Todo	In situ	Tridimensional	Abovedado	Apoyo sobre láminas plegadas		Yoshimura								
TR-P-08	Sala mortuoria cementerio de Frankfurt-Westhausen	Günther Bock	1952	Frankfurt-Westhausen, Alemania	Religioso	Cubierta y fachada	In situ	Tridimensional	Aporticado	Apoyo sobre láminas plegadas	Contrapuesto en V (cubierta) y con concicidad (fachada)	Yoshimura	17,96	1,71	10,50292398	0,16	112,25	3,13	44	
B-S-10	Iglesia Notre Dame de Royan	Guillaume Gillet	1958	Royan, Francia	Religioso	Fachada	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo sobre láminas plegadas	Simple en V	Acordeón Simple en V								

TR-B-05	Hangares Orly	Freyssinet	1915	París, Francia	Transporte	Todo	Prefabricado	Tridimensional	Abovedado (Catenaria)	Apoyo sobre láminas plegadas	Simple en V	Acordeón Simple en Omega										
TR-E-02	Capilla en Valleacerón	Sancho Madrideojos	1997-2000	Ciudad Real, España	Religioso	Todo	In situ	Tridimensional	Espacial	Apoyo sobre láminas plegadas												
TR-E-03	Casa de la Música Oporto	OMA y Rem Koolhaas	2001-2005	Oporto, Portugal	Cultural	Todo	In situ	Tridimensional	Espacial	Apoyo sobre láminas plegadas												
TR-E-04	Casa de Piedra "Steinhaus" Lago Ossiach	Günther Domenig	1986-2008	Klagenfurt, Austria	Cultural	Todo	In situ	Tridimensional	Espacial	Apoyo sobre láminas plegadas												
TR-E-05	Iglesia de San Antonio da Polana	Nuno Craveiro Lopes	1962	Maputo, Mozambique	Religioso	Todo	In situ	Tridimensional	Espacial	Apoyo sobre láminas plegadas												
TR-B-06	Cubierta en el Parque del Oeste	Alejandro Pietri		Caracas, Venezuela	Deportivo	Todo	In situ	Tridimensional	Abovedado	Apoyo sobre láminas plegadas	Simple en V	Yoshimura	30,96		2,4	12,9		0,2	154,8	5	41	
B-CTR-03	American Concrete Institute Building	Yamasaki	1958	Detroit, EEUU	Empresarial	Cubierta	Prefabricado	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre viga o cercha. Apoyo cada varios módulos. Voladizo	Contrapuesto en V	Pliegues inversamente oblicuos en V	5,96	5,96	0,65	9,169230769		0,1	59,6	1,32	38	
TR-P-09	Piscina Cubierta Arquitecto José Laguillo	Rafael López Palanco	1985	Jerez, España	Deportivo	Cubierta y fachada	In situ	Tridimensional	Aporticado	Apoyo sobre láminas plegadas	Simple en V	Acordeón Simple en V	24,85	6,82	2,31	10,75757576		0,13	191,1538462	2,5	59	
B-S-11	Hangar Alleghany Airlines, aeropuerto Logan, Boston	Amsler, Sepp Firnkas y Craig Barnes	1970	Boston, EEUU	Transporte	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Empotramiento. Soporte con tímpano. Transmisión a viga y pilares	Simple en Omega	Acordeón Simple en Omega	77,38		4,37	17,70709382		0,15	515,8666667	11,02	46	
B-CNC-04	St. Malachy Catholic Church			Kennedy, Pensilvania, EEUU	Religioso	Cubierta	Prefabricado	Bidimensional	Superficie	Apoyo sobre horquilla	Con concidad en V	Acordeón rotacional en V	29,2	17,27	6,03	4,842454395		0,88	33,18181818	8,84	52	
B-S-12	Almacén y talleres H.W. Moore Equipment Co	M. Ketchum	1955	Denver, EEUU	Empresarial	Cubierta	Prefabricado	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre pilar	Simple en V y Z	Acordeón Simple en V	24		2,3	10,43478261		0,15	160	0,15	21	
B-S-13	Escuela de la Sagrada Familia	Henry Toll		Denver, EEUU	Educativo	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada módulo	Simple en V	Acordeón Simple en V	26,66	3,25	2,01	13,26368159		0,17	156,8235294	7,31	26	
TR-P-10	Sardar Vallabhbhai Patel Stadium	Charles Correa y Mahendra Raj	1965	Ahmedabad, India	Deportivo	Cubierta y fachada	In situ	Tridimensional	Aporticado	Apoyo sobre láminas plegadas. Voladizo	Con concidad en Omega (fachada y cubierta)	Acordeón rotacional en Omega	13,09	13,09	1,2	10,90833333		0,2	65,45	5,08	47	
B-CNC-05	Tagore Memorial Theatre	B. V. Doshi y Mahendra Raj	1966-71	Ahmedabad, India	Cultural	Fachada	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo sobre láminas plegadas	Con concidad en V	Pliegue en cono en Omega	9,91		1,22	8,12295082		0,3	33,03333333	2,99	39	

B-S-14	Hangar Aerolínea Mackey, Aeropuerto de Fort Lauderdale	Kramer	1958	Fort Lauderdale, Florida, EEUU	Transporte	Cubierta	Prefabricado	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada varios módulos. Combinación con voladizo	Simple en Omega	Acordeón Simple en Omega	15	14	1,5	10	0,09	166,666667	2,85	64	
B-S-15	Bolera Cloverleaf Lanes, ahora Bethel Evangelical Baptist Church	Alfred Browing y James P. McGlinchy	1958	Condado de Dade, Florida, EEUU	Empresarial	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada módulo	Simple en Omega	Acordeón Simple en Omega	36		1,77	20,33898305	0,2	180	6,42	38	
B-S-16	Centro Comercial en West Hollywood			California, EEUU	Empresarial/Comercial	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre pilar	Simple en V	Acordeón Simple en V									
B-S-17	Iglesia del Buen Pastor			San Pedro de Sula, Honduras	Religioso	Cubierta	Prefabricado	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre viga. Combinación de pilar por módulo y pilar cada varios módulos	Simple en V	Acordeón Simple en V	11,54		1	11,54	0,15	76,93333333	2,62	32	
B-S-18	Teatro en Plaza de Sula		1989	San Pedro de Sula, Honduras	Cultural	Cubierta	Prefabricado	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada varios módulos	Simple en V	Acordeón Simple en V	9,91		0,69	14,36231884	0,09	110,1111111	1,42	39	
B-S-19	Edificio Industrial en Parque Industrial de Búfalo			Villanueva, Honduras	Empresarial	Cubierta	Prefabricado	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada varios módulos	Simple en V	Acordeón Simple en V									
B-S-20	TIH Corporation Building Factory			San Pedro Sula, Honduras	Empresarial	Cubierta	Prefabricado	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada varios módulos	Simple en V	Acordeón Simple en V									
B-S-21	Panadería Langendorf	John Driskell	1956	Los Ángeles, EEUU	Empresarial	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada módulo	Simple en U	Acordeón Simple en U									
B-S-22	Gimnasio			Leeds, Yorkshire, Reino Unido	Deportivo	Cubierta	Prefabricado	Bidimensional	Superficie	Apoyo sobre horquilla	Simple en V	Acordeón Simple en V	21,85		1,4	15,60714286	0,1	218,5	3,36	43	
B-S-23	Escuela en Albuquerque			Albuquerque, EEUU	Educativo	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo sobre caballete	Simple en V	Acordeón Simple en V									
B-S-24	Instituto en Scottsdale			Arizona, EEUU	Educativo	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo sobre horquilla	Simple en V	Acordeón Simple en V									
B-S-25	Bank in Colorado, USA			Colorado, EEUU	Empresarial	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo sobre horquilla	Simple en V	Acordeón Simple en V									
B-S-26	Gimnasio en Colorado	Milo Ketchum		Colorado, EEUU	Empresarial	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo sobre pilar. Tímpano	Simple en V	Acordeón Simple en V									
B-S-27	Mercado "Pedro Sainz de Baranda"		1960	San Francisco de Campeche, México	Empresarial	Cubierta	Prefabricado	Bidimensional	Superficie	Soporte con tímpano	Simple en V	Acordeón Simple en V	8,98		4	2,245	0,12	74,83333333	15,3	12	

B-CNC-06	Edificio principal de la producción con bodegas, Cartuchos Deportivos (hoy Industrias Tecnos)	Juan Sordo Madaleno	1962	Ahuatepec, Cuernavaca, México	Empresarial	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada módulo	Con concicidad en V	Pliegue en cono en V										
B-CTR-04	Aduana Frontera Finlandesa con Rusia en Torfyanovka		1967	Torfyanovka, Finlandia	Transporte	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Voladizo. Apoyo puntual pilar	Con concicidad en V	Pliegues inversamente oblicuos en V	14,86	14,86	1,3	11,43076923	0,24	61,91666667	3,5	30		
B-S-28	Embajada de Estados Unidos en Bagdad	Josep Lluís Sert	1961	Bagdad, Iraq	Servicio Público	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada módulo	Simple en V	Acordeón Simple en V	8,5									
B-CNC-07	Casa Octogonal	Max Hunn	1959	Naples, Florida, EEUU	Residencial	Cubierta	Prefabricado	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre pilar	Con concicidad en V	Acordeón rotacional en V	11,2		2,46	4,552845528	0,3	37,33333333	9,28	25		
B-S-29	Sinagoga en la Quinta Avenida	Wang Chiu-Hwa y Percival Goodman	1956-1959	Nueva York, EEUU	Religioso	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada módulo	Simple en U con viga de borde aligüe en U (cubierta y fachada) y simple en V (fachada y voladizo)	Acordeón Simple en U										
TR-P-11	HYUP SUNG CO. LTD.- NAVE INDUSTRIAL ZIP BUFALO	Mario Lean	1990-91	Parque Industrial Búfalo en San Pedro Sula, Honduras	Empresarial	Cubierta y fachada	Prefabricado	Tridimensional	Aportado	Apoyo sobre láminas plegadas	Simple en U con viga de borde aligüe en U (cubierta y fachada) y simple en V (fachada y voladizo)	Acordeón Simple en U	31,29		0,98	31,92857143	0,18	173,8333333	4,47	31		
B-S-30	Edificio Marquesina coches en El Congo			El Congo	Empresarial	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada varios módulos. Voladizo	Simple en V	Acordeón Simple en V										
B-CTR-05	Capilla San Ignacio de Loyola - Colegio Externado de San José	Salvador Choussy	1963	San Salvador, El Salvador	Religioso	Cubierta y fachada	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo sobre láminas plegadas	Contrapuesto en V	Pliegues inversamente oblicuos en V	33		6,59	5,007587253	0,5	66	6,5	62		
B-S-31	Marquesina de entrada al Parque Zip Bufalo		1991	San Pedro de Sula, Honduras	Empresarial	Cubierta	Prefabricado	Bidimensional	Superficie	Tirante o cable	Simple en V	Acordeón Simple en V	13,5		0,81	16,66666667	0,08	168,75	2,4	31		
B-S-32	Tienda de Sears			Tampa, Florida, EEUU	Empresarial/Comercial	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre pilar	Simple en U	Acordeón Simple en U										
B-S-33	Terminal Lindberg del aeropuerto Internacional Mineápolis-Saint Paul	Cerny & Associates	1961	Mineápolis, EEUU	Transporte	Cubierta	Prefabricado	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada varios módulos	Simple en Omega	Acordeón Simple en Omega	36,5	8,2	3,15	11,58730159	0,2	182,5	9,15	46		
B-S-34	Piscina en Nottingham			Nottingham, Reino Unido	Educativo	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre pilar. Tímpano	Simple en V	Acordeón Simple en V										
B-CTR-06	Entrada del Bradford College			Reino Unido	Educativo	Cubierta-Voladizo	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre pilar. Voladizo	Contrapuesto en V	Pliegues inversamente oblicuos en V										
B-S-35	Planta de Trabajos Químicos de ICI Hyde			Cheshire, Reino Unido	Empresarial	Cubierta	Prefabricado	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada módulo	Simple en U	Acordeón Simple en U										

B-S-36	Iglesia de Saint Paul en la Plaza Lorrimore	Woodroffe Buchanan & Coulter	1959-60	Londres, Reino Unido	Religioso	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo sobre horquilla	Simple en V y con concicidad en V	Acordeón Simple en V y Pliegue en cono en V	3,79	1,66	2,28313253	0,4	9,475	4,36	29	
B-S-37	Restaurante en Novato			Novato, California	Empresarial	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo sobre horquilla	Simple en V	Acordeón Simple en V								
B-S-38	Instituto Nuestra Señora del Rosario			España	Educativo	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre pilar	Simple en V	Acordeón Simple en V								
B-S-39	Centro de Desarrollo de Sonoma			Eldridge, California, EEUU	Empresarial	Cubierta	Prefabricado	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre pilar	Simple en V	Acordeón Simple en V	22,4	1,13	19,82300885	0,08	280	4,22	26	
B-S-40	Locales Comerciales en la zona peatonal de Coventry			Coventry, Reino Unido	Empresarial/Comercial	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre pilar	Simple en V	Acordeón Simple en V								
B-S-41	Agencia de Automóviles Nash		1952	Ciudad de México, México	Empresarial	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada varios módulos	Simple en Omega	Acordeón Simple en Omega	7	1						
B-CNC-08	Hampton Coliseum Virginia	Odell Associates	1968	Virginia, EEUU	Deportiva	Fachada	Prefabricado	Bidimensional	Superficie	Apoyo sobre láminas plegadas	Con concicidad en V	Pliegue en cono en V								
TR-E-06	Fábrica Olivetti Underwood	Louis Kahn	1966-1970	Harrisburg, Pennsylvania, EEUU	Empresarial	Cubierta	In situ	Tridimensional	Espacial	Apoyo puntual sobre pilar										
B-CNC-09	Iglesia Inmaculada Concepción	Curtis y Davis	1957	Marrero, Nueva Orleans, EEUU	Religioso	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada módulo	Con concicidad en V	Pliegue en cono en V	17,98	1,17	15,36752137	0,3	59,93333333	5,71	17	
B-CNC-10	Central térmica en Roman			Román, Rumanía	Empresarial	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre pilar	Con concicidad en V	Acordeón rotacional en V	16,3	3,13	5,207667732	0,3	54,33333333	7,02	38	
B-CTR-07	Hípódromo Groenendaal	André Paduart	1980	Groenendaal, Bélgica	Deportivo	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Voladizo. Apoyo puntual pilar	Contrapuesto en V	Pliegues inversamente oblicuos en V								
TR-P-12	Iglesia Saint Albert	Erwin Heine	1967-1971	Freiburg, Alemania	Religioso	Cubierta y fachada	In situ	Tridimensional	Aporticado	Apoyo sobre láminas plegadas	Con concicidad en V	Pliegue en cono en V	33,76	3,35	10,07761194	0,25	135,04	6,62	42	
TR-P-13	Centro deportivo en Gh. Gheorghiu-Dej			Onesti, Rumanía	Deportivo	Cubierta y fachada	Prefabricado	Tridimensional	Aporticado	Apoyo sobre láminas plegadas	Simple en V (cubierta) y con concicidad en V (fachada)	Acordeón Simple en V y Pliegue en cono en V	26,01	2,46	10,57317073	0,3	86,7	3,86	50	
TR-P-14	Sporturilor Bacau	G. Chira y A. Migala	1975	Bacau, Rumanía	Deportivo	Cubierta y fachada	In situ	Tridimensional	Aporticado	Apoyo sobre láminas plegadas y soporte con cables o tirantes	Simple en V (cubierta) y con concicidad en V (fachada)	Acordeón Simple en V y Pliegue en cono en V	53,52	2,39	22,39330544	0,5	107,04	4,54	38	

B-S-42	Estación Kursky		1972	Moscú, Rusia	Transporte	Cubierta	Prefabricado	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada varios módulos	Simple en Omega	Acordeón Simple en Omega		36	14	1,65	21,81818182	0,15	240	3	72	
B-S-43	Cine La República			Iasi, Rumanía	Empresarial	Fachada	Prefabricado	Bidimensional	Superficie	Apoyo sobre láminas plegadas	Simple en V	Acordeón Simple en V										
B-S-44	Instituto Alemán de la Industria del Cemento	P. Neuffert	1956	Dusseldorf, Alemania	Empresarial	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre pilar	Simple en V	Acordeón Simple en V	12,5	5	1,2	10,41666667	0,4	31,25	9,35	10		
B-S-45	Almacén en Alemania			Alemania	Empresarial	Cubierta	Prefabricado	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada varios módulos	Simple en V	Acordeón Simple en V										
TR-P-15	Iglesia de Fátima			Mar del Plata, Argentina	Religioso	Cubierta y fachada	In situ	Tridimensional	Aporticado	Apoyo sobre láminas plegadas	Con concidad en V	Pliegue en cono en V	24,61		1,45	16,97241379	0,13	189,3076923	5	28		
TR-E-07	Estación de Servicio	Mariano Marín Rodríguez	1962	Gijón, España	Empresarial	Cubierta	Prefabricado	Tridimensional	Espacial	Apoyo sobre horquilla												
TR-E-08	Depósito de carbón ITCCT	Manuel Barbero, Gonzalo Echegaray y Eduardo Torroja Miret	1959	Madrid, España	Empresarial	Todo	In situ	Tridimensional	Espacial	Apoyo sobre láminas plegadas												
B-CNC-11	Monasterio de Santa Catalina de Siena		1966-1968	Alcobendas, España	Religioso	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre pilar	Con concidad en V	Pliegue en cono en V										
B-CNC-12	Monasterio de la Encarnación de Lejona		1968-1976	Vizcaya, España	Religioso	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre pilar	Con concidad en V	Pliegue en cono en V										
B-S-46	Escuela Montes Alpes	Félix Candela y Raúl Fernández Rangel	1951-53	Lomas de Chapultepec, México	Educativo	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre pilar	Simple en U	Acordeón Simple en U										
B-CNC-13	Iglesia de Nuestra Señora del Carmen			Cúcuta, Colombia	Religioso	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada varios módulos	Con concidad en V	Acordeón rotacional en V	27,46	3,5	1,6	17,1625	0,09	305,1111111	3,24	42		
B-S-47	Stabilimento Raffo	Sergio Musmeci	1956	Pietrasanta, Italia	Empresarial	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre pilar	Simple en V	Acordeón Simple en V										
B-CNC-15	Ristorante Stadio del Nuoto	Sergio Musmeci	1959	Roma, Italia	Empresarial	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre pilar	Con concidad en V	Pliegue en cono en V										
B-CNC-16	Cinema San Pietro	Sergio Musmeci	1957	Montecchio Maggiore, Italia	Empresarial	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre pilar	Con concidad en V	Pliegue en cono en V										

TR-B-07	Teleférico del Ávila. Estación Maripérez	Alejandro Pietri	1956	Caracas, Venezuela	Transporte	Todo	In situ	Tridimensional	Abovedado	Apoyo sobre láminas plegadas		Yoshimura	29,04			1,5	19,36	0,2	145,2	4,57	29	
TR-P-17	Lonja de Scheveningen	Seyna y Hofman	1964	Scheveningen, Países Bajos	Empresarial	Cubierta	In situ	Tridimensional	Aporticado	Apoyo sobre láminas plegadas y apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada	Simple en V (cubierta) y con concicidad en V (fachada)	Acordeón Simple en V y Pliegue en cono en V	24,75	12,56	2,41	10,26970954	0,2	123,75	5	28		
B-S-57	Verenigd Pastic Verkoopkantoor N.V. Laboratory	Caspers	1962	Zeist, Países Bajos	Empresarial	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada módulo. Tímpano	Simple en V	Acordeón Simple en V	21,24		1,06	20,03773585	0,08	265,5	2,48	42		
B-CNC-21	Mezquita Masjid Negara y edificios adyacentes	Howard Ashley, Hisham Albakri y Baharuddin Kassim	1965	Kuala Lumpur, Malasia	Religioso	Todo	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre pilar	Con concicidad en V	Acordeón rotacional en V										
B-CNC-22	Auditorium Maximum der Ruhr-Universität Bochum	Helmut Hentrich Hubert Petschnigg HPP Hentrich-Petschnigg & Partner	1971 - 1974	Bochum, Alemania	Educativo	Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada módulo. Tímpano	Con concicidad en U U	Acordeón rotacional en U	60		8	7,5	0,8	75	15	70		
B-S-58	Glanerburg					Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo sobre horquilla	Simple en V	Acordeón Simple en V										
B-CNC-23	Desconocido					Todo	Prefabricado	Bidimensional	Superficie	Apoyo sobre láminas plegadas	Con concicidad en V	Pliegue en cono en V	34		10	3,4	0,5	68	10	72		
B-S-59	Desconocido					Cubierta	In situ	Bidimensional	Superficie	Apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada módulo	Simple en U	Acordeón Simple en U										
ANEXO	Parroquia Nuestra Señora del Carmen			Torreón, México	Religioso																	
ANEXO	Estadio Flaminio	P.L. Nervi y A. Nervi	1957-1958	Roma, Italia	Olimpiadas 60	Cubierta-Voladizo	Pref		Superficie	Voladizo. Sobre pilares	Con concicidad V	Acordeón V	26									
ANEXO	Plaza de los Abancos	Félix Candela, Manuel Larrosa y Guillermo Rosell	1958	Lomas de Cuernavaca, México	Espacio Público	Todo	In situ		Superficie	Sobre pilares	Con concicidad	Acordeón rotacional	10	10	2	5	0,1	100	1	28,07248694		
ANEXO	Ralph Munroe Marine Stadium	Hilario Candela	1963	Virginia Key, Miami, Florida, EEUU	Deportiva	Cubierta	In situ		Superficie	Sobre pilares	Con concicidad											
ANEXO	Biblioteca de la Parish Hill High School			Chaplin, Connecticut, EEUU	Educativo	Cubierta	Prefabricado		Superficie	Sobre pilares												
ANEXO	IBM Pavilion	A. & J. Polak J. Thiran & J. Wybauw Noyes, Eliot Fette	1958	Bruselas, Bélgica	Exposición	Cubierta	Acero		Superficie	Sobre pilares	Contrapuestos	Acordeón	14		1,55	9,032258065	0,17	82,35294118	4,3	108,4220531		

Fichas de Catalogación

Autor/es: Pier Luigi Nervi y Giovanni Bartoli

Año de construcción: 1958-1960

Ubicación: Roma, Italia

Uso: Transporte

Se trata de un viaducto situado en Roma. Forma parte del conjunto de infraestructuras diseñadas para las Olimpiadas de 1962 de Roma. Está formado por láminas prefabricadas de hormigón de pliegue simple en V. Constituyen el forjado del viaducto, de canto 1,2 metros el cual lleva sobre este una lámina de hormigón.

1. Características geométricas

Luz (L): 18 metros

Canto total (h): 1,2 metros

Relación luz/canto: 15

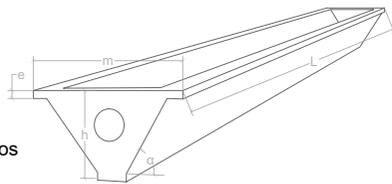
Espesor de la lámina (e): 0,15 metros

Base del módulo (m): 1,98 metros

Relación luz/espesor: 120

Ángulo (α): 57°

Tipo de pliegue: Simple en V (forjado)



2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: forjado

Prefabricado o in situ: prefabricado (ferrocemento)

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Apoyo puntual sobre viga o cercha. Apoyo cada varios módulos

Sistema bi o tridimensional: bidimensional

Pliegue Simple

Imágenes de la construcción^{[1][2]}

Apoyo puntual sobre viga o cercha. Apoyo cada varios módulos

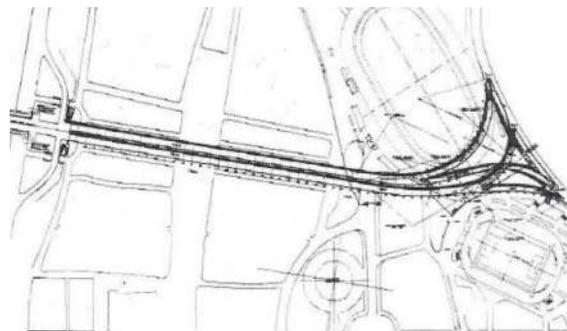


[1]

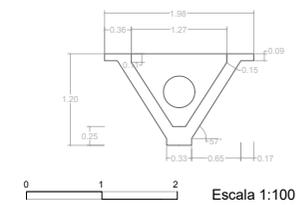


[1]

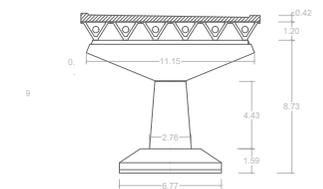
Planta



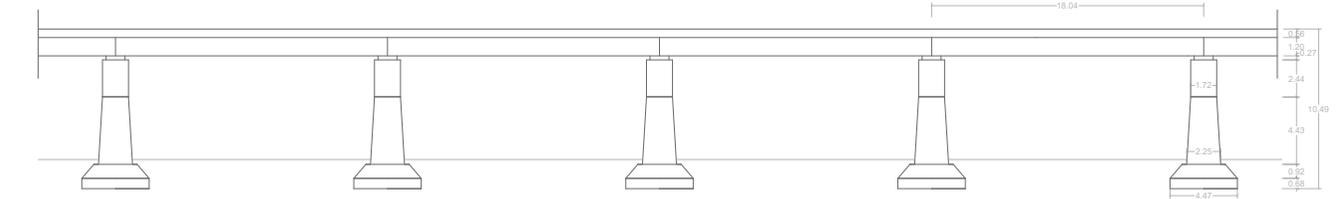
Detalle de plegadura



Sección transversal



Sección longitudinal



Escala 1:500 Cotas en metros

Autor/es: Pier Luigi Nervi y Antonio Nervi

Año de construcción: 1959-60

Ubicación: Savona, Italia

Uso: Transporte

Consiste en un proyecto para la estación de ferrocarril formado por dos edificios fundamentalmente, uno con láminas plegadas, colocado independiente de las vías del tren que alberga oficinas y bar y otro junto a las vías destinado a la regulación del tráfico ferroviario principalmente.

El edificio con láminas plegadas posee pliegues simples en V en la cubierta para la zona biapoyada y para el voladizo pliegue con conicidad, ambos realizados in situ. Destaca en este edificio las columnas, que rotan sobre sí mismas.

1. Características geométricas

Luz (L): 28,56 metros

Luz del voladizo (L'): 7,90 metros

Canto total (h): 1,90 metros

Relación luz/canto: 15

Espesor de la lámina (e): 0,08 metros

Base del módulo (m): 1,95 metros

Relación luz/espesor: 357

Ángulo (α): 61°

Tipo de pliegue: Simple en V (cubierta)

2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

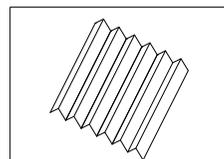
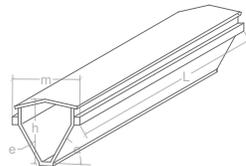
Prefabricado o in situ: in situ

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Sobre viga y pilares

Sistema bi o tridimensional: bidimensional



Pliegue Simple



Imágenes de la construcción [3]



Apoyo puntual sobre viga o cercha. Apoyo cada varios módulos



[3]



[3]

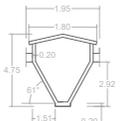
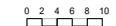
Planta

Sección transversal



Detalle de plegadura

Escala 1:250



Sección longitudinal



Escala 1:500

Cotas en metros

Autor/es: Miguel Fisac Serna

Año de construcción: 1960-1963

Ubicación: Madrid, España

Uso: Empresarial

Se trata del Pabellón para la sede de los Laboratorios Alter. Posee estancias principalmente de oficinas. Está diseñado por Miguel Fisac, tanto el edificio como los muebles del interior.

Las láminas plegadas se encuentran en este edificio en la entrada, como marquesina. Esta se encuentra tanto en el interior como en el exterior. Posee voladizos simétricos en ambos extremos. El tipo de plegadura es simple en V y está realizado in situ.

1. Características geométricas

Luz (L): 5,3 metros

Luz del voladizo (L'): 3,3 (en ambos)

Canto total (h): 0,62 metros

Relación luz/canto: 8

Espesor de la lámina (e): 0,05 metros

Base del módulo (m): 0,6 metros

Relación luz/espesor: 106

Ángulo (α): 60°

Tipo de pliegue: Simple en V (cubierta)

2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

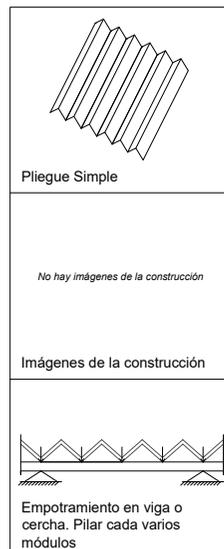
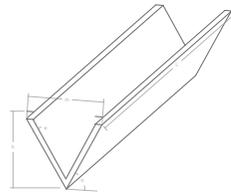
Prefabricado o in situ: in situ

Material: Hormigón armado de resistencia 200kg/cm²

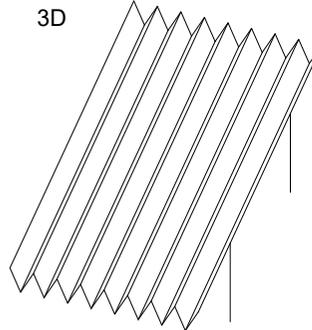
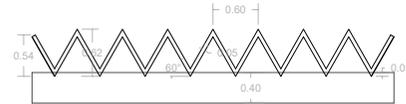
3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Empotramiento en viga o cercha. Pilar cada varios módulos

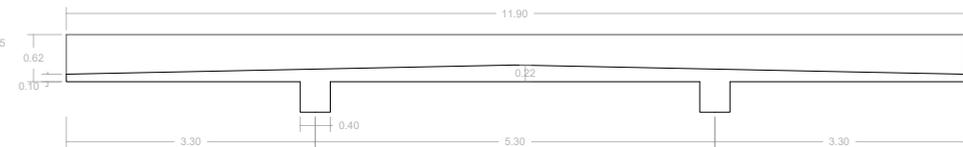
Sistema bi o tridimensional: tridimensional



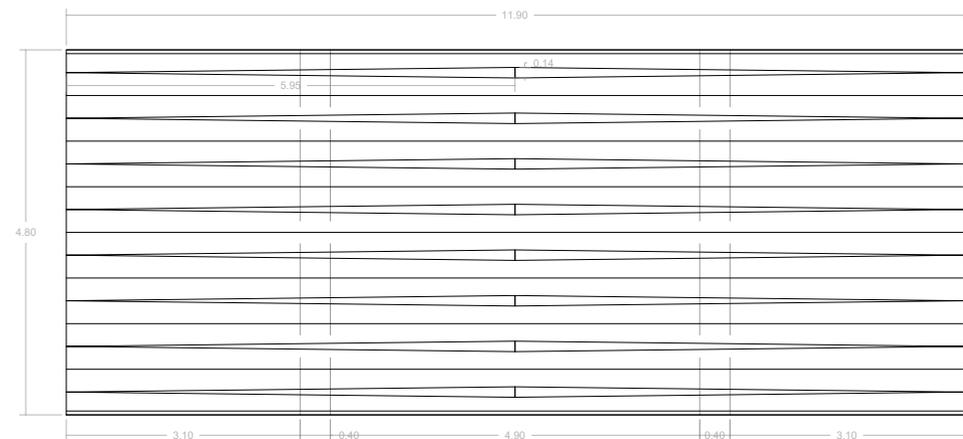
Sección transversal



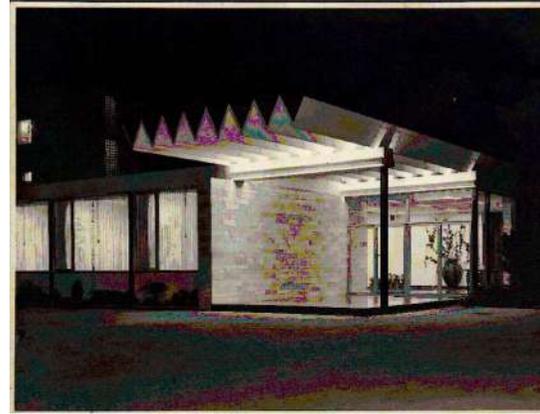
Sección longitudinal



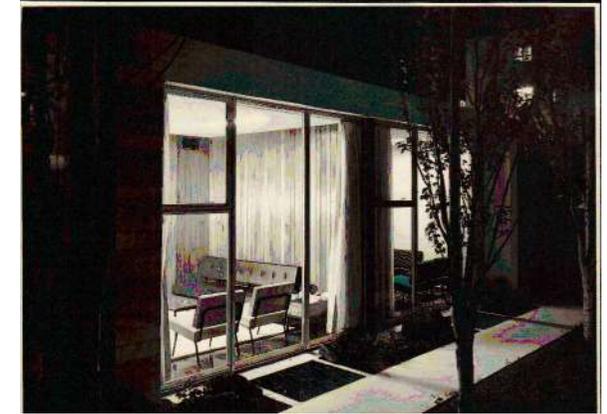
Planta



Escala 1:100 Cotas en metros



[4]



[4]

Autor/es: G.J. van der Grinten

Año de construcción: 1959

Ubicación: Den Helder, Países Bajos

Uso: Transporte

Se trata de una de las 6 estaciones de tren más importantes del país. Posee un gran hall y tiendas comerciales y de restauración en el interior. La altura del edificio es muy baja y destaca por la torre abyacente.

En cuanto al sistema estructural, posee plegaduras simples en V en la cubierta. Estas plegaduras están simétricamente inclinadas como una cubierta a dos aguas. Esto facilita el soportar la gran luz que produce por la forma espacial. Además ayuda a la evacuación del agua. La unión entre las plegaduras se produce con un aumento del espesor de las láminas en la parte inferior de la plegadura. También destacan los huecos producidos en la lámina para la entrada de luz. Las uniones producidas nos dejan entrever la posible construcción in situ del sistema.

1. Características geométricas

Luz (L): 35 metros

Canto total (h): 1,51 metros (mayor)

Relación luz/canto: 23

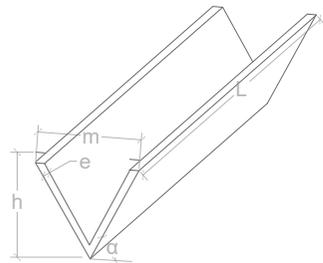
Espesor de la lámina (e): 0,1 metros

Base del módulo (m): 2,73 metros (mayor)

Relación luz/espesor: 350

Ángulo (α): 45°

Tipo de pliegue: Simple en V (cubierta)



2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

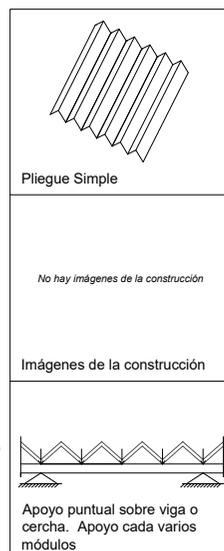
Prefabricado o in situ: In situ

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Apoyo puntual sobre viga o cercha. Apoyo cada varios módulos

Sistema bi o tridimensional: bidimensional

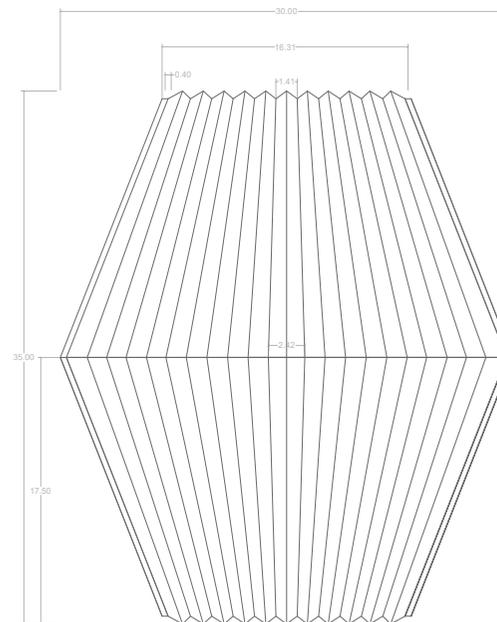


[5]



[6]

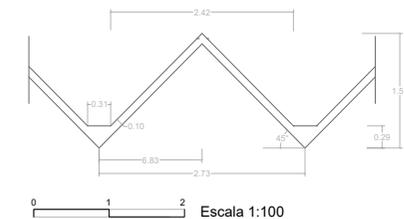
Planta



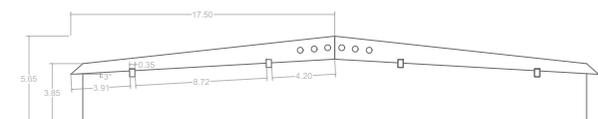
Escala 1:500

Cotas en metros

Detalle de plegadura



Sección longitudinal



Autor/es: Mark Ammann Architekten

Año de construcción: 2016-2017

Ubicación: Saint Gallen, Suiza

Uso: Empresarial

Se trata de la construcción del edificio de la sede de Namics en Saint Gallen. En cuanto a la estructura, utiliza láminas plegadas de hormigón en forma de V con un sistema de postensado en el forjado. Resalta, aparte de la utilización del sistema en forjado y no en cubierta como otros edificios, el poco canto que se utiliza y se requiere para esta función (44 cms). La estructura abarca el ancho total del edificio, de 13 metros, con apoyos en los extremos, empotrando en los muros laterales, con pilares por cada módulo.

1. Características geométricas

Luz (L): 13 metros

Canto total (h): 0,44 metros (aprox)

Relación luz/canto: 30

Espesor de la lámina (e): 0,15 (en el interior) y 0,23 (en las uniones) metros

Base del módulo (m): 3,64 metros (aprox)

Relación luz/espesor: 89

Ángulo (α): 9°

Tipo de pliegue: Simple en V

2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: forjado

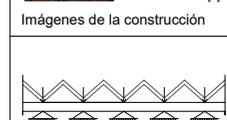
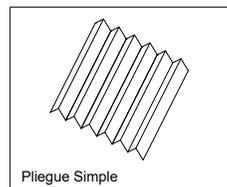
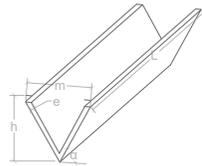
Prefabricado o in situ: In situ

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Empotramiento en viga o cercha. Situación de pilar por cada módulo

Sistema bi o tridimensional: bidimensional



Empotramiento en viga o cercha. Situación de pilar por cada módulo

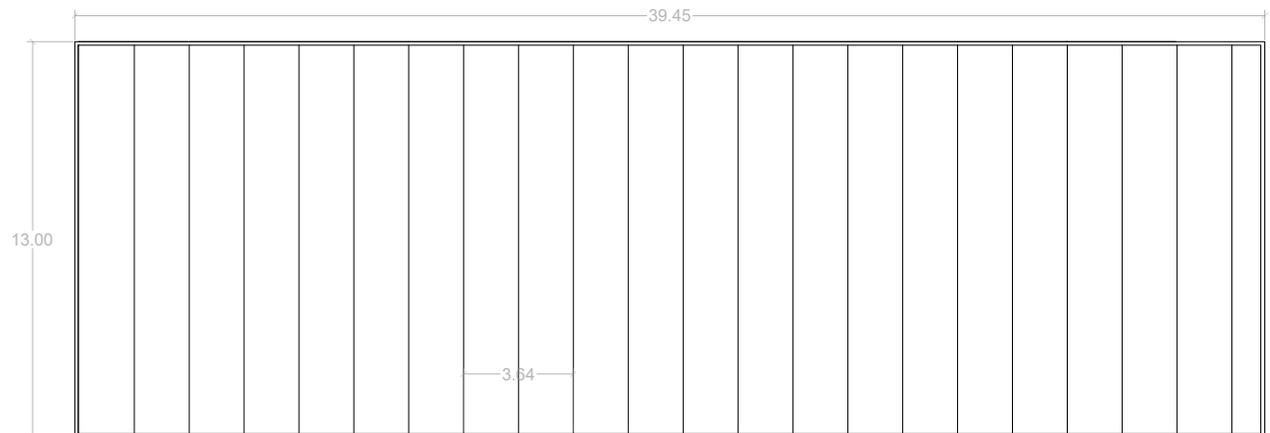


[7]

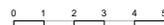
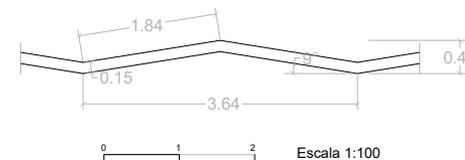


[8]

Planta



Detalle de plegadura



Escala 1:250

Cotas en metros

Autor/es: Walter Herzog y Rolf Heider

Año de construcción: 1972

Ubicación: Berlín, Alemania

Uso: Empresarial

Se trata de dos edificios simétricos en torno a la Torre de Televisión de Berlín. Tienen funciones empresariales y comerciales. La estructura está formada por láminas plegadas de hormigón de simple V como cubierta. También posee voladizos de pliegue con conicidad en las esquinas. Estos están inclinados.

1. Características geométricas

Luz (L): 35,91 metros (aprox)

Luz del voladizo (L'): 17,21 metros (mayor) (aprox)

Canto total (h): 1,05 metros (aprox)

Relación luz/canto: 34

Espesor de la lámina (e): 0,20 metros (aprox)

Base del módulo (m): 5,20 metros (aprox)

Relación luz/espesor: 179

Ángulo (α): 18°

Tipo de pliegue: Simple en V

2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

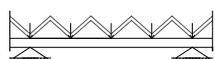
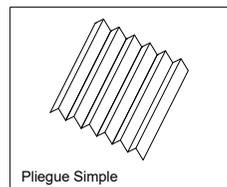
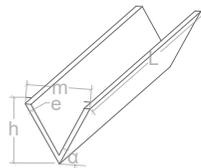
Prefabricado o in situ: In situ

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Apoyo puntual sobre viga o cercha. Apoyo cada varios módulos

Sistema bi o tridimensional: bidimensional



Apoyo puntual sobre viga o cercha. Apoyo cada varios módulos

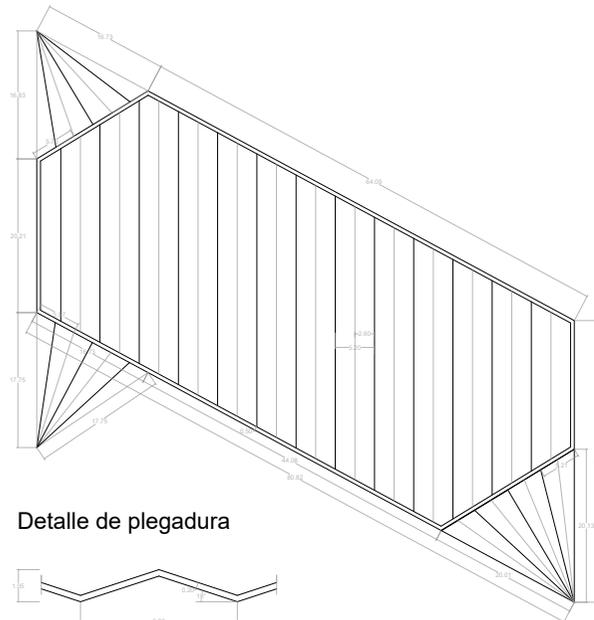


[10]

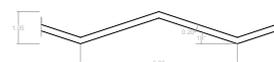


[10]

Planta



Detalle de plegadura



0 1 2 3 4 5 Escala 1:250

0 2 10 20 Escala 1:1000 Cotas en metros

Autor/es: Annibale Vitellozzi y Sergio Musmeci

Año de construcción: 1955

Ubicación: Formia, Italia

Uso: Deportivo

Se denomina Escuela Nacional de Atletismo 'Bruno Zauli', situada junto a la Ruta Appia entre Roma y Nápoles y diseñada para 44 atletas. En esta obra ya está presente en Vitellozzi de la búsqueda de sinceridad estructural absoluta, con la eliminación de todo lo que no es esencial, para la exaltación de los materiales pobres, experiencia que madura entre 1956 y 1963 en la zona deportiva del Acqua Acetosa de Roma.

En cuanto a la estructura la forma una cercha que sustenta las láminas plegadas de hormigón. Estas son de pliegue simple en V con una inclinación en el final.

1. Características geométricas

Luz (L): 19,94 metros (aprox)

Canto total (h): 1,20 metros (aprox)

Relación luz/canto: 16

Espesor de la lámina (e): 0,17 metros (aprox)

Base del módulo (m): 4,44 metros (aprox)

Relación luz/espesor: 117

Ángulo (α): 24°

Tipo de pliegue: Simple en V

2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

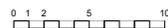
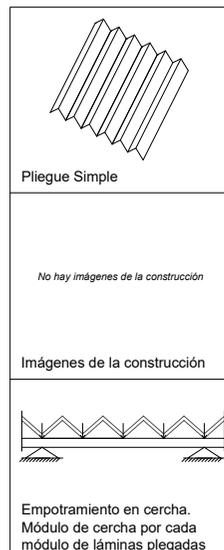
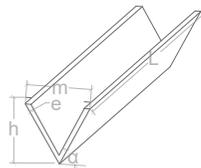
Prefabricado o in situ: In situ

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Empotramiento en cercha. Módulo de cercha por cada módulo de láminas plegadas

Sistema bi o tridimensional: bidimensional

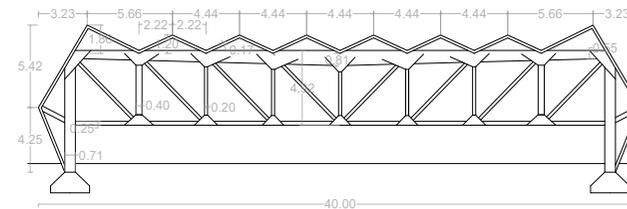


[12]

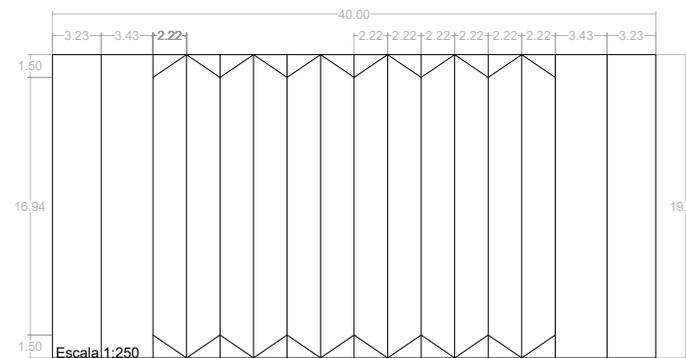


[13]

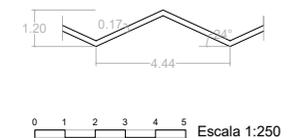
Sección longitudinal



Planta



Detalle de plegadura



Escala 1:500 Cotas en metros

Autor/es: José Villagrán y Ricardo Legorreta

Año de construcción: Desconocido

Ubicación: Tlalnepantla, México

Uso: Empresarial

Esta fábrica posee dos elementos independientes entre oficinas y salas de trabajo. El edificio con láminas plegadas se trata de una nave de trabajo con distinta maquinaria y que posee dos niveles de cubierta de 15 metros de luz cada uno.

La estructura de láminas plegadas resalta por la inclinación de las láminas y el canto para la luz prevista, la cual es proporcionalmente excesiva, vista en la relación luz/canto.

1. Características geométricas

Luz (L): 15 metros

Canto total (h): 1,89 metros (aprox)

Relación luz/canto: 8

Espesor de la lámina (e): 0,19 metros (aprox)

Base del módulo (m): 3,51 metros (aprox)

Relación luz/espesor: 79

Ángulo (α): 43°

Tipo de pliegue: Simple en V

2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

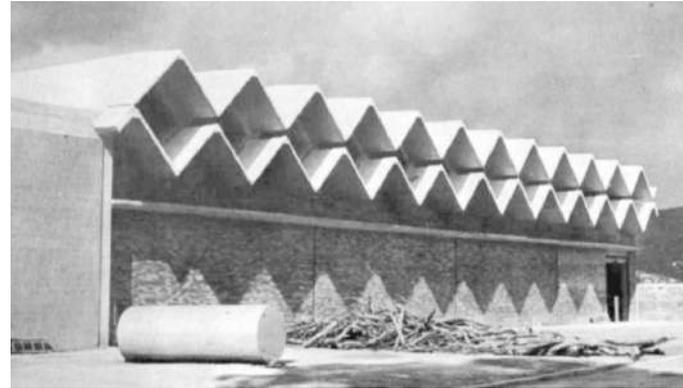
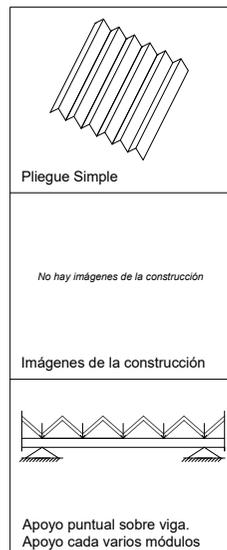
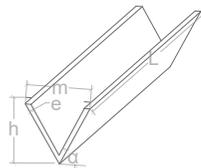
Prefabricado o in situ: In situ

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Apoyo puntual sobre viga.
Apoyo cada varios módulos

Sistema bi o tridimensional: bidimensional

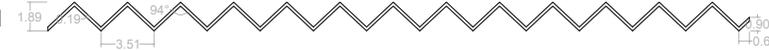


[14]

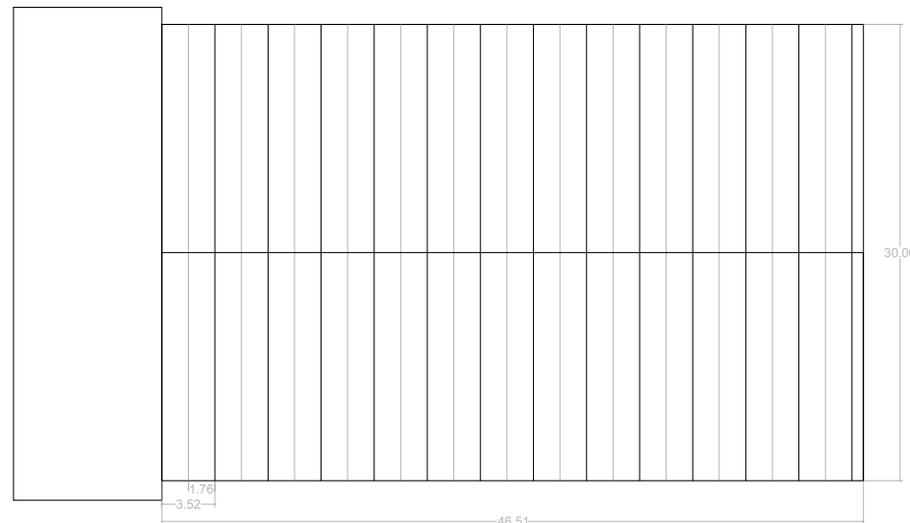


[14]

Sección longitudinal



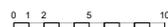
Planta



Detalle de plegadura



Escala 1:250



Escala 1:500

Cotas en metros

Autor/es: Amsler, Sepp Firmkas y Craig Barnes

Año de construcción: 1970

Ubicación: Boston, EEUU

Uso: Transporte

Se trata de un hangar con capacidad para dos aviones en el Aeropuerto de Logan en Boston.

En cuanto a su estructura utiliza láminas plegadas de hormigón con cables postensados. Está realizada in situ y destaca por la luz conseguida, de las mayores existentes con este sistema. Sobre todo en la relación luz/espesor. En cuanto a su sujeción se utilizan tímpanos superiores e inferiores, que transmiten posteriormente las cargas a vigas y pilares. Respecto a la plegadura, utiliza el tipo omega, el cual permite conseguir un mejor apoyo. En este caso el espesor en este punto es un poco mayor, de 26 cms.

1. Características geométricas

Luz (L): 77,38 metros

Canto total (h): 4,37 metros

Relación luz/canto: 17

Espesor de la lámina (e): 0,15 metros

Base del módulo (m): 11,02 metros

Relación luz/espesor: 515

Ángulo (α): 46°

Tipo de pliegue: Simple en Omega

2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

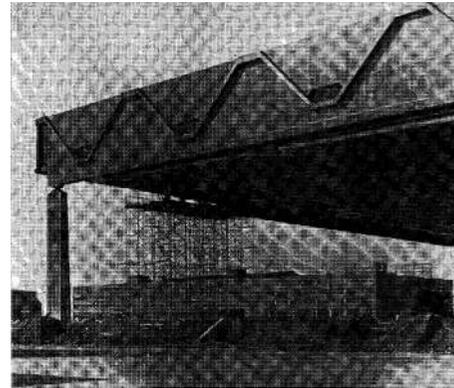
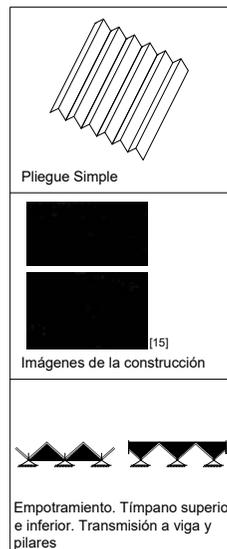
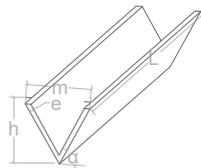
Prefabricado o in situ: In situ

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Empotramiento. Tímpano superior e inferior. Transmisión a viga y pilares

Sistema bi o tridimensional: bidimensional

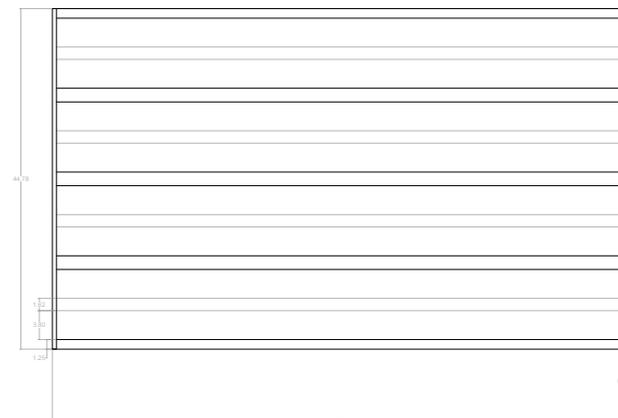


[15]



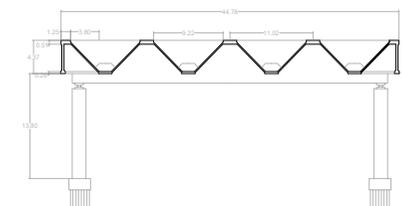
[15]

Planta

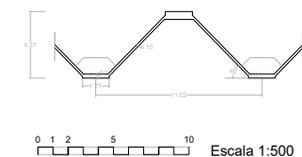


Escala 1:1000 Cotas en metros

Sección transversal



Detalle de plegadura



Escala 1:500

Autor/es: M. Ketchum

Año de construcción: 1955

Ubicación: Denver, EEUU

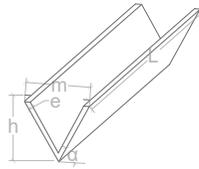
Uso: Empresarial

Se trata de unos almacenes y talleres de maquinaria. Su estructura se realiza con hormigón por la póliza de seguro contra incendios. La estructura posee distintos tipos de plegaduras, simple V y Z. La Z es poco común en cuanto a tipos de pliegue. Permite la entrada de la luz en el lateral.

1. Características geométricas

	Plegadura 1	Plegadura 2	Plegadura 3
Luz (L)	20 m	24 m	24 m
Canto total (h)	2,31 m	2,56 m	2,54 m
Relación luz/canto	8		
Espesor de la lámina (e)	0,15 m	0,15 m	0,10 m
Base del módulo (m)	11 m	11,08 m	5,51 m
Relación luz/espesor	133		
Ángulo (α)	21°	24°	41°
Tipo de pliegue	Simple V	Simple V	Simple Z

Medidas aprox



2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

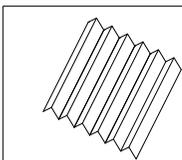
Prefabricado o in situ: In situ

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Apoyo sobre pilar, por cada módulo

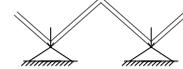
Sistema bi o tridimensional: bidimensional



Pliegue Simple

No hay imágenes de la construcción

Imágenes de la construcción

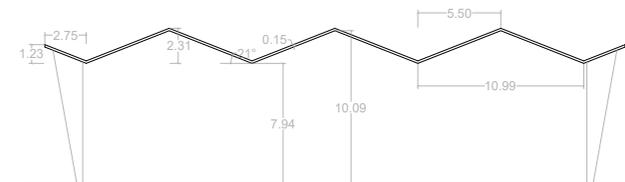


Apoyo sobre pilar, por cada módulo

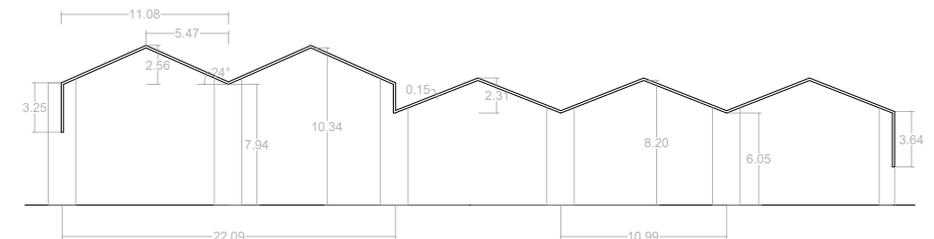


[16]

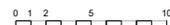
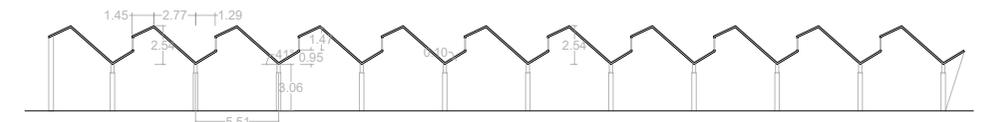
Sección plegadura 1



Sección plegadura 2



Sección plegadura 3



Escala 1:500

Cotas en metros

Autor/es: Henry Toll

Año de construcción: Desconocido

Ubicación: Denver, EEUU

Uso: Educativo

Se trata de un edificio que remplazaba a la antigua escuela, el cual incluye gimnasio con estrado y 850 asientos, roperos, duchas, aseos, cafetería, cocina, ocho aulas, sala de profesores, despachos y almacenes. Distribuido en planta sótano, baja y primera.

La anchura del edificio viene determinada por el gimnasio. La estructura y la distribución del edificio viene determinada por la base del módulo. Este es de gran tamaño, al igual que el canto. La plegadura es simple V in situ.

1. Características geométricas

Luz (L): 26,66 metros

Luz del voladizo (L*): 3,25 metros

Canto total (h): 2,01 metros

Relación luz/canto: 13

Espesor de la lámina (e): 0,17 metros

Base del módulo (m): 7,31 metros

Relación luz/espesor: 157

Ángulo (α): 26°

Tipo de pliegue: Simple en V

2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

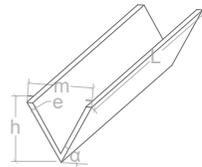
Prefabricado o in situ: In situ

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Apoyo puntual sobre viga. Situación de pilar por cada módulo

Sistema bi o tridimensional: bidimensional

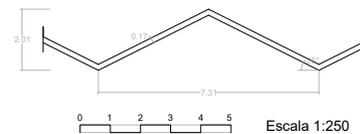


	Pliegue Simple
<i>No hay imágenes de la construcción</i>	
<i>Imágenes de la construcción</i>	
	Apoyo puntual sobre viga. Situación de pilar por cada módulo

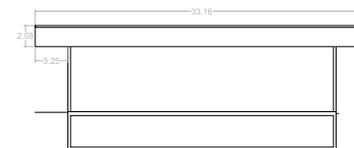


[17]

Detalle de plegadura

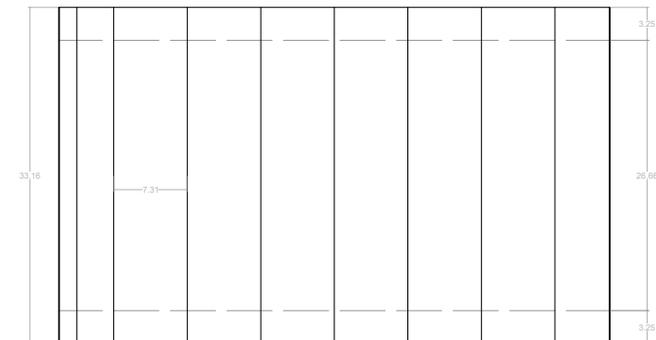


Sección transversal

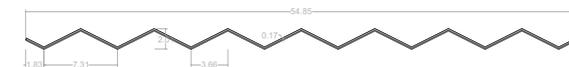


Escala 1:750 Cotas en metros

Planta



Sección longitudinal



Escala 1:500

Autor/es: Kramer

Año de construcción: 1958

Ubicación: Fort Lauderdale, Florida, EEUU

Uso: Transporte

Se trata de un hangar situado en el aeropuerto del Condado de Broward. Posee una parte de edificio interior con oficinas/almacenaje y el exterior con una especie de marquesina para cubrir los aviones.

La estructura está realizada con láminas plegadas de hormigón, las cuales en la parte de la oficina se encuentran biapoyadas y en la parte de la marquesina está a voladizo. Este sistema funciona debido a que utiliza láminas pretensadas para la elaboración del conjunto, y supuso la primera aplicación del sistema. Estas tienen plegadura en Omega.

1. Características geométricas

Luz (L): 15 metros (aprox)

Luz del voladizo (L'): 14 metros (aprox)

Canto total (h): 1,50 metros (aprox)

Relación luz/canto: 10

Espesor de la lámina (e): 0,09 metros (aprox)

Base del módulo (m): 2,85 metros (aprox)

Relación luz/espesor: 167

Ángulo (α): 64°

Tipo de pliegue: Simple en Omega

2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

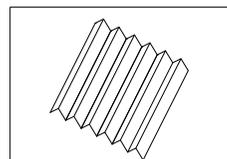
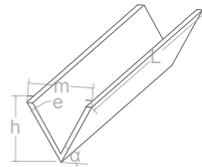
Prefabricado o in situ: Módulo prefabricado

Material: Hormigón armado pretensado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada varios módulos. Combinación con voladizo.

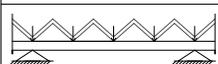
Sistema bi o tridimensional: bidimensional



Pliegue Simple

No hay imágenes de la construcción

Imágenes de la construcción

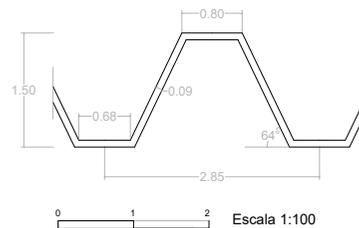


Apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada varios módulos. Combinación con voladizo.

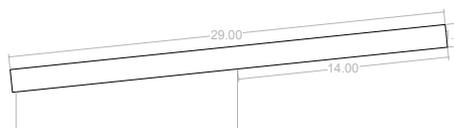


[18]

Detalle de plegadura

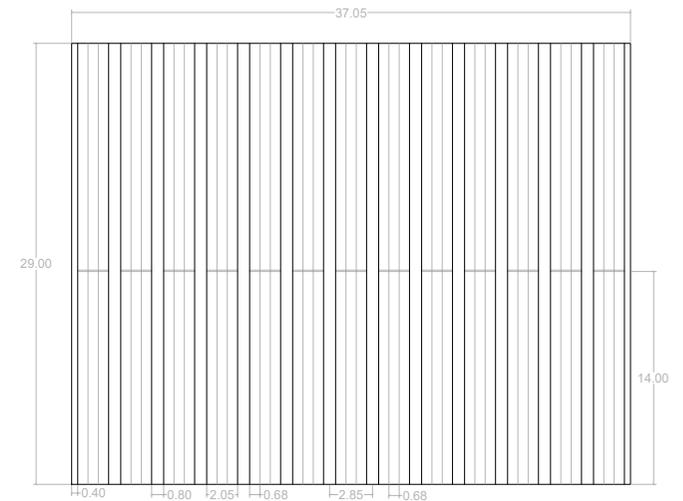


Sección transversal



Escala 1:500 Cotas en metros

Planta



Sección longitudinal



Autor/es: Alfred Browing y James P. McGlinchy

Año de construcción: 1958

Ubicación: Condado de Dade, Florida, EEUU

Uso: Empresarial

Se trata de una bolera que debía cumplir un programa de 50 pistas de bolos sin interrupción de columnas. Debía cumplir criterios estéticos y económicos. Es por ello que se optó por un sistema de láminas plegadas de hormigón con cables postensados.

El pliegue es simple en omega de manera que permita apoyar en los extremos. Los cables recorren las distintas láminas que constituyen el pliegue omega. Actualmente el uso del edificio ha cambiado a una Iglesia.

1. Características geométricas

Luz (L): 36 metros

Canto total (h): 1,77 metros

Relación luz/canto: 20

Espesor de la lámina (e): 0,20 metros

Base del módulo (m): 6,42 metros

Relación luz/espesor: 180

Ángulo (α): 38°

Tipo de pliegue: Simple en Omega

2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

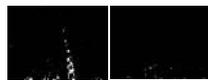
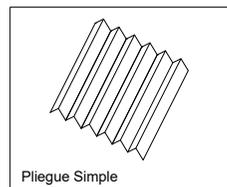
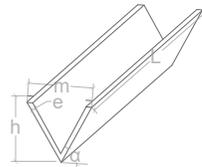
Prefabricado o in situ: In situ

Material: Hormigón armado postensado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Apoyo puntual sobre viga.
Situación de pilar por cada módulo

Sistema bi o tridimensional: bidimensional

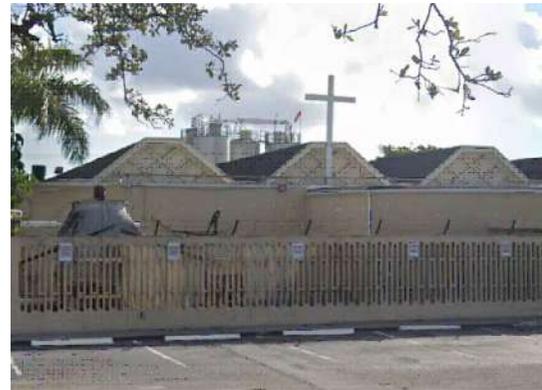


[19]

Imágenes de la construcción

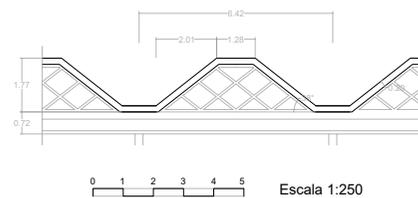


Apoyo puntual sobre viga.
Situación de pilar por cada módulo

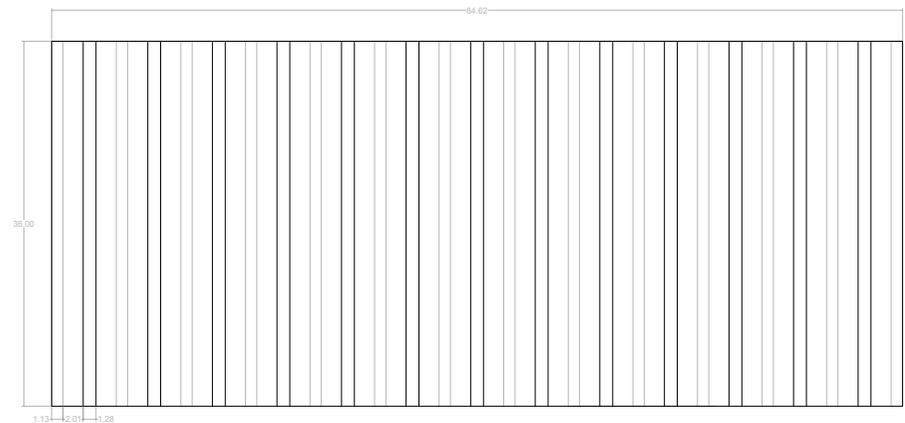


[19]

Detalle de plegadura



Planta



Sección transversal



Autor/es: Desconocido

Año de construcción: Desconocido

Ubicación: San Pedro de Sula, Honduras

Uso: Religioso

Se trata de una Iglesia ubicada en San Pedro de Sula. Utiliza varios tipos de láminas plegadas. El edificio está dispuesto simétricamente por lo que en los laterales utiliza el mismo tipo de pliegue y medidas y en la parte superior y frontal otro. Todos ellos con algún tipo de variación de sección en todo su recorrido. El situado en la parte alta de la cubierta es el más regular en cuanto a esto, y el principal de la iglesia. El pliegue de todas es simple en V.

1. Características geométricas

Luz (L): 11,54 metros

Canto total (h): 1 metros

Relación luz/canto: 77

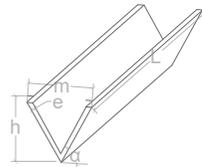
Espesor de la lámina (e): 0,15 metros

Base del módulo (m): 2,62 metros

Relación luz/espesor: 32

Ángulo (α): 32°

Tipo de pliegue: Simple en V



2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

Prefabricado o in situ: láminas prefabricadas

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Apoyo puntual sobre viga.
Situación de pilar por cada módulo

Sistema bi o tridimensional: bidimensional

Pliegue Simple

Imágenes de la construcción [20]

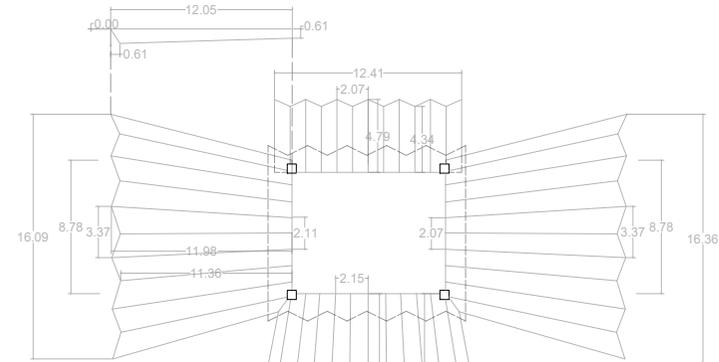
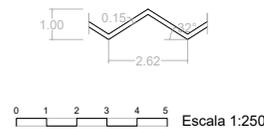
Apoyo puntual sobre viga.
Combinación de pilar por módulo y pilar cada varios módulos



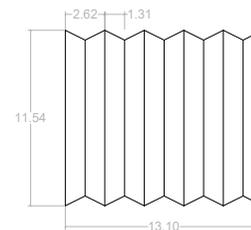
[20]

Planta

Detalle de plegadura



Planta superior



Sección longitudinal



Autor/es: Desconocido

Año de construcción: 1989

Ubicación: San Pedro de Sula, Honduras

Uso: Cultural

Se trata de un teatro de área 2556 m² con tres zonas distintas: tres salas independientes de teatro, dos áreas concesionados y un lobby y sala de proyección de uso combinado.

En cuanto a la estructura, posee múltiples láminas plegadas en toda su cubierta, las cuales están dispuestas a distintas cotas y varían en sus longitudes. Estas poseen cierta inclinación hacia la plaza para evacuar las aguas. El pliegue utilizado en todas poseen similar base de módulo y es de tipo simple en V.

1. Características geométricas

Luz (L): 9,91 metros (mayor)

Canto total (h): 0,69 metros

Relación luz/canto: 14

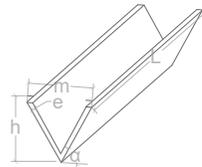
Espesor de la lámina (e): 0,09 metros

Base del módulo (m): 1,42 metros

Relación luz/espesor: 110

Ángulo (α): 39°

Tipo de pliegue: Simple en V



2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

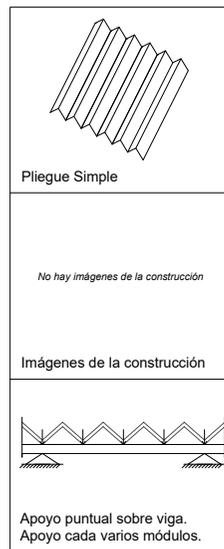
Prefabricado o in situ: láminas prefabricadas

Material: Hormigón armado

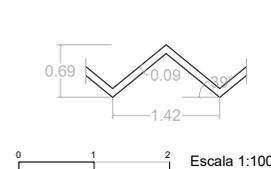
3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada varios módulos.

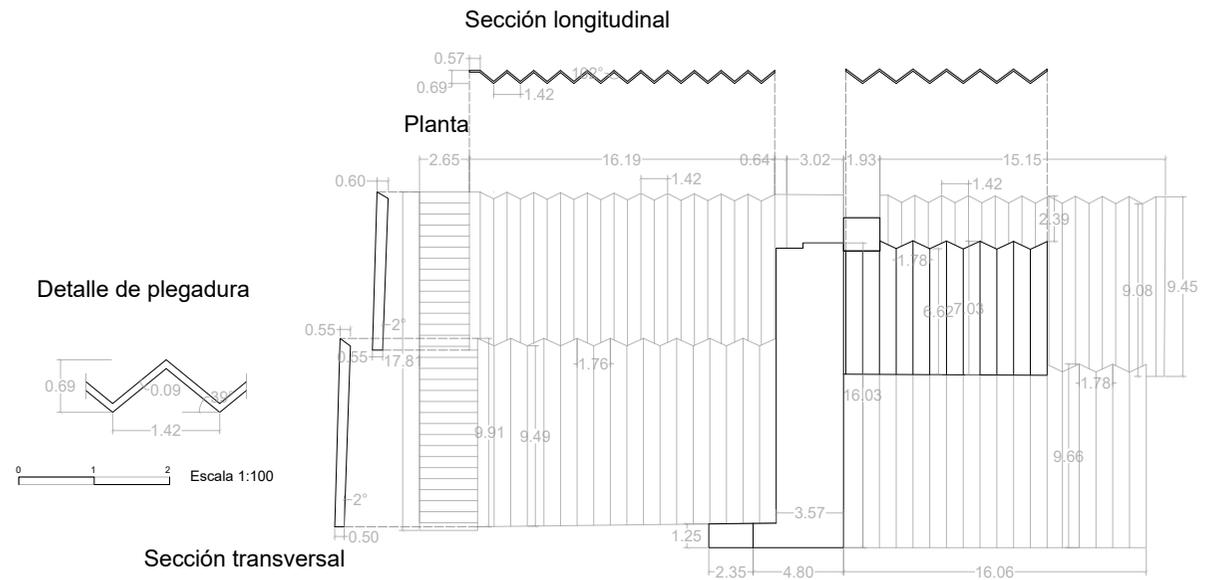
Sistema bi o tridimensional: bidimensional



Detalle de plegadura



Sección transversal



[20]

Autor/es: Desconocido

Año de construcción: Desconocido

Ubicación: Leeds, Yorkshire, Reino Unido

Uso: Deportivo

Se trata de un gimnasio en la Universidad de Leeds. El edificio, del que se posee poca información, está formado por láminas plegadas biapoyadas en los extremos dejando un espacio interior libre de obstáculos. Los apoyos se producen en los laterales con una columna por cada módulo. Esta columna sustenta las horquillas que recorren las láminas y hacen de sustento y transmisión de las cargas. Esto permite mantener la forma del sistema.

1. Características geométricas

Luz (L): 21,85 metros

Canto total (h): 1,4 metros

Relación luz/canto: 16

Espesor de la lámina (e): 0,10 metros

Base del módulo (m): 3,36 metros

Relación luz/espesor: 100

Ángulo (α): 43°

Tipo de pliegue: Simple en V

2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

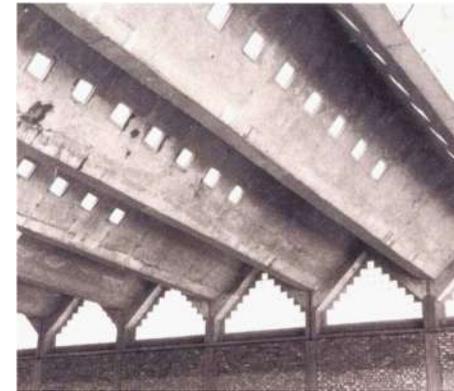
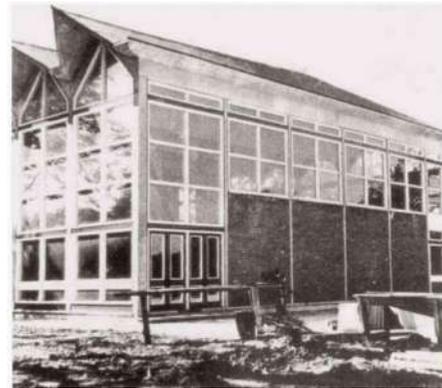
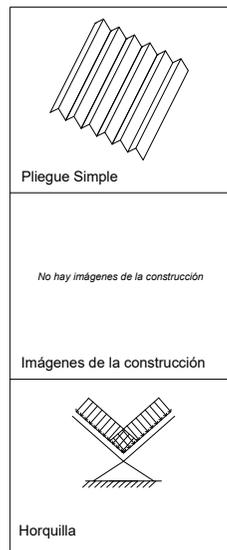
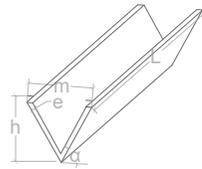
Prefabricado o in situ: láminas prefabricadas

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

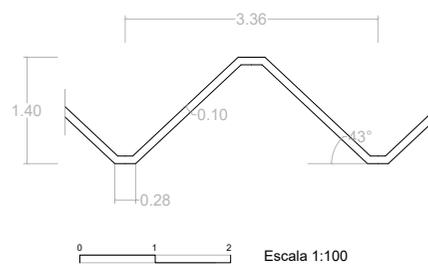
Tipo de vinculación exterior: Horquilla

Sistema bi o tridimensional: bidimensional

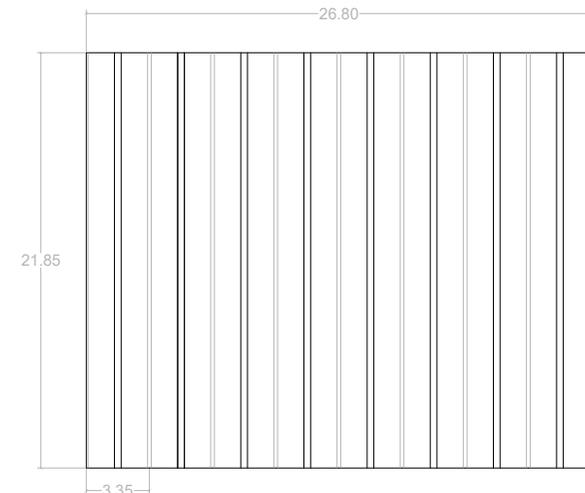


[21]

Detalle de plegadura



Planta



Sección longitudinal



Autor/es: Desconocido

Año de construcción: 1960

Ubicación: San Francisco de Campeche, México

Uso: Empresarial

Se trata de un mercado el cual dispone simétricamente las láminas plegadas, teniendo en los laterales la misma forma y tamaño. En el interior posee una luz distinta además de que las plegaduras están inversamente dispuestas. La sección y la estructura son similares en todas, teniendo además un pliegue simple en V.

1. Características geométricas

Luz (L): 8,98 metros (mayor) (aprox)

Canto total (h): 4,00 metros (aprox)

Relación luz/canto: 2

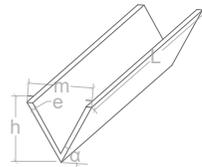
Espesor de la lámina (e): 0,12 metros (aprox)

Base del módulo (m): 15,30 metros (aprox)

Relación luz/espesor: 75

Ángulo (α): 12°

Tipo de pliegue: Simple en V



2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

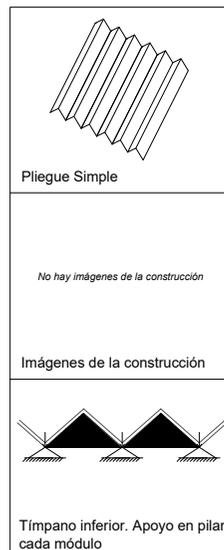
Prefabricado o in situ: módulo prefabricado

Material: Hormigón armado

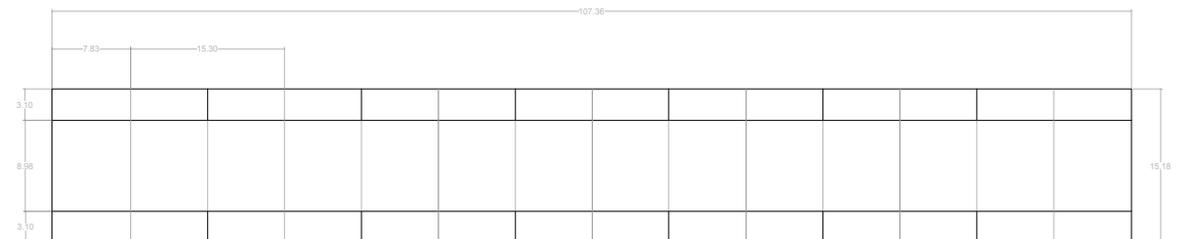
3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Típano inferior. Apoyo en pilar cada módulo

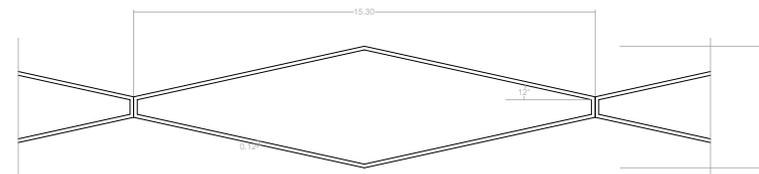
Sistema bi o tridimensional: bidimensional



Planta



Detalle de plegadura



Escala 1:250

Escala 1:750 Cotas en metros

Autor/es: Desconocido

Año de construcción: 1991

Ubicación: San Pedro de Sula, Honduras

Uso: Empresarial

Se trata de una marquesina para el acceso al Parque Industrial de El Búfalo. Utiliza láminas plegadas prefabricadas de hormigón que se sustentan mediante cables unidos a estructuras triangulares verticales. La tensión de los cables y la unión entre láminas hace que la estructura se sostenga. Contienen unas vigas que mantiene la forma de las láminas y permite que funcione el sistema de cables. Las láminas se disponen con pliegue en V.

1. Características geométricas

Luz (L): 13,50 metros

Canto total (h): 0,81 metros

Relación luz/canto: 16

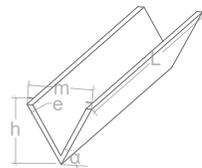
Espesor de la lámina (e): 0,08 metros

Base del módulo (m): 2,40 metros

Relación luz/espesor: 169

Ángulo (α): 31°

Tipo de pliegue: Simple en V



2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

Prefabricado o in situ: láminas prefabricadas

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Cables

Sistema bi o tridimensional: bidimensional

Pliegue Simple

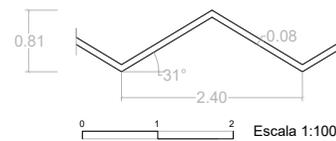
Imágenes de la construcción [22]

Cables

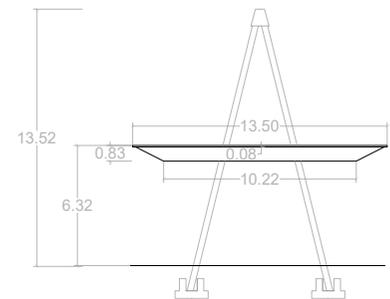


[22]

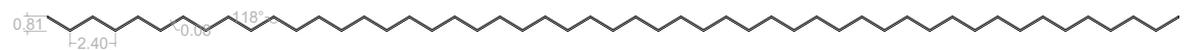
Detalle de plegadura



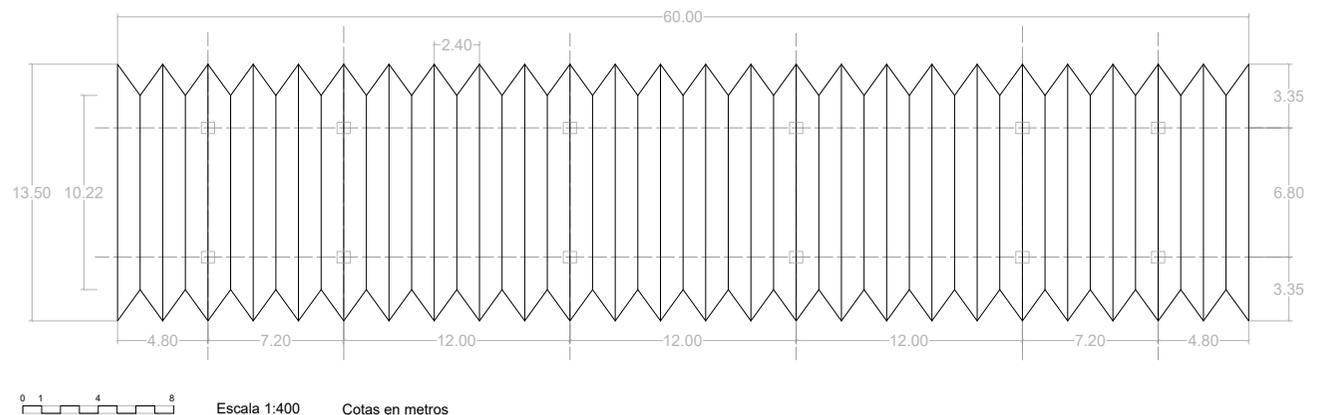
Sección transversal



Sección longitudinal



Planta



Autor/es: Cerny & Associates

Año de construcción: 1961

Ubicación: Mineápolis, EEUU

Uso: Transporte

Se trata de la terminal del aeropuerto, la cual se realizó con este sistema modular para poder realizar futuras ampliaciones añadiendo más módulos. Este sistema es muy común durante estos años en Estados Unidos, sobre todo en la industria de la aviación en los hangares. Permite conseguir grandes luces. Las láminas de la cubierta están dispuestas simétricamente con voladizos a ambos laterales. La plegadura es simple en Omega, lo que permite el fácil apoyo sobre las vigas, y la prefabricación del sistema, consiguiendo una rápida construcción y económica.

1. Características geométricas

Luz (L): 36,50 metros

Luz voladizo (L'): 8,20 metros

Canto total (h): 3,15 metros

Relación luz/canto: 11

Espesor de la lámina (e): 0,20 metros (aprox)

Base del módulo (m): 9,15 metros (aprox)

Relación luz/espesor: 183

Ángulo (α): 46°

Tipo de pliegue: Simple en Omega

2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

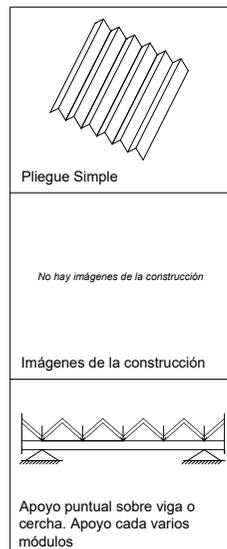
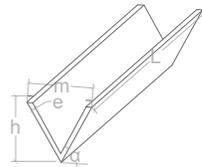
Prefabricado o in situ: módulo prefabricado

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Apoyo puntual sobre viga o cercha. Apoyo cada varios módulos

Sistema bi o tridimensional: bidimensional

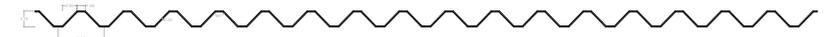


[23]

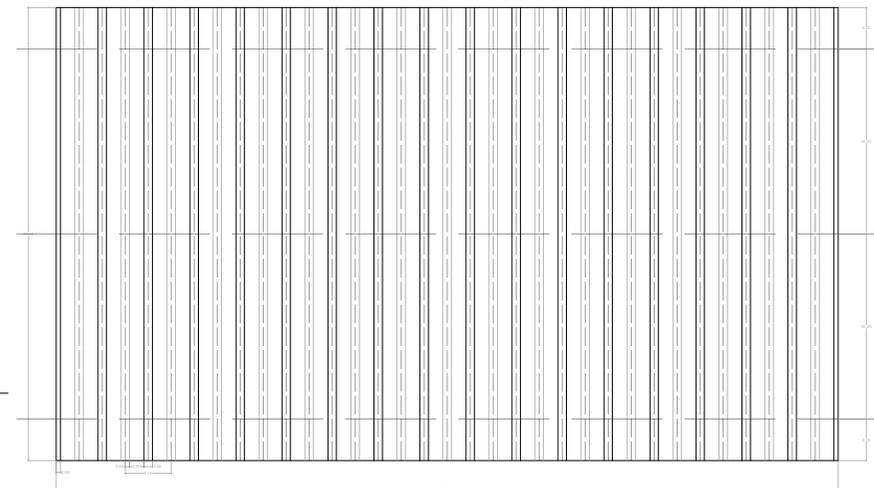


[24]

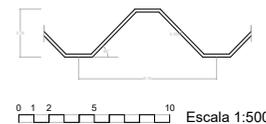
Sección longitudinal



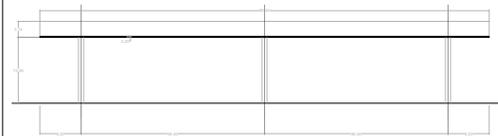
Planta



Detalle de plegadura



Sección transversal



Escala 1:1500 Cotas en metros

Autor/es: Woodroffe Buchanan & Coulter

Año de construcción: 1959-60

Ubicación: Newington, Londres, Reino Unido

Uso: Religioso

Se trata de una iglesia parroquial en el distrito de Southwark en Londres. Anteriormente a esta había otra construida por Henry Jarvis, pero fue casi completamente destruida. La iglesia actual posee láminas plegadas con pliegue simple en V y posición horizontal y otras con pliegue con conicidad pero inversamente dispuestos. Estos últimos producen la coronación de la cubierta de la iglesia, su parte central, mientras que los que son en V cubren los laterales. Sin embargo, combinan y casan entre ellos otorgando una forma peculiar a la iglesia y suponen una gran representación de las láminas plegadas.

1. Características geométricas

Luz (L): 3,79 metros (aprox) y 7,27 metros (aprox)

Canto total (h): 1,66 metros (aprox)

Relación luz/canto: 2

Espesor de la lámina (e): 0,40 metros (aprox)

Base del módulo (m): 4,36 metros (aprox)

Relación luz/espesor: 10

Ángulo (α): 29°

Tipo de pliegue: Simple en V y con conicidad

2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

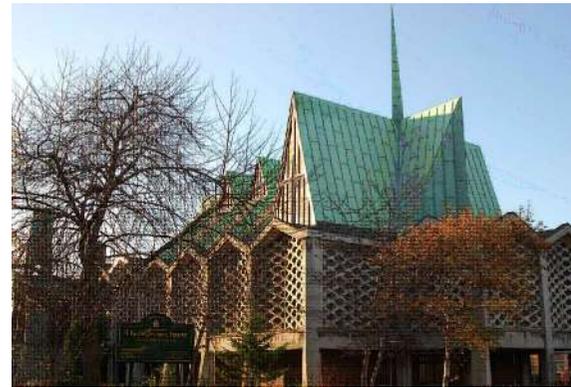
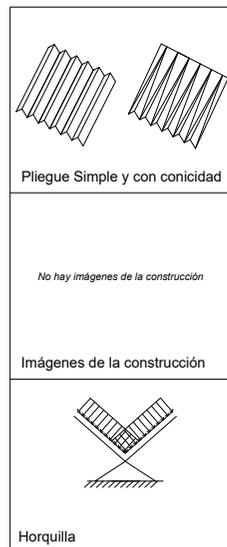
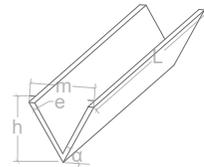
Prefabricado o in situ: in situ (desconocido)

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Horquilla

Sistema bi o tridimensional: bidimensional

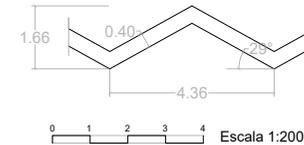


[25]

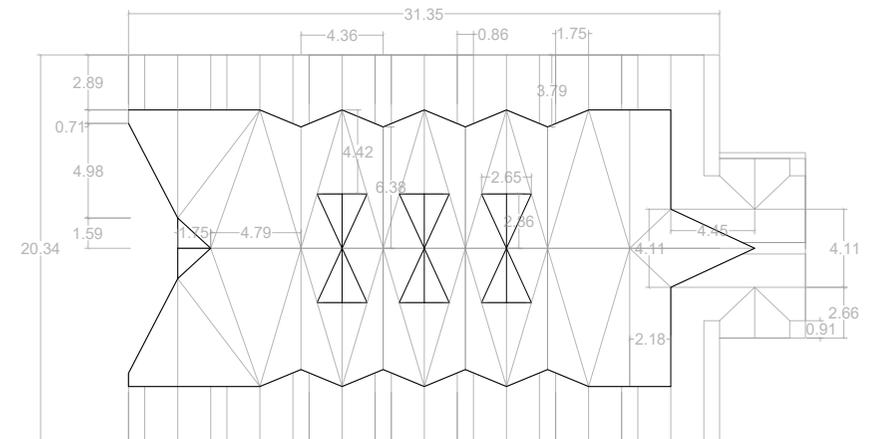


[26]

Detalle de plegadura



Planta



Autor/es: Desconocido

Año de construcción: Desconocido

Ubicación: Eldridge, California, EEUU

Uso: Empresarial

Se trata de un edificio que posee ciertas partes con láminas plegadas. La mayoría con 12,72 metros de luz. El edificio tiene cierta simetría. Las láminas plegadas son simple en V y de hormigón, aunque se encuentran láminas con madera, con la misma sección que las de hormigón. Se supone que la construcción es mediante láminas prefabricadas debido a las uniones que se observan entre ellas.

1. Características geométricas

Luz (L): 22,40 metros (mayor) (aprox)

Canto total (h): 1,13 metros (aprox)

Relación luz/canto: 20

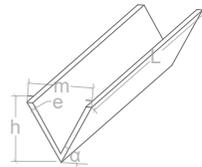
Espesor de la lámina (e): 0,08 metros (aprox)

Base del módulo (m): 4,22 metros (aprox)

Relación luz/espesor: 280

Ángulo (α): 26°

Tipo de pliegue: Simple en V



2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

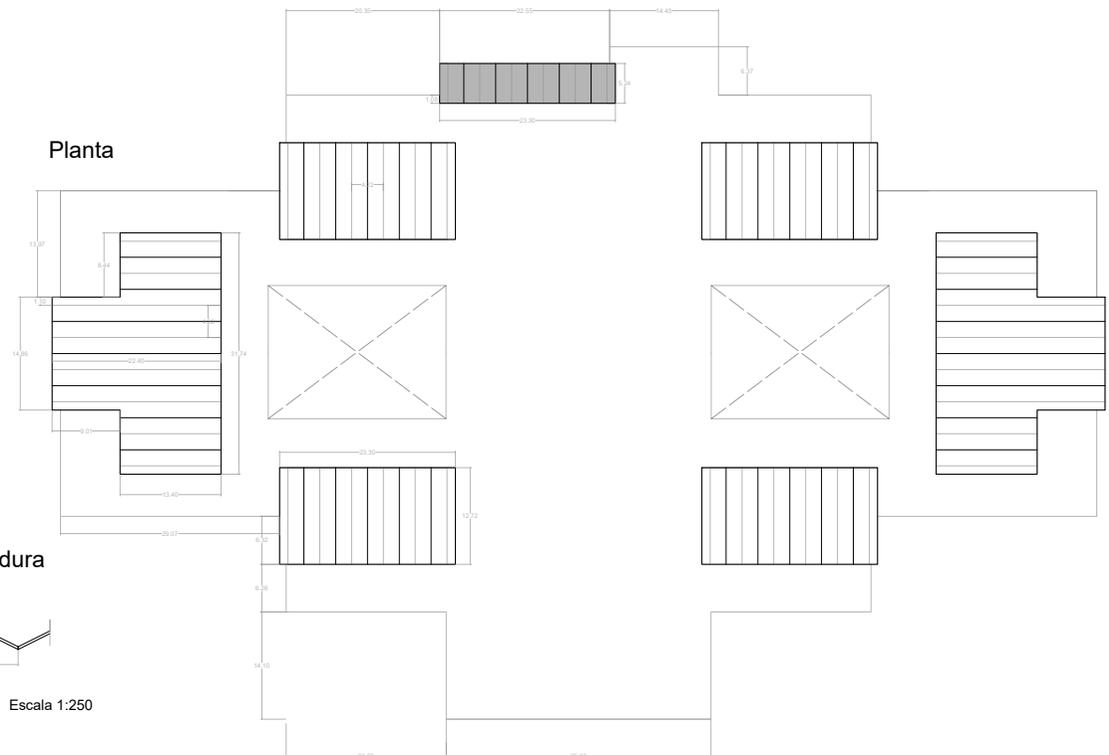
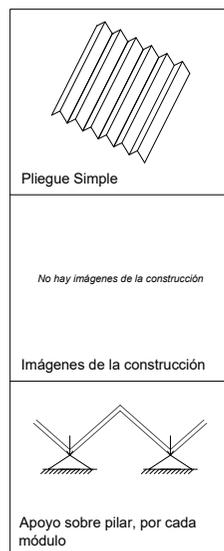
Prefabricado o in situ: láminas prefabricadas (descon.)

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Apoyo sobre pilar, por cada módulo

Sistema bi o tridimensional: bidimensional



Escala 1:1000 Cotas en metros

Autor/es: Desconocido

Año de construcción: 1972

Ubicación: Moscú, Rusia

Uso: Transporte

Se trata de una estación ubicada en Moscú que opera tanto a nivel de la ciudad como con conexión con distintas ciudades y países. Contiene 15 andenes, lo que indica el tamaño del edificio y la cantidad de usuarios.

La estructura se basa en módulos prefabricados de hormigón que se apoyan sobre vigas y pilares prefabricados. Esto permite un rápido montaje del sistema. Los módulos son omegas invertidas que se unen entre sí por su parte superior.

1. Características geométricas

Luz (L): 36,00 metros (aprox)

Luz voladizo (L'): 9,00 metros (aprox)

Canto total (h): 1,65 metros (aprox)

Relación luz/canto: 22

Espesor de la lámina (e): 0,15 metros (aprox)

Base del módulo (m): 3,00 metros (aprox)

Relación luz/espesor: 240

Ángulo (α): 72°

Tipo de pliegue: Simple en Omega

2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

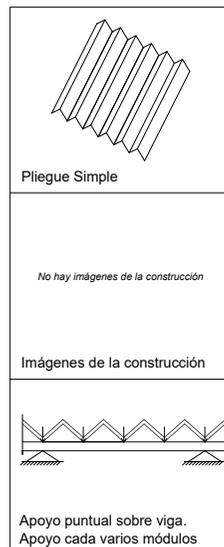
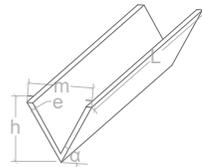
Prefabricado o in situ: módulos prefabricados

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Apoyo puntual sobre viga. Apoyo cada varios módulos

Sistema bi o tridimensional: bidimensional

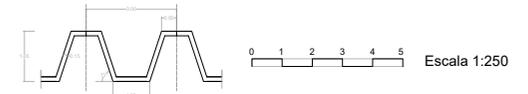


[27]

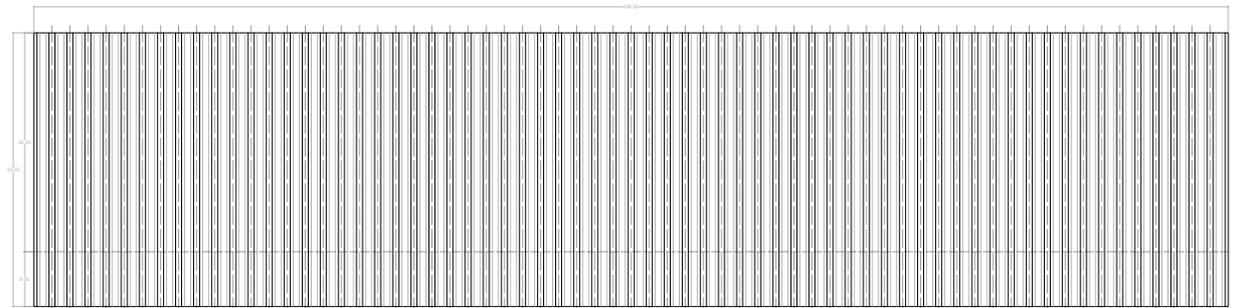


[28]

Detalle de plegadura



Planta



Sección longitudinal



0 1 5 10 20 25 Escala 1:1250 Cotas en metros

Autor/es: P. Neuffert

Año de construcción: 1956

Ubicación: Dusseldorf, Alemania

Uso: Empresarial

Se trata de un edificio el cual contiene una marquesina sobre la terraza realizada con láminas plegadas de hormigón. Sobre esta se han colocado distintos aparatos y equipos de climatización. La estructura de esta se realiza mediante láminas de gran longitud con apoyos de pilares empotrados en las láminas, por lo que se intuye que estas son in situ. Resalta la poca inclinación de las láminas, funcionando casi como una losa de hormigón horizontal a la que se le han aplicado pendientes para la evacuación del agua. Sin embargo, esta forma le otorga un gran carácter e identidad al edificio.

1. Características geométricas

Luz (L): 12,50 metros (aprox)

Luz voladizo (L'): 5,00 metros (aprox)

Canto total (h): 1,20 metros (aprox)

Relación luz/canto: 22

Espesor de la lámina (e): 0,40 metros (aprox)

Base del módulo (m): 9,35 metros (aprox)

Relación luz/espesor: 240

Ángulo (α): 10°

Tipo de pliegue: Simple en V

2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

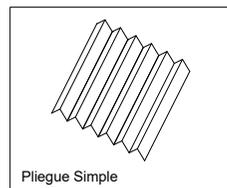
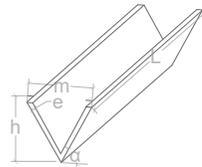
Prefabricado o in situ: in situ (desconocido)

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

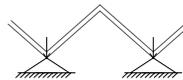
Tipo de vinculación exterior: Apoyo sobre pilar, por cada módulo

Sistema bi o tridimensional: bidimensional



No hay imágenes de la construcción

Imágenes de la construcción

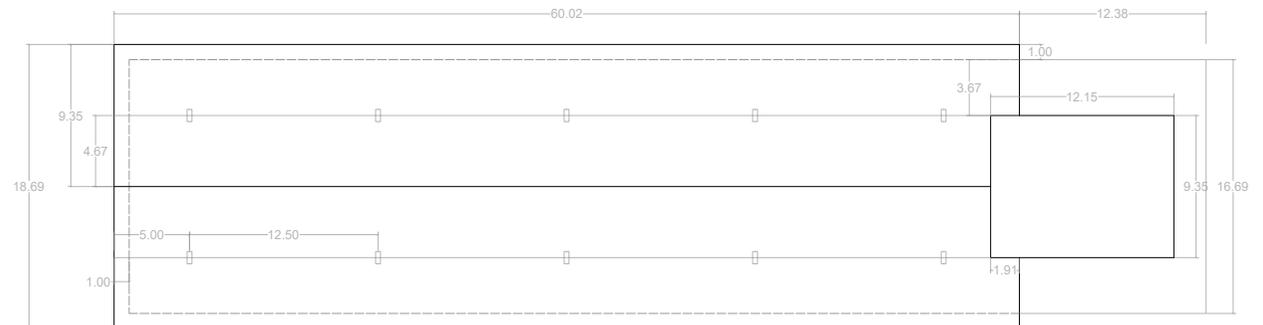


Apoyo sobre pilar, por cada módulo

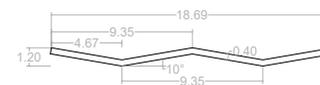


[29]

Planta



Sección transversal
Detalle de plegadura



Escala 1:500

Cotas en metros

Autor/es: José Villagrán García, Ricardo Legorreta Vilchis y L. Zeevaert

Año de construcción: 1963

Ubicación: Tlalnepantla, Ciudad de México, México

Uso: Empresarial

Esta fábrica de alimentos está compuesta por dos pabellones dispuestos en forma de bayoneta. La cubierta son bóvedas de hormigón armado que descansan sobre muros del mismo material. Una de las zonas de los pabellones, por la que se hace una entrada es la que tiene en sí las láminas plegadas con pliegue simple en V. Se deduce que están realizadas in situ por la forma que hacen las láminas en las uniones, así como la disposición de estas. Se observa un empotramiento ya que las láminas se introducen en el elemento horizontal de carga, algo que también es propio de las láminas in situ. No se observa con claridad si se empotra sobre un muro o una viga, pero al seguir el mismo criterio que el resto de la fábrica puede ser un muro. Lo que sí que se observa es que no cubre en su totalidad el hueco que forma la lámina, por lo que no actuaría como tímpano. Es similar al sistema del Pabellón de los Laboratorios Alter.

1. Características geométricas

Luz (L): 16 metros (aprox)

Canto total (h): 1,00 metros (aprox)

Relación luz/canto: 16

Espesor de la lámina (e): 0,10 metros (aprox)

Base del módulo (m): 4,50 metros (aprox)

Relación luz/espesor: 160

Ángulo (α): 22°

Tipo de pliegue: Simple en V

2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

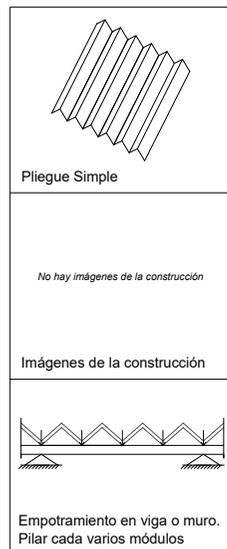
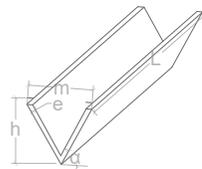
Prefabricado o in situ: in situ (desconocido)

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

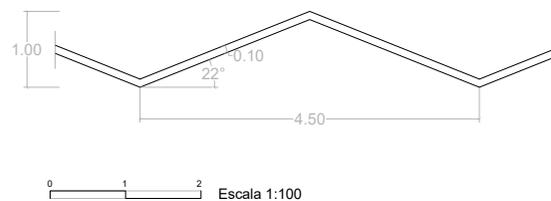
Tipo de vinculación exterior: Empotramiento en viga. Pilar cada varios módulos

Sistema bi o tridimensional: bidimensional



[30]

Detalle de plegadura

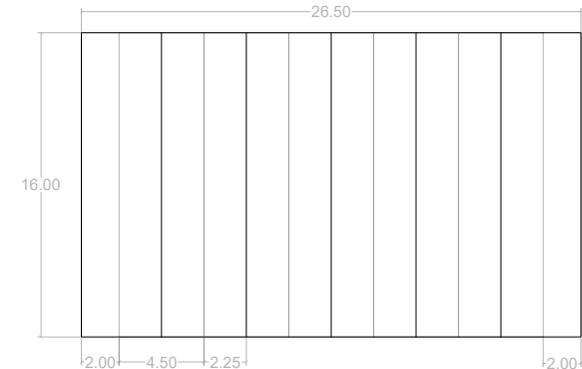


0 1 4 8 Escala 1:400 Cotas en metros

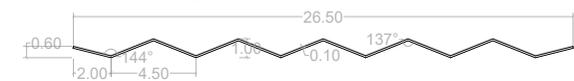
Sección transversal



Planta



Sección longitudinal



Autor/es: Caspers

Año de construcción: 1962

Ubicación: Zeist, Países Bajos

Uso: Empresarial

Se trata de un laboratorio que posee láminas plegadas para conseguir grandes luces en la zona de máquinas. Estas láminas están recogidas por una serie de horquillas que las sustentan. Por cada horquilla existe un pilar y para reforzar el sistema existe a su vez un tímpano con un muro. Las láminas tienen pliegue simple en V. En las uniones de las láminas el espesor aumenta para conseguir mayor resistencia y aumentar el efecto viga del sistema.

1. Características geométricas

Luz (L): 21,24 metros (aprox)

Canto total (h): 1,06 metros (aprox)

Relación luz/canto: 20

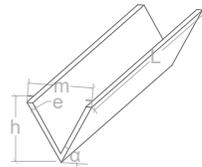
Espesor de la lámina (e): 0,08 metros (aprox)

Base del módulo (m): 2,48 metros (aprox)

Relación luz/espesor: 266

Ángulo (α): 42°

Tipo de pliegue: Simple en V



2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

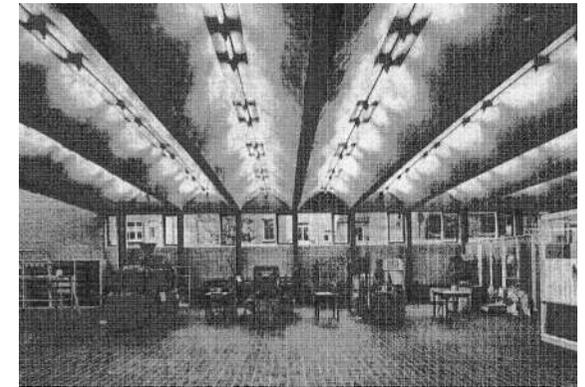
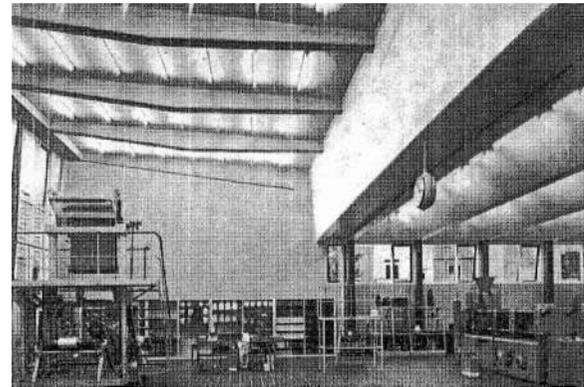
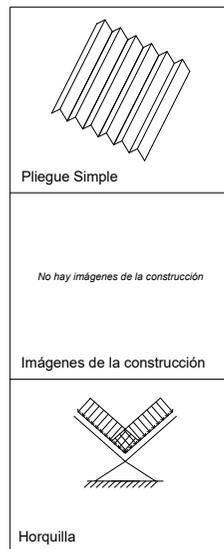
Prefabricado o in situ: in situ (desconocido)

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

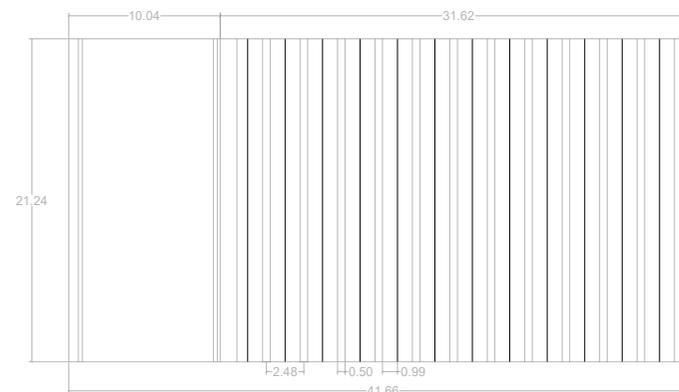
Tipo de vinculación exterior: Horquilla

Sistema bi o tridimensional: bidimensional

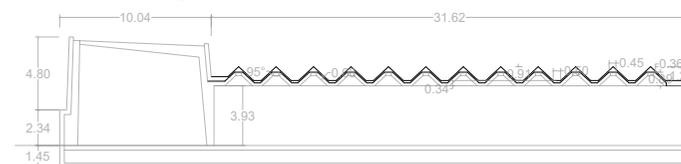


[31]

Planta



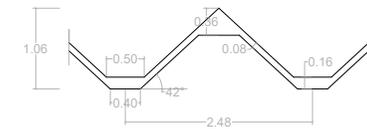
Sección longitudinal



Escala 1:500

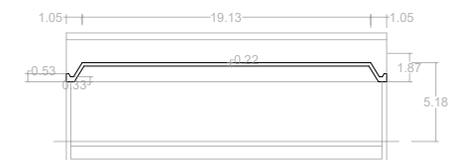
Cotas en metros

Detalle de plegadura



Escala 1:100

Sección transversal



Autor/es: Desconocido

Año de construcción: Desconocido

Ubicación: Punda, Willemstad, Curaçao

Uso: Empresarial

Se trata de un mercado el cual con las láminas plegadas de hormigón forma un círculo que supone la totalidad del edificio y le otorga su carácter e identidad. Para ello las láminas deben disponerse en forma de cono, es decir, con un punto en el que confluyen todos los "conos". Estas láminas se sostienen por pilares empotrados directamente en la unión inferior de las láminas, lo que deja entrever la construcción in situ del sistema. También posee otro elemento de carga vertical en la parte interior, de la misma manera.

1. Características geométricas

Luz (L): 27,40 metros (aprox)

Canto total (h): 2,70 metros (aprox)

Relación luz/canto: 10

Espesor de la lámina (e): 0,21 metros (aprox)

Base del módulo (m): 7,21 metros (aprox)

Relación luz/espesor: 130

Ángulo (α): 34°

Tipo de pliegue: Con conicidad en V

2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

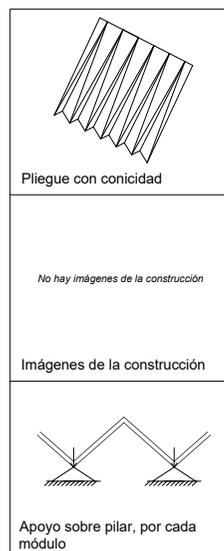
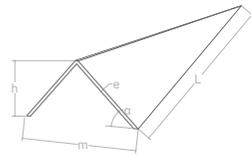
Prefabricado o in situ: in situ (desconocido)

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Apoyo sobre pilar, por cada módulo

Sistema bi o tridimensional: bidimensional



Detalle de plegadura



Escala 1:250



Escala 1:750

Cotas en metros

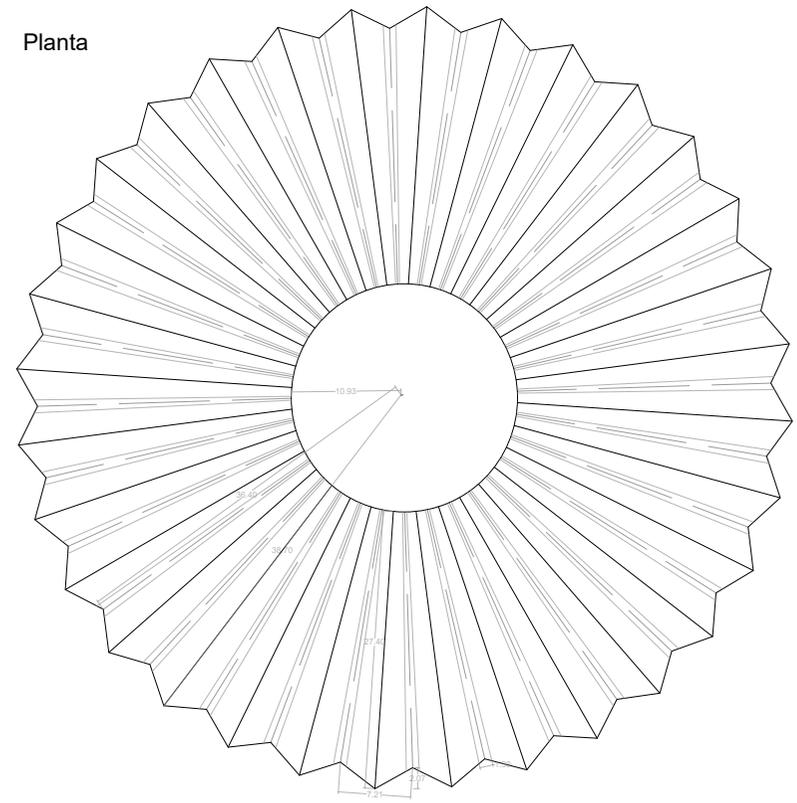


[32]



[33]

Planta



Autor/es: Hinrich e Inken Baller

Año de construcción: 1982–83

Ubicación: Berlín, Alemania

Uso: Educativo

Se trata del edificio del Instituto de Filosofía, el cual está formado por una gran plegadura simple en V, como una cubierta a dos aguas. Sin embargo, cada lateral de esta cubierta está formada por pliegues con concicidad a modo de ventanas. Estos pliegues son muy diversos y de gran interés. En cuanto a la luz no poseen mucha, ya que hace la función de ventana, y no como en otros edificios que son la estructura principal. Los que se detallan son los que dan a la fachada principal. Todas estas diversas longitudes, secciones y tamaños del módulo hacen que se suponga que está realizada la estructura in situ, además de que no se noten uniones entre láminas, sino que están en muchos casos suavizados formando un curvaturas cóncavas y convexas en función de la unión.

1. Características geométricas

Luz (L): 3,72 metros (aprox)

Canto total (h): 3,12 metros (aprox)

Relación luz/canto: 1

Espesor de la lámina (e): 0,40 metros (aprox)

Base del módulo (m): 6,40 metros (aprox)

Relación luz/espesor: 9,3

Ángulo (α): 39°

Tipo de pliegue: Con concicidad en V

2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

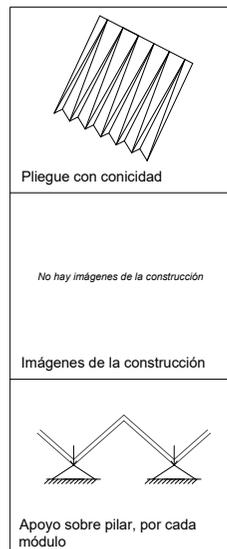
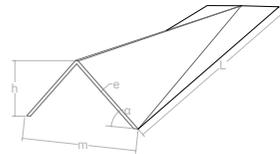
Prefabricado o in situ: in situ (desconocido)

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Apoyo sobre pilar, por cada módulo

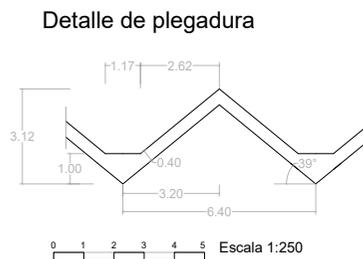
Sistema bi o tridimensional: bidimensional



[34]

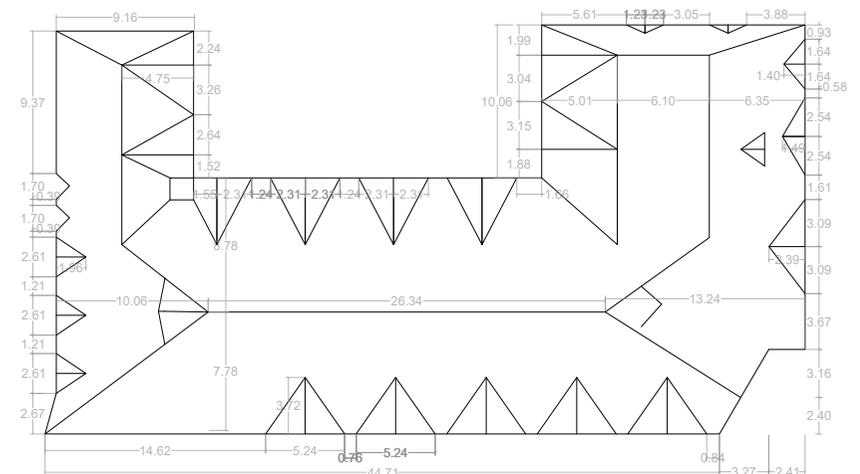


[35]



0 1 2 5 10 Escala 1:500 Cotas en metros

Planta



Autor/es: Desconocido

Año de construcción: Desconocido

Ubicación: Ivano-Frankivsk, Oblast, Ucrania

Uso: Comercial

Se trata de un mercado el cual está formado por dos estructuras circulares a distinto nivel, las cuales poseen una cierta inclinación, distinta entre las dos, y hacia el exterior. Entre las estructuras se producen aberturas que permiten la entrada de la luz. La sujeción de las láminas es un tema complejo, por la altura a la que se encuentran las láminas y el relativo pequeño tamaño del módulo, que va variando a lo largo de la lámina. Se sujetan mediante pilares y vigas por cada módulo y para la sujeción en la fachada exterior forman una especie de estructura triangular pero siguiendo el mismo principio. En cuanto a la construcción, se puede deducir que es con módulos prefabricados unidos por la parte inferior. Se observa en las imágenes interiores esta unión, además de unas costillas propias de módulos prefabricados que recuerdan a los realizados por Nervi en Italia.

1. Características geométricas

Luz (L): 10,86 metros (aprox) (mayor)

Canto total (h): 1,02 metros (aprox)

Relación luz/canto: 10

Espesor de la lámina (e): 0,20 metros (aprox)

Base del módulo (m): 1,78 metros (aprox) (mayor)

Relación luz/espesor: 54

Ángulo (α): 53°

Tipo de pliegue: Con concidad en V

2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

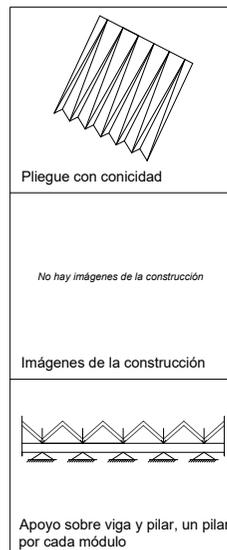
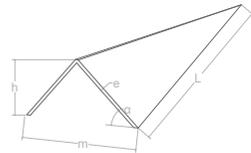
Prefabricado o in situ: Módulos prefabricados (descon.)

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Apoyo sobre viga y pilar, un pilar por cada módulo

Sistema bi o tridimensional: bidimensional

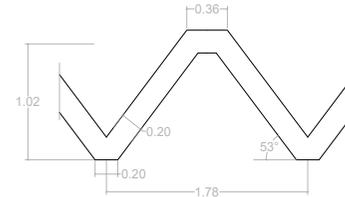


[36]



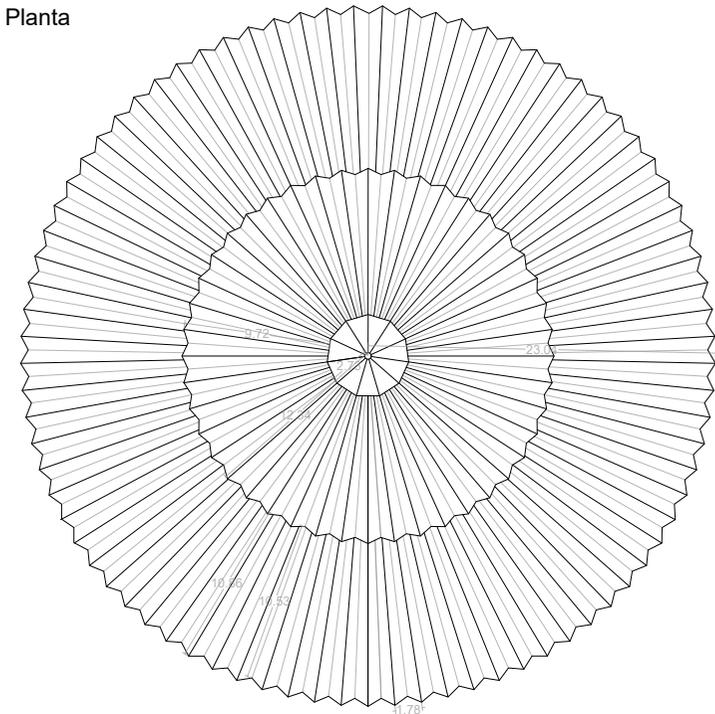
[37]

Detalle de plegadura



Escala 1:100

Planta



0 1 2 5 10

Escala 1:750

Cotas en metros

Autor/es: Desconocido

Año de construcción: Desconocido

Ubicación: Kennedy, Pensilvania, EEUU

Uso: Religioso

Se trata de una iglesia en la que el edificio ocupa un cuadrado y las láminas plegadas se disponen de manera circular, con conicidad. Las secciones de los módulos tienen distintos tamaños, disminuyendo cuanto más cerca del centro del círculo se encuentran. En el exterior las láminas plegadas hacen un voladizo a modo de marquesina. La luz del voladizo varía siendo mayor en la entrada. Respecto a la construcción se observa que por las uniones y diferentes secciones y tamaños de las láminas, está realizado in situ. Sin embargo, la complejidad de los ángulos formados en la parte donde el radio es menor denota una gran dificultad para su realización mediante encofrados.

1. Características geométricas

Luz (L): 29,20 metros (aprox) (mayor)

Luz voladizo (L'): 17,27 metros (aprox) (mayor)

Canto total (h): 6,02 metros (aprox) (mayor)

Relación luz/canto: 5

Espesor de la lámina (e): 0,35 metros (aprox) (mayor)

Base del módulo (m): 8,84 metros (aprox) (mayor)

Relación luz/espesor: 83

Ángulo (α): 52°

Tipo de pliegue: Con conicidad en V

2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

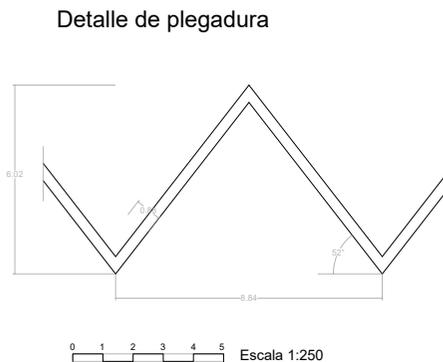
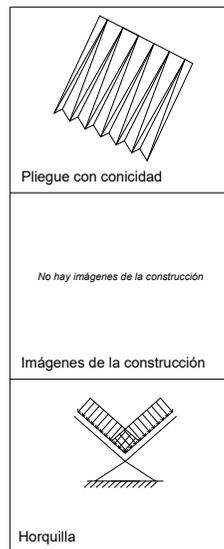
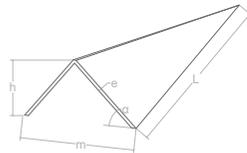
Prefabricado o in situ: in situ (desconocido)

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Horquilla

Sistema bi o tridimensional: bidimensional



[38]



[39]



Autor/es: B. V. Doshi y Mahendra Raj

Año de construcción: 1966-1971

Ubicación: Ahmedabad, India

Uso: Cultural

Se trata de un auditorio en Ahmedabad ejemplo de arquitectura brutalista y para el cual Doshi se inspiró en los edificios realizados por Le Corbusier en el norte de la India. Su estructura de láminas plegadas se dispone en la fachada y tiene una plegadura con conicidad en Omega. Esta fachada es la que le da identidad al edificio.

1. Características geométricas

Longitud de la lámina (L): 9,91 metros (aprox)

Canto total (h): 1,22 metros (aprox) (mayor)

Relación longitud/canto: 8

Espesor de la lámina (e): 0,3 metros (aprox) (mayor)

Base del módulo (m): 2,99 metros (aprox) (mayor)

Relación luz/espesor: 33

Ángulo (α): 39°

Tipo de pliegue: Con conicidad en V

2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: muro cerramiento (fachada)

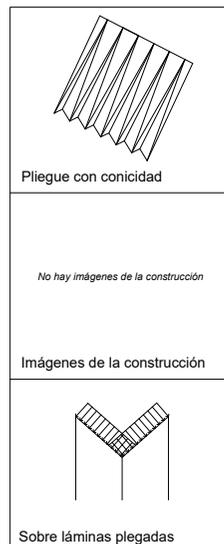
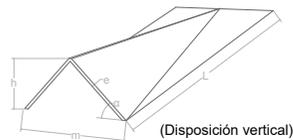
Prefabricado o in situ: in situ (desconocido)

Material: Hormigón armado

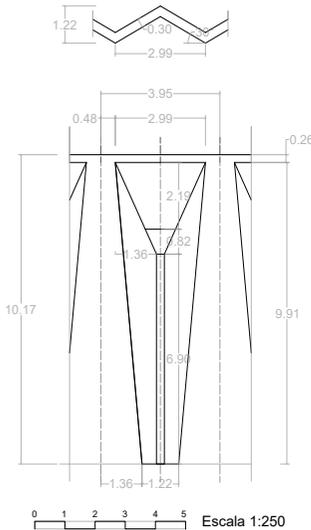
3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Sobre láminas plegadas

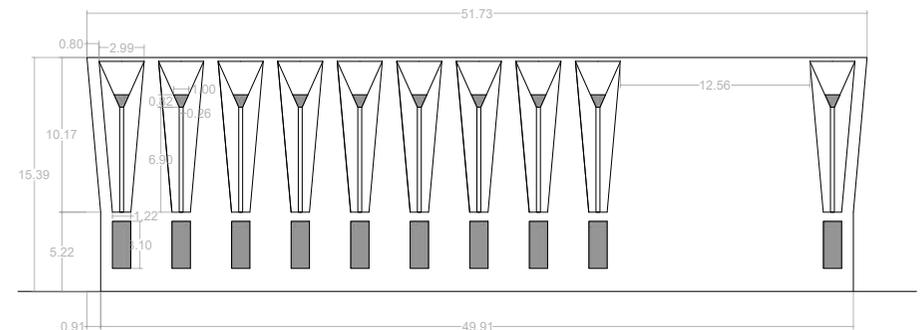
Sistema bi o tridimensional: bidimensional



Detalle de plegadura



Alzado lateral tipo



Autor/es: Max Hunn

Año de construcción: 1959

Ubicación: Naples, Florida, EEUU

Uso: Residencial

Se trata una casa revolucionaria en cuanto a los métodos de construcción y la industria de casas de precio medio. Fruto de esto es la utilización de las láminas plegadas, y su prefabricación y posterior montaje. Se ensamblaron los módulos en obra gracias al dejar esperas en la prefabricación. Se rellenó in situ. Fue construida para el Sr. John Cowles y su esposa. Trabaja con la ventilación natural, mandato expreso del propietario.

1. Características geométricas

Luz (L): 11,20 metros (aprox)

Canto total (h): 2,46 metros (aprox)

Relación luz/canto: 5

Espesor de la lámina (e): 0,30 metros (aprox)

Base del módulo (m): 9,28 metros (aprox)

Relación luz/espesor: 37

Ángulo (α): 25°

Tipo de pliegue: Con concidad en V

2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

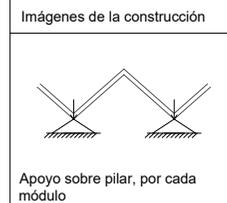
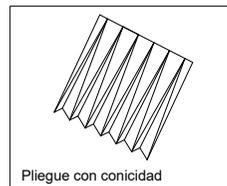
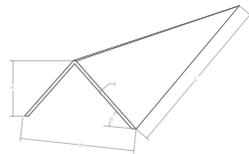
Prefabricado o in situ: módulos prefabricados

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

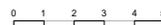
Tipo de vinculación exterior: Apoyo sobre pilar, por cada módulo

Sistema bi o tridimensional: bidimensional



[41]

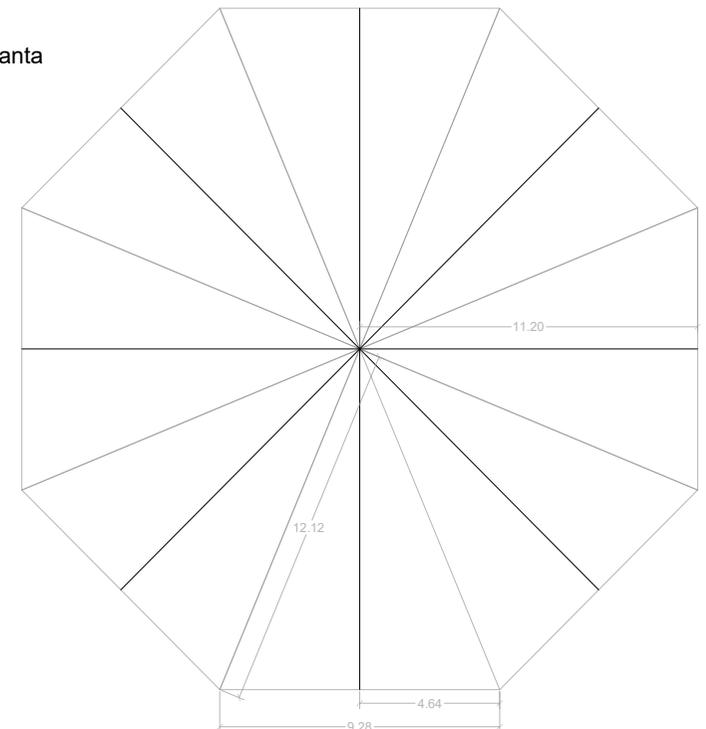
Detalle de plegadura



Escala 1:250

Cotas en metros

Planta



Autor/es: Curtis y Davis

Año de construcción: 1957

Ubicación: Marrero, Nueva Orleans, EEUU

Uso: Religioso

Se trata de una iglesia la cual su estructura la forma una cubierta a dos aguas, es decir con plegadura simple en V, pero esas láminas están formadas por pliegues con conicidad. En cada lado posee este pliegue. Su conicidad tiene como vértice la cumbre de la cubierta, y acaba con un pequeño voladizo de las láminas. Se intuye su construcción in situ por la unidad y consistencia que tiene el edificio, sin observar uniones entre láminas.

1. Características geométricas

Luz (L): 17,98 metros (aprox)

Canto total (h): 1,17 metros (aprox)

Relación luz/canto: 15

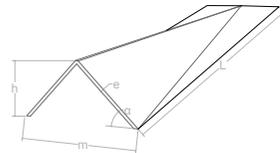
Espesor de la lámina (e): 0,30 metros (aprox)

Base del módulo (m): 5,71 metros (aprox)

Relación luz/espesor: 60

Ángulo (α): 17°

Tipo de pliegue: Con conicidad en V



2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

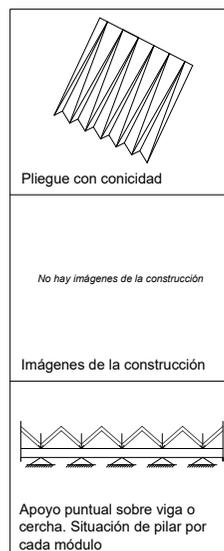
Prefabricado o in situ: in situ (desconocido)

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Apoyo puntual sobre viga o cercha. Situación de pilar por cada módulo

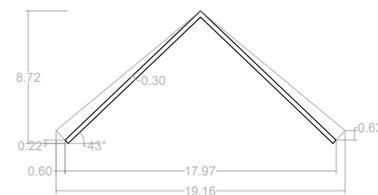
Sistema bi o tridimensional: bidimensional



Detalle de plegadura

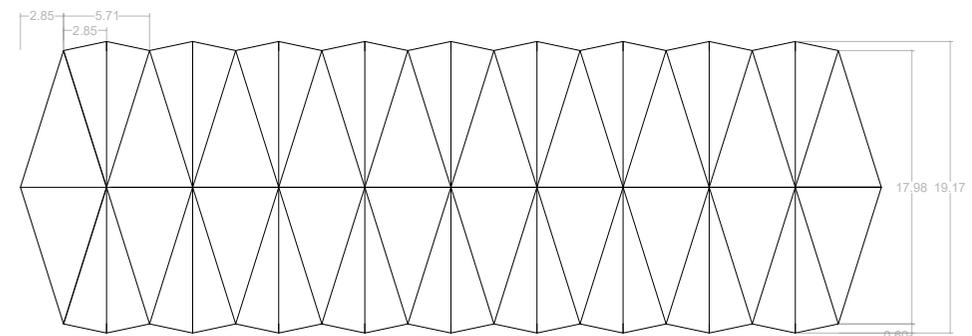


Sección transversal



Escala 1:500 Cotas en metros

Planta



Autor/es: Desconocido

Año de construcción: Desconocido

Ubicación: Román, Rumanía

Uso: Empresarial

Se trata de una central térmica ubicada en Román la cual por su función posee un cilindro central de hormigón en base al cual gira la estructura de láminas plegadas. Estas se disponen en forma de cono, es decir, con pliegue con conicidad. Se sustentan con pilares en los módulos, con una estructura triangular que permite ahorrar pilares, al disponer uno por cada módulo en vez de dos, como suele ser habitual en este tipo de sistemas. Sin embargo funciona como un pilar en el que se apoya las láminas en los extremos inferiores del módulo. A su vez, de esta manera permite producir una abertura con respecto el cerramiento exterior, lo cual para la función del edificio resulta idóneo.

1. Características geométricas

Luz (L): 16,30 metros (aprox)

Canto total (h): 3,13 metros (aprox)

Relación luz/canto: 5

Espesor de la lámina (e): 0,30 metros (aprox) (mayor)

Base del módulo (m): 7,02 metros (aprox)

Relación luz/espesor: 54

Ángulo (α): 38°

Tipo de pliegue: Con conicidad en V

2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

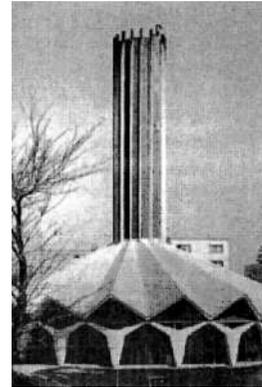
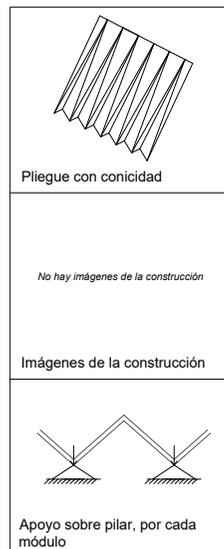
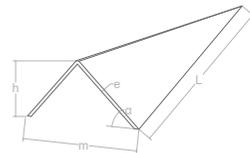
Prefabricado o in situ: in situ (desconocido)

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

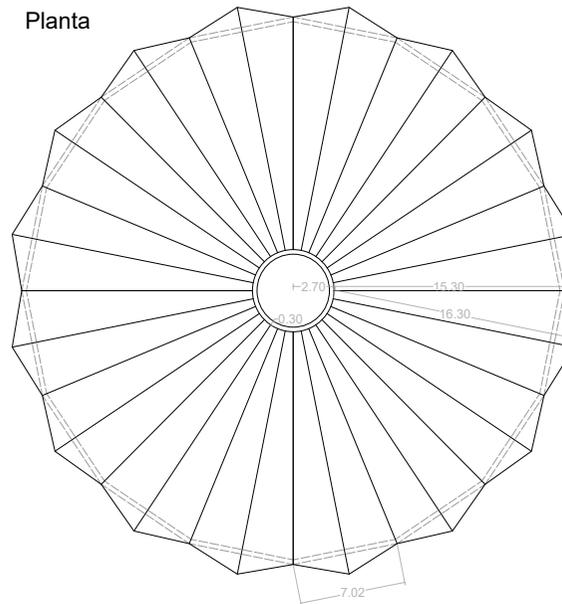
Tipo de vinculación exterior: Apoyo sobre pilar, por cada módulo

Sistema bi o tridimensional: bidimensional



[42]

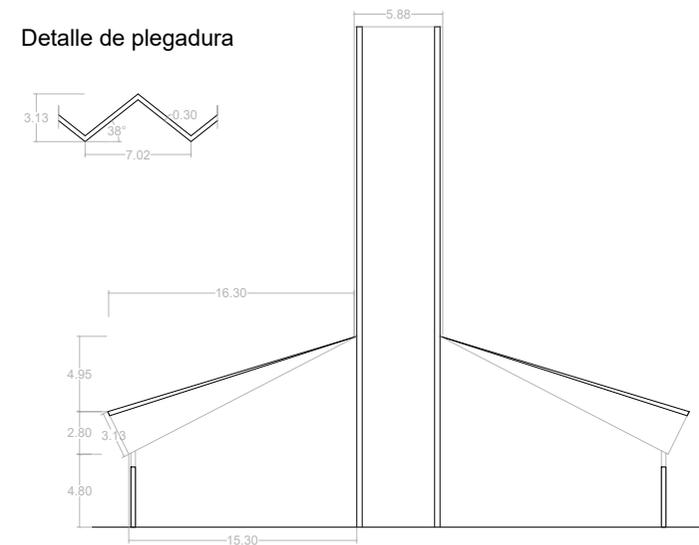
Planta



Escala 1:500

Cotas en metros

Detalle de plegadura



Sección transversal

Autor/es: Desconocido

Año de construcción: Desconocido

Ubicación: Cúcuta, Colombia

Uso: Religioso

Se trata de una iglesia que en planta tiene forma de abanico, la cual está realizada con láminas plegadas. Estas tienen forma de cono y confluyen en un punto. La longitud de estas, es decir, el radio es el mismo en todas. Estas láminas varían de sección cambiando la base del módulo. El canto también disminuye aunque menos, por lo que el ángulo aumenta cuanto más cerca del punto donde confluyen se está. La estructura se sustenta por una viga exterior que recorre las láminas y que a su vez se apoya en pilares. Su construcción se intuye que es in situ al tener rasgos identificativos como las uniones entre láminas. Esto resulta complejo ya que en la sección donde el radio disminuye y por tanto el canto y la base del módulo el encofrado encuentra dificultades.

1. Características geométricas

Luz (L): 27,46 metros (aprox)

Luz voladizo (L'): 3,50 (aprox)

Canto total (h): 1,60 metros (aprox)

Relación luz/canto: 17

Espesor de la lámina (e): 0,09 metros (aprox)

Base del módulo (m): 3,24 metros (aprox)

Relación luz/espesor: 305

Ángulo (α): 42°

Tipo de pliegue: Con concidad en V

2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

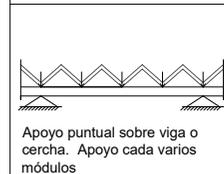
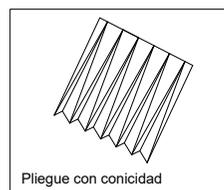
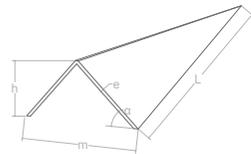
Prefabricado o in situ: in situ (desconocido)

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Apoyo puntual sobre viga o cercha. Apoyo cada varios módulos

Sistema bi o tridimensional: bidimensional

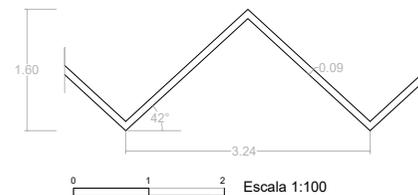


[43]

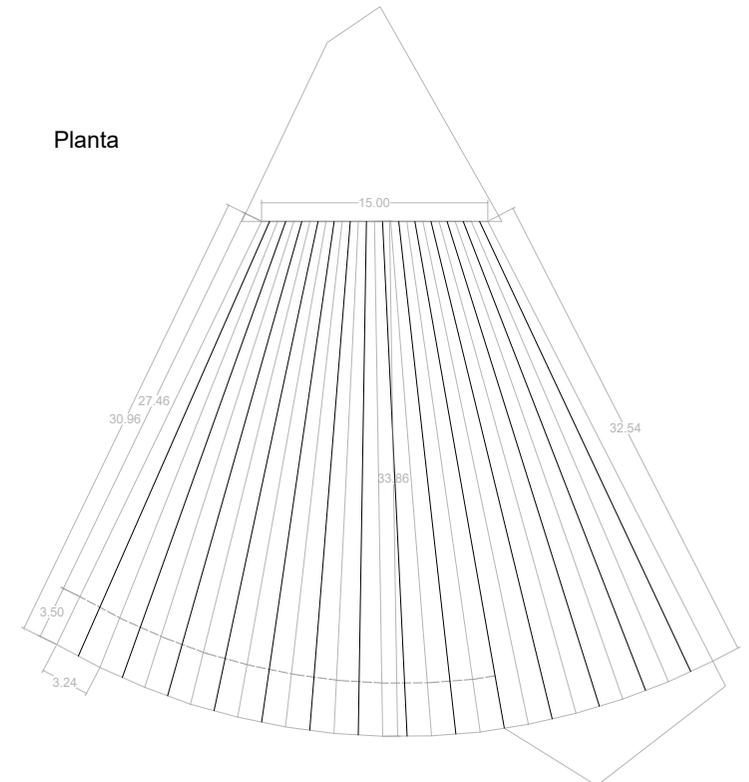


[44]

Detalle de plegadura



Planta



Escala 1:500 Cotas en metros

Autor/es: Luis Vázquez y Miguel Bao

Año de construcción: 1960

Ubicación: Puno, Perú

Uso: Empresarial

Se trata de un mercado en el cual las láminas plegadas se disponen con pliegue con conicidad, dividiéndose el edificio en dos y siendo plegaduras simétricas con un apoyo en el medio. Las láminas se sustentan mediante horquillas que recogen en su totalidad a las láminas y transmiten las cargas a los pilares.

1. Características geométricas

Luz (L): 18,00 metros (aprox)

Canto total (h): 3,00 metros (aprox)

Relación luz/canto: 6

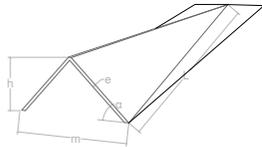
Espesor de la lámina (e): 0,40 metros (aprox)

Base del módulo (m): 14,00 metros (aprox)

Relación luz/espesor: 45

Ángulo (α): 20°

Tipo de pliegue: Simple en V

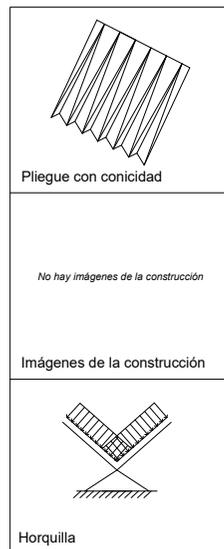


2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

Prefabricado o in situ: in situ (desconocido)

Material: Hormigón armado



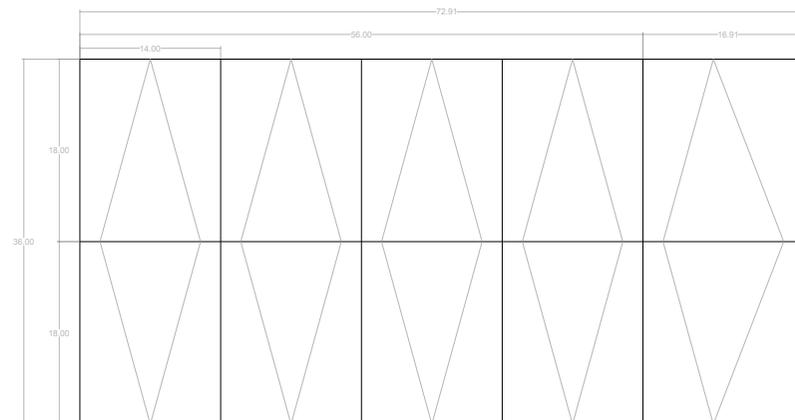
3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Horquilla

Sistema bi o tridimensional: bidimensional



Planta



Sección longitudinal Detalle de plegadura



Escala 1:750

Cotas en metros

Autor/es: Pearson y Richards

Año de construcción: 1962

Ubicación: Pullman, EEUU

Uso: Empresarial/Educativo

Se trata de un café en el cual se utilizan láminas plegadas con conicidad dispuestas en círculo, es decir, confluyen todas en el mismo punto. Estas se apoyan en el exterior mediante horquillas las cuales se apoyan en pilares. La construcción se realizó mediante elementos prefabricados, tanto vigas, horquillas, pilares y las láminas plegadas. Estos se ensamblan in situ.

1. Características geométricas

Luz (L): 27,92 metros (aprox)

Canto total (h): 2,20 metros (aprox)

Relación luz/canto: 14

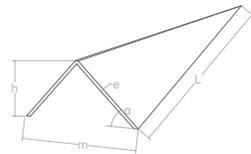
Espesor de la lámina (e): 0,20 metros (aprox)

Base del módulo (m): 8,00 metros (aprox)

Relación luz/espesor: 140

Ángulo (α): 26°

Tipo de pliegue: Con conicidad en V

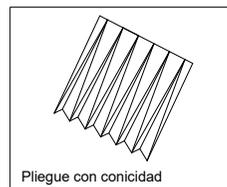


2. Características constructivas

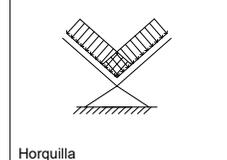
Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

Prefabricado o in situ: láminas prefabricadas

Material: Hormigón armado



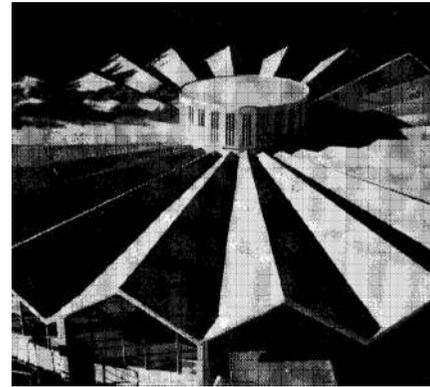
Imágenes de la construcción [45]



Horquilla

Tipo de vinculación exterior: Horquilla

Sistema bi o tridimensional: bidimensional

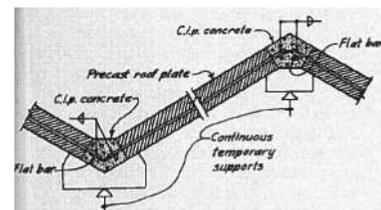
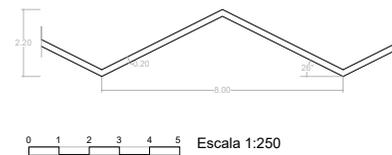


[45]



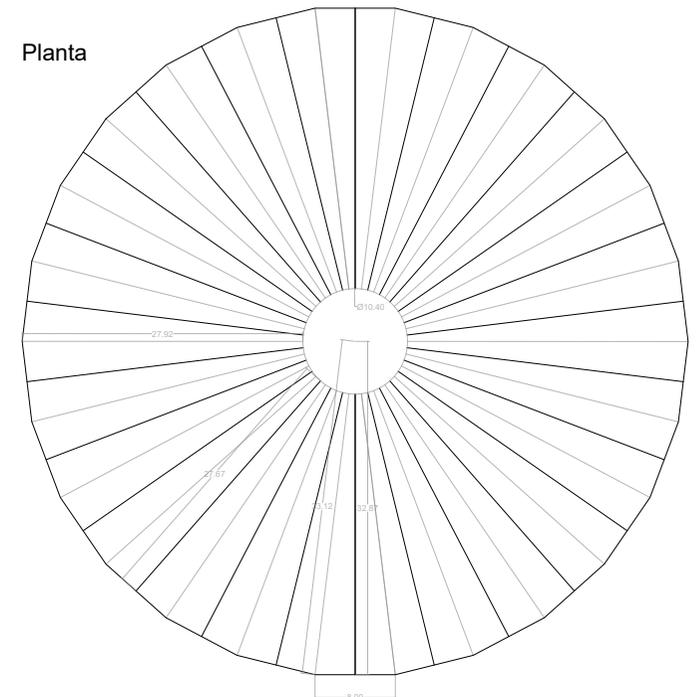
[46]

Detalle de plegadura



[45]

Planta



0 1 5 10 15 Escala 1:750 Cotas en metros

Autor/es: Desconocido

Año de construcción: 1990

Ubicación: San Pedro de Sula, Honduras

Uso: Empresarial

Se trata de unos pavellones en el parque industrial de El Búfalo. Las láminas plegadas tienen pliegue con conicidad las cuales confluyen en el mismo punto. En cuanto a la construcción resulta muy interesante, ya que las láminas se apoyan sobre vigas completamente horizontales y posteriormente en pilares por cada módulo. Por ello, para mantener la forma de las láminas durante la construcción se dispusieron estructuras auxiliares inferiores y cables tensores. Con esto se podían unir para hormigonar in situ. Una vez estuviese la estructura completamente formada se eliminaron estas estructuras y cables.

1. Características geométricas

Luz (L): 7,76 metros

Canto total (h): 1,38 metros

Relación luz/canto: 6

Espesor de la lámina (e): 0,10 metros

Base del módulo (m): 3,32 metros

Relación luz/espesor: 78

Ángulo (α): 37°

Tipo de pliegue: Con conicidad en V

2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

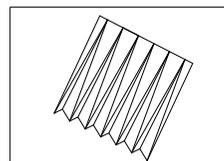
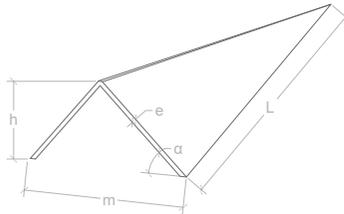
Prefabricado o in situ: láminas prefabricadas

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Apoyo puntual sobre viga o cercha. Situación de pilar por cada módulo

Sistema bi o tridimensional: bidimensional



Pliegue con conicidad



[47]

Imágenes de la construcción

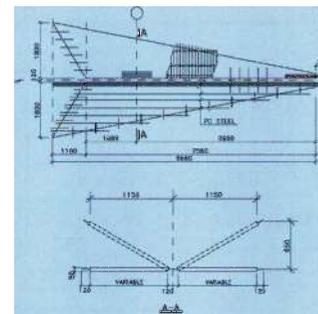
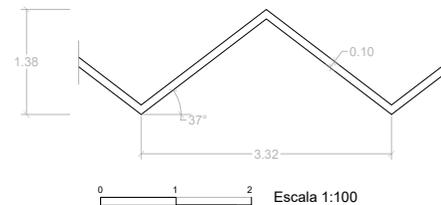


Apoyo puntual sobre viga o cercha. Situación de pilar por cada módulo



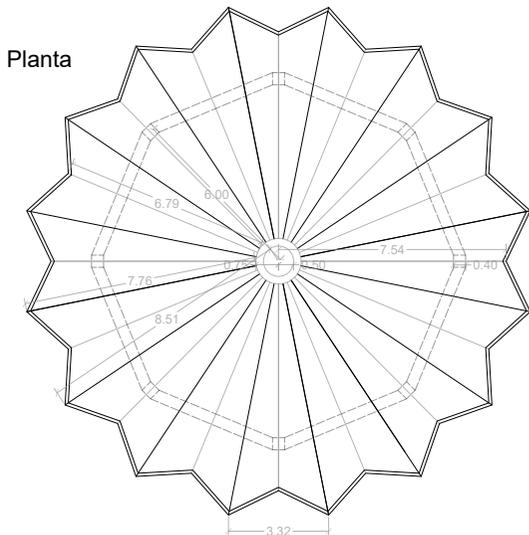
[47]

Detalle de plegadura

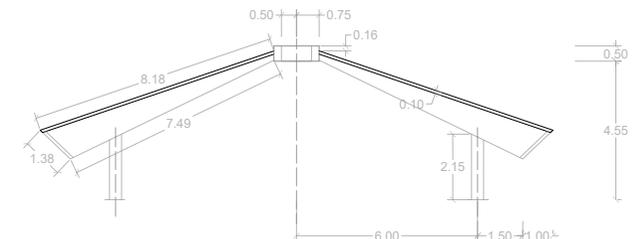


[47]

Planta



Sección transversal



Autor/es: José Ramón Azpiazu Ordóñez y Pedro Pinto Martínez

Año de construcción: 1960-1962

Ubicación: Madrid, España

Uso: Deportivo

Consiste en la marquesina de la tribuna del canódromo de Carabanchel. Su uso ha ido variando con el tiempo y adaptándose a las necesidades.

Su estructura está formada por un gran voladizo apoyado en pilares, y plegadura con pliegues contrapuestos duplicados, es decir se divide en dos tramos, de distintos tamaños y ambos con este tipo de pliegue. Está realizado in situ.

1. Características geométricas

Luz (L): 9,75 metros

Canto total (h): 1 metro (mayor)

Relación luz/canto: 9,75

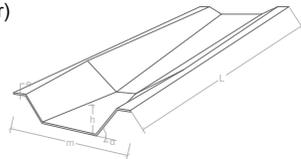
Espesor de la lámina (e): 0,08 metros (mayor)

Base del módulo (m): 3,2 metros

Relación luz/espesor: 122

Ángulo (α): 32°

Tipo de pliegue: Contrapuestos en Omega



2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

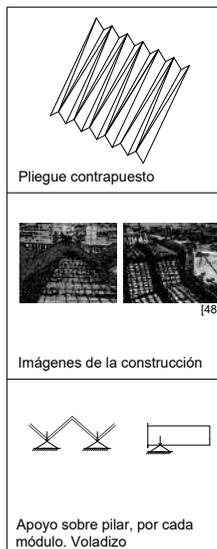
Prefabricado o in situ: in situ

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

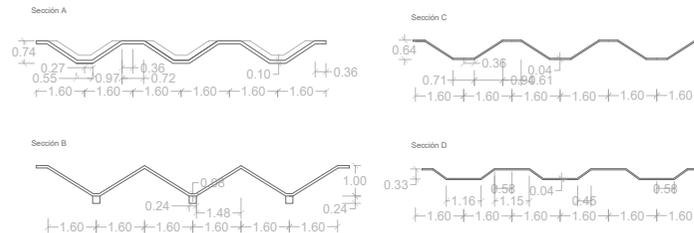
Tipo de vinculación exterior: Apoyo sobre pilar, por cada módulo. Voladizo

Sistema bi o tridimensional: bidimensional

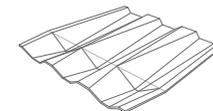


[48]

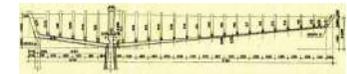
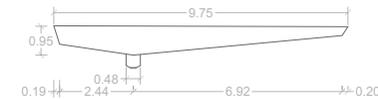
Detalle de plegadura



3D

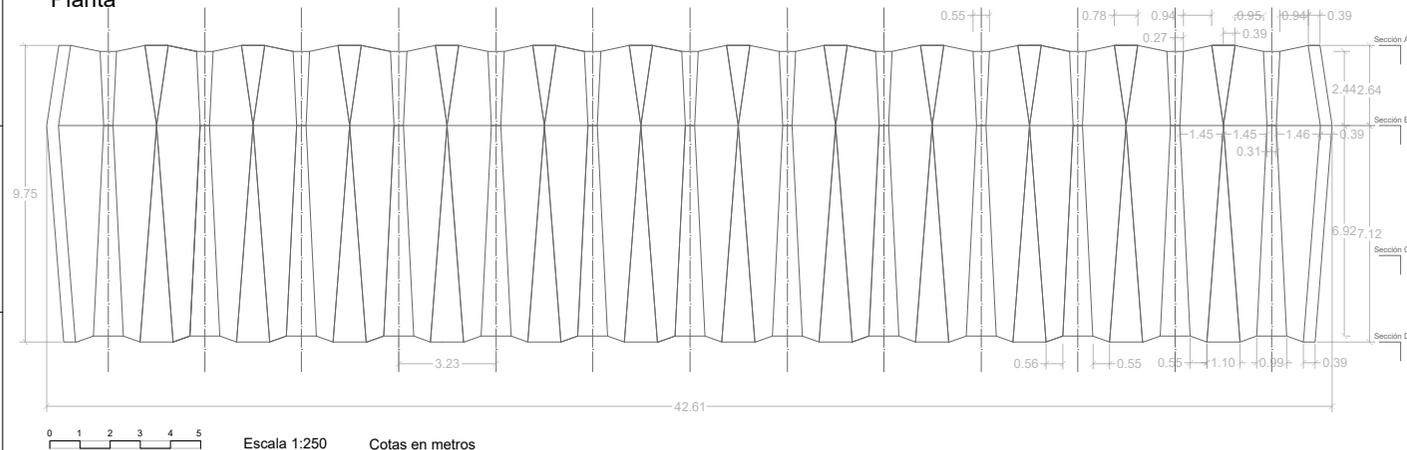


Sección transversal



[48]

Planta



Autor/es: Eduardo Torroja, Antonio de la Vega, Manuel Sierra Nava y Luis Peral Buesa

Año de construcción: 1952-1956

Ubicación: Tarragona, España

Uso: Educativo

Se trata de la cubierta de la cocina de la Universidad Laboral de Tarragona. Utiliza pliegues contrapuestos mediante láminas plegadas construidas in situ. Estas se sustentan mediante una viga que recorre los laterales y en la parte inferior de cada módulo se sitúa un pilar. La estructura además utiliza tensores que otorgan mayor resistencia.

1. Características geométricas

Luz (L): 20,36 metros

Canto total (h): 3,12 metros (mayor)

Relación luz/canto: 6,5

Espesor de la lámina (e): 0,12 metros

Base del módulo (m): 4,80 metros

Relación luz/espesor: 170

Ángulo (α): 48°

Tipo de pliegue: Contrapuestos en V

2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

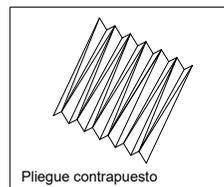
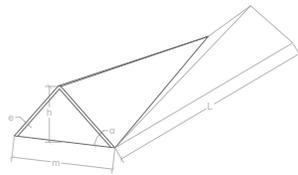
Prefabricado o in situ: in situ

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Apoyo puntual sobre viga o cercha. Situación de pilar por cada módulo

Sistema bi o tridimensional: bidimensional

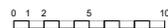
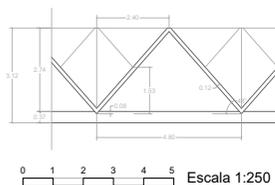


Imágenes de la construcción



Apoyo puntual sobre viga o cercha. Situación de pilar por cada módulo

Detalle de plegadura



Escala 1:500

Cotas en metros

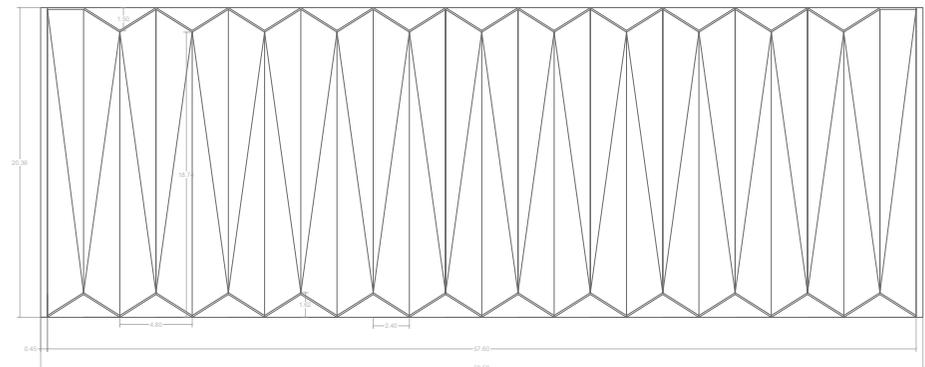


[49]



[50]

Planta



Autor/es: Yamasaki

Año de construcción: 1958

Ubicación: Detroit, EEUU

Uso: Empresarial

Se trata de la cubierta del American Concrete Institute Building, la cual en un principio estaba prevista para ser construida in situ pero durante la construcción se optó por elementos prefabricados. Utiliza la plegadura contrapuesta con sección en V. El edificio posee 2 cubiertas simétricas en las que ambas tienen esta plegadura. Estas cubiertas tienen su mayor parte en voladizo.

1. Características geométricas

Luz voladizo (L'): 5,96 metros

Canto total (h): 0,65 metros (mayor)

Relación luz/canto: 9

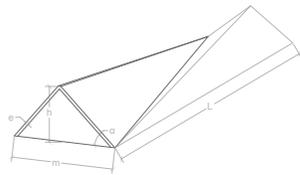
Espesor de la lámina (e): 0,10 metros

Base del módulo (m): 1,32 metros

Relación luz/espesor: 60

Ángulo (α): 38°

Tipo de pliegue: Contrapuestos en V



2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

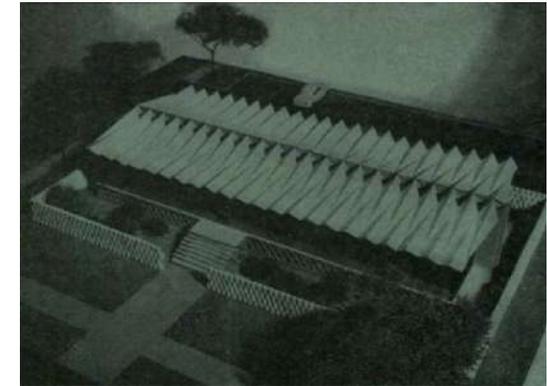
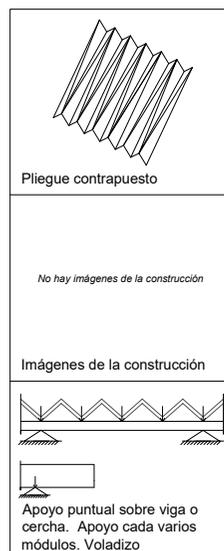
Prefabricado o in situ: láminas prefabricadas

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

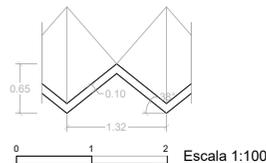
Tipo de vinculación exterior: Apoyo puntual sobre viga o cercha. Apoyo cada varios módulos. Voladizo

Sistema bi o tridimensional: bidimensional

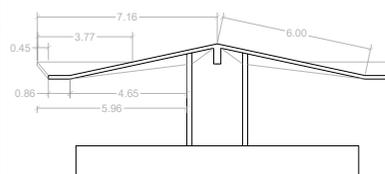


[51]

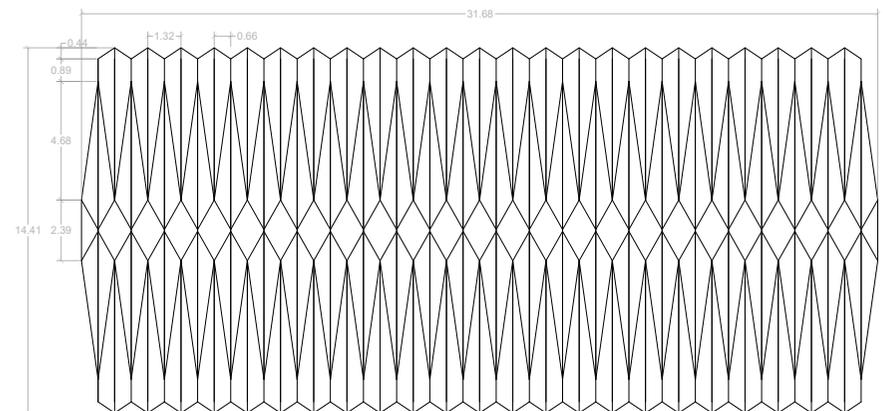
Detalle de plegadura



Sección transversal



Planta



Sección longitudinal



0 1 2 3 4 5 6 Escala 1:300 Cotas en metros

Autor/es: Desconocido

Año de construcción: 1967

Ubicación: Torfyanovka, Finlandia

Uso: Transporte

Se trata de la antigua aduana de la frontera finlandesa. Actualmente está abandonado y se ha construido otro edificio emulando la forma del anterior. El edificio se divide en dos partes simétricas, ambas por láminas plegadas contrapuestas. Estas dos partes se distinguen ya que una está en voladizo y otra biapoyada.

1. Características geométricas

Luz (L): 14,86 metros

Luz voladizo (L'): 14,86 metros

Canto total (h): 1,30 metros (mayor)

Relación luz/canto: 11,5

Espesor de la lámina (e): 0,24 metros

Base del módulo (m): 3,50 metros

Relación luz/espesor: 62

Ángulo (α): 30°

Tipo de pliegue: Contrapuestos en V

2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

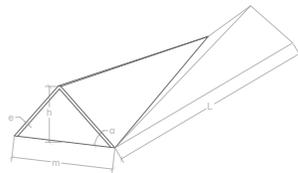
Prefabricado o in situ: in situ (desconocido)

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Apoyo puntual sobre viga o cercha. Apoyo cada varios módulos. Voladizo

Sistema bi o tridimensional: bidimensional



Pliegue contrapuesto

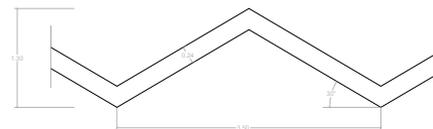
No hay imágenes de la construcción

Imágenes de la construcción

Apoyo puntual sobre viga o cercha. Apoyo cada varios módulos. Voladizo

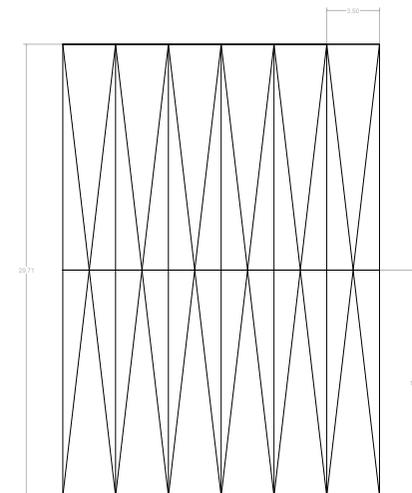


Detalle de plegadura

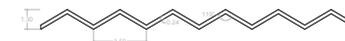


Escala 1:100

Planta



Sección transversal



Escala 1:500

Cotas en metros

Autor/es: Salvador Choussy

Año de construcción: 1963

Ubicación: San Salvador, El Salvador

Uso: Religioso/Educativo

Se trata de la capilla del colegio. Su estructura está formada completamente por láminas plegadas. Forman una plegadura contrapuesta doble simétrica. En cuanto al sustento, se apoyan las láminas formando un pilar en la parte inferior del módulo. En cuanto a su construcción, se intuye una fabricación in situ, por la unión entre las láminas.

1. Características geométricas

Luz (L): 33,00 metros

Canto total (h): 6,59 metros (mayor)

Relación luz/canto: 5

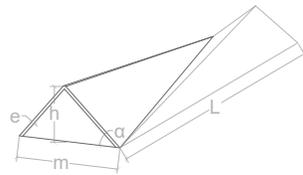
Espesor de la lámina (e): 0,50 metros

Base del módulo (m): 6,50 metros

Relación luz/espesor: 66

Ángulo (α): 62°

Tipo de pliegue: Contrapuestos en V



2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

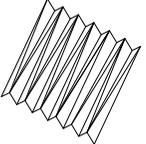
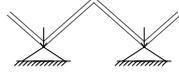
Prefabricado o in situ: in situ (desconocido)

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Apoyo sobre pilar, por cada módulo

Sistema bi o tridimensional: bidimensional


Pliegue contrapuesto
No hay imágenes de la construcción
Imágenes de la construcción

Apoyo sobre pilar, por cada módulo

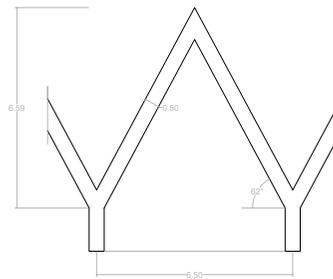


[52]



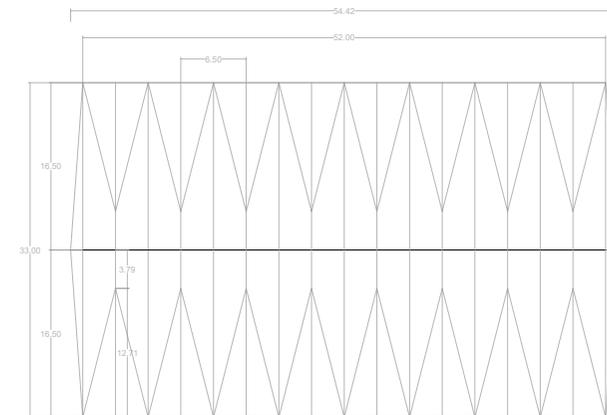
[53]

Detalle de plegadura

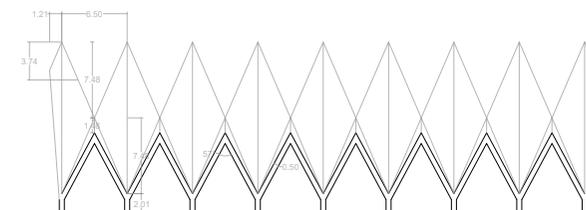


Escala 1:250

Planta



Alzado lateral



Escala 1:750 Cotas en metros

Autor/es: Marcel Breuer, Bernard Zehrfuss y Pier Luigi Nervi

Año de construcción: 1953

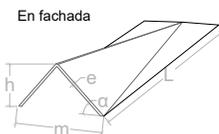
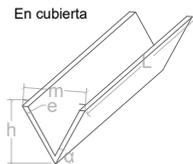
Ubicación: París, Francia

Uso: Conferencias

Se trata del segundo edificio, junto al edificio del Secretariado. Tiene forma trapezoidal. Tiene 3 niveles. En el inferior hay oficinas. En el nivel medio, principal, están las Salas de conferencias y un bar. En el superior salas de reuniones. Utiliza láminas plegadas en V en la cubierta las cuales varían la sección. La cubierta se divide en 2 vanos, que apoyan en la fachada en láminas plegadas y en el interior en pilares. En la fachada utiliza láminas plegadas con conicidad.

1. Características geométricas

	Plegadura de cubierta	Plegadura de fachada
Luz/longitud (L):	41 metros (mayor)	15,68 metros (mayor)
Canto total (h):	3,22 metros (mayor)	1,79 metros (mayor)
Relación luz/canto:		
Espesor de la lámina (e):	0,24 metros (mayor)	0,24 metros (mayor)
Base del módulo (m):	2,99 metros (mayor)	4,80 metros (mayor)
Relación luz/espesor:		
Ángulo (α):	62°	43°
Tipo de pliegue:	Simple en V	Con conicidad en Omega



2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta y fachada

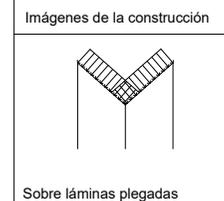
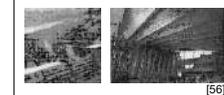
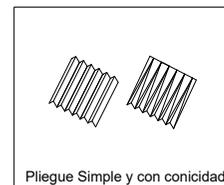
Prefabricado o in situ: in situ

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Apoyo sobre láminas plegadas

Sistema bi o tridimensional: tridimensional

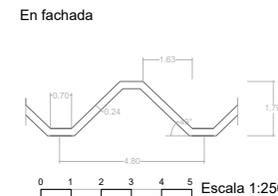
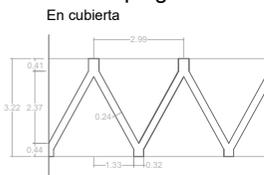


[54]

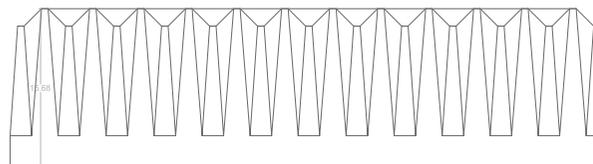


[55]

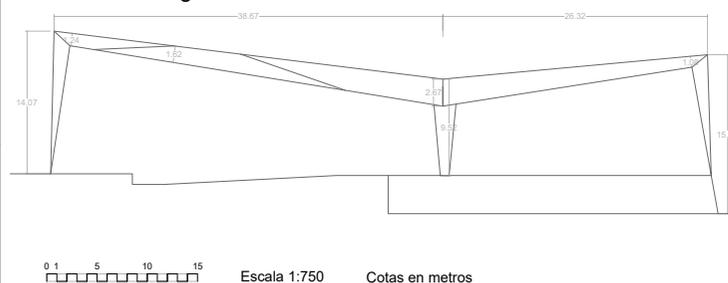
Detalle de plegadura



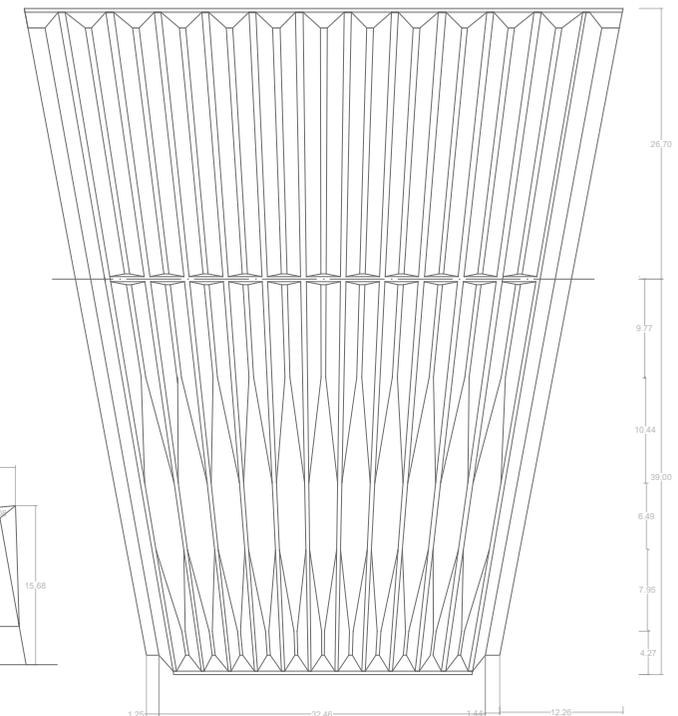
Alzado lateral



Sección longitudinal



Planta



Autor/es: Studio Vacchini

Año de construcción: 2008-2010

Ubicación: Windisch, Suiza

Uso: Deportivo

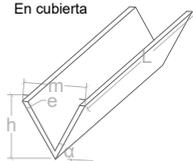
Se trata de un edificio de uso deportivo en Windisch. Consiste en un gran pabellón multifuncional con distintas dependencias en sótano, planta baja y planta alta, con oficinas, salas de entrenamiento, pistas deportivas... La construcción de este se realiza con módulos prefabricados ensamblados entre sí en obra. La plegadura en la cubierta es simple en V y en la fachada con conicidad. En la cubierta, por su amplia luz (55 m) los módulos se segmentaron en 7 piezas. Para conseguir esta luz se utilizan cables postensados entre la estructura.

1. Características geométricas

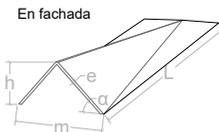
	Plegadura de cubierta	Plegadura de fachada
Luz/longitud (L):	55,87 metros	15,52 metros (mayor)
Canto total (h):	2,94 metros	3,10 metros (mayor)
Relación luz/canto:		
Espesor de la lámina (e):	0,57 metros	0,57 metros
Base del módulo (m):	3,33 metros	3,33 metros
Relación luz/espesor:		
Ángulo (α):	60°	59°
Tipo de pliegue:	Simple en V	Con conicidad en V

medidas aproximadas

En cubierta



En fachada



2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta y fachada

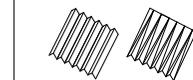
Prefabricado o in situ: Módulos prefabricados

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Apoyo sobre láminas plegadas

Sistema bi o tridimensional: tridimensional



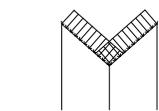
Pliegue Simple y con conicidad



[58]

[59]

Imágenes de la construcción



Sobre láminas plegadas



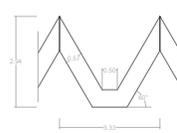
[57]



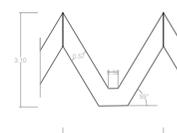
[57]

Detalle de plegadura

En cubierta



En fachada

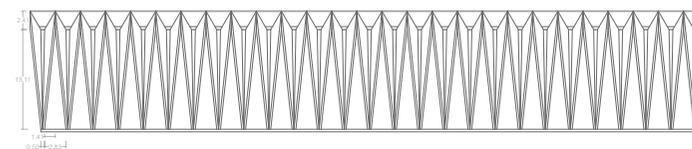


Escala 1:250

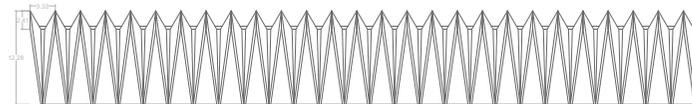
Sección transversal



Alzado lateral

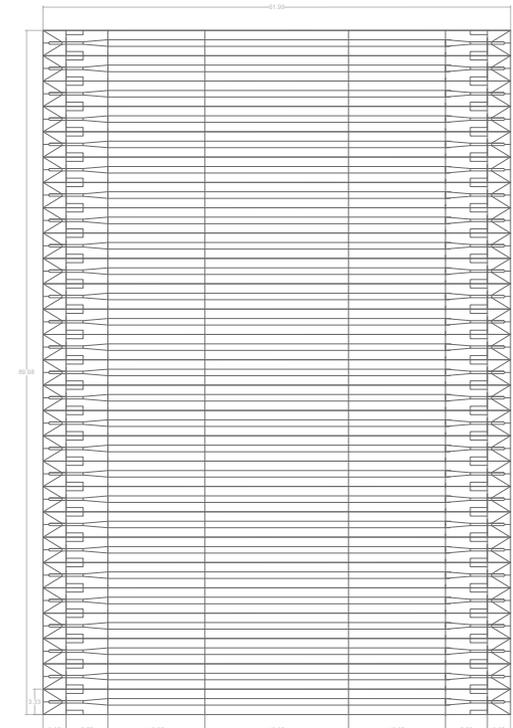


Alzado lateral



Escala 1:1000 Cotas en metros

Planta



Autor/es: Hermann Baur

Año de construcción: 1958 - 1961

Ubicación: Basilea, Suiza

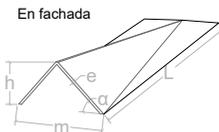
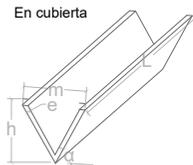
Uso: Educativo

Se trata de uno de los 4 edificios del actual Colegio de Arte y Diseño de Basilea y la Escuela de Comercio Industrial. Este edificio se llama Maurer Halle, dedicado a la escuela de Arte. Su estructura se compone de hormigón visto tanto en interior como exterior. Forma un pórtico en el cual la cubierta es con láminas plegadas en V con inclinación a 2 aguas invertida hacia el interior. La fachada es de láminas plegadas con conicidad. Destaca el tamaño de la base del módulo, la cual tiene 6,5 metros.

1. Características geométricas

	Plegadura de cubierta	Plegadura de fachada
Luz/longitud (L):	33,00 metros (mayor)	13,08 metros (mayor)
Canto total (h):	3,25 metros	0,97 metros (mayor)
Relación luz/canto:		
Espesor de la lámina (e):	0,20 metros	0,20 metros
Base del módulo (m):	6,50 metros	6,50 metros
Relación luz/espesor:		
Ángulo (α):	43°	25°
Tipo de pliegue:	Simple en V	Con conicidad en V

medidas aproximadas



2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta y fachada

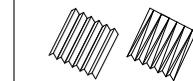
Prefabricado o in situ: In situ

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Apoyo sobre láminas plegadas

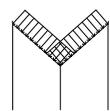
Sistema bi o tridimensional: tridimensional



Pliegue Simple y con conicidad

No hay imágenes de la construcción

Imágenes de la construcción



Sobre láminas plegadas

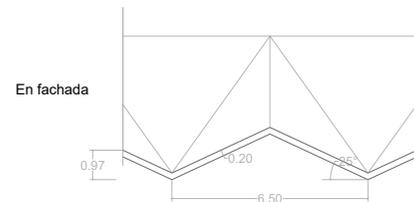
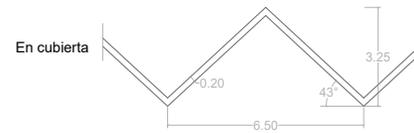


[60]



[61]

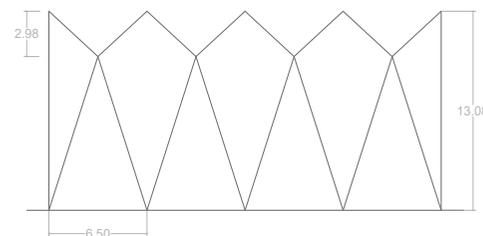
Detalle de plegadura



Escala 1:250



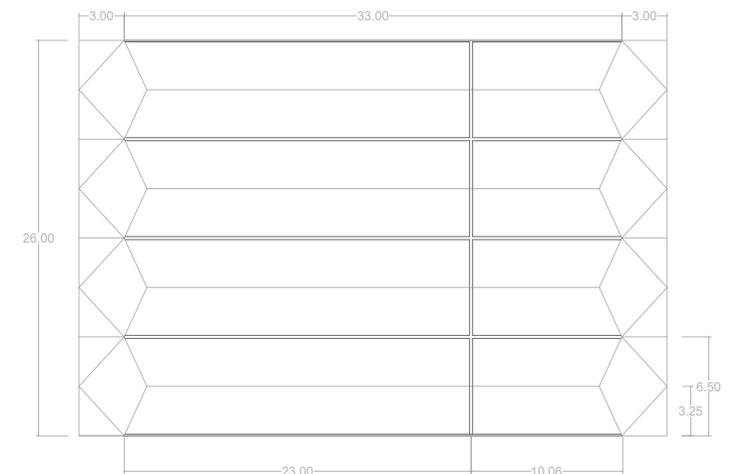
Alzado lateral



Escala 1:500

Cotas en metros

Planta



Sección transversal



Autor/es: José Ramón Azpiazu Ordóñez

Año de construcción: 1964-1967

Ubicación: Valencia, España

Uso: Educativo

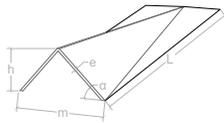
Se trata de un instituto el cual alberga distintas dependencias como salón de actos, capilla, bar, zonas deportivas al aire libre, etc todo ello intentando que sea con una planificación de una sola planta. La estructura se forma a base de láminas plegadas de hormigón, no solo en el salón de actos, sino también en gran parte del resto del edificio. En el salón de actos es donde resulta más interesante ya que es donde se alcanza la mayor luz y además se forma un pórtico con láminas plegadas en la fachada exterior. Utiliza pliegues con conicidad en ambas superficies.

1. Características geométricas

	Plegadura de cubierta	Plegadura de fachada
Luz/longitud (L):	12,00 metros	10 metros
Canto total (h):	1,50 metros (mayor)	2,00 metros (mayor)
Relación luz/canto:	8	5
Espesor de la lámina (e):	0,20 metros	0,20 metros
Base del módulo (m):	3,00 metros	3,00 metros
Relación luz/espesor:	60	50
Ángulo (α):	53°	56°
Tipo de pliegue:	Con conicidad en Omega	Con conicidad en Omega

medidas aproximadas

En cubierta y fachada



2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta y fachada

Prefabricado o in situ: In situ

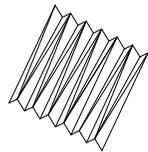
Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Apoyo sobre láminas plegadas

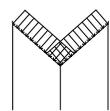
Sistema bi o tridimensional: tridimensional

Pliegue con conicidad

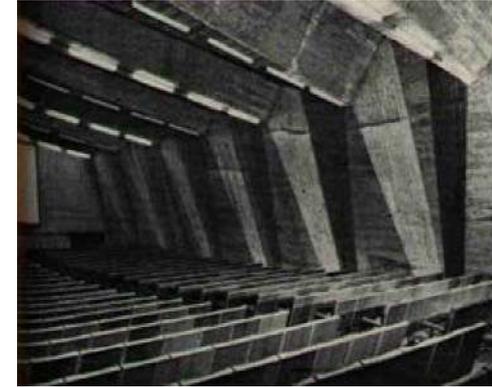


No hay imágenes de la construcción

Imágenes de la construcción

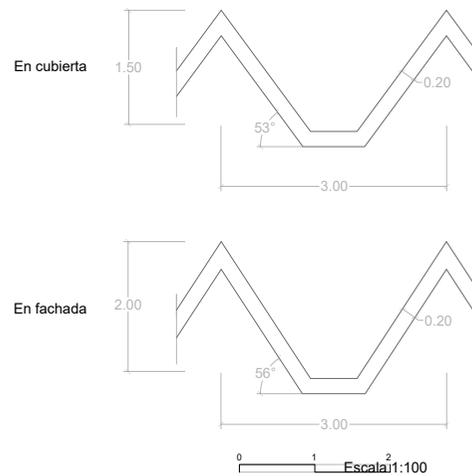


Sobre láminas plegadas

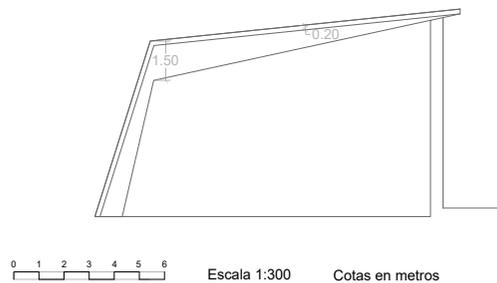


[62]

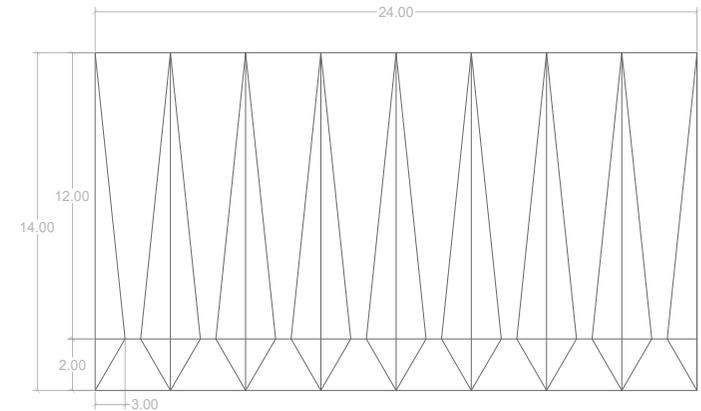
Detalle de plegadura



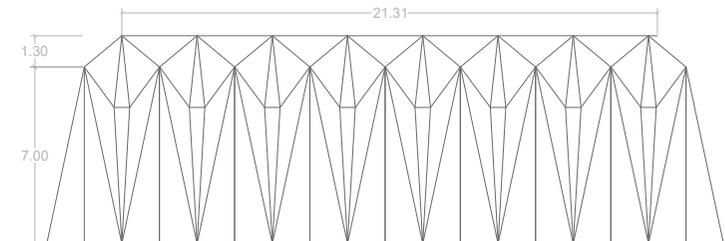
Sección transversal



Planta



Alzado lateral



Autor/es: Joaquín Vaquero Palacios

Año de construcción: 1964-1965

Ubicación: Proaza, Asturias, España

Uso: Empresarial

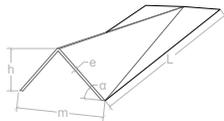
Se trata de un edificio de arquitectura brutalista diseñado para obtener energía del río Trubia del cual se encuentra junto a el edificio. La estructura se realiza con láminas plegadas con conicidad, en dos vanos en espejo con eje en el centro y de iguales características. En la fachada también utilizan pliegues con conicidad con una abertura en la parte inferior que permite la iluminación y entrada al edificio. Las láminas son fabricadas in situ a pie de obra y posteriormente ensambladas.

1. Características geométricas

	Plegadura de cubierta	Plegadura de fachada
Luz/longitud (L):	17,82 metros	12,15 metros
Canto total (h):	0,91 metros (mayor)	4,08 metros (mayor)
Relación luz/canto:	20	3
Espesor de la lámina (e):	0,40 metros	0,40 metros
Base del módulo (m):	6,04 metros	6,04 metros
Relación luz/espesor:	45	30
Ángulo (α):	9°	44°
Tipo de pliegue:	Con conicidad en V	Con conicidad en V

medidas aproximadas

En cubierta y fachada



2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta y fachada

Prefabricado o in situ: Módulos prefabricados

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

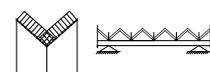
Tipo de vinculación exterior: Apoyo sobre láminas plegadas y vigas y pilares

Sistema bi o tridimensional: tridimensional

Pliegue con conicidad



Imágenes de la construcción



Sobre láminas plegadas y vigas y pilares



[63]



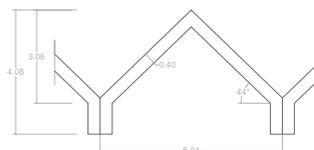
[64]

Detalle de plegadura

En cubierta



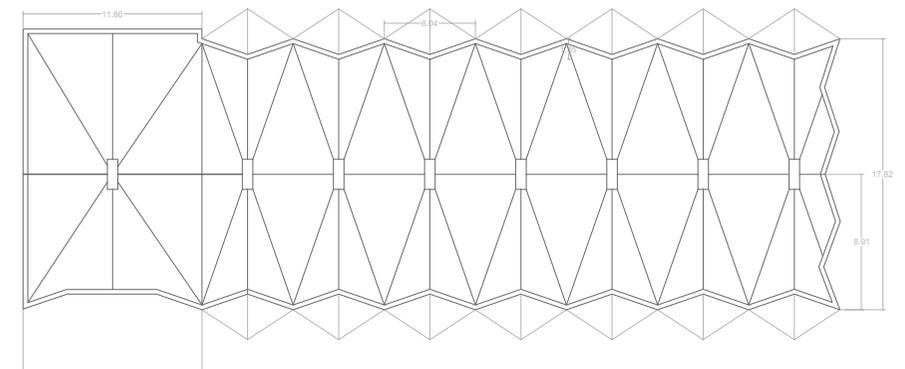
En fachada



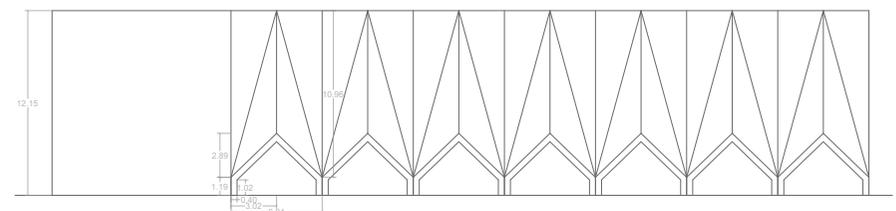
0 1 2 3 4 5 Escala 1:250

0 1 2 5 10 Escala 1:500 Cotas en metros

Planta



Alzado lateral



Autor/es: Anton Swinkels y Bart Salemans

Año de construcción: 1964

Ubicación: Hoensbroek, Países Bajos

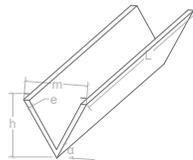
Uso: Religioso

Se trata de una Iglesia ubicada en Hoensbroek. Esta iglesia está formada por un baptisterio, una sala de credos, una capilla de día y una sacristía. Se buscaba una iglesia artística y funcionalmente sólida, y en la que se pudieran ahorrar costes. Es por ello que se utilizaron elementos prefabricados, 24 láminas en fachada y 13 en forma de V para la cubierta. Estas últimas poseen una capa de corcho para el aislamiento.

1. Características geométricas

	Plegadura de cubierta	Plegadura de fachada
Luz/longitud (L):	25,50 metros	9,00 metros
Canto total (h):	1,03 metros	1,09 metros
Relación luz/canto:	25	8
Espesor de la lámina (e):	0,08 metros	0,30 metros
Base del módulo (m):	2,80 metros	2,80 metros
Relación luz/espesor:	319	30
Ángulo (α):	28°	34°
Tipo de pliegue:	Simple en V	Simple en V

En cubierta y fachada



2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta y fachada

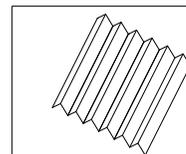
Prefabricado o in situ: Módulos prefabricados

Material: Hormigón armado

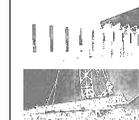
3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Apoyo sobre láminas plegadas

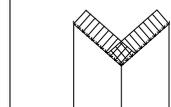
Sistema bi o tridimensional: tridimensional



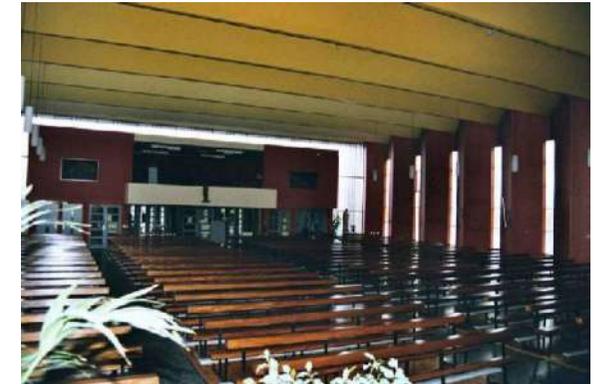
Pliegue simple



Imágenes de la construcción [65]



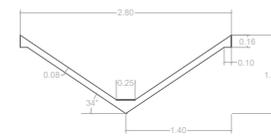
Sobre láminas plegadas



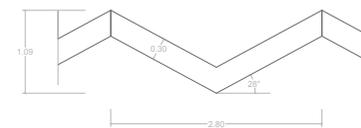
[65]

Detalle de plegadura

En cubierta

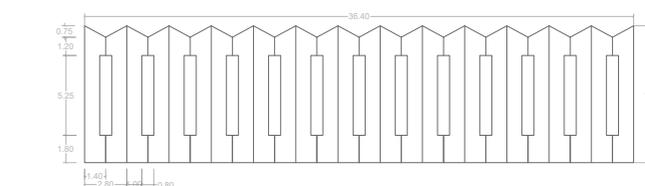


En fachada



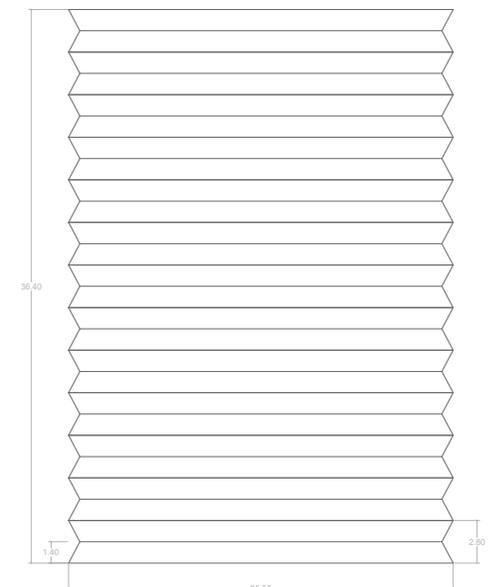
Escala 1:100

Alzado lateral



Escala 1:500 Cotas en metros

Planta



Sección transversal



Autor/es: Van den Broek y Bakema

Año de construcción: 1966

Ubicación: Delft, Países Bajos

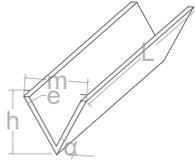
Uso: Educativo

Se trata de un aula-auditorio de la Universidad. Su construcción se debe ya que tras la guerra, y posterior recuperación económica produjeron que la clase media y trabajadora comenzase a acceder a la educación. La masiva afluencia de estudiantes a las aulas produjeron la necesidad de construir mayores instalaciones. La arquitectura brutalista también jugó un papel fundamental. En cuanto a su estructura, encontramos láminas plegadas en cubierta y en parte de la fachada Este. En la cubierta utilizan plegadura en V de distinta forma y tamaño. Incluso en cierta parte podría considerarse tipo Omega en algunas zonas. En la fachada también se observa el tipo de conicidad. Nos centraremos en de mayor es dimensiones, que es la que cubre el auditorio principal, y que varía su forma y tamaño.

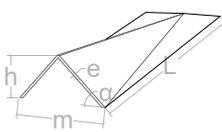
1. Características geométricas

	Plegadura de cubierta	Plegadura de fachada
Luz/longitud (L):	35 metros (mayor)	10 metros
Canto total (h):	5,18 metros	1,54 metros (mayor)
Relación luz/canto:	7	6,5
Espesor de la lámina (e):	0,30 metros	0,23 metros
Base del módulo (m):	7,35 metros	3,86 metros
Relación luz/espesor:	117	43,5
Ángulo (α):	60°	56°
Tipo de pliegue:	Simple en V y con conicidad en V y Omega	Con conicidad en Omega

En cubierta



En cubierta y fachada



2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta y fachada

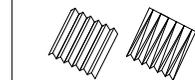
Prefabricado o in situ: In situ

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Apoyo sobre láminas plegadas y vigas o cerchas y pilares

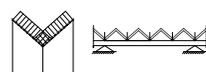
Sistema bi o tridimensional: tridimensional



Pliegue con conicidad



Imágenes de la construcción



Sobre láminas plegadas y vigas o cerchas y pilares



[66]



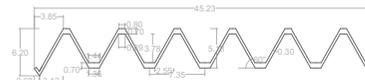
[67]

Detalle de plegadura

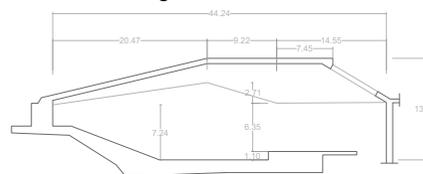
En fachada



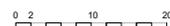
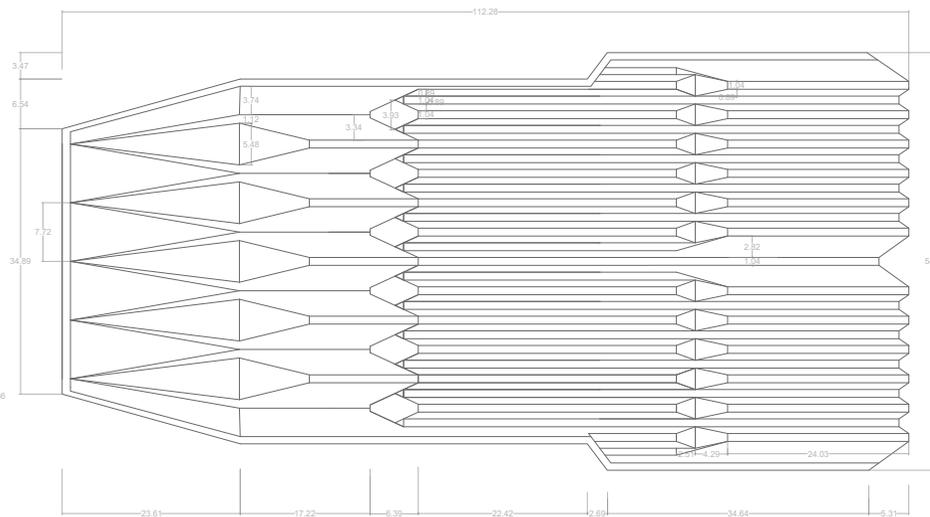
En cubierta



Sección longitudinal



Planta



Escala 1:1000

Cotas en metros

Autor/es: Günther Bock

Año de construcción: 1952

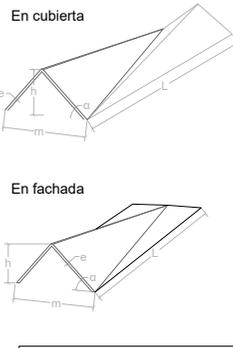
Ubicación: Frankfurt-Westhausen, Alemania

Uso: Religioso

La sala mortuoria fue diseñada por el escultor Otto Herbert Hajek y el arquitecto Günther Bock. Destaca por su muro de 75 metros de largo y las láminas plegadas. Estas últimas se disponen en cubierta y en uno de los alzados. Las láminas de cubierta se apoyan sobre las láminas laterales y horquillas. Las láminas utilizan el pliegue contrapuesto en cubierta y con conicidad en fachada, todas ellas en V. En la fachada la conicidad es opuesta, es decir, con el volumen del cono hacia el interior. Se intuye la fabricación in situ del sistema.

1. Características geométricas

	Plegadura de cubierta	Plegadura de fachada
Luz/longitud (L):	17,96 metros	7,63 metros
Canto total (h):	1,71 metros (mayor)	2,08 metros (mayor)
Relación luz/canto:	10	4
Espesor de la lámina (e):	0,16 metros	0,16 metros
Base del módulo (m):	3,13 metros (mayor)	3,13 metros (mayor)
Relación luz/espesor:	112	48
Ángulo (α):	44°	50°
Tipo de pliegue:	Contrapuestos en V	Con conicidad en V



2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta y fachada

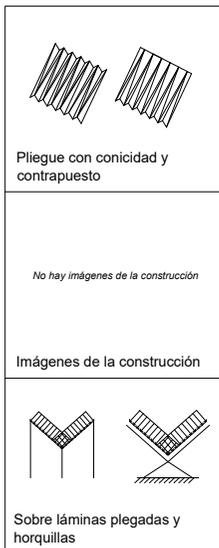
Prefabricado o in situ: In situ

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

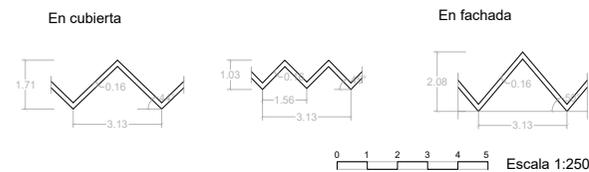
Tipo de vinculación exterior: Apoyo sobre láminas plegadas y horquillas

Sistema bi o tridimensional: tridimensional

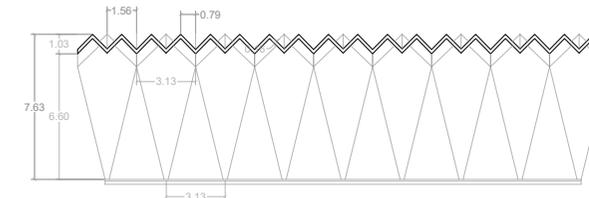


[68]

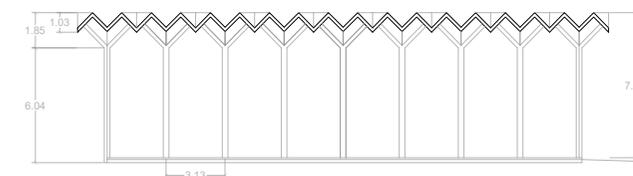
Detalle de plegadura



Sección longitudinal

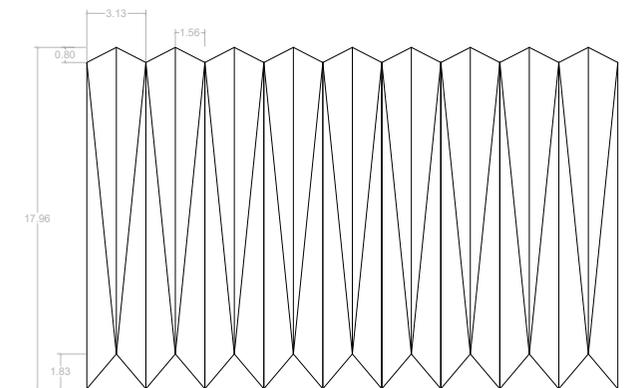


Sección longitudinal

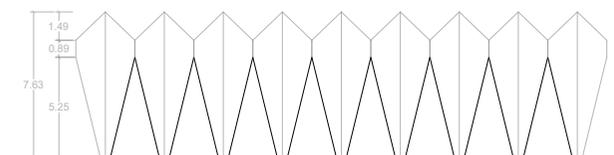


0 1 4 8 Escala 1:400 Cotas en metros

Planta



Alzado lateral



Autor/es: Rafael López Palanco

Año de construcción: 1985

Ubicación: Jerez de la Frontera, España

Uso: Deportivo

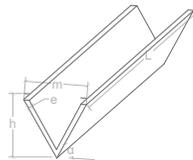
Se trata de la piscina municipal de Jerez. El edificio consta de dos volúmenes, uno para albergar a la piscina y otro para los servicios relacionados con la piscina. La estructura está formada por láminas plegadas de diverso tipo. En el volumen principal, de la piscina, utiliza láminas plegadas simple en V de canto variable, también en una parte de voladizo, y en la fachada lateral el mismo tipo de lámina con la misma base del módulo siempre, y esta vez con canto único. En el otro edificio las láminas son de menor canto, al tener una menor luz, y aparece otro tipo con la base del módulo reducida a la mitad, pero guardando la proporción. Ambas tienen un pequeño voladizo. La construcción fue realizada in situ.

1. Características geométricas

	Plegadura de cubierta	Plegadura de fachada
Luz/longitud (L):	24,85 metros (mayor)	8,56 metros (mayor)
Luz voladizo (L'):	6,82 metros (mayor)	
Canto total (h):	2,31 metros (mayor)	2,57 metros
Relación luz/canto:	11	3
Espesor de la lámina (e):	0,13 metros	0,30 metros
Base del módulo (m):	2,50 metros	2,80 metros
Relación luz/espesor:	191	66
Ángulo (α):	59°	61°
Tipo de pliegue:	Simple en V	Simple en V

medidas aproximadas

En cubierta y fachada



2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta y fachada

Prefabricado o in situ: In situ

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

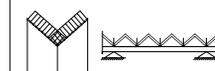
Tipo de vinculación exterior: Apoyo sobre láminas plegadas y vigas y pilares

Sistema bi o tridimensional: tridimensional

Pliegue simple

No hay imágenes de la construcción

Imágenes de la construcción



Sobre láminas plegadas y vigas y pilares

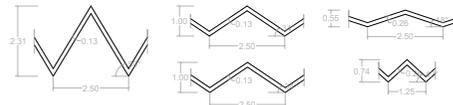


[69]

[70]

Detalle de plegadura

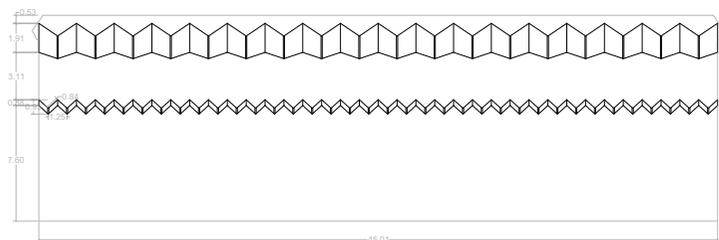
En cubierta



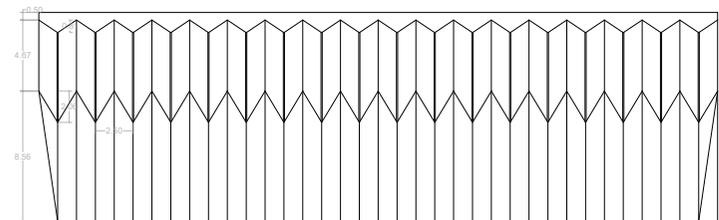
En fachada

Escala 1:250

Alzado lateral

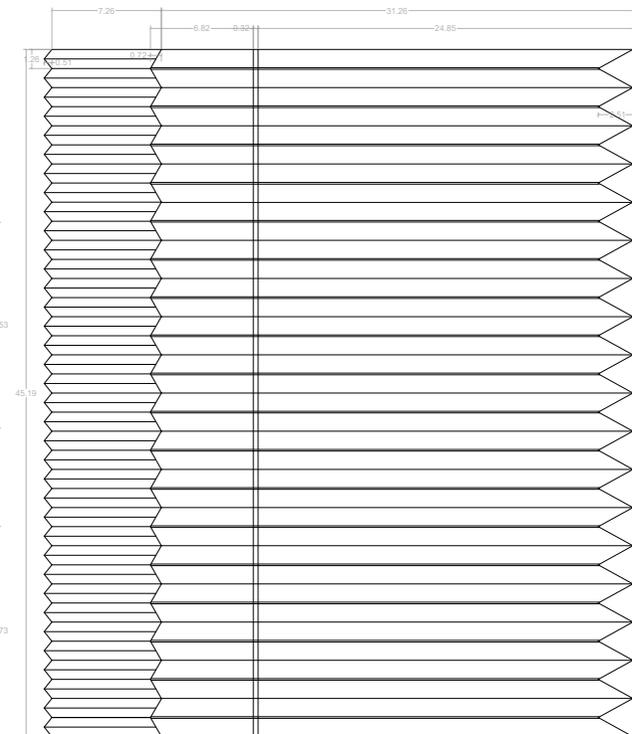


Alzado lateral



Escala 1:500 Cotas en metros

Planta



Autor/es: Charles Correa y Mahendra Raj

Año de construcción: 1965

Ubicación: Ahmedabad, India

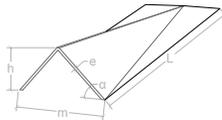
Uso: Deportivo

Sardar Vallabhbhai Patel Stadium es un estadio deportivo indio ubicado en la localidad de Navrangpura de Ahmedabad, Gujarat. Se trata de uno de los estadios del equipo de cricket de Gujarat. La estructura está realizada con láminas plegadas de hormigón dispuestas en cubierta y fachada. En la cubierta funciona como voladizo y se apoya en las láminas de la fachada. El pliegue utilizado es con concicidad en Omega.

1. Características geométricas

	Plegadura de cubierta	Plegadura de fachada
Luz/longitud (L):	13,09 metros (mayor)	20,00 metros (mayor)
Luz voladizo (L'):	13,09 metros (mayor)	
Canto total (h):	1,20 metros (mayor)	3,05 metros (mayor)
Relación luz/canto:	11	6,5
Espesor de la lámina (e):	0,20 metros	0,20 metros
Base del módulo (m):	5,08 metros	5,08 metros
Relación luz/espesor:	65,5	100
Ángulo (α):	47°	72°
Tipo de pliegue:	Con concicidad en Omega	Con concicidad en Omega

En cubierta y fachada



2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta y fachada

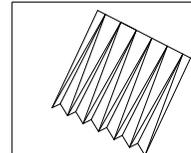
Prefabricado o in situ: In situ

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Apoyo sobre láminas plegadas. En voladizo

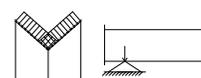
Sistema bi o tridimensional: tridimensional



Pliegue con concicidad

No hay imágenes de la construcción

Imágenes de la construcción



Sobre láminas plegadas.
En voladizo



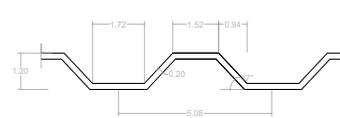
[71]



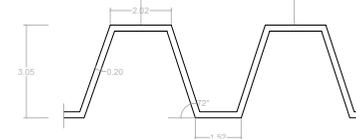
[72]

Detalle de plegadura

En cubierta

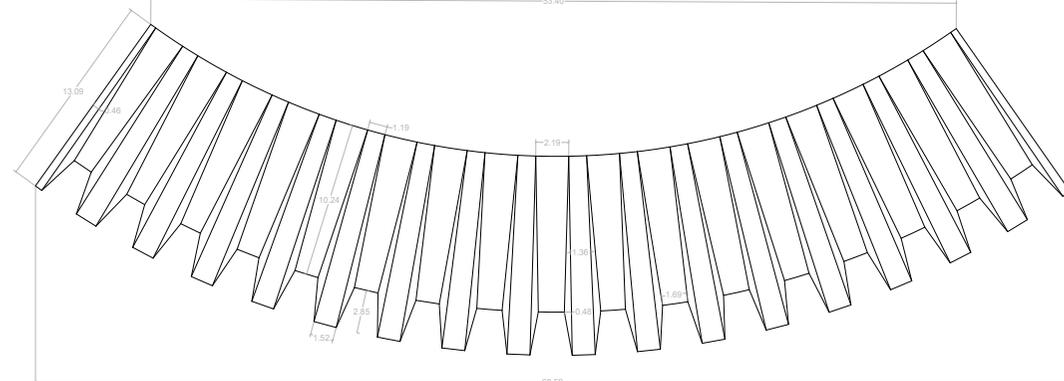


En fachada



Escala 1:250

Planta



Escala 1:500

Cotas en metros

0 1 2 5 10

Autor/es: Mario Lean

Año de construcción: 1990-91

Ubicación: San Pedro Sula, Honduras

Uso: Empresarial

Se trata de una nave industrial en el Polígono El Búfalo. Es reseñable la cantidad de estructuras de láminas plegadas que se produjeron en este polígono y en la ciudad de San Pedro de Sula. Las láminas plegadas se encuentran en el voladizo de la entrada y formando la cubierta y paredes laterales de la nave. Las del voladizo y las del lateral corto poseen un pliegue en V y las que forman en sí la nave y la estructura portante son con pliegue omega. Estas poseen a su vez huecos. Todas son prefabricadas.

1. Características geométricas

Luz (L): 31,29 metros **Longitud (L):** 8,59 metros (mayor)

Canto total (h): 0,98 metros (aprox)

Relación luz/canto: 2

Espesor de la lámina (e): 0,18 metros

Base del módulo (m): 4,47 metros

Relación luz/espesor: 75

Ángulo (α): 31°

Tipo de pliegue: Simple en U

2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

Prefabricado o in situ: láminas prefabricadas

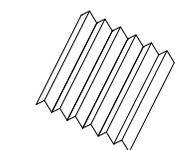
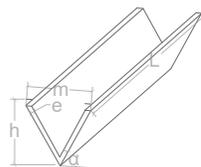
Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Sobre láminas plegadas

Sistema bi o tridimensional: bidimensional

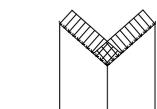
En cubierta y fachada



Pliegue Simple



Imágenes de la construcción [73]



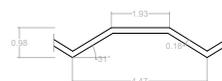
Sobre láminas plegadas



[73]

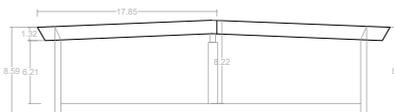
Detalle de plegadura

En cubierta y fachada



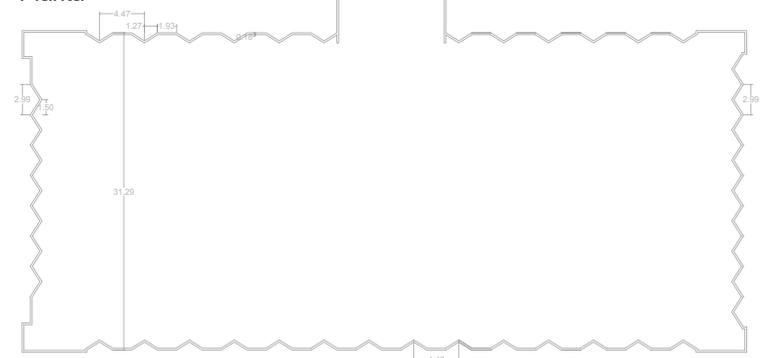
Escala 1:250

Sección transversal

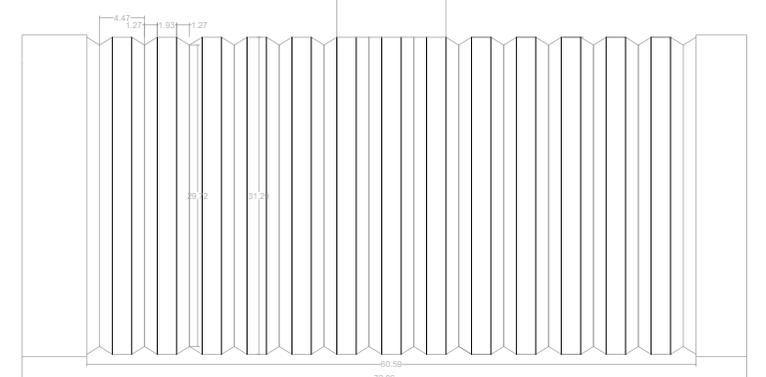


Escala 1:750 Cotas en metros

Planta



Planta de cubierta



Sección longitudinal



Autor/es: Erwin Heine

Año de construcción: 1967-1971

Ubicación: Freiburg, Alemania

Uso: Religioso

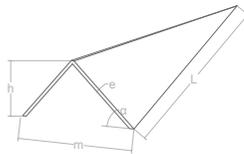
Se trata de una iglesia la cual utiliza láminas plegadas de hormigón tanto en fachada como en cubierta. En la cubierta las láminas, con pliegue con conicidad, confluyen en el mismo punto. Estas además en ese punto no tienen un apoyo, por lo que la luz es el doble de la longitud de las láminas. Se unen en una cúpula central. En la fachada utilizan el mismo pliegue. Sin embargo, entre las láminas se deja espacio para producir huecos. En cuanto a la construcción puede intuirse que fue in situ por las uniones entre las láminas.

1. Características geométricas

	Plegadura de cubierta	Plegadura de fachada
Luz o Longitud (L):	33,76 metros (14,65 las láminas)	14 metros
Canto total (h):	3,35 metros	3,15 metros
Relación luz/canto:	10	4,5
Espesor de la lámina (e):	0,25 metros	0,25 metros
Base del módulo (m):	6,62 metros	6,62 metros
Relación luz/espesor:	135	93
Ángulo (α):	42°	40°
Tipo de pliegue:	Con conicidad en V	Con conicidad en V

Datos aproximados

En cubierta y fachada



2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

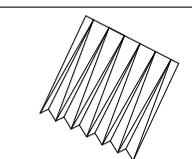
Prefabricado o in situ: in situ (desconocido)

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Apoyo sobre láminas plegadas

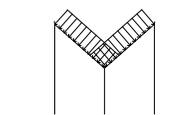
Sistema bi o tridimensional: tridimensional



Pliegue con conicidad

No hay imágenes de la construcción

Imágenes de la construcción



Apoyo sobre láminas plegadas

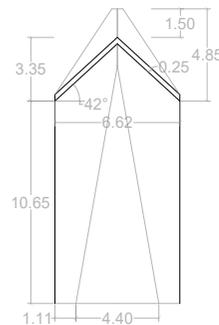


[74]

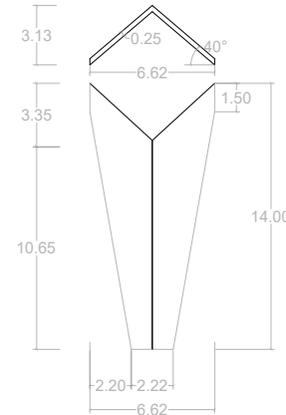


[75]

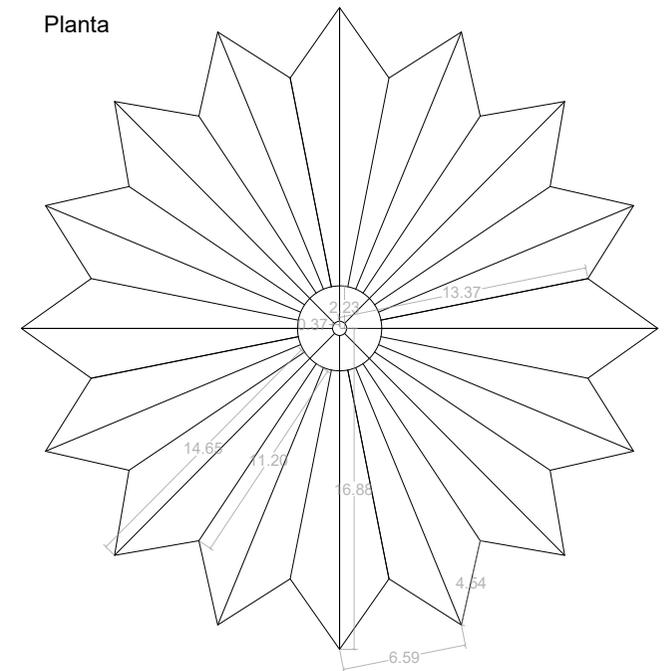
Detalle de plegadura de cubierta



Detalle de plegadura de fachada



Planta



Escala 1:400

Cotas en metros

Autor/es: Desconocido

Año de construcción: Desconocido

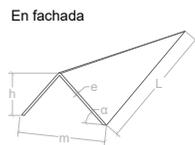
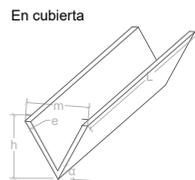
Ubicación: Onești, Rumanía

Uso: Deportivo

Se trata de un centro deportivo ubicado en Onești, en el cual se utilizan láminas plegadas en cubierta y en las fachadas del lateral largo. En la cubierta se utiliza pliegue simple en V, mientras que en la fachada es con concicidad. A su vez, en la fachada se permite la introducción de huecos. Por la composición de las láminas se intuye una cierta prefabricación, aunque resulta complicado conocerlo debido a los revestimientos utilizados.

1. Características geométricas

	Plegadura de cubierta	Plegadura de fachada
Luz/longitud (L):	26,01 metros	11,00 metros (mayor)
Canto total (h):	2,46 metros	1,23 metros (mayor)
Relación luz/canto:	10,5	9
Espesor de la lámina (e):	0,30 metros (mayor)	0,30 metros
Base del módulo (m):	3,86 metros	3,86 metros
Relación luz/espesor:	87	37
Ángulo (α):	50°	25°
Tipo de pliegue:	Simple en V	Con concicidad en V



2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta y fachada

Prefabricado o in situ: Módulos prefabricados (descon.)

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Apoyo sobre láminas plegadas

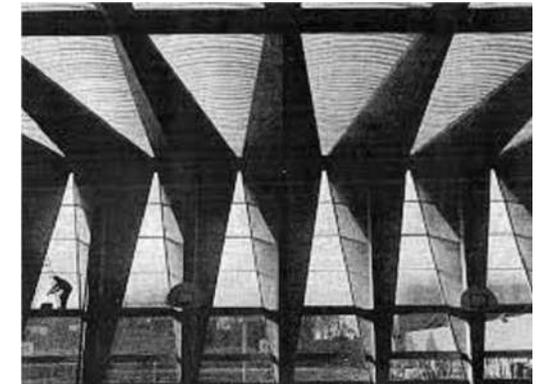
Sistema bi o tridimensional: tridimensional

Pliegue simple y con concicidad

No hay imágenes de la construcción

Imágenes de la construcción

Sobre láminas plegadas

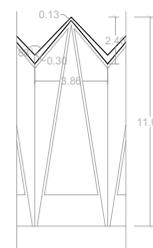


[42]

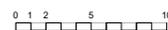
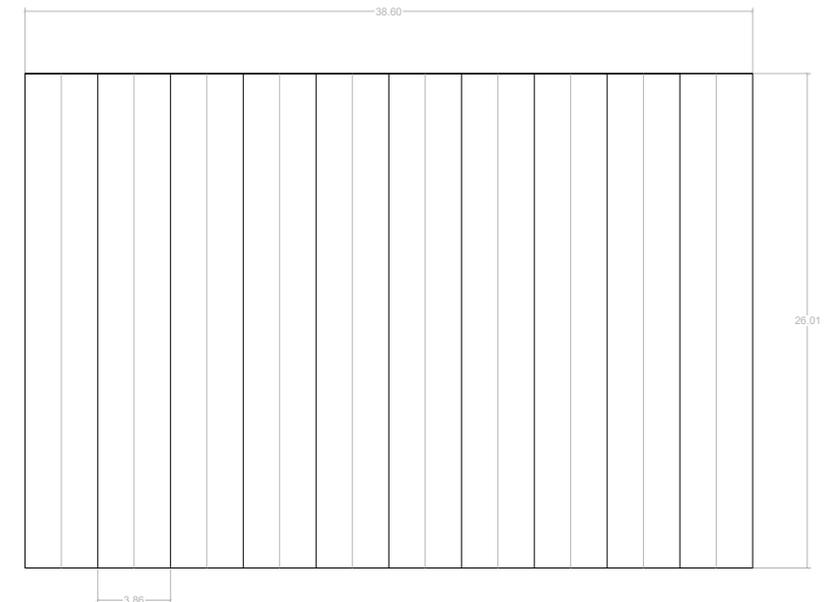
Detalle de plegadura



Alzado lateral



Planta



Escala 1:500

Cotas en metros

Autor/es: G. Chira y A. Migala

Año de construcción: 1975

Ubicación: Bacau, Rumanía

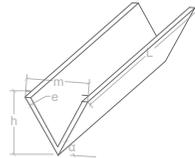
Uso: Deportivo

Se trata de un centro deportivo ubicado en Bacau, similar al realizado en Onesti. Utiliza láminas plegadas en cubierta y en las fachadas del lateral largo. En la cubierta se utiliza pliegue simple en V, mientras que en la fachada es con conicidad. A su vez, en la fachada se permite la introducción de huecos. La estructura se sustenta mediante una estructura auxiliar en arco que posee cables que se cogen a las láminas plegadas. La construcción se deduce que es in situ ya que las uniones de las láminas son propias de una fabricación in situ.

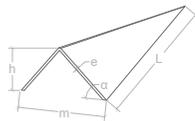
1. Características geométricas

	Plegadura de cubierta	Plegadura de fachada
Luz/longitud (L):	53,52 metros	16,00 metros (mayor)
Canto total (h):	2,39 metros	2,87 metros (mayor)
Relación luz/canto:	22,5	5,5
Espesor de la lámina (e):	0,50 metros	0,50 metros
Base del módulo (m):	4,54 metros	4,54 metros
Relación luz/espesor:	107	32
Ángulo (α):	38°	44°
Tipo de pliegue:	Simple en V	Con conicidad en V

En cubierta



En fachada



medidas aproximadas

2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta y fachada

Prefabricado o in situ: In situ (desconocido)

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Apoyo sobre láminas plegadas

Sistema bi o tridimensional: tridimensional

Pliegue simple y conicidad

No hay imágenes de la construcción

Imágenes de la construcción

Sobre láminas plegadas



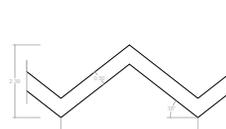
[76]



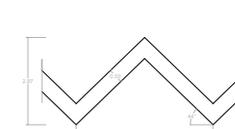
[77]

Detalle de plegadura

En cubierta

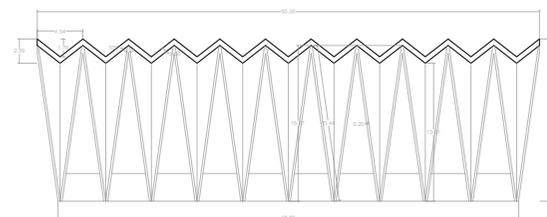


En fachada



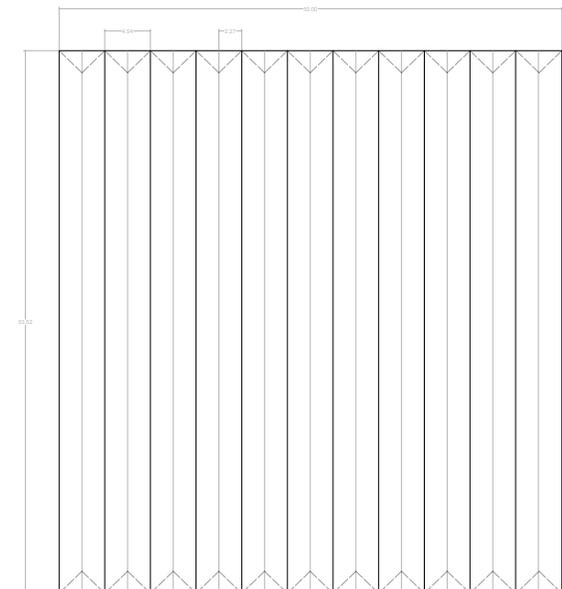
Escala 1:250

Alzado lateral



Escala 1:750 Cotas en metros

Planta



Autor/es: Desconocido

Año de construcción: Desconocido

Ubicación: Mar del Plata, Argentina

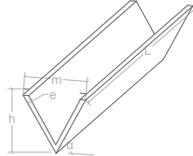
Uso: Religioso

Se trata de un centro deportivo ubicado en Bacau, similar al realizado en Onesti. Utiliza láminas plegadas en cubierta y en las fachadas del lateral largo. En la cubierta se utiliza pliegue simple en V, mientras que en la fachada es con conicidad. A su vez, en la fachada se permite la introducción de huecos. La estructura se sustenta mediante una estructura auxiliar en arco que posee cables que se cogen a las láminas plegadas. La construcción se deduce que es in situ ya que las uniones de las láminas son propias de una fabricación in situ.

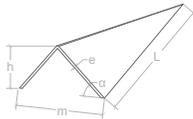
1. Características geométricas

	Plegadura de cubierta	Plegadura de fachada
Luz/longitud (L):	24,61 metros (mayor)	9,00 metros
Canto total (h):	1,45 metros	0,80 metros (mayor)
Relación luz/canto:	17	11
Espesor de la lámina (e):	0,13 metros	0,30 metros
Base del módulo (m):	5,00 metros	5,00 metros
Relación luz/espesor:	189	30
Ángulo (α):	28°	11°
Tipo de pliegue:	Simple en V	Con conicidad en V

En cubierta



En fachada



medidas aproximadas

2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta y fachada

Prefabricado o in situ: In situ (desconocido)

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Apoyo sobre láminas plegadas

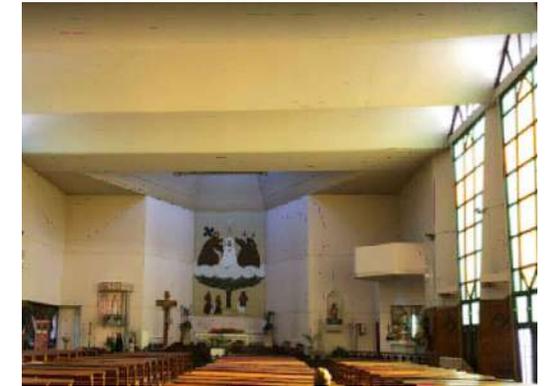
Sistema bi o tridimensional: tridimensional

Pliegue simple y con conicidad

No hay imágenes de la construcción

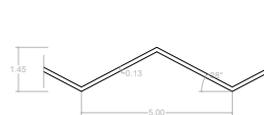
Imágenes de la construcción

Sobre láminas plegadas

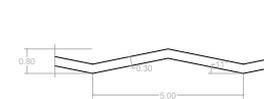


Detalle de plegadura

En cubierta

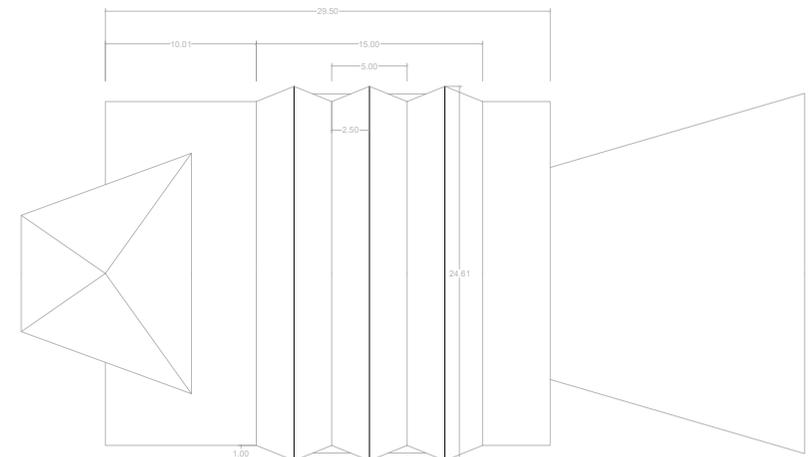


En fachada

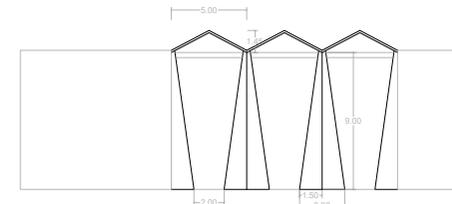


0 1 2 3 4 5 Escala 1:250

Planta



Alzado lateral



0 1 2 5 10 Escala 1:500 Cotas en metros

Autor/es: Seyna y Hofman

Año de construcción: 1964

Ubicación: Scheveningen, Países Bajos

Uso: Empresarial

Se trata de una lonja en la cual el edificio principal se forma con láminas plegadas, tanto en la cubierta como en una de las fachadas. En la parte opuesta a la que se realiza las plegaduras de fachada se sitúa un voladizo. La plegadura utilizada en la cubierta resulta curiosa ya que parte de simple en V y se divide en dos cuando se acaba el voladizo. También la sección varía a lo largo de toda la cubierta. En la fachada se aplica la conicidad pero no en su totalidad, ya que el resto la forma un muro. La construcción se intuye que es in situ, por la complejidad y variedad de láminas y uniones.

1. Características geométricas

	Plegadura de cubierta	Plegadura de fachada
Luz/longitud (L):	24,75 metros	5,79 metros
Luz voladizo (L'):	12,56 metros	
Canto total (h):	2,41 metros	1,15 metros (mayor)
Relación luz/canto:	10	5
Espesor de la lámina (e):	0,20 metros	0,30 metros
Base del módulo (m):	3,25 metros	2,06 metros
Relación luz/espesor:	123	19
Ángulo (α):	52°	36°
Tipo de pliegue:	Simple en V	Con conicidad en V



medidas aproximadas

2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta y fachada

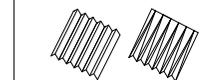
Prefabricado o in situ: In situ (desconocido)

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Apoyo sobre láminas plegadas y vigas y pilares

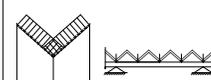
Sistema bi o tridimensional: tridimensional



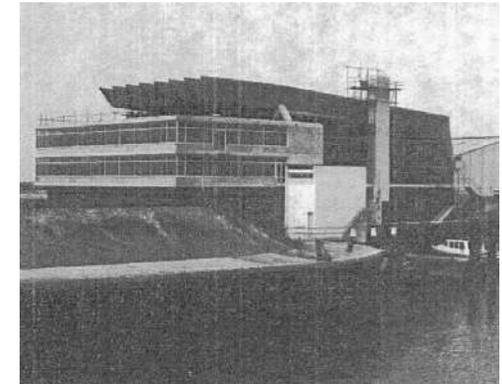
Pliegue simple y con conicidad

No hay imágenes de la construcción

Imágenes de la construcción

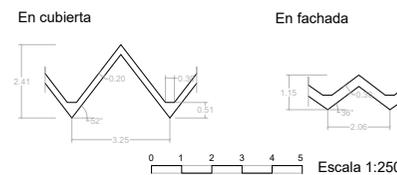


Sobre láminas plegadas y vigas y pilares

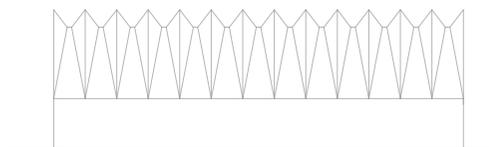


[42]

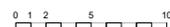
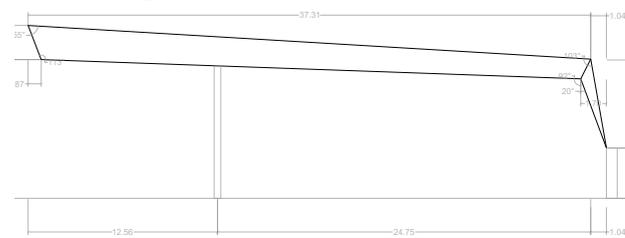
Detalle de plegadura



Alzado lateral

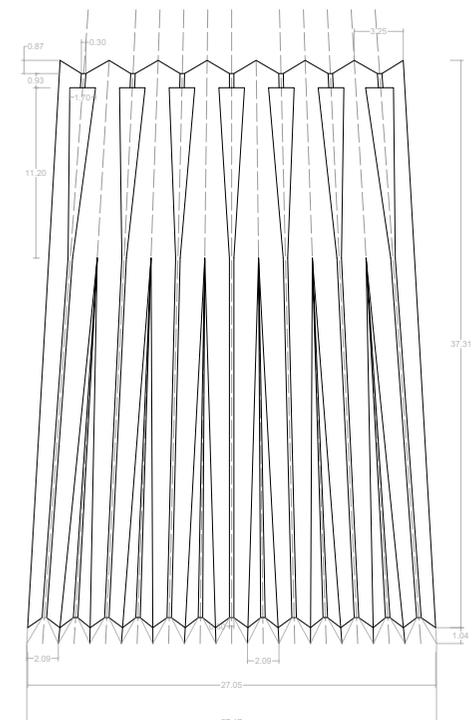


Sección longitudinal



Escala 1:500 Cotas en metros

Planta



Autor/es: P.L. Nervi

Año de construcción: 1948

Ubicación: Turin, Italia

Uso: Exhibiciones

Se trata de un palacio de exposiciones en conmemoración de los 150 años de la unidad nacional. Está formado por una bóveda constituida por distintos módulos prefabricados de plegadura simple en V. Nervi trabajó mucho con este tipo de estructuras.

1. Características geométricas

Luz (L): 90,10 metros (aprox)

Canto total (h): 1,67 metros (aprox) (mayor)

Relación luz/canto: 54

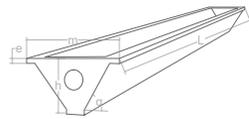
Espesor de la lámina (e): 0,08 metros (aprox)

Base del módulo (m): 2,50 metros (aprox)

Relación luz/espesor: 1126

Ángulo (α): 52°

Tipo de pliegue: Simple en V



2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: cubierta

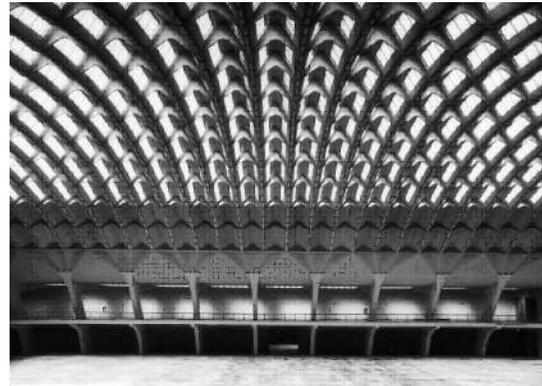
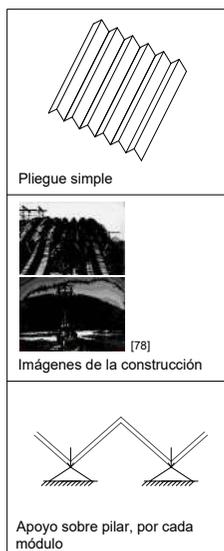
Prefabricado o in situ: Módulos prefabricados

Material: Ferrocemento

3. Características estructurales

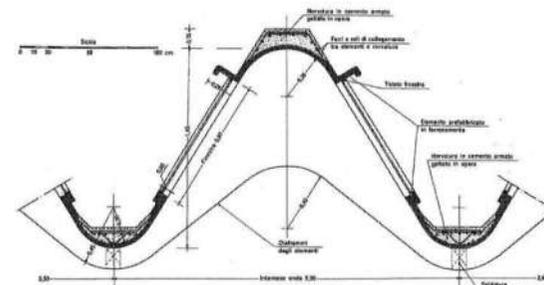
Tipo de vinculación exterior: Apoyo sobre pilar, por cada módulo

Sistema bi o tridimensional: tridimensional



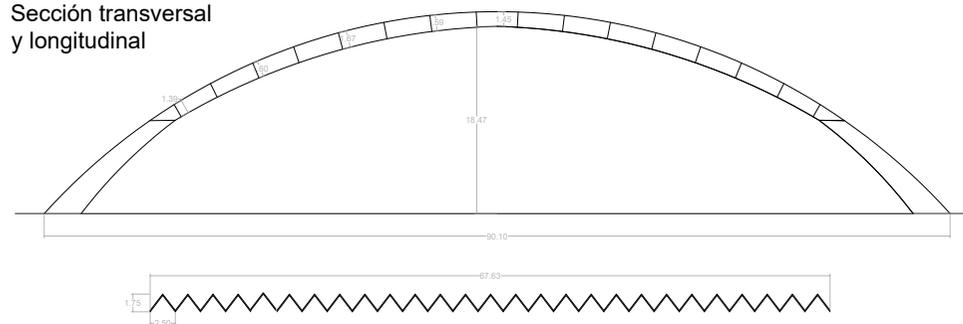
[78]

Detalle de plegadura



[79]

Sección transversal y longitudinal



Escala 1:750 Cotas en metros

Autor/es: Alejandro Pietri

Año de construcción: Desconocido

Ubicación: Caracas, Venezuela

Uso: Deportivo

Se trata de la cubierta del parque del Oeste. Esta forma una bóveda mediante las uniones de pliegues simples en V que forman una estructura en sí. Para su construcción se realizó in situ. Alejandro Pietri también realizó estructuras similares en Caracas, como el Teleférico del Ávila.

1. Características geométricas

Luz (L): 30,96 metros (aprox)

Canto total (h): 2,40 metros (aprox) (mayor)

Relación luz/canto: 13

Espesor de la lámina (e): 0,20 metros (aprox)

Base del módulo (m): 5,00 metros (aprox)

Relación luz/espesor: 155

Ángulo (α): 41°

Tipo de pliegue: Simple en V

2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: Todo

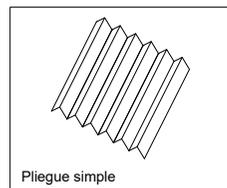
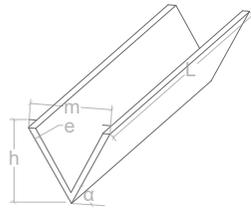
Prefabricado o in situ: In situ

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

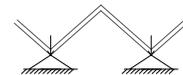
Tipo de vinculación exterior: Apoyo sobre pilar, por cada módulo

Sistema bi o tridimensional: tridimensional



No hay imágenes de la construcción

Imágenes de la construcción



Apoyo sobre pilar, por cada módulo

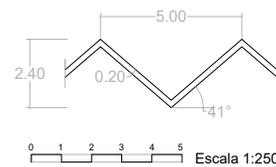


[80]



[81]

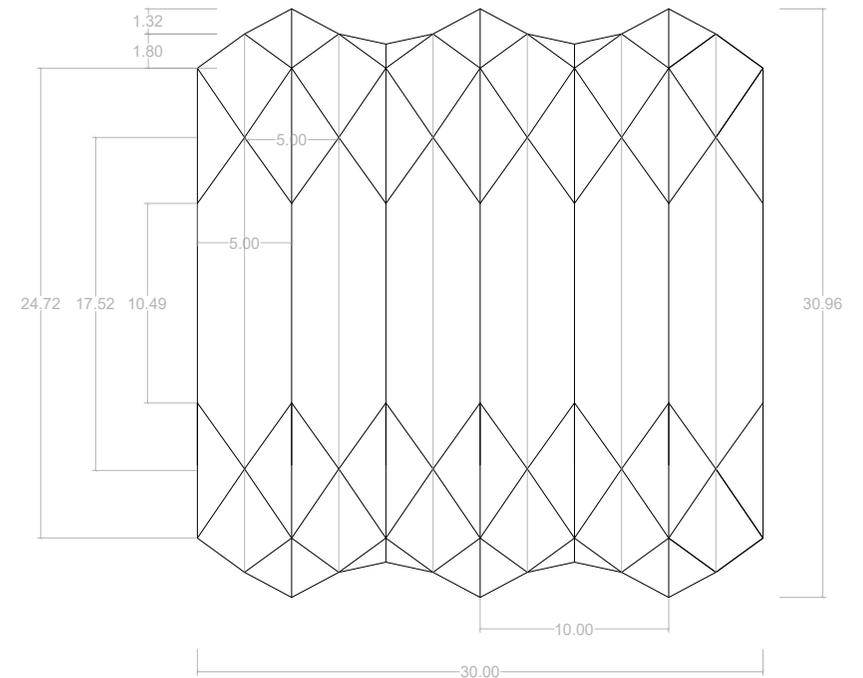
Detalle de plegadura



Escala 1:400

Cotas en metros

Planta



Autor/es: Alejandro Pietri

Año de construcción: 1956

Ubicación: Caracas, Venezuela

Uso: Transporte

Se trata de la cubierta de la estación del teleférico en la parte de la ciudad, la inferior. Esta forma una bóveda mediante las uniones de pliegues simples en V que forman una estructura en sí. Para su construcción se realizó in situ. Alejandro Pietri también realizó estructuras similares en Caracas, como la cubierta del Parque del Oeste.

1. Características geométricas

Luz (L): 29,04 metros (aprox)

Canto total (h): 1,50 metros (aprox) (mayor)

Relación luz/canto: 19

Espesor de la lámina (e): 0,20 metros (aprox)

Base del módulo (m): 4,57 metros (aprox)

Relación luz/espesor: 145

Ángulo (α): 29°

Tipo de pliegue: Simple en V

2. Características constructivas

Ubicación en el sistema constructivo-estructural: Todo

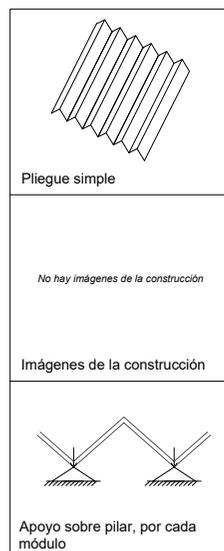
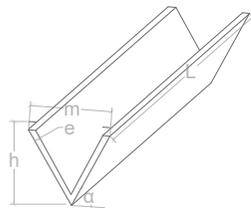
Prefabricado o in situ: In situ

Material: Hormigón armado

3. Características estructurales

Tipo de vinculación exterior: Apoyo sobre pilar, por cada módulo

Sistema bi o tridimensional: tridimensional

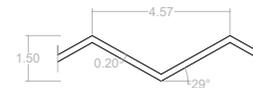


[82]



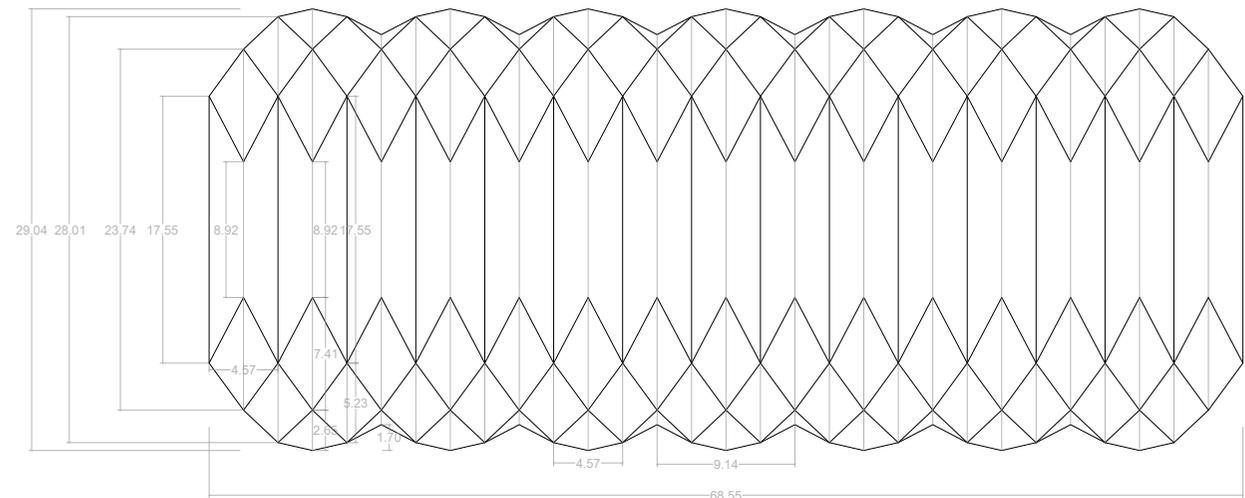
[83]

Detalle de plegadura



Escala 1:250

Planta



Escala 1:500

Cotas en metros

Análisis

Ya identificados y obtenidos los datos de los edificios, se procede al análisis de los resultados. Para ello, es preciso elaborar una serie de gráficas en función del patrón de pliegue y el sistema constructivo-estructural. Se dividen de esta manera ya que existen grandes diferencias entre tipos y entre cómo trabajan las láminas en función de su posición. También se elaboran una clasificación con tablas-resumen del tipo de vinculación exterior y sus edificios correspondientes.

Gráficas

Se realizan gráficas según la luz y el canto, la luz y el espesor y la base del módulo y el ángulo:

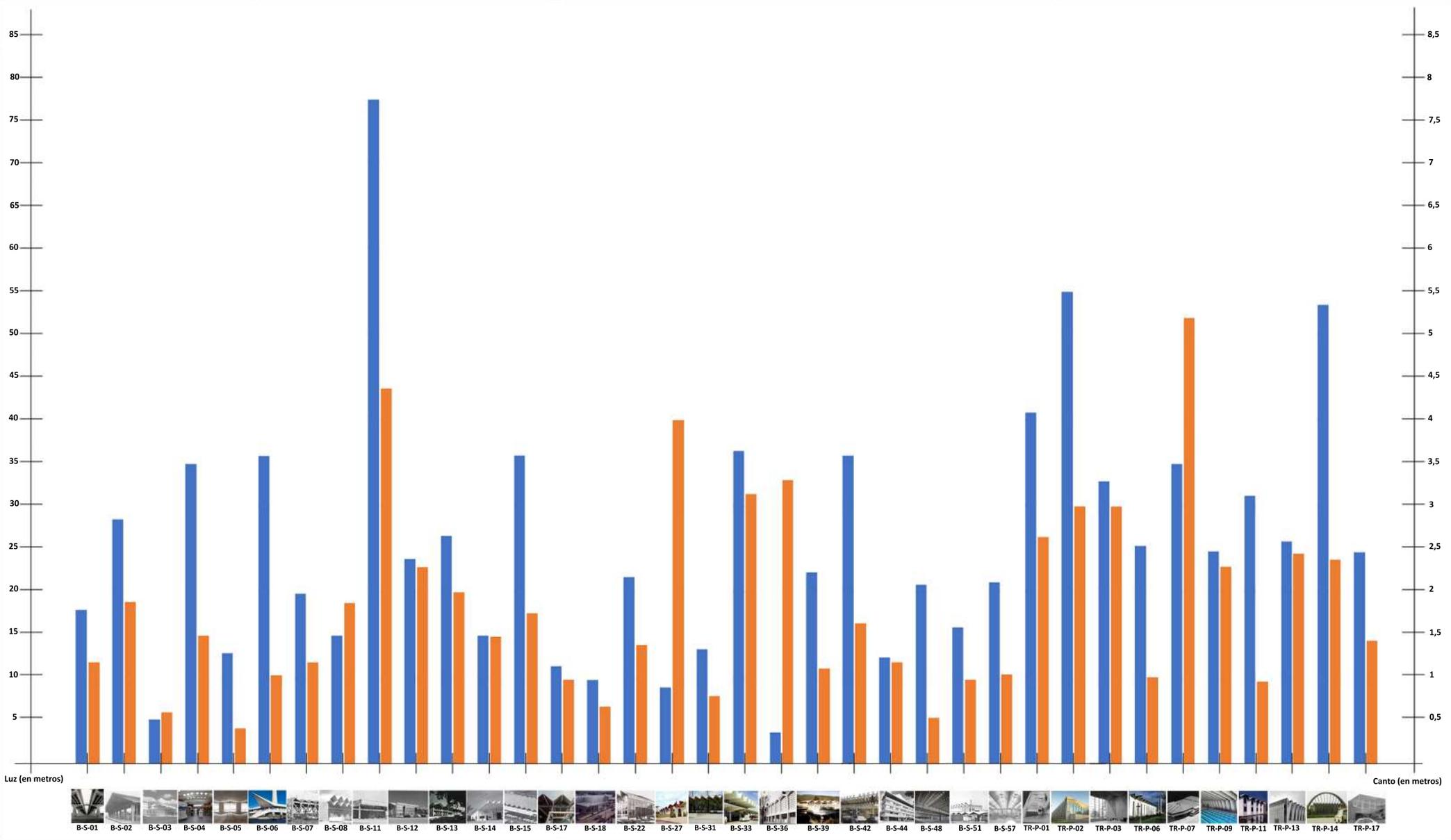
Gráfica 1: luz vs canto total

Gráfica 1. luz vs canto total:
*Con plegadura simple
 (en cubierta o forjado)*

Código	Nombre	Luz (m)	Canto (m)	Luz/canto
B-S-01	Viaducto Olímpico de Roma	18	1,2	15
B-S-02	Nueva estación ferroviaria de Savona	28,56	1,9	15
B-S-03	Laboratorios Alter	5,3	0,62	8,53
B-S-04	Den heider station (ampliación)	35	1,51	23,18
B-S-05	Namicks Headquarters	13	0,44	29,55
B-S-06	Edificios de la Torre de Televisión de Berlín	35,95	1,05	34,2
B-S-07	Centro di Atletica Leggera ESCUELA NACIONAL DE ATLETISMO DE FORMIA	19,94	1,2	16,62
B-S-08	Fábrica ASGA	15	1,89	7,94
B-S-11	Hangar Alghary Airlines, aeropuerto Logan, Boston	77,38	4,37	17,71
B-S-12	Almacén y talleres H.W. Moore Equipment Co	24	2,3	10,43
B-S-13	Escuela de la Sagrada Familia	26,68	2,03	13,28
B-S-14	Hangar Aeródromo Mackay, Aeropuerto de Fort Lauderdale	15	1,5	10

Código	Nombre	Luz (m)	Canto (m)	Luz/canto
B-S-15	Boleto Crovetoof Lanes, ahora Bethel Evangelical Baptist Church	36	1,77	20,34
B-S-17	Iglesia del Buen Pastor	11,54	1	11,54
B-S-18	Teatro en Plaza de Sula	9,91	0,69	14,36
B-S-22	Comisario	21,85	1,4	15,61
B-S-27	Mercado "Pedro Sainz de Baranda"	8,98	4	2,25
B-S-31	Marquesina de entrada al Parque Zip Buffalo	13,5	0,83	16,67
B-S-33	Terminal Lindeberg del aeropuerto internacional Minneapolis-Saint Paul	36,5	3,15	11,59
B-S-36	Iglesia de Saint Paul en la Plaza Lenimore	1,79	1,46	2,28
B-S-39	Centro de Desarrollo de Sonoma	22,4	1,13	19,82
B-S-42	Estación Runsky	36	1,65	21,82
B-S-44	Instituto Alemán de la Industria del Cemento	12,5	1,2	10,42
B-S-48	Almacén en Casena	21	0,65	32,31

Código	Nombre	Luz (m)	Canto (m)	Luz/canto
B-S-51	Fábrica S.F. de Miasio	16	1	16
B-S-57	Vereinigd Plastic Verkoopkantoor N.V. Laboratory	21,24	1,08	20,04
TR-P-01	Sede UNESCO (Sala de Conferencias)	41	2,65	15,47
TR-P-02	Milimat Sports Education Center	10	3	18,33
TR-P-03	General Trade School	33	3	11
TR-P-06	Iglesia de Cristo Rey	25,5	1,03	24,76
TR-P-07	Aula de la TU Delft	39	5,18	6,78
TR-P-09	Piscina Cubierta Arquitecto José Laguarda	24,85	2,31	10,76
TR-P-11	HYUP LUNG CO. LTD., NAIVE INDUSTRIAL ZIP BUFFALO	31,29	0,98	31,93
TR-P-13	Centro deportivo en Gh. Gheorghiu-Dej	26,03	2,46	10,57
TR-P-14	Sportlerler Bacia	53,52	3,99	23,98
TR-P-17	Lonja de Schoeningen	24,75	2,41	10,27



Con plegadura simple (en cubierta o forjado)

Según los datos obtenidos, se aprecian grandes luces con este pliegue generalmente, aunque también el canto necesario es realmente grande. Destacan edificios como el Hangar de Alleghany Airlines, con 77 metros y el Mülimatt Sports Education Center con 55 metros. En cuanto a los que menores luces consiguen destacan la Iglesia de Saint Paul con casi 4 metros y el Pabellón de los Laboratorios Alter con 5,3 metros. Sin embargo, tanto los valores altos como los bajos se pueden explicar. Para conseguir grandes luces se utilizaron cables postensados, de distinta manera en ambos edificios, ya que uno es construido in situ y otro prefabricado respectivamente. También influyen aspectos como la vinculación exterior, que en el hangar se realiza gracias a tímpanos y pilares y en el Mülimatt sobre láminas plegadas formando un pórtico. Los valores bajos en la iglesia se producen debido a criterios estéticos y de diseño de planta, ya que las naves laterales no tienen grandes tamaños en planta, por lo que no se precisa de mayor luz. En el pabellón ocurre que el diseño se centra en los voladizos laterales, además de que el edificio en sí es pequeño y no es preciso obtener mayores luces.

La mayoría de los edificios tienen entre 20 y 35 metros de luz. Existen edificios con más y menos, pero con menos es extraño y no aprovecha las virtudes del sistema en general.

En cuanto al canto obtenido, se encuentran edificios con cantos excesivamente grandes, como puede ser el Aula de la TU Delft con 5,18 metros y el Hangar de Alleghany Airlines con 4,37 metros. Sin embargo esto es proporcional a la luz conseguida (en el Aula se une con otro tipo de láminas además de estar parte en voladizo). Entre los cantos más pequeños

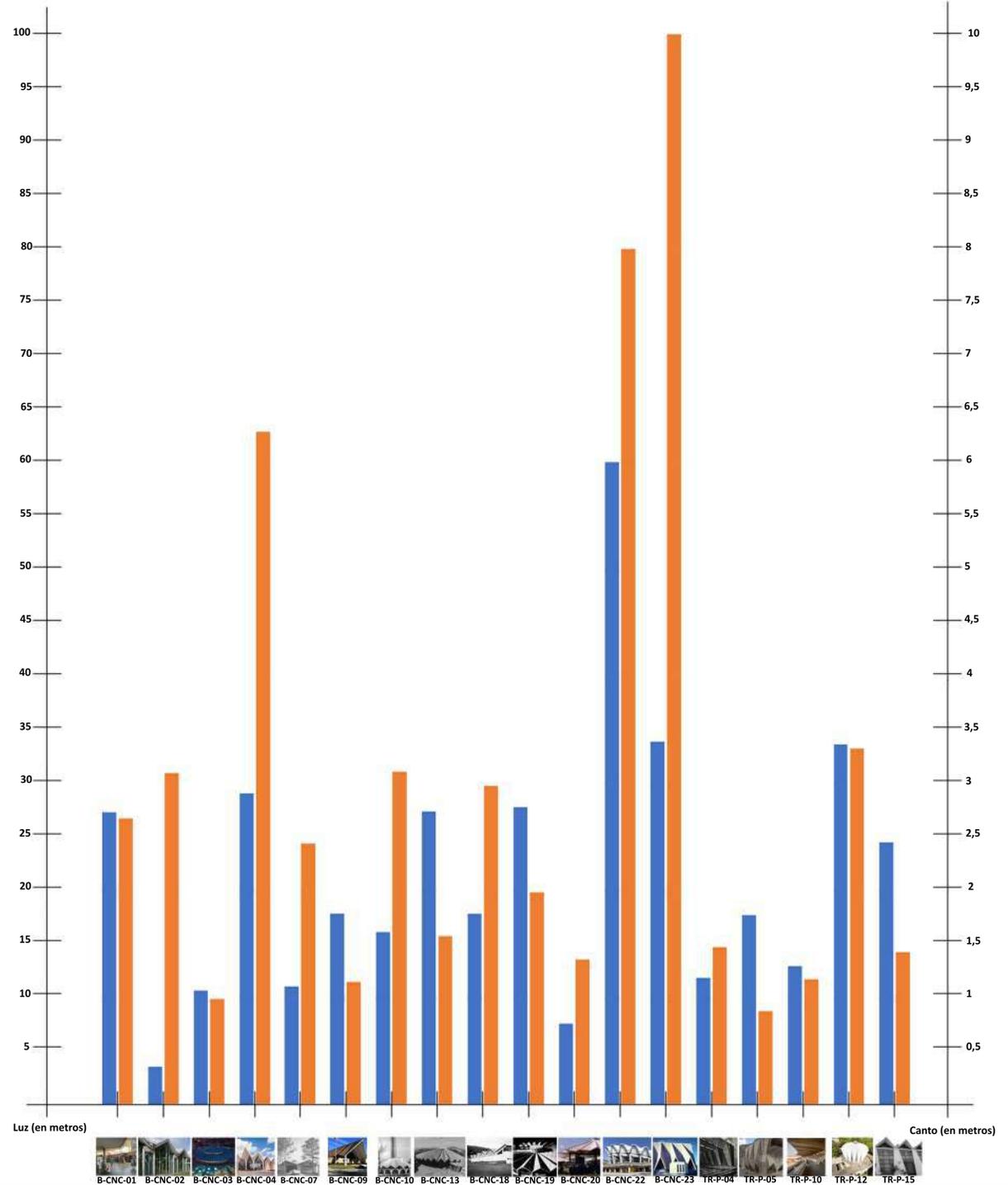
se encuentra el utilizado en el Pabellón de los Laboratorios Alter con 0,62 metros y el Namics Headquarters con 0,44 metros. En el pabellón tiene sentido ya que las luces no son muy grandes, unido a un ángulo de las láminas elevado que permite mayor rigidez del sistema, lo que contrarresta tener un canto pequeño. En el Namics Headquarters se produce un canto pequeño, ya que se trata de un forjado, mientras que los otros edificios son cubiertas. Sin embargo, al contrario que en el pabellón, el ángulo producido es muy pequeño, funcionando prácticamente como una losa, ya que el canto es similar en tamaño al espesor utilizado.

El canto predominante en los edificios es de entre 0,5 y 2 metros, aunque existen bastantes por encima de este valor, siendo común ver hasta 3 metros.

Por otro lado, la relación luz/canto, visualmente perceptible en la gráfica, es algo que denota la eficacia del sistema respecto a un edificio en cuestión. Destaca el Almacén en Cesena con 32 como mejor ejemplo de grandes luces con un canto pequeño. En este edificio se debe principalmente al pliegue utilizado, en Omega, además del poco espesor de la lámina y la introducción de huecos en esta. Todo ello permite una reducción del peso y por tanto de la necesidad de un mayor canto. Otro caso reseñable es el de los edificios de la Torre de Televisión de Berlín con 34, aunque en este los valores no son muy precisos por falta de documentación gráfica e información. La mayoría de los edificios tienen valores entre 10 y 20, siendo más los casos que superan esta cifra. Esto denota una gran eficacia del tipo de plegadura.

Gráfica 1. luz vs canto total: Con plegadura con conicidad (en cubierta)

Código	Nombre	Luz (m)	Canto (m)	Luz/canto
B-CNC-01	Mercado Central de Punda	27,4	2,7	10,15
B-CNC-02	Instituto de Filosofía de la FU de Berlín	3,72	3,12	1,19
B-CNC-03	Mercado Central de Ivano-Frankivsk	10,86	1,02	10,65
B-CNC-04	St. Malachy Catholic Church	29,2	6,02	4,85
B-CNC-07	Casa Octogonal	11,2	2,46	4,55
B-CNC-09	Iglesia Inmaculada Concepción	17,98	1,17	15,37
B-CNC-10	Central térmica en Roman	16,3	3,13	5,21
B-CNC-13	Iglesia de Nuestra Señora del Carmen	27,46	1,6	17,16
B-CNC-18	Mercado Laykakota	18	3	6
B-CNC-19	Southside Café-Washington State College	27,92	2	13,96
B-CNC-20	3 Pabellones circulares con cubierta con forma de sombrilla	7,76	1,38	5,62
B-CNC-22	Auditorium Maximum der Ruhr-Universität Bochum	60	8	7,5
B-CNC-23	Desconocido	34	10	3,4
TR-P-04	Instituto Sorolla	12	1,5	8
TR-P-05	Central hidroeléctrica de Proaza	17,82	0,91	19,58
TR-P-10	Sardar Vallabhbhai Patel Stadium	13,09	1,2	10,91
TR-P-12	Iglesia Saint Albert	33,76	3,35	10,08
TR-P-15	Iglesia de Fátima	24,61	1,45	16,97



Con plegadura con conicidad (en cubierta)

En el pliegue con conicidad, a simple vista se observa que no existen casos con grandes luces como en el pliegue simple. Sin embargo, el rango medio de luces que se producen es similar, ya que hay muchas que se encuentran entre 20 y 30 metros. Existe otra gran parte que se encuentra entre 10 y 20 metros.

En cuanto a los edificios con más luces se encuentra el Auditorium de Bochum, con 60 metros. Sin embargo, este se trata de una excepción ya que gran parte de su estructura no está formada por láminas plegadas con conicidad. El siguiente sería el edificio desconocido B-CNC-23, el cual la estructura sitúa pliegues con conicidad formando una cubierta a dos aguas. De esta manera se consiguen grandes luces, en este caso de 34 metros. Esto también sucede en la Iglesia Inmaculada Concepción. Otro edificio de luz similar es la Iglesia Saint Albert. En el edificio desconocido utiliza un canto extremadamente grande, el mayor visto, de 10 metros. Esto se debe a que mediante este pliegue se permite crear huecos en la estructura, así que el tamaño se debe a las pretensiones del diseño de crear grandes huecos. En el Auditorium, por ejemplo, sí que se precisa de un gran canto, de 8 metros, que permita mantener estable la losa además de poseer un tímpano para esto.

Respecto al canto, con este tipo de pliegue ocurre que no es uniforme en ningún caso, ya que va variando a lo largo de su longitud. Por tanto, para su análisis se cogerá el punto donde este es mayor. Como ya se ha dicho, el edificio desconocido es el que más tiene (10 metros) junto al Auditorium (8 metros). Sin embargo existen otros edificios que tienen grandes cantos aunque no resaltan respecto a sus luces. El siguiente en tamaño de canto sería la Iglesia de St Malachy, en la cual el canto va variando, pero llega a

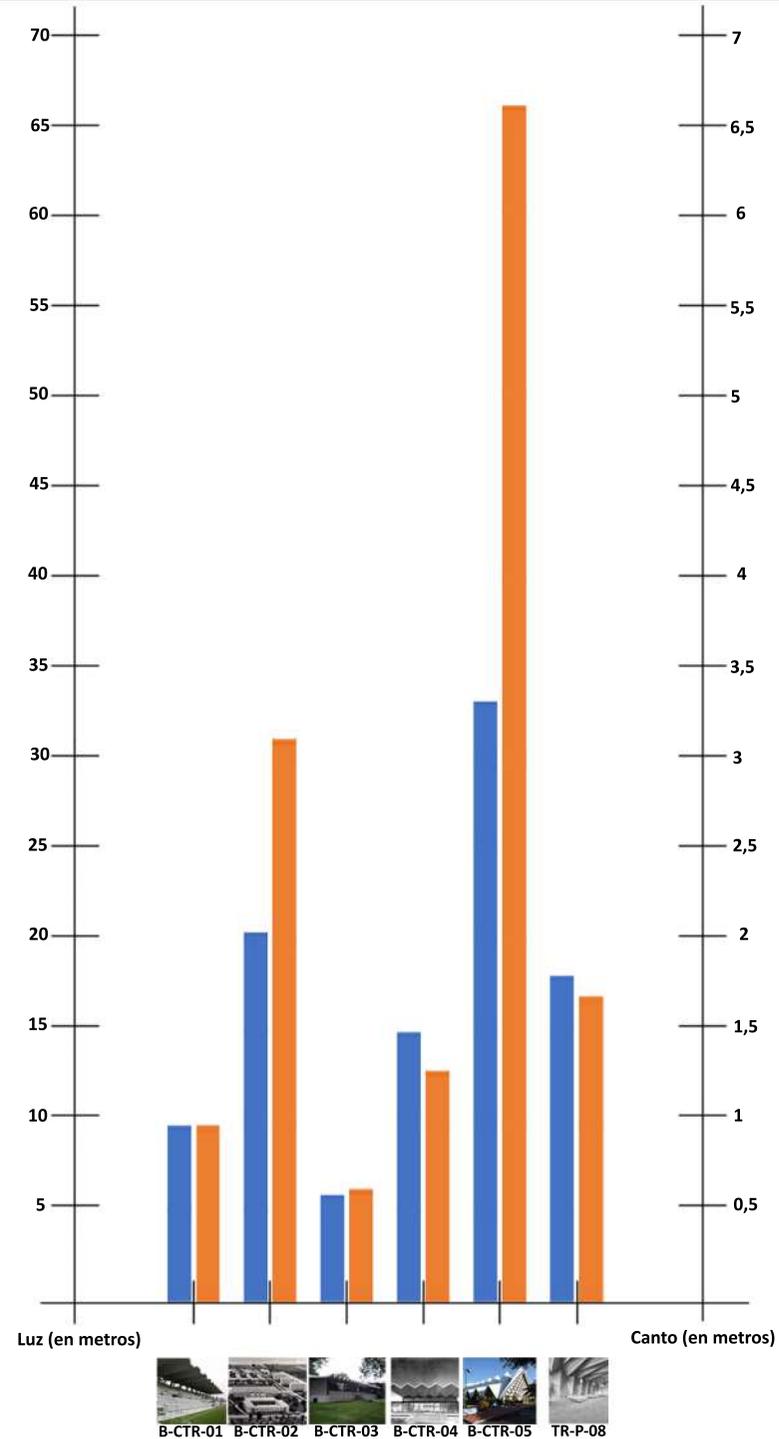
alcanzar 6 metros. En este caso además se produce un voladizo en ese extremo.

La mayoría de los cantos de los edificios se sitúan en torno a 1 y 3 metros, pero ninguno baja casi de esa cifra, por lo que se nos representa el límite de tamaño del sistema.

Por otro lado, las proporciones luz/canto son muy diversas debido a las distintas aplicaciones del pliegue. Mayoritariamente se encuentran en torno a 10, llegando incluso a 19,58 en la central hidroeléctrica de Proaza.

Gráfica 1. luz vs canto total: *Con plegadura contrapuesta (en cubierta)*

Código	Nombre	Luz (m)	Canto (m)	Luz/canto
B-CTR-01	Canódromo de Carabanchel	9,75	1	9,75
B-CTR-02	Universidad Laboral de Tarragona	20,36	3,12	6,53
B-CTR-03	American Concrete Institute Building	5,96	0,65	9,17
B-CTR-04	Aduana Frontera Finlandesa con Rusia en Torfyanovka	14,86	1,3	11,43
B-CTR-05	Capilla San Ignacio de Loyola - Colegio Externado de San José	33	6,59	5,01
TR-P-08	Sala mortuoria cementerio de Frankfurt-Westhausen	17,96	1,71	10,50



Con plegadura contrapuesta (en cubierta)

En el pliegue contrapuesto, como se observa, no existen muchos ejemplos. Además, poseen características distintas respecto a los ya analizados e incluso entre ellos mismos con el mismo pliegue, ya que tres de ellos funcionan como voladizo. Sin embargo, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

En cuanto a la luz conseguida con este pliegue destaca que no existen muchas similitudes entre los ejemplos, ya que las luces son distintas entre ellos. Se puede establecer un rango medio entre 10 y 20 metros, pero no es representativo. Además son los edificios que no son voladizo los que mayor luz consiguen. Sin embargo, esta no es demasiado grande. El edificio con mayor luz la Capilla de San Ignacio de Loyola, con 33 metros. En este se produce una cubierta a dos aguas la cual se forma con los laterales aplicando el pliegue contrapuesto. Al producirse esa doble concidad característica del pliegue, la unión entre ambos lados de la cubierta a dos aguas es más consistente al producirse en V, al tener una mayor superficie de apoyo, lo que permite que la cubierta funcione como un conjunto. A su vez esto hace que el canto sea también realmente grande, pero se produce también para abrir huecos, algo que facilita este tipo de pliegue.

El caso donde observamos menor luz es en el American Concrete Institute Building. Sin embargo, esto se explica ya que se trata de una cubierta la cual la mayor parte funciona como voladizo, lo que supone una mayor dificultad a la hora de conseguir luces, además de tener un reducido canto. Las luces son de 5,96 metros, y se producen en ambos laterales ya que el edificio es simétrico. Por otro lado, el diseño del edificio no ayuda a que esto funcione, ya que existe poca compensación del momento al tener una inclinación desfavorable y poco tramo biapoyado que lo compense.

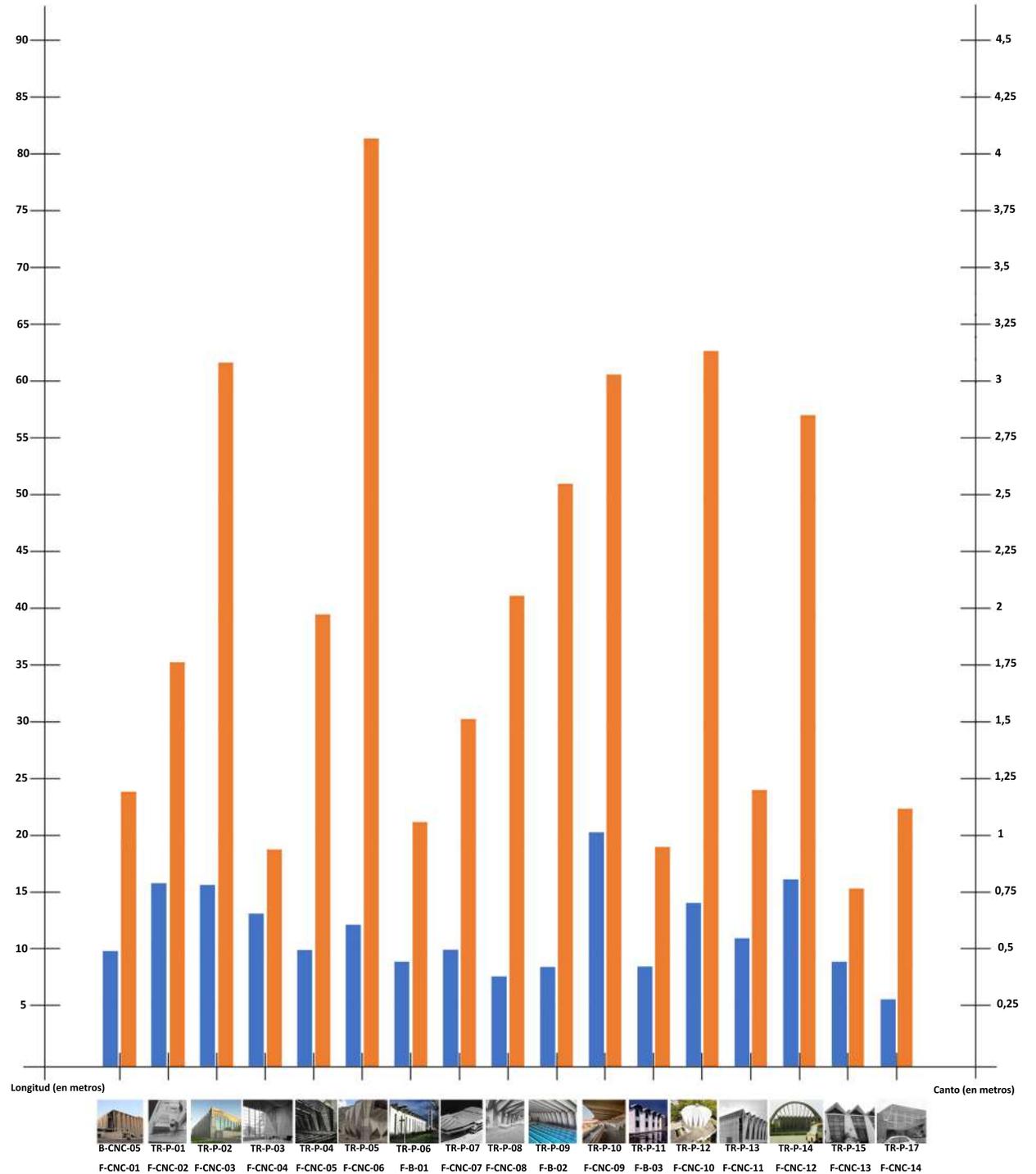
En cuanto al canto observado también se producen resultados muy dispares. Se podría situar el rango entre 0,5 y 1,5 metros, pero al disponer de pocos ejemplos no resulta representativo. Además existen grandes diferencias entre ellos. El mayor se sitúa en 6,59 metros, en la Capilla de San Ignacio de Loyola. Este canto es debido al diseño, para disponer grandes huecos, y además consigue grandes luces. En cuanto al edificio con menor canto resulta ser el American Concrete Institute Building, con 0,65 metros. Esto puede llevar a la deducción que la luz es pequeña, que es el caso, pero al estar dispuesto en voladizo resulta ser un edificio con una estructura realmente eficiente, algo que se observa mejor con la relación luz/canto. En este caso es 9,17, que para ser un edificio en voladizo es realmente buena, aunque se estudiará posteriormente.

El rango de luz/canto, que se observa en el contraste entre barras en la gráfica se mantiene proporcional entre la luz y el canto. Sin embargo destaca negativamente la Capilla de San Ignacio de Loyola, con una relación luz/canto de 5,01, algo que no resulta muy eficiente. La media de los edificios se encuentra entre 9 y 11. Esto también afecta negativamente a la Universidad Laboral de Tarragona, en la cual la relación es de 6,53. En este edificio resulta curioso el mal resultado obtenido, ya que utiliza cables tensores para conseguir las luces lo que supondría en una rebaja del canto y espesor. Por tanto, se puede suponer que la mala proporción luz/canto se debe al año de construcción y ubicación, ya que es uno de los primeros casos de láminas plegadas en España. También puede obedecer a criterios de diseño y haberse dispuesto ese tamaño de canto sin necesitarlo estructuralmente. Destacan positivamente en la relación luz/canto el edificio de aduana de la frontera Finlandesa con Rusia en Torfyanovka, con una proporción de 11,43, algo realmente sorprendente contando con que este edificio posee esa luz tanto en la parte biapoyada como en el voladizo,

siendo esta proporción igual en ambos puntos, aunque resalta positivamente cuando se compara con otros voladizos, mientras que la parte biapoyada no destacaría.

Gráfica 1. longitud vs canto total: Con todas las plegaduras (en fachada)

Código	Nombre	Longitud (m)	Canto (m)	Long/canto
B-CNC-05	Tagore Memorial Theatre	9,91	1,22	8,12
TR-P-01	Sede UNESCO (Sala de Conferencias)	15,68	1,79	8,76
TR-P-02	Mülhatt Sports Education Center	15,52	3,1	5,01
TR-P-03	General Trade School	13,08	0,97	13,48
TR-P-04	Instituto Sorolla	10	2	5
TR-P-05	Central hidroeléctrica de Proaza	12,15	4,08	2,98
TR-P-06	Iglesia de Cristo Rey	9	1,09	8,26
TR-P-07	Aula de la TU Delft	10	1,54	6,49
TR-P-08	Sala mortuoria cementerio de Frankfurt-Westhausen	7,63	2,08	3,67
TR-P-09	Piscina Cubierta Arquitecto José Laguillo	8,56	2,57	3,33
TR-P-10	Sardar Vallabhbhai Patel Stadium	20	3,05	6,56
TR-P-11	HYUP SUNG CO. LTD.- NAVE INDUSTRIAL ZIP BUFALO	8,59	0,98	8,77
TR-P-12	Iglesia Saint Albert	14	3,15	4,44
TR-P-13	Centro deportivo en Gh. Gheorghiu-Dej	11	1,23	8,94
TR-P-14	Sporturilor Bacau	16	2,87	5,57
TR-P-15	Iglesia de Fátima	9	0,8	11,25
TR-P-17	Lonja de Scheveningen	5,79	1,15	5,03



Todos los pliegues (en fachada)

Respecto a la fachada, es reseñable el cambio de concepto entre luz y longitud, ya que para la fachada este término cambiaría por la disposición de las láminas, al igual que los esfuerzos a los que la lámina se somete, ya que trabajarían a compresión. Sin embargo el análisis de los datos resulta también interesante, ya que se podrá analizar el comportamiento de las láminas como estructura vertical y los tamaños necesarios que deben tener. Para ello además se dispone un código distinto que permita clasificarlas y apreciar el tipo de pliegue.

La longitud de las láminas en los casos analizados, al tratarse de un elemento vertical sometido a carga, no es excesivamente grande. Todas se encuentran entre 5 y 20 metros, estando la mayoría entre 7,5 y 15 metros. La mayor longitud se encuentra en el Sardar Vallabhbhai Patel Stadium, con 20 metros. Estas láminas sustentan el voladizo de la tribuna del estadio por lo que tienen una longitud elevada. También el canto de este es elevado, de 3,05 metros, para sustentar a su vez las gradas en todo el perímetro del estadio, junto con el voladizo. Tienen un pliegue con conicidad y una serie de huecos en sus láminas. Es curioso cómo el canto mayor en este edificio se sitúa en la parte superior, en la unión con las láminas de cubierta, de manera que las láminas realizan apoyos puntuales sobre el terreno. Además, estas láminas tienen una longitud muy por encima del resto de edificios. El siguiente de mayor longitud es la Sala de Conferencias de la UNESCO, con 15,68 metros. Estas láminas se encuentran en los laterales de carga del edificio y sustentan las láminas plegadas. Su pliegue es con conicidad y su canto mayor se encuentra en la parte superior, de nuevo.

Los cantos se distribuyen entre 0,8 y 4,08 metros, sin embargo estos tienen un tamaño desproporcionado en muchos casos, lo que se puede deber a criterios estéticos. Ejemplo de ello es el canto mayor, que se encuentra en

la Central hidroeléctrica de Proaza, con 4,08 metros de canto, ya que se debe por estética, pues el canto de mayor tamaño no apoya en el terreno ni soporta las láminas de la cubierta. Otro canto de gran tamaño es el de la iglesia de Saint Albert, con 3,15 metros, que se debe a que se trata de un pórtico el cual sustenta láminas que abarcan grandes luces. Además, se sitúan, con pliegue con conicidad, con el mayor canto en la parte superior para sustentar las láminas. Esto también ocurre en el Mülimatt Sports Education Center con 3,1 metros de canto.

En cuanto a los cantos de menor tamaño se encuentra la Iglesia de Fátima, de 0,8 metros, con el pliegue con conicidad con la sección de mayor tamaño en la parte inferior, en contacto con el terreno.

La relación longitud/canto es realmente baja si se compara con las láminas dispuestas en cubierta con cualquier pliegue, ya que en este caso se sitúan entre 2,98 y 13,48. La relación más pequeña, con 2,98, es la Central hidroeléctrica de Proaza, que al considerarse el canto mayor, que además no es efectivo, resta valor a la proporción. La mayor, de 13,48, es el de la General Trade School, en el cual tanto el canto como la luz son reducidos, por lo que no se necesitan grandes luces para conseguir buenas proporciones, solo un diseño óptimo.

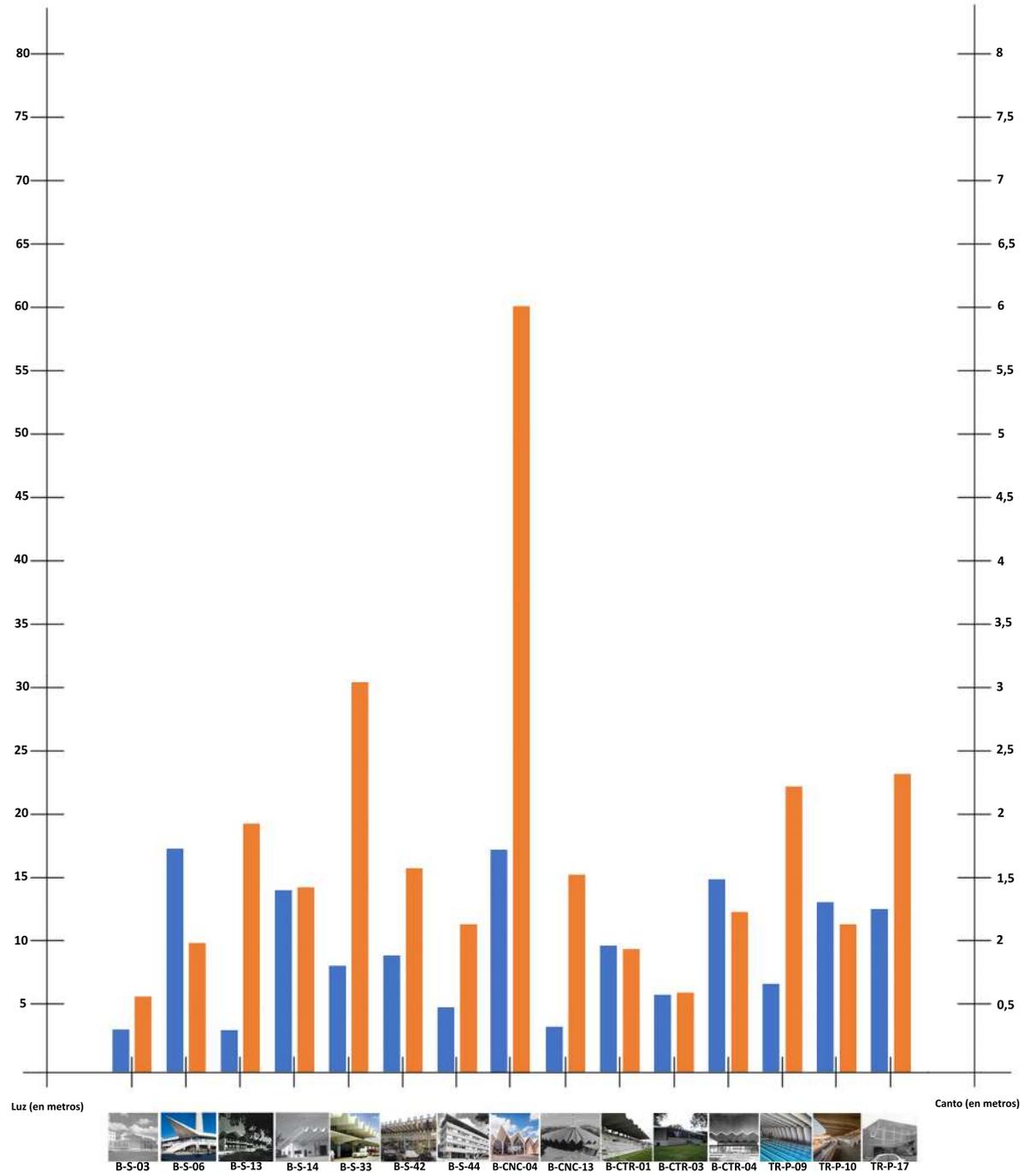
Es reseñable el pliegue mayoritariamente utilizado, que es el de con conicidad, y la disposición que este tiene. Cuando la parte con mayor sección está en contacto con la cubierta produce un mejor apoyo de las láminas de cubierta, además de cuando se trata de un pórtico las láminas de cubierta pueden mantener mejor la forma, algo crítico en las láminas plegadas, y actuando como un tímpano. En la parte inferior se situaría la parte con menor sección de la plegadura, y esto produce un apoyo puntual sobre el terreno. Por el contrario, cuando el pliegue se dispone

inversamente, las láminas de cubierta se apoyarían en la parte inferior de los módulos, al igual que al apoyarse puntualmente sobre un pilar, lo que no favorece a evitar la deformación de las láminas como el anterior caso. Sin embargo, el apoyo con el terreno es mucho mayor y ayuda a la estabilidad de las láminas de fachada.

Una vez vistos los valores obtenidos, se aprecia que el mejor pliegue para fachada según estos parámetros es el de con conicidad, ya que además de conseguir buenos resultados ofrece una gran ventaja debido a que por diseño permite conseguir huecos, algo que con otros pliegues o no se puede producir o son muy reducidos.

Gráfica 1. luz vs canto total: Con todas las plegaduras (en voladizo)

Código	Nombre	Luz (m)	Canto (m)	Luz/canto
B-S-03	Laboratorios Alter	3,3	0,62	5,32
B-S-06	Edificios de la Torre de Televisión de Berlín	17,21	1,05	16,39
B-S-13	Escuela de la Sagrada Familia	3,25	2,01	1,62
B-S-14	Hangar Aerolínea Mackey, Aeropuerto de Fort Lauderdale	14	1,5	9,33
B-S-33	Terminal Lindberg del aeropuerto Internacional Mineápolis-Saint Paul	8,2	3,15	2,60
B-S-42	Estación Kursky	9	1,65	5,45
B-S-44	Instituto Alemán de la Industria del Cemento	5	1,2	4,17
B-CNC-04	St. Malachy Catholic Church	17,27	6,03	2,86
B-CNC-13	Iglesia de Nuestra Señora del Carmen	3,5	1,6	2,19
B-CTR-01	Canódromo de Carabanchel	9,75	1	9,75
B-CTR-03	American Concrete Institute Building	5,96	0,65	9,17
B-CTR-04	Aduana Frontera Finlandesa con Rusia en Torfyanovka	14,86	1,3	11,43
TR-P-09	Piscina Cubierta Arquitecto José Laguillo	6,82	2,31	2,95
TR-P-10	Sardar Vallabhbhai Patel Stadium	13,09	1,2	10,91
TR-P-17	Lonja de Scheveningen	12,56	2,41	5,21



Todos los pliegues (en voladizo)

Respecto a los edificios encontrados con voladizo, resulta necesario observar los pliegues utilizados, ya que en la mayoría se opta por el pliegue simple, por su capacidad de extender la plegadura de la cubierta y extenderla produciendo un voladizo, algo incluso más claro en aquellos que son prefabricados y que se apoyan sobre vigas, ya que esta continuación es más sencilla. Algo que también ocurre en pliegue con conicidad, por el mismo motivo. En el pliegue contrapuesto se encuentran más los voladizos independientes, es decir, aquellas estructuras donde el voladizo tiene un rol principal o las constituyen únicamente.

En las láminas plegadas en voladizo, el rango de luces se reduce respecto al resto que se sitúan en cubierta, estando entre 3,25 y 17,27 metros. Entre ellos se encuentran valores muy dispares por lo que se distribuyen en ese rango. La mayor luz-vuelo se produce en la St. Malachy Catholic Church, de 17,27 metros. En este edificio se dispone una marquesina en voladizo en su perímetro, llegando a alcanzar esta longitud en su tramo mayor. Esta además se realiza con un canto realmente grande, de 6,03 metros, lo que hace que su proporción luz canto sea muy baja, a pesar de la luz conseguida. Utiliza el pliegue con conicidad. La siguiente luz más grande se encuentra en los edificios de la Torre de Televisión de Berlín. En estos edificios se producen una serie de voladizos con forma de triángulo y que poseen pliegues con conicidad. Resultan muy interesantes ya que estos poseen una inclinación hacia arriba o abajo dependiendo del voladizo. La menor luz se encuentra en la escuela de la Sagrada Familia, de 3,25 metros. Este valor tan bajo se debe a que el edificio propiamente no consiste en un voladizo, sino que es una prolongación de la cubierta. Este ayuda a contrarrestar los momentos. Caso distinto es el que se produce en el pabellón de los Laboratorios Alter, ya que también se producen voladizos

en ambos laterales, pero la relevancia y tamaño de estos son distintos. En el pabellón los voladizos miden 3,3 metros, pero la parte intermedia y biapoyada tiene 5,3 metros. En la escuela la parte intermedia y biapoyada es de 26,66 metros, por no hablar del rol de los voladizos entre los edificios, ya que en el pabellón es la marquesina de entrada y es lo que otorga identidad y carácter al edificio.

Respecto a los cantos de los edificios con voladizo son incluso más dispares que las luces, sin embargo guardan cierta relación en cuanto a estas. El rango en el cual oscilan los cantos es entre 0,62 y 6,03 metros, estando la mayoría entre 1 y 1,75 metros. El menor es el del Pabellón de los Laboratorios Alter, ya que las luces que se consiguen tampoco son muy grandes, de 3,3 metros. El pliegue utilizado es simple en V. Sin embargo, la proporción luz/canto es muy baja, por lo que no estaría bien dimensionado. El mayor canto, de 6,03 metros se encuentra en la St. Malachy Catholic Church, que además consigue el mayor vuelo, como ya se ha visto, pero el canto lo lastra en la relación luz/canto, siendo de 2,86. Otro gran canto se encuentra en la Terminal Lindberg del aeropuerto Internacional Mineápolis-Saint Paul, con 3,15 metros. Posee un pliegue simple en Omega. Es un canto realmente bajo para el vuelo conseguido, de 8,2 metros. Sin embargo el diseño del edificio se centra más en conseguir grandes luces en el interior que en el voladizo, que funciona a modo de marquesina y para contrarrestar momentos, sin tener un rol principal a la hora de su diseño.

Para conocer si de verdad el vuelo es acorde al canto es necesario conocer la relación luz/canto de los edificios. Los edificios se sitúan entre 1,62 y 16,39. En general el valor es muy bajo, ya que el papel del voladizo en la mayoría de los edificios es como una continuación de la cubierta, por lo que está diseñado principalmente para soportar las luces del interior. Los que

mejor proporción tienen son aquellos que tienen un voladizo independiente al resto de la estructura o cuando solo consiste en un voladizo o cuando este tiene un rol importante en el edificio. Es lo que ocurre en los edificios de la Torre de Televisión de Berlín, con la mejor proporción, de 16,39, o en la aduana de la frontera Finlandesa con Rusia en Torfyanovka, de 11,43 o en el Sardar Vallabhbhai Patel Stadium con 10,91. Los que menor proporción tienen por tanto el voladizo es una pequeña continuación de la cubierta, como en la escuela de la Sagrada Familia, con 1,62 o la Terminal Lindberg del aeropuerto Internacional Mineápolis-Saint Paul con 2,60, como ya se mencionó anteriormente, y en ambos se debe al rol secundario del voladizo.

Finalmente el pliegue que consigue mejores proporciones es el contrapuesto, ya que son estructuras principalmente enfocadas en el voladizo, mientras que en el resto de pliegues son continuaciones de la cubierta, con un rol secundario.

Conclusiones parciales gráficas luz-canto-luz/canto

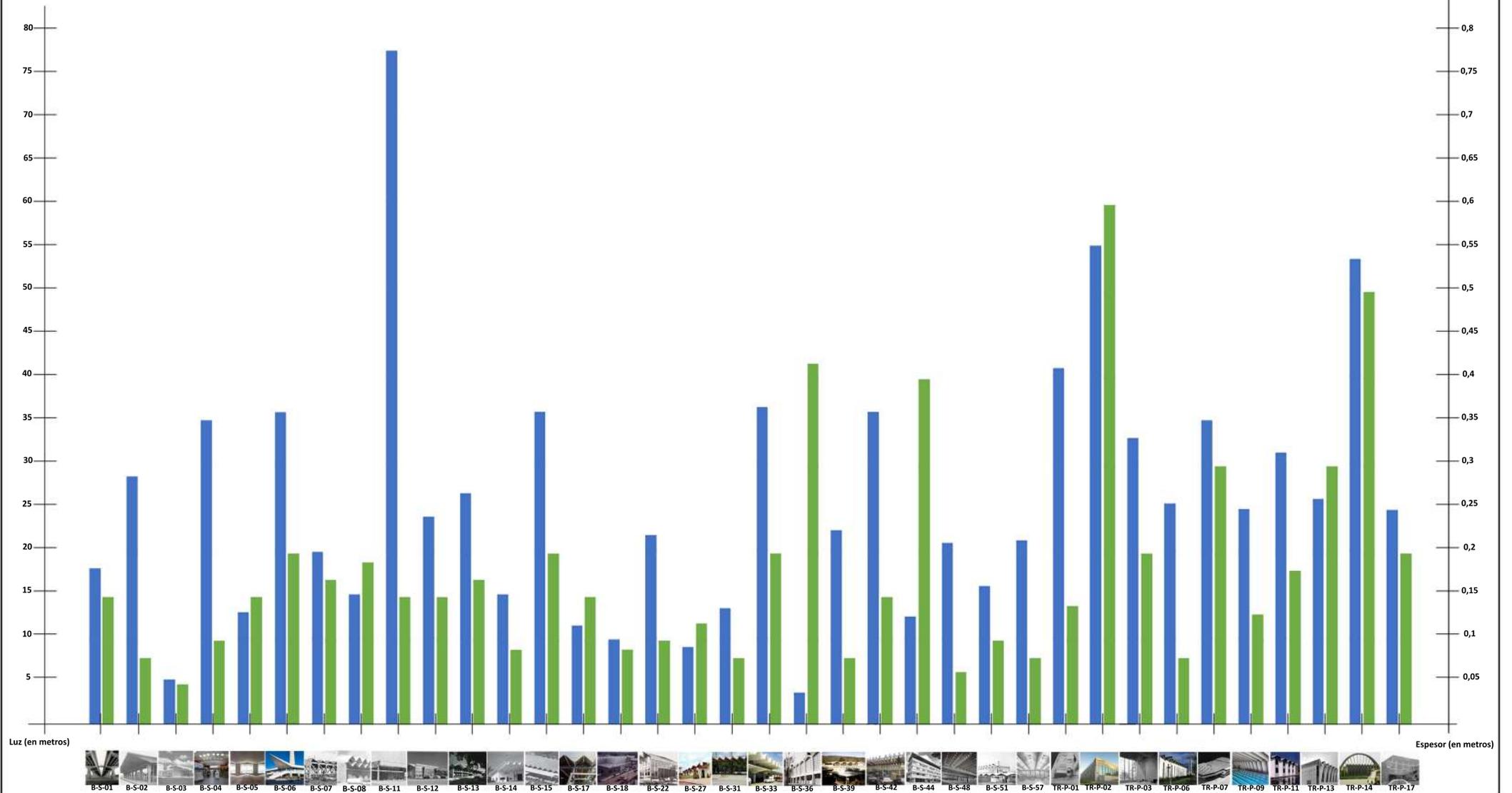
Finalmente, podemos concluir que el pliegue simple es el que consigue las mayores luces, con un canto proporcional y acorde a la luz, por lo que salen las mejores relaciones luz/canto. Dentro de este destaca el papel del pliegue omega, que permite reducir el canto, lo que unido a sus grandes luces, consigue excelentes proporciones. Entre los pliegues con conicidad y contrapuestos, en esta relación se obtienen resultados similares. Sin embargo, es destacable que las mayores luces de los dos las consigue en general el pliegue con conicidad. Respecto a los voladizos tienen una relación similar a las de estos pliegues, incluso con un comportamiento estructural distinto. Las láminas en fachada son distintas en este sentido, ya que al soportar esfuerzos de compresión y formar parte de la estructura necesitan un mayor canto respecto a la longitud. Además en esta el mejor pliegue según estas características resulta ser el pliegue con conicidad por sus posibilidades en cuanto a diseño, y el más utilizado. En cuanto a los voladizos conviene remarcar que en cuanto a estructuras independientes es mejor el contrapuesto, por encima del resto. El resto de casos mayoritariamente consisten en continuaciones de una estructura interior. Por tanto, cuando se pretende realizar esto último es mejor el pliegue simple y con conicidad. Podría enfatizarse que dentro de estos destaca el simple en omega. También destaca que con la prefabricación se obtienen mejores resultados cuando son continuaciones de una estructura.

Gráfica 2. luz vs espesor:

Algo que resulta muy conveniente en todo tipo de estructuras y es muy representativo de su eficiencia es el espesor de las láminas, ya que esto a su vez es representativo del coste por la cantidad de material. Por tanto es preciso tener un espesor bajo en relación con la luz conseguida. Para ello se realiza el análisis según esto de manera que se pueda conocer, al igual que para el canto, la eficiencia según el espesor.

Gráfica 2. luz vs espesor: Con plegadura simple (en cubierta o forjado)

Código	Nombre	Luz (m)	Espeor (m)	Luz/espeor	Código	Nombre	Luz (m)	Espeor (m)	Luz/espeor
B-S-01	Viaducto Olímpico de Roma	18	0,15	120	B-S-33	Terminal Lindberg del aeropuerto Internacional Mindepeche-Saint Paul	36,5	0,2	182,5
B-S-02	Nueva estación ferroviaria de Savona	28,56	0,06	393	B-S-36	Iglesia de Saint Paul en la Plaza Lorraine	3,79	0,4	9,48
B-S-03	Laboratorios Altav	5,3	0,05	106	B-S-39	Centro de Desarrollo de Sonoma	23,4	0,08	293
B-S-04	Des helier station (ampliación)	35	0,1	350	B-S-42	Estación Kurdy	86	0,15	240
B-S-05	Narrico Headquarters	13	0,15	86,67	B-S-44	Instituto Alemán de la Industria del Cemento	32,5	0,4	31,25
B-S-06	Edificio de la Torre de Televidos de Berlín	35,91	0,2	179,55	B-S-48	Almacén en Osnabrú	21	0,07	300,00
B-S-07	Centro de Atletica Laggner ESCUELA NACIONAL DE ATLETISMO DE FORMIA	19,04	0,17	112,29	B-S-51	Fábrica S.F. de Mielito	16	0,1	160
B-S-08	Fábrica ASE	15	0,19	78,95	B-S-57	Venerigi Plastic Verkoopkantoor N.V. Laboratory	21,24	0,08	265,5
B-S-11	Hangar Alghary Airlines, aeropuerto Logan, Boston	77,38	0,15	515,87	TR-P-01	Sede UNESCO (Sala de Conferencias)	41	0,14	292,86
B-S-12	Almacén y talleres H.W. Moore Equipment Co	24	0,15	160	TR-P-02	Müllent Sports Education Center	33	0,4	81,67
B-S-13	Escuela de la Sagrada Familia	26,06	0,17	156,82	TR-P-03	General Trade School	33	0,2	165
B-S-14	Hangar Aerolínea Mackey, Aeropuerto de Fort Lauderdale	15	0,09	166,67	TR-P-06	Iglesia de Cristo Rey	25,5	0,08	118,75
B-S-15	Bohara Cloverleaf Lanes, ahora Bethel Evangelical Baptist Church	36	0,2	180	TR-P-07	Aula de la TU Delft	35	0,1	116,67
B-S-17	Iglesia del Buen Pastor	11,54	0,15	76,93	TR-P-09	Placita Cubierta Arquitecto José Llagallo	74,85	0,11	191,15
B-S-18	Teatro en Plaza de Sula	9,91	0,09	110,11	TR-P-11	HYUP SUNG CO. LTD. NAWE INDUSTRIAL ZIP BUKALO	31,28	0,18	173,83
B-S-22	Gimnasio	21,85	0,1	218,5	TR-P-13	Centro deportivo en Gh. Ghenghis Dej	76,01	0,1	86,7
B-S-27	Mercado "Pablo Sainz de Barandía"	8,98	0,12	74,83	TR-P-14	Sportforum Baku	53,52	0,1	107,04
B-S-31	Marquesina de entrada al Parque Zpi Bufalo	13,5	0,08	168,75	TR-P-17	Louja de Scheveningen	24,75	0,2	123,75



Con plegadura simple (en cubierta o forjado)

El espesor en este tipo de pliegue es realmente bajo, además de uniforme en toda su sección. Sin embargo permanece uniforme en toda su sección longitudinal. En cambio en la sección transversal de la plegadura puede variar, algo frecuente en el Omega, donde en las partes horizontales se utiliza un espesor mayor. Cuando ocurre en el V la parte de mayor sección es la inferior, cuando está en contacto con la vinculación exterior, que se precisa de mayor refuerzo.

El rango de espesores varía entre 0,05 y 0,57 metros. La mayoría se encuentran entre 0,1 y 0,2 metros. Entre los más bajos destacan el Pabellón de los Laboratorios Alter con 0,05 metros. En realidad, este es el más bajo de entre todas las láminas plegadas. Esto se debe a que la luz conseguida es muy reducida al igual que su canto. Sin embargo la cantidad de material no es menor que en otros, ya que la base del módulo es reducida y el ángulo muy elevado, por lo que se concentran muchas plegaduras. Entre los mayores espesores está el Mülimatt Sports Education Center, con 0,57 metros. En este caso, además de tener de las luces más grandes, ocurre que se prefabrican los módulos dejando agujeros que permitan introducir posteriormente en obra los cables tensores.

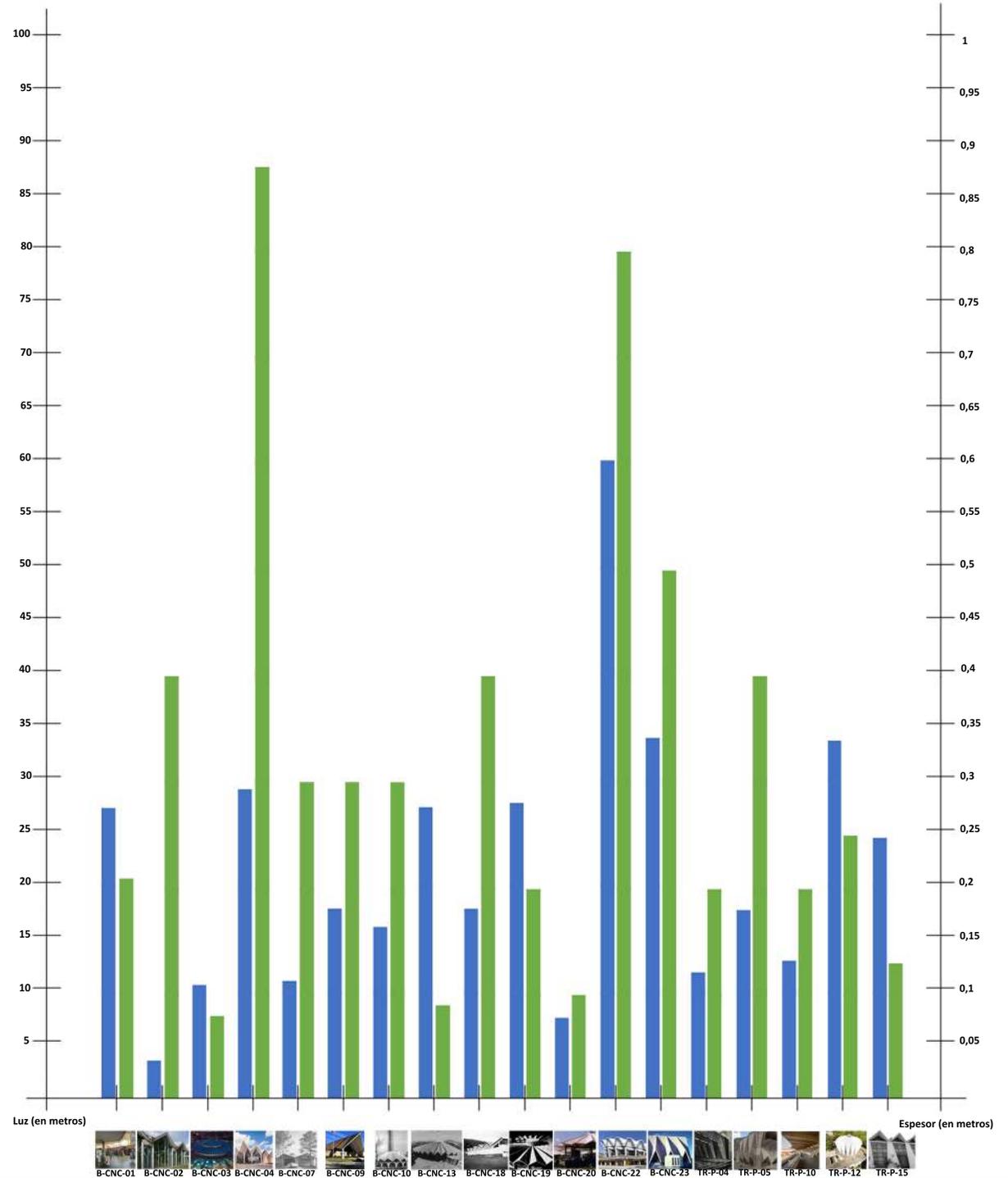
Por otro lado, edificios con grandes luces como el Hangar de Alleghany Airlines no poseen grandes espesores, que sería lo esperado en este tipo de láminas, teniendo 0,15 metros. La fabricación in situ, los rigidizadores mediante tímpanos, el tipo de pliegue y la introducción de cables tensores permiten la reducción de este espesor. En el caso contrario, como ya se ha mencionado, edificios con pequeñas luces como el pabellón de los Laboratorios Alter emplean espesores bajos a su vez.

La relación luz/espesor es el mejor factor para definir la optimización del sistema, ya que se relaciona directamente con la cantidad de material utilizada. A más luz y menor espesor, será mejor en cuanto a esto. Normalmente oscilan entre 100 y 200. El Hangar de Alleghany Airlines, como ya se adelantaba, es el que mejor proporción tiene, con 515. La Iglesia de Cristo Rey es otro edificio con gran proporción, de 318. Este, al contrario que el anterior posee láminas prefabricadas, lo que indica que se pueden conseguir buenas proporciones sin tener restricciones a la hora de elegir un determinado método constructivo. Este además tiene luces grandes, de 25 metros y espesor de 0,08 metros. Tampoco influye el tipo de plegadura simple, ya que el hangar utiliza pliegue en Omega y la iglesia en V.

Respecto a los que peor proporción poseen se encuentran la iglesia Saint Paul con 9, un valor excesivamente bajo debido al diseño y la Fábrica de ASEA, con 78,95, el cual es más acorde al resto de edificios. Sin embargo, los espesores de estas láminas no son exactas por falta de documentación gráfica de referencia.

Gráfica 2. luz vs espesor: Con plegadura con conicidad (en cubierta)

Código	Nombre	Luz (m)	Espesor (m)	Luz/espesor
B-CNC-01	Mercado Central de Punda	27,4	0,21	130,48
B-CNC-02	Instituto de Filosofía de la FU de Berlín	3,72	0,4	9,3
B-CNC-03	Mercado Central de Ivano-Frankivsk	10,86	0,08	135,75
B-CNC-04	St. Malachy Catholic Church	29,2	0,35	83,43
B-CNC-07	Casa Octogonal	11,2	0,3	37,33
B-CNC-09	Iglesia Inmaculada Concepción	17,98	0,3	59,93
B-CNC-10	Central térmica en Roman	16,3	0,3	54,33
B-CNC-13	Iglesia de Nuestra Señora del Carmen	27,46	0,09	305,11
B-CNC-18	Mercado Laykakota	18	0,4	45
B-CNC-19	Southside Café-Washington State College	27,92	0,2	139,6
B-CNC-20	3 Pabellones circulares con cubierta con forma de sombrilla	7,76	0,1	77,6
B-CNC-22	Auditorium Maximum der Ruhr-Universität Bochum	60	0,8	75
B-CNC-23	Desconocido	34	0,5	68
TR-P-04	Instituto Sorolla	12	0,2	60
TR-P-05	Central hidroeléctrica de Proaza	17,82	0,4	44,55
TR-P-10	Sardar Vallabhbhai Patel Stadium	13,09	0,2	65,45
TR-P-12	Iglesia Saint Albert	33,76	0,25	135,04
TR-P-15	Iglesia de Fátima	24,61	0,13	189,31



Con plegadura con conicidad (en cubierta)

El espesor en este tipo de pliegue oscila entre 0,09 y 0,8 metros. Normalmente están entre 0,2 y 0,4 metros. Sin embargo existen casos con espesores muy pequeños como en la Iglesia de Nuestra Señora del Carmen, con 0,09 metros y con una luz de 27,46 metros. Por otro lado un edificio con gran espesor es el Auditorium de Bochum, con 0,8 metros, algo justificable debido a la gran luz que debe salvar, de 60 metros. También la disposición de la plegadura no es la mejor, ya que se produce propiamente en el perímetro y en el interior la mayor parte es una losa, por lo que el espesor va en función de esta última principalmente.

Con la relación luz/espesor se verá la verdadera efectividad de los edificios. Se encuentran en torno a 9,3 y 305, y la mayoría están entre 33 y 75 y con algunos con 135 aproximadamente. El menor valor, de 9,3 no es representativo ya que se considera un tramo el cual tiene ese pliegue, pero la luz del edificio es mucho mayor, por lo que su espesor va acorde a esto último. Hablamos del Instituto de Filosofía de la FU de Berlín. Por tanto, el edificio con peor relación luz/espesor es realmente la Casa Octogonal con 37,33. Sin embargo este edificio fue un hito en cuanto a la prefabricación de láminas en viviendas y específicamente en el pliegue con conicidad, por lo que por su condición de prototipo es evidente que el modelo no estaba del todo optimizado. Sin embargo, su valor no se distancia mucho de los del resto de edificios, que tendrían 50 mayoritariamente.

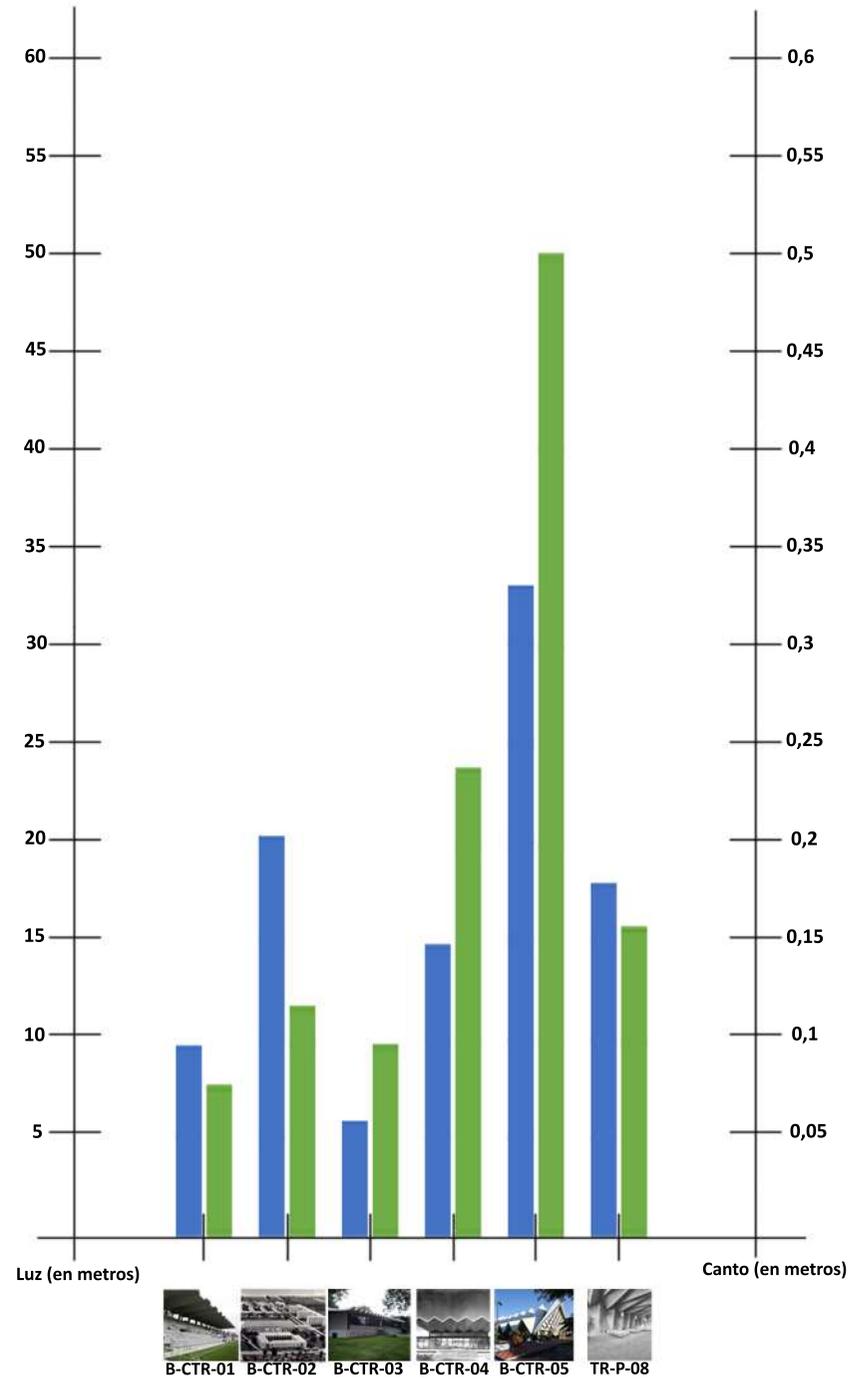
Por otro lado, aunque los edificios tengan valores en torno a 50, el pliegue puede conseguir grandes luces y pequeños espesores. Es el caso de la Iglesia de Nuestra Señora del Carmen, el edificio con mejor relación luz/espesor de los de conicidad. Alcanza un valor de 305. Su espesor es

realmente bajo, que unido a una luz de 27,46 metros hacen que el edificio adquiera un buen valor en la relación luz/espesor.

Podemos concluir que el pliegue alcanza buenas luces, entre 20 y 30 metros, sin embargo el espesor es un poco elevado, de 0,2-0,4 metros normalmente. Las proporciones luz/espesor son medias-bajas en general, aunque pueden alcanzar buenos valores, por encima de 100.

Gráfica 2. luz vs espesor: *Con plegadura contrapuesta (en cubierta)*

Código	Nombre	Luz (m)	Espesor (m)	Luz/espesor
B-CTR-01	Canódromo de Carabanchel	9,75	0,08	121,88
B-CTR-02	Universidad Laboral de Tarragona	20,36	0,12	169,67
B-CTR-03	American Concrete Institute Building	5,96	0,1	59,6
B-CTR-04	Aduana Frontera Finlandesa con Rusia en Torfyanovka	14,86	0,24	61,92
B-CTR-05	Capilla San Ignacio de Loyola - Colegio Externado de San José	33	0,5	66
TR-P-08	Sala mortuoria cementerio de Frankfurt-Westhausen	17,96	0,16	112,25



Con plegadura contrapuesta (en cubierta)

Los espesores conseguidos en el pliegue contrapuesto son muy variados, van desde 0,09 a 0,5 metros. Sin embargo, se encuentran peculiaridades en ambos extremos. En el que menos espesor tiene, que es el Canódromo de Carabanchel, con 0,09 metros, produce un pliegue contrapuesto doble. Además, su sección varía de espesor en su longitud, y en algunos puntos alcanza 0,04 metros, lo que permite reducir su peso en el extremo del voladizo.

En el edificio con mayor espesor, la Capilla de San Ignacio de Loyola, ocurre que las láminas forman una cubierta a dos aguas entre sí, y al transmitir las cargas al terreno es necesario aumentar el espesor de las láminas, lo que hace que tenga 0,5 metros de espesor.

En el resto de los edificios se encuentran valores dentro de un rango adecuado, entre 0,1 y 0,2 metros. Destaca el American Concrete Institute Building con 0,1 metros, en el que el espesor también varía a lo largo de la cubierta.

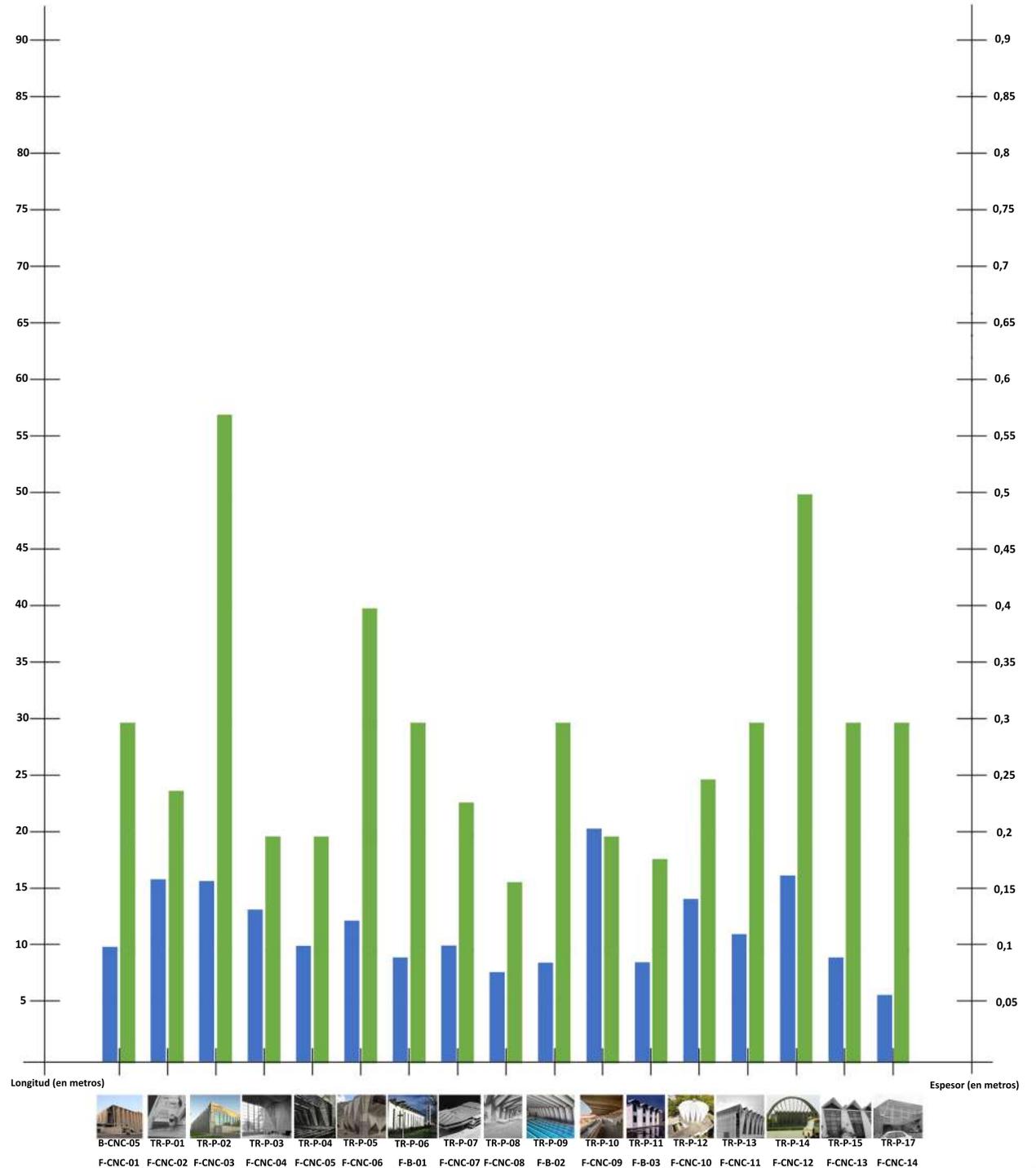
En cuanto al rango luz/espesor, los edificios varían entre 59,6 y 169,67. Resalta cómo un edificio como el anteriormente mencionado, el American Concrete Institute Building, que aparentemente tiene un espesor reducido, de 0,1 metros, respecto a su luz no es muy bueno, ya que la proporción luz/espesor es la menor de todos, con 59,6. El que mejor resultado obtiene es la Universidad Laboral de Tarragona, donde el canto no era muy acorde a la luz conseguida, sin embargo el espesor si es muy bueno respecto a la luz, con 169,67, lo que indica que optaron por sobredimensionar el canto para reducir el espesor.

Finalmente, el pliegue contrapuesto posee espesores medios para luces bajas en general. En cambio la proporción luz/espesor es media, aunque no

existen edificios con muy buenos valores, lo que puede ser debido a la falta de ejemplos representativos o a carencias del pliegue.

Gráfica 2. longitud vs espesor: Con todas las plegaduras (en fachada)

Código	Nombre	Longitud (m)	Espesor (m)	Luz/espesor
B-CNC-05	Tagore Memorial Theatre	9,91	0,3	33,03
TR-P-01	Sede UNESCO (Sala de Conferencias)	15,68	0,24	65,33
TR-P-02	Mülhatt Sports Education Center	15,52	0,57	27,23
TR-P-03	General Trade School	13,08	0,2	65,4
TR-P-04	Instituto Sorolla	10	0,2	50
TR-P-05	Central hidroeléctrica de Proaza	12,15	0,4	30,38
TR-P-06	Iglesia de Cristo Rey	9	0,3	30
TR-P-07	Aula de la TU Delft	10	0,23	43,48
TR-P-08	Sala mortuoria cementerio de Frankfurt-Westhausen	7,63	0,16	47,69
TR-P-09	Piscina Cubierta Arquitecto José Laguillo	8,56	0,3	28,53
TR-P-10	Sardar Vallabhbhai Patel Stadium	20	0,2	100
TR-P-11	HYUP SUNG CO. LTD.- NAVE INDUSTRIAL ZIP BUFALO	8,59	0,18	47,72
TR-P-12	Iglesia Saint Albert	14	0,25	56
TR-P-13	Centro deportivo en Gh. Gheorghiu-Dej	11	0,3	36,67
TR-P-14	Sporturilor Bacau	16	0,5	32
TR-P-15	Iglesia de Fátima	9	0,3	30
TR-P-17	Lonja de Scheveningen	5,79	0,3	19,3



Todas las plegaduras (en fachada)

En cuanto a las fachadas, resulta importante conocer el espesor, ya que al someterse a compresión este juega un papel fundamental. Además de ver qué pliegue consigue menores espesores y mayores longitudes.

El rango entre el cual se encuentran los espesores es entre 0,16 y 0,57 metros. El menor es el de la Sala mortuoria cementerio de Frankfurt-Westhausen, de 0,16 metros. Estas láminas además sustentan la cubierta. Sin embargo, el espesor es reducido gracias a un elevado canto, de 2,08 metros y a que en el otro extremo la cubierta se apoya en horquillas y pilares, lo que reduce la carga sobre las láminas de fachada. Se utiliza el pliegue con conicidad para la fachada, y el espesor de 0,16 metros se produce en la parte superior, lo que puede significar que en la zona de apoyo con el terreno el espesor aumente, algo que ocurre frecuentemente en las estructuras de láminas plegadas, y más en las que son in situ. Otro espesor bajo es el encontrado en la nave industrial de El Búfalo HYUP SUNG CO. LTD., con láminas prefabricadas de simple plegadura en omega. En este caso, se obtienen 0,18 metros de espesor, algo realmente bajo, contando que además se producen apertura de huecos en las láminas, algo que merma su capacidad portante, añadido a que en el pliegue simple resulta muy complicado de hacer. Por otro lado, este espesor sí se mantiene estable en toda la longitud y también soporta las cargas de las láminas situadas en la cubierta. El canto por otro lado también es reducido, de 0,98 metros, así como la longitud de las láminas, de 8,59 metros. El bajo espesor puede deberse a la corta longitud de la lámina, ya que a mayor longitud necesitará un espesor mayor.

En cuanto a las láminas con mayor espesor, se encuentran en el Mülimatt Sports Education Center, con 0,57 metros. Esto se debe a, no sólo a la longitud de las láminas, que son de las mayores respecto a los otros

edificios, con 15,52 metros, sino también a las cargas que soporta, de una de las cubiertas con mayores luces. El canto, también es elevado, de 3,1 metros. Por otro lado, el tipo de plegadura de la fachada, con conicidad, produce una serie de apoyos puntuales y huecos que precisan de un espesor considerable. Además, el sistema prefabricado de las láminas sitúa una serie de tubos cuya función es la introducción de una serie de cables tensores que recorren la cubierta y la fachada y llegan hasta los cimientos. Es por ello que el espesor debe ir en consonancia con este sistema.

Algo similar ocurre en el Sporturilor Bacau, con láminas en fachada de gran longitud, de las mayores de todas las analizadas, con 16 metros, y con una carga de cubierta también elevada por las luces que alcanza. El canto a su vez es elevado, con 2,87 metros. El tipo de plegadura, con conicidad también necesita un determinado espesor en el encuentro con el terreno. Por todo esto, el espesor es elevado.

Por otro lado, también existen pliegues simples con grandes espesores. Son los casos de la Piscina Cubierta Arquitecto José Laguillo y la Iglesia de Cristo Rey con 0,3 metros ambas. Tanto en el primero, in situ, como en el segundo edificio, prefabricado, soportan grandes luces en cubierta, de 24 metros y tienen una longitud pequeña en fachada, en torno a 9 metros. En el canto sí varían, con 1,09 y 2,57 metros respectivamente. De esto podríamos concluir que, en dos edificios con características similares, el que es in situ precisa de un canto mayor para el mismo espesor.

Respecto a la relación longitud/espesor el rango de valores se encuentra entre 19,3 y 100. Normalmente están entre 30 y 50. Con esto se puede deducir que las relaciones luz/espesor conseguidas son extremadamente buenas, lo que puede justificar el uso de las láminas en fachada, aunque no sean la ubicación donde mejor actúan, ya que sería la cubierta.

La mejor relación luz/espesor la encontramos en el Sardar Vallabhbhai Patel Stadium con 100. En este caso, el canto de 3,05 metros compensa el poco espesor conseguido. Por otro lado, el edificio con peores datos luz/espesor es la Lonja de Scheveningen, con 19,3. En este edificio el espesor de las láminas de fachada es elevado, de 0,3 metros y el canto de 1,15 metros. Sin embargo, la longitud de las láminas es muy baja, de 5,79 metros, lo que la sitúa en la más baja. Por esto, se consigue una mala proporción. Es el más bajo con diferencia, ya que el siguiente con bajo valor luz/espesor es de 27,23 en el Mülimatt Sports Education Center.

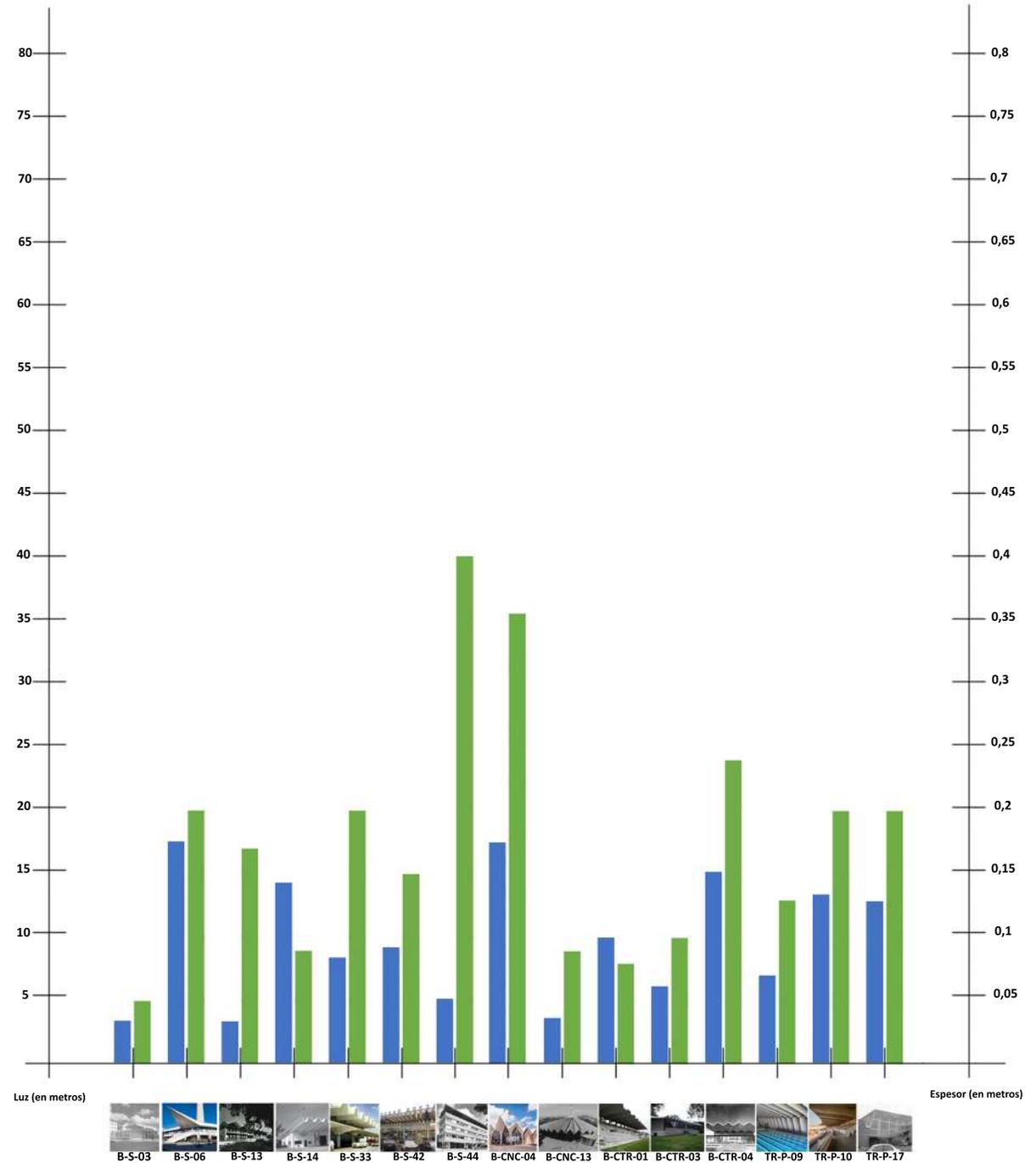
Finalmente, aunque la mayoría de ejemplos son de pliegue con conicidad y de pliegue simple solo hay 3, se puede concluir que con el pliegue simple se consiguen mayores longitudes, menores cantos y menores espesores. Sin embargo, tiene en contra que la capacidad de apertura de huecos en comparación con el pliegue con conicidad es mucho menor, por lo que por criterios estéticos más que por aspectos de eficiencia constructiva se opta por el pliegue con conicidad, de ahí que existan más casos. También puede deducirse que el pliegue contrapuesto no es eficiente en ningún sentido, ya que no se utiliza en ningún caso, ni siquiera en los pórticos donde la cubierta es con este pliegue, como en la Sala mortuoria cementerio de Frankfurt-Westhausen.

Dentro de los pliegues con conicidad, como ya se vio en la gráfica luz-canto total, puede situarse la parte con mayor sección tanto en contacto con la cubierta como con el terreno. Los ejemplos encontrados son la mayoría con la sección mayor recogiendo la cubierta a modo de horquilla y trabajando

también tímpano, y la sección de menor tamaño en contacto con el terreno a modo de pilar. Solo existe un ejemplo en el que se invierte esta tendencia y es la Iglesia de Fátima, y no obtiene valores malos, sino que están a la par que el otro sistema. Sin embargo, en este caso en concreto es más desfavorable para las láminas de la cubierta, ya que al no tener las láminas actuando de tímpano como en el otro sistema pueden sufrir deformaciones. También respecto a criterios de diseño es mucho más propicio el uso del sistema con la sección mayor en la parte superior, ya que permite que se pueda acceder al edificio a través de los huecos formados.

Gráfica 2. luz vs espesor: *Con todas las plegaduras (en voladizo)*

Código	Nombre	Luz (m)	Espesor (m)	Luz/espesor
B-S-03	Laboratorios Alter	3,3	0,05	66
B-S-06	Edificios de la Torre de Televisión de Berlín	17,21	0,2	86,05
B-S-13	Escuela de la Sagrada Familia	3,25	0,17	19,12
B-S-14	Hangar Aerolínea Mackey, Aeropuerto de Fort Lauderdale	14	0,09	155,56
B-S-33	Terminal Lindberg del aeropuerto Internacional Mineápolis-Saint Paul	8,2	0,2	41
B-S-42	Estación Kursky	9	0,15	60
B-S-44	Instituto Alemán de la Industria del Cemento	5	0,4	12,5
B-CNC-04	St. Malachy Catholic Church	17,27	0,35	49,34
B-CNC-13	Iglesia de Nuestra Señora del Carmen	3,5	0,09	38,89
B-CTR-01	Canódromo de Carabanchel	9,75	0,08	121,88
B-CTR-03	American Concrete Institute Building	5,96	0,1	59,6
B-CTR-04	Aduana Frontera Finlandesa con Rusia en Torfyanovka	14,86	0,24	61,92
TR-P-09	Piscina Cubierta Arquitecto José Laguillo	6,82	0,13	52,46
TR-P-10	Sardar Vallabhbhai Patel Stadium	13,09	0,2	65,45
TR-P-17	Lonja de Scheveningen	12,56	0,2	62,8



Todos los pliegues (en voladizo)

Los espesores conseguidos en los voladizos son sorprendentemente bajos, algo que no ocurría con los cantos. Esto puede deberse a que al aumentar el espesor aumentaría el peso, algo crucial en los voladizos. Por tanto, el espesor se reduce en estos. En los voladizos independientes ocurre que el espesor varía a lo largo de su vuelo, reduciéndose en el extremo más alejado del apoyo. En cambio no varían entre sí más de 0,1 metros generalmente. Sin embargo, cuando el voladizo se trata de una continuación de una cubierta biapoyada, se mantiene el espesor de esta en el voladizo.

El rango en torno al cual se encuentran los espesores en los voladizos va de 0,05 a 0,4 metros, situándose mayoritariamente entre 0,1 y 0,2 metros aproximadamente. Existe un edificio que resalta sobre los otros, con 0,4 metros de espesor. Se trata del Instituto Alemán de la Industria del Cemento. En este edificio existen una serie de condicionantes que propician la existencia de un espesor elevado. El bajo canto y la elevada base del módulo producen que las láminas actúen prácticamente como una losa horizontal, haciendo que se precise un espesor considerable. Esto además se une a la vinculación exterior, producida por pilares puntuales, reforzando este comportamiento de losa. Otro edificio con láminas de espesor elevado es la aduana de la frontera Finlandesa con Rusia en Torfyanovka, con 0,24 metros. Sin embargo, en esta el vuelo es grande, de 14,86 metros, lo que compensa el elevado espesor. Además tiene una parte biapoyada donde se encuentran las estancias del edificio, ya que el voladizo es la marquesina. El pliegue utilizado es contrapuesto en V.

En cuanto a los edificios con menor espesor resalta el pabellón de los Laboratorios Alter con 0,05 metros y con pliegue simple en V. Este además posee un canto de 0,62 metros, muy bajo, como ya se vio. Por otro lado, la

luz conseguida es baja, de 3,3 metros, además de concentrar las plegaduras gracias a un ángulo de las láminas elevado (60°), lo que justifica el bajo espesor y canto.

Donde de verdad podremos saber la eficiencia de estos voladizos es comparando la luz conseguida con el espesor, mediante la relación luz/espesor. En este caso en los edificios se encuentra entre 12,5 y 155,56. La mayoría están entre 40 y 60. En el valor más pequeño se encuentra el Instituto Alemán de la Industria del Cemento con 12,5, por el reducido canto y gran tamaño de la base del módulo. Además, en este el voladizo es de 5 metros, un valor medio respecto al de los otros edificios, algo que hace que unido a un elevado espesor no se obtenga un buen valor. Con una menor base del módulo, mayor ángulo y vinculación exterior de apoyo sobre vigas y pilares esto reduciría el espesor considerablemente. En cuanto a los que mejor resultado obtienen se encuentra el Hangar Aerolínea Mackey en el Aeropuerto de Fort Lauderdale, con 155,56 y pliegue simple en omega. Esta proporción es mejor que muchos edificios con sistemas biapoyados. Esto se debe a diversos factores como la inclinación de las láminas, algo que también ocurre en la Torre de Televisión de Berlín (con conicidad en V), que permite realizar grandes vuelos, además de unido a una parte biapoyada en la parte interior del edificio. También el tipo de plegadura (simple en omega) y la prefabricación del sistema permite que esto sea efectivo.

Finalmente puede extraerse que el pliegue simple es el que sale más desfavorecido, con peores datos respecto al pliegue contrapuesto Sin embargo el que peor resulta dentro de este es el simple en V y el mejor el Omega, y en el sistema constructivo es peor in situ y mejor prefabricado con este pliegue. El pliegue contrapuesto obtiene valores muy dispares y siempre con el tipo V. Sin embargo, sus voladizos son estructuras

independientes. Dentro de estos voladizos son los mejores respecto a otros pliegues, que en otros pliegues como el simple ni siquiera pueden realizarse correctamente, ya que lo más parecido es el Hangar de Aerolíneas Mackey y precisa de una estructura biapoyada previa al vuelo. En cuanto al pliegue con conicidad, se ha de resaltar que en la mayoría de edificios que lo contienen se realizan voladizos como continuación de la cubierta, al igual que el pliegue simple. Destaca la St. Malachy Catholic Church con un gran vuelo de 17,27 metros, pero precisando de un gran canto y espesor.

Conclusiones parciales gráficas luz-espesor-luz/espesor

Del análisis se puede extraer que en todos los pliegues aparecen casos de láminas de espesores muy elevados, de 0,4 y 0,5 metros, aunque no normalmente, que sería de entre 0,1 y 0,3 metros. Sin embargo, el pliegue que obtiene los espesores más bajos en general es el simple. Además, es mucho mejor en cuanto a las relaciones luz/espesor con diferencia, debido a que las luces obtenidas con esos espesores son bastante grandes, entre 40 y 60 metros en algunos casos. Entre el pliegue con conicidad y contrapuesto consigue mejores proporciones luz/espesor el pliegue contrapuesto, aunque las luces son menores que en los otros pliegues. En fachada, el mejor vuelve a ser el pliegue simple, aunque el de conicidad es el más utilizado por las posibilidades de diseño para la apertura de huecos. En cuanto a los voladizos, como ya se ha visto es más ventajoso el pliegue simple de nuevo, debido a que en los edificios que lo tienen suelen realizarse voladizos como continuación de las láminas biapoyadas-biempotradas, lo que permite reducir los momentos que se producen en los apoyos o empotramientos.

Gráfica 3: Base del módulo-Ángulo

En las láminas plegadas de hormigón resulta imprescindible conocer valores relativos a la forma de la plegadura. Esto influirá en gran medida sobre la capacidad portante del sistema. Estos rasgos son el tamaño de la base del módulo y el ángulo que forma la lámina respecto a la horizontal.

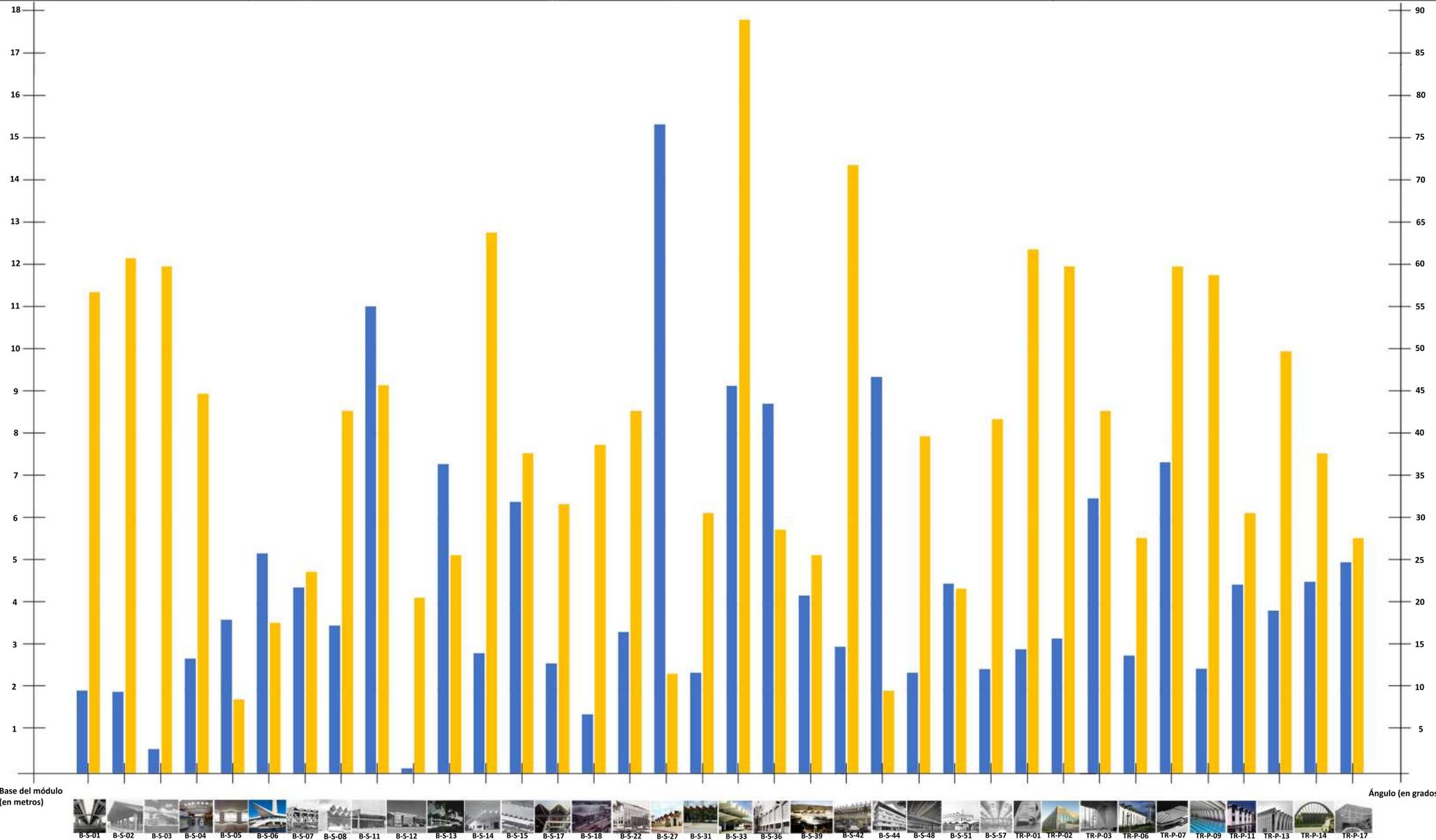
Gráfica 3. base del módulo vs ángulo:

Con plegadura simple
(en cubierta o forjado)

Código	Nombre	Base de módulo (m)	Ángulo (°)
B-S-01	Viaducto Olímpico de Roma	1,98	57
B-S-02	Nueva estación Ferroviaria de Saxonia	1,95	61
B-S-03	Laboratorio Altier	0,6	60
B-S-04	Den holder station (ampliación)	2,73	45
B-S-05	Namco Headquarters	3,64	9
B-S-06	Edificios de la Torre de Televisión de Berlín	5,2	18
B-S-07	Centro de Atletica Laggerra ESCUELA NACIONAL DE ATLETISMO DE FORMIA	4,4	24
B-S-08	Fábrica ASEA	3,51	43
B-S-11	Hungar Airghany Airline, aeropuerto Logan, Boston	13,02	46
B-S-12	Almacén y talleres H.W. Moore Equipment Co	0,15	21
B-S-13	Escuela de la Sagrada Familia	7,31	26
B-S-14	Hangar Aerolínea Mackey, Aeropuerto de Fort Lauderdale	2,85	64

Código	Nombre	Base de módulo (m)	Ángulo (°)
B-S-15	Botera Cloverleaf Lanex, ahora Bethel Evangelical Baptist Church	6,42	38
B-S-17	Iglesia del Buen Pastor	2,62	32
B-S-18	Teatro en Plaza de Sula	1,42	39
B-S-22	Gimnasio	3,34	43
B-S-27	Marco de "Pedro Sainz de Baranda"	15,3	32
B-S-31	Marquanta de entrada al Parque Zio Buffalo	2,4	31
B-S-33	Terminal Lindberg del aeropuerto Internacional Minneapolis-Saint Paul	9,35	46
B-S-36	Iglesia de Saint Paul en la Plaza Leoniore	4,36	29
B-S-39	Centro de Desarrollo de Sonoma	4,22	26
B-S-42	Estación Kuraly	7	72
B-S-44	Instituto Alemán de la Industria del Cemento	9,35	30
B-S-48	Almacén en Crema	2,4	40

Código	Nombre	Base de módulo (m)	Ángulo (°)
B-S-51	Fábrica S.F. de México	4,5	22
B-S-57	Vereingel Pasto: Verkoopkantoor N.V. Laboratory	2,48	42
TR-P-01	Sede UNESCO (Sala de Conferencias)	2,95	62
TR-P-02	Mölkerratt Sports Education Center	3,2	60
TR-P-03	General Trade School	6,5	43
TR-P-06	Iglesia de Cristo Rey	2,8	28
TR-P-07	Aula de la TU Delft	7,35	46
TR-P-09	Plisca Cubierta Arquitecto José Laguillo	2,5	39
TR-P-11	HYUP SUNG CO. LTD. NAVY INDUSTRIAL ZIP BUFFALO	4,47	31
TR-P-13	Centro deportivo en GJ. Gheorghiu-Dej	3,86	50
TR-P-14	Sporturker Bacau	4,54	38
TR-P-17	Louja de Scheveningen	5	28



Con plegadura simple (en cubierta o forjado)

En cuanto al tamaño de la base del módulo, resulta curioso la variedad de medidas que se encuentran. El rango en el cual se ubican abarca desde 0,6 metros hasta 15,3 metros. Mayoritariamente se encuentran entre 1,5 y 4,5 metros. El que menor tamaño de la base del módulo posee es el Pabellón de los Laboratorios Alter, con 0,6 metros. Algo que contrasta en exceso con el que mayor base tiene, que es el Mercado "Pedro Sainz de Baranda" con 15,3 metros.

Respecto al ángulo, se encuentra una amplia variedad, cubriendo muchas de las posibilidades entre 1 y 89°. Encontramos desde 9° a 72°. La mayoría son de 30° y 60°. Se observan además bastantes edificios con ángulos reducidos. Con 9° está Namics Headquarters, algo que resulta entendible ya que se trata de un forjado y no de una cubierta. Con 72° se encuentra la Estación Kursky, que debe este dato a su tipo de pliegue, en omega, el cual posee grandes ángulos, ya que existen láminas horizontales que permiten distanciar las inclinadas entre sí. Con el pliegue simple en V, por ejemplo, esto no sería muy eficiente por la acumulación de láminas entre sí.

Estos datos, sin embargo, no significan algo negativo. Se deben comparar la base y el ángulo entre sí, para encontrar una explicación y conocer la eficiencia del pliegue utilizado en cada edificio.

El Pabellón de los Laboratorios Alter tiene 0,6 metros de base del módulo, el que menor de todos. Sin embargo, el ángulo de 60°, es algo elevado, pero compensa el pequeño tamaño de la base, produciendo un canto considerable para soportar las cargas.

En el Mercado "Pedro Sainz de Baranda" la base tiene 15,3 metros, estando muy por encima del resto de edificios. Sin embargo, gracias al ángulo, que es de 12°, se compensa el elevado tamaño de la base. En cambio, este

diseño no es el más efectivo para el funcionamiento de las láminas, ya que módulos grandes con ángulos pequeños producen deformaciones en las láminas.

En el Namics Headquarters se encuentra el menor ángulo, con 9°. Esto se compensa con un elevado tamaño del módulo, de 3,64 metros. En estos tamaños grandes de módulos se precisa un apoyo consistente en los extremos inferiores de la base, aunque por tamaño ya precisaría la estructura de un apoyo en sí.

El último ejemplo es la Estación Kursky, en la cual se encuentra el mayor ángulo, lo que puede precisar de un canto considerable para evitar deformaciones. El diseño en omega a su vez propiciaría esto, como ya se ha mencionado, pero sin necesitar un canto ni base elevados. Se trata de un ángulo de 72°, un canto de 1,65 metros y 3 metros de base. Este último resulta ser un tamaño medio-alto y el canto de tamaño medio-bajo.

Destacar que cuanto mayor es la desigualdad que existe entre la base y el ángulo, mayor deberá ser la restricción de movimiento propuesta por el sistema, es decir, deberá situarse un tímpano o algún empotramiento en muro o viga que mantenga las láminas estables a la hora de soportar los esfuerzos a los que se someten las láminas. De otra forma sufriría una deformación o incluso colapso.

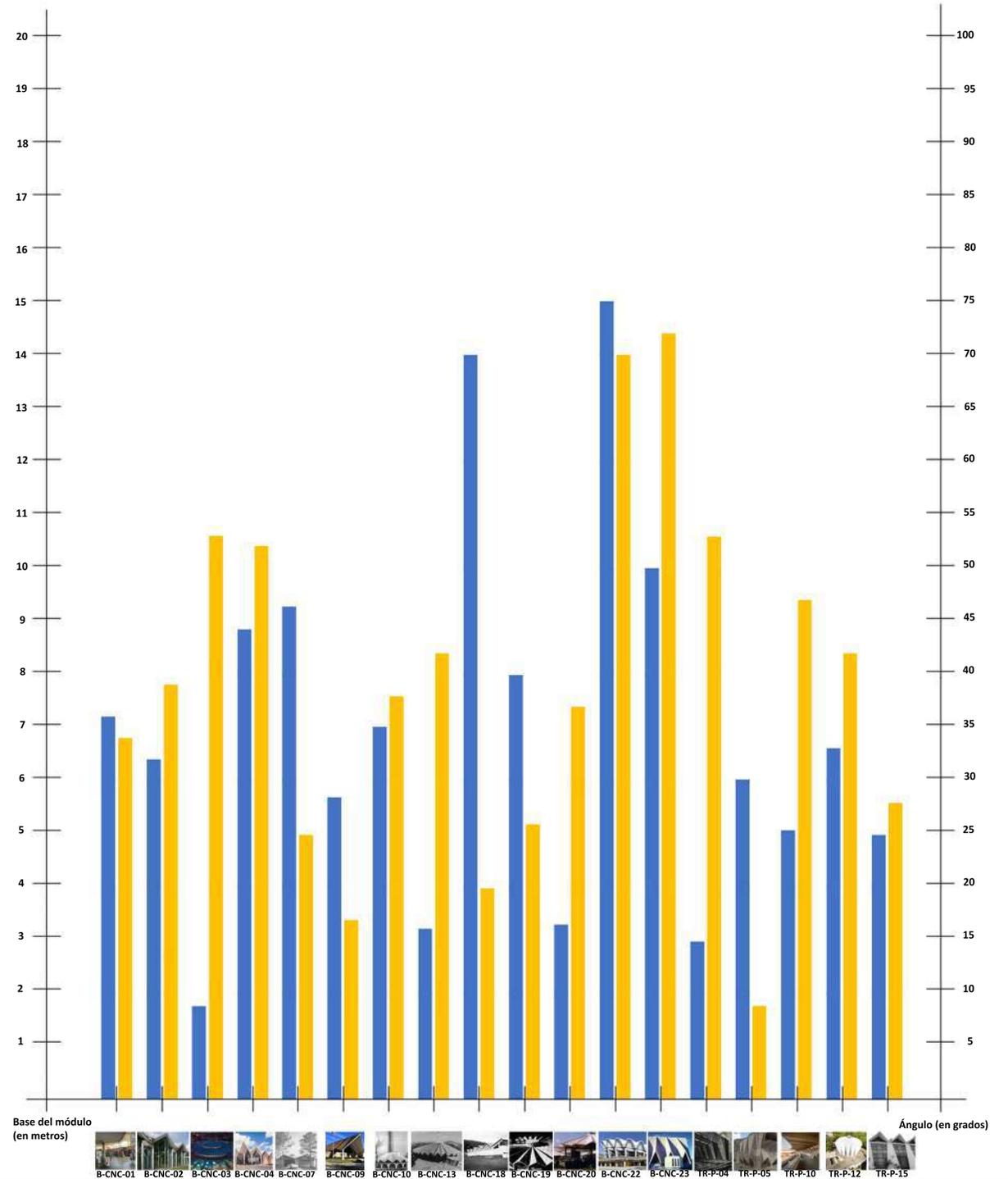
Sin embargo, ocurre que si el ángulo es muy elevado (mayor de 60°) y la base es muy grande (más de 5 metros) saldría un canto elevadísimo (de más de 6 metros). Por tanto, se debe puntualizar en que debe resolverse de alguna manera, como situando un tamaño de base medio o un pliegue propicio como puede ser el omega (que podría soportar una base de tamaño medio-alto), ya que el pliegue en V con ángulos elevados y canto

pequeño puede sufrir deformaciones (dependerá también de la vinculación exterior).

En las gráficas deben interpretarse las barras de manera que cuando exista un valor muy alto de los dos, el otro debe ser muy bajo, y cuando uno es intermedio el otro debe ser parejo. De esta manera el diseño estará acorde. Cuando ambos son elevados significa que el canto es grande.

Gráfica 3. base vs ángulo: Con plegadura con conicidad (en cubierta)

Código	Nombre	Base de módulo (m)	Ángulo (°)
B-CNC-01	Mercado Central de Punda	7,21	34
B-CNC-02	Instituto de Filosofía de la FU de Berlín	6,4	39
B-CNC-03	Mercado Central de Ivano-Frankivsk	1,78	53
B-CNC-04	St. Malachy Catholic Church	8,84	52
B-CNC-07	Casa Octogonal	9,28	25
B-CNC-09	Iglesia Inmaculada Concepción	5,71	17
B-CNC-10	Central térmica en Roman	7,02	38
B-CNC-13	Iglesia de Nuestra Señora del Carmen	3,24	42
B-CNC-18	Mercado Laykakota	14	20
B-CNC-19	Southside Café-Washington State College	8	26
B-CNC-20	3 Pabellones circulares con cubierta con forma de sombrilla	3,32	37
B-CNC-22	Auditorium Maximum der Ruhr-Universität Bochum	15	70
B-CNC-23	Desconocido	10	72
TR-P-04	Instituto Sorolla	3	53
TR-P-05	Central hidroeléctrica de Proaza	6,04	9
TR-P-10	Sardar Vallabhbhai Patel Stadium	5,08	47
TR-P-12	Iglesia Saint Albert	6,62	42
TR-P-15	Iglesia de Fátima	5	28



Con plegadura con conicidad (en cubierta)

En cuanto al tamaño de la base del módulo en el pliegue con conicidad, se encuentran cifras entre 1,78 y 15 metros. La mayoría se sitúan entre 3 y 7 metros aproximadamente. El edificio con menor tamaño de la base del módulo es el Mercado Central de Ivano-Frankivsk, con 1,78 metros y el que mayor es Auditorium de Bochum con 15 metros.

Los ángulos en el pliegue con conicidad varían entre 9° y 72°, sin embargo mayoritariamente están entre 35° y 50°. El que mayor tiene es un edificio desconocido B-CNC-23 con 72° ya que posee un gran canto. El menor está en la Central Hidroeléctrica de Proaza, en la cual las láminas tienen 9° respecto a la horizontal. Esto se debe a que la cubierta se asemeja a una transitable en la cual los faldones se han realizado con láminas plegadas. También destaca que en la mayoría de los edificios las cubiertas de láminas plegadas son el rasgo que las identifica y acaparan su apariencia. Aquí se intenta ocultar y se reduce a su mera labor funcional.

Es importante recalcar que en el pliegue con conicidad se produce una variación de la sección, en la cual en el tipo rotacional normalmente se reduce proporcionalmente la base del módulo y el ángulo, mientras que en el tipo lineal suele reducirse la base del módulo, pero en cambio el ángulo suele aumentar al tiempo que el canto disminuye, produciendo láminas muy juntas entre sí. También está el pliegue con conicidad lineal que va hasta una superficie plana, el cual disminuye su sección proporcionalmente. En estos datos aparece el punto donde la sección es mayor.

Recordar, que como en el pliegue anterior, cuanto mayor es el ángulo menor es la base del ángulo y viceversa, algo que también ha de tenerse en cuenta para interpretar las gráficas.

El Mercado Central de Ivano-Frankivsk tiene como ya se ha dicho 1,78 metros de base del módulo y 53° de ángulo. Se trata de un ángulo medio-grande, para una plegadura con base del módulo media-pequeña. Cabe recalcar que el tipo de pliegue utilizado es el simple en V, por lo que las láminas no pueden estar muy juntas, de ahí el tamaño del ángulo.

El Auditorium de Bochum tiene el tamaño de la base de 15 metros, y por tanto el ángulo es elevado, de 70°. Este pliegue, simple en omega, sí permite una elevada inclinación para las láminas, y por tanto se produce siguiendo la tendencia explicada.

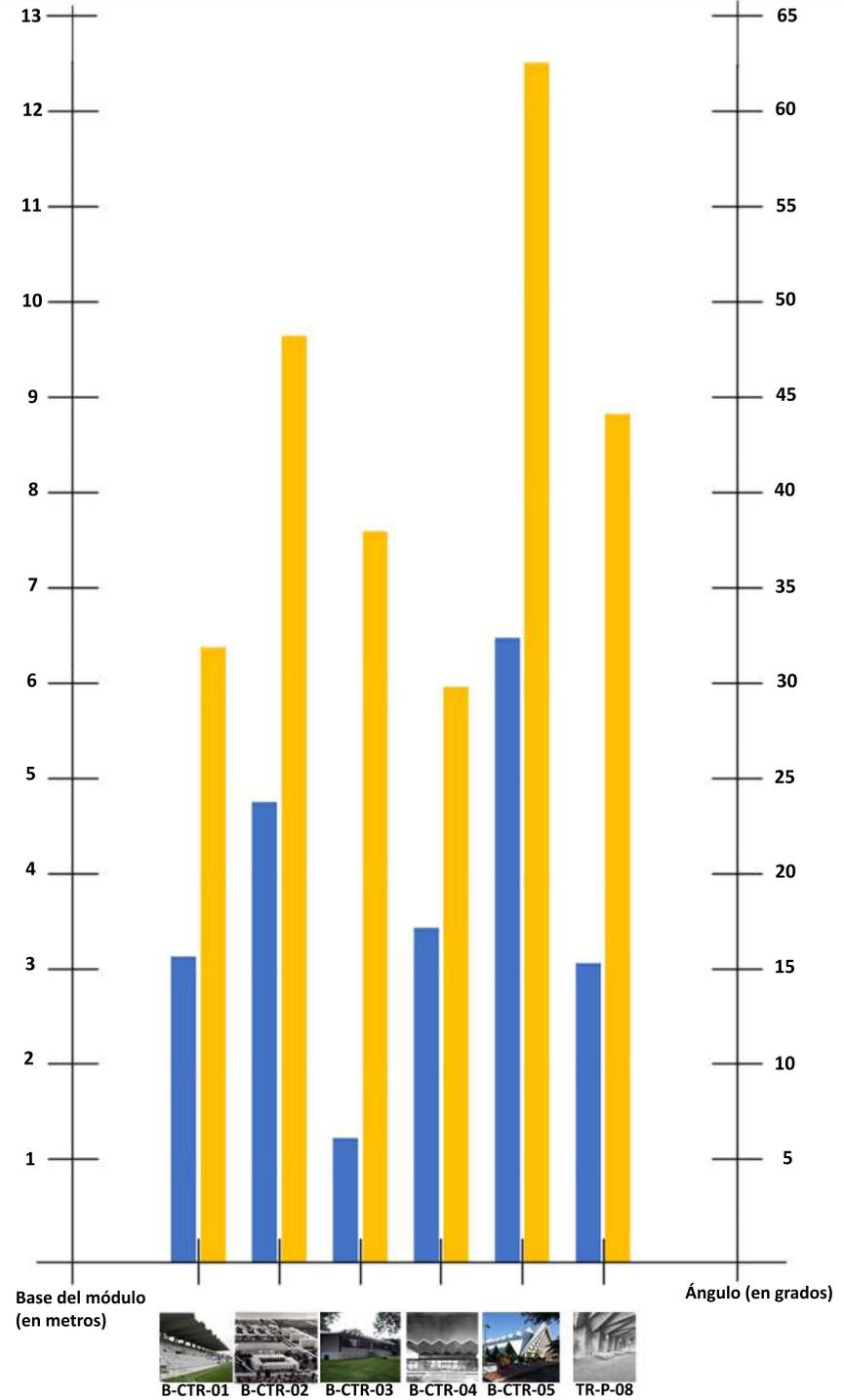
En el edificio desconocido B-CNC-23 encontramos un ángulo de 72° y una base del módulo de 3 metros, de tamaño medio. Esto se produce, como ya se ha dicho, porque posee un gran canto. Todo ello permite abrir huecos, algo que se buscaba con el diseño.

En la Central Hidroeléctrica de Proaza la inclinación de las láminas es de 9° y el tamaño de la base del módulo es de 6,04 metros, un tamaño elevado, para compensar.

Finalmente se observa que en este tipo de pliegue los ángulos son medios para un tamaño de la base del módulo pequeño. Esto se debe a que los cantos en este pliegue son también grandes, para producir huecos, como ya se comentó.

Gráfica 3. base vs ángulo: *Con plegadura contrapuesta (en cubierta)*

Código	Nombre	Base de módulo (m)	Ángulo (°)
B-CTR-01	Canódromo de Carabanchel	3,2	32
B-CTR-02	Universidad Laboral de Tarragona	4,8	48
B-CTR-03	American Concrete Institute Building	1,32	38
B-CTR-04	Aduana Frontera Finlandesa con Rusia en Torfyanovka	3,5	30
B-CTR-05	Capilla San Ignacio de Loyola - Colegio Externado de San José	6,5	62
TR-P-08	Sala mortuoria cementerio de Frankfurt-Westhausen	3,13	44



Con plegadura contrapuesta (en cubierta)

En el pliegue contrapuesto ocurre como en los anteriores, que cuando se obtiene un ángulo grande se tiene una base del módulo de tamaño pequeño, obteniendo un canto de tamaño medio. Si ambos son grandes significa que el canto es grande también. En el pliegue omega pueden darse ángulos y bases grandes, sin precisar de un canto elevado, por la composición de la plegadura.

Los rangos entre los cuales varía la base del módulo en el pliegue contrapuesto van entre 1,32 y 6,5 metros. El menor se encuentra en el American Concrete Institute Building y el mayor en la Capilla San Ignacio de Loyola. Entre todos los edificios varían, aunque hay varios en torno a 3 metros.

En cuanto al ángulo varía en este tipo de pliegue desde 30° a 62°, estando la mayoría de los casos entre 30° y 50°. El menor se encuentra en el Canódromo de Carabanchel y el mayor en la Capilla San Ignacio de Loyola.

Una vez establecidos los datos del pliegue, se estudian en los edificios. En el American Concrete Institute Building se observa una base del módulo de 1,32 metros y un ángulo de 38°. Se produce un módulo pequeño unido a un ángulo pequeño. Esto se debe a que la plegadura en el edificio es realmente pequeña, que se une a un canto y espesor pequeños. Sin embargo, no son excesivamente pequeños dependiendo de con qué se compare. Dentro de los edificios encontrados con pliegue contrapuesto es un valor pequeño, pero en realidad no es excesivamente pequeño si se compara con el pliegue simple.

En la Capilla San Ignacio de Loyola se encuentra la base del módulo con mayor tamaño, de 6,5 metros. Unido a esto, el ángulo con mayor tamaño

también se encuentra en este edificio, con 62°. Esto, como ya se ha visto, propicia que el canto tenga un tamaño grande, de 6,59 metros. En cambio, esto entra dentro de las pretensiones del edificio al buscar la formación de huecos.

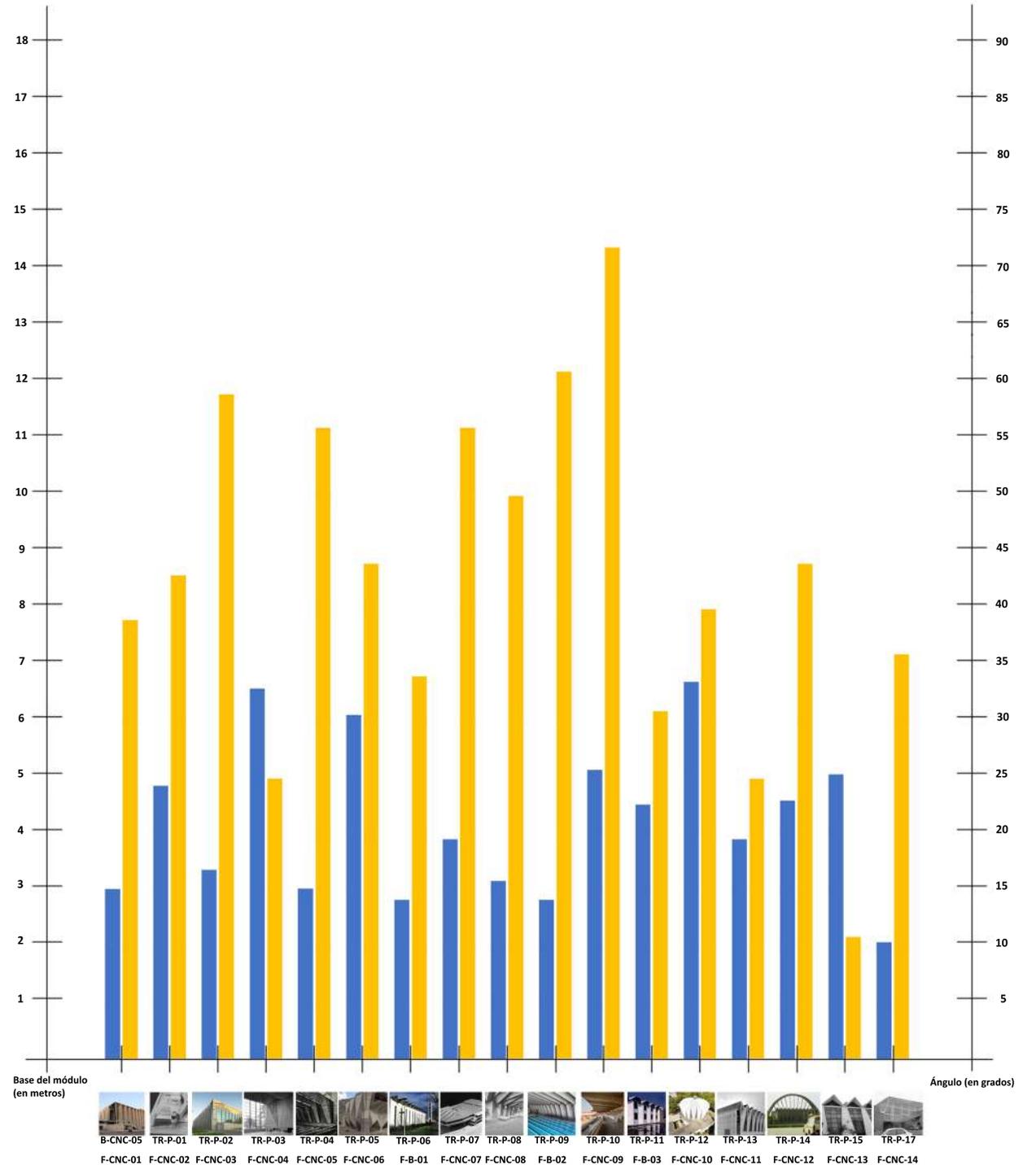
En el Canódromo de Carabanchel se produce un ángulo bajo dentro del pliegue con conicidad, de 30°. Por el contrario, la base del módulo es de un tamaño estándar dentro del tipo, de 3,2 metros. Por tanto, son datos ilógicos en cierta manera si continuamos con la tendencia observada. Sin embargo, en otros pliegues este ángulo no es considerado muy bajo, sino lo contrario, estaría en la media. Por lo que se concluye que el edificio tiene medidas estándares, pero al tener pocos edificios de referencia desentona respecto a los encontrados. También cabe destacar que en este edificio concretamente el ángulo va variando a lo largo de las láminas, incluso cambiando de tipo de pliegue de contrapuesto en omega a contrapuesto en V.

Finalmente, puede deducirse que los ángulos son de tamaños medios (de 30°-40°) para bases de tamaños medios generalmente (3 metros).

También se utilizan ángulos elevados (>60°) para bases elevadas (6,5 m aprox) para producir huecos.

Gráfica 3. base vs ángulo: Con todas las plegaduras (en fachada)

Código	Nombre	Base de módulo (m)	Ángulo (°)
B-CNC-05	Tagore Memorial Theatre	2,99	39
TR-P-01	Sede UNESCO (Sala de Conferencias)	4,8	43
TR-P-02	Müllmatt Sports Education Center	3,33	59
TR-P-03	General Trade School	6,5	25
TR-P-04	Instituto Sorolla	3	56
TR-P-05	Central hidroeléctrica de Proaza	6,04	44
TR-P-06	Iglesia de Cristo Rey	2,8	34
TR-P-07	Aula de la TU Delft	3,86	56
TR-P-08	Sala mortuoria cementerio de Frankfurt-Westhausen	3,13	50
TR-P-09	Piscina Cubierta Arquitecto José Laguillo	2,8	61
TR-P-10	Sardar Vallabhbhai Patel Stadium	5,08	72
TR-P-11	HYUP SUNG CO. LTD.- NAVE INDUSTRIAL ZIP BUFALO	4,47	31
TR-P-12	Iglesia Saint Albert	6,62	40
TR-P-13	Centro deportivo en Gh. Gheorghiu-Dej	3,86	25
TR-P-14	Sporturilor Bacau	4,54	44
TR-P-15	Iglesia de Fátima	5	11
TR-P-17	Lonja de Scheveningen	2,06	36



Para todos los pliegues (en fachada)

En cuanto a las fachadas, ocurre como en los casos anteriores, que necesitan un ángulo grande ($>50^\circ$) cuando la base pequeña y viceversa. En las fachadas con más razón precisarán de este ángulo grande, ya que además de tener cantos mayores, al tener un ángulo mayor poseen más estabilidad en la compresión, reduciendo el pandeo. Por tanto, veremos si en los datos se corresponde con esto.

El tamaño de las bases del módulo en las fachadas varía entre 2,06 y 6,62 metros. Sin embargo, la mayoría están entre 3 y 5 metros. El valor más bajo se encuentra en la Lonja de Scheveningen y el mayor en la Iglesia de Saint Albert.

Respecto a los ángulos conseguidos oscilan entre 11° y 72° , estando la mayoría entre 40° y 60° . Entre los que mayor ángulo tienen se encuentra el Sardar Vallabhbhai Patel Stadium con 72° y de los menores la Iglesia de Fátima con 11° .

Pasando a analizar estos edificios, comenzamos por la Lonja de Scheveningen, en la cual se encuentran los pliegues de fachada más pequeños. Estos son con conicidad y tienen 2,06 metros de base y 36° de ángulo en su sección mayor. En las láminas de fachada de este edificio el tamaño de la base va decreciendo hasta que desaparece y se convierte en una lámina plana. En este caso, la base tiene poco tamaño ya que la longitud de las láminas es pequeña, por lo que no se precisa de grandes dimensiones de plegadura. Cabe destacar que utiliza el pliegue con conicidad con la sección mayor en la parte superior, recogiendo a las láminas de la cubierta. De esta manera se puede explicar el tamaño reducido de la base, que viene dado por la cubierta, la cual produce una división del tamaño original de sus pliegues a la mitad.

La Iglesia de Saint Albert, por su parte, tiene unos pliegues con conicidad con la sección mayor en la parte en contacto con la cubierta. Es este punto se produce un pliegue de 6,62 metros de base y 40° de ángulo. El ángulo se encuentra entre los medios-bajos dentro de los de fachada. Esto es acorde a lo planteado por su base, de gran tamaño, de manera que se compensa este ángulo.

En el Sardar Vallabhbhai Patel Stadium, sus pliegues con conicidad en omega poseen el mayor ángulo de entre todas las fachadas. En este edificio el canto debe ser de gran tamaño ya que recoge la estructura que forma las gradas, así como el voladizo de la cubierta. Es por ello por lo que utiliza un ángulo de 72° y una base de 5,08 metros. Ambos datos son elevados, pero se trata de un pliegue en omega, por lo que el ángulo no tendría tanta incidencia en el resto de medidas. Resulta interesante ver como el pliegue con conicidad en omega en fachada puede tener un ángulo, base y canto grandes y acabar en un vértice de poco tamaño. Por tanto, resulta ideal cuando se precisa de soportar grandes estructuras y cargas, como es el caso.

En la Iglesia de Fátima, que es el único edificio con fachada en conicidad dispuesta con la sección mayor en la parte inferior, encontramos el menor ángulo, de 11° junto a una base de 5 metros. En este caso, al tener conicidad en V, sí se compensan ambos valores para no obtener un gran canto.

Cabe destacar la Iglesia Cristo Rey, con una proporción desigual teniendo una base pequeña, de 2,8 metros junto con un ángulo pequeño de 34° . Todo ello con un pliegue simple en V. Por tanto, el canto es reducido, de 1,09 metros. El tener todo esto no es lo más propicio para una fachada, ya que se produciría una merma en la estabilidad.

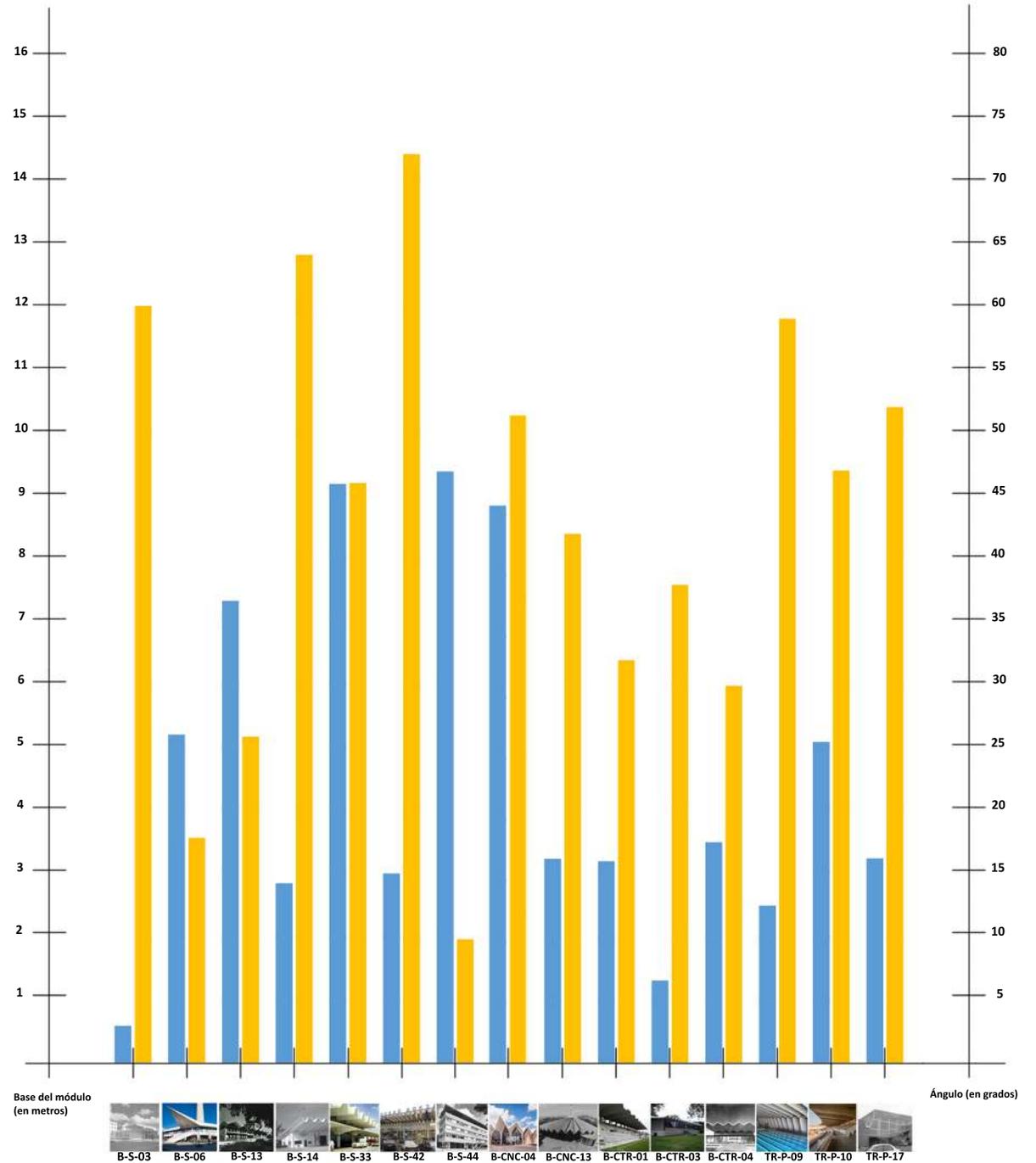
Finalmente, en fachada se concluye que lo óptimo sería que tuviese un gran canto (>3 m), producido por un gran ángulo ($>40^\circ$) y una base media (1-3,5 metros). Sin embargo, casi ningún edificio se ciñe a esto, excepto la Piscina Cubierta Arquitecto José Laguillo, con 2,57 metros de canto, 2,8 metros de base y 61° de ángulo. También es preciso recalcar que el pliegue con conicidad en omega distintos tamaños de canto y ángulo, siempre y cuando la base no sea muy reducida ($<1,5$ m). Por su parte, en el pliegue con conicidad en V ocurre lo mismo pero el ángulo le afectaría más (no mayor a 50° si el canto es mayor de 3 m), por su poca versatilidad con las láminas respecto al omega.

Se observa que los ángulos generalmente son medios-altos (40° - 60°), aunque los módulos también son elevados (3-5 metros), lo que no es lo óptimo para el funcionamiento de la fachada. En cambio, puede ser compensado con un elevado espesor ($>0,3$ metros), pero no sería el diseño más eficiente en cuanto a material teniendo otras opciones de diseño.

Destaca también que los pliegues con mayor base son los que son con conicidad o simple en omega (>3 m aprox). En cuanto a los ángulos son muy variados en todos los pliegues.

Gráfica 3. base vs ángulo: Con todas las plegaduras (en voladizo)

Código	Nombre	Base de módulo (m)	Ángulo (°)
B-S-03	Laboratorios Alter	0,6	60
B-S-06	Edificios de la Torre de Televisión de Berlín	5,2	18
B-S-13	Escuela de la Sagrada Familia	7,31	26
B-S-14	Hangar Aerolínea Mackey, Aeropuerto de Fort Lauderdale	2,85	64
B-S-33	Terminal Lindberg del aeropuerto Internacional Mineápolis-Saint Paul	9,15	46
B-S-42	Estación Kursky	3	72
B-S-44	Instituto Alemán de la Industria del Cemento	9,35	10
B-CNC-04	St. Malachy Catholic Church	8,84	52
B-CNC-13	Iglesia de Nuestra Señora del Carmen	3,24	42
B-CTR-01	Canódromo de Carabanchel	3,2	32
B-CTR-03	American Concrete Institute Building	1,32	38
B-CTR-04	Aduana Frontera Finlandesa con Rusia en Torfyanovka	3,5	30
TR-P-09	Piscina Cubierta Arquitecto José Laguillo	2,5	59
TR-P-10	Sardar Vallabhbhai Patel Stadium	5,08	47
TR-P-17	Lonja de Scheveningen	5	28



Todos los pliegues (en voladizo)

En los voladizos ocurre lo mismo que en el resto de casos, que cuanto mayor es el ángulo menor será la base y viceversa, normalmente, o si no el canto aumentaría. Esto es importante conocerlo y se produce en todos los pliegues. En este caso, todos los ejemplos cumplen esta tendencia.

El rango en el cual oscilan los tamaños de las bases de los módulos es 0,6 y 9,35 metros, alcanzando el mayor en el Instituto Alemán de la Industria del Cemento y el menor en el Pabellón de los Laboratorios Alter. Si se observan todas las bases del módulo entre todos los voladizos, se observa una gran variedad de medidas, lo que indica que no es necesario un tamaño específico para esto. Sin embargo, hay medidas que funcionan mejor, ya que consiguen menores espesores y menor gasto de material. Por lo general, los módulos están en torno a 3 metros, aunque hay muchos casos con valores mayores.

En cuanto a los ángulos producidos van desde 10° a 72°. El menor se produce en el Instituto Alemán de la Industria del Cemento y el mayor en la Estación Kursky. Normalmente los ángulos van entre 30° y 60°, por lo que existe una gran variedad, al igual que con las bases del módulo.

En el Instituto Alemán de la Industria del Cemento, se produce la mayor base (9,35 metros) junto al menor ángulo (10°). Por tanto, se equilibran los datos para conseguir un pliegue proporcionado. El vuelo conseguido, de 5 metros, es de un tamaño medio respecto a los encontrados, por lo que se deduce que incluso con valores extremos de plegadura se pueden alcanzar buenos vuelos, pero no es lo ideal, ya que precisaría de un gran espesor, como es el caso.

En el Pabellón de los Laboratorios Alter se produce el menor tamaño de la base del módulo (0,6 metros). En cambio, se compensa gracias a un ángulo

de 60°, de los mayores encontrados entre los voladizos. En este edificio se realizan pliegues simples en V con una parte empotrada en la viga que los sostiene. Cabe resaltar que los voladizos simétricos del pabellón cobran gran importancia y no ocurre como en otros casos en los que suponen un añadido y obtienen un rol secundario. Es por ello por lo que respecto al tamaño de la parte biempotrada (5,3 metros) se obtienen grandes vuelos (de 3,3 metros a cada lado). Por lo tanto, se podría decir que la estructura del edificio tiene un buen funcionamiento, unido además a un bajo espesor.

En la Estación Kursky, con pliegues simples en omega, se encuentra el mayor ángulo. El ángulo producido es de 72°, unido a un módulo de 3 metros. Sin embargo, al estar en un pliegue omega, si se busca conseguir una base de este tamaño, se precisa de un gran ángulo de las láminas, ya que así queda espacio para las láminas horizontales del pliegue. Esto además se une a que las plegaduras tienen un pequeño canto, lo que comprime el tamaño y se precisa aún más de este gran ángulo. Esto ocurre en pliegues como el omega ya que por su forma se compensaría la inclinación de la lámina. Si se producen estos ángulos y bases en pliegues como el simple en V supondría una aglomeración de láminas en un espacio pequeño, además de no ser lo óptimo en términos constructivos.

Cabe destacar que en el caso de los voladizos la mayoría son continuaciones de la estructura biapoyada interior del edificio, por lo que se dimensiona para esto y el voladizo supone un añadido de pocos metros que viene condicionado por el tamaño ya establecido de espesor, base y ángulo.

Por tanto, se puede concluir que el pliegue que permite más variedad de ángulos y bases es el simple en omega, ya que es muy versátil, permitiendo

grandes datos en ambos campos y estar compensado. En cambio, el más equilibrado es el contrapuestos, con valores que no despuntan (base en torno a 3 metros y ángulo en torno a 30°), pero consigue buenos vuelos (de hasta 14,86 metros). También cabe destacar que en el pliegue simple en omega se pueden conseguir grandes luces cuando se tratan de una continuación de una estructura precedente biapoyada, mientras que en cuanto a los voladizos independientes es pliegue que mejor funciona es el contrapuesto. Además, en el caso del pliegue simple en omega este funciona mejor cuando se produce esto y además se utilizan láminas o módulos prefabricados, mientras que el contrapuesto funciona mejor in situ.

Conclusiones parciales gráficas base del módulo-ángulo

En todos los pliegues se producen rangos del tamaño de la base del módulo similares, en torno a 3 metros. El pliegue simple tiene un rango mayor, entre 1,5 y 4,5 metros, ya que tiene más edificios.

En cuanto a los ángulos, en todos los pliegues van entre 30° a 60°, siendo muy similares entre estos los rangos obtenidos. Se podría acotar incluso a entre 35° y 50°, al coger el patrón común entre todos los pliegues.

Es sorprendente la puesta en común entre los pliegues y ver como, aunque tienen casos particulares con grandes y pequeños ángulos y bases, a la hora de coger los rangos habituales son bastantes similares entre sí, aun teniendo características distintas entre sí, tanto en la forma como en el comportamiento estructural.

En las fachadas las bases del módulo por lo general son más grandes que en las cubiertas y forjados, siendo entre 3 y 5 metros. En los ángulos también se produce un aumento respecto a los de cubiertas y forjados, con 40° y 60°. Esto por tanto propiciaría un canto mayor, al ser las bases y ángulos mayores, algo que es correcto para el funcionamiento de estas estructuras de carga verticales.

Los voladizos tienen tamaños de base y ángulos acorde a su tipo de pliegue, por lo que se encuentran en los rangos de 3 metros de base y 35° y 50° de ángulo. Sin embargo, hay pliegues que son más versátiles en cuanto al ángulo y base que pueden adoptar, como el simple en omega o incluso V, mientras que el contrapuesto es más equilibrado y tiene bases y ángulos similares entre sí (3 metros de base y 30° de ángulo).

Vinculación exterior. Clasificación de los edificios
 Apoyo sobre pilar

Código	Nombre	Imagen
TR-B-01	Palacio de los deportes	
TR-B-02	Turin Exhibition Hall	
B-CTR-01	Canódromo de Carabanchel	
B-S-12	Almacén y talleres H.W. Moore Equipment Co	
B-S-16	Centro Comercial en West Hollywood	
B-S-26	Gimnasio en Colorado	
B-CTR-04	Aduana Frontera Finlandesa con Rusia en Torfyanovka	
B-CNC-07	Casa Octogonal	
B-S-32	Tienda de Sears	

Código	Nombre	Imagen
B-S-34	Piscina en Nottingham	
B-CTR-06	Entrada del Bradford College	
B-S-38	Instituto Nuestra Señora del Rosario	
B-S-39	Centro de Desarrollo de Sonoma	
B-S-40	Locales Comerciales en la zona peatonal de Coventry	
TR-E-06	Fábrica olvetti underwood	
B-CNC-10	Central térmica en Roman	
B-CTR-07	Hipódromo Groenendaal	
B-S-44	Instituto Alemán de la Industria del Cemento	

Código	Nombre	Imagen
B-CNC-11	Monasterio de Santa Catalina de Siena	
B-CNC-12	Monasterio de la Encarnación de Lejona	
B-S-46	Escuela Montes Alpes	
B-S-47	Stabilimento Raffo	
B-CNC-15	Ristorante Stadio del Nuoto	
B-CNC-16	Cinema San Pietro	
B-CNC-17	Palestra CONI	
B-S-50	Galería Emilia	
B-CNC-21	Mezquita Masjid Negara y edificios adyacentes	

Vigas o cerchas y pilares o muros. Apoyo, empotramiento o tímpano

Código	Nombre	Imagen
B-S-01	Viaducto Olímpico de Roma	
B-S-02	Nueva estación ferroviaria de Savona	
B-S-03	Laboratorios Alter	
TR-B-03	Paul VI audience hall	
B-CTR-02	Universidad Laboral de Tarragona	
B-S-04	Den heider station (ampliación)	
TR-P-07	Aula de la TU Delft	
B-CNC-02	Instituto de Filosofía de la FU de Berlín	
B-S-05	Namics Headquarters	
B-CNC-03	Mercado Central de Ivano-Frankivok	
B-S-06	Edificios de la Torre de Televisión de Berlín	
B-S-27	Mercado "Pedro Sainz de Barandía"	

Código	Nombre	Imagen
B-S-07	Centro di Atletica leggera ESCUELA NACIONAL DE ATLETISMO DE FORMIA	
B-S-08	Fábrica ASEA	
B-CTR-03	American Concrete Institute Building	
B-S-11	Hangar Alleghany Airlines, aeropuerto Logan, Boston	
B-S-13	Escuela de la Sagrada Familia	
B-S-14	Hangar Aerolínea Mackay, Aeropuerto de Fort Lauderdale	
B-S-15	Bolera Cloverleaf Lane, ahora Bethel Evangelical Baptist Church	
B-S-17	Iglesia del Buen Pastor	
B-S-18	Teatro en Plaza de Sula	
B-S-19	Edificio Industrial en Parque Industrial de Buffalo	
B-S-20	TIH Corporation Building Factory	
B-S-21	Panadería Langendorf	

Código	Nombre	Imagen
B-CNC-06	Edificio principal de la producción con bodegas, Cartuchos Deportivos (hoy Industrias Teconol)	
B-S-28	Embajada de Estados Unidos en Bagdad	
B-S-29	Sinagoga en la Quinta Avenida	
B-S-30	Edificio Marquesina coches en El Congo	
B-S-33	Terminal Linberg del aeropuerto Internacional Minskopolis-Saint Paul	
B-S-35	Planta de Trabajos Químicos de ICI Hyde	
B-S-41	Agencia de Automóviles Nash	
B-CNC-09	Iglesia Inmaculada Concepción	
B-S-42	Estación Kurasky	
B-S-45	Almacén en Alemania	
B-CNC-13	Iglesia de Nuestra Señora del Carmen	
B-S-48	Almacén en Cesena	

Código	Nombre	Imagen
B-S-49	Palacio Galvani	
B-S-51	Fábrica S.F. de Méico	
B-S-53	Edificio Residencial	
B-S-54	Edificio Residencial	
B-S-55	Fábrica	
B-S-56	Fábrica	
B-CNC-20	3 Pabellones circulares con cubierta con forma de sombrilla	
TR-P-17	Lorija de Schaveningen	
B-S-57	Vernignd Pastic Verkoopkantor N.V. Laboratory	
B-CNC-22	Auditorium Maximum der Ruhr-Universität Bochum	
B-S-59	Desconocido	

Apoyo sobre láminas plegadas

Código	Nombre	Imagen
TR-P-01	Sede UNESCO (Sala de Conferencias)	
TR-P-02	Mülmatt Sports Education Center	
TR-P-03	General Trade School	
TR-P-04	Instituto Sorolla	
TR-P-05	Central hidroeléctrica de Proaza	
TR-P-06	Iglesia de Cristo Rey	
TR-E-01	Neviges Pilgrimage Church	
B-S-09	Edificio IBM	
TR-B-04	Iglesia de St Paulus	
TR-P-07	Aula de la TU Delft	
TR-P-08	Sala mortuoria cementerio de Frankfurt-Westhausen	

Código	Nombre	Imagen
B-S-10	Iglesia Notre Dame de Royan	
TR-B-05	Hangares Orly	
TR-E-02	Capilla en Vallecerón	
TR-E-03	Casa de la Música Oporto	
TR-E-04	Casa de Piedra "Steinhaus" Lago Ossiach	
TR-E-05	Iglesia de San Antonio da Polana	
TR-B-06	Cubierta en el Parque del Oeste	
TR-P-09	Piscina Cubierta Arquitecto José Laguillo	
TR-P-10	Sardar Vallabhbhai Patel Stadium	
B-CNC-05	Tagore Memorial Theatre	
TR-P-11	HYUP SUNG CO. LTD.- NAVE INDUSTRIAL ZIP BUFALO	

Código	Nombre	Imagen
B-CTR-05	Capilla San Ignacio de Loyola - Colegio Externado de San José	
TR-P-12	Iglesia Saint Albert	
TR-P-13	Centro deportivo en Gh. Gheorghiu-Dej	
TR-P-14	Sporturilor Bacau	
B-S-43	Cine La República	
TR-P-15	Iglesia de Fátima	
TR-E-08	Depósito de carbón ITCET	
TR-P-16	Abadía St John	
TR-B-07	Teleférico del Ávila. Estación Maripérez	
TR-P-17	Lonja de Scheveningen	
B-CNC-23	Desconocido	
B-CNC-08	Hampton Coliseum Virginia	

Apoyo sobre caballete

Código	Nombre	Imagen
B-S-23	Escuela en Albuquerque	

Soporte con cables o tirantes

Código	Nombre	Imagen
B-S-31	Marquesina de entrada al Parque Zip Bufalo	
TR-P-14	Sporturilor Bacau	

Apoyo sobre horquilla

Código	Nombre	Imagen
B-CNC-04	St. Malachy Catholic Church	
B-S-22	Gimnasio	
B-S-24	Instituto en Scottsdale	
B-S-25	Bank in Colorado, USA	
B-S-36	Iglesia de Saint Paul en la Plaza Lorrímore	
B-S-37	Restaurante en Novato	
TR-E-07	Estación de Servicio	
B-CNC-18	Mercado Laykakota	
B-CNC-19	Southside Café-Washington State College	
B-S-52	Edificio en Jardín	
B-S-58	Glanerburg	

Conclusiones parciales de la vinculación exterior

En cuanto a los edificios analizados, se encuentran una gran cantidad de casos con apoyo sobre pilar (29 edificios), pero sobre todo con apoyo o empotramiento sobre viga, muro o cercha (47 edificios). Cuando se producen pórticos o fachadas con láminas plegadas también se producen apoyos sobre láminas plegadas, y ocurre también en bastantes edificios (34 edificios). Menos frecuente es el uso de horquillas (11 edificios, caballetes (1 edificio) y tirantes o cables (2 edificios). También ocurren edificios donde se combinan varios sistemas (4 edificios).

Por otro lado, el uso de vigas o cerchas puede utilizarse con varios métodos constructivos, así como distintos tamaños y longitudes. Cuando se realizan estructuras in situ, las vigas suelen estar empotradas en las láminas. Cuando son prefabricadas se suelen apoyar, además de ser las vigas y pilares prefabricados. También resulta importante la situación del pilar respecto al módulo, aunque este apoye sobre la viga. Cuando las bases de los módulos son de un tamaño considerable, más de 3 metros normalmente, se suele situar un pilar justo en el encuentro del módulo con la viga. Cuando son menores de este tamaño generalmente se disponen arbitrariamente pero no necesariamente por cada módulo, y pueden abarcar varios de estos. Es decir, puede situarse el pilar apoyado en la viga cada dos o más módulos.

En el caso del apoyo sobre láminas plegadas, se precisa de un tamaño considerable de la base del módulo (>1-1,5 metros), ya que de otra forma serían o de muy poco canto o de un gran ángulo (>60°), lo que desestabilizaría en algunos casos. Por otro lado, estarían condicionadas por el tamaño de la base del módulo en cubierta, en el caso de los pórticos.

Respecto a las horquillas, se producen cuando el tamaño de la base del módulo es medio-alto, en torno a más de 3 metros y con un canto proporcional, que permita un ángulo de al menos 20° y mayor, hasta en torno a 70° aproximadamente. Puede sobrepasar estos límites. Todo ello para que el apoyo de la lámina se transmita correctamente al pilar sin producir riesgos. Solo se observan casos con el pliegue en V, por lo que en otros no resultaría propicio, debido a la transmisión de esfuerzos que debe realizarse y a que habría métodos mejores, como puede ser un tímpano por ejemplo.

Los caballetes por su parte no se suelen utilizar, solo existe un caso. Su uso sería similar al de un tímpano, que es más utilizado.

Los tirantes y cables no son frecuentes en este tipo de estructuras. Sin embargo, deben de considerarse como una opción, al menos como refuerzo a otro sistema.

Conclusiones finales

Tras todo el análisis realizado, se presenta el resultado obtenido:

-El pliegue simple consigue grandes luces, las mayores, entre 20 y 35 metros, llegando incluso hasta 77 metros. Esto unido a un bajo canto, de entre 0,5 y 2 metros en general, los convierten en el mejor respecto a la proporción luz/canto (de entre 10 y 20). Por otro lado, consigue los menores espesores (entre 0,1 y 0,2 metros), y por tanto también la mejor relación luz/espesor (de entre 100 y 200), lo que supone un ahorro de material. Respecto al ángulo y base del módulo ofrecen gran variedad (entre 30° y 60° y 1,5 y 4,5 metros respectivamente), sobre todo el omega. En las fachadas también obtiene buenos cantos y espesores. Sin embargo, ofrece dificultades para la apertura de huecos. En los voladizos se producen buenas luces, en torno a 8 metros cuando son continuaciones de estructuras biapoyadas o biempotradas. Independientemente no existen casos, mientras que de otros pliegues sí, por lo que posiblemente su funcionamiento no sea bueno.

-El pliegue con conicidad no es el mejor pliegue en cuanto a luces (entre 20 y 30 metros), pero estaría un poco por detrás del simple, sobre todo cuando se trata de un pliegue con conicidad lineal, ya que su comportamiento es muy similar a este. Por otro lado, el canto producido es el mayor (entre 1 y 3 metros), algo negativo. En el caso de los espesores (entre 0,2 y 0,4 metros), estos son mayores que los encontrados en el pliegue simple. Los ángulos (entre 35° y 50°) y bases del módulo (entre 3 y 7 metros) son también mayores para producir esa serie de huecos, por cuestiones de diseño, no por necesidad del pliegue, el cual tiene una gran variedad de ejemplos con pequeños ángulos y bases. En la fachada es el mejor para la apertura de huecos, aunque cabe destacar que puede situarse en dos

posiciones. El tipo más utilizado es con la parte de mayor sección en contacto con la cubierta, lo que permite que para realizar pórticos la fachada pueda recoger a las láminas de cubierta manteniendo su forma y actuando como un tímpano. Esto también puede realizarse en el pliegue simple, pero la apertura de huecos juega un papel fundamental a la hora de ser escogido por los arquitectos. Los voladizos con este pliegue son como en el pliegue simple, ya que surgen de continuaciones de la estructura interior biapoyada o biempotrada. Independientes no existen casos mientras que de otros pliegues sí, por lo que se deduce que no funcionan bien.

-El pliegue contrapuesto consigue menores luces que el resto (entre 10 y 20 metros). Esto se debe tanto a los pocos casos en los que se utiliza como a que su uso es fundamentalmente en voladizos. El canto conseguido tampoco es bueno, de entre 0,5 y 1,5 metros, mayor que los obtenidos en el pliegue con conicidad. En cuanto a la proporción luz/canto sería similar al pliegue con conicidad (de 10). Los espesores son muy variados (generalmente entre 0,1 y 0,2 metros), aunque pueden llegar a ser muy reducidos (de incluso 0,04 metros en extremos de los voladizos). En muchos edificios, al tratarse de voladizos va variando en su longitud consiguiendo poco espesor en el extremo, reduciendo el peso. Para fachadas no es utilizado, ni siquiera en pórticos donde el pliegue de la cubierta es contrapuesto. En los voladizos sí que resalta este pliegue, siendo el mejor cuando se pretenden realizar voladizos independientes.

Respecto a la construcción, en los simples biapoyados es frecuente la prefabricación, aunque pueden realizarse in situ. El prefabricado es mejor para los voladizos que se extienden de una estructura biapoyada o biempotrada. Lo mismo ocurre en el pliegue con conicidad. Para el pliegue

contrapuesto, por la dificultad de las uniones de los prefabricados, conviene más realizarlos in situ, así como para sus voladizos.

Cabe destacar la introducción de cables tensores en la construcción in situ como método para conseguir grandes luces y continuidad de la estructura.

Respecto a la vinculación exterior, dependerá del método constructivo, así como del tipo de pliegue y fundamentalmente del tamaño de la base del módulo. Cuando es apoyo sobre pilar o empotramiento es frecuente una construcción in situ, aunque también pueden utilizar nudos prefabricados en el caso de los pilares. Para un apoyo sobre viga y pilar dependerá de si el apoyo se produce cada módulo o cada varios módulos, así como de la distancia entre los módulos. Si es muy grande la base, se necesitará de apoyo del pilar por cada módulo y si es muy pequeña cada varios módulos. El apoyo sobre horquilla, por su parte, dependerá del tamaño de la plegadura en general, por lo que se necesita de un gran canto (>1 metro) y base (>1 metro), junto con un ángulo de tamaño intermedio (entre 30° y 60°). Los tímpanos y caballetes pueden disponerse cuando la estructura tenga riesgo de deformación, independientemente de una característica específica, que obviamente también condicionarán el uso de estos. Por último, el apoyo sobre láminas plegadas debe darse cuando la base del módulo de la cubierta lo permita, por sus características dimensionales.

Finalmente, podría concluirse que cada pliegue tiene su campo de aplicación óptimo, el pliegue simple para cubiertas biapoyadas o biempotradas y para voladizos que se extienden más allá de la estructura (compensación de momentos), el pliegue con conicidad (con sección mayor junto a cubierta) para fachadas y específicamente las de pórticos y el pliegue con conicidad para voladizos independientes.

La catalogación y aproximación a las estructuras de láminas plegadas de hormigón realizada en este trabajo podría contribuir a la puesta en valor de un tipo estructural singular, que además del valor patrimonial presenta un enorme potencial de uso en la actualidad.

Bibliografía

- [1] García García, R. (2013). Dos décadas de estructuras plegadas de hormigón. Inicio y ocaso de un movimiento. *Informes de la Construcción*, 65(529): 27-39.
- [2] Burdiel Oya, L. (2021). Láminas plegadas. Singularidades geográficas en su aplicación. TFG.
- [3] Angerer. (1972). Construcción laminar : elementos y estructuración (3a ed.). *Gustavo Gil*.
- [4] Rial, M. B. (2005). Parámetros de forma en láminas y su incidencia en la eficacia estructural. TFG.
- [5] Cassinello, F. (1961). Estructuras plegadas. *Informes De La Construcción*, 14(135), 65–70. <https://doi.org/10.3989/ic.1961.v14.i135.4979>
- [6] Romea, C. (2022). Estructuras laminares: definición, comportamiento y ejemplos (Parte I). *Zigurat Institute of Technology*.
- [7] Martín Falcón, A. (2018). Estructuras laminares de hormigón armado como método resolutivo frente a grandes luces. TFG.
- [8] González de Cangas, J. R. (s.f.). Evolución de los métodos de cálculo de láminas plegadas. Una aportación al análisis de estructuras no prismáticas. *Universidad Politécnica de Madrid*.
- [9] De Souza Sánchez, P. M. (2018). Del pliegue conformador y estructural al espacio oblicuo. *XI Congreso Internacional de la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Navarra. La tecnología en la arquitectura moderna (1925-1975): mito y realidad. Escuela de Arquitectura de la Universidad de Navarra. Pamplona. España*.
- [10] Weinand, Y., Stitic, A. (2015). Timber Folded Plate Structures – Topological and Structural Considerations. *International Journal of Space Structures*, 30(2):169-178.
- [11] Yousif, S., Saka, M. P., Kim, S., & Geem, Z. W. (2022). Optimum Design of Reinforced Concrete Folded Plate Structures to ACI 318-11 Using Soft Computing Algorithm. *Mathematics*, 10(10), 1668. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/math10101668>
- [12] Ivanovic-Sekularac, J., Sekularac, N. (2012). Folded structures in modern architecture. *Facta universitatis - series Architecture and Civil Engineering*, 10(1):1-16.
- [13] García García, R. (2007). Láminas plegadas de hormigón armado. Realizaciones en España. "Quinto Congreso Nacional de Historia de la Construcción", 7-9 junio 2007, Burgos

- [14] A. Sehnaoui, E. A. (1961). Thesis (M.S.). *Massachusetts Institute of Technology, Dept. of Building Engineering and Construction*.
- [15] Kramer, K. W. (2005). Survey of prestressed/post-tensioned folded plate shells for roof structures in the United States: 1950-1970. *Ned H Burns Symposium on Historical Innovations in Prestressed Concrete* At: Kansas City, MO.
- [16] Barroso Naranjo, D. J. (2019). Arquitectura transformable. Estructuras desplegadas. Del plano al pliegue, del pliegue al espacio. Diseño de un pabellón desplegable basado en el arte japonés del origami. *TFM*.
- [17] Barahona, M. (2015). Perfiles: Eduardo Torroja, un ingeniero entre arquitectos. *Houzz*.
- [18] Baldanta Callejo, C. (s.f.). Análisis estructural de la cubierta de cocinas de la Universidad Laboral de Tarragona. *TFG*.
- [19] Delaloye, H. A. (2008). Láminas Plegadas. *Universidad Nacional de La Plata-Facultad de Arquitectura y Urbanismo*.
- [20] D'Arcangelo, J. (2020). Láminas Plegadas. *Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Arquitectura y Urbanismo*.
- [21] De Souza Sánchez, P. M. (2017). El pliegue en la arquitectura. *Tesis doctoral*.
- [22] Gaudino, S. (2020). Del pliegue a la arquitectura. *Arquitasa*.
- [23] Jackson, P. (2011). Técnicas de Plegado para Diseñadores y Arquitectos . *Promopress*.
- [24] Arguello-Carazo, X., Zhenqiang, L. (s.f.). Construction of Precast Prestressed Folded Plate Structures in Honduras. *PCI Journal*.
- [25] Birkeland, H. W. (s.f.). Connections for Multistory Buildings And Folded Plates. *PCI Journal*.
- [26] Nervi, & Gallot, M. (1997). *Savoir construire (2e Édition)*. *Linteau*.
- [27] Nervi. (1963). *Nuevas estructuras*. *Gustavo Gil*.
- [28] Lajusticia Josa, N. (2019). La estructura en Nervi; caso del viaducto de Roma. *TFG*.
- [29] Chiorino, C., Margiotti Nervi, E., Leslie, T. (2018). *Aesthetics and Technology in Building*. *University of Illinois Press*.
- [30] Sepp Firnkas, P. E. (s.f.). A prestressed folded plate Hangar for Alleghany Airlines-Design and construction. *PCI Journal*.
- [31] Šekularac, N. (2010). Shaping of the folded structures by using wood trusses. *Thesis PhD*.

Imágenes

[I-01] [Las playas mediterráneas se quedan sin conchas | HAZTE ECO \(atresmedia.com\)](#)

[I-02] [Archivo:Conchas playa de Barcelona.jpg - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)

[I-03] [Hangares para dirigibles de Orly | arquiscopio - archivo](#)

[I-04] [Las cáscaras de huevo tienen más usos de los que puedes imaginar • En Estado Crudo](#)

[I-05] [Hoja de palma - let's pause \(letspause.es\)](#)

[I-06] [Poda de hojas de palmera - Hogarmania](#)

[I-07] Romea, C. (2022). Estructuras laminares: definición, comportamiento y ejemplos (Parte I). *Zigurat Institute of Technology*.

[I-08] [Canódromo de Carabanchel - Urbipedia - Archivo de Arquitectura](#)

[I-09] García García, R. (2013). Dos décadas de estructuras plegadas de hormigón. Inicio y ocaso de un movimiento. *Informes de la Construcción*, 65(529): 27-39.

[I-10] Power J. O. (1960). Folded Plate Concrete Roof Is Post-Tensioned in Place. *PCI Journal*.

[I-11] García García, R. (2013). Dos décadas de estructuras plegadas de hormigón. Inicio y ocaso de un movimiento. *Informes de la Construcción*, 65(529): 27-39.

[I-12] [The Coal Storage Bunker – Obersalzberg, Berchtesgaden Germany | LandmarkScout](#)

[I-13] [Hangares para dirigibles de Orly | arquiscopio - archivo](#)

[I-14] [Perfiles: Eduardo Torroja, un ingeniero entre arquitectos \(houzz.es\)](#)

[I-15] García García, R. (2007). Láminas plegadas de hormigón armado. Realizaciones en España. "Quinto Congreso Nacional de Historia de la Construcción", 7-9 junio 2007, Burgos

[I-16] Fundación Fisac

[I-17] Nervi. (1963). Nuevas estructuras. *Gustavo Gil*.

[I-18] [Centro de Estudios Borjanos: Recordando a la Universidad Laboral de Tarragona \(cesbor.blogspot.com\)](http://cesbor.blogspot.com)

[I-19] Wilby, C. B. (1998). Concrete folded plate roofs. *Elsevier Butterworth-Heinemann*

[I-20] García, R. G. (2018). Concrete Folded Plates in the Netherlands. *Second International Congress on Construction History, Cambridge*

[I-21] [File:Bacău 2001 Sala Sporturilor - Flickr - sludgegulper \(1\).jpg - Wikimedia Commons](#)

Imágenes de las fichas

1-[Microsoft Word - 22 CORSO.DOC \(upc.edu\)](#)

2- Lajusticia Josa, N. (2019). La estructura en Nervi; caso del viaducto de Roma. *TFG*. Lajusticia Josa, N. (2019). La estructura en Nervi; caso del viaducto de Roma. *TFG*.

3-[Microsoft Word - 23 SAVONA.DOC \(upc.edu\)](#)

4- Fundación Fisac

5-[Den Helder station 1958 - 3Dscaleworks](#)

6-[Den Helder 1/5 \(stationsinfo.nl\)](#)

7-[Aus Namics und Isobar wird Merkle \(eastdigital.ch\)](#)

8-[Namics St. Gallen Büronauten AG \(swiss-architects.com\)](#)

9-[The structure of Namics Headquarters, St. Gallen \(CH\): Ingenta Connect](#)

10-[Structurae \[en\]: Berlin Television Tower Base Buildings](#)

11-[The TV Tower - uncube \(uncubemagazine.com\)](#)

12-[German Postwar Modern — Centro di Atletica Leggera \(1955\) in Formia,... \(tumblr.com\)](#)

13- Cassinello, F. (1961). Estructuras plegadas. *Informes De La Construcción*, 14(135), 65–70. <https://doi.org/10.3989/ic.1961.v14.i135.4979>

14-[Fábrica ASEA y Fábrica SF en Revista Calli #10, Nov - Dic 1963 | NOTICIAS | Legorreta Arquitectos](#)

15-[A Prestressed Folded Plate Hangar for Allegheny Airlines - Design and Construction.pdf \(pci.org\)](#)

16-[Artículo Informes publicado.pdf \(upm.es\)](#)

17- Toll, H. C. (1960). Escuela de la Sagrada Familia, Denver- Colorado, (EE.UU.). *Informes De La Construcción*, 13(125), 11–16. <https://doi.org/10.3989/ic.1960.v13.i125.5137>

- 18- Burdiel Oya, L. (2021). Láminas plegadas. Singularidades geográficas en su aplicación. *TFG*.
- 19-[Folded Plate Concrete Roof is Post-Tensioned in Place.pdf \(pci.org\)](#)
- 20- Arguello-Carazo, X., Zhenqiang, L. (s.f.). Construction of Precast Prestressed Folded Plate Structures in Honduras. *PCI Journal*.
- 21- Wilby, C. B. (1998). Concrete folded plate roofs. *Elsevier Butterworth-Heinemann*
- 22-[Precast Folded Plate Canopy Beautifies Entrance to Industrial Park.pdf \(pci.org\)](#)
- 23-[Navigating the Minneapolis-St. Paul Airport | Meet Minneapolis | Meet Minneapolis](#)
- 24-[Salidas de vuelos del Aeropuerto de Minneapolis-Saint Paul \(MSP\) \(aeropuertodelmundo.net\)](#)
- 25-[St Paul's Church, Newington - Wikipedia](#)
- 26-[File:St Paul's Church Lorrimore Square London - geograph.org.uk - 1772677.jpg - Wikimedia Commons](#)
- 27-[Kurskiy Vokzal - Mapa - Estación de ferrocarril - Moscú, Rusia - Mapcarta](#)
- 28-[Estación De Tren De Kursk Interior Del Edificio De Una Estación De Tren Fotografía editorial - Imagen de boletos, salga: 167322547 \(dreamstime.com\)](#)
- 29-[File:Gebaeude Tannenstrasse 2 in Duesseldorf-Derendorf, von Sueden.jpg - Wikimedia Commons](#)
- 30-[FÁBRICA SF FACILITIES | PROYECTOS | Legorreta Arquitectos](#)
- 31- García, R. G. (2018). Concrete Folded Plates in the Netherlands. *Second International Congress on Construction History, Cambridge*
- 32-[Nu.cw | Half miljoen voor renovatie Marshe Nobo | Knipselkrant Curacao \(knipselkrant-curacao.com\)](#)
- 33-[Curaçao markets - Fun Curaçao \(funcuracao.com\)](#)
- 34-[Institute of Philosophy • Departments • Freie Universität Berlin \(fu-berlin.de\)](#)
- 35-[Philosophisches Institut der FU Berlin \(Berlin-Zehlendorf, 1983\) | Structurae](#)
- 36-[Structurae \[en\]: Ivano-Frankivsk Central Market Hall](#)

- 37-[Fresco y relajado Ivano-Frankivsk, Ucrania - una ciudad que vale la pena visitar! \(mywanderlust.pl\)](#)
- 38-[Archangel Gabriel Parish - St. Malachy Church \(Coraopolis\) | 343 Forest Grove Road, Coraopolis, PA 15108 | Catholic Church Directory](#)
- 39-[Pittsburgh Airport Marriott Wedding | Megan & J.D. \(kristenvota.com\)](#)
- 41-[CASA OCTOGONAL -Con Techo de Hormigón - Mi Mecánica Popular \(mimecanicapopular.com\)](#)
- 42- García García, R. (2007). Láminas plegadas de hormigón armado. Realizaciones en España. *"Quinto Congreso Nacional de Historia de la Construcción"*, 7-9 junio 2007, Burgos
- 43-[Iglesias Católicas de Cúcuta Colombia \(cucutanuestra.com\)](#)
- 44-[Parroquia Carmelitas \(parroquiacarmelitascucuta.com\)](#)
- 45-[Connections for Multistory Buildings and Folded Plates.pdf \(pci.org\)](#)
- 46-[All of the Dining halls at Washington State University Ranked \(spoonuniversity.com\)](#)
- 47-[Design-Construction of Umbrella-Shaped Precast Folded Plate Roofs for Pavilions.pdf \(pci.org\)](#)
- 48-[Vista de Canódromo madrileño \(csic.es\)](#)
- 49-[Universidad Laboral Tarragona \(museoseat.com\)](#)
- 50-[\(3\) Baldanta Callejo - Análisis de la estructura de la Universidad Laboral de Tarragona \(E.Torroja\).pdf \(upv.es\)](#)
- 51-[the american concrete institute - claass HAUS](#)
- 52-[EL SALVADOR EN FOTOS - Iglesia San Ignacio De Loyola Colegio Externado de San José San Salvador Foto de: Mario Enrique Ortiz Nuñez | Facebook](#)
- 53-[El Salvador: capilla del colegio Externado San José: "San Ignacio de Loyola" \(elsalvadorvida.blogspot.com\)](#)
- 54-[Sede UNESCO - París 23 - WikiArquitectura](#)
- 55-[Sede UNESCO - París 21 - WikiArquitectura](#)

- 56- Nervi. (1963). Nuevas estructuras. *Gustavo Gil*.
- 57-[Livio Vacchini > Mülimatt Gymnasium | HIC \(hicarquitectura.com\)](#)
- 58-[MOREXLESS: Mülimatt Sports Education and Training Center - Studio Vacchini Architetti \(moremorexless.blogspot.com\)](#)
- 59-[\(65\) Pinterest](#)
- 60-[Pin auf Structure \(pinterest.cl\)](#)
- 61-[Herrmann Baur / Hans Peter Baur / Franz Bräuning: Basel School of Design \(Allgemeine Gewerbeschule und Schule für Gestaltung Basel\) - #SOSBRUTALISM](#)
- 62-[Instituto Sorolla - Urbipedia - Archivo de Arquitectura](#)
- 63-[Central hidráulica de Proaza - Fundación Docomomo Ibérico \(docomomoiberico.com\)](#)
- 64-[Central hidroeléctrica de Proaza - Joaquín Vaquero Palacios | Arquitectura Viva](#)
- 65-[Kerkgebouwen in Limburg \(kerkgebouwen-in-limburg.nl\)](#)
- 66-[File:TU-Delft-Aula.jpg - Wikimedia Commons](#)
- 67-[Restauratieonderzoek Aula TU Delft - MONUMENTAAL magazine](#)
- 68-[Günter Bock: Westhausen Cemetery Mourning Hall - #SOSBRUTALISM](#)
- 69- [PISCINAS ARQUITECTO JOSÉ LAGUILLO | Catálogo \[abierto\] de arquitectura \(arquitecturacontemporanea.org\)](#)
- 70- [La piscina cubierta Arquitecto José Laguillo reabrirá el lunes | Andalucía Información. Todas las noticias de Jerez \(andaluciainformacion.es\)](#)
- 71- [Sardar Vallabhbhai Patel Stadium | World Monuments Fund \(wmf.org\)](#)
- 72- [Sardar Vallabhbhai Patel Stadium, Ahmedabad - Wikiwand](#)
- 73-[Precast Prestressed Concrete Folded Plate Industrial Building System.pdf \(pci.org\)](#)

- 74- [Kirche St. Albert \(Bischofslinde\) - Freiburg - Badische Zeitung TICKET \(bz-ticket.de\)](#)
- 75- [Denkmalpflege Baden-Württemberg: St. Albert Betzenhausen \(denkmalpflege-bw.de\)](#)
- 76- [File:Bačău 2001 Sala Sporturilor - Flickr - sludgegulper \(1\).jpg - Wikimedia Commons](#)
- 77- [sala sporturilor bacau – Sport Bacau \(bacaui.ro\)](#)
- 78- [Pier Luigi Nervi and Sottsass senior designed Turin Exhibition Palace \(domusweb.it\)](#)
- 79- [Minimum Documentation Fiche 2014 \(docomomoitalia.it\)](#)
- 80- [Cubierta en el parque del Oeste | Parques, Fotografía, Oeste \(pinterest.com\)](#)
- 81- [Cubierta en el parque del Oeste | PROYECTO II \(wordpress.com\)](#)
- 82- [Teleférico Ávila Mágica | Estación "Maripérez" del sistema t... | Flickr](#)
- 83- [Estación Maripérez - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)