

Universidad de Lima  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura



# RECOMENDACIONES PRÁCTICAS PARA EL PRE-DISEÑO DE SISTEMAS ESTRUCTURALES DE ACERO

Versión: 01  
Especialidad: Estructuras  
Fecha: 20 de marzo del 2018

**Autor:** Profesor Alexandre Almeida Del Savio

**Diseño y Diagramación:** María Sofía Ángeles Matto

## Resumen:

Cuadro comparativo de diversos tipos de sistemas estructurales de acero, el cual brinda recomendaciones prácticas para el pre-diseño estructural con indicaciones de dimensiones y materiales.

ESTRUCTURAS METÁLICAS | PRE-DISEÑO | CERCHAS | ESTRUCTURAS TENSIONADAS | ARCOS | VIGAS VIERENDEEL |  
ESTRUCTURAS LAMINARES | MALLAS ESPACIALES | ESTRUCTURAS DE MEMBRANAS

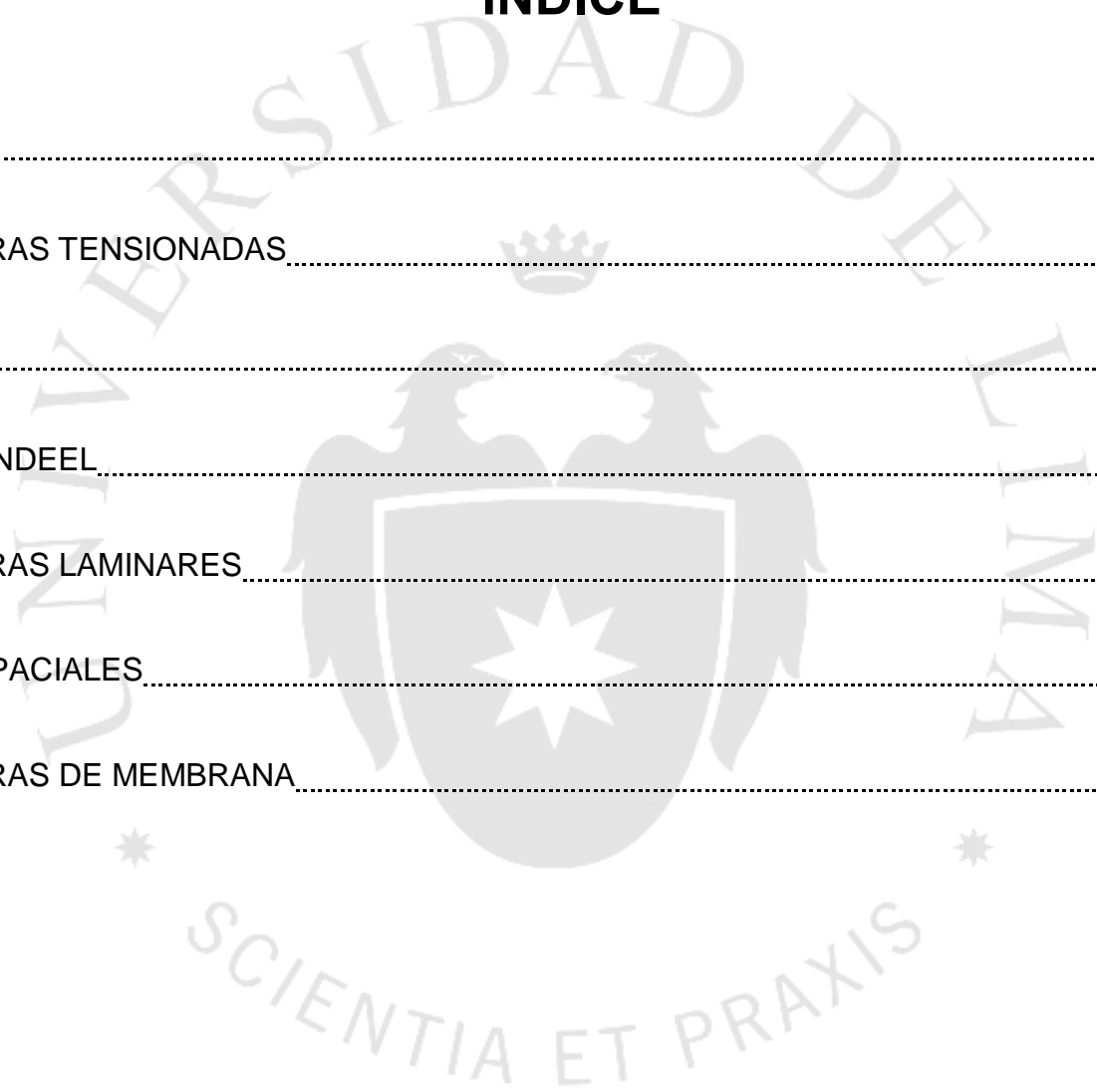
## Abstract:

Comparative table of different types of steel structures, which provides practical recommendations for conceptual design of steel structures, including geometric and material properties.

STEEL STRUCTURES | CONCEPTUAL DESIGN | TRUSSES | TENSIONED STRUCTURES | ARCHES | VIERENDEEL  
BEAMS | FOLDING LAMINAR STRUCTURES | SPACE FRAMES | MEMBRANE STRUCTURES

# ÍNDICE

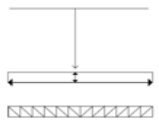


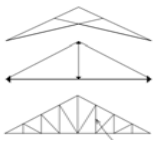


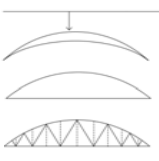


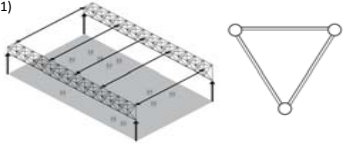


CERCHAS.....	03
ESTRUCTURAS TENSIONADAS.....	04
ARCOS.....	05
VIGAS VIRENDEEL.....	06
ESTRUCTURAS LAMINARES.....	07
MALLAS ESPACIALES.....	08
ESTRUCTURAS DE MEMBRANA.....	09



# CERCHAS

**DEFINICIÓN** | Elementos formados por barras simples, unidas entre sí por articulaciones que forman una malla triangulada. (TRACCIÓN Y COMPRESIÓN) <sup>(1)</sup>

**VENTAJAS** | Más económicas para luces de +30m. Usadas principalmente para estructuras de cubierta <sup>(1)</sup>

TIPOS	REFERENCIA	REFERENCIA	REFERENCIA	CARACTERÍSTICAS	RANGO DE LUCES	RANGO DE CANTOS		DISTANCIA ENTRE CERCHAS		MATERIALIDAD
Vigas de Celosía o Cerchas de Canto Constante	(1) 	(2) Cercha de viga constante 	(6) Techo Industrial 	Tienen cordones paralelos. No son tan eficientes como las cerchas triangulares o curvas. <sup>(1)</sup>	Hasta 37m <sup>(1)</sup>	Min: Luz/10 - 0.8m <sup>(1)</sup>	Máx.: Luz/15 - 1.2m <sup>(1)</sup>	Min: 1.8m <sup>(1)</sup>	Máx.: 9m <sup>(1)</sup>	
Cerchas en Tijera	(1) 	(3) Cercha en Tijera de una rehabilitación de vivienda. 	(7) Restaurante Filandón 	Tienen barras a tracción que unen el arranque de cada cordón superior con un punto intermedio el condón superior opuesto. <sup>(1)</sup>	Hasta 46m <sup>(1)</sup>	Min: Luz/6 <sup>(1)</sup>	Máx.: Luz/10 <sup>(1)</sup>	Min: 1.8m <sup>(1)</sup>	Máx.: 9m <sup>(1)</sup>	Acero y Madera
Cerchas en Lúnula	(1) 	(4) Cercha de un almacén 	(8) Cercha de madera 	Tienen ambos cordones curvos, elevándose a partir de un punto común en cada lado. <sup>(1)</sup>	-	-	-	Min: 1.8m <sup>(1)</sup>	Máx.: 9m <sup>(1)</sup>	
Cerchas Espaciales	(1) 	(5) Incheon International 	(9) Aeropuerto Internacional de Kansai 	Estructura unidireccional que puede visualizarse como dos cerchas planas que comparten el cordón inferior, y cuyos dos cordones superiores se encuentran a su vez unidos entre sí por un tercer entramado. <sup>(1)</sup>	-	Min: 1/5 de la Luz <sup>(1)</sup>	Máx.: 1/15 de la Luz <sup>(1)</sup>	Depende de la capacidad a flexión de los componentes secundarios <sup>(1)</sup>		Acero

(1) Ching, F., Onouye, B., & Zuberbuhler, D. (2014). Manual de estructuras ilustrado. Barcelona: GG.

(2) Bildtek S.A. (2017). Obtenido de <http://bildtek.com/wp-content/uploads/2014/09/cerchas.png>

(3) Metal Crugar. (s.f.). Rehabilitación de vivienda. Obtenido de <http://metalcrugar.com/>

(4) Pinterest. (s.f.). Obtenido de <https://www.pinterest.es/pin/674132637943464295/>

(5) Airliners (2009). Obtenido de <http://www.airliners.net/photo/-/-/1565807>

(6) Arquitectura+Acero (s.f.). Obtenido de [http://www.arquitecturaenacero.org/sites/default/files/aplicaciones-acero/f1\\_1.jpg](http://www.arquitecturaenacero.org/sites/default/files/aplicaciones-acero/f1_1.jpg)

(7) Porcelanosa grupo (2012). Obtenido de [http://www.porcelanosa-blog.com/2012/06/v-premios-de-arquitectura-e\\_20.html](http://www.porcelanosa-blog.com/2012/06/v-premios-de-arquitectura-e_20.html)

(8) Achexpo (s.f.). Obtenido de <http://www.archiexpo.es/prod/arbois-sa/product-94214-1745050.html>

(9) El PAIS (2013). *Belinda Saile*. Obtenido de [https://elviajero.elpais.com/elviajero/2013/06/04/album/1370348039\\_701720.html#foto\\_gal\\_20](https://elviajero.elpais.com/elviajero/2013/06/04/album/1370348039_701720.html#foto_gal_20)

# ESTRUCTURAS TENSIONADAS

**DEFINICIÓN** | Usan cables como medio de soporte (TRACCIÓN) <sup>(1)</sup>

**VENTAJAS** | Gran flexibilidad y en el caso de las estructuras de curvatura simple y doble son de bajo peso estructural

**DESVENTAJAS** | Susceptibles de sufrir sacudidas por vientos <sup>(1)</sup>

TIPOS	REFERENCIA	REFERENCIA	REFERENCIA	CARACTERÍSTICAS	RANGO DE LUCES	RANGO DE CANTOS	DISTANCIA ENTRE APOYOS	MATERIALIDAD	
Estructura Curvatura Simple	(1) 	(10) Portuguese National Pavilion. 	(13) Toldo de Terraza 	Usa series paralelas de cables para soportar las vigas o paneles que conforman la cubrición. <sup>(1)</sup>	Variable, de acuerdo con los requerimientos del proyecto	SENSOR: Descuelgue/Luz <sup>(1)</sup>		Variable, de acuerdo con los requerimientos del proyecto	Acero para la estructura de vigas, columnas y cables. Para los toldos, se podrían usar: poliéster revestido de acrílico, acrílico 100%, vinilo laminado reforzado, telas vinílicas, telas acrílicas, telas microperforadas, poliéster tejido cubierto con pvc, etc.
Estructura Curvatura Doble	(1) 	(11) Toldo Industrial 	(14) Parque Olímpico de Munique en Alemania 	Son un campo de cables cruzados de curvaturas diferentes y a veces opuestas. Una serie de cables contrarrestan los efectos de succión del viento, y los de la curvatura opuesta resisten las cargas gravitatorias. <sup>(1)</sup>		SENSOR: Descuelgue/Luz <sup>(1)</sup>			
Estructura Colgante	(1) 	(12) Puente de Stauffacher. 	(15) Puente de Stauffacher. 	Consisten en torres o mástiles de los cuales parten cables que sostienen elementos portantes horizontales. <sup>(1)</sup>		MÁSTIL: 1/6 o 1/5 de la Luz Total <sup>(1)</sup>			

(1) Ching, F., Onouye, B., & Zuberbuhler, D. (2014). Manual de estructuras ilustrado. Barcelona: GG.

(10) Galinsky. (2011). Obtenido de <http://www.galinsky.com/buildings/portugalpavilion/>

(11) Publiditec (s.f.). Obtenido de <http://publiditec.com/blog/los-detalles-constructivos-de-las-tenso-estructuras/>

(12) Structurae (2008). Obtenido de <https://structurae.info/photos/107027-seville-pont-d-alamillo>

(13) Toldos Torrente (s.f.). Obtenido de <http://www.toldosorrente.com/images/velas-tensadas/tensoestaticas/velas-tensadas-lona-tensoestaticas-3-big.jpg>

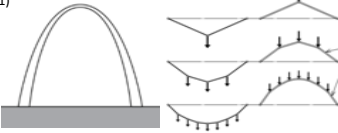


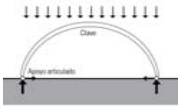


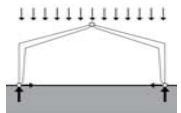


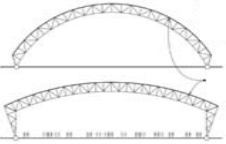


(14) Tennis Forecast (s.f.). Obtenido de <http://www.tennis-forecast.com/tournament/grand-slam-cup>

(15) Matemáticas 3 (2012). Obtenido de [https://univiasemate3.files.wordpress.com/2012/05/shutterstock\\_51206395.jpg?w=560](https://univiasemate3.files.wordpress.com/2012/05/shutterstock_51206395.jpg?w=560)

# ARCOS

DEFINICIÓN | Diseñados para soportar cargas verticales principalmente mediante compresión axial. <sup>(1)</sup>

VENTAJAS | A puntados a estructuras de grandes luces

TIPOS	REFERENCIA	REFERENCIA	REFERENCIA	CARACTERÍSTICAS	RANGO DE LUCES	RANGO DE CANTOS		DISTANCIA ENTRE CERCHAS		MATERIALIDAD
Arco Empotrado	(1) 	(16) Puente de Stauffacher 	(20) El arco de San Miguel de Alcalá 	Elemento continuo y conectado rigidamente a sus dos soportes. Diseñado para resistir momentos a FLEXIÓN a lo largo de su longitud y en sus dos apoyos. <sup>(1)</sup>	-	-	-		-	Concreto Armado o Acero
Arco Rígido y Biarticulado	(1) 	(17) Puente de San Miguel. 	(21) Arcos rígidos para minas subterráneas 	Estructuras continuas con dos articulaciones en sus apoyos. (FLEXIÓN) <sup>(1)</sup>	-	-	-		-	Madera, Acero o Concreto Armado
Arco Triarticulado	(1) 	(18) Puente de Sanginotobel. 	(22) Vinos de Bodegas Protos 	Estructuras compuestas por la unión de dos secciones rígidas, conectadas entre sí en la clave del arco y articuladas en su base. <sup>(1)</sup>	-	30m <sup>(1)</sup>	75m <sup>(1)</sup>	1/40 de la Luz <sup>(1)</sup>		Madera Laminada
						> 50m <sup>(1)</sup>		1/50 de la Luz <sup>(1)</sup>	1/100 de la Luz <sup>(1)</sup>	Acero
						< 90m <sup>(1)</sup>		1/50 de la Luz <sup>(1)</sup>		Concreto
Arcos Articulados Triangulares	(1) 	(19) Puente de la Bahía. 	(23) Cercha en Lúnula de una cancha multiusos 	Uso de elementos triangulados para conformar arcos o pórticos. <sup>(1)</sup>	-	< 45m <sup>(1)</sup>		-	Acero	

(1) Ching, F., Onouye, B., & Zuberbuhler, D. (2014). Manual de estructuras ilustrado. Barcelona: GG.

(16) BLOG de LUISMI (2016). Obtenido de <http://ycblogluismi.blogspot.pe/2016/06/los-puentes-de-robert-maillart.html>

(17) Gobierno de Aragón (s.f.). Obtenido de <http://www.patrimonioculturaldearagon.es/bienes-culturales/puente-de-san-miguel-carretera-de-huesca>

(18) Civil Geeks (s.f.). Obtenido de <https://civilgeeks.com/2011/06/05/puente-la-salgina-una-obra-dinamica-expresiva-y-de-maxima-limpieza-estructural/>

(19) Fotos de Ciudades (s.f.). Obtenido de <https://structurae.info/photos/107027-seville-pont-d-alamillo>

(20) ABCdeSevilla (2015). A. Mallado. Obtenido de <http://sevilla.abc.es/provincia-alcala-de-guadaira/20151019/sevi-orden-demoler-muro-construido-201510191806.html>

(21) IMMSA (s.f.). Obtenido de <http://www.immsa.com/web/index.php/es/28-fabricacion/72-soportes-arcos-rigidos-para-minas-subterranas>

(22) Interempresas (2008). Obtenido de <https://www.interempresas.net/Construccion/Articulos/26762-La-madera-protagoniza-la-ampliacion-de-la-emblematica-bodega-Protos.html>

(23) Eclipse Cubiertas. (s.f.). Obtenido de <http://www.eclipsecubiertas.com/>

## VIGAS VIERENDEEL

**DEFINICIÓN** | La viga está formada por una serie de barras horizontales y verticales rígidas, a modo de celosía ortogonal, que conecta las barras superiores con los inferiores sin necesidad de barras diagonales <sup>(26)</sup>

**VENTAJAS** | Vanos que requieran circulación a través de la estructura <sup>(1)</sup>. Sus miembros resisten a flexión y compresión eliminando la necesidad de miembros diagonales extras y también da mayor flexibilidad en la ejecución de instalaciones y deja espacios libres para las el paso de tuberías y personas. <sup>(26)</sup>

**DESVENTAJAS** | Menos eficientes que las cerchas convencionales y más deformaciones <sup>(1)</sup>

TIPOS	DIAGRAMA	REFERENCIA	REFERENCIA	CARACTERÍSTICAS	RANGO DE LUCES	RANGO DE CANTOS	DISTANCIA ENTRE APOYOS	MATERIALIDAD
Viga Vierendel	(1) 	(24) Stratford Town Centre Link 	(25) Pabellon Puente 	Tiene montantes verticales unidos rígidamente a los cordones superior e inferior. Tiene ausencia de diagonales. (COMPRESIÓN Y tracción) <sup>(1)</sup>	—	Altura de una planta <sup>(1)</sup>	Depende de capacidad a flexión de los componentes secundarios <sup>(1)</sup>	Acero

(24) Archdaily (2017). Obtenido de <https://www.archdaily.com.br/br/876498/10-exemplos-de-estruturas-de-vigas-metlicas-trecicadas/59712227b2e3804bb00003c-10-exemplos-de-estruturas-de-vigas-metlicas-trecicadas-foto>

(25) Archdaily (2015). Obtenido de [https://images.adsttc.com/media/images/555d/3b24/e58e/ce07/f900/006d/large\\_jpg/portada\\_06.jpg?1432173337](https://images.adsttc.com/media/images/555d/3b24/e58e/ce07/f900/006d/large_jpg/portada_06.jpg?1432173337)

(26) Martha, L. F., Andrade, S., & Del Savio, A. (2005). Structural Modelling of Vierendeel beams with semi-rigid joints. XXVI Iberian Latin-American Congress on Computational Methods in Engineering - CILAMCE 2005, Guarapari, Espírito Santo, Brasil: Brazilian Association of Computational Methods in Engineering (ABMEC).

## ESTRUCTURAS LAMINARES

**DEFINICIÓN** | Compuestas de elementos delgados y anchos unidos rígidamente a lo largo de los bordes formando ángulos marcados para arriostrarse mutuamente frente al pandeo lateral. <sup>(1)</sup>

**VENTAJAS** | Tiene poco espeso, permite un montaje rápido y usos variables. <sup>(29)</sup>

TIPOS	REFERENCIA	REFERENCIA	REFERENCIA	CARACTERÍSTICAS	RANGO DE LUCES	RANGO DE CANTOS	DISTANCIA ENTRE APOYOS	MATERIALIDAD
Estructuras Laminares Plegables	(1) 	(27) Piscina y Pérgolas en Seyssins 	(28) American Concrete Institute Building 	Cada plano se comparte como una viga en la dirección longitudinal <sup>(1)</sup>			Presentan gran variedad de acuerdo con el uso, dimensiones u materiales	Acero

(1) Ching, F., Onouye, B., & Zuberbühler, D. (2014). Manual de estructuras ilustrado. Barcelona: GG.

(27) Beriot, Bernardini Arquitectos (2013). *Beriot Bernardini*. Obtenido de <http://beriotbernardini.blogspot.pe/2013/09/>

(28) Michigan Modern (s.f.). Obtenido de [http://s3.amazonaws.com/michiganmodern-prod/photos/687/building\\_homepage/Yam008-3.JPG?1363639673](http://s3.amazonaws.com/michiganmodern-prod/photos/687/building_homepage/Yam008-3.JPG?1363639673)

(29) SCRIBD (2012). *Neck Arce*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/79053728/Plegaduras>

# MALLAS ESPACIALES

**DEFINICIÓN** | Reticulas estructurales tridimensionales basadas en la rigidez de la triangulación de elementos axiales (TRACCIÓN o COMPRESIÓN) <sup>(1)</sup>

**VENTAJAS** | Reparte las cargas en todos sus elementos, estructura liviana. Si un elemento falla, la estructura no se colapsa, ya que tiene un elevado número de elementos. Da libertad en la localización de los apoyos y también reduce la cantidad de apoyos. <sup>(32)</sup>

TIPOS	REFERENCIA	REFERENCIA	REFERENCIA	CARACTERÍSTICAS	RANGO DE LUCES	RANGO DE CANTOS		DISTANCIA ENTRE APOYOS	MATERIALIDAD
Mallas Espaciales	(1) 	(30) Estructuras Tridimensionales 	(31) Estructuras Tridimensionales 	Son estructuras relativamente ligeras que se emplean principalmente en la construcción de cubiertas y a menudo están parcialmente acristaladas para dejar pase a la luz natural. <sup>(1)</sup>	-	Medida del módulo: 122, 152.5, 244, 366 cm <sup>(1)</sup>		-	Acero
						6 módulos <sup>(1)</sup>	36 módulos <sup>(1)</sup>		

(1) Ching, F., Onouye, B., & Zuberbuhler, D. (2014). Manual de estructuras ilustrado. Barcelona: GG.

(30) Techno Systems (s.f.). Obtenido de <http://tsty.com.mx/index.php/productos/estructuras-tridimensionales/>

(31) ALCOX (2016). Obtenido de <http://www.alcox.in/blog/wp-content/uploads/2016/11/2da45c7a283c906f7d4224e9e7494bc9.jpg>

(32) Juan IVIartinez Apezteguia (s.f.). LAS MALLAS ESPACIALES Y SU APLICACIÓN EN CUBIERTAS PARA ESTADIOS.

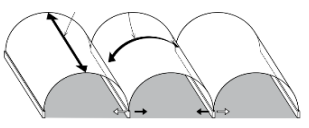


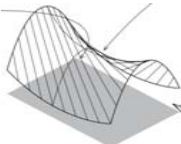


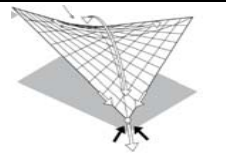


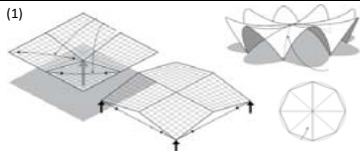


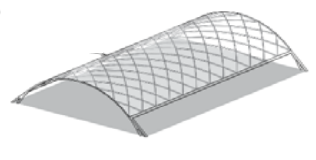


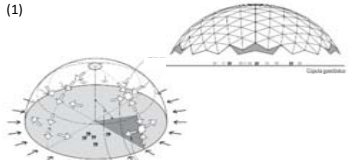




# ESTRUCTURAS DE MEMBRANAS

**DEFINICIÓN** | Láminas delgadas y curvas que forman las cubiertas de los edificios (COMPRESIÓN, TRACCIÓN y CORTANTE) <sup>(1)</sup>

**VENTAJAS** | Es mu liviana a comparación de la cantidad de luz que cubre, con esto se reduce los costos de construcción y la cantidad de estructuras de soporte <sup>(45)</sup>

**DESVENTAJAS** | Poca resistencia a flexión y no resultan adecuadas para soportar cargas concentradas <sup>(1)</sup>

TIPOS	REFERENCIA	REFERENCIA	REFERENCIA	CARACTERÍSTICAS	RANGO DE LUCES	RANGO DE CANTOS	DISTANCIA ENTRE APOYOS	MATERIALIDAD
Superficie Translacionales <sup>(1)</sup>	(1) 	(33) Terminal de Ómnibus de Salto 	(39) Interior de la cubierta de Emilio Pérez Piñero 	Se generan deslizando una línea curva a lo largo de una directriz recta o sobre otra línea curva. <sup>(1)</sup>	Presentan gran variedad de acuerdo con el uso, dimensiones u materiales			Acero o Concreto Armado
Paraboloide Hiperbólico	(1) 	(34) Autopavillon de Wolfsburg von Graft 	(40) Auditorio del Parque Paraiso de San Blas 	Superficie generada a partir del deslizamiento de una parábola con curvatura descendente sobre una parábola de curvatura opuesta <sup>(1)</sup>				Acero o Concreto Armado
Superficie de Doble Curvatura	(1) 	(35) Warszawa Ochota 	(41) Ken Wilson Chevrolet Automobile Showroom 	Tienen una curvatura ascendente en una dirección y descendente en la dirección perpendicular. <sup>(1)</sup>				Acero o Concreto Armado
Ocho Paraboloides	(1) 	(36) Oceanográfico 	(42) Restaurante del Casino de la selva de Cuernavaca 	-				Acero o Concreto Armado
Bóvedas de Lamelas	(1) 	(37) Tünel Urbano en San Sebastian. 	(43) Happy Valley entrance pavilion 	Estructuras de cubierta compuestas de piezas relativamente cortas que se denominan lamelas, estas forman un patrón estructurado de arcos paralelos, girados respecto de los lados del espacio cubierto. <sup>(1)</sup>				Madera, Acero o Concreto armado
Cúpula	(1) 	(38) Cine domo de Maloka 	(44) Domo Bqestia 	Estructura de superficie esférica, que tiene planta circular y esta construida de un material rígido continuo o de un conjunto de elementos lineales cortos. <sup>(1)</sup>				Acero o Concreto Armado

(1) Ching, F., Onouye, B., & Zuberhuhler, D. (2014). Manual de estructuras ilustrado. Barcelona: GG.

(32) Postales Inventadas (2010). Obtenido de <http://www.postalesinventadas.com/2010/11/salto-uruguay-terminal-de-omnibus.html>

(33) BauNetz (2008). Obtenido de [https://www.baunetz.de/meldungen/Meldungen-Autopavillon\\_in\\_Wolfsburg\\_von\\_Graft\\_3322411.html?backurl=http%3A%2F%2Fwww.baunetz.de%2Fmeldung%2Findex.html&bild=12](https://www.baunetz.de/meldungen/Meldungen-Autopavillon_in_Wolfsburg_von_Graft_3322411.html?backurl=http%3A%2F%2Fwww.baunetz.de%2Fmeldung%2Findex.html&bild=12)

(34) Wikipedia (s.f.). Obtenido de [https://pl.wikipedia.org/wiki/Warszawa\\_Ochota\\_\(przystanek\\_kolejowy\)](https://pl.wikipedia.org/wiki/Warszawa_Ochota_(przystanek_kolejowy))

(35) Metascopios (2008). Obtenido de <https://metascopios.com/2014/08/01/felix-candela-la-belleza-potencial-de-las-estructuras/>

(36) Alliance (s.f.). Obtenido de <http://www.acerovitrificado.com/remodelacion-tuneles.asp>

(37) Wikipedia (2006). Obtenido de [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Maloka\\_-\\_Cine\\_domo\\_\(168089631\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Maloka_-_Cine_domo_(168089631).jpg)

(38) Wikipedia (2006). Obtenido de [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Maloka\\_-\\_Cine\\_domo\\_\(168089631\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Maloka_-_Cine_domo_(168089631).jpg)

(39) Midas (2013). M. Carmen Pérez Almagro. Obtenido de <https://journals.openedition.org/midas/docannexe/image/101/img-S-small480.jpg>

(40) Timeout (2014). Obtenido de <https://www.timeout.es/madrid/es/musica/auditorio-del-parque-paraiso>

(41) Nysland Marks (2006). Roger Luther. Obtenido de <http://nyslandmarks.com/mowry/>

(42) Wikipedia (s.f.). Obtenido de [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/10/Felix\\_candela\\_en\\_Casino.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/10/Felix_candela_en_Casino.jpg)

(43) Brusberg (2017). Obtenido de <http://brusberg.ru/blog/nestandartnyy-podkhod-k-ispolzovaniyu-kleenogo-brusa/>

(44) COSAS (2018). Obtenido de <https://cosas.pe/cultura/103820/electro-selva-monos-2018/>

(45) Fibrenamics (s.f.). Obtenido de <https://www.web.fibrenamics.com/es/conocimiento/areas-de-aplicacion/arquitectura/membranas-arquitectonicas/>