



Programa de Doctorado en Arquitectura (D440)

**ELADIO DIESTE, FORMA Y ESTRUCTURA.
LA CREACIÓN DE UN NUEVO MATERIAL:
LA CERÁMICA ARMADA**

Tesis Doctoral presentada por

ANA MARÍA MARÍN PALMA

**Director:
Dr. GONZALO BARLUENGA BADIOLA**

Alcalá de Henares, 24 de Mayo de 2021



Programa de Doctorado en Arquitectura (D440)

**ELADIO DIESTE, FORMA Y ESTRUCTURA.
LA CREACIÓN DE UN NUEVO MATERIAL:
LA CERÁMICA ARMADA**

Tesis Doctoral presentada por

ANA MARÍA MARÍN PALMA

Año 2021

A mi familia

Agradecimientos

A Eladio Dieste, impulsor en la distancia e inspirador de esta tesis.
A Gonzalo Barluenga, mi director, por creer en mí y en este proyecto,
por su ayuda durante todo el proceso de la tesis.
A Salvador Tarrago, sus valiosos conocimientos fueron primordiales
en los inicios de este trabajo.
A Carlos Clemente, al que debo mis primeros pasos con don Eladio.
A Juan de Dios de la Hoz, por darme la oportunidad de trabajar en las iglesias.
A Martín Ramírez, Tato, por dejar que me sumergiese y bucease en su archivo.
A Florentino Rueda, por permitir mi acceso al Archivo Histórico Diocesano y
a las iglesias, sin esta ayuda la parte española no habría sido posible.
A José Luis González por su generosidad siempre conmigo.
A Trini Yunquera por su amistad, ayuda y paciencia, que me recibía a diario en
el archivo y me ayudó a encontrar los documentos necesarios para mi investigación.
A la Oficina de Gestión de Infraestructuras y Mantenimiento de la UAH por
gestionar mi acceso al Archivo de la Universidad de Alcalá,
y a este por facilitarme el acceso a sus fondos.
A mis compañeros del departamento de la UAH,
con los que he compartido clases y tantas otras cosas.
A mis compañeros de la UPN, por su ánimo, su apoyo continuo y
por enseñarme el camino.
A Gonzalo Larrambebere y a Dieste & Montañez, siempre presentes.
A Irma Marín, guía en los momentos difíciles.
A Kike Marín, mi alter ego.
A Manola y Enrique, mis padres.

Resumen

La arquitectura y la ingeniería del siglo XX, en Europa y Norteamérica, se caracterizó por emplear al hormigón armado como material estructural, convirtiendo su uso en el estandarte de una sociedad moderna.

Pero su aplicación implicaba que muchos territorios para poder tener acceso a él tuvieran que importar los materiales de los que a su vez estaba compuesto, así como de disponer de operarios cualificados.

Es por ello, por lo que surgieron tecnologías constructivas paralelas, emparentadas con los recursos locales disponibles, como fue el caso de la cerámica armada, creada en Uruguay por el ingeniero Eladio Dieste (1917–2000), en donde se sustituía el 90% de la masa del hormigón por ladrillo – el material autóctono del país–, se minimizaba el empleo de cemento y acero, y se empleaba mano de obra local, convirtiendo al nuevo material en una alternativa económica, eficaz y elegante del hormigón armado.

Esta tesis doctoral investiga sobre los diferentes componentes de la cerámica armada, sus posibilidades formales, estructurales, así como el sistema constructivo que hizo posible su puesta en obra, para identificarla como un nuevo material estructural y sostenible, basado en el uso racional de los medios materiales y humanos, cuya tecnología pudiera ser exportable a cualquier tipo de sociedad.

Palabras clave: Eladio Dieste. Cerámica armada. Bóvedas gausas. Bóvedas autoportantes. Arte estructural en Uruguay. Iglesia en Atlántida

Abstract

The architecture and engineering of the 20th century, in Europe and North America, was characterized by the use of reinforced concrete as a structural material, making its use the banner of the modern society.

But its application implied that many territories, in order to have access to it, had to import the components of which it was made, as well as to instruct qualified workers.

For this reason, parallel construction technologies emerged, related to the available local resources, as was the case of structural ceramics, created in Uruguay by the engineer Eladio Dieste (1917–2000) where 90% of the concrete mass was replaced by bricks –the country’s native material–. The use of cement and steel was minimized, and local labour was employed, making the new material an economical, efficient and smart alternative to reinforced concrete.

This PhD thesis investigates the structural ceramic’s components and its structural behaviour, as well as the construction system that made its implementation possible, to identify it as a new structural material, sustainable, based on the rational use of material and human resources available.

Keywords: Eladio Dieste. Structural ceramics. Gaussian vault. Free–standing barrel vaults. Art of Structural in Uruguay. The Atlántida Church

Resumen	I
Abstract	II
Acrónimos y abreviaturas	2
Prefacio	4
1. Estado de la cuestión	5
2. Objetivos de esta tesis doctoral	12
3. Estructura de la tesis doctoral	14
Parte I. Eladio Dieste, estructura y forma	18
1. Introducción	20
2. La familia	21
3. La primera etapa profesional	22
Casa Berlingieri, Dpto. de Maldonado, 1947.....	23
4. La compañía DIESTE & MONTAÑEZ, S.A.	28
4.1. Iglesias	29
Iglesia de Nuestra Señora de la Asunción y san Carlos Borromeo en Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1955	30
Iglesia de Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes en Atlántida, Dpto. de Canelones, 1958–1960	33
Oratorio del Colegio y Liceo La Mennais en Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1961-1963	40

Índice

Conjunto parroquial Nuestra Señora de Lourdes en Malvín, Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1965–1968	40
Iglesia de san Pedro en Durazno, Dpto. de Durazno, 1969–1971	44
4.2. Viviendas	49
4.2.1. Viviendas unifamiliares y colectivas	49
4.2.2. Viviendas parroquiales	55
4.3. Escuelas rurales del Plan Gallinal	57
4.4. Gimnasios y polideportivos	61
4.4.1. Construcciones resueltas con bóvedas gausas continuas y discontinuas	61
Gimnasio-polideportivo Intendencia Municipal de Artigas, Dpto. de Artigas, 1957–1958	61
Gimnasio-polideportivo de Durazno, Dpto. de Durazno, 1974–1975	63
4.4.2. Construcciones resueltas con bóvedas autoportantes y autoportantes pretensadas.....	64
Gimnasio del Liceo Francisco Bauzá en Montevideo Dpto. de Montevideo, 1967	65
4.5. Contenedores de material: depósitos, almacenes y silos	65
4.5.1. Depósitos y almacenes	66
4.5.1.1. Construcciones resueltas con bóvedas gausas continuas y discontinuas.....	66
Deposito Julio Herrera y Obes en el Puerto de Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1977–1979	66
4.5.1.2. Construcciones resueltas con bóvedas autoportantes	68
Establecimiento Agroindustrial Massaro en Juanicó, Dpto. de Canelones, 1976-1978	68
4.5.2. Silos	70
4.6. Fabricas.....	71
Fabrica Fagar, San Juan Refescos S.A., paraje san Juan en Tarariras, Dpto. de Colonia, 1990-1992 y 1995-1996.....	71

Índice

4.7. Estaciones de servicios	72
Estación municipal de autobuses en Salto, Dpto. de Salto, 1973-1974	72
Estación de servicio Barbieri y Leggire en Salto, Dpto. de Salto, 1976	73
4.8. Centros comerciales	75
Montevideo Shopping Center en Montevideo Dpto. de Montevideo, 1984–1985	75
4.9. Torres	77
5. Brasil	80
Mercado central de abastecimiento en Puerto Alegre, (CEASA–RS), Rio Grande del Sur, 1969–1972	81
6. Reconocimientos	85
7. España	87
7.1. Los talleres de la V Conferencia Internacional sobre Conservación de Centros Históricos y Patrimonio Edificado Iberoamericano	87
Torre de Aragón en Molina de Aragón, Guadalajara, 1993	91
7.2. Universidad de Alcalá	94
Camino de estudiantes, Universidad de Alcalá, Madrid, 1996-1998	95
Torre-escalera en la Planta Piloto de Química Fina, Universidad de Alcalá, Madrid, 1994	104
Cúpula en la restauración de la antigua iglesia del Colegio de Caracciolos, Universidad de Alcalá, Madrid, 1993–1994	106
7.3. Obispado de Alcalá	106
Capilla de Nuestra Señora de la Espiga en Ajalvir, Madrid, 1996	107
Iglesia parroquial de Madre del Rosario, Mejorada del Campo, Madrid, 1995–1996	108
Iglesia parroquial de san Juan de Ávila en Alcalá de Henares, Madrid, 1996–1998.....	113

Índice

Iglesia parroquial Sagrada Familia en Torrejón de Ardoz, Madrid, 1997–1998	123
Iglesia de Santa Cruz en Coslada, en Alcalá de Henares, 1999–2000, e Iglesia parroquial Virgen de Belén, en Alcalá de Henares, 1999–2000.....	128
8. Tablas resumen	139
9. Conclusiones	143
Parte II. La cerámica armada de Eladio Dieste	150
1. Los componentes del sistema	150
1.1. Introducción	152
1.2. Análisis de los componentes	153
1.2.1. Geometría	153
1.2.2. Materiales	156
1.2.2.1. Materiales estructurales	156
1.2.2.1.1. Piezas cerámicas	156
1.2.2.1.2. Conglomerantes y conglomerados	159
1.2.2.1.3. Acero	161
1.2.2.1.4. Complejo cerámica–cemento–hierro.....	170
1.2.2.1. Materiales no estructurales	171
1.2.2.1.1. Productos de protección y revestimientos	171
1.2.2.1.2. Productos para cerramiento de huecos	173
1.2.2.1.3. Otros productos	181
1.2.3. Bienes de equipo	182
1.2.3.1. Medios auxiliares	183
1.2.3.1.1. Cimbras móviles	183
1.2.3.1.2. Andamios	188
1.2.3.2. Equipos	189
1.2.3.2.1. Sistema motorizado de la cimbra móvil	189
1.2.3.2.2. Gato para tensionado de cables.....	190
1.2.3.2.3. Perforadora de pilotes	191
1.2.3.2.4. Otros equipos	191

Índice

1.2.4. Mano de obra	192
1.3. Ejemplo de la utilización de los materiales estructurales en el proceso constructivo de una cáscara de doble curvatura	194
1.4. Conclusiones	207
2. Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales	209
2.1. Introducción	211
2.2. Clasificación general.....	217
2.3. Estructuras laminares de cubierta.....	217
2.3.1. Cáscaras con simple curvatura	219
2.3.1.1. Cáscaras autoportantes	219
2.3.1.2. Cáscaras cónicas	231
2.3.1.2.1. Cáscara cónica construida con los ladrillos colocados por volados sucesivos	232
2.3.1.2.2. Cáscara cónica construida con los ladrillos colocados a tabla	234
2.3.2. Cáscaras con doble curvatura	236
2.3.2.1. Bóvedas gausas	236
2.3.2.1.1. Bóvedas gausas continua	237
2.3.2.1.2. Bóvedas gausas discontinua	239
2.3.2.2. Conoides	244
2.3.2.3. Casquetes semiesféricos	245
2.3.2.4. Cáscaras con curvatura parabólica	246
2.3.2.5. Cúpula	247
2.3.3. Láminas planas	247
2.3.3.1. Láminas planas prefabricadas	248
2.3.3.2. Láminas planas realizadas <i>in situ</i>	249
2.4. Estructuras laminares de cerramiento	253
2.4.1. Estructuras laminares que soportan cargas de cubierta	255
2.4.1.1. Conoides de directriz recta al nivel del suelo y ondulada en su parte superior	255
2.4.1.2. Conoides con directriz recta en mitad del paramento y ondulada en el suelo y la coronación	256

Índice

2.4.1.3. Conoides con directriz curva en mitad del paramento, recta en el suelo y la coronación	257
2.4.2. Estructuras laminares que no soportan cargas de cubierta	258
2.4.2.1. Conos truncados	258
2.4.2.2. Superficies laminares para el cerramiento exterior	259
2.5. Estructuras laminares en la contención.....	261
2.5.1. Elementos para contención de tierras	262
2.5.2. Elementos para contención de agua	263
2.5.3. Elementos para contención de material	267
2.5.3.1. Láminas de doble curvatura.....	268
2.5.3.2. Láminas cilíndricas	269
2.6. Estructuras laminares de piso	270
2.7. Otras estructuras laminares planas	271
2.7.1. Elementos que trabajan en voladizo.....	272
2.7.1.1. Peldaño de escalera	272
2.7.1.2. Marquesinas	272
2.7.2. Otros elementos planos	273
2.8. Estructuras para torres	274
2.8.1. Campanarios	275
2.8.2. Torre de comunicación para televisión	277
2.8.3. Torre escalera	278
2.9. Tabla resumen tipologías	280
2.10. Conclusiones	282
Parte III. Análisis comparativo entre tecnologías coetáneas	284
1. Bóvedas tabicadas y bóvedas en cerámica armada	284
1.1. Introducción	286
1.2. Las bóvedas tabicadas y Rafael Guastavino	287
1.2.1. Bóveda tabicada cilíndrica	295
1.3. Las bóvedas y Le Corbusier	295
1.4. Casa Berlingieri y Antonio Bonet	303
1.5. Bóvedas tabicadas <i>versus</i> bóvedas en cerámica armada	312
1.6. Conclusiones.....	317

Índice

2. Fábrica de ladrillo reforzado. Fábrica armada. Fábrica de ladrillo pretensado.

Cerámica armada	319
2.1. Introducción	321
2.2. Fábrica reforzada	321
2.3. Fábrica armada	323
2.4. Fábrica de ladrillo pretensada	327
2.5. Cerámica armada en la obra de Eladio Dieste	328
2.6. Conclusiones	331
Conclusiones y futuras líneas de investigación	334
Conclusiones	336
Futuras líneas de investigación	340
Bibliografía	343

Nota general: Las referencias bibliográficas que se indican en esta Tesis doctoral, se relacionan en el capítulo de la bibliografía.

Lo que sigue es una meditación algo difusa sobre temas que me preocupan, no un ensayo medianamente riguroso y completo sobre el difícil tema del título. son reflexiones de camino, ordenadas lo mejor que he podido, reflexiones de un ingeniero que se encontró con que al construir grandes galpones, estaba haciendo arquitectura aunque no se lo propusiera; que tenía además conciencia de la forma y de que ésta no le huía, le hablaba, y al hablarle, le ayudaba a resolver problemas estrictamente estructurales.

Arquitectura y construcción

Eladio Dieste, 1980

Acrónimos y abreviaturas

ACI	Instituto Americano del Hormigón / American Concrete Institute
ANCAP	Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Portland
ANCEFN	Academias de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
AUAH	Archivo de la Universidad de Alcalá
BOE	Boletín Oficial del Estado
BSI	Institución de estándares británicos / British Standards Institution
CAI	Consejo Académico Iberoamericano
CDAN	Colección Digital Autores Nacionales
CEASA	Centro de Abastecimiento S.A., Mercados Centrales de Abastecimiento
CEASA-RS	Centro de Abastecimiento S.A. Rio Grande del Sur
CEDEX	Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas
CEHOPU	Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo
CETEM	Centro de Tecnología Mineral
CIAM	Congreso Internacional de Arquitectura Moderna
COAM	Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid
CSIC	Consejo Superior de Investigaciones Científicas
CSTC	Centro Científico y Técnico de la Construcción / Centre Scientifique et Technique de la Construction
CTE	Código Técnico de la Edificación
DB SE-F	Documento Básico de Seguridad Estructural. Fabrica
DIN	Instituto de Normalización Alemán / Deutsches Institut für Normung
Dpto	Departamento
DVD	Disco Digital
EDEC	Estructuras de Cerámica, Proyectos y Construcciones Ltda.

Acrónimos y abreviaturas

EHE	Instrucción de Hormigón Estructural
FADU	Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo
GEMCO	General Machinery Co.
IMPO	Impresiones y Publicaciones Oficiales
IPUSA	Industria Papelera Uruguay, S.A.
CIAM	Congreso Internacional de Arquitectura Moderna
GATCPAC	Grupo de Arquitectos y Técnicos Catalanes para el Progreso de la Arquitectura Contemporánea
MAUSA	Manufactura Algodonera Uruguay S.A.
MEC	Ministerio de Educación y Ciencia
MIDVA	Muebles y Decoración de la Vivienda Actual / Mobles i Decoració de la Vivienda Actual
MIT	Instituto de Tecnología de Massachusetts. Massachusetts Institute of Technology
MoMA	Museo de Artes Moderno. Museum of Modern Art
MOPTMA	Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente
MOPU	Ministerio Obra Públicas y Urbanismo
MTOP	Ministerio de Transporte y Obras Públicas
OGIM	Oficina de Gestión de Infraestructuras y Mantenimiento
RENFE	Red Nacional de Ferrocarriles Españoles
ROSTLAC	Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la Unesco para América Latina y el Caribe / Regional Office for Science and Technology for Latin America and the Caribbean
SENAI	Servicio Nacional de Aprendizaje Industrial
SESI	Servicio Social de Industria / Serviço Social da Indústria
s.f.	sin fecha
s.p.	sin página
UAH	Universidad de Alcalá
Udelar	Universidad de la República
Unesco	Organización de la Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura / United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

Prefacio

Prefacio

1. Estado de la cuestión

Eladio Dieste (1917–2000) era un ingeniero civil uruguayo, que comenzó su trayectoria profesional calculando y construyendo naves industriales en hormigón armado con la multinacional noruega Christiani & Nielsen, y posteriormente realizando estructuras y pilotajes con la compañía Viermond, S.A.

Consideraba que la utilización por antonomasia del hormigón armado como material estructural en Uruguay era antieconómica, máxime cuando el material autóctono del país era el ladrillo, por lo que en 1954 funda su propia empresa, Dieste & Montañez, S.A, actualmente en activo, con un antiguo compañero de la facultad, Eugenio Rolando Montañez, para calcular y construir las cubiertas que les encargasen con cerámica armada.

Este mismo año se le encarga el proyecto de la bóveda de lo que sería la iglesia de Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes en Atlántida, pasando posteriormente a hacerse cargo de todo el proyecto y de su construcción.

La obra comienza en marzo de 1958, terminándose en julio de 1960, caracterizándose porque todos sus sistemas constructivos: cubiertas, cerramientos, particiones y acabados, estaban realizados con el nuevo material.

La iglesia parroquial de Atlántida. Su obra en revistas

Con esta obra, además de comprobar la viabilidad de la cerámica armada, materializó sus profundas creencias religiosas, y se dio a conocer internacionalmente, pues a finales de 1959, personal del madrileño Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento –dirigido por el ingeniero Eduardo Torroja–, visitan la iglesia por invitación de Oscar Maggiolo –rector de la Universidad de la Republica y antiguo compañero de Dieste

Introducción

en la facultad—, quedando tan impresionados por su construcción que, aunque estaba sin terminar, le solicitan la redacción de un artículo para *Informes de la Construcción* que, era la revista del Instituto Técnico.

Dieste entrega la documentación casi año y medio más tarde, publicándose en enero de 1961, con el título *Iglesia en Montevideo. Templo parroquial de Atlántida*, donde explica la construcción de la iglesia, desde el arranque de los muros curvos, las distintas capas con las que estaban formadas las bóvedas, la utilización del molde móvil, hasta los cuidadosos acabados conseguidos. Detalla el funcionamiento estructural y espacial, la importancia de la incursión de luz natural, o su coste, todo ello ilustrado por las fotografías de un joven ingeniero Marcelo Sasson, colaborador del estudio.

En este mismo año, la revista francesa *L'Architecture d'Aujourd'hui*, cuyo corresponsal en Uruguay era Luis García Pardo (Caraballo, 2017), publica en el número de julio el artículo *Église paroissiale d'Atlántida, Montevideo, Uruguay*, haciéndolo también la revista británica *The Architectural Review*, bajo el título *Church at Atlántida, Uruguay*, en su número de septiembre, y en el de diciembre la japonesa *Kokusai Kentiku*.

Al año siguiente, en abril de 1962, es la revista norteamericana *Progressive Architecture*, con el título *Church at Atlántida. Brick shell construction* quien la publica, siguiéndola en el mes de septiembre la italiana *Construire* con *La chiesa di Atlántida in Uruguay*.

Es importante remarcar que la documentación aportada por las revistas deriva de la publicación madrileña, añadiendo las revistas neoyorquina y milanesa la escalera de caracol del campanario en su portada.

En Uruguay, es la revista de la Facultad de Arquitectura, quien en septiembre de 1961 dedicaba un artículo a la cerámica armada, incluyendo a la iglesia de Atlántida, y el 11 de marzo de 1962 el diario *El País*, publica el artículo *Una obra maestra de la arquitectura moderna en el Uruguay*.

Dieste cuando terminó sus estudios de ingeniero civil en 1943 se quedó como docente en su propia facultad. Desde 1960 dio clases en las facultades de ingeniería de Buenos Aires y Tucumán, en la facultad de arquitectura de Córdoba, y en la de Ciencias Exactas de La Plata (Bonta, 1963). En 1962 el Instituto Tecnológico de Massachusetts (*MIT*) quiere que de clases en una nueva carrera que se iba a llamar *Arquitectura Estructural*, pero que finalmente no se impartió, por lo que no puedo dar clases en esta institución, sin embargo, le ayudó a entrar en contacto con el personal del Instituto y en especial con su decano Lawrence Anderson (Méndez, 2019).

Las monografías

Introducción

La primera monografía editada, la realiza Juan Pablo Bonta con el Instituto de Arte Americano e Investigaciones Estéticas de la Universidad de Buenos Aires, en el año 1963, bajo el título *Eladio Dieste*.

Se trata de un libro muy temprano en la producción de Dieste, tanto que aún se incluyen construcciones realizadas con hormigón armado, como la tejeduría de algodón MAUSA, el depósito para ANCAP y el depósito para bobinas de El País, y las primeras con cerámica armada, como el gimnasio del Liceo N.º 18, la fábrica de productos eléctricos TEM, la casa de calle Mar Antártico (hoy casa Dieste), la iglesia parroquial de Atlántida, y el proyecto de la iglesia de Nuestra Señora de Lourdes. Con estas obras y con cartas del ingeniero al editor explicando las obras, se arma la figura de este ingeniero como pionero en una arquitectura realizada con ladrillo.

Hay varios temas relevantes que se ponen de manifiesto con esta publicación, como es el interés de su obra fuera de Uruguay, y que esta monografía se integraba en una colección dedicada a los arquitectos americanos contemporáneos que contribuían con su obra a difundir los ideales del Movimiento Moderno¹.

Las publicaciones de los años 60 y la década de los 70 se caracteriza por una búsqueda de identidad latinoamericana, surgiendo una serie de libros en las que encuadran su arquitectura como artesanal y a su figura como la de un creador solitario y marginal, debido al material y la tecnología que utilizaba.

En el año 1980, el número 45 de la revista Summarios, dirigida por la arquitecta argentina y crítica de arquitectura Marina Waismann, está dedicado íntegramente a *Eladio Dieste, el maestro del ladrillo*. Incluye dos escritos de propio ingeniero, *Arquitectura y construcción* y *La inevitable invención tecnológica*, semblanzas, entrevistas con la participación de Mariano Arana y Norberto Cubría.

En las publicaciones donde el autor es Eladio Dieste prevalece un enfoque eminentemente técnico, siendo relevantes *Bóvedas arco de directriz catenaria en cerámica armada*, de 1985, para la Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la Unesco, *Cáscaras autoportantes de directriz catenaria sin tímpanos* y *Pandeo de láminas de doble curvatura*, publicados en 1985, reeditados en 1994, con Ediciones de la Banda Oriental, cuyos textos formaran parte de la documentación que las monografías realizadas por Carbonell (1987) y Jiménez (1996) publicaran posteriormente.

La monografía de título *Eladio Dieste: la estructura cerámica* de Galaor Carbonell, editada en 1987, con la editorial Escala con sede en Bogotá, abre la Colección Somosur, enfocada a mostrar la obra moderna de arquitectos americanos como la de Álvaro Ortega, Carlos Mijares, Luis Barragán, Rogelio Salmona o Togo Díaz.

Introducción

El libro editado pone de manifiesto varios temas: se publica fuera de Uruguay, se sigue enfocando su figura como la de un arquitecto que trabaja en solitario, con gran interés hacia el material, el cálculo estructural y los medios auxiliares.

Como la documentación es aportada por Dieste, se muestran las obras de las que este se sentía orgulloso por su grado de calidad estructural, acompañadas con textos del propio ingeniero.

Aunque no se trata de una monografía, en 1996 se publica un catálogo de título *Eladio Dieste 1943–1996*, que recoge la exposición itinerante organizada por la Dirección General de Arquitectura y Vivienda de la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía. El responsable de la edición es Antonio Jiménez, y de la exposición Martín Ramírez.

La publicación es similar a la realizada nueve años antes por Carbonell, se diferencia de aquella a nivel de la calidad en la edición. Hay fotografías de las obras realizadas expresamente para la exposición y para el catálogo por Vicente del Amo, incorporándose las editadas con Carbonell. El catálogo recoge una muestra de los polideportivos realizados, de las iglesias comenzadas en España (san Juan de Ávila y Madre del Rosario) y las pérgolas del Camino de estudiantes de la UAH. Se recuperan los textos de Dieste que acompañaban a las fotos, y los métodos de cálculo de la anterior monografía. Se aporta una breve biografía, así como las fichas técnicas de las obras presentadas en la exposición.

En 2003 Mercedes Daguerre publica con la editorial Electa, *Eladio Dieste 1917-2000*, las fotografías en color, realizadas expofeso para el libro, muestran la textura del material y la impecable calidad en los acabados. Aporta una extensa biografía del ingeniero realizada por Graciela Silvestri.

En 2004, Stanford Anderson jefe del Departamento de Arquitectura del MIT, publicará la monografía *Eladio Dieste: Innovation in Structural Art* realizada con Princeton Architectural Press.

La diferencia de esta monografía, con las anteriores es que está escrita completamente en lengua inglesa, abriendo la obra del ingeniero al campo estadounidense y británico. Las fotografías en color, realizadas expofeso para la publicación por Yushihiro Asada y Jun Hashimoto, están enfocadas a mostrar el lirismo de sus espacios. Incorpora material fotográfico del catálogo de la exposición de la Junta de Andalucía y documentación gráfica ya recogida en las publicaciones de Carbonell y Jiménez. La referencia a la producción española es a través de la iglesia de san Juan de Ávila, formando grupo con las otras iglesias de Atlántida, Malvín y Durazno.

Introducción

En el libro se incorporan ensayos de Stanford Anderson, Edward Allen, John Ochsendorf, Remo Pedreschi, Gonzalo Larrambebere, Lucio Cáceres, Timothy P. Becker, Kent Anderson, Braj Sinha, Antonio Dieste y Martin Speth.

Hay tres documentos que sirven para complementar diversas facetas de la figura del ingeniero, estos son: el texto *Eladio Dieste, maestro de la ingeniería* de Juan Gromponne, escrita en 1996 y revisada en 2011, publicada solo en la web, en donde la amistad de su autor con Dieste nos acerca a particularidades de su biografía, *Eladio Dieste, The engineer's contribution to contemporary architecture* de Remo Pedreschi, del año 2000, editada con Thomas Telford, Ltd., y la monografía solo en versión electrónica de Fausto Giovannardi, revisada y ampliada para el Centenario en 2017, que data la obra del ingeniero en Uruguay, Brasil, Argentina y España.

Publicaciones relacionando las bóvedas en cerámica armada con las bóvedas catalanas

El artículo publicado de la casa Berlingieri en la revista Cuadernos de Arquitectura² en el año 1961, indicando que la vivienda se había cubierto con una doble bóveda tabicada³, permitió no solo que se produjese la relación de esta vivienda con esta tecnología, sino que se siguiese avanzando, haciendo a la cerámica armada su heredera.

Las referencias a la vivienda en el catálogo *Antonio Bonet y el Río de la Plata*⁴, editado por C.R.C. Galería de Arquitectura, con motivo de la exposición celebrada en 1987, en Barcelona, las indicaciones que realiza Leonardo Benévolo sobre la vivienda en el libro *Historia de la arquitectura moderna*, 1996⁵, editado por Gustavo Gili, o las manifestaciones recogidas en el libro *Antonio Bonet Castellana Clásicos del diseño*, editado por Fernando Álvarez y Jordi Roig con Santa & Cole en del año 1999, ahondan en lo ya indicado, aunque Dieste d 1947, desde su artículo *Bóveda nervada de ladrillos de espejo*, publicado en la Revista de Ingeniería de Montevideo, indicase que lo construido en esta vivienda no se había realizado con aquella técnica tradicional sino con una nueva tecnología.

Hay publicaciones, en donde la figura y la obra de Dieste se referencia dentro de las dedicadas a Rafael Guastavino. En este sentido se encuentra el libro *Las bóvedas de Guastavino en América* publicado en el año 2001, con ocasión de la exposición *Guastavino Co. (1885-1962). La reinención de la bóveda* (Huerta, 2001), o los ensayos *Guastavino, Dieste, and the two revolutions in masonry vaulting* de Edward Allen dentro de la monografía de Stanford Anderson (2004a), comparando ambas figuras porque el elemento común que las une es la utilización del ladrillo.

Presentación de la obra ante la Unesco

En el año 2017 con motivo de la celebración del Centenario de su nacimiento, se enfocó también la candidatura de su obra para ser Patrimonio Mundial. Respecto a esto, hay que retroceder al año 2010 cuando Uruguay inscribe la Obra del Ingeniero Eladio Dieste en la Lista Indicativa de la Convención del Patrimonio Mundial de la Unesco (Unesco, 2018), iniciándose la datación de su obra con su estado de conservación por la Comisión de Patrimonio de la Nación en unas sesenta obras. Este trabajo es continuado y ampliado en el año 2014 por la Facultad de Arquitectura de la Universidad de la República, llegando a identificarse ciento cuarenta obras en Uruguay, cuarenta y tres en Argentina, veintisiete en Brasil y cinco en España⁶, presentándose este año también la candidatura del Sistema Constructivo de Cerámica Armada.

Todos estos edificios para poder ser incluidos en el expediente presentado ante la Unesco debían de reunir una serie de requisitos, entre ellos, tener un reconocimiento por parte de la Nación que lo presenta y un estado de conservación adecuado, avalado por planes de mantenimiento y conservación.

Respecto a la primera condición ya había varios edificios que eran Monumento Histórico Nacional desde 1997, continuándose las declaraciones de las construcciones que iban a ser incluidas en el expediente:

- Año 1997: *iglesia de Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes*⁷ en Atlántida, Dpto. de Canelones. *iglesia de San Pedro*⁸ en la ciudad de Durazno, Dpto. de Durazno.
- Año 2016: *Depósito del Puerto de Montevideo*⁹, situado en el Recinto Portuario, y la *casa Habitación Dieste*¹⁰ en Punta Gorda, ambas en el Dpto. de Montevideo.
- Año 2017: *Torre de Telecomunicaciones*¹¹ en ciudad de Maldonado, *casa Berlingieri*¹² en Punta Ballena y *Centro Deportivo Municipal Carolino*¹³ en ciudad de San Carlos, todas en el Dpto. de Maldonado.
- *Parador Ayu*¹⁴ en la ciudad de Salto, Dpto. de Salto. *Silo de Young*¹⁵, Dpto. de Río Negro. *Edificio FAGAR*¹⁶, ubicado en Tarariras, Dpto. de Colonia. *Gimnasio Municipal de la ciudad de Artigas*¹⁷, Dpto. de Artigas.
- Año 2018: *Escuela Rural N.º 27* conocida como *La Macana*¹⁸, localizada en el Pueblo La Macana, Dpto. de Florida. *Campanario*¹⁹ de la *iglesia de Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes-iglesia de Atlántida*, Dpto. de Canelones. *Ex Terminal Municipal de Autobuses de Salto*²⁰ Dpto. de Salto.

Otro de los requisitos era que estuviesen en un estado adecuado de conservación, así como un compromiso de que se mantuvieran en el tiempo. En este caso, el edificio más emblemático, la iglesia de Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes en Atlántida, estaba

Introducción

en plena decadencia (Esteban Dieste, 2015) por lo que se realizaron las gestiones necesarias para que el programa Mantenimiento de la Modernidad²¹ de la Fundación Getty, que promueve la conservación de la Arquitectura Moderna, le otorgase una de las becas–subvención, en el año 2016, para realizar un estudio integral de la iglesia que desembocase en un Plan de Conservación y Manejo. Resultado de estas acciones fue la publicación de *Iglesia de la Parroquia de Cristo Obrero: Plan de Conservación y Manejo* (2017), siendo Ciro Caraballo el coordinador general del proyecto.

Desde 2018 se están desarrollando planes de gestión que recogen el mantenimiento de las obras declaradas Patrimonio Nacional, para que con una declaratoria nacional se presentase ante la Comisión de Patrimonio Cultural de la Nación, y ésta a su vez junto con el Ministerio de Educación y Cultura lo integrasen en un expediente que se presentó en febrero de 2019 ante a la Unesco para que pudiesen ser declaradas Patrimonio Mundial.

Conmemoración del centenario de su nacimiento

La celebración de su centenario y la preparación de la candidatura ante la Unesco, proporcionaron que se realizasen sitios web para dar a conocer su obra, como la Comisión centenario Ing. Eladio Dieste el Proyecto Educativo Dieste impulsado desde la Comisión del Patrimonio Cultural del Uruguay con el apoyo de la oficina de la Unesco Montevideo, o Eladio Dieste´s lectura network²², evento internacional organizado por la autora de esta tesis doctoral, que con el apoyo de la Universidad Politécnica de Madrid, recogió conferencias dadas en Madrid, Montevideo y Zittau.

Portales web de interés es el desarrollado por Medios Audiovisuales de la facultad de Arquitectura de la Universidad de la Republica en Montevideo (*FADU*), sobre *Eladio Dieste*, donde se recoge el material que se realizó para el primer *DVD* de la Colección Digital Autores Nacionales (*CDAN*), que recupera datos biográficos, imágenes de obras con fichas técnicas, los textos del ingeniero, o la entrevista realizada en 1990 por el Arq. Mariano Arana al ingeniero. También de esta facultad está el sitio web *Nómada*, enfocado a viajeros que quieran planificar sus viajes, no solo a Uruguay sino a otras partes del mundo, aportando documentación de la obra de Dieste.

Trabajos de tesis doctorales

El libro *Divinas Piedras, Arquitectura y catolicismo en Uruguay, 1950–1965* de Mary Méndez basado en su trabajo de tesis de maestría defendida en 2013 en la Universidad Torcuato di Tella de Buenos Aires, explica a través del Seminario Arquidiocesano de Mario

Introducción

Payssé Reyes en Toledo, la Capilla de Antonio Bonet en Soca y la iglesia de Cristo Obrero de Eladio Dieste en Atlántida, el pensamiento de sus autores y el contexto social - religioso de su producción.

La tesis doctoral *Invention in the Architectural Project* de Francisco Javier Castañón Fariña, leída en abril de 2018 en la Universidad de Granada, analiza como se materializa una idea, a través de las figuras de Rafael Guastavino Moreno, Emilio Pérez Piñero, y Eladio Dieste.

El Trabajo de Grado en Arte *Eladio Dieste's Modern Religious Architecture: Innovation Through Form, Program, and Artistic* de Jesse R. Elliot del Departamento de Historia del Arte y Arquitectura de la Universidad de Oregón en 2019, analiza el contexto de la producción, de las iglesias de Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes en Atlántida y de san Pedro en Durazno.

El Trabajo Fin de Máster en Conservación del Patrimonio Arquitectónico de La Universidad Politécnica de Valencia *Por una Arquitectura moderna gaucha. Aproximación constructiva y estudio de conservación del Mercado CEASA/RS, Porto Alegre; Brasil*, de María Lourdes Brizuela de Seadi Pereira, en 2019, que investiga como se produjo la obra referencia, su influencia en el entorno, el estado de conservación del complejo y un plan de conservación.

2. Objetivos de esta tesis doctoral

Objetivo principal:

- Identificar a la cerámica armada como un nuevo material estructural y al ingeniero Eladio Dieste un artista del arte estructural.

Objetivos específicos:

- Mostrar que la estructura en sus edificaciones es la función principal.
- Explicar cómo sus estructuras resisten a través de la forma.
- Describir los materiales y productos que forman parte de las láminas cerámicas estructurales, sus especificidades, las ubicaciones dentro de aquellas. La manera de organizarse los elementos y de unirse.
- Mostrar las posibilidades arquitectónicas del nuevo material.
- Clasificar las construcciones según categorías funcionales, formales y estructurales.
- Exponer una visión global de la obra que Eladio Dieste realizada con cerámica armada.

Introducción

- Desvincular las tecnologías de las bóvedas de cerámica armada de las bóvedas tabicadas.
- Diferenciar entre fabrica reforzada, fabrica armada, fabrica pretensada y cerámica armada.

Para conseguir estos objetivos:

- Se ha estudiado a varios estructuralistas como Rafael Guastavino (1842-1908), Robert Maillart (1872-1940), Eugène Freyssinet (1879-1962), Pier Luigi Nervi (1891-1979), Ildefonso Sánchez del Río (1898-1980), Eduardo Torroja (1899-1961), Félix Candela (1910-1997), Guillermo González Zuleta (1916-1995), o Heinz Isler (1926-2009), desde su obra y desde lo que opinan de ellos la crítica especializada, estableciendo los elementos que les unen y separan.
- Se ha estudiado el contexto histórico, los métodos utilizados y los medios materiales de los que dispuso Eladio Dieste.
- Se han revisado los escritos y opiniones de Dieste sobre las bóvedas gausas y autoportantes, así como la manera que afrontaba el cálculo estructural.
- Se ha clasificado las obras por tipologías funcionales, formales y estructurales.
- Se ha analizado la técnica de las bóvedas tabicadas comparándola con la de la cerámica armada.
- Se han revisado los textos de investigadores como Remo Pedreschi, Braj Sinja o Josep María Adell, entre otros, para distinguir entre fabricas reforzadas, fabricas armadas, fabricas pretensadas, y cerámica armada.
- Se han consultado el Archivo de la Universidad de Alcalá, el Archivo Histórico Diocesano de Alcalá de Henares y el archivo del arquitecto Martín Ramírez en Granada.

3. Estructura de la tesis doctoral

Esta tesis doctoral se estructura en un prefacio, tres partes que a su vez se subdividen en capítulos, conclusiones, futuras líneas de investigación y bibliografía.

La lectura de esta tesis se puede abordar desde la linealidad expositiva marcada, o bien siguiendo cualquier otro orden de preferencia pues, aunque cada capítulo de las diferentes partes está conexionado con su precedente, al desarrollar temas concretos, con un inicio, un desarrollo y unas conclusiones, les hacen ser también independientes.

La tesis se divide en:

- Índice.
- Tabla de los acrónimos y abreviaturas utilizados.
- Prefacio, con tres apartados:
 - Estado de la cuestión que desarrolla la principal y más significativa información que sobre la figura y obra de Eladio Dieste se ha editado en papel y en la web.
 - Objetivos.
 - Estructura de la tesis.
- La primera parte, *Eladio Dieste, estructura y forma*, contextualiza y explora la figura del ingeniero desde su obra, narrada a través de un análisis territorial y funcional de sus construcciones.
- La segunda parte, *La cerámica armada de Eladio Dieste*, expone los fundamentos del material y las formas estructurales realizadas con él. Para abarcar su desarrollo se ha dividido en dos capítulos:
 - El capítulo primero, *Los componentes del sistema*, estudia las claves en las que se sustenta la cerámica armada, como son la geometría, los materiales, la maquinaria, los equipos y la mano de obra.
 - El capítulo segundo, *Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales*, analiza las formas geométricas estructurales que utilizó el ingeniero durante a su trayectoria, realizadas con la cerámica armada.
- La tercera parte, *Análisis comparativo entre tecnologías coetáneas*, analiza otras tecnologías constructivas donde el material base utilizado son las piezas de arcilla cocida. Esta parte se ha dividido en dos capítulos:
 - El capítulo primero, *Bóvedas tabicadas y bóvedas en cerámica armada*, describe la tecnología de las bóvedas tabicadas con ejemplos de proyectos y construcciones realizados con esta técnica en el siglo XX, relacionándola con la cerámica armada.

Introducción

- El capítulo segundo, *Fábrica de ladrillo reforzado. Fábrica armada. Fábrica de ladrillo pretensado. Cerámica armada* expone terminologías similares con fundamentos diferentes.
- Conclusiones y futuras líneas de investigación.
- Bibliografía.

Notas

¹ El libro *Eladio Dieste* ocupa el número 8 de una colección dedicada a *Arquitectos americanos contemporáneos*. Esta colección se presenta en 1955, con la obra de Amancio Williams, al que seguirán Eduardo Catalano, Skidmore -Owens & Merrill, Lucio Costa, Paul Rudolph, Félix Candela, Besciani-Valez-Castillo Huidobro y el del ingeniero Eladio Dieste. Después de él le seguirían Sánchez Elía-Peralta Ramos y Agostini, Mario Roberto Álvarez, Eero Saarinen y Philip Johnson.

² La revista Cuadernos de arquitectura se publicó por el Colegio Oficial de Arquitectos de Cataluña y Baleares, desde 1944 hasta 1970.

³ En este artículo se explica que «los elementos constructivos [se habían] cubierto con una doble bóveda tabicada» (Cuadernos de Arquitectura, 1961, p. 18).

⁴ Ver parte III, capítulo I, apartado 1.4. Casa Berlingieri y Antonio Bonet, página 328, de esta tesis doctoral.

⁵ 7.^a edición, 2.^a tirada. La 1.^a edición es del año 1974.

⁶ Solamente están contabilizadas las iglesias aunque las pérgolas del Camino de estudiantes de la UAH no se habían demolido.

⁷ Resolución N.º 455/997. Dirección Nacional de Impresiones y Publicaciones Oficiales (IMPO). Consultado el 12 de marzo de 2021.

⁸ Resolución N.º 709/997 (IMPO). Consultado el 12 de marzo de 2021.

⁹ Resolución 1055/016 (IMPO). Consultado el 12 de marzo de 2021.

¹⁰ Resolución N.º 1056/2016 (IMPO). Consultado el 12 de marzo de 2021.

¹¹ Resolución 0539/017. Diario Oficial N.º 29.785, setiembre 18 de 2017. Consultado el 12 de marzo de 2021.

¹² Resolución 0540/017. Diario Oficial N.º 29.785, setiembre 18 de 2017. Consultado el 12 de marzo de 2021.

¹³ Resolución 0541/017. Diario Oficial N.º 29.785, setiembre 18 de 2017. Consultado el 12 de marzo de 2021.

¹⁴ Resolución N.º 901/017 (IMPO). Consultado el 12 de marzo de 2021.

¹⁵ Resolución N.º 1113/017 (IMPO). Consultado el 12 de marzo de 2021.

¹⁶ Resolución N.º 1114/017 (IMPO). Consultado el 12 de marzo de 2021.

¹⁷ Recuperado el 12 de marzo de 2021 de <https://www.gub.uy/ministerio-educacion-cultura/comunicacion/noticias/gimnasio-artigas>

¹⁸ Resolución N.º 187/018 (IMPO). Consultado el 12 de marzo de 2021.

¹⁹ Resolución N.º 394/018 (IMPO). Consultado el 12 de marzo de 2021.

Introducción

²⁰ Resolución N.º 466/018 (IMPO). Consultado el 12 de marzo de 2021.

²¹ El programa Mantenimiento de la Modernidad, *Keeping It Modern*, es una iniciativa en que se otorgan subvenciones a las edificaciones de la Arquitectura Moderna que se encuentran en grave deterioro.

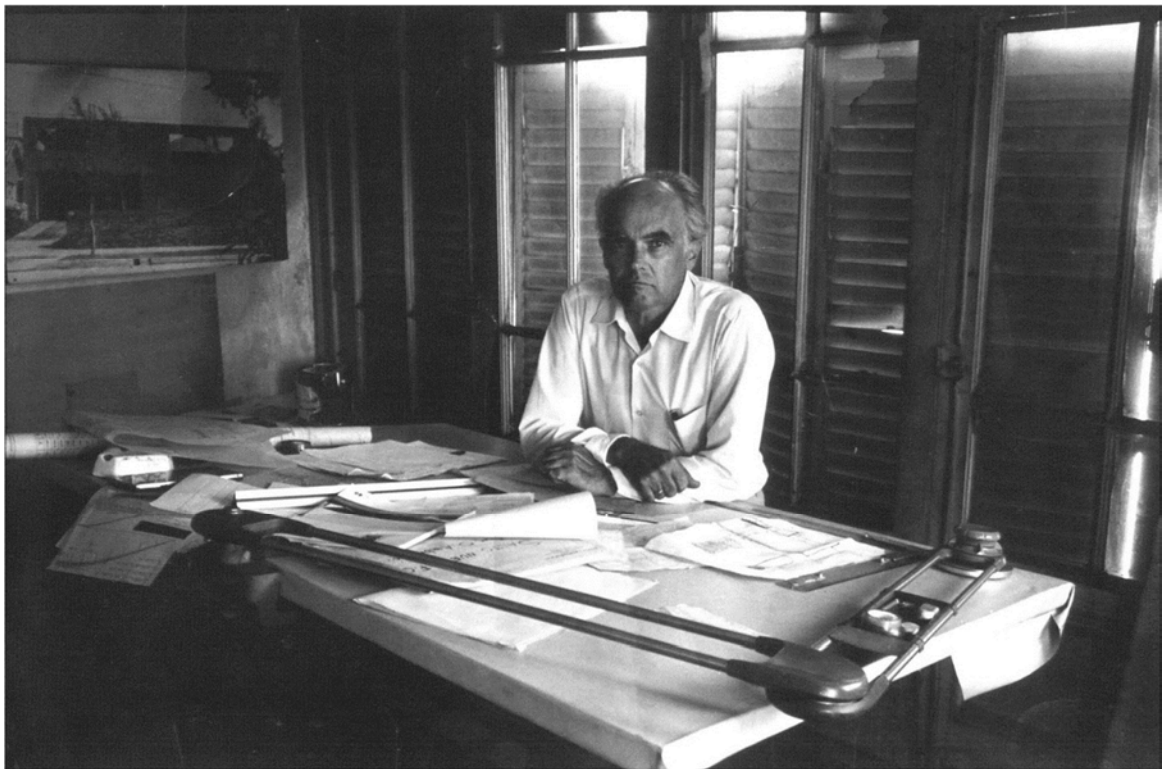
Con las subvenciones lo que se financia es el trabajo necesario para poder realizar un informe técnico exhaustivo del edificio, contemplando aspectos como el contexto en que se realizaron, como y con qué se construyeron, realización de pruebas, análisis, etc., lo necesario para concluir en un Plan de mantenimiento y conservación de la edificación.

²² En Madrid se impartieron en el Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid (COAM), y en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (CSIC), por la autora de esta tesis doctoral, encargada también de promover el evento.

En Montevideo en la facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de la República, por Jorge Nudelman.

En Zittau la Hochschule/Görlitz, University of Applied Sciences, por Jos Tomlow.

Parte I. Eladio Dieste, estructura y forma



Eladio Dieste (Oliveira, 2011^a).

^a Imagen recuperada el 7 de abril de <http://armandoliveira.blogspot.com/2011/11/lineas-deresistencia-su-alumno-y.html>

Eladio Dieste, estructura y forma

1. Introducción

Eladio Dieste (1917–2000) desde que en el año 1947 construyó unas sencillas bóvedas en ladrillo, introduciendo unos alambres en la masa de mortero de sus juntas, utilizando un pequeño encofrado móvil, encontró la punta de un hilo de donde poder tirar.

Desde ese momento se supo un pionero, el inventor de un material con el que realizar formas propias y de los métodos constructivos que debían de desarrollarlas.

Dieste comentaba que cuando comenzó a trabajar, Uruguay era considerado como un país periférico de los países centrales, entendiéndolo a estos como Estados Unidos o Europa, lo que conllevaba a que los profesionales de la arquitectura y la ingeniería (entre otras profesiones) abrazasen los materiales y métodos que venían de ellos como algo natural e inevitable, llevándoles a una inercia de aceptar todo aquello que ya estaba hecho y probado como bueno, aunque fuera en contra de su clima, su sociedad y de su cultura. De esta opinión es su cita, rectificando a otra de Miguel de Unamuno, de que «(si) inventan ellos, mandan ellos (y no es) moralmente lícito hurtarnos a la vida en ningún campo» (Dieste en Jiménez, 1996, p. 245)¹.

Por ello abogaba por actuar con responsabilidad científica y espíritu crítico, rompiendo la rutina de supeditar su destino al de otros países y crear desde el conocimiento, desde las tradiciones constructivas del país en el que estaba inmerso.

Dieste encontró en la arcilla cocida, y por extensión con el ladrillo, un producto propio de su sociedad, realizado por el *hombre*, y utilizado por él en las construcciones en las que había de habitar. El ladrillo poseía unas cualidades similares a las de otros materiales con los que había trabajado, como el ferrocemento o incluso el mismo hormigón armado, igualando su resistencia a éste, pero con menor peso, mejor resistencia a las rápidas variaciones de temperatura del país, buen envejecimiento, suficiente aislamiento térmico,

económico y de fácil mantenimiento. Pero, todas estas características no habrían tenido consecuencias, si Dieste no hubiera sido capaz de sacarle todas las posibilidades estructurales, constructivas y formales, creando todo un repertorio de tipologías estructurales y formales donde ponerle en valor.

Aunque hay varias monografías editadas que exponen su vida y sus obras, consideramos que esta tesis también tiene que recogerla, referenciando sus influencias no con el afán de buscar al distinguido ingeniero que cumplió correctamente con su papel de divulgador del nuevo material, construyendo obras con seguridad y economía, sino para encontrar también al matemático, al artista, al arquitecto, al constructor, al economista, al sociólogo, al poeta, al innovador, que trabaja infatigablemente en los márgenes, concluyendo que el nuevo material y su técnica son su aportación personal a la Historia de la construcción y de las estructuras.

2. La familia

La ascendencia paterna de Dieste provenía de La Coruña², en Galicia (España). Su abuelo³ llegó a Valizas en el Dpto. de Rocha (Uruguay), hacia el año 1870 con motivo de un posible naufragio, donde se asentó, casándose⁴ y teniendo cuatro hijos, de los que solo he podido identificar a Enrique, a Eladio –el padre de Eladio Dieste– y a Eduardo.

El abuelo decide volver a Galicia en 1893, cuando muere su padre para seguir con el negocio familiar, estableciéndose en Pontevedra (Galicia) teniendo dos hijos más, Olegaria y Manuel, trasladándose posterior y definitivamente a Rianjo, La Coruña, donde nace Rafael (Grompone, 2011; Olveira, 2011).

El padre de Dieste marcha a Buenos Aires en 1896 (Olveira, 2011), trabajando aquí en varios oficios, entre ellos como comentarista de teatro, enrolándose en 1903 como alférez en el ejército colorado uruguayo, con destino en Salto, Uruguay. Aquí conoce a una profesora de francés Elisa Saint–Martín, de padre francés y madre argentina (Proyecto Educativo Dieste, 2015), casándose con ella y teniendo a su primer hijo Ariel⁵.

Sobre 1910, José Batlle y Ordóñez⁶, que era amigo suyo, le encomendó fundar el 8º Regimiento de Infantería de Artigas, trasladándose a la ciudad de Artigas donde nacieron Eladio, el 1 de diciembre de 1917, y su hermano Saúl⁷. Retirado del ejército, fue profesor de Historia⁸.

Eladio Dieste⁹ creció en una familia de clase media, laica, intelectual, de pensamiento liberal, muy unida a España (Grompone, 2011).

Mostró desde muy joven interés por la literatura, en una entrevista realizada por Rodrigo Gutiérrez¹⁰ en el año de 1996, en la ciudad de Granada, y que el archivo del

arquitecto Martín Ramírez guarda una copia de dicha entrevista, le indica: «Me recuerdo a mí recitando los versos de Berceo, nada menos que Berceo, a los doce años» (Gutiérrez, 1996 en Ramírez, 2002, s.p.), y poseía talento para la física y las matemáticas: «Me apasiona la posibilidad de comprender la realidad a través del lenguaje fisicomatemático» (Grompone, 2011, p. 5). En 1936 se traslada a Montevideo para entrar en la facultad de Ingeniería Civil, un lugar de excelencia en el entorno científico (Silvestri, 2003).

Aunque la llegada a la cosmopolita ciudad de Montevideo le resulta un choque muy grande, al estar acostumbrado a su ciudad como una extensión del mundo familiar, se integra rápidamente en los círculos de la intelectualidad, encontrando a un grupo de amigos que le acompañarían el resto de su vida.

3. La primera etapa profesional

Terminados sus estudios de Ingeniería Civil en la facultad de Ingeniería de la Universidad de la República (Montevideo), en 1943, entra al año siguiente en esta misma facultad como profesor de la asignatura de Mecánica Teórica hasta 1965.

Simultaneó este cargo con el de profesor de Puentes y Grandes Estructuras desde 1953 hasta 1973, y desde 1971 con la dirección del Taller de Ingeniería Civil y el Seminario de Proyectos de Investigación hasta 1973, año que comienza la dictadura en Uruguay, dejando la Universidad.

La docencia la compatibiliza como ingeniero en el Proyecto de Puentes desde 1944 a 1947 en la Dirección de Vialidad del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (*MTOP*), y como jefe de la Oficina Técnica de la Dirección de Arquitectura del *MTOP* desde 1945 a 1948, etapas de la que me comentará: «Tratando de cumplir bien mi trabajo, tenía que entender a mis interlocutores, sus puntos de vista, todo esto me fue muy útil, muy formativo» (Marín, 1998)¹¹, aunque la producción arquitectónica general que se realiza en ese momento en Uruguay no le marque significativamente: «Es una arquitectura de revistas, sin mayor interés» (Marín, 1998)¹².

Estos trabajos los compagina trabajando como ingeniero en la multinacional noruega Christiani & Nielsen¹³, periodo que abarca desde junio de 1944 hasta septiembre de 1947¹⁴.

Casa Berlingieri, Dpto. de Maldonado, 1947

Intuición y razón

Sobre 1945¹⁵ comienza el episodio de la *casa Berlingieri*, cuando el arquitecto Antonio Bonet¹⁶ (1913–1989) le llama para que le calcule las cáscaras en hormigón armado que debían de cubrir esta vivienda.

Este mismo año Bonet se había trasladado a Uruguay desde Argentina, para realizar la *urbanización de Punta Ballena* en el Dpto. de Maldonado.

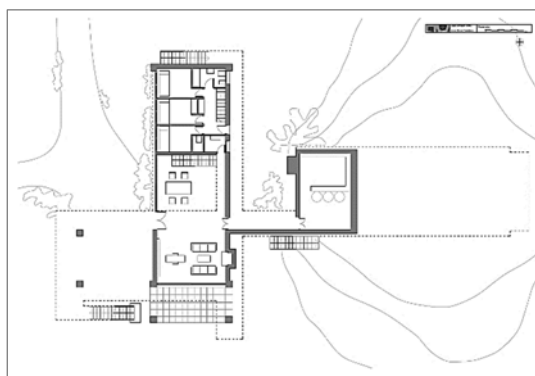
El arquitecto Jorge Nudelman en su tesis doctoral *Tres visitantes en París. Los colaboradores uruguayos de Le Corbusier* (2013) detalla cómo es la gestación del proyecto de la urbanización de esta zona, de las similitudes existentes entre el proyecto realizado por Bonet con el que había realizado el arquitecto Carlos Gómez Gavazzo para la misma urbanización, la utilización del *garden city*, las evocaciones a la obra de Antonio Gaudí, o la presencia de las bóvedas con la ejecución de los *empalomados* realizados con rasilla en el bajo cubierta.

En la urbanización Bonet proyectará y construirá la *casa Berlingieri* (1945–1947), destinada a pasar las estancias estivales, situándose en primera línea frente al mar y con el fondo del bosque existente (Imagen I.1.c).

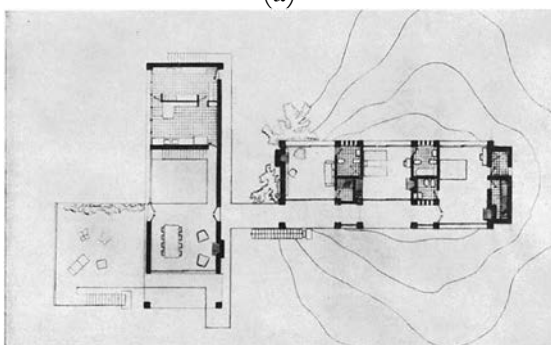
La edificación en planta se articula en dos bloques enfrentados (Imágenes I.1.a y I.1.b). En paralelo a la línea de costa, con una altura y apoyado sobre un médano, sitúa la parte más privada de la vivienda, tres dormitorios independientes abiertos a una galería que da a la playa, y que sirve también de vía de comunicación con la planta alta del otro bloque. En este segundo bloque, de dos alturas, perpendicular al anterior, dispone en la planta alta –a nivel con los dormitorios– el comedor y la sala de estar, y en la planta baja la cocina y las zonas de servicio. Cada uno de los dormitorios y el bloque del área social iban cubiertos con dos bóvedas rebajadas corridas superpuestas, la interior estructural en hormigón armado, la exterior de acabado, separadas ambas por un empalomado.

Bonet contacta con Dieste para que le realice los cálculos de las bóvedas de hormigón, pero tras diversos encuentros con el arquitecto, el ingeniero le propone que las cáscaras en lugar de hormigón se realicen en ladrillo. Con la propuesta, Bonet debió recordar las tradicionales bóvedas catalanas realizadas en cerámica de su etapa barcelonesa, vinculando este proceso de creación arquitectónica como una forma de llevar «(...) el Mediterráneo a la orilla del Atlántico» (Oriol Bohigas en Oscar M. Ares, 2013, p. 97), por lo que aceptó el cambio, y al parecer aunque la tecnología de las bóvedas catalanas trató de explicársela al ingeniero, éste no debió de entenderle pues, Dieste manifestó que quien

le hablo por primera vez de ellas fue Joaquín Torres García, ya concebidas las bóvedas de esta vivienda (Jacob, 2018).



(a)



(b)



(c)

Imagen I.1.

Casa Berlingieri en Punta Ballena, Dpto. de Maldonado, 1947. Las imágenes corresponden a: (a) planta baja (Història en obres, 2012^b); (b) planta alta de la vivienda (Cuadernos de arquitectura, 1960, p. 19); (c) vista general de la casa desde la playa, al fondo el bosque de Lussich (*ibidem*, p. 18).

El resultado de esta unión no satisfizo a ninguno de los dos, para Bonet porque lo realizado eran bóvedas catalanas con una puesta en obra complicada (Álvarez y Roig, 1999), y para Dieste porque la invención, quedaba oculta tras un peto colocado en la coronación de la vivienda, no permitiendo visualizarse.

Del descubrimiento queda de aquella época, la publicación en 1947 del artículo *Bóveda nervada de ladrillos ‘de espejo’* en la Revista de ingeniería de Montevideo, en donde Dieste explica las características constructivas de la bóveda ejecutada para la casa. Según el artículo se realizaron bóvedas corridas de 6 m de luz transversal, con la forma de una

^b Imagen recuperada el 11 de abril de 2021 de http://www.historiaenobres.net/imagenes/BON1947_BERL00.pdf

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

catenaria, de una sola hoja de ladrillo macizo puesto de plano, dejando embebidos en las juntas de mortero – según las directrices– dos alambres de acero, colocándose tensores vistos para resistir los empujes de las bóvedas que, descansaban en unas vigas de hormigón armado recorriendo la coronación de los muros laterales. Sobre esta lámina que era la estructural, se colocaba una capa de mortero sin armar, sobre la que apoyan unos ladrillos huecos (ticholos) distanciados, a fin de dejar una cámara de aire que mejorase el comportamiento térmico de la vivienda, acabándose con una tejuela (Imagen II.2.9).

Como medio auxiliar utilizó una cimbra móvil, de pequeña longitud que iba trasladando manualmente todos los días, pudiéndose hacer esto, porque el mortero de las juntas era el único material que endurecer, haciéndolo en cuestión de horas.

El artículo, además de referenciar lo realizado en la obra, es una proclamación de la nueva tecnología que desarrollará en su producción posterior que, resumiendo es:

- Elección de la catenaria como directriz para el desarrollo de las bóvedas.
- La unión del ladrillo, el mortero y el hierro o acero como una unidad estructuralmente viable.
- Utilización máxima del ladrillo, el material autóctono del país, y mínima de cemento y acero.
- Diseño de los equipos necesarios para la ejecución de la bóveda, no siendo necesario importarlos.
- Desencofrado en cuestión de horas.
- Utilización de un único encofrado móvil sencillo y fácil de manejar para realizar toda la obra.
- Mano de obra local cualificada o no.
- Un mismo operario puede ejercer diversos oficios en la misma obra, no habiendo, por tanto, paros temporales.
- Ritmo de obra continuo.

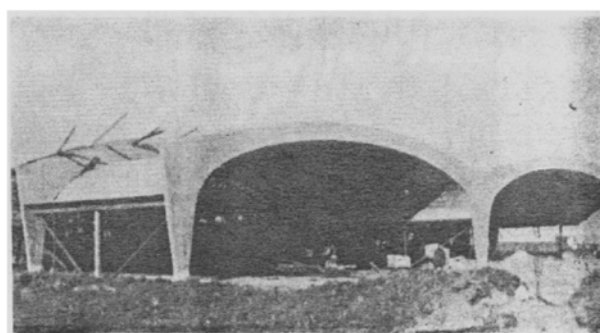
Lo que no refleja el artículo es que Dieste aprendió que, con la repetición de un único elemento arquitectónico, como era una bóveda, se creaba espacio arquitectónico de gran fuerza expresiva, mostrando a la comunidad internacional una forma de construir y de vivir con los recursos existentes en un país¹⁷.

El artículo también describe que con la misma técnica realizó dos bóvedas más, sin especificar donde, pero que una de ellas pudiera corresponderse con la *sala de actos del Club Tacuarembó*¹⁸ en el Dpto. de Tacuarembó (Gilba Ltda., 1949; Caraballo, 2017), ampliándose las luces transversales con solo aumentar el diámetro de la armadura de las directrices y

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

armando cada dos juntas las generatrices. Esta explicación es de sumo interés porque, muestra la forma de construir y de avanzar en el desarrollo de sus estructuras, que es la de utilizar las obras ejecutadas como modelos a escala real para las siguientes que había que realizar.

Acabados estos encargos puntuales, vuelve al hormigón armado pues continúa trabajando con la constructora noruega, distinguiéndose la fábrica *Manufactura Algodonera Uruguay S.A. (MAUSA)* en Montevideo, Dpto. de Montevideo, del año 1947 (Imagen I.2.a), cubierta por bóvedas largas de directriz elíptica autoportantes de 20 m de luz transversal, con 6 cm de espesor, y las bóvedas de la *Industria Papelera Uruguay, S.A.¹⁹ (IPUSA)* en Pando, Dpto. de Canelones, de año 1948 (Imagen I.2.b), donde «los tímpanos ya se sustituyen por pórticos en el extradós de las bóvedas, que dan mayor interés plástico a la estructura y permiten el uso de moldes móviles» (Bonta, 1963, p. 29).



(a)



(b)

Imagen I.2.

Las imágenes corresponden a: (a) *Manufactura Algodonera Uruguay S.A.* en Montevideo, 1947 (Bonta, 1963, p. 29); (b) *Industria Papelera Uruguay, S.A.* (Gilba Ltda., 1949, p. 300).

En 1949 entra como ingeniero director en Viermond, S.A., compañía constituida por Leonel Viera y Luis Mondino (González, 2018), empleo que mantendrá hasta 1958, teniendo que diseñar (con su consiguiente patentado) cuantos equipos fueran necesarios para terminar los trabajos con seguridad y economía, resultando fundamental para estos fines su preparación en mecánica. En la Imagen I.3. se aporta un detalle de una de sus patentes.

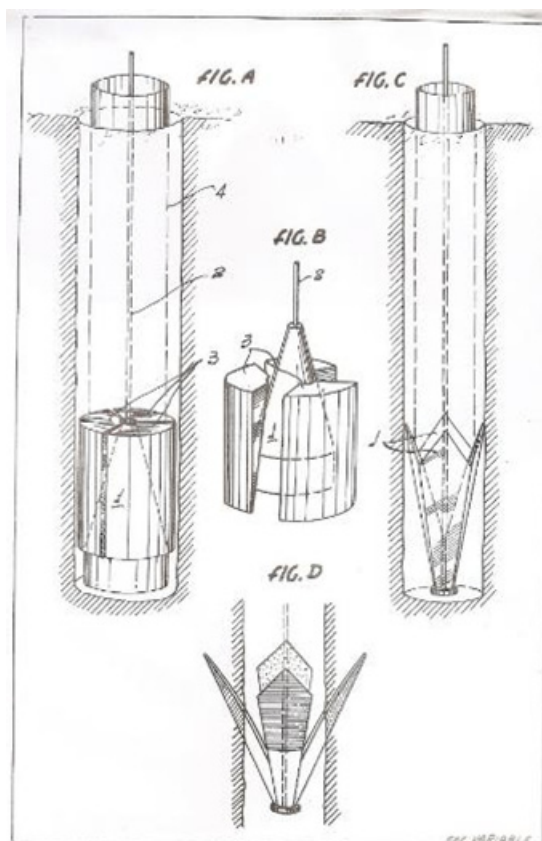


Imagen I.3.

Patente de invención para *Nuevo tipo de basamento para pilotes destinados a ser utilizados en terrenos blandos*, 1958 (Ramírez, 2002).

En 1954²⁰ funda Dieste & Montañez, S.A. en Montevideo, con Eugenio Rolando Montañez, antiguo compañero de la facultad, una sociedad enfocada a la realización de proyectos, preferentemente bóvedas en cerámica armada, siendo una de sus primeras cubiertas las bóvedas gausas de la *Cancha de baloncesto en el Club Atenas* en Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1954, pero los acabados de la obra no fueron de su satisfacción, por lo que deciden que para los próximos trabajos, ellos serían también los constructores pudiendo de esta manera controlar todo el proceso constructivo.

4. La compañía: DIESTE & MONTAÑEZ, S.A.

Para mí no puede haber mayor convicción que esta: primero, la estructura; después la geometría; luego, el signo (la cosa); finalmente, el espíritu. (Joaquín Torres García, Estructura, 1935)

La compañía Dieste & Montañez, S.A. estaba ubicada en el tercer piso del edificio Avenida 18 de julio N.º 2257, esquina con Acevedo Díaz, en Montevideo. Eugenio Rolando Montañez se hizo cargo del proyecto empresarial, llevando la dirección, la parte administrativa y algunos trabajos técnicos, situándose Dieste en el último piso, para que sin la presión de dirigir su propio negocio pudiera enfocarse en la toma de decisiones acerca del proyecto y la construcción, en formar de los ideales realidades, aunque la norma era que quien recibía el encargo se encargaba de desarrollar el proyecto y dirigir la obra (Destino Florida, 2016).

En el ático Dieste coincidió con los arquitectos Justino Serralta²¹ (1919–2011) y Carlos Clémot (1922–1971) recién llegados del estudio de Le Corbusier, estableciéndose entre ellos una comunicación natural, recíproca y permanente (Sasson, 2018) (Imagen I.4) que les llevó, a compartir proyectos, como el de *GEMCO* en Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1955, el *colegio–convento de las Hermanas Rosarinas* en Atlántida, Dpto. de Canelones, 1963, o el de la *impresora Garino S.A.* en Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1967 (Nudelman, 2013).

En 1959 cuando los arquitectos ganan el concurso público del *Hogar estudiantil* en Montevideo (hoy facultad de Ciencias de la Universidad de la República), necesitaron ampliar el equipo proyectual y más espacio donde poder trabajar, por lo que tuvieron que dejar la azotea, situándose en el primer piso, resultando este hecho solo una separación física pues la amistad y las colaboraciones con Dieste & Montañez continuaron.

Jorge Nudelman (2013) fecha esta unión en unos diecisiete años hasta que Clémot fallece en 1971 en un accidente de automóvil, y Serralta emigra a Francia en 1974 con motivo de la instauración de la dictadura en el país.

La unión de Dieste con Serralta fue muy estrecha pues ambos tenían intereses proyectuales comunes como el sentido religioso, la sensibilidad hacia la proporción o la preocupación por la utilización de la luz en los espacios. En una entrevista realizada por Ciro Caraballo a Marcelo Sasson, que fue alumno y posterior colaborador de Dieste, el 25 de agosto de 2016 (Villasuso, 2017), este le indica que la iglesia de Atlántida se realizó conforme al *Modulor* de Le Corbusier, desde la flecha de las bóvedas hasta la altura de la elevación del presbiterio, siendo esto consecuencia de su relación con Serralta. Este tema

aún sin estudiar resulta muy interesante pues, doblaga el cálculo estructural a la forma. En cuanto a la incorporación de la luz en los espacios religiosos, la relación de la iglesia de Ronchamp con las iglesias de Malvín y de Durazno es directa, aunque también se sigue sin estudiar, ni relacionar.



Imagen I.4.

A la izquierda en primer término Justino Serralta, detrás Eugenio Montañez, a la derecha Carlos Clémot, en segunda línea Eladio Dieste, al fondo sus conyugues (Ferreira, 2018^c).

La sociedad de Dieste & Montañez finalmente se trasladaría a la calle Carlos Roxlo donde actualmente sigue ubicada, conservando el nombre completo con el que se fundó, aunque hacia 1983 Montañez tuviera que dejarla por motivos de salud.

Para la empresa, la calidad fue siempre una de sus máximas, obteniendo trabajo y conservando los clientes a través de tres vías básicas: los industriales que los contrataban directamente porque los conocían y confiaban en ellos, por ganar concursos al resultar su oferta la más económica, y a través de los estudios de arquitectura, al solicitarles estos su colaboración, preferentemente para el cálculo de las estructuras, pero también para incorporar las formas curvadas identitarias del ingeniero a sus edificios.

4.1. Iglesias

Razón y emoción

La arquitectura religiosa realizada por Dieste debe contextualizarse dentro del entorno de su país, pues aclara aspectos que él antepone cuando explica estas obras, como son los encargos o los programas funcionales.

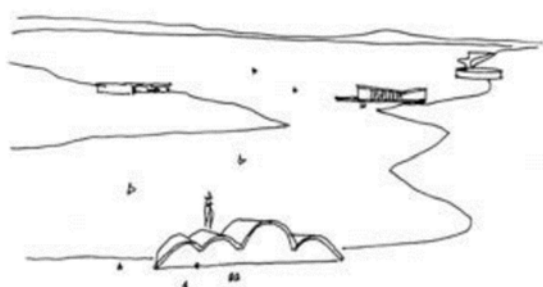
^c Imagen recuperada el 4 de abril de 2021 del video <https://www.youtube.com/watch?v=sMZOkRU8Lqs&t=2338s> en el minuto: 15:07.

Hay un libro, también en versión electrónica, de la arquitecto Mary Méndez (2016), de título *Divinas Piedras: Arquitectura y catolicismo en Uruguay, 1950–1965*, basado en su tesis doctoral que realiza en la Escuela de Arquitectura y Estudios Urbanos de la Universidad Torcuato Di Tella de Buenos Aires, donde explica la progresiva secularización del país desde 1861, su marcado laicismo a partir de 1918 al eliminarse los lazos del Estado con la religión católica, la difusión en el año 1965 de las normas marcadas por el Concilio Vaticano II para la concepción del espacio, como se impulsaban los proyectos desde la curia, la promoción y la financiación por el laicado, o de la competencia de los técnicos en las decisiones proyectuales, siendo ejemplo de ello la iglesia de Atlántida, que haciendo uso de esta libertad que se les otorgaba a los proyectistas, Dieste realizó un programa anticipándose a lo que marcaría el Concilio de como habían de desarrollarse los templos.

Iglesia de Nuestra Señora de la Asunción y san Carlos Borromeo en Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1955

En la década de los años 50 las obras de Oscar Niemeyer (1907–2012) se habían convertido en un referente inevitable de modernidad en Uruguay y la *iglesia de san Francisco de Asís*, 1942, realizada para el *conjunto arquitectónico de Pampulha* en Bello Horizonte, Brasil, en un paradigma de la integración de las artes plásticas y de su entorno.

La iglesia estaba situada frente a un lago artificial, realizado en 1938, con casi 18 km de perímetro, en la que estaba también el club de yate, la casa de baile y el casino. La iglesia realizada en hormigón armado se mostraba como una superficie ondulante con cuatro bóvedas continuas que arrancaban desde el suelo, sin pilares ni vigas (Imagen I.5).



(a)



(b)

Imagen I.5.

Las imágenes corresponden a: (a) croquis del conjunto arquitectónico de Pampulha en Bello Horizonte, Brasil, fechado en 1962. En primer término, la iglesia de san Francisco de Asís y en sentido antihorario, el club de yate, la casa de baile y el casino (Rodrigues da Silva, 2015, p. 226); (b) vista general de la iglesia (*ibidem*, p. 241).

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

La *iglesia de Pampulha*, con su repertorio formal moderno pero con interpretaciones al imaginario barroco (Rodrigues da Silva, 2015), marcó la *iglesia de la Asunción y san Carlos Borromeo* en Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1955, de Juan Pablo Terra Gallinal (Imagen I.6), realizada en hormigón armado, que utiliza la forma parabólica arrancando desde el suelo para tensionar el espacio interior, siendo Dieste quien realiza el cálculo estructural y Luis García Pardo quien se encarga del estudio acústico.



(a)



(b)

Imagen I.6.

Iglesia de Nuestra Señora de la Asunción y san Carlos Borromeo en Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1955. Las imágenes corresponden a: (a) vista exterior (Giovannardi y Pérez, 2017, p. 73); (b) vista interior (Punto y seguido, 2015^d).

La amistad entre Juan Pablo Terra (1924–1991), Luis García Pardo (1910–2006) y Eladio Dieste venía de antes de estas iglesias, era una relación estrecha por tener inquietudes comunes.

Terra era arquitecto, docente en la facultad de Arquitectura, católico muy influenciado por el pensamiento de Emmanuel Mounier (1905–1950), Pierre Teilhard de Chardin (1881–1955), Jacques Maritain (1882–1973), y Louis Joseph Lebret (1897–1966). Perteneciente al Movimiento Familiar Cristiano, era miembro formal de Acción Católica al igual que García Pardo (Méndez, 2016). Fue promotor de la fundación del Frente Amplio, y un marcado activista muy preocupado por los trabajadores, las clases sociales más pobres y la justicia social.

^d Imagen recuperada el día 4 de abril de 2019 de https://www.taringa.net/+comunidaduruguayos/una-construccion-religiosa-digna-de-conocer_x56z0

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

García Pardo fue uno de los arquitectos católicos más activos de Uruguay, titular de la cátedra de Acondicionamiento Físico de los edificios en la facultad de Arquitectura, conocía a Dieste al menos desde 1946, pues según referencia Méndez (2016) pudiera ser quien actuó como intermediario para que Bonet le contratase para colaborar como calculista de las bóvedas de la casa Berlingieri. Posteriormente trabajarían juntos en otras obras, como los edificios de viviendas *El Pilar*²² (1956) o *Positano*²³ (1959), ambos situados en Montevideo, y en los que Dieste actuó como calculista de las estructuras de hormigón armado y de las cimentaciones (López de Haro, 2016), al igual que en la *iglesia de san Juan Bosco*²⁴ en Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1966.

Dieste se había educado en un ambiente de total laicidad, siendo sus tíos paternos Eduardo²⁵ (1881–1954) y Enrique²⁶ (~1876–1954), quienes le introducen en el catolicismo y en política, en el Partido Blanco, luego de la Unión Cívica y finalmente del partido Demócrata Cristiano (Grompone, 2011; Oliveira, 2011). Su tío Rafael (1899–1981), a pesar de la diferencia de edad, además de un amigo, fue quien le propició su pasión por las matemáticas, la geometría, la poesía y el afán de conocimiento.

Dentro de los círculos de intelectuales frecuentados por sus tíos y por extensión también por Dieste, se encontraban entre otros Joaquín Torres García, Olimpia Torres, Eduardo Yepes, Esther de Cáceres, Rafael Alberti, José Bergamín o Antonio Bonet (Méndez, 2016).

La admiración que sintió Dieste por Joaquín Torres García fue la misma que la de este hacia Antonio Gaudí pues, aunque entre todos ellos les separaba la edad y la manera de expresarse plásticamente, les unía la búsqueda de un orden universal.

Torres García²⁷ (1874–1949) había nacido en Montevideo, aunque con ascendientes españoles. En el año 1891 emigra toda la familia a Barcelona donde realiza sus estudios de arte, frecuenta ambientes intelectuales, realiza exposiciones y entra en contacto con los creadores de la época, como el arquitecto Antonio Gaudí (1852–1926) con quien colabora para el diseño de los vitrales de la catedral de Palma de Mallorca y de la Sagrada Familia de Barcelona. En el año 1934 retorna a Uruguay después de haber vivido en Nueva York, París y Madrid, instalándose en Montevideo, continuando aquí la intensa actividad plástica ya iniciada en Europa. Eladio Dieste en una entrevista realizada por el arquitecto Mariano Arana (Jacob, 2018) referencia a Joaquín Torres como la primera persona que le habló de Antonio Gaudí.

La relación de Dieste con Torres García alcanza a sus hijos, en particular con Augusto y con Olimpia, casada con el escultor Eduardo Yepes, el mejor amigo de Dieste²⁸.

Respecto a Esther Correch (1903–1971), más conocida como Esther de Cáceres, al adoptar el apellido de su marido Alfredo Cáceres, era católica conversa, médico, poeta, docente, con una intensa vida intelectual, apoyaba e impulsaba a artistas y escritores²⁹. Era amiga de Eduardo y Enrique, los tíos de Dieste, estando muy unida también al tío Rafael por tener intereses literarios comunes, siendo ella quien guio a Dieste en el humanismo cristiano de Jacques Maritain (Caraballo, 2017).

Dieste apoyado por de Cáceres, se convirtió en un católico seguidor de la Biblia, santo Tomás de Aquino, Pierre Teilhard de Chardin y lector de Gilbert Keith Chesterton que al igual que él fue católico converso (Caraballo, 2017), encontrando cuando se le encarga la realización de la iglesia de Cristo Obrero en Atlántida, la oportunidad de materializar en ella las ideas que tenía de la religiosidad. Según su hijo Esteban:

La obra nace por la fortuita coincidencia de dos cosas. Por un lado, la intención del matrimonio Giúdice Urioste, de donar los recursos necesarios y por otro, el ferviente deseo de mi padre el ingeniero Eladio Dieste de proyectar y construir una Iglesia. (Esteban Dieste, 2015, p. 1)

Iglesia de Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes en Atlántida, Dpto. de Canelones, 1958–1960

Cuando a Eladio Dieste, «allá por el 52» (Dieste en Jiménez, 1996, p. 153), le piden la construcción de una sencilla bóveda para cubrir un espacio destinado a lo que debía de ser una iglesia, poco podía imaginarse que este encargo sirviese para que su propuesta se convirtiese en la obra que le cambió la vida (Mérica, 2000), convirtiéndose en uno de los hitos arquitectónicos de un país marcadamente laico.

Estación Atlántida se encuentra situada a 50 km de Montevideo, debiendo su nombre a los dos núcleos de población existentes, el del Balneario de Atlántida, con el balneario y un asentamiento de viviendas alrededor de éste, y el de la estación situado junto al apeadero de la línea férrea que unía a aquel con Montevideo, formado por el pueblo obrero que le proveía de la mano de obra que necesitase. La conjunción de ambos nombres dio Estación Atlántida (Méndez, 2016; Caraballo, 2017).

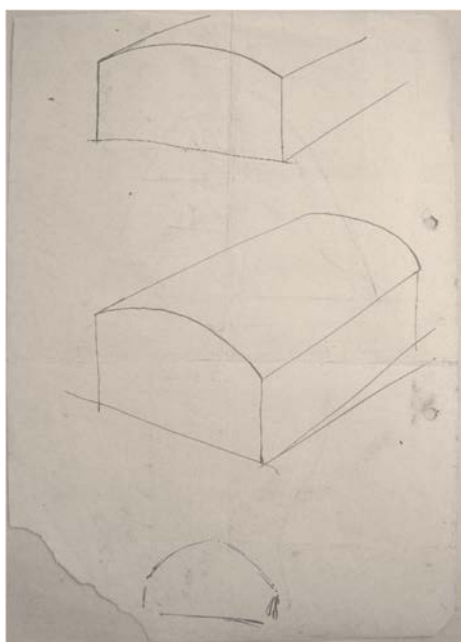
La zona de la estación tenía una pequeña capilla –aún existente, situada al lado de la iglesia realizada por Dieste–, que se utilizaba también como sede social obrera, pero a finales de 1949 a la localidad de Atlántida se le da la categoría de parroquia, por lo que se forma una comisión para gestionar la construcción de un salón parroquial, para así dedicar la capilla a templo, proponiéndole la realización de dichos trabajos al constructor local

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

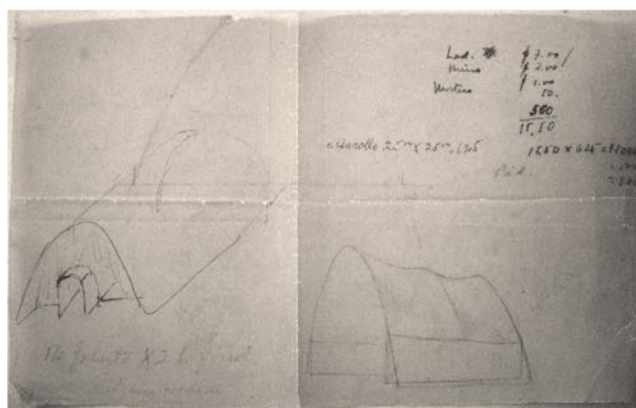
Mario Bonaldi, pero un año más tarde lo que se le encarga es una iglesia nueva, cuya propuesta se presenta ante la Curia a principios de 1952.

La Comisión era la que se ocupaba de recaudar fondos para el nuevo templo, presidiéndola Alberto Giudice³⁰, siendo Bonaldi quien le presenta a Dieste, para que fuera este quien se encargase del proyecto y no él, iniciándose en 1954 (Méndez, 2016).

Los primeros croquis realizados para la iglesia de Atlántida (Méndez, 2016; Caraballo, 2017) explican la evolución hacia la forma final de la construcción. La Imagen I.7.a, recoge un croquis de una bóveda de perfil curvado sobre muros rectos, atribuyéndoles estos a Giudice para explicar que es lo que quería. El resto de los dibujos aportados (Imágenes I.7.b, y I.8) pertenecerían a Dieste y a sus colaboradores, predominando en ellos: construcciones de perfiles parabólicos que arrancan desde el suelo, a partir de una línea recta o sinusoidal, un campanario exento (Imagen I.8.b), o una edificación de superficie ondulante formada por dos bóvedas de distinto tamaño que recuerdan a la *iglesia en Pampulha* de Niemeyer (Imagen I.8.a).



(a)

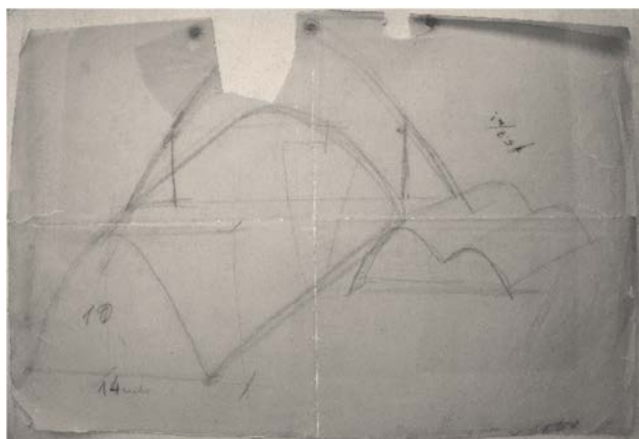


(b)

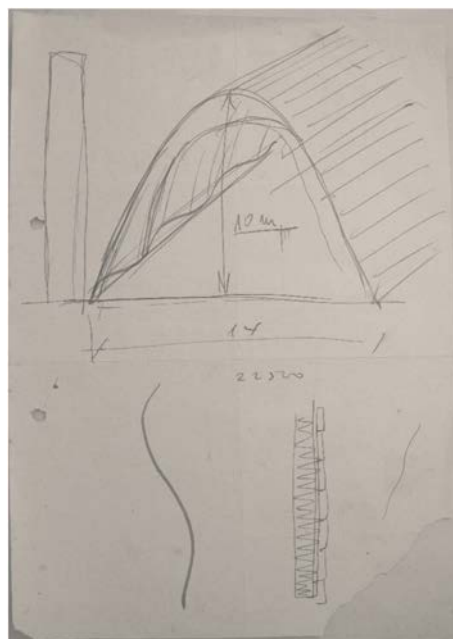
Imagen I.7.

Documentos conservados en el archivo de la parroquia del Sagrado Corazón de Jesús de Atlántida. Las imágenes corresponden a: (a) croquis atribuibles a Alberto Giudice en 1954 (Caraballo, 2017, p. 55); (b) croquis realizados por Giudice, Dieste o colaboradores (*ibidem*).

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma



(a)



(b)

Imagen I.8.

Documentos conservados en el archivo de la parroquia de Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes, sin fecha y sin clasificación. Las imágenes corresponden a: (a) croquis atribuible a Dieste y un colaborador, realizado en 1954 (Caraballo, 2017, p. 55); (b) croquis de una bóveda gausa arrancando desde el suelo, similar a los silos (*ibidem*, p. 56).

Las relaciones proyectuales que se realizan de la *iglesia de Atlántida* con otras edificaciones en las que intervino Dieste son varias, por ejemplo el anteproyecto de la *iglesia de Punta Yeguas* en Montevideo, de 1951, del arquitecto Luis García Pardo (Caraballo, 2017), en donde se proyectan temas que luego recogerá y desarrollará en la iglesia de Atlántida como la proporción de la planta, el muro ondulante que formalizan espacialmente unas capillas laterales, o el campanario y el baptisterio como volúmenes exentos (Imagen I.9).

También se realizan similitudes con la iglesia de *Notre Dame du Haut*, en Ronchamp, 1954, de Le Corbusier, en la utilización de las formas curvas, o en las aberturas realizadas en los muros para la entrada de la luz, huecos que el ingeniero ya los había ensayado en uno de los testeros del polideportivo de Artigas (Imágenes I.29.b y I.29.c).

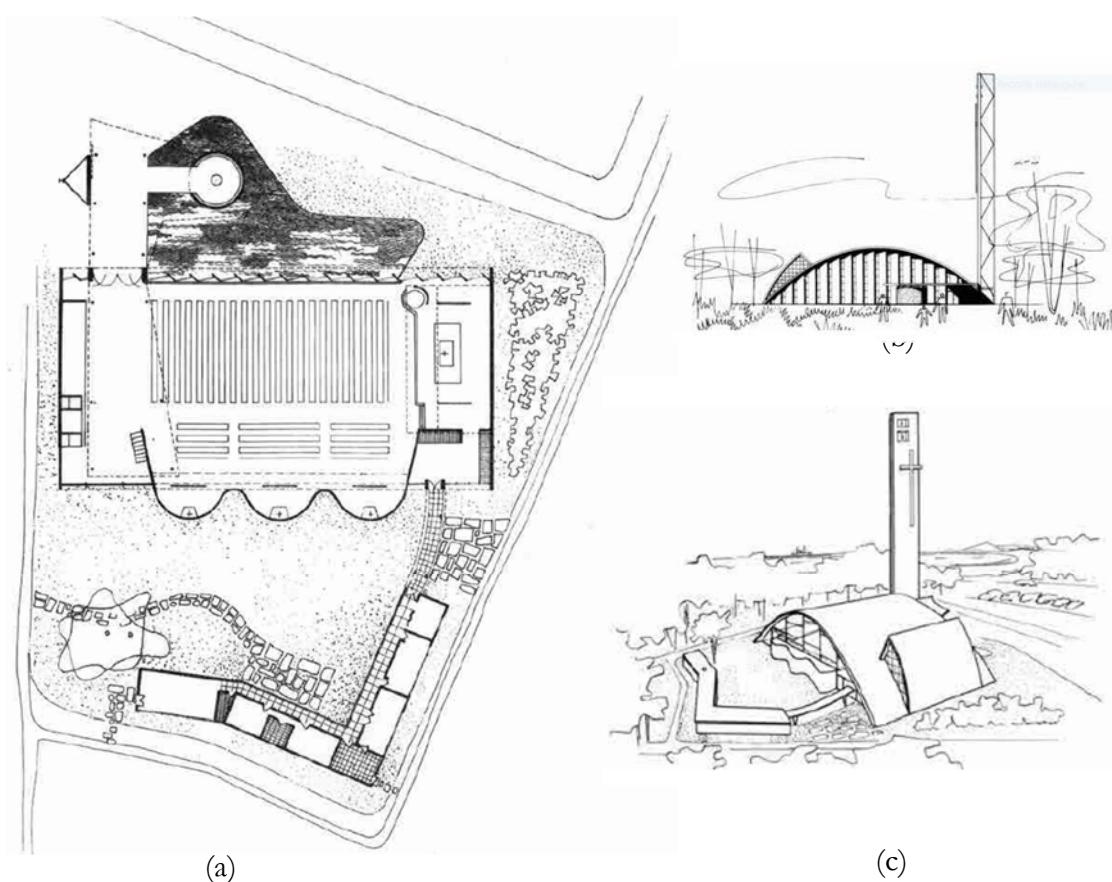


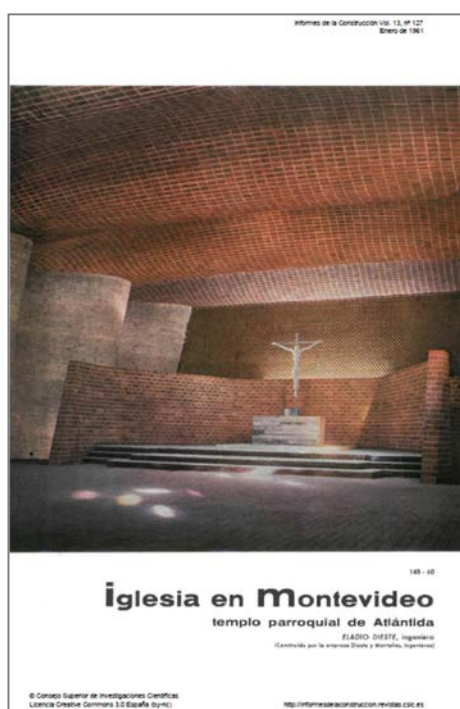
Imagen I.9.

Anteproyecto para la iglesia parroquial de Punta Yeguas en Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1951. Las imágenes corresponden a: (a) planta (López de Haro, 2016, p. 59); (b) alzado (*ibidem*, p. 59); (c) axonométrica (*ibidem*, p. 58).

En diciembre de 1955 se presenta al arzobispado de Montevideo el presupuesto para la realización de la estructura de un galpón (una nave industrial) cuya función iba a ser una iglesia, pasando en 1956 de ser iglesia-galpón a magnífica iglesia duplicándose el presupuesto, y el 24 de marzo de 1958 se comienza la obra (Méndez, 2016).

La iglesia la termina de construir en julio de 1960, publicando su primer artículo en enero de 1961 en la revista española *Informes de la Construcción* (Dieste, 1961), con el título *iglesia en Montevideo, templo parroquial de Atlántida*, firmado por Eladio Dieste, ingeniero y referenciando a su empresa como la constructora de los trabajos (Imagen I.10.a). El mismo artículo se reeditaría en 1998 (Dieste, 1998) cuando la revista celebra su 50º Aniversario y realizan un número especial combinando artículos de actualidad con una pequeña muestra de lo publicado en esas cinco décadas.

Después de la publicación española le seguirán *L'Architecture d'Aujourd'hui*, *Tuiles et Briques*, *The Architectural Review*, *Construire* o *Progressive architecture*, fotografiándola también Julius Shulman (1910–2009) cuando en 1967 visita Uruguay (Imagen I.10.b).



(a)



(b)

Imagen I.10.

Las imágenes corresponden a: (a) portada del artículo en *Informes de la Construcción* (Dieste, 1961^e); (b) foto realizada por Julius Shulman en 1967 cuando visita Uruguay. © J. Paul Getty Trust. Getty Research Institute, Los Angeles –2004. R.10– (Shulman, 1967^f).

La *iglesia de Atlántida* (Imagen I.11) es su primera obra de arquitectura en solitario, representando un compendio de su trayectoria tanto personal como profesional, siendo algunos de estos aspectos:

– El exterior es el resultado de la composición interior. Exteriormente es una caja donde los cerramientos, fachadas y cubierta, se presentan como una piel que enseña cómo ha sido proyectada y construida la iglesia.

^e Imagen recuperada el 4 de abril de 2021 de <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/5106/5916>

^f Imagen recuperada el 4 de abril de 2021 de https://rosettaapp.getty.edu/delivery/DeliveryManagerServlet?dps_pid=IE72430

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

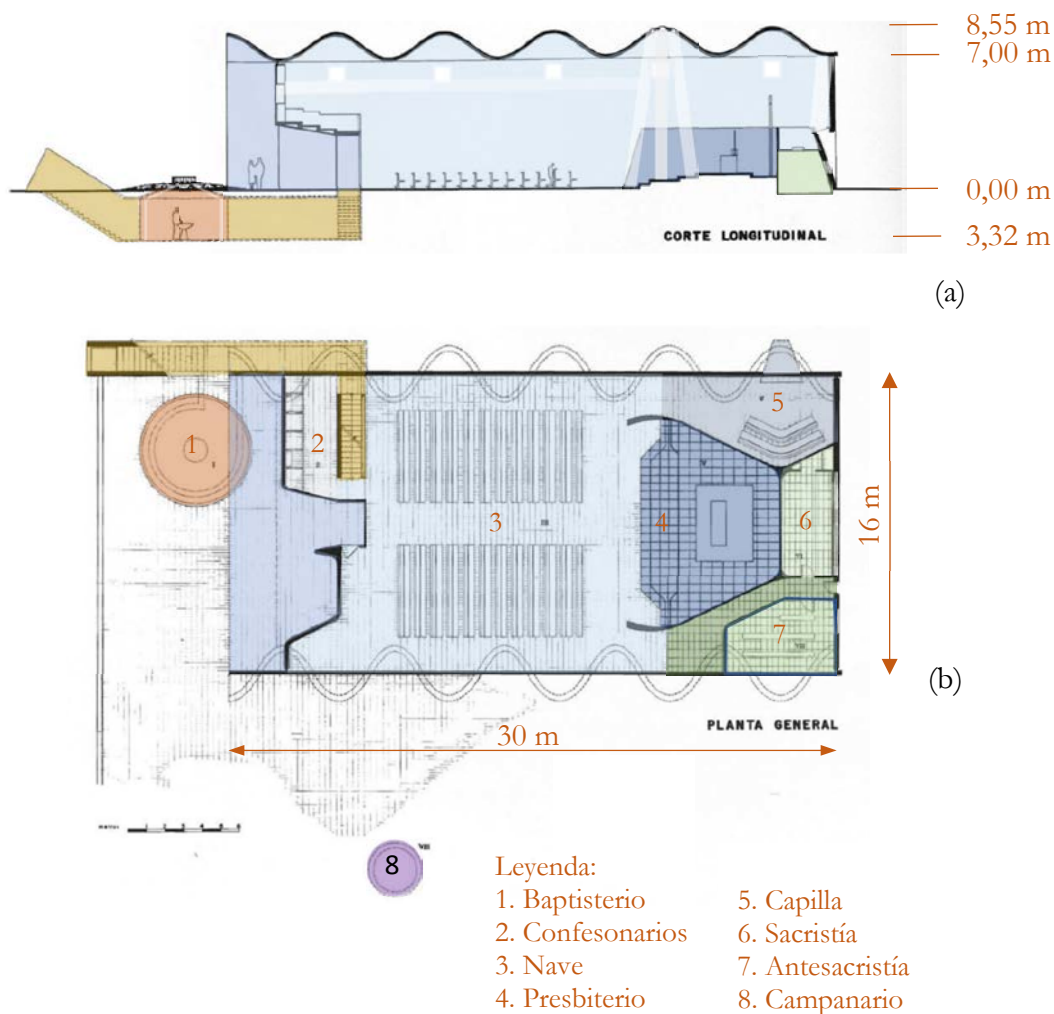


Imagen I.11.

Iglesia Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes en Atlántida, Dpto. de Canelones, 1958–1960 (ambas imágenes adaptadas por la autora, Jiménez, 1996, p. 152). Sobre las imágenes originales se han señalado los usos de la iglesia con tramas de diferentes colores, y leyenda. Las imágenes corresponden a: (a) sección longitudinal, se han marcado las diferentes entradas de luz con trama blanca; (b) planta general.

– Interiormente muestra el reverso de la caja exterior, las esbeltas laminas ondulantes que debido a su forma mantienen la estabilidad, definen un solo volumen, un solo espacio, pero con múltiples puntos de vista, realizándose las diferentes funciones en compartimentaciones cerradas por el techo por losetas prefabricadas de ladrillo.

– Riguroso control de la luz. Las ventanas propiamente no existen, no entran en la escala del edificio. Se horadan las zonas altas de las paredes, o se abren grietas en el cerramiento, todo ello para no romper el sentimiento de recogimiento interior al que debe estar sometido el fiel, sometiéndole a una obscuridad buscada, dejando que el tiempo

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

avance en la iglesia mediante el juego de los haces de luz que, entran por las perforaciones de los muros y se van distribuyendo por el interior de la iglesia según las diferentes horas del día (Imagen I.12).

Es el mismo concepto de iluminación natural utilizado en la iglesia en Ronchamp de Le Corbusier, y que Serralta le ayudaría a conseguir, no copiando, sino recreando el ambiente y que desarrollará en el resto de sus iglesias (Imágenes I.13, I.15.b, I.16.b. Imágenes II.1.30.a, II.2.5.b), viviendas³¹ (Imagen II.1.30.b), y naves industriales (Imágenes II.2.5.a).

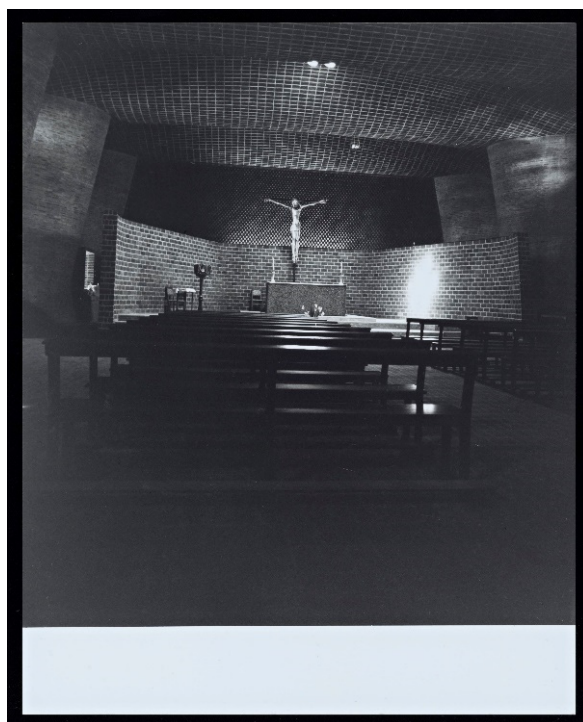


Imagen. I.12.

Interior iglesia Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes en Atlántida, Dpto. de Canelones, 1958–1960. Vista hacia el presbiterio. Foto realizada por Julius Shulman en 1967 © J. Paul Getty Trust. Getty Research Institute, Los Ángeles –2004. R.10– (Shulman, 1967[§]).

- Uso del ladrillo como parte esencial de la construcción.
- Eliminación del ornamento, sólo se da importancia a la textura del material y a la luz.

En las iglesias no hace concesión alguna a la ornamentación, salvo la escultura del Cristo en la Cruz³², pues Dios existe en todas las partes.

- No se pierde la escala humana en los espacios a pesar de la inmensidad.

[§] Imagen recuperada el 11 de abril de 2021 de https://rosettaapp.getty.edu/delivery/DeliveryManagerServlet?dps_pid=IE72430

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

- La economía en los medios. Pero abaratar³³ los costes de una edificación no conllevan rebajar la calidad ni constructiva, ni formal, ni espacial.
- La arquitectura al servicio de su fe religiosa.

Oratorio del Colegio y Liceo la Mennais en Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1961–1963

Los Hermanos Menesianos encargan a Dieste, la realización de un colegio que desarrolló junto con Montañez, Serralta y Clémot. El primer anteproyecto data del año 1958 y el proyecto definitivo del año 1961. El programa recoge, además de los usos docentes, un programa privado de habitaciones con servicios destinados a la hermandad con una pequeña capilla (Imagen I.13), localizándose esta área en la mitad de la última planta del edificio.

El oratorio se cubre con dos conoides rectos contrapuestos (Imagen II.2.36), permitiendo que la entrada de luz en su encuentro incida en la zona del altar, quedando esta iluminada, así como la pared del fondo, y el resto de la sala en sombra adquiriendo todo el conjunto un carácter escultórico.

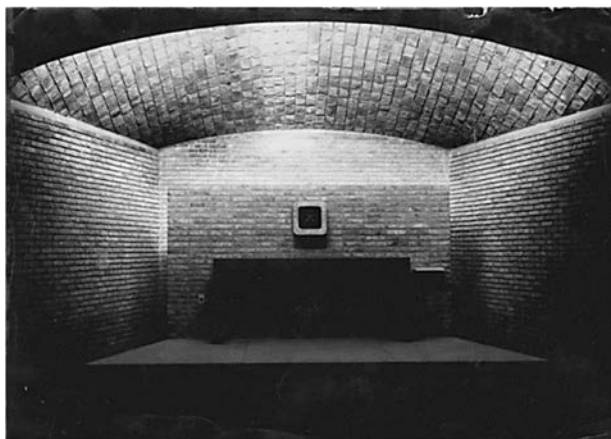


Imagen I.13.

Oratorio del colegio La Mennais en Montevideo Dpto. de Montevideo, 1963 (archivo fotográfico de *Los Hermanos Menesianos* de Montevideo en Ado y Jorcín, 2012, p. 14).

Conjunto parroquial Nuestra Señora de Lourdes en Malvín, Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1965–1968

Posteriormente al oratorio empieza la construcción del *conjunto parroquial de Nuestra Señora de Lourdes* en Malvín, Montevideo, proyecto muy ambicioso que superaba a la iglesia de Atlántida tanto en formas como en procesos constructivos, debiendo de estar formado por una iglesia y su casa parroquial.

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

El encargo tenía la limitación de que en el solar ya había otra iglesia con servicio que no podía interrumpirse, por lo que el nuevo templo sería tan grande que envolvería al existente, demoliéndose una vez que se terminasen las obras (Figura I.14.a).

Las dimensiones máximas de la planta de la iglesia según los planos eran de 17 m de ancho y 41,55 m de largo (Imagen I.14.a). La torre presbiterio alcanzaba una altura de 26 m, y las bóvedas de 15 m (Imagen I.14.b).

Pero, la financiación económica se acabó, paralizándose la construcción, cuando solo se había construido el centro parroquial y parte de la torre—presbiterio. Aunque a escala menor, se ha realizado la *iglesia de san Juan de Ávila* en Alcalá de Henares, Madrid, 1996–1997, basada en el proyecto de la iglesia uruguaya (ver apartado España de esta tesis).

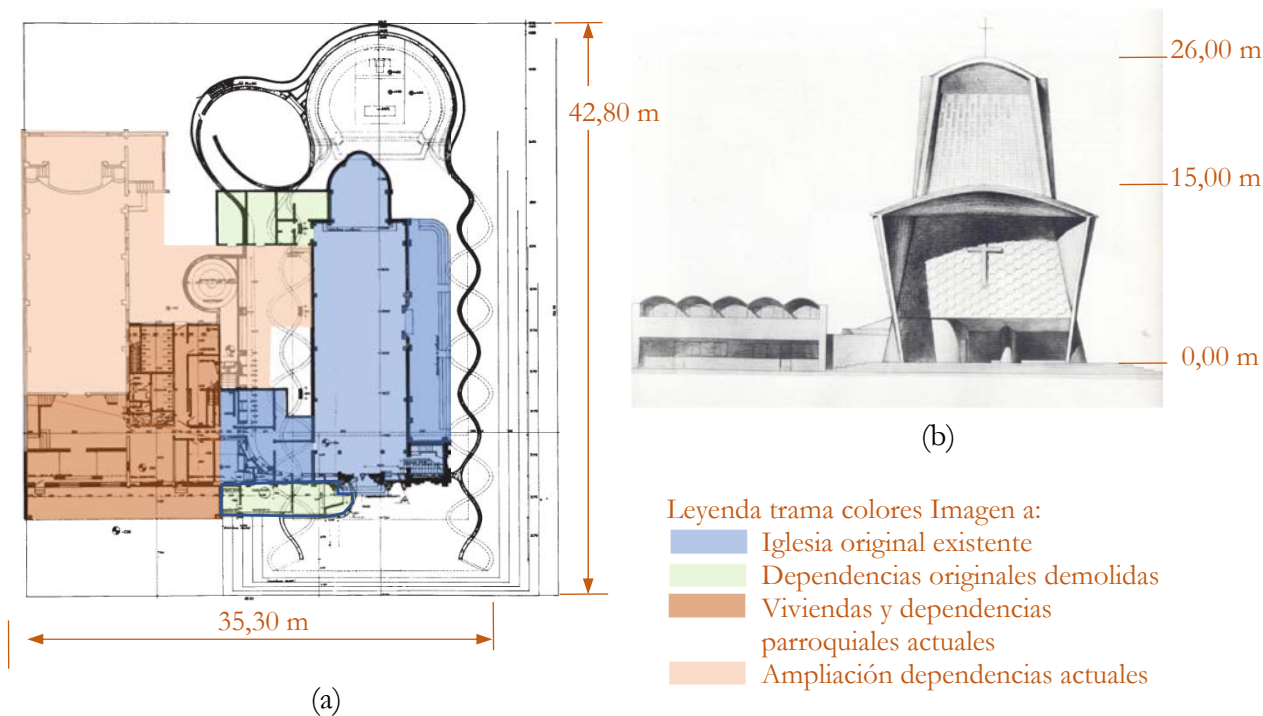


Imagen I.14.

Conjunto parroquial Nuestra Señora de Lourdes en Malvín, Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1965–1968. Las imágenes corresponden a: (a) planta del conjunto (imagen adaptada por la autora de Jiménez, 1996, p. 170); (b) alzado del conjunto parroquial (imagen adaptada por la autora de Carbonell, 1987, p. 57).

Las diferencias entre las iglesias de Atlántida y de Malvín, Son consecuencia del desarrollo de las formas conllevando una evolución estructural y espacial. Las principales variaciones y semejanzas son:

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

En la iglesia de Atlántida las paredes son conoides que arrancan desde el suelo con la directriz recta, apoyada sobre la cimentación de pilotes, y en su coronación ondulada, con una parábola y dos medias parábolas acordadas por onda.

El que en planta sea una línea recta ondulándose según aumenta la altura del muro crea que la vivencia a nivel de suelo sea la de un espacio fijo, sin emoción. El testero de cabecera es una recta, que se va abriendo hasta la mitad de su altura para permitir que la entrada de una luz rasante bañe la textura rugosa con la que se termina su interior. El plano de la planta se lee como un rectángulo, que con la representación de su sección denotan una caja paralelepípedo achatada, teniendo que visitar la iglesia *in situ*, o acceder a la fotografía en escorzo para que los espacios se llenen de expresividad, siendo consciente de ello su autor (Bonta, 1963).

La cubrición es una bóveda gausa continua, de luz media 16 m y máxima de 18,8 m, construida con tres capas de ladrillo, una estructural y las otras de acabado interior y exterior, dando un espesor total de 11 cm. Las paredes longitudinales que aguantan el peso de las bóvedas son dos muros de medio pie cada una de ellas, con una cámara de aire interior, siendo el ancho del conjunto de 30 cm. No hace falta recurrir a planos, al retranquearse del testero de la entrada, además de dar cobijo a sus visitantes, permite que las láminas que forman las bóvedas y los muros laterales muestren la extrema esbeltez con las que se han realizado.

En la iglesia de Malvín, la ondulación de las paredes nace desde el mismo suelo cambiándose la curvatura a casi un tercio de la altura, provocando un espacio más dinámico, más sobrecogedor.

Las funciones del bautisterio y del campanario se integran dentro del conjunto de la iglesia, dando paso al surgimiento de la torre—presbiterio, elemento que exteriormente simboliza a la edificación y que interior da la importancia buscada a la cabecera de la iglesia, tanto a nivel funcional, pues ubica aquí el presbiterio, como formal al terminar la iglesia detrás del altar a modo de un ábside.

El viga—alero que recogía el empuje de las bóvedas lo acorta sensiblemente, resultando visualmente una transición continua entre la curvatura de estas y las paredes.

De haberse realizado en el testero de la entrada hubiera colocado una vidriera que iluminase la iglesia.

Después del enorme salto evolutivo formal y estructural entre las anteriores edificaciones, realiza otras iglesias de diferente interés estructural, como la de *santa María Madre de la Iglesia y san Juan Bosco* (1966), proyecto del arquitecto Luis García Pardo (Imagen I.15), y la *Escuela Madre Paulina* (1967) proyecto del arquitecto Alfredo Rafael Solari, ambas

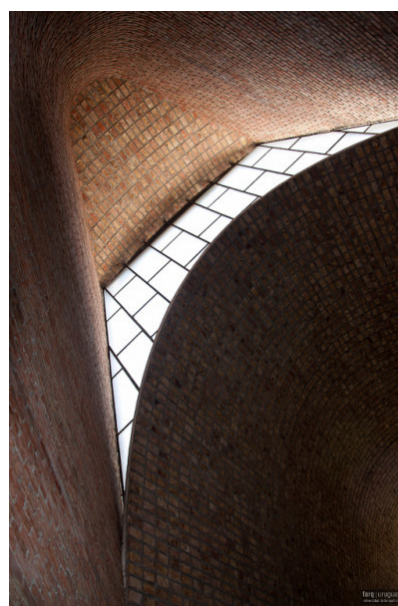
PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

en Montevideo (Giovannardi, 2017), interviniendo Dieste como calculista y su empresa como la constructora de las obras.

Para la cubrición de ambas iglesias se utiliza una sola bóveda autoportante corrida, siendo las vigas de borde grandes losas casi planas, permitiendo en su interior obtener un espacio único, aunque de tres alturas. Las cabeceras se terminan con un cuerpo de escasa potencia volumétrica pero que permite la entrada de luz cenital para el presbiterio (Imagen I.15.b).



(a)



(b)

Imagen I.15.

Iglesia de Santa María Madre de la Iglesia y San Juan Bosco en Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1966. Las imágenes corresponden a: (a) vista general fachada principal (Nómada, 2018^h); (b) detalle de la torre-presbiterio (*ibidem*).

Con las realizaciones de estas iglesias, especialmente la de García Pardo, estaba preparado el camino para la iglesia de San Pedro en Durazno, obra icónica en la trayectoria del ingeniero, y a juicio de Stanford Anderson (2004b), uno de los logros arquitectónicos más perfectos de la segunda mitad del siglo XX.

^h Imágenes recuperadas el 4 de abril de 2021 de <http://www.nomada.uy/guide/view/attractions/4671>

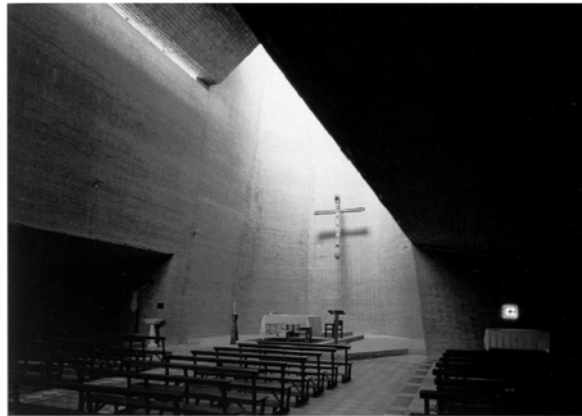
Iglesia de san Pedro en Durazno, Dpto. de Durazno, 1969–1971

Arte, ciencia y tecnología

En el año 1967 la iglesia de la ciudad de Durazno se incendia hundiéndose las cerchas de madera de la nave central dañándose gravemente los dos laterales (Imagen I.16.a). El sacerdote que conocía la iglesia realizada en Atlántida, accede directamente al ingeniero para que rehabilite la bóveda central, pero Dieste le indica que no puede reconstruir lo original porque no tiene mano de obra especializada para reproducir los yesos y estucos existentes proponiéndole que mantendría el esquema basilical de la iglesia original pero estaría cubierta por losas planas (Gutiérrez, 1996 en Ramírez, 2002) (Imagen I.16.b), por lo que la propuesta pasa por conservar la fachada y el atrio porque no habían tenido daños, pero también «por muy legítimas razones de consideración a los que habían contribuido a repararlos, con gran esfuerzo, hacía pocos años, de los que muchos aún vivían, como decía el párroco» (Dieste en Jiménez, 1996, pp. 173–174). Leído lo anterior el hecho fundamental de querer conservar el muro del atrio no fue solo una cuestión de economía *financiera*, ni siquiera *cósmica*, y el colocar en el muro del atrio el *rosetón*, el objeto no estructural más icónico de su obra, fue un acto de homenaje a la comunidad de Durazno.



(a)



(b)

Imagen I.16.

Iglesia de san Pedro en Durazno, Dpto. de Durazno, 1969–1971. Las imágenes corresponden a: (a) vista de la nave original después del incendio en 1967 (Elliott, 2019, p. 119); (b) interior de la iglesia realizado por Dieste (Jiménez, 1996, p. 175).

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

La planta de la iglesia es muy sencilla se trata de un paralelepípedo de 32 m x 23 m, sin pilares (Imagen I.17) y sin ningún elemento que permita percibir la compartimentación espacial de las tres naves, con las que se había comprometido con el párroco.

Al tratarse de un rectángulo provoca la existencia de una dirección, la longitudinal, situando en uno de los extremos un ábside, con la forma de un semi-octógono donde coloca el altar, que se elevada sobre un escalón que trata de inundar, aunque levemente, la nave, con el fin de facilitar que la relación con el fiel sea más directa (Imagen I.17.a).

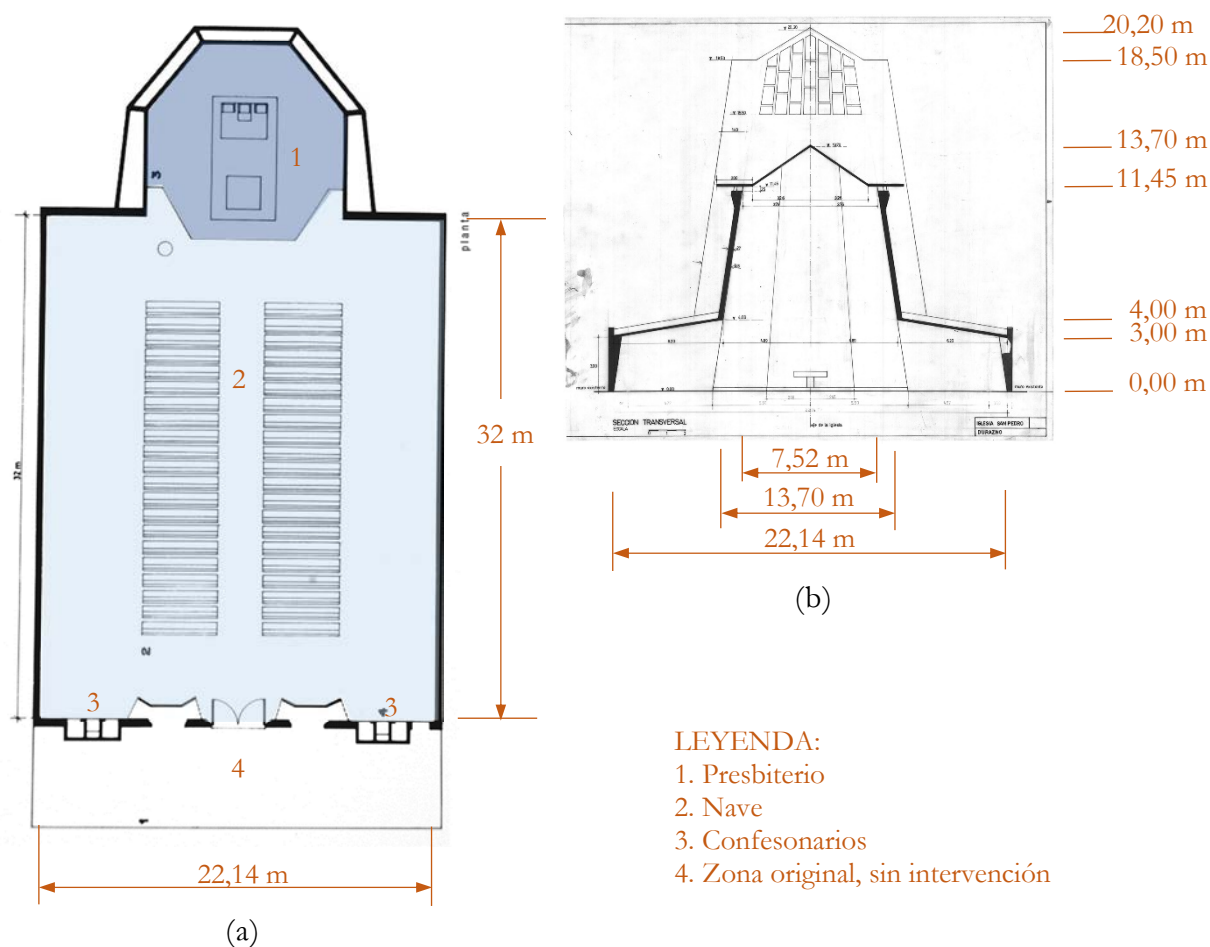


Imagen I.17.

Iglesia de san Pedro en Durazno, Dpto. de Durazno, 1969–1971. Las imágenes corresponden a: (a) planta de la iglesia (Medios Audiovisuales, 2018ⁱ); (b) sección transversal (Nómada, 2018).

ⁱ Imagen recuperada el 4 de abril de 2021 de <http://www.fadu.edu.uy/eladio-dieste/files/2015/09/IGLE-SIA-SAN-PEDRO-DURAZNO-1.pdf>

^j Imagen recuperada el 4 de abril de 2021 de <https://nomada.uy/guide/view/attractions/3933>

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

En el otro extremo tiene una entrada múltiple: la principal alineada con el eje de la iglesia y dos más a cada uno de los lados, que con el recurso de interponer una pared-telón entre el acceso y la nave, que nos obliga a entrar lateralmente, de manera que hasta que no se está en la iglesia no se puede ver su interior.

Los confesionarios les colocan en la zona de la entrada dando la sensación en planta, de pequeños corpúsculos añadidos a la nave, pero que están adecuadamente incorporados en la primera crujía, que por no actuar en ella no dibuja, pero donde se ubican el atrio con la entrada desde el exterior, la sacristía, los despachos parroquiales y la escalera de acceso a una planta intermedia, al campanario y la cubierta.

Estructuralmente la iglesia se organiza de forma sencilla, dos pórticos uno en los pies de la iglesia constituido por la mampostería original reforzada por pilares de hormigón armado, el otro en la boca del presbiterio realizado en hormigón armado, y tres estructuras plegadas, dos idénticas formadas por las paredes laterales de la nave central con el techado de las naves laterales y la otra el remate de la cubierta de la nave principal.

La altura de las naves laterales llega a los 3 m en la parte más baja, subiendo hasta los 4 m, y de aquí hasta los 13,7 m de la nave principal o los 20,2 m del ábside que, como un lienzo de fondo remata la iglesia (Imagen I.18).



Imagen I.18.

Iglesia de san Pedro en Durazno, Dpto. de Durazno, 1969–1971. Sección longitudinal, se han marcado las diferentes entradas de luz con trama blanca (Nómada, 2018^k).

La separación física entre la cubierta y las naves es una ventana horizontal corrida que, aprovecha para una entrada de luz cenital de gran potencia (Imágenes 1.18 y I.16b),

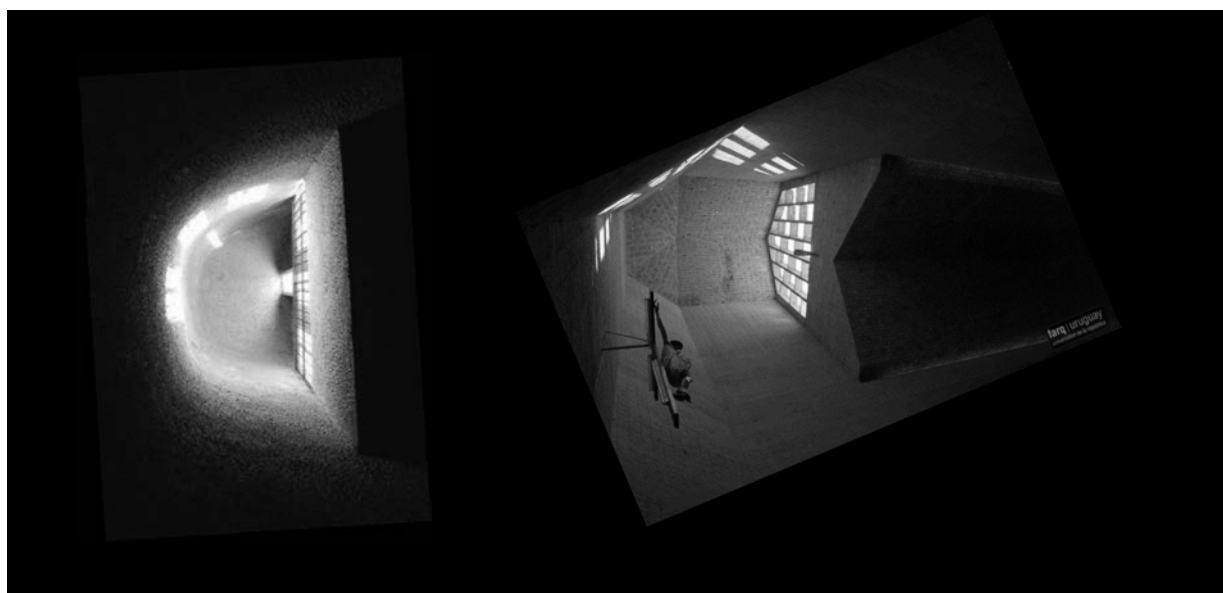
^k Imagen recuperada el 4 de abril de 2021 de <http://www.fadu.edu.uy/eladio-dieste/files/2015/09/IGLESIA-SAN-PEDRO-DURAZNO-1.pdf>

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

obligándonos a dirigir nuestra mirada cuando entramos, hacia la altura de la iglesia encontrándonos con una inmensa cubierta de ladrillo que parece flotar en el aire, al no poderse apreciarse los pequeñísimos pilares donde descansa.

Con la inclinación que se da a todas las paredes de las naves, incluida la cubierta, se enfatizan los efectos perspectivas, estirando el espacio, dando la sensación de que la iglesia sea más alta y ancha de lo que realmente es. Las paredes inclinadas de la nave central se prolongan hasta llegar a la torre del presbítero, una zona que recibe la luz desde lo más alto, por unos ventanales que no se ven desde las naves. Esta luz inunda las paredes interiores de la torre y llega hasta el altar, y como las naves están en semioscuridad se articula una escenografía, indicándole al fiel o a quien visita la iglesia que lo importante es lo que sucede en el presbiterio (Imágenes I.19 y I.16.b).

La luz aliándose con los diferentes volúmenes con los que se articula la iglesia, proporcionan una riqueza espacial y una diversidad en los puntos de vista, que no pueden ser clasificados si se estudia solo su planta.



(a)

(b)

Imagen I.19.

Las imágenes corresponden a: (a) iglesia de Notre Dame du Haut en Ronchamp, Francia, 1950–1955, de Le Corbusier, torre de luz de capilla (Lozano, 2018, p. 56); (b) iglesia de san Pedro en Durazno, Dpto. de Durazno, 1969–1971, de Eladio Dieste, torre de luz del presbiterio (imagen original en color, Nómada, 2018¹).

¹ Imagen recuperada el 12 de abril de 2021 de <https://nomada.uy/guide/view/attractions/3933>

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

En la iglesia de Durazno no sobra nada, existe una depuración exquisita y claramente estudiada de la forma, resultando todo de una sencillez nada fácil de conseguir.

La riqueza de los espacios logrados, de las texturas, del dialogo ejercido con la luz, y sobre todo de la perfección en la colocación y ejecución del ladrillo evidencia el nivel de exigencia de Dieste, denotándose en los acabados, o en las transiciones de los encuentros no rectos de las paredes. Lograr semejante perfección exige una planificación, un exhaustivo conocimiento del material, un control riguroso en la puesta en obra, pero también de unos excelentes colaboradores y de unos albañiles devotos hacia su trabajo.

Colaboraron en el proyecto y en las obras el arquitecto Alberto Castro y el ingeniero Raúl Romero.

Si analizamos la evolución del presbiterio en las diferentes iglesias, observamos que en Atlántida forma parte de la nave, al ser esta iglesia una caja, es decir, un volumen único. En Malvín hay una sola nave, pero el presbiterio se independiza, con un cono de gran altura perfectamente identificable desde el exterior, situado en uno de los lados menores de la caja. En la iglesia de san Juan Bosco del arquitecto García Pardo en Montevideo, hay tres naves, la central y dos laterales (sin apoyos interiores), el presbiterio es semicircular, ganando singularidad por la incorporación de la luz cenital, aunque al exterior tiene poca potencia volumétrica. En Durazno utiliza planos, proyectándole en planta como una forma independiente y perfectamente definida, pero que dentro de la iglesia se vive como una prolongación y remate de la nave central. Exteriormente es una enorme torre tronco piramidal de planos inclinados apuntando al cielo.

4.2. Viviendas

La producción residencial datada actualmente es muy reducida, casi nula, no obstante, se identifican tres grupos:

– Viviendas unifamiliares, como la *casa Saul Dieste* en Artigas, Dpto. de Artigas, 1954, *casa de vacaciones de Dieste*, en la Pedrera, Dpto. de Rocha, 1967, o *casa Gómez Gotuzzo*, en Artigas, Dpto. de Artigas, 1967. Hay más viviendas actualmente de las que aún no se le ha reconocido su autoría³⁴.

La forma de llevar a cabo el trabajo fue la misma que para el resto de su producción, en este caso, tomando a su propia vivienda como referencia, va evolucionando en las siguientes realizaciones.

– Viviendas colectivas, como para la *cooperativa Vicman* en Malvín Norte, Montevideo, empezada a construir en 1971, con planos del arquitecto Alfredo Nebel. Se trata de una urbanización de bloques de cuatro plantas destinados a apartamentos, viviendas pareadas de dos plantas, escuela, zonas deportivas, locales comunales, jardines y una torre del tanque de agua.

– Viviendas parroquiales para las iglesias situadas en Atlántida y en Malvín, pero dada la exigüidad en la producción no hay unas directrices comunes que las definan, sino es porque, ambas están cubiertas por bóvedas autoportantes.

4.2.1. Viviendas unifamiliares y colectivas

El proyecto de la *casa Saúl Dieste* en Artigas, 1954, está firmado en orden alfabético, sin distinción de profesiones entre arquitectos o ingenieros por Clémot, Dieste, Montañez y Serralta (Comisión centenario Ing. Eladio Dieste, 2017). Este proyecto se corresponde a cuando Dieste compartía despacho con los anteriores arquitectos, firmando de este modo los planos que, realizaban conjuntamente (Nudelman, 2013).

Se trata de una casa introvertida, muy del gusto de Dieste que, sigue las directrices marcadas por el Modulor de Le Corbusier, organizándose alrededor de cuatro patios, delantero, trasero y dos centrales, realizados no solamente para solucionar temas como la ventilación, o la iluminación, sino para volcar la vida hacia el interior de la casa (Imagen I.20.c).

La vivienda entre medianeras se desarrolla en una sola planta, retranqueándose, a excepción de un volumen que, con dos niveles, está situado en la primera crujía, alineándose con la calle a través de una terraza en su planta superior, siendo este el único elemento exterior abierto, ya que la planta baja es totalmente impenetrable visualmente (Imagen I.20.a).

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

La vivienda está cubierta por bóvedas de directriz catenaria realizadas en cerámica armada, atirantadas, revocadas y pintadas de blanco por el interior (Imagen I.20.a).

Según detalle de plano publicado por la Comisión centenario Ing. Eladio Dieste (2017), la sección constructiva de las bóvedas de la vivienda se compondría por una capa de ladrillo colocado a tabla, armadas con dos alambres las juntas longitudinales, cada cuatro ladrillos, terminándose el conjunto abovedado con dos capas más, una de hormigón aligerado, y la otra de aislamiento térmico espumado. La entrega de las bóvedas en los muros se realizó a través de perfiles metálicos.



(a)



(b)



(c)

Imagen I.20.

Casa de Saúl Dieste en Artigas, Dpto. de Artigas, 1955. Las imágenes se corresponden a: (a) vista de la fachada principal (Comisión centenario, 2017^m); (b) interior (original en color, Nómada, 2018ⁿ); (c) vista desde la cubierta (original en color, *ibidem*).

^m Imagen recuperada el 5 de abril de 2021 de

<https://www.facebook.com/Ingenieroeladiodieste/photos/pcb.349110868880034/349289812195473>

ⁿ Imagen recuperada el 5 de abril de 2021 de <http://nomada.uy/guide/view/attractions/3911>

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

La *casa Dieste* en Punta Gorda, Montevideo, se proyecta³⁵ entre los años 1958 y 1959 construyéndose entre octubre de 1961 y abril de 1963 (Imagen I.21).

Al igual que la casa de su hermano (ver comparativa en Imagen I.22), esta se ubica entre medianeras, es introvertida, desarrollada en torno a los patios, para que se vuelquen las estancias hacia ellos, prolongando los espacios interiores; los dormitorios al fondo de la vivienda, dando al patio trasero, con una estancia común en su salida que los conecta con el patio central y con el resto de la casa. En el centro la cocina, la habitación de servicio y los aseos, y a la entrada se ubican varios espacios de estar, como el salón, el comedor y un pequeño estudio, para relacionarse entre sí, pero también, con posibilidad de recogimiento.



(a)



(b)



(c)

Imagen I.21.

Casa Dieste en Punta Gorda, Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1961–1963. Las imágenes se corresponden a: (a) vista de la fachada principal (Anderson, 2004a, p. 18); (b) salón de estar, al fondo la terraza interior con la cubierta calada (Jiménez, 1996, p. 109); (c) vista desde la cubierta, el recubrimiento con poliuretano espumado de la zona izquierda no es original, pertenece a una intervención posterior. Foto de la autora.

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma



Imagen I.22.

Casa Saúl Dieste en Artigas, 1955. Las imágenes corresponden a: (a) sección transversal (Comisión centenario, 2017^o); (b) planta baja (Comisión centenario, 2017^p). Casa Dieste en Montevideo, 1961–1963. Las imágenes corresponden a: (a) secciones transversales y longitudinales (Medios Audiovisuales, 2018^q); (b) planta principal (*ibidem*); (c) entrepiso (*ibidem*).

^o Imagen recuperada el 7 de abril de 2021 de <https://www.facebook.com/Ingenieroeladiodieste/photos/pcb.349110868880034/349240362200418>

^p Imagen recuperada el 6 de abril de 2021 de <https://www.facebook.com/Ingenieroeladiodieste/photos/pcb.349110868880034/349289815528806>

^q Imagen recuperada el 7 de abril de http://www.fadu.edu.uy/eladio-dieste/files/2015/11/CASA-ELADIO-DIESTE-1_PLANTAS.pdf

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

Lo que distingue la casa de Eladio Dieste de la de su hermano es que en esta el programa debe ser más amplio, al tener que dar cabida a una familia constituida por catorce personas: los padres, once hijos y una empleada, por lo que aprovechando el desnivel existente del terreno dispone una segunda planta a nivel inferior, situando aquí el dormitorio de los cuatro niños mayores, que obtienen luz natural a través del patio central. Con esta distribución esta zona se convierte en un patio inglés (Imagen I.22), consiguiendo con ello desarrollar prácticamente todo el programa en una sola planta, pues dos le hubiera quitado escala a la vivienda.

Esta edificación está enfocada a ser un *campo de pruebas* (Imágenes I.23, I.24 y I.25), toda ella está realizada en cerámica armada: paredes, escaleras, forjados, bóvedas, vigas, bancos, dejando visto el ladrillo.

Las bóvedas son autoportantes, macizas en el interior de la vivienda, y caladas en su prolongación hacia los patios interiores, siendo aquí la primera edificación donde se ensayó este tipo de cubrición, al igual que las losas planas de los forjados.



(a)



(b)

Imagen I.23.

Casa Dieste en Punta Gorda, Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1961–1963. Las imágenes corresponden a: (a) fachada principal (Nómada, 2018[†]); (b) salón con conexión al patio central. Al fondo el comedor (Medios Audiovisuales, 2018[§]).

A continuación, se exponen la fachada principal de las viviendas pareadas para la Cooperativa VICMAN en Malvín Norte, 1971, que realiza en colaboración con el arquitecto Alfredo Nebel (Imagen I.24.a), que tiene una composición similar a la fachada

[†] Imagen recuperada el 6 de abril de 2021 de <http://www.nomada.uy/guide/view/attractions/4335>

[§] <http://www.fadu.edu.uy/eladio-dieste/wp-content/blogs.dir/258/files/casa-eladio-dieste/SMA-CS012-007.jpg>

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

de su vivienda (pórtico de la entrada en planta baja, terraza mirador en una de las esquinas superiores), así como la ejecución de la fábrica de ladrillo con las juntas continuas, y el comedor de la *casa y consultorio Gómez Gotuzzo*, en Artigas, 1967 (Imagen I.24.b), similar al de la vivienda del ingeniero.



(a)



(b)

Imagen I.24.

Las imágenes se corresponden a: (a) viviendas de la cooperativa Vicman en Malvín, Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1971 (original en color, Nómada, 2018^t); (b) comedor de la casa Gómez Gotuzzo en Artigas, Dpto. de Artigas, 1967 (original en color, Nómada, 2018^u).



(a)



(b)

Imagen I.25.

Vistas de los patios interiores en: (a) casa Dieste en Punta Gorda, Dpto. de Montevideo, 1961–1963 (Medios Audiovisuales, 2018^v); (b) casa Gómez Gotuzzo en Artigas, Dpto. de Artigas, 1967 (foto original en color Nómada, 2018^w).

^t Imagen recuperada el 6 de abril de 2021 de <http://nomada.uy/guide/view/attractions/4287>

^u Imagen recuperada el 6 de abril de 2021 de <http://nomada.uy/guide/view/attractions/3915>

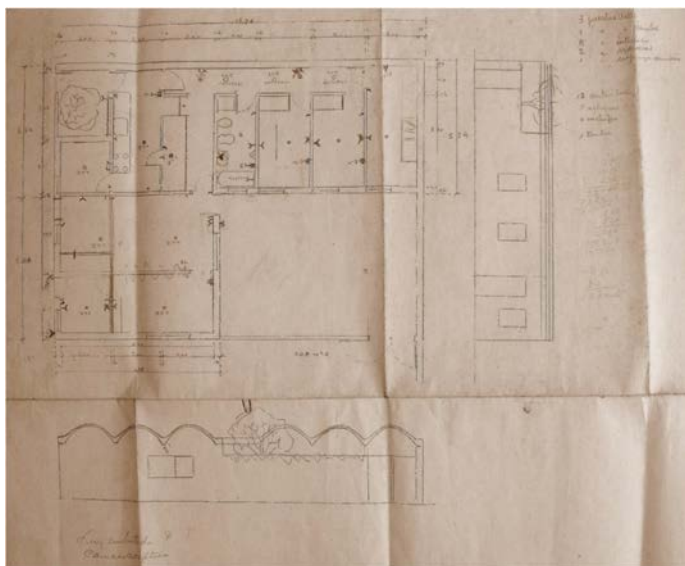
^v Imagen recuperada el 6 de abril de 2021 de http://www.fadu.edu.uy/eladio-dieste/wp-content/blogs.dir/258/files/casa-eladio-dieste/04_B%C3%B3veda-calada.jpg

^w Imagen recuperada el 6 de abril de 2021 de <https://nomada.uy/guide/view/attractions/3915>

4.2.2. Viviendas parroquiales

La *vivienda parroquial de la iglesia de Atlántida* se desarrolla en una sola planta, disponiéndose las diferentes estancias en forma de L, con vistas a un gran patio interior.

En una de las alas se sitúan tres habitaciones, el cuarto de baño comunitario, y la cocina con acceso a un pequeño comedor y a un patio–tendedero. En la otra ala se sitúan dos salones comunitarios (Imagen I.26.a).



(a)



(b)

Imagen I.26.

Casa parroquial de la iglesia Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes en Atlántida, Dpto. de Canelones, 1958–1960. Las imágenes corresponden a: (a) planta y alzados (Caraballo, 2017, p. 111); (b) vista parcial de la construcción, marcada en la imagen en color teja, detalle de la foto realizada por Julius Shulman en 1967 (foto completa en Imagen I.10).

La vivienda, actualmente demolida, se ubicaba al fondo de la parcela, detrás de la torre–campanario, pudiéndose visualizar en las fotos generales de la iglesia. De estas y de los planos se observa que cada instancia estaba cubierta por una bóveda sólida, estando las fachadas revocadas y pintadas de blanco (Imagen I.26.b).

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

La *vivienda parroquial de la iglesia de Malvín* se desarrolla en dos plantas, con forma de L asimétrica (Imagen I.27).

En planta baja se dispusieron los salones parroquiales, y en planta alta la vivienda, formada por cuatro habitaciones con cuartos de baño individuales, cocina y comedor.

Cada una de las estancias en planta alta está cubierta con unas bóvedas autoportantes, prolongándose en el exterior como bóvedas caladas, formándose una galería corrida, que es la que identifica visualmente a la edificación.

Para realizar la galería se retranqueo la edificación, en ambas plantas, creándose en planta baja esta un pórtico abierto, permitiendo su estancia.

Todo el edificio está realizado en cerámica armada dejándose visto el ladrillo.

Colaboró en el proyecto y en la obra el arquitecto Alberto Castro.

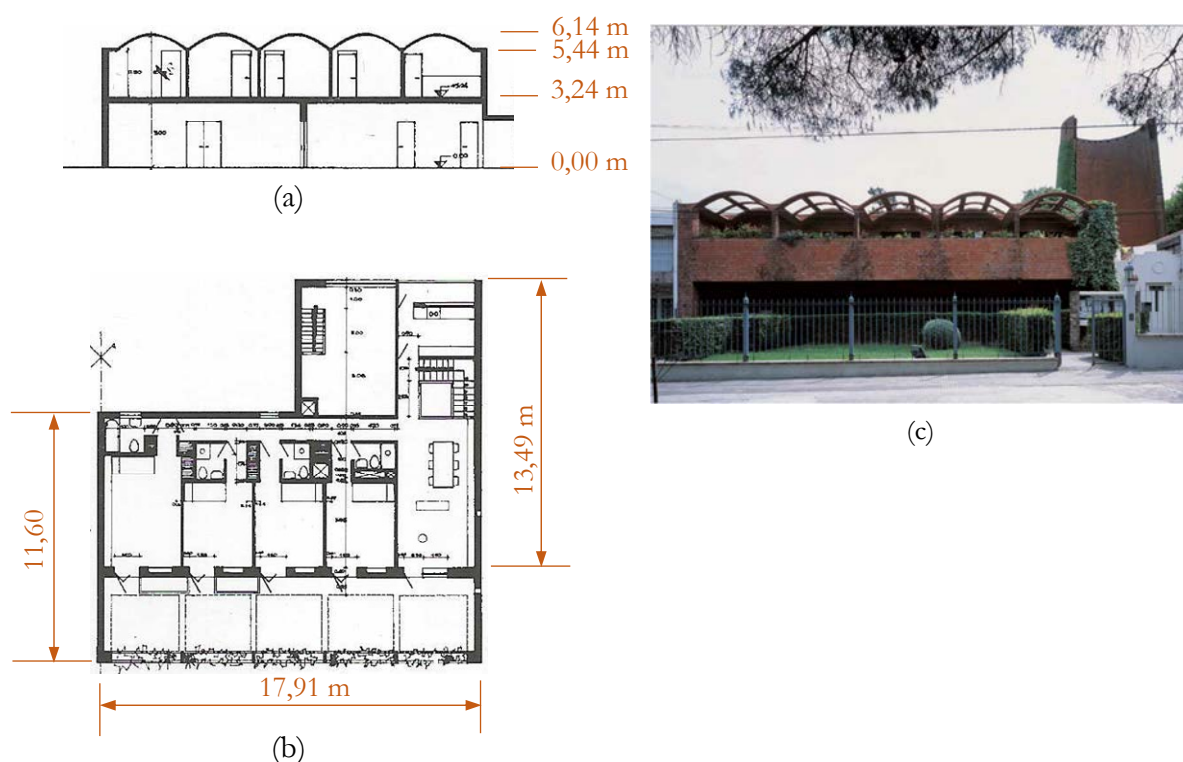


Imagen I.27.

Vivienda parroquial de la iglesia de Nuestra Señora de Lourdes en Malvín, Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1965–1968. Las imágenes se corresponden a: (a) sección transversal (Jiménez, 1996, p. 169); (b) planta alta (ibidem, p. 169); (c) vista general del conjunto, al fondo la torre–presbiterio inacabado (Anderson, 2004a, p. 56).

4.3. Escuelas rurales del Plan Gallinal

En el año 1961, Alberto Gallinal Heber (1909–1994) abogado, político, productor rural de vanguardia y filántropo, era presidente de la Comisión del Bicentenario de Artigas, siendo una de sus prioridades mejorar las escuelas rurales, más conocidas como escuelas–rancho, así como el trabajo de los maestros (Proyecto educativo Dieste, 2015).

Según relata el ingeniero Sasson en una entrevista realizada por el arquitecto Hugo Ferreira Quirós (2018), en 1962 el Consejo Nacional de Gobierno votó una partida de siete millones de pesos para la construcción de las nuevas escuelas rurales según un proyecto tipo realizado en la sección de arquitectura del Consejo de Educación Primaria.

Las escuelas estaban proyectadas con un tejado de cerchas y chapas metálicas, debiéndose repartir entre los diecinueve Departamentos de Uruguay, siendo la meta poder ejecutar alrededor de 107 el primer año.

Para su desarrollo se creó una comisión con Gallinal como presidente pidiéndosele al estudio de Dieste & Montañez el encargo del cálculo estructural de las escuelas.

Según Sasson (Ferreira, 2018), cuando Dieste estudia el proyecto propone un nuevo prototipo realizado con cerámica armada, siendo las razones para dicho cambio, que el ladrillo era el material autóctono del país, existente en todos los Departamentos, aún en aquellas zonas rurales intransitables e inaccesibles en las que también debían construirse las escuelas, y además su técnica se adaptaría a cualquier circunstancia local, siendo un ejemplo a seguir su propia vivienda que se estaba construyendo en ese momento.

Se acepta el cambio, pero solo tienen dos semanas para realizar el proyecto. Dieste confía, el desarrollo de los proyectos al colaborador de su estudio Marcelo Sasson, siguiendo siempre sus indicaciones, recogiendo en ellos con minuciosidad como se iba a realizar la cimbra de madera, la colocación del ladrillo de campo con su armado, el descimbrado manual, el sistema para correr los moldes, y todo ello de forma concisa pues, habría casos en los que serían los mismos vecinos quienes construirían las escuelas.

El programa era muy básico, habiendo tres tipos: solo aulas, o aula con vivienda para el maestro constando ésta de comedor, habitación, baño y cocina o, además, adicionándole una sala para reuniones.

La luz transversal de las bóvedas es variable entre 2,41 m a 3,36 m, y longitud aproximada de 8,6 m, teniendo una superficie aproximada de unos 160 m² (Imagen I.28).

El primer año se ejecutaron alrededor de cien escuelas con el presupuesto original, llegando en el año 1972 a doscientas veintiocho escuelas, cubriéndose el paisaje interior uruguayo con estas sencillas edificaciones de pequeñas dimensiones, de bóvedas autoportantes de ladrillo y con tímpanos cerrados (Imagen I.29).

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

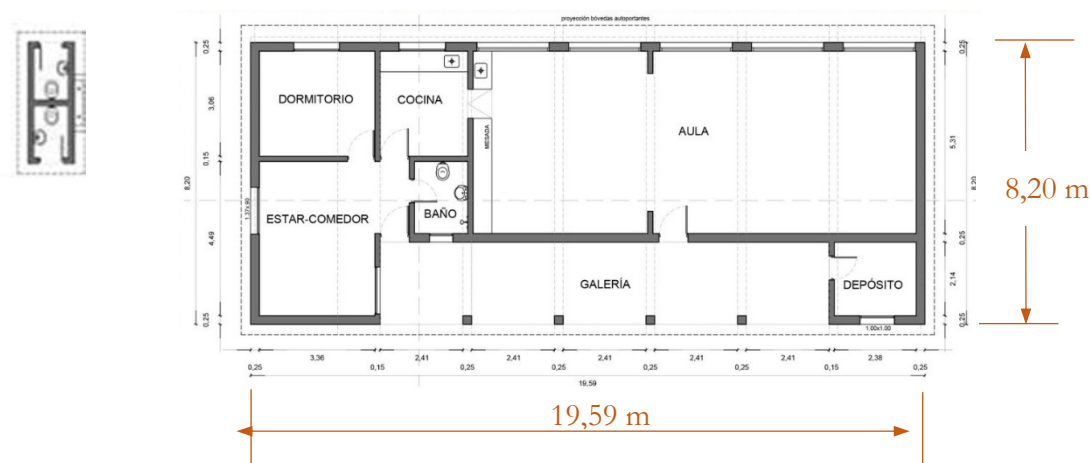


Imagen I.28.

Planta de una escuela rural tipo (Comisión centenario, 2017^x). Los aseos de los alumnos se situaban fuera del volumen general.



(a)



(b)

Imagen I.29.

Las imágenes corresponden a: (a) escuela rural N.º 20, santa Elena, paraje Chamangá, camino Paso La Cadena, s.f. (Proyecto Educativo Dieste, 2015^y); (b) escuela rural en Dpto. de Maldonado, s.f. (*ibidem*^z).

^x Imagen recuperada el 7 de abril de 2021 de https://www.facebook.com/Ingenieroeladieste/photos/ms.c.eJxFycEJA-CAMA8CNJE3TRvdfTCiCz~_NkOx04Wbc4NGawt9D1HGqEhe958wKbnQzW.bps.a.477737076017412/477737146017405

^y Imagen recuperada el 7 de abril de 2021 de <https://diesteedu.wixsite.com/proyectedioste/escuelas-plan-gallinal?lightbox=dataItem-ihjo973o>

^z Imagen recuperada el 7 de abril de 2021 de <https://diesteedu.wixsite.com/proyectedioste/escuelas-plan-gallinal?lightbox=dataItem-ichhguam>

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

En el mes de julio de 2018 en el muro de *Facebook* de la Comisión centenario Ing. Eladio Dieste, se compartió documentación de la *Escuela N.º 68 de Tres Cerros de Catalán* en Artigas (Imagen I.30), abandonada, y con pérdida de todos los revestimientos.

Su análisis permite estudiar cómo se ejecutaron aquellas edificaciones pues, de las imágenes de la escuelas rehabilitadas o mantenidas (Imagen I.31) es más difícil llegar a conclusiones.

En esta escuela se observa claramente la existencia de dos capas de ladrillos formando las bóvedas. La exterior de ladrillo visto, solo conserva la alineación de las juntas horizontales, trabándose los ladrillos transversalmente. La capa que da al interior, al ser estructural sigue manteniendo la continuidad de las juntas en los dos sentidos.

Las vigas donde apoyan las bóvedas son de ladrillo, aunque algunas están acabadas con mortero, y las fachadas muestran la fábrica de ladrillo visto con paños enteros revocados, habiendo estado las paredes interiores pintadas de blanco a igual que la casa de Dieste. El armado de las bóvedas fue de cada 25 cm en los dos sentidos.



(a)



(b)

Imagen I.30.

Escuela abandonada de Tres Cerros de Catalán, Dpto. de Artigas, s.f. Las imágenes corresponden a: (a) vista general de la fachada principal (Comisión centenario, 2018^{aa}); (b) vista interior (*ibidem*).

^{aa} Imágenes recuperadas el 7 de abril de 2021 de https://www.facebook.com/Ingenieroeladiodieste/photos/ms.c.eJxFycEJA-CAMA8CNJE3TRvdfTCiCz~_NkOx04WbC4NGawt9D1HGqEhe958wKbnQzW.bps.a.477737076017412/477737146017405

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma



Imagen I.31.

Escuela rural N.º 27 *La Macana*, Dpto. de Florida, s.f. Las imágenes corresponden a: (a) fachada principal (Comunicaciones Intendencia Florida, 2019^{bb}); (b) vista interior (Ministerio Educación y Cultura, 2018^{cc}).

Para terminar este apartado se aporta la fachada de la *casa Dieste* con vistas al último patio interior de su parcela (patio 3 de la Imagen. I.22), para que se pueda observar las semejanzas de esta fachada con las de las escuelas rurales y las casas parroquiales (Imagen I.32).



Imagen I.32.

Casa Dieste en Punta Gorda, Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1961–1963. Fachada de la vivienda desde el patio ubicado al final de la parcela. El tratamiento formal de las edificaciones dedicadas a viviendas, cualesquiera que fuera su destinatario, es muy similar entre ellas, así como con la solución de las viviendas Monol de Le Corbusier (Imágenes III.1.13 y III.1.14). Foto de la autora.

^{bb} Imagen recuperada el 8 de abril de 2021 de

https://comunicacionesidhome.files.wordpress.com/2019/11/esc.dptal_.transito.-la-macana-1.jpeg

^{cc} Imagen recuperada el 8 de abril de 2021 de <https://www.gub.uy/ministerio-educacion-cultura/comunicacion/noticias/designacion-macana>

4.4. Gimnasios y polideportivos

Las instalaciones destinadas a la práctica de la gimnasia o al ejercicio de los deportes fueron de las primeras realizaciones dentro de su producción. Para cumplir el cometido de techar grandes superficies sin apoyos intermedios, creo un nuevo tipo abovedado de doble curvatura que denomino bóveda gausa (ver apartado 2.3.2.1. Bóvedas gausas de esta tesis), cubriéndolos también con las bóvedas autoportantes.

Las construcciones dedicadas a actividades deportivas se presentan como cajas rectangulares, de gran volumetría, en donde lo que varía es la tipología abovedada utilizada.

4.4.1. Construcciones resueltas con bóvedas gausas continuas y discontinuas

Este tipo de bóvedas cubren luces transversales entre los 25 m y los 45 m, con desarrollos longitudinales en planta entre 5 m y 6 m, que descansan en vigas y pilares de hormigón armado, cerrándose los vanos entre soportes generalmente por fábricas de ladrillo. Cubren superficies entre los 1.300 m² a los 2.850 m².

Generalmente la entrada a la instalación se realiza por el lado largo del rectángulo, que da a norte o noreste³⁶, situándose las gradas en los lados largos, dejando el centro libre para el desarrollo de las actividades deportivas.

La entrada de luz se realizaba, si se trataba de bóvedas gausas discontinuas por los ventanales de estas, si se trataba de bóvedas gausas continuas a través de pequeños lucernarios practicados en su superficie, y en ambos casos por ventanales en los testeros o en los cerramientos longitudinales debajo de las vigas, entre los pilares.

Gimnasio–polideportivo Intendencia Municipal de Artigas, Dpto. de Artigas, 1957–1958

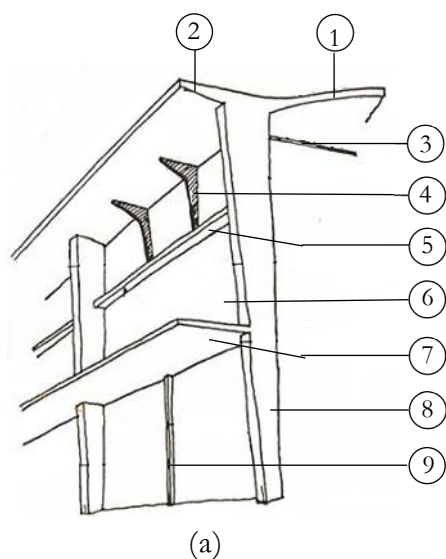
El gimnasio–polideportivo realizado en la ciudad natal del ingeniero³⁷, en 1957, es el primer espacio deportivo de grandes dimensiones (Comisión centenario, 2017).

El gimnasio en planta mide 30 m x 26 m, y tiene una altura de 10 m de altura, utilizándose para su cubrición bóvedas gausas continuas

En el proyecto del gimnasio (Imagen I.33) se incorporan una serie de innovaciones como son (Sasson en Ferreira, 2018):

- El alero–viga en hormigón armado para resistir los empujes de la bóveda gausa continua. La misma solución que se utilizará para el alero de la iglesia de Atlántida, pero que en ella se forro de ladrillo.

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma



(b)

Leyenda imagen (a):

1. Bóveda gausa continua.
2. Alero-viga de hormigón armado.
3. Tensor.
4. Piezas de hierro donde descansan alero y bóveda.
5. Viga de hormigón armado.
6. Diafragma de ladrillo.
7. Alero de cerámica armada.
8. Pilar de hormigón armado.
9. Pilar de hierro integrado en carpintería.



(c)

Imagen I.33.

Gimnasio-polideportivo Intendencia Municipal de Artigas, Dpto. de Artigas, 1957–1958. Las imágenes corresponden a: (a) detalle de la zona de entrada especificando los diferentes elementos que lo componen (dibujo adaptado de Eladio Dieste publicado en la revista de la facultad de Arquitectura N.º 3, de septiembre de 1961 y publicado en Comisión centenario, 2017^{dd}); (b) vista general de la zona de la entrada (*ibidem*^{ee}); (c) vista general interior (Proyecto educativo Dieste, 2015^{ff}).

^{dd} Imagen recuperada el 5 de abril de 2021 de <https://www.facebook.com/Ingenieroeladiodieste/photos/a.342803969510724/370917753366012>

^{ee} Imagen recuperada el 5 de abril de 2021 de <https://www.facebook.com/Ingenieroeladiodieste/photos/370917753366012>

^{ff} Imagen recuperada el 5 de abril de 2021 de <https://diesteedu.wixsite.com/proyectodieste/gimnasio-de-artigas?lightbox=dataItem-iehjz9ac1>

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

- La pared–diafragma de cerámica armada, de ½ pie de espesor, denominada así porque las paredes de ladrillo además de actuar de cerramiento de la edificación eran estructurales, aguantando su propio peso, las acciones de la viga de borde que resistía los empujes de las bóvedas y el de un alero a media planta que conformaba la zona de la entrada, estaba realizado también en cerámica armada. Años más tarde se realizarían de esta forma, los cerramientos de la iglesia en Durazno.
- La marquesina de la entrada, la realizó como una sola lámina de ladrillo armado que, con un vuelo de 2 m, descolgaba de la pared–diafragma, apoyándose lateralmente en los pilares de hormigón, pero la losa comenzó a deformarse, teniéndola que reforzar con hormigón armado por la parte superior, convirtiendo la marquesina en una losa mixta de hormigón y cerámica armada.
Las losas mixtas las retomo para la *iglesia de san Pedro* en Durazno, y el diseño original de la marquesina –acortando el vuelo– para la *casa Acosta y Lara*.
- Pilares metálicos en donde apoya el alero cerámico acortando la luz, se colocaron formando parte de la carpintería metálica de las puertas de entrada. Como en el *Parador de Ayuí*.
- Las ventanas del testero, recuperadas posteriormente para la iglesia de Atlántida.

Gimnasio–polideportivo de Durazno, Dpto. de Durazno, 1974–1975

Este gimnasio–polideportivo era parte del campus deportivo diseñado para la ciudad de Durazno, del que Julio Vilamajó, como asesor de la Comisión Nacional de Educación Física (CNEF), se había encargado de diseñar³⁸ (Imagen I.34). El Campus a su vez formaba parte de un programa, el Plan de Acción, que se implantaría en todo el territorio uruguayo. Pero en 1941 solamente se habían realizado la cancha de baloncesto y las gradas (Nómada, 2018).

En 1973 se le pide a la empresa de Dieste & Montañez, que utilizando lo existente, terminen el gimnasio–polideportivo, construyendo un inmenso espacio de 45 m de luz transversal, con unas bóvedas gausas discontinuas, las mayores luces que habían utilizado para un espacio deportivo, solo superadas por el *establecimiento agroindustrial Caputto*, Dpto. de Salto, 1971–1972, que con una luz transversal 46,5 m, tomaron como referencia para realizar este proyecto.

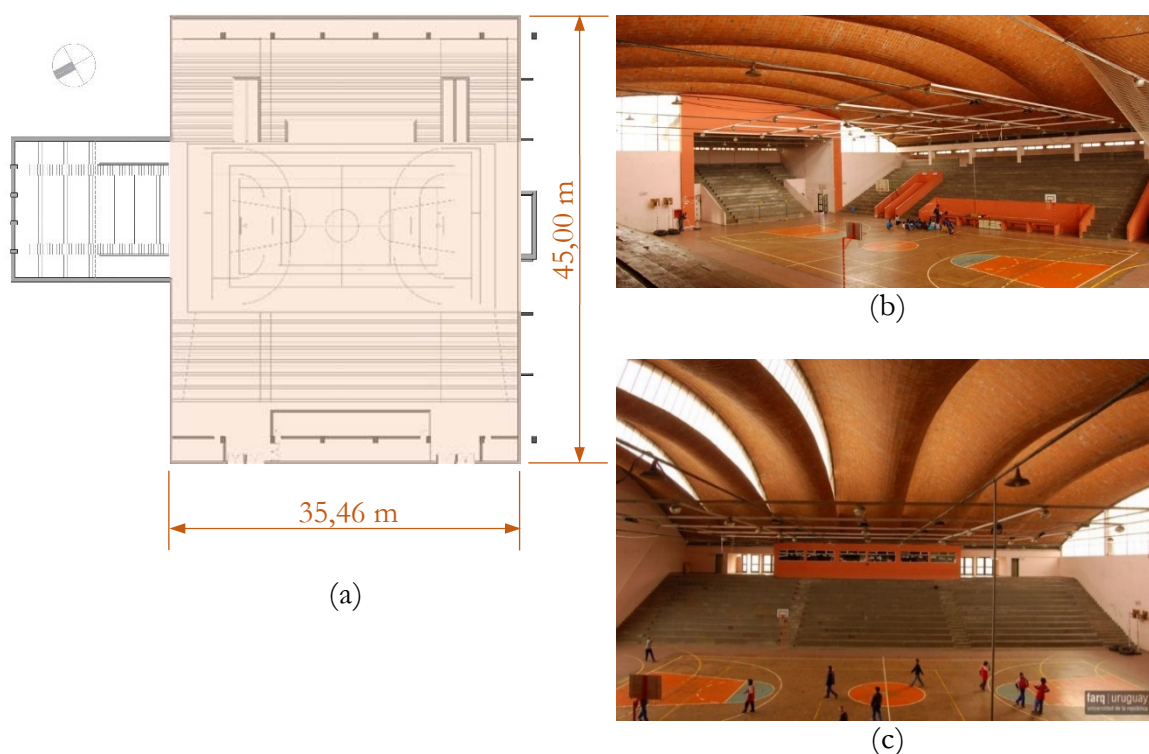


Imagen I.34.

Gimnasio–polideportivo de Durazno, Dpto. de Durazno, 1974–1975. Las imágenes corresponden a: (a) planta general, la actuación de Dieste está tramada en color teja (Nómada, 2018⁸⁸); (b) vista interior, al fondo las antiguas gradas realizadas por Vilamajó (*ibidem*); (c) vista interior de las bóvedas y de las nuevas gradas (*ibidem*).

4.4.2. Construcciones resueltas con bóvedas autoportantes y autoportantes pretensadas

Este tipo de bóvedas autoportantes y bóvedas autoportantes pretensadas, estaban diseñadas con luces transversales entre los 5,5 m hasta los 33 m. Las luces longitudinales eran variables pudiendo alcanzar distancias de hasta 33 m sin apoyos intermedios, llegando los voladizos de las bóvedas pretensadas hasta los 7 m, una longitud modesta si se la compara para las utilizadas en otro tipo de edificaciones.

Estas construcciones tienen cerramientos, independientes de la estructura abovedada, cubriéndose superficies entre los 865 m² a 2.000 m².

⁸⁸ Imagen recuperada el 8 abril de 2021 de <http://nomada.uy/guide/view/attractions/3932>

Gimnasio del Liceo Francisco Bauzá en Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1967

El *Liceo Francisco Bauzá* es de educación secundaria, cuenta con biblioteca, laboratorios, patio y un gimnasio, construido por la empresa de Dieste.

El gimnasio está cubierto con cuatro bóvedas autoportantes de luz transversal 24 m. Los tímpanos y la parte superior del cerramiento les libera de cerramientos opacos (Imagen I.35), permitiendo la entrada de luz natural al interior local, con una iluminación rasante que acentúa el colorido y la textura del ladrillo, y por el exterior, valorizar la extrema delgadez de las bóvedas, potenciándose esta situación al retranquear el cerramiento, dejando en primera línea las directrices de la estructura abovedada.

No hay apoyos intermedios, ni tirantes, la batería de bóvedas se apoya en pilares extremos que forman parte de los cerramientos, consiguiendo un espacio único de 1.100 m².



(a)



(b)

Imagen I.35.

Gimnasio del Liceo Francisco Bauzá en Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1967. Las imágenes corresponden a: (a) vista exterior. El gimnasio se encuentra a un nivel inferior de la calle, estando parte de él, semienterrado, con ello consigue mostrar al exterior una escala humana, a pesar de la gran altura existente en su interior (Giovannardi, 2017, p. 174); (b) vista interior (*ibidem*, p. 175).

4.5. Contenedores de material: depósitos, almacenes y silos

Los depósitos, almacenes y silos son contenedores de materiales, generalmente sin compartimentaciones verticales, y cubiertos por bóvedas gausas, que son las que permitían las mayores luces transversales sin apoyos intermedios, estando la longitud del local en función de las necesidades de almacenaje.

Desde 1954 cuando ganan el concurso para la construcción del *Depósito de la Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Portland*, en Montevideo, Dpto. de

Montevideo, hasta el *Silo 4 Alfonso Soler Roca*, terminado en 1997, en el recinto portuario de Nueva Palmira, Dpto. de Colonia, realizan una serie de edificaciones donde se consiguen los mayores logros estructurales, si nos referimos a la amplitud de los espacios y a la esbeltez de los elementos que conforman dichos espacios.

Lo que diferencia tipológicamente a las construcciones unas de otras son si sus cerramientos tienen o no que soportar el empuje del material, así si se trata de materiales que a pesar de su gran volumen no ejercen presiones a los cerramientos exteriores, las cubiertas elegidas para el cierre de los espacios fueron con bóvedas gausas o autoportantes, pero si habían de soportar empujes se optaron por silos horizontales, cubiertos por bóvedas de doble curvatura naciendo desde el terreno.

4.5.1. Depósitos y almacenes

Utilizados para almacenar material que no ejerce un empuje contra las paredes de la edificación, las resolvió con bóvedas gausas y con bóvedas autoportantes.

4.5.1.1. Construcciones resueltas con bóvedas gausas continuas o discontinuas

Bóvedas gausas continuas o discontinuas, que cubren luces transversales entre los 22 m y los 50 m, con amplitud generalmente de unos 5 m, que descansan en vigas y pilares de hormigón armado, cerrándose los vanos entre soportes con fábricas de ladrillo, consiguiendo grandes cajas volumétricas de superficies entre los 2.200 m² a los 4.500 m²,

Depósito Julio Herrera y Obes en el Puerto de Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1977–1979

Los concursos#

La historia, según relato personal de Dieste, arranca en un sábado del año 1975 cuando al volver de Brasil, su estudio le comunica que la ANCAP ha sacado un concurso en el que se ha de demoler el viejo depósito Julio Herrera y Obes para construir uno nuevo en su lugar. El tiempo del que disponen para la preparación y propuesta del concurso son de apenas cuatro días, pues la fecha tope para la presentación de ofertas finalizaba el miércoles siguiente.

El edificio era uno de los primitivos almacenes existentes en el puerto, realizados a fines del siglo XIX sobre rellenos de la bahía. Estas construcciones habían albergado todo tipo de materias, pero en los últimos años, se habían quedado obsoletas y vacías, pues aun tratándose de espacios muy grandes, resultaban de poca utilidad, debido a la gran cantidad de pilares existentes en su interior.

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

El depósito a Dieste le atrae, pertenece a la historia de su país, le recuerda a las antiguas y austeras construcciones romanas, encontrando una locura deshacerse de ella porque un planteamiento sobre su intervención fuera inviable económicamente, por lo que presenta dos propuestas, una ateniéndose en todo a lo que indica el concurso, y la otra encaminada a mantener lo servible, es decir, la cimentación y los muros exteriores, para poder apoyar sobre ellos una bóveda gausa.

El concurso lo ganan con la propuesta alternativa, al ser la más económica con diferencia, convenciendo posteriormente a las autoridades para que *ferrasen* el exterior del edificio con ladrillo en lugar de revocarlo (Dieste, 1985).

La cubrición se realiza con catorce bóvedas gausas discontinuas atirantadas de 50 m de luz transversal y 6 m luz longitudinal (Imagen I.36). El espesor total de la cáscara de ladrillo es de 12 cm, de los que 10 cm son de ladrillo hueco (Jiménez, 1996).

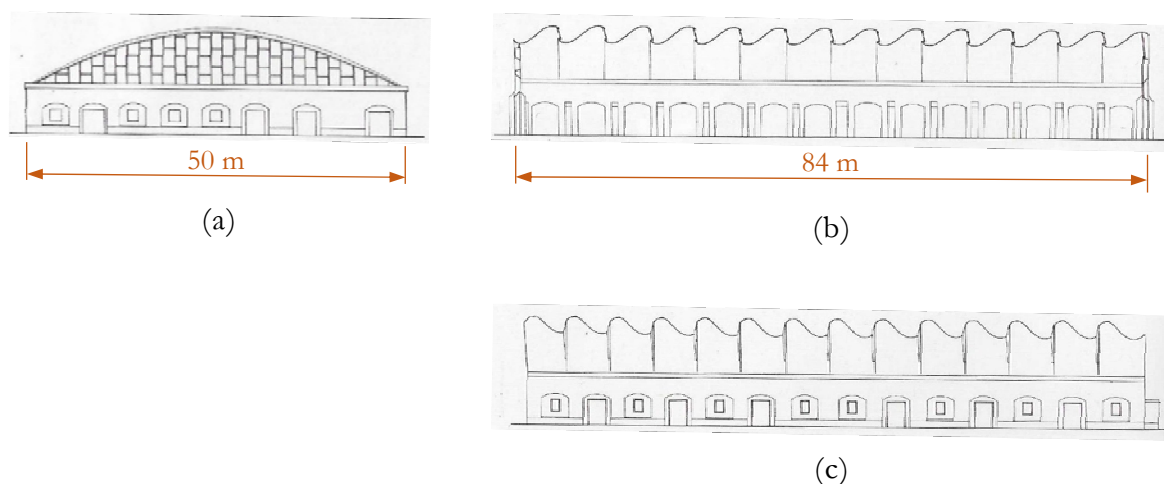


Imagen I.36.

Depósito Julio Herrera y Obes en el Puerto de Montevideo, 1977–1979. Las imágenes corresponden a: (a) sección transversal (Dieste, 1994, p. 36), (b) y (c) secciones longitudinales (*ibidem*).

Las bóvedas descansan sobre vigas de borde de hormigón armado que a su vez se apoyan en unos machones de ladrillo que se hicieron para colocar la armadura necesaria para absorber los efectos del viento, manteniéndose así las proporciones existentes, integrándose la nueva estructura y la antigua albañilería. Las paredes interiores se revocaron con cal, y el exterior se forró con ladrillo (Imagen I.37).



(a)



(b)

Imagen I.37.

Depósito Julio Herrera y Obes para la administración Nacional de Puertos, Montevideo 1977–1979. Las imágenes corresponden a: (a) foto histórica del depósito, vista exterior del puerto (Taller AVB Blog, 2017^{hh}); (b) foto histórica, vista interior (*ibidem*); (c) fachada oeste (Anderson, 2004a, p. 131); (d) interior (Beaudouin, 2013bⁱⁱ).

4.5.1.2. Construcciones resueltas con bóvedas autoportantes

Bóvedas autoportantes y bóvedas autoportantes pretensadas, con luces transversales entre los 6 m hasta los 25 m en Uruguay, o los 30 m en Brasil. Estas laminas abovedadas no tienen vigas, siendo soportadas por pilares de hormigón armado. Las luces longitudinales son variables pudiendo alcanzar espacios de hasta 40 m sin apoyos intermedios si se utilizan bóvedas autoportantes pretensadas colocadas en continuidad, aunque lo usual es que estén sobre los 20 m la separación entre pilares.

Estas construcciones pueden o no tener cerramientos, siendo independientes de la estructura abovedada, cubriéndose superficies entre los 180 m² a 5.700 m² en Uruguay, y hasta 16.000 m² en Brasil.

Establecimiento Agroindustrial Massaro en Juanicó, Dpto. de Canelones, 1976–1978

Esta obra es un referente de cómo se trabajaba en la empresa de Dieste & Montañez. Según las explicaciones realizadas, cuando se presenta esta obra (Carbonell, 1987), se les llamó como «galponeros de lujo» (*ibidem*, p. 80) para realizar solo el cálculo estructural, pero que para cumplir con el programa tuvieron que cambiar el diseño de un proyecto

^{hh} Imagen recuperada el 7 de abril de 2021 de <http://talleravb.blogspot.com/2017/06/eladio-dieste-deposito-julio-herrera-y.html>

ⁱⁱ Imagen recuperada el 7 de abril de 2021 de <http://www.beaudouin-architectes.fr/2013/10/enseign-lart-de-la-voute/>

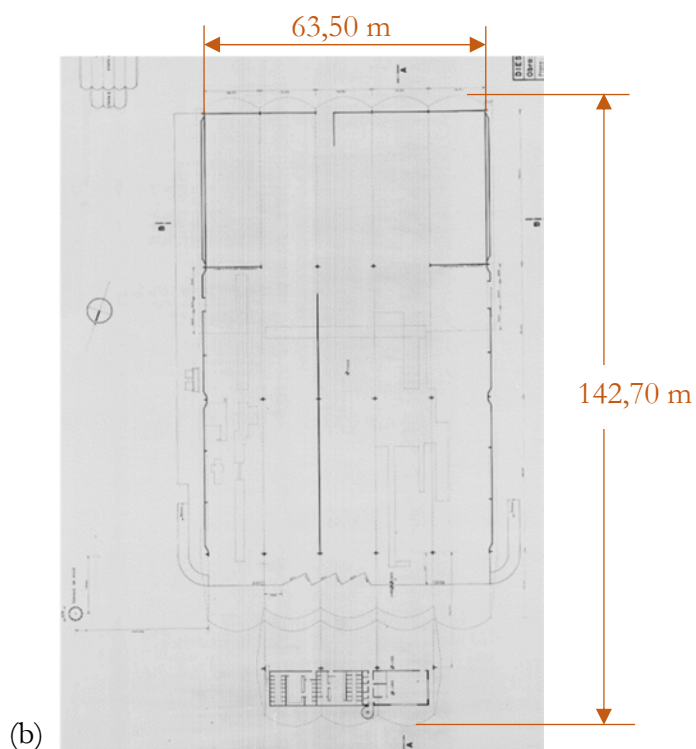
PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

insuficientemente detallado, y en donde lo que primaba era la reducción de los costes económicos. Para esta construcción, se tuvo que «(recrear) las técnicas de construcción generales, hasta los sistemas y equipos de precompresión» (Dieste en Jiménez, 1996, p. 122).

Se realizó en tres fases utilizando para su cubrición bóvedas autoportantes pretensadas, de luz transversal 12,7 m, longitud entre pilares de 35 m, volados de 16,4 m y dobles volados de 15 m, debiendo de engrosar el espesor de las cascaras para resistir las flexiones, sustituyendo el ladrillo macizo –característico de este tipo abovedado–, por un ladrillo de 7,3 cm de espesor (Jiménez, 1996) (Imagen I.38).



(a)



(b)

Imagen I.38.

Establecimiento Agroindustrial Massaro en Juanicó, Dpto. Canelones, 1976–1978. Las imágenes corresponden a: (a) interior de las naves (Jiménez, 1996, p. 122); (b) planta general (Nómada, 2018ⁱⁱ).

ⁱⁱ Imagen recuperada el 7 de abril de 2021 de <http://nomada.uy/guide/view/attractions/3902>

4.5.2. Silos

Son construcciones formada por bóvedas de doble curvatura continuas (Imagen I.39.a) o con aperturas (Imagen I.39.b), con desarrollo horizontal, que arrancan desde el terreno, cimentadas sobre pilotes de hormigón si el terreno era arcilloso, o metálicos si era rocoso (Carbonell, 1987, p. 70).

Se utilizan para almacenar material pulverulento o en grano, por lo que, al no presentar problema de pandeo, ni de flexión debida al viento, la sollicitación para la que se calculan es para el empuje del grano. Las capacidades oscilan entre 20.000 t y 30.000 t.

Las exigencias funcionales son muy pocas, se fijaba la luz transversal, que varía entre 22 m y 30 m, y la altura entre 12 m y 19 m, estando la longitud en función de las necesidades del promotor, entre los 90 m a los 120 m, y áreas de 1.550 m² a 3.100 m².



(a)



(b)

Imagen I.39.

Las imágenes corresponden a: (a) vista exterior silo horizontal en Young, Dpto. de Río Negro, 1976–1978. Capacidad: 30.000 t, longitud: 120 m; luz transversal: 30 m, y altura: 18 m (Nómada, 2018^{kk}); (b) vista interior silo granelero Corporación Navíos S.A. en Nueva Palmira, Dpto. de Colonia, 1989–1990. Capacidad: 27.000 t, longitud: 90 m; luz transversal: 27 m, y altura: 19 m (imagen adaptada de Beaudouin, 2013b^{ll}).

^{kk} Imagen recuperada el 7 de abril de 2021 de <https://nomada.uy/guide/view/attractions/4098>

^{ll} Imagen recuperada el 7 de abril de 2021 de <http://www.beaudouin-architectes.fr/2013/10/enseign-lart-de-la-voute/>

4.6 Fabricas

Se tratan de complejos industriales, formados por diferentes edificaciones, con distintas tipologías, destinadas a distintos usos, y realizadas por fases.

Generalmente están cubiertos por bóvedas autoportantes pretensadas, por no necesitar amplias luces transversales y si rapidez y economía en la puesta de obra.

Fabrica Fagar, san Juan Refrescos S.A., paraje san Juan en Tarariras, Dpto. de Colonia, 1990–1992 y 1995–1996

Esta obra de Eladio Dieste en coautoría con el arquitecto Miguel Ángel Odriozola, colaboraron e ingeniero Gonzalo Larrambeberé, en los cálculos, el arquitecto Alberto Castro y el ingeniero Walter Vilche como ayudante (Dieste y Odriozola, 1998; Nómada, 2018).

El edificio está destinado al embotellado de bebidas refrescantes y fue realizado en dos etapas, la primera entre 1990–1992 y la segunda entre 1995 a 1996, ambas con superficies y estructura abovedada iguales (Imágenes I.40 y I.41).

Cada una de las naves de la primera y segunda fase, son de planta rectangular de 75,6 m de largo y 25,3 m de ancho, cubiertas por bóvedas autoportantes de 12,4 m de luz transversal, sobre pilares con forma de contrafuertes de 5 m de altura. Completa el conjunto una torre–tanque de agua.

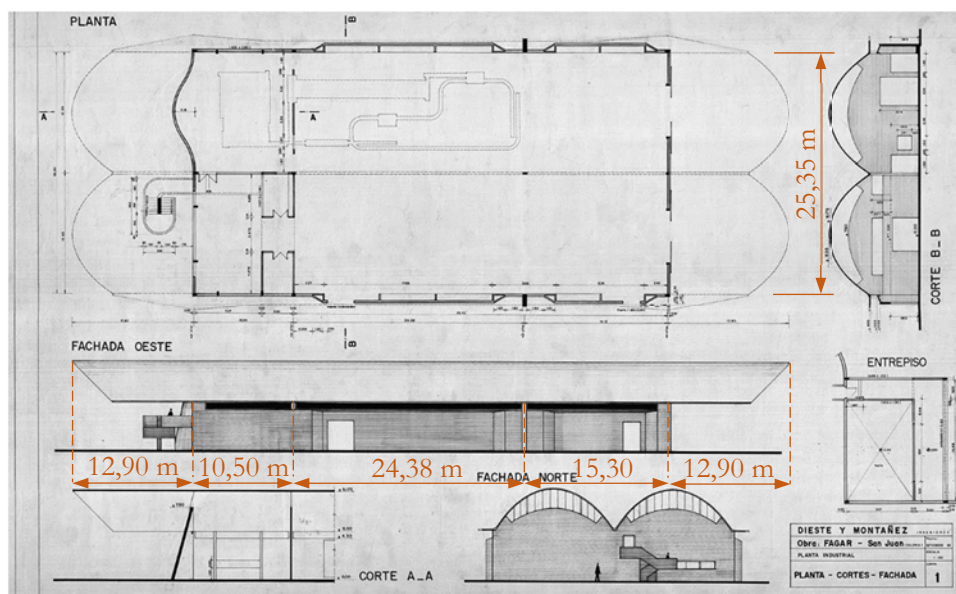


Imagen I.40.

Fábrica Fagar, san Juan Refrescos S.A., paraje san Juan en Tarariras, Dpto. de Colonia, 1990–1992 y 1995–1996. Plano de planta, alzados y secciones.



Imagen I.41.

Fábrika Fagar, san Juan Refrescos S.A., paraje san Juan en Tarariras, Dpto. de Colonia, 1990–1992 y 1995–1996. Las imágenes corresponden a: (a) vista general de la fábrica (Nómada, 2018mm); (b) vista interior (Proyecto Educativo Dieste, 2015^{mm}).

4.7. Estaciones de servicio

Los programas de las estaciones de autobuses, gasolineras, o zonas de pesaje, eran sencillos, requerían un techado donde aparcarse los autobuses, automóviles, o camiones, zonas para dispensar los billetes, tiendas y para que pudiera estar la gente. La solución pasó por utilizar desde una bóveda hasta una batería de bóvedas autoportantes pretensadas, de manera que con una sola línea de pilares y dobles volados conseguía grandes superficies techadas.

Hay dos construcciones, la *estación municipal de autobuses* y la *estación de servicio Barbieri y Leggire* ambas en Salto, que sobresalen por la esbeltez del conjunto y por las soluciones estructurales utilizadas.

Estación municipal de autobuses en Salto, Dpto. de Salto, 1973–1974

Se trata de una batería de siete bóvedas de doble volado (Imagen I.42) en donde la última bóveda la apoya en una generatriz recta, apoyada en una viga de borde con doble volado, precomprimida, de poco canto, que apoya a su vez en otra pequeña viga, empotrada en el pilar extremo, todo ello para contener el espacio lateralmente, creando una sensación de estar y de calma en el usuario, pues de haberlas terminado en una viga de sección

^{mm} Imagen recuperada el 7 de abril de 2021 de <http://nomada.uy/guide/view/attractions/4203>

^{mm} Imagen recuperada el 7 de abril de 2021 de <https://diesteedu.wixsite.com/proyectedioste/f-brica-refrescos-fagar?lightbox=dataItem-iehjioq01>

variable, con el ancho disminuyendo hacia el extremo del volado, que era lo más sencillo estructuralmente y lo más económico, el espacio hubiera fluido libremente (Jiménez, 1996).

El colaborador en el proyecto y en la obra fue el arquitecto Nestor Minutti.

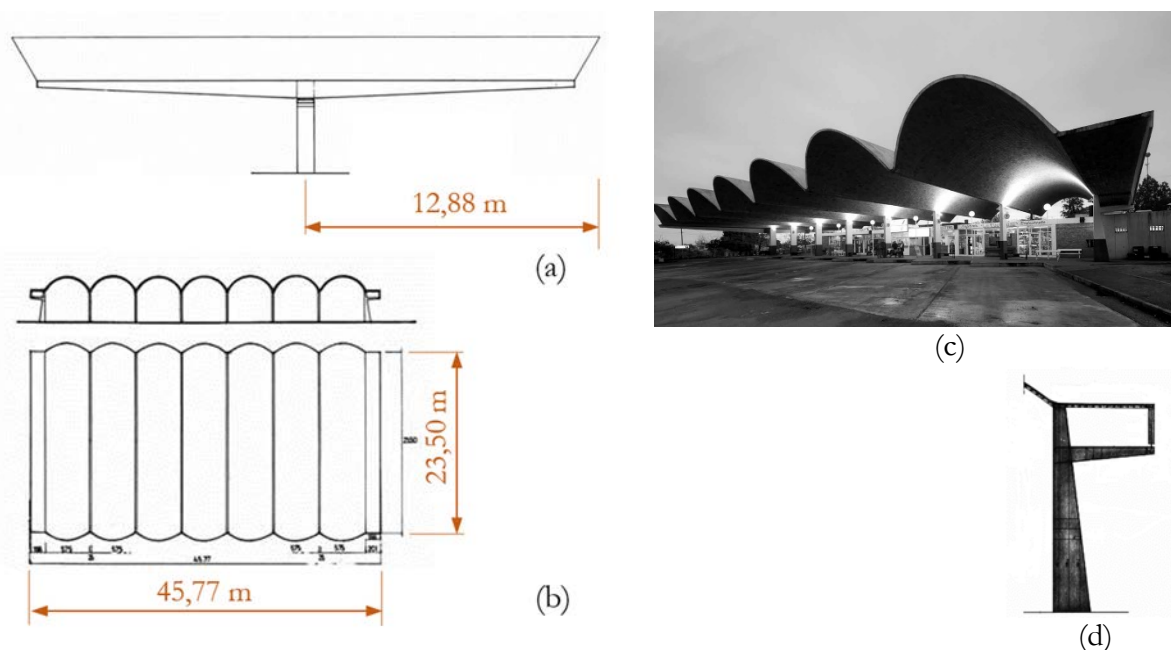


Imagen I.42.

Estación municipal de autobuses en Salto, Dpto. de Salto, 1973–1974. Las imágenes corresponden a: (a) alzado lateral (Jiménez, 1996, p. 118); (b) alzado y planta del conjunto (*ibidem*); (c) vista general (imagen adaptada, *ibidem*, p. 119); (d) detalle de los elementos de apoyo extremos (*ibidem*, p. 118).

Estación de servicio Barbieri y Leggire en Salto, Dpto. de Salto, 1976

Esta construcción formó parte de la obra *estación de servicio de Barbieri & Leggire S.A.*, realizada junto al arquitecto Nestor J. Minutti, intendente de Salto, concibiéndose como una construcción secundaria, una marquesina bajo la cual los camiones repostaban.

Se trata de dos semi-bóvedas, en doble volado que vuelan en direcciones contrarias, sostenidas por un solo pilar (Imagen I.43).

La empresa decide cambiar la cubierta, siguiendo la imagen imperante, decidiéndose cambiar entonces de sitio la marquesina, considerada como una obra de arte estructural (Comisión centenario, 2017), a una de las entradas de la ciudad.



(a)

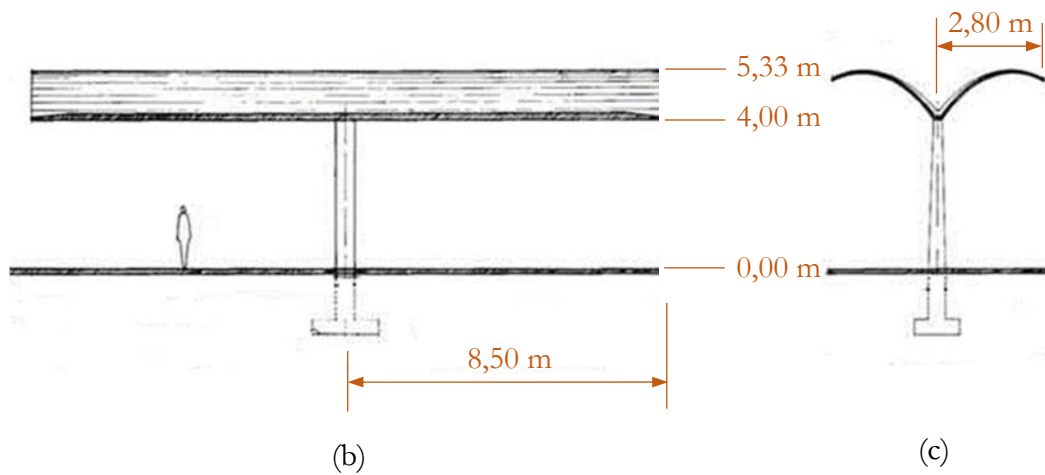


Imagen I.43.

Estación de servicio Barbieri y Leggere en Salto, Dpto. de Salto, 1976. Las imágenes corresponden a: (a) ubicación actual (Comisión centenario, 2017^{oo}); (b) sección longitudinal (Jiménez, 1996, p. 121); (c) sección transversal (*ibidem*, p. 121).

^{oo} Imagen recuperada el 11 de abril de 2021 de <https://www.facebook.com/Ingenieroeladiodieste/photos/a.342803969510724/371483323309455>

4.8. Centros comerciales

Los proyectos y construcción de edificaciones comerciales en la trayectoria de Dieste son puntuales, y se sitúan en los primeros años después de la fundación de su empresa. Las obras datadas son el local comercial *Auto Palace* en Montevideo (Dpto. de Montevideo, 1964), de 3.000 m², cubierto por bóvedas autoportantes, de luz transversal de 30 m, y el local de 2.400 m² de superficie para *Distribuidora Americana* en Paysandú Dpto. de Paysandú, 1966, cubierto por bóvedas autoportantes de 24 m de luz transversal.

Para centros dedicados a comercializar mercancías de naturaleza agrícola, hay que dirigirse a sus realizaciones en Brasil (apartado 5 de esta tesis).

Hay un hito en su trayectoria, como es *Montevideo Shopping Center*, que además de ser singular por su uso, lo es por ensamblar en una misma obra varias de las tipologías constructivas que caracterizaron su obra.

Montevideo Shopping Center en Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1984–1985

El ensamblaje

El *Montevideo Shopping Center* fue el primer gran almacén del Uruguay, siendo punto de referencia de importantes eventos sociales y culturales; su arquitectura con las paredes dobles onduladas, y su cubierta en forma de gaviota, se han establecido como la imagen típica del centro, manteniéndose esa referencia a pesar de haber crecido en superficie posteriormente.

El proyecto se lo encargan al estudio de arquitectura formado por los arquitectos Guillermo Gómez Platero (1922–2014), y Rodolfo López Rey (1932), colaborando los arquitectos Enrique Cohe, (1944) y Roberto Alberti. El estudio se puso en contacto con la ingeniería de Dieste porque no terminaban de solucionar las fachadas pues, al tener que ser ciegas conseguían una neutralidad no deseada, así que le solicitan al ingeniero que proyectara algo parecido a la iglesia de Atlántida, es decir, un cerramiento ondulado que por sí mismo tuviera la plasticidad necesaria, sin tener que caer en la vastedad.

Le proponen que las paredes tuvieran la máxima ondulación a nivel de planta baja, pero Dieste al estudiar todo el conjunto les presenta una nueva solución, que es la que se construirá. Las formas serán las mismas empleadas en la iglesia, pero continuando las ondulaciones simétricamente hacia arriba, terminando en una coronación recta.

También desarrollará la cubrición de la edificación prevista por los arquitectos, manteniendo el conjunto de tres bóvedas propuesto, proyectando dos bóvedas autoportantes para los extremos, de 15,75 m de luz transversal, y en el centro situará treinta

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

y dos bóvedas gausas discontinuas sin atirantar, siendo su luz transversal la mitad de la luz de las anteriores.

Si la iglesia de Atlántida resultaba interesante constructivamente porque, todos sus sistemas constructivos estaban realizados con cerámica armada, este centro comercial lo es porque además se ensamblan, ajustándose en una misma cubierta las dos estructuras abovedadas principales de su trayectoria, con un cerramiento de paredes curvas.

La obra se construyó en dos etapas, la primera con 9.800 m² (volumen en primer término de la Imagen I.44.b), y dos plantas, entre enero de 1984 y mayo de 1985, con las características arriba indicadas. La segunda etapa, con 4.000 m² (volumen en segundo término de la Imagen I.44.b), entre julio y diciembre de 1988, en donde se siguen manteniendo dos plantas, cubiertas por los mismos tipos abovedados, pero reduciéndose sus dimensiones, siendo la luz transversal de las bóvedas autoportantes de 10 m, y de 8 m las correspondientes a las dieciséis bóvedas gausas situadas en el centro del conjunto. En esta segunda fase se utilizaron cerramientos de superficies rectas.

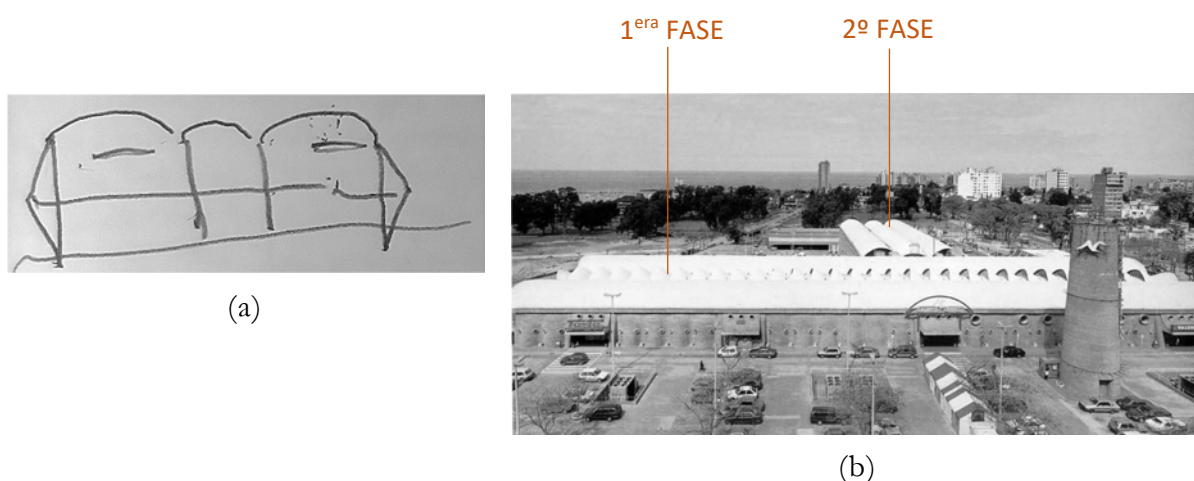


Imagen I.44.

Montevideo Shopping Center en Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1984–1985. Las imágenes corresponden a: (a) croquis realizado por E. Dieste, para indicarme que en esta construcción hubiera preferido colocar una planta intermedia, porque hubiera adquirido mayor espacialidad; (b) vista exterior del conjunto (Jiménez, 1996, p. 190).

4.9. Torres

La compañía de Dieste & Montañez además de especializarse en bóvedas, pilotajes y estructuras tesadas, también lo hizo con las torres, destinadas generalmente a reservorios de agua.

Los primeros elementos son cilíndricos, visualmente divididos en dos zonas, la superior sólida contiene el depósito cerrado de agua, y la inferior calada, porque está formada por pilastras atadas entre sí, manteniéndose los huecos entre trabas a la misma altura (Imagen I.45). Dentro de este diseño están las construidas en san Francisco de Las Piedras, Dpto. de Canelones, 1957, o la del barrio de Carrasco, 1958, o el del Parque Tomkinson, hacia 1960, en Montevideo, destinadas a dar servicio a las diferentes urbanizaciones que se comenzaban a desarrollar.

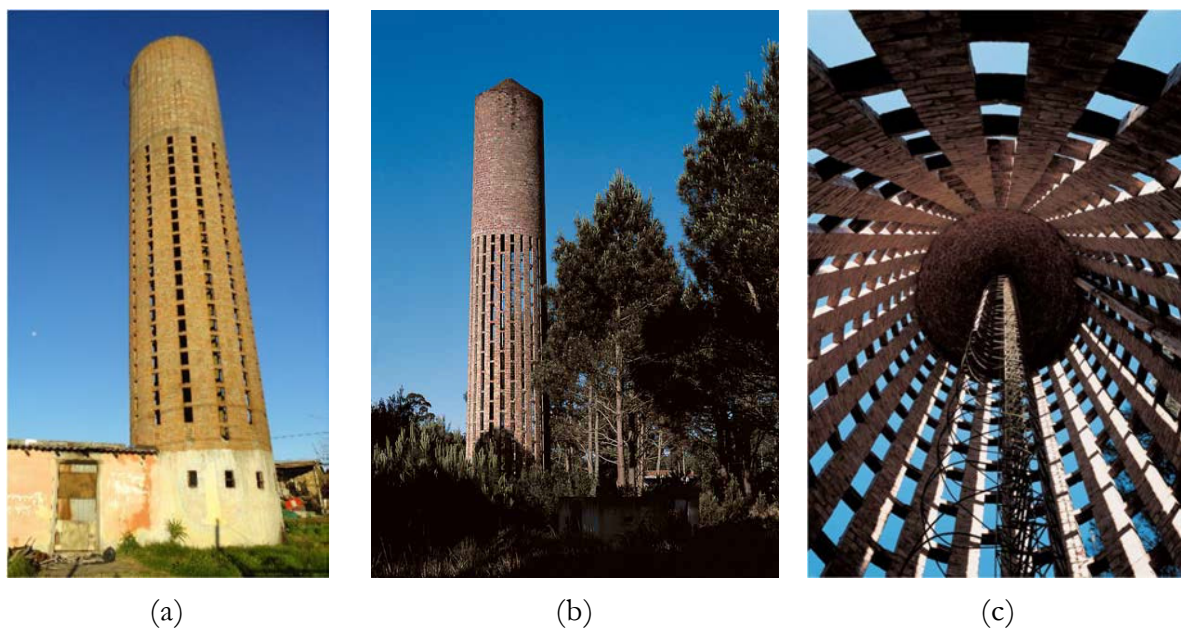


Imagen I.45.

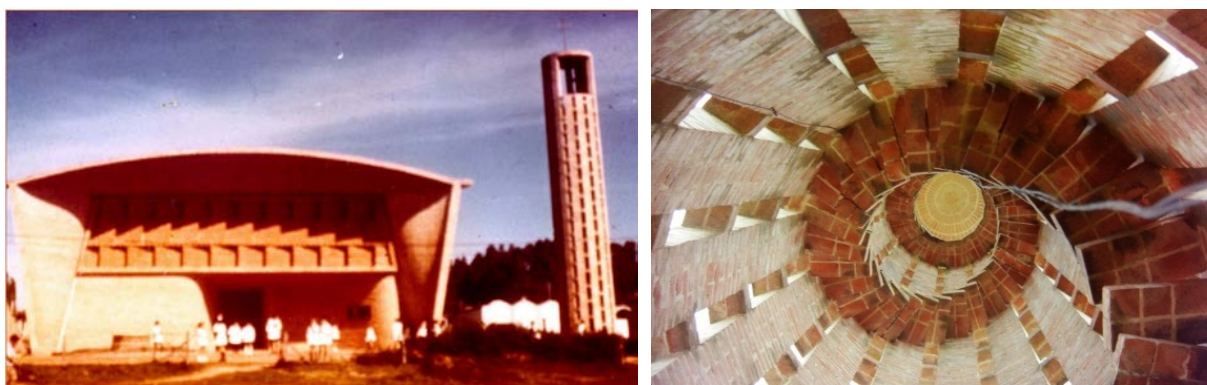
Las imágenes corresponden a: (a) tanque san Francisco de Las Piedras, Dpto. de Canelones, 1957 (Caraballo, 2017, p.52); (b) tanque de agua Balneario las Vegas, Dpto. de Canelones, 1966. (Anderson, 2004b, p. 152); (c) interior de la anterior torre (*ibidem*, p. 153).

Las torres para tanques de agua evolucionaron haciéndose ligeramente troncocónicas (Imagen I.45. b y c) por dos razones: la primera estructural, para disminuir los cortantes que pasaban por las trabas horizontales, la segunda estética, para eliminar las desagradables deformaciones perspectivas de las formas cilíndricas (Carbonell, 1987)

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

La parte baja sustentante de la torre, se siguió realizando mediante pilastras atadas entre sí, pero a diferencia de las primeras torres los atados no se realizan siguiendo círculos horizontales, sino que las trabas van cambiando de altura, siguiendo una línea helicoidal, ganando en dinamismo y ligereza.

Esta idea surgió con la ejecución del campanario de la iglesia de Atlántida (Imagen I.46), pues al no tener que soportar el peso del agua, pero sí del viento, se hacía aconsejable mantener el calado de la superficie, y como se debía de realizar una escalera por el interior, Dieste ideó que las trabas entre pilastras coincidieran con los escalones, intercalando más entre ellos. Esto a nivel formal se tradujo que no se leyeran elementos lineales (pilastras) atados entre sí, sino como una lámina cilíndrica horada, rígida a nivel estructural.



(a)

(b)

Imagen I.46.

Iglesia Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes en Atlántida, Dpto. de Canelones, 1960.

Las imágenes corresponden a: (a) vista general del conjunto. Foto de la autora; (b) interior del campanario. Foto de la autora.

Las torres continuaron su evolución, distinguiéndose volumétricamente la zona correspondiente al tanque, de la que era soporte (Imagen I.47), proyectando ambos cuerpos como elementos troncocónicos únicos entre sí por la base de radio menor, proporcionando una componente visual de gran fuerza.

Los fustes podía calarlos (Imagen I.47.a) o dejarlos sólidos (Imagen I.47.b y c), estando estos en función de la capacidad del tanque.



(a)



(b)



(c)

Imagen I.47.

Las imágenes corresponden a: (a) torre-tanque Establecimiento Agroindustrial Massaro en Juanicó, Dpto. Canelones, 1976–1978., altura 24 m, capacidad 56 m³ (adaptada de Nómada, 2018^{pp}); (b) Complejo América en Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1982–1983, altura 40 m, capacidad 350 m³ (Tijman, 2021^{qq}); (c) vista interior de la anterior torre (íbidem^{rr}).

Las torres también se continuaron construyendo macizas cuando las funciones lo aconsejaron, como fue tener que albergar doubles tanques, con diferentes dependencias para su funcionamiento, como la torre-tanque de la fábrica de bebidas *Fagar-san Juan Refrescos* S.A. en Tarariras, Dpto. de Colonia, 1995–1996.

Con la misma práctica constructiva y estructural también realizó el fuste de 66 m de altura y 3,5 m de diámetro para la *antena de televisión de Telesistemas uruguayos*, Dpto. de Maldonado, 1986.

^{pp} Imagen recuperada el 11 de abril de 2021 de <http://nomada.uy/guide/view/attractions/3902>

^{qq} Imagen recuperada el 11 de abril de 2021 de <https://www.facebook.com/photo/?fbid=913502685397221&set=a.913502632063893>

^{rr} Imagen recuperada el 11 de abril de 2021 de <https://www.facebook.com/photo?fbid=933367203410769&set=a.913502632063893>

5. Brasil

El territorio

La compañía Dieste & Montañez demuestra en Brasil que no se trata de una empresa local uruguaya que realiza edificaciones notables, aunque modestas, sino que la tecnología estaba a punto y era competitiva, manifestándolo en los miles de metros cuadrados construidos en un solo proyecto, como el *Mercado de CEASA* en Porto Alegre, 1969–1972, con más de 53.000 m², o el *Centro de mantenimiento del metro de Río de Janeiro*, 1971–1979, con 52.000 m².

El objetivo de la obra realizada en este país no era sólo cubrir espacios cada vez más grandes con la menor cantidad de material posible, sino convencer que, con su técnica, repitiendo tipos estructurales que, se ensamblaban entre sí, se podía llegar a dominar el territorio creando arquitectura, además de controlar estrictamente el binomio costo–tiempo, y todo ello sin perder calidad.

En Uruguay, la oportunidad de la toma del terreno desde un punto de vista global, sistemático, fue con las sencillas *escuelas rurales* (1961–1972), construyendo repetitivamente unas pequeñas bóvedas autoportantes en todos los Departamentos del país, aquí no se trataba de innovar estructuralmente, sino de satisfacer una necesidad social además que económica (Imagen I.48).

Si se cuantifica la producción total realizada en metros cuadrados construidos entre ambos países, la proporción sería 1: 1,66 (Uruguay: Brasil), y si se cualifica, en Brasil creó y desarrolló tipos estructurales que estaban comenzados en Uruguay.



Imagen I.48.

Comparativa de actuaciones territoriales en Uruguay y Brasil. Ambas imágenes tienen la misma escala. Las imágenes corresponden a: (a) escuela rural N.º 12, ruta 53, Costas del Rosario, Dpto. de Colonia, Uruguay (*Google Earth*, 2021); (b) mercado de CEASA en Puerto Alegre, Brasil (*ibidem*).

Mercado central de abastecimiento en Puerto Alegre, Río Grande del Sur (CEASA-RS), 1969–1972

Programa y técnica

La historia comienza en 1969, cuando el Ministerio de Agricultura del país convoca un concurso de anteproyectos para la construcción piloto de una Central de Abastecimiento (Comas, 1999), siendo el objetivo de estas centrales ordenar la comercialización de los productos agrícolas locales en las grandes ciudades.

El concurso planteaba un sector operacional con áreas de: comercialización, almacenamiento y medición; un sector de apoyo con: edificio administrativo, una estación de servicio, restaurantes, un motel, una oficina de correos, bancos y tiendas además de áreas de aparcamiento para dar servicio a la congregación de productores mayoristas y minoristas que concurrirían en el lugar.

El concurso lo ganan dos arquitectos locales Carlos Maximiliano Fayet (1930–2007) y Claudio Luiz Gomes Araújo (1931–2016), combinando en el proyecto presentado «la disciplina compositiva fundada en la estructura modular, con la actitud empírica frente a los problemas de la construcción, más afín a la California de Neutra y Ellwood que a Río de Costa & Niemeyer o al Sao Paulo de Artigas & Mendes da Rocha» (Comas, 1999, p. 32).

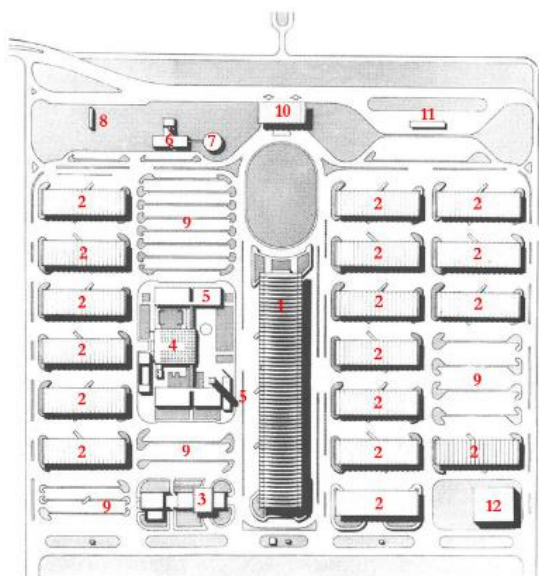
Los arquitectos se desplazan a Montevideo para conocer a Dieste & Montañez pues, les habían hablado de la competitividad de la tecnología de la cerámica armada y de las grandes luces que cubrían con ella, pudiéndoles interesar³⁹ para el proyecto de Puerto Alegre.

La entrevista es con Montañez, porque Dieste estaba de visita en Europa, quien les atiende y enseña las obras más emblemáticas de la empresa tales como, el *Mercado de Frutos de Canelones*, Dpto. de Canelones, 1966–1968, ya terminado, así como las segundas fases de la *Procesadora de carne de Frigoríficos Cruz del Sur* en las Piedras, Dpto. de Canelones, 1968, de la *Procesadora de carne Frigorífico Carrasco S.A.* en Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1968, o del *Matadero de Frigorífico Montes*, Dpto. de Canelones, 1968. Todas ellas habían sido realizadas con bóvedas autoportantes, con luces transversales que llegaban hasta los 30 m, y con un tema importante a señalar, las segundas fases de las industrias respondían a que los promotores confiaban en ellos y por extensión en su tecnología, por lo que después de la visita se incluyeron las bóvedas autoportantes de cerámica armada en el proyecto brasileño (Giovannardi, 2017).

El primer proyecto que se realiza para CEASA-RS era muy ambicioso (Imagen I.49.a), se urbanizaba y construía 84,5 ha, la totalidad del terreno asignado, empleándose en las cubriciones de las diferentes edificaciones tanto bóvedas autoportantes en cerámica armada como en hormigón armado pero, por razones económicas el proyecto realizado en

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

1970 se tiene que recortar afectando no solo al programa, sino también a todos los materiales de cubrición, sustituyéndose por cerámica armada, conllevando la utilización repetitiva de los tipos estructurales creados por Dieste, y por tanto también los cambios de los soportes y cerramientos con respecto al estado original (Imagen I.49.b).



(a)



(b)

Leyenda imagen a):

1. Pabellón de productores. 2. Pabellones de comerciantes. 3. Metrología y mantenimiento. 4. Restaurante. 5. Galería comercial. 6. Dirección y administración. 7. Auditorio. 8. Central de energía. 9. Aparcamiento. 10. Portería. 11. Estación de servicio. 12. Frigorífico.

Imagen I.49.

Mercado Central de Abastecimiento en Puerto Alegre (CEASA-RS) (Río Grande del Sur, 1969–1972). Las imágenes corresponden a: (a) planta general del proyecto del mercado (Comisión centenario, 2017^{ss}); (b) vista aérea (Carbonell, 1987, p. 107).

El conjunto se dividía por sectores, ocupando casi todo el eje central el *Pabellón de productores* (Imágenes I.49, I.50.a y I.50.b), una nave de 13.160 m², cubierta por bóvedas gausas discontinuas, que a modo de una plaza estaba destinada para que los agricultores comercializaran directamente con los minoristas. En los laterales, dispuestos en filas, se construyeron hasta diez bloques de los diecisiete proyectados, eran los *Pabellones de los comerciantes* (Imágenes I.49 y I.50.c), destinados para que los mayoristas vendiesen al público. Cada nave tenía una longitud de 100 m, formada por batería de veinte bóvedas autoportantes precomprimidas de 5 m de luz transversal y volados de 12,5 m, siendo su equivalente en Uruguay, años después, la *estación municipal de autobuses* en Salto, 1973–1974.

^{ss} Imagen recuperada el día 13 de abril de 2021 de <https://www.facebook.com/Ingenieroeladiodieste/photos/a.342803969510724/345107995946988>

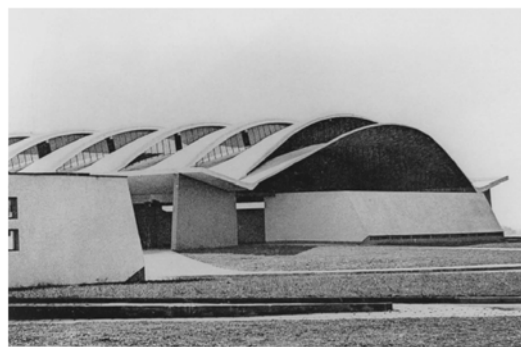
PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

El *Pórtico de entrada* (Imágenes I.49 y I.50.d) estaba formado por once bóvedas autoportantes precomprimidas en doble volado con una sola fila de pilares en el centro, de longitud total 33 m, su equivalente en Uruguay vendría años después en la *estación de servicio Barbieri y Leggire* en Salto (1976).

El conjunto se completaba con diferentes edificaciones destinadas para un servicio de metrología, taller de mantenimiento, restaurante, galerías comerciales, dirección y administración, u auditorio, su propia central para el bastecimiento de energía, una unidad de tratamiento de residuos, frigorífico, zonas de aparcamiento y entrada (Jiménez, 1996).



(a)



(b)



(c)



(d)

Imagen I.50.

CEASA-RS, Brasil, 1969-1972. Las imágenes corresponden a: (a) Pabellón de productores, vista lateral (Comisión centenario, 2017^{tt}); (b) vista frontal (Jiménez, 1996, p. 63); (c) Pabellones de comerciantes (Migliani, 2017^{uu}); (d) Pórtico de entrada (Comisión centenario, 2017^{vv}).

^{tt} Imagen recuperada el 7 de abril de 2021 de

<https://www.facebook.com/Ingenieroeladiodieste/photos/a.342803969510724/345109385946849>

^{uu} Imagen recuperada el 7 de abril de 2021 de https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/879816/clasicos-de-arquitectura-ceasa-porto-alegre-carlos-maximiliano-fayet-claudio-luiz-araujo-y-carlos-eduardo-comas-plus-eladio-dieste/5437ebfcc07a802a69000007-jas-00374_1-png?next_project=no

^{vv} Imagen recuperada el 7 de abril de 2021 de

<https://www.facebook.com/Ingenieroeladiodieste/photos/a.342803969510724/345108369280284>

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

Para una obra de esta envergadura los autores del proyecto formaron un equipo de colaboradores, siendo de destacar los arquitectos Carlos Eduardo Días Comas para desarrollar la manzana de utilidad pública y la zona administrativa (sin terminar), Luiz Américo Gaudenzi para el frigorífico, el agrónomo Ronald Jamieson para el paisajismo, la empresa Bojunga Días para las instalaciones, el ingeniero João Carlos Farret para las estructuras de hormigón, y Dieste & Montañez para la estructuras abovedadas.

Con el fin de poder construir CEASA, en 1971, Eladio Dieste, Eugenio Montañez y Alberto Álvarez Lay (el arquitecto uruguayo que había mediado para que arquitectos e ingenieros se conocieran) fundaron la empresa Estructuras de Cerámica, Proyectos y Construcciones Ltda. (EDEC).

Después de esta obra vendría el *Mercado Maceió* (Alagoas, 1971), *CEASA Curitiba* (Paraná, 1972–1976), con el estudio de los arquitectos Nelson Andrade, João Rodolfo Stroeter y Asociados, y las obras *CEASA Goiânia* (Goiás, 1972–1976) y *CEASA Río de Janeiro* (Río de Janeiro, 1973) con los arquitectos Fayet & Araujo (Anderson, 2004b).

Pero el trabajo en Brasil no se limitó a los CEASA, también proyectó el *Centro de mantenimiento del metro de Río de Janeiro* (Río de Janeiro, 1971–1979), una superficie de 52.000 m² destinada a talleres de mantenimiento de máquinas y vagones del metro que cubrió con bóvedas autoportantes de 23 m de luz transversal, dispuestas a varias alturas; realizando diversas actuaciones para el Servicio Social de Industria (SESI), la Cooperativa Regional Tríticola Serrana Ltda – COTRIJUI, el Centro de Tecnología Mineral (CETEM); o el Servicio Nacional de Aprendizaje Industrial (SENAI), entre otras entidades. El volumen de trabajo fue tan grande que, a partir de 1971, Montañez se traslada a vivir a Río de Janeiro, para ofrecer un buen servicio, acompañándole posteriormente más ingenieros de la empresa. Este mismo año Dieste entra en política, y dos años más tarde en 1973, con la entrada de la dictadura en Uruguay deja de dar clases en la universidad (Anderson, 2004b).

En 1976 Dieste & Montañez fundan Bóvedas de Tijolos Ltda. como empresa constructora, destinando a EDEC para realizar proyectos y como consultora, permaneciendo en activo hasta el año 1981, cuando Montañez vuelve a Montevideo por problemas de salud, retirándose de la empresa fundada con Dieste en 1983, aunque el nombre se siga manteniendo (Giovannardi, 2017).

La amistad de Dieste con Fayet y Araujo les hizo fundar Equipo de Arquitectos, en 1978, en Río Grande del Sur, una asociación flexible para mantener la independencia de los arquitectos que desarrollaban proyectos en parejas o individualmente (Itaú cultural, 2017), con sedes en santa Catarina, Espírito Santo y san Pablo. Participó y ganó con ellos

concursos públicos como el proyecto *Parque Ecológico da Guarapiranga* (san Pablo, 1991), organizado por la Fundación Florestal e Instituto de Arquitectos de Brasil, y también como calculista en trabajos realizados en hormigón armado, como en *Industrias Menphis*, Puerto Alegre, 1976 (Itaú Cultural, 2017).

En 1981 Ariel Valmaggia y Raúl Romero, dos de los ingenieros de la empresa Dieste & Montañez, fundan Esbratil Engenharia Ltda., una empresa constructora, trabajando Dieste como calculista para algunas de sus obras (Giovannardi, 2017).

La producción argentina fue extensa y con un desarrollo temprano, indicando Giovannardi (2017) que fue la empresa Tecnoedil S.A. la encargada de realizar las obras, por un acuerdo con la patente, pero no fueron seguidos personalmente ni por Dieste ni por Montañez.

6. Reconocimientos

En este apartado se recogen todos los reconocimientos internacionales y los premios otorgados a Dieste entre los años 1990 y 2006 (Jiménez, 1996; Olveira, 2011; Medios Audiovisuales, 2018):

- 1990: Premio a la obra global, Bial de Arquitectura en Quito, Ecuador.
- 1990: Premio Interamericano de cultura Gabriela Mistral en su apartado Ciencias y Artes Plásticas convocado por la Organización de los Estados Americanos (OEA), Washington DC, USA.
- 1991: Premio América a la obra global, Asociación Panamericana de Arquitectos Santiago de Chile.
- 1994: Premio Vitruvio, Arquitectura de Latinoamérica, protagonistas de la construcción, Buenos Aires, Argentina
- 1996: Medalla de Oro de la Federación Panamericana de Asociaciones de Arquitectos, Brasilia.
- 1996: Premio Nacional a la labor intelectual, Ministerio de Educación y cultura, José Uruguay ley número 15.843
- 1997: Premio a la Cultura Uruguaya, Morosoli de Oro. Fundación Lolita Rubial, Minas, Uruguay.
- 1998: Estructuralista notable por la asociación de Ingenieros estructurales Congreso de ingeniería estructural en Buenos Aires, Argentina.
- 1998: Premio Bial de Arquitectura e Ingeniería Civil Iberoamericana. Alcalá de Henares, Madrid, España.

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

- 2003: Premio Belgian Building Awards, Internacional de arquitectura; por la Asociación de Institutos de Arquitectura de Bélgica, Immo Trends, AAAB, y la Confederación de la Construcción Baltobouw.
- 2005: Año Dieste, por el Museo de Arte moderno de Nueva York la Universidad de Princeton y el MIT de Massachusetts.
- 2006: El Día del patrimonio celebrado en Uruguay los días 7 y 8 de octubre se celebró bajo el lema Tradición e innovación Eladio Dieste Señor de los ladrillos

Recibió los siguientes títulos (Jiménez, 1996; Medios Audiovisuales, 2018):

- Miembro correspondiente de la Academia de Ciencias de la República Argentina.
- Profesor *Ad Honorem* de las Facultades de Arquitectura de Montevideo y de Buenos Aires.
- Miembro correspondiente de la Academia de Bellas Artes, Argentina.
- Miembro de la Academia de Ingenieros del Uruguay.
- Doctor *Honoris Causa* de la Universidad de la República de Uruguay⁴⁰.

Perteneció a las siguientes asociaciones profesionales (Jiménez, 1996; Medios Audiovisuales, 2018):

- Asociación de Ingenieros del Uruguay.
- Miembro de la Academia Nacional de Ingeniería del Uruguay.
- Académico correspondiente a las Academias de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (*ANCEFN*) y de la Academia Nacional de Bellas Artes de la República Argentina.

Además de su actividad como docente en la Facultad de ingeniería de Montevideo, dio clase, en (Jiménez, 1996; Medios Audiovisuales, 2018):

- Profesor Honorario de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires,
- Profesor contratado en dos ocasiones por la Unesco para ciclos de conferencias en diversas universidades de América Latina.
- Ciclos de conferencias por invitación en las universidades de Buenos Aires, Rosario, Mar del Plata, Córdoba, Tucumán, La Plata; Resistencia y Gualeguaychú en Argentina, Porto Alegre y san Pablo en Brasil, Bogotá en Colombia, Asunción en Paraguay, Nacional Autónoma y Puebla en México, Antofagasta y Santiago en Chile,

La Coruña, Huelva, Sevilla, Málaga, Madrid y Granada en España, Toulouse en Francia, en el MIT de Boston y Yale en los Estados Unidos.

- En cursos invitado por Asociaciones de Ingenieros y Arquitectos en Buenos Aires, La plata y Paraná en Argentina, Porto Alegre en Brasil, Quito, Cuenca y Ambato en Ecuador, Toulouse en Francia, Koblenz, Karlsruhe, Stuttgart y Darmstad en Alemania, Barcelona, Sevilla, Málaga, La Coruña, Huelva, Madrid y Alcalá de Henares en España.

Taller de arquitectura en V Conferencia Internacional sobre Conservación de Centros Históricos y Patrimonio Edificado Iberoamericano, organizada por el Consejo Académico Iberoamericano.

7. España

Tan infinita es una gota de agua como el firmamento. (Dieste en Jiménez, 1996, p. 102)

La producción española de Eladio Dieste es exigua en comparación con su trayectoria global, por ello se ha incorporado como un apartado más de la Parte I, aunque la extensión que se le ha dedicado en la tesis sea grande en comparación con los apartados precedentes.

Aquí se expone el trabajo realizado por el ingeniero en este país, sea solo proyecto u obra, pues en el caso de los proyectos lo que nos enseña es que al igual que en Brasil, también tuvo la generosidad de crear nuevas tipologías, aunque en este caso no se desarrollasen por falta de tiempo.

La relación de arquitectos que trabajaron en las diferentes obras está referenciada como constan en los documentos realizados.

7.1. Los talleres de la V Conferencia Internacional sobre Conservación de Centros Históricos y Patrimonio Edificado Iberoamericano

En el mes de julio de 1993, Eladio Dieste viene a la ciudad de Alcalá de Henares para impartir uno de los cuatro talleres que se iban a celebrar en la V Conferencia Internacional sobre Conservación de Centros Históricos y Patrimonio Edificado Iberoamericano, organizada por el Consejo Académico Iberoamericano (*CAI*) (Imagen I.51).



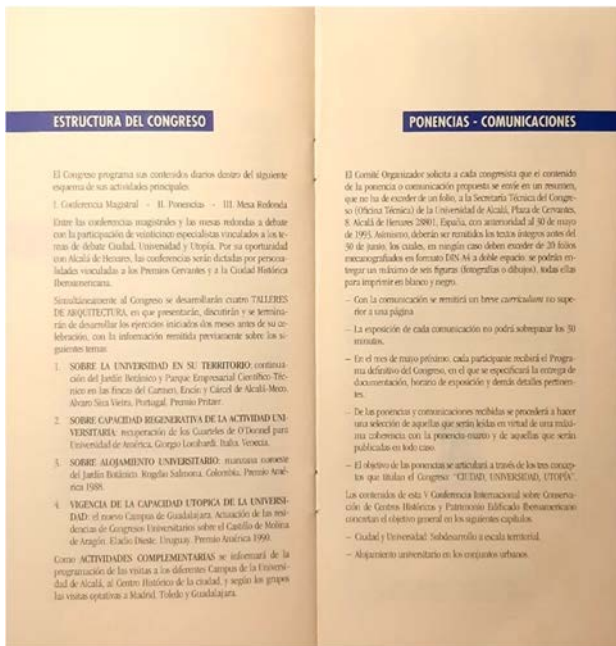
Imagen I.51.

Inauguración de los Talleres, mes de julio de 1993. De izquierda a derecha: Eladio Dieste, Giorgio Lombardi, José Ramón Moreno (coordinador de los talleres), Jorge Moscato y Rogelio Salmona. Foto de la autora.

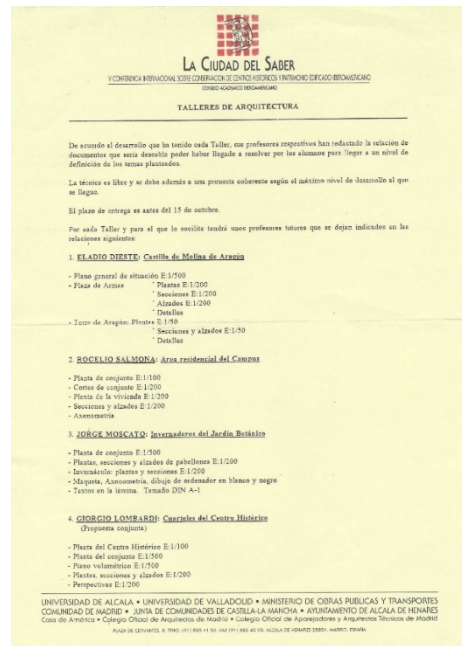
El evento se estructuraba en dos bloques, uno dedicado a conferencias magistrales, ponencias y mesas redondas, y el otro al desarrollo de talleres de arquitectura (secretaría general de la V Conferencia, 1993) siendo el objeto de trabajo de los talleres, actuar en diversas áreas de la Universidad de Alcalá.

La Universidad de Alcalá en el año 1993, y continúa en la actualidad, se estructuraba en tres campus: el Campus Histórico situado en la ciudad de Alcalá donde se impartían estudios de Humanidades, Ciencias Sociales y Jurídicas, en la actualidad también Arquitectura; el Campus Externo (Imagen I.58), actualmente denominado Campus Científico-Tecnológico, en la zona de expansión de la ciudad, abarcando entre otros edificios las facultades para los estudios de Ciencias, Ciencias de la Salud e Ingenierías, el Hospital Universitario, el Jardín Botánico con sus viveros, una amplia zona deportiva, y unas emergentes residencias universitarias; y el Campus de Guadalajara en la capital de provincia que le da nombre, con los estudios de Ciencias Sociales, Ciencias de la Salud, y Ciencia y Tecnología de la Edificación, y sedes en Sigüenza y Pastrana para impartir cursos de verano, con la aspiración de ampliarlo en Molina de Aragón (Universidad de Alcalá, 2021).

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma



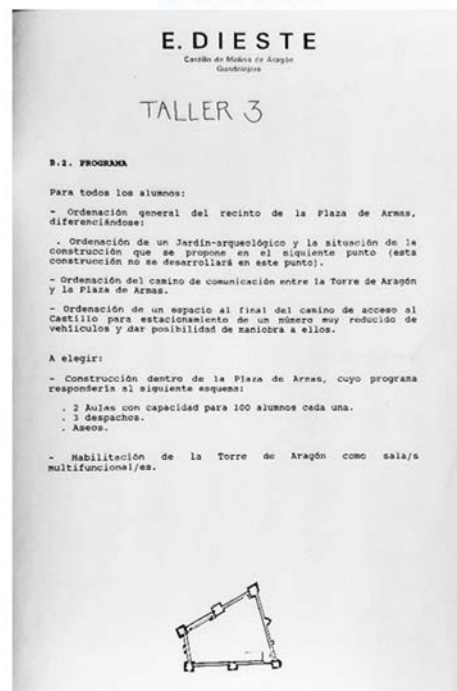
(a)



(b)



(c)



(d)

Imagen I.52.

Documentación general referente a los talleres. Las imágenes corresponden a: (a) programa V Conferencia CAI, secretaria general de la V Conferencia, 1993; (b) página de la documentación general de los talleres; (c) portada del *dossier* del taller de Eladio Dieste; (d) programa del taller de E. Dieste donde ya se había incorporado la Torre de Aragón.

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

Los temas de los talleres fueron (Imagen I.52):

– Taller 1: dirigido por Jorge Moscato⁴¹, trató «Sobre la Universidad en su territorio: continuación del Jardín Botánico y Parque Empresarial Científico–Técnico en las fincas del Carmen, El Encín y Cárcel (*sic*) de Alcalá–Meco» (secretaría general de la V Conferencia 1993, p. 26). El desarrollo del taller se centró en rehabilitar los antiguos hangares de la Universidad para invernadero del Jardín Botánico.

– Taller 2: dirigido por Giorgio Lombardi y tutorizado por Francisco Pol, versó «Sobre capacidad regenerativa de la actividad universitaria: recuperación de los Cuarteles de O’Donnell para Universidad de América» (*ibidem*).

– Taller 3: dirigido por Rogelio Salmona (1927–2007) y tutorizado por Aurora Herrera, se enfocó «Sobre alojamiento universitario: manzana noroeste del Jardín Botánico» (*ibidem*).

– Taller 4: dirigido por Eladio Dieste (1917–2000) y tutorizado por la autora de esta tesis, analizaba la «Vigencia de la capacidad utópica de la Universidad: el nuevo Campus de Guadalajara. Actuación de las residencias de Congresos Universitarios sobre el Castillo de Molina de Aragón» (*ibidem*). Este taller proponía realizar unas dependencias para impartir cursos de verano en la plaza de armas del castillo.

Los talleres se programaron en dos fases, la primera simultáneamente con las conferencias, entre los días 26 al 31 de julio, orientándose a la toma de contacto con los alumnos, visitar los lugares objeto de los talleres, y realización de las primeras propuestas. La segunda fase, entre los días 20 al 25 de septiembre, para la finalización, discusión y presentación de los trabajos.

Cuando en el mes de julio visitamos el Castillo de Molina de Aragón, a Dieste le fascinó tanto la torre albarrana, llamada Torre de Aragón, que decidió ampliar la posibilidad de intervención del taller también sobre ella, siendo él un alumno más al realizar su propia propuesta de actuación:

Todos fuimos conscientes de la muy peculiar carga, podríamos decir metafísica, que tiene este torreón, en que parece evidenciarse los fines últimos de la arquitectura que nos parecen ser, como los de todo arte, una comunicación con el misterio último del universo, cosa que aquí, repito, nos pareció singularmente evidente. A lo que tendieron todos los proyectos fue a enfatizar esta característica que todos vimos desde el principio. Los matices fueron aquí de poner el acento más en esa dimensión que llamamos metafísica o en la ornamentación de lo existente, aunque poco a poco el acento se fue poniendo también, por una suerte de ósmosis mutua, en lo primero. Sobre este tema la dirección del taller hizo su propio proyecto y es aquí de destacar la acción eficiente y

sensible de la Srta. Arq. Ana Marín que no fue una colaboradora en un proyecto de otro; el proyecto fue común. Es de destacar también el enriquecimiento que supuso para todos la compañía y los diálogos que supone, arquitectónica y humanamente. (Texto realizado por Eladio Dieste con motivo de la clausura de los talleres, en octubre de 1993)

Después del taller comenzó la relación con la Universidad de Alcalá y con el Obispado de Alcalá, realizándose el *Camino de los Estudiantes* y cinco iglesias parroquiales situadas en diversos municipios de la provincia de Madrid, además de actuaciones puntuales en varios edificios que se estaban construyendo.

Torre de Aragón en Molina de Aragón, Guadalajara, 1993

El castillo de Molina de Aragón es una fortaleza situada en el municipio que le da nombre, en la provincia de Guadalajara. Declarada Monumento Nacional, su origen se remonta a los siglos X y XI cuando lo levantaron los andalusíes como alcázar sobre un castro celtibérico. Entre los siglos XII y XIII se rehabilita y amplía, hasta darle el tamaño y aspecto que tiene en la actualidad (*dosier* del taller Eladio Dieste, 1993).

El castillo de planta poligonal, de unos 3.500 m², tiene dos recintos, el exterior o albacara, y el interior o plaza de armas (Imágenes I.53 y I.54). La muralla está constituida por seis torres y dos contrafuertes macizos, unidos por una serie de cortinas, interrumpidas por dos puertas (*dosier* del taller Eladio Dieste, 1993).

La Torre de Aragón, está situada al norte del castillo, a una distancia aproximadamente de unos 140 m. Se trata de una torre albarrana de planta pentagonal rodeada de una muralla con almenas (Imágenes I.53 y I.54).

La Torre de Aragón (Imagen I.55), hueca por dentro, solo conservaba el muro del recinto perimetral y las fachadas, por lo que la actuación consistió en disponer unos casquetes de ladrillo a modo de forjados con un óculo central, de manera que según se iba ascendiendo la distancia entre ellos disminuía con el fin de provocar una sensación de profundidad mayor al espacio disponible. La solución desarrollada, una vez dibujada le satisfizo en todos los aspectos, pues jugaba con el espacio con una intervención mínima, era reversible y no visible desde el exterior⁴² (Imagen I.56).

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

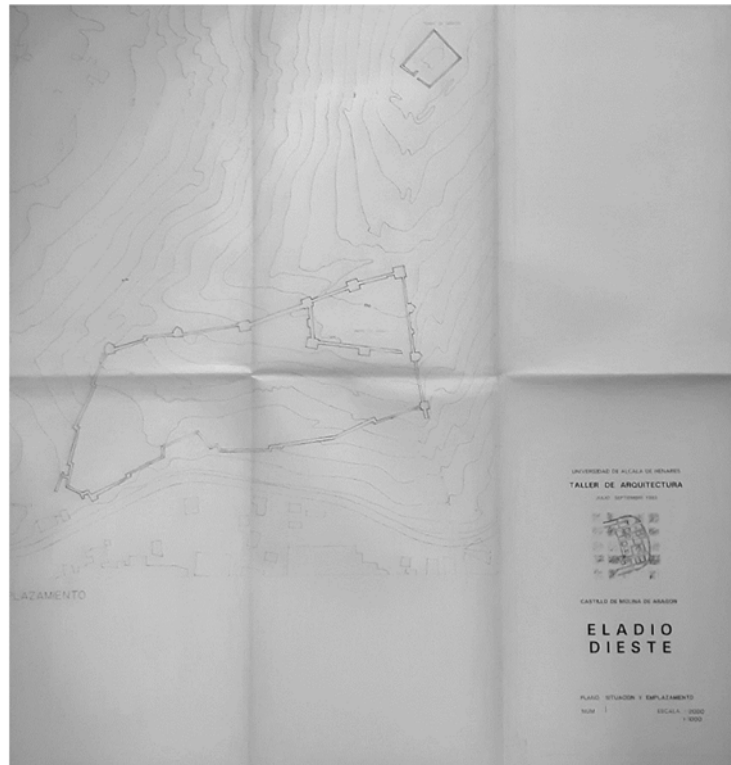


Imagen I.53.

Relación del Castillo de Molina de Aragón y la torre albarrana. Detalle del plano número 1 perteneciente al *dossier* entregado a los alumnos para la realización del taller.



Imagen I.54.

Vista general del castillo de Molina de Aragón y de la torre albarrana, 1993. Foto de la autora.

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma



Imagen I.55.

Torre de Aragón. Foto realizada a finales del mes de Julio del año 1993. El primero con camisa y sombrero blanco es el ingeniero (Marín, 2015 p. 990). Foto de la autora.

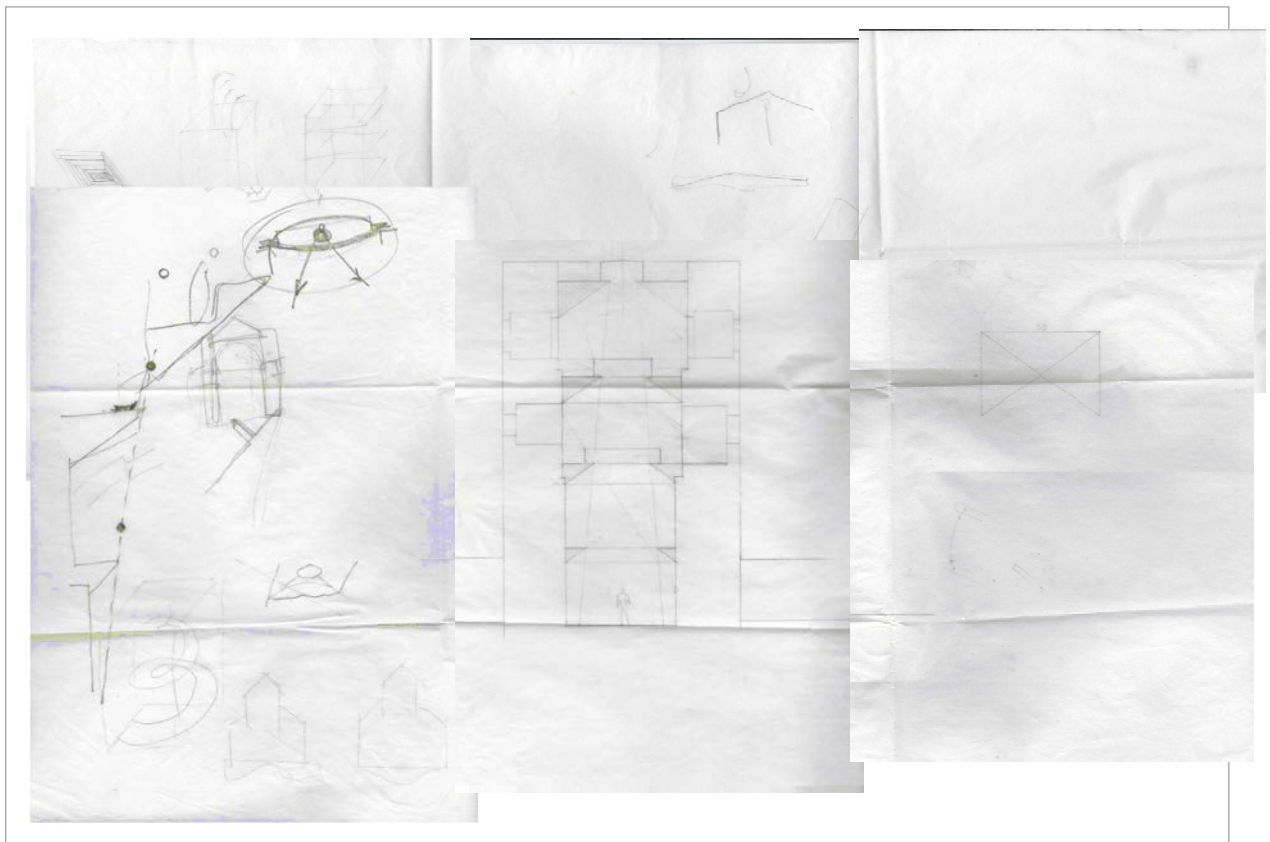


Imagen I.56.

Esquemas y primer croquis de la solución propuesta para la Torre de Aragón realizado en el taller. A la derecha dibujo del ingeniero, en el centro croquis realizado por la autora de esta tesis según indicaciones de Dieste. Foto de la autora.

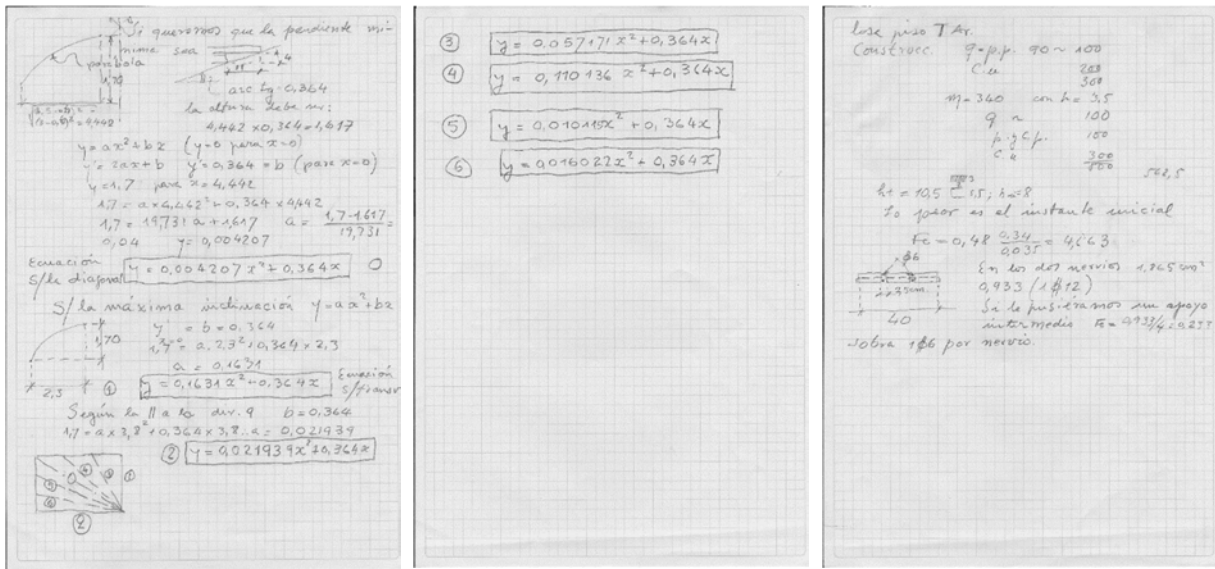


Imagen I.57.

Precálculos realizados por Dieste para comprobar la viabilidad estructural de la propuesta.

Fotos de la autora.

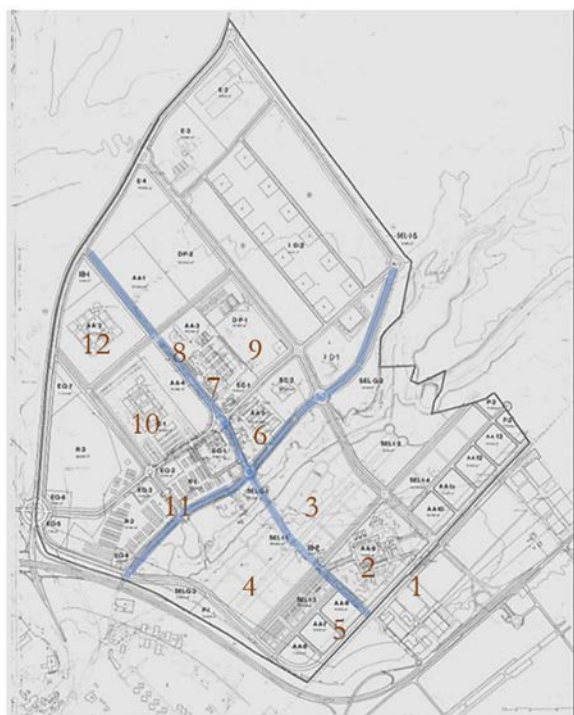
7.2. Universidad de Alcalá

El Campus Externo de la Universidad de Alcalá, en 1993, tenía una superficie de 250 hectáreas, ocupando dos terrazas geológicas del río Henares con un desnivel de unos 8 m entre ellas.

En la parte baja correspondiente a la zona sur, se localizaba el apeadero del tren, la facultad de Ciencias, el vivero del Jardín Botánico y la Planta Piloto de Química Fina. Al norte, las facultades de Farmacia y Medicina, el Hospital Universitario, la Escuela de Telecomunicaciones, la zona deportiva y las residencias universitarias (Imagen I.58).

Además, había dos viales, uno norte-sur y otro oeste-este, marcados en color azul en la Imagen I.58, acerados e iluminados, y un camino, que unía la estación del tren con los distintos edificios, materializado éste por los miles de pisadas de estudiantes que diariamente atravesaban la vasta pradera universitaria, proponiéndole a Dieste que materializase ese itinerario, dotándole de los servicios más básicos: techo, suelo, iluminación y zonas de descanso.

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma



Leyenda:

1. Apeadero del tren.
2. Facultad de Ciencias.
3. Hangares.
4. Vivero del Jardín Botánico.
5. Planta Piloto de Química Fina.
6. Facultad de Farmacia.
7. Facultad de Medicina.
9. Zona deportiva.
10. Hospital Universitario.
11. Viviendas universitarias.
12. Edificio Politécnico.

Imagen I.58.

Plano de ordenación con la parcelación del Plan Parcial del campus de la Universidad de Alcalá de Henares. Fuente: Oficina Técnica MOPU. Unidad Técnica MEC; julio de 1993 (imagen adaptada de Parilla, 2014, p. 160).

Camino de estudiantes, Universidad de Alcalá, Madrid, 1996–1998

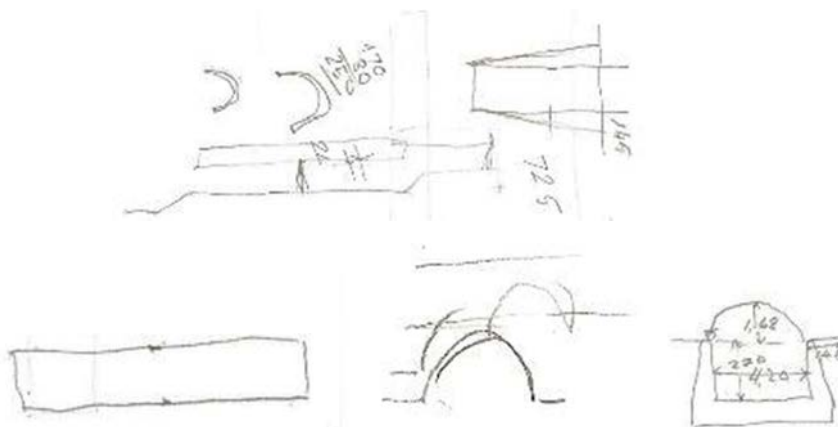


Imagen I.59.

Croquis dispersos realizados por Eladio Dieste para el diseño de las pérgolas del Camino de estudiantes. Foto montaje de la autora.

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

La primera propuesta del denominado *Camino de estudiantes* unía el apeadero con las distintas facultades, está sin fechar, pero sería octubre de 1993. Constaba de cincuenta y una bóvedas autoportantes de doble ménsula de unos 15 m de volado, apoyadas en dos pilares ataluzados centrales, uno por cada lado, en hormigón armado. Las bóvedas iban repitiéndose de forma escalonada y contrapeándose unas con otras, para cubrir el camino y adaptarse al terreno (Imagen I.59).

El camino principal creado por las pérgolas se interrumpía con dos conos truncados de unos 25 m de diámetro y 20 m de altura, construidos en ladrillo armado de 1/2 pie de espesor, cuya función era servir como lugares de descanso y encuentro.

En el *AUAH* se encuentra el *proyecto de ejecución de pérgolas en el Camino de los Estudiantes entre la facultad de Farmacia, el Jardín Botánico y la facultad de Ciencias*, de fecha enero de 1994, constando en la portada de dicho proyecto como equipo redactor Eladio Dieste como ingeniero, y la Oficina Técnica de la Universidad de Alcalá de Henares, con los arquitectos Ana Marín, Carlos Clemente, José Luis Mesejo y José Luis de la Quintana, los arquitectos técnicos Alfonso Villanueva y Andrés Carnicero, y el ingeniero Jorge Bliman⁴³ en computación.

El camino en este proyecto, según la memoria descriptiva de la propuesta, se dividía en tres tramos, considerados en sentido norte-sur (Imagen I.60):

- Tramo 1: facultad de Farmacia – estanque.
- Tramo 2: estanque – zona estancial – paseo central del Jardín Botánico
- Tramo 3: paseo central – vía de servicio del Jardín Botánico



Imagen I.60.
Camino de estudiantes. Propuesta enero de 1994. AUAH.

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

El AUAH tiene una carpeta (de tamaño DIN A4) recogiendo documentación (del mismo tamaño) sobre el *proyecto Eje peatonal N-S del Campus (Camino de Estudiantes)*, fechada en noviembre de 1994, sobre el eje peatonal de comunicación entre los distintos edificios de las facultades del campus universitario y de estos con el apeadero de ferrocarril. Los autores del proyecto son Eladio Dieste, como ingeniero director y la Oficina Técnica de la UAH-MOPTMA.

La propuesta de intervención comenzaba en su extremo norte, en la Escuela de Telecomunicaciones y el apeadero de Renfe, en el extremo sur.

La misma carpeta contiene documentación (tamaño DIN A4) referente al *Proyecto de ejecución de pérgolas en el Camino de los Estudiantes entre el apeadero de Renfe, la facultad de Ciencias, el Jardín Botánico, la facultad de Medicina, la escuela de Telecomunicaciones y las áreas deportivas* (Imágenes I.61, I.62 y I.63.b), de fecha diciembre de 1994, con el mismo equipo redactor anterior.

El recorrido tenía una longitud aproximada de 1.200 m cubiertas por las pérgolas de estructura la indicada y tres conos de ladrillo, dividiéndose en cuatro zonas:

- Zona 1: Apeadero Renfe – Facultad de Ciencias – Jardín Botánico – Facultad de Farmacia.
- Zona 2: Facultad de Farmacia (sector este y sector oeste).
- Zona 3: Facultad de Medicina (sector este y sector oeste).
- Zona 4: Escuela de Telecomunicaciones.



Imagen I.61.
Camino de estudiantes. Propuesta de diciembre de 1994. En color rojo está marcado el trayecto que había de seguir el camino. En el plano también está dibujado un lago sobre el que se estaba trabajando. AUAH.

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

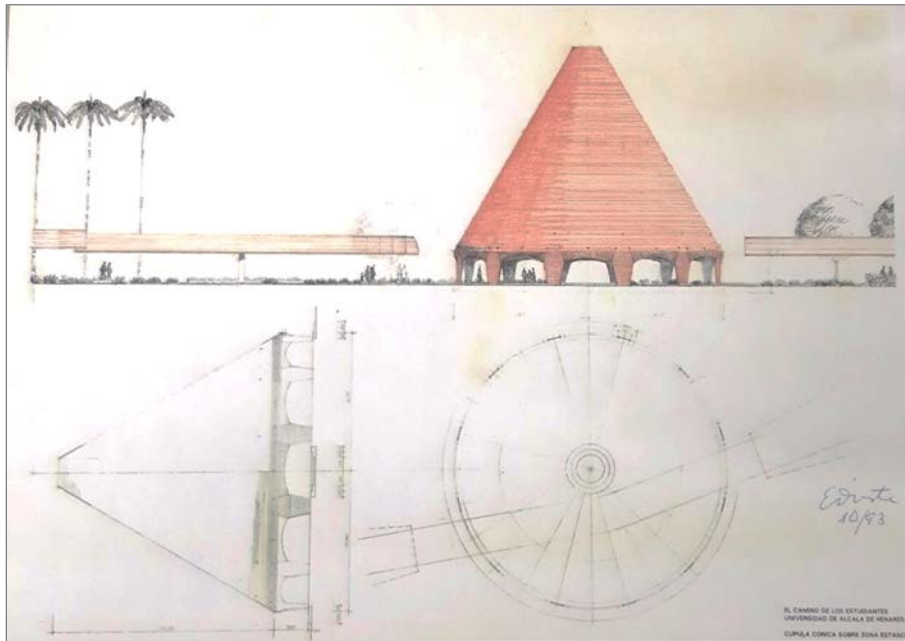
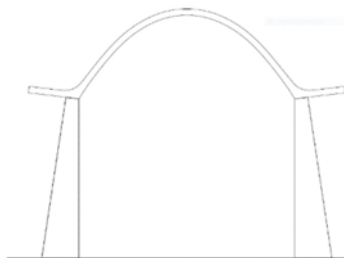
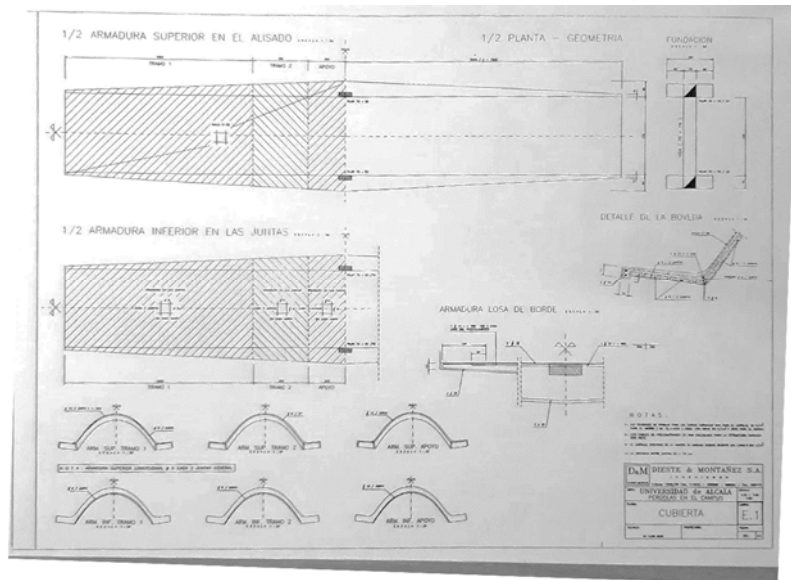


Imagen I.62.

Estudio para las proporciones de las pérgolas y el cono. El dibujo se realizó en la Oficina Técnica de la Universidad de Alcalá, aprobándolo Dieste. AUAH.



(a)



(b)

Imagen I.63.

Pérgolas para el Camino de estudiantes. Las imágenes corresponden a: (a) esquema sección transversal. Dibujo para la tesis de la autora.; (b) estructura principal de la estructura abovedada. Diciembre 1993. AUAH.

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

El Camino de los estudiantes, a la altura de los viveros del Jardín Botánico, se encontraba con otro eje este-oeste (aún sin realizar), que estaba estudiando el arquitecto Rogelio Salmona (Imagen I.64). Se trataba del *Proyecto del cerramiento e instalaciones anexas en el Jardín Botánico del Campus de la Universidad de Alcalá de Henares. Madrid*, enfocándose a resolver el cerramiento este y sur del futuro Jardín y su entrada al público.

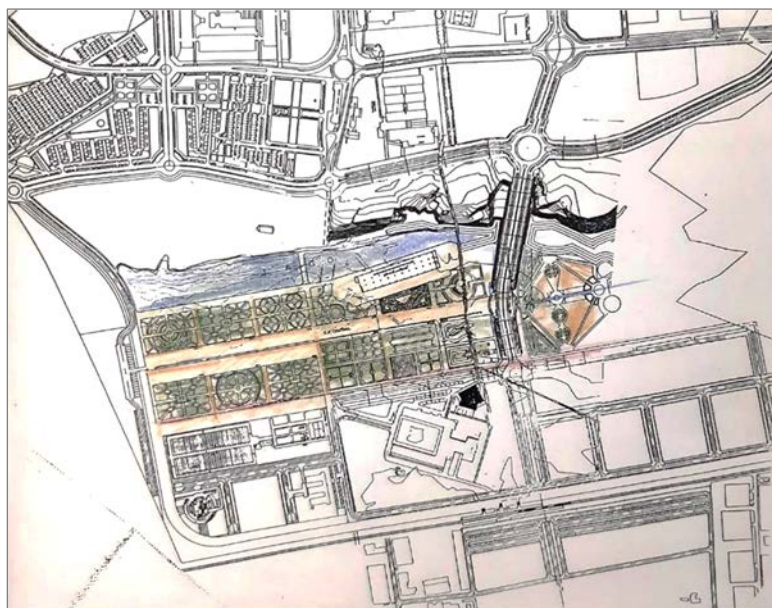


Imagen I.64.

Propuesta eje este-oeste de cerramiento del Real Jardín Botánico Juan Carlos I. Arquitecto Rogelio Salmona. Año 1994. AUAH.

Se trataba de un gran muro de cerramiento en donde se adosaban unos volúmenes que además de estructurarlo, proporcionaban unos espacios para alojar diversos servicios y depósitos para el funcionamiento del Jardín Botánico.

El cerramiento creado por Salmona y el Camino de los estudiantes de Dieste se unían a la altura del Jardín Botánico (Imagen I.64), por ello las pérgolas en este punto sobrevolaban el muro, aumentándose para ello la longitud de los pilares.

Con fecha marzo del año 1995 en un proyecto que recogía diversas actuaciones en la facultad de Ciencias, redactado por Clemente y Marín, se incorporaban dos pérgolas.

En el año 1996 se construyeron las dos primeras pérgolas, correspondiéndose a la segunda y tercera del itinerario general, siendo los arquitectos encargados de dirigirlas los mismos que redactaron el proyecto (Imagen I.65). Terminadas se realizaron las pruebas de resistencia necesarias, comprobándose la viabilidad constructiva con la tecnología existente en España.

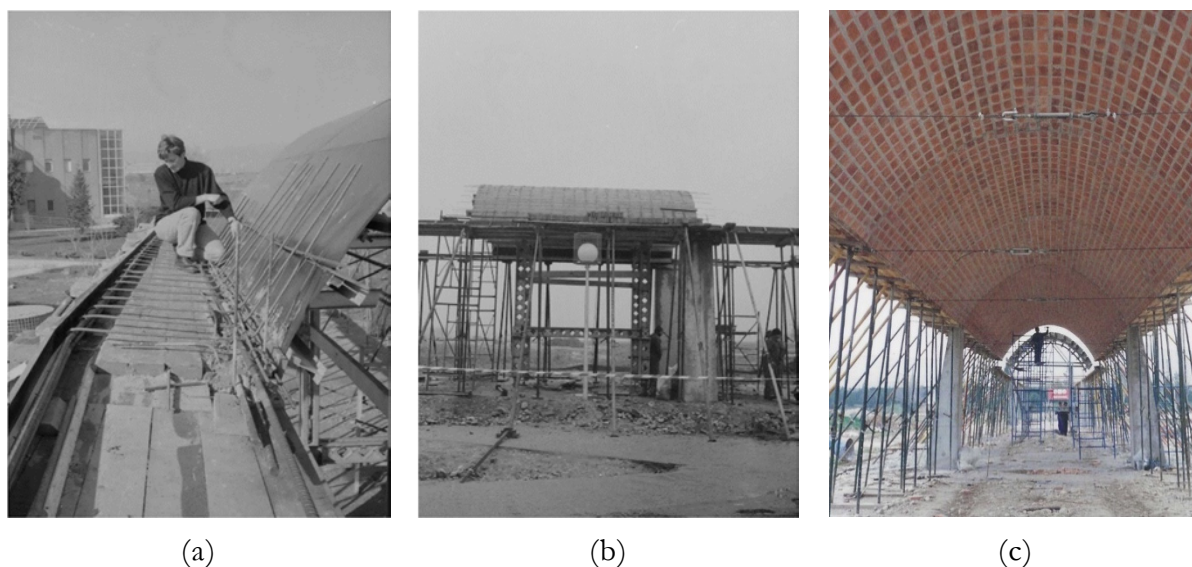


Imagen I.65.

Construcción de las pérgolas del Camino de estudiantes. Las imágenes corresponden a: (a) montaje del armado y de la lámina cerámica en las losas planas laterales; (b) construcción del primer tramo de la lámina estructural cerámica; (c) vista del intradós de la terminación de la lámina estructural cerámica de la primera bóveda y comienzo de la segunda. Fotos de la autora.

De octubre de 1996, en el AUAH está el *Proyecto de ejecución de pérgolas en el camino de los estudiantes entre el apeadero de Renfe, Jardín Botánico, Facultad de Farmacia, Facultad de Medicina, Escuela de Telecomunicaciones y Áreas deportivas*, siendo los técnicos del equipo de redacción Carlos Clemente como arquitecto, y Eladio Dieste como ingeniero colaborador. Los promotores del proyecto fueron el Ministerio de Fomento y la Universidad de Alcalá (Imagen I.66).

Según información del BOE núm. 175, del 23 de julio de 1997, la Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo anuncia la subasta para las obras de ejecución de pérgolas en el camino de estudiantes de la Universidad de Alcalá de Henares, Madrid⁴⁴.

Las obras se comenzaron, pero se han de detenerse en octubre de 1998 por problemas aparecidos en una de ellas al desencofrarse (Puerta de Madrid, 1998; Echevarría, 2005).

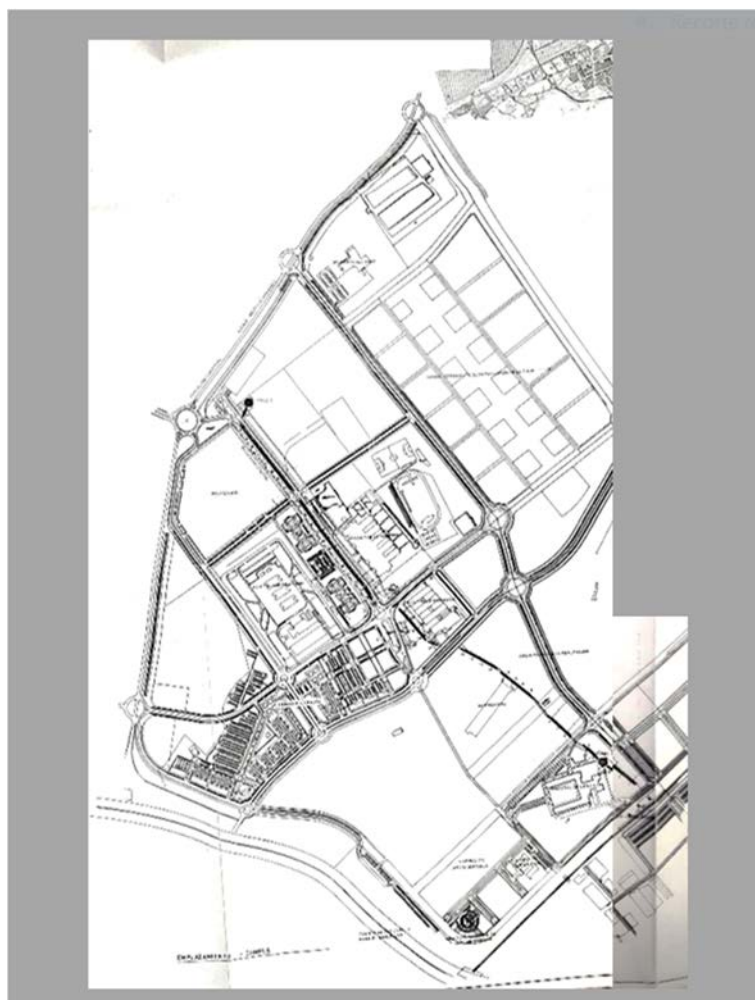


Imagen I.66.

Pérgolas del Camino de estudiantes, UAH. Propuesta formada por cuarenta y dos pérgolas y dos conos, uno situado en la parcela de la facultad de Ciencias y el otro frente a la parcela del edificio del Politécnico. AUAH.

En el AUAH hay un documento referido al *proyecto de ejecución de Pérgolas en el Camino de Estudiantes de la Universidad de Alcalá (Madrid)*, sin fecha, teniendo por objeto la finalización de dieciocho pérgolas que se encontraban iniciadas y la realización de una nueva. El trayecto del camino abarcaba desde el apeadero de RENFE, Facultad de Ciencias, Jardín Botánico, hasta llegar a la facultad de Farmacia, en el vial oeste-este, (datos de la memoria descriptiva de la documentación).

Según esta misma documentación, después de la caída de una pérgola, las seis primeras pérgolas se habían apuntalado, encontrándose el resto en diferentes estados de

terminación. La actuación propuesta era intervenir en las pérgolas apuntaladas, reparándolas y rehacer las siguientes.

Formalmente las nuevas pérgolas, también en doble volado, tendrían diferentes longitudes de 28,0 m, 28,5 m y 29,5 m. La luz transversal libre entre apoyos de 4,2 m, y las losas laterales variaban entre 0,83 m a 0,25 m en los extremos. La sección transversal de la bóveda sería de 105 mm de los que 50 mm pertenecían al grueso del ladrillo. Los pilares de apoyo tendrían una sección rectangular variable.

Este informe incluye planos con la referencia de *proyecto de ejecución de pérgolas en el Camino de estudiantes de la Universidad de Alcalá (Madrid)*, promovido por el Vicerrectorado de Infraestructuras de la UAH, de fecha abril 2001, redactados por Carlos Clemente como arquitecto y Juan Luis Bellod como ingeniero. La documentación aporta un presupuesto de los trabajos a realizar fechado en julio de 2000.

El AUAH tiene documentación entre la Oficina Técnica de la UAH y el jefe de Programación y Control de la secretaria de Estado de Infraestructuras, de la Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo, con fechas diciembre de 2001 y enero de 2002 referidos a la paralización de la obra y su liquidación.

En el BOE núm. 251, del sábado 19 octubre 2002, la Universidad de Alcalá hace pública la adjudicación de las *obras de construcción de Pérgolas en el Camino de Estudiantes*.

Respecto a otra documentación referente a las pérgolas del Camino de estudiantes que la AUAH tuviese, no hemos tenido acceso.

La Cámara de Cuentas de la Comunidad de Madrid, editó el informe de fiscalización de la actividad económica-financiera de la Universidad de Alcalá y de sus entidades dependientes del ejercicio 2006, y respecto a los contratos fiscalizados de la Universidad de Alcalá de Henares consta la *Demolición de pérgolas y acabado del tramo final del camino de los estudiantes*.

En el año 2014 había erigidas seis pérgolas, referenciándose su construcción y su estado (entre otros temas) en el Trabajo Fin de Grado de Ciencia y Tecnología de la Edificación de la Universidad de Alcalá, *Eladio Dieste un recorrido desde el Río de la Plata al Corredor del Henares* de los alumnos A. Pérez y D. Sánchez.

En el Informe de gestión de la Universidad de Alcalá, del curso académico 2016-2017, en Sesión ordinaria del Claustro, del 11 de mayo de 2017, el apartado del Campus Científico Tecnológico tiene recogida la demolición de las pérgolas por inseguridad.

Con fecha de 26 de enero de 2017, en el Acta de la sesión ordinaria del Consejo de Gobierno de la Universidad de Alcalá, el Rector informaba que a finales del mes de

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

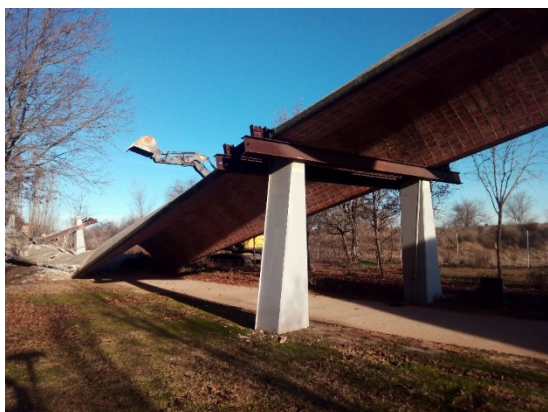
diciembre del año 2016 se habían demolido las pérgolas, basándose en un informe del Ayuntamiento de Alcalá de Henares y a la Intervención Urbanística del Ayuntamiento, siendo estos quienes comunicaron que se debía de proceder a su demolición por razones de emergencia, y por razones de seguridad pública.



Imagen I.67.

Pérgolas del Camino de estudiantes, Universidad de Alcalá, en diciembre de 2016. Foto de la autora.

Dado que el proceso de demolición de las pérgolas no es objeto de esta tesis, se aportan imágenes que muestran el comportamiento de rotura que tuvieron (Imagen I.68).



(a)



(b)

Imagen I.68.

Demolición de las pérgolas del Camino de estudiantes, Universidad de Alcalá. Diferentes fases en la demolición de una de las pérgolas. Diciembre 2016. Fotos de la autora.

Torre-escalera en la Planta Piloto de Química Fina, Universidad de Alcalá, Madrid, 1994

En el mes de julio se estaba empezando a construir la *Planta Piloto de Química Fina* «un centro de investigación destinado y concebido a estimular la colaboración Universidad-Empresa, promoviendo la incorporación de nuevas tecnologías limpias al sector industrial Químico-Farmacéutico y relacionados» (Universidad de Alcalá, 2015), proyecto de los arquitectos Carlos Clemente y Ana M.^a Marín.

El edificio tiene forma de E, dos plantas –una de ellas bajo rasante–, proyectándose una cubierta con zonas y recorridos diferenciados, instalándose aquí la maquinaria necesaria para el funcionamiento del edificio y de los laboratorios, pero también zonas ajardinadas. Para acceder a la cubierta se dispuso de una escalera exterior de comunicación en uno de los dos patios abiertos de los que disponía el edificio (Imagen I.69), de manera que no se produjeran interferencias entre el personal científico que trabajaba dentro del edificio y el personal (principalmente de mantenimiento) que debía de acceder a la cubierta. La escalera se ideó como una escalera de caracol en ladrillo ofreciéndose el ingeniero como colaborador y calculista de ella (Imágenes I.70 y I.71).

La torre-escalera tiene una altura 8,2 m, es de planta circular, de 2,1 m de diámetro exterior, siendo el cierre diez machones de 1 pie de espesor, y 1 ½ de ancho, empleándose el mismo ladrillo que el del resto de la fachada. Los escalones se realizaron antes del comienzo para tratarles como piezas prefabricadas, estando formados por dos capas de ladrillos colocados de plano, con las dimensiones establecidas, utilizando los ladrillos enteros o medios, a fin de colocar la cantidad de armadura calculada en las juntas de mortero. Los escalones se instalaban a la vez que se realizaba el muro de cierre, empleándose apenas andamiaje (Imagen I.71).

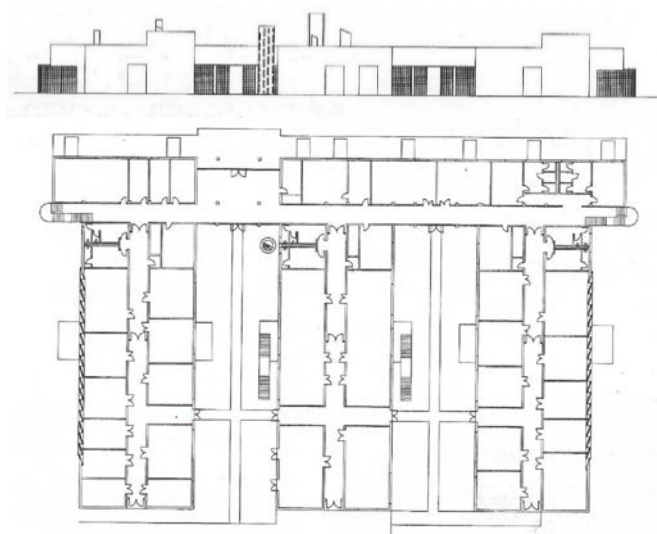


Imagen I.69.
Planta Piloto de Química Fina, Universidad de Alcalá, Madrid, 1994. Alzado suroeste y planta baja. Ubicación de la torre-escalera en el primero patio del edificio (Clemente y Marín, 1996, p. 8).

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma



(a)



(b)

Imagen I.70.

Planta Piloto de Química Fina, Universidad de Alcalá, Madrid, 1994. Las imágenes corresponden a: (a) imagen general del patio con la torre-escalera (Marín, 2015, p.991); (b) coronación del elemento. Fotos de la autora.



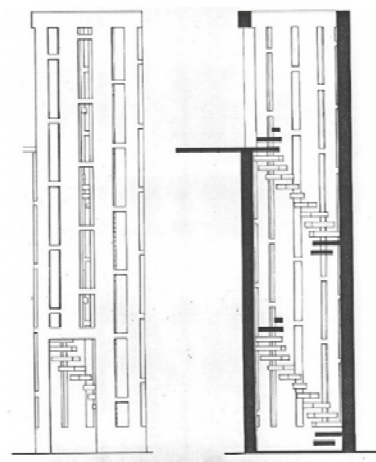
(a)



(b)



(c)



(d)

Imagen I.71.

Planta Piloto de Química Fina, Universidad de Alcalá, Madrid, 1994. Las imágenes corresponden a: (a) construcción de la torre-escalera; (b) vista desde el interior; (c) detalle del encuentro entre los escalones y las pilastras del cerramiento. Todas las fotos anteriores de la autora; (d) alzado y sección (Clemente y Marín, 1996, p. 11).

Cúpula en la restauración de la antigua iglesia del Colegio de Caracciolos, Universidad de Alcalá, Madrid, 1993–1994

La iglesia de san José de Los Caracciolos fue construida a lo largo del siglo XVII, formando parte del Colegio que le da nombre. “Después de la Desamortización el conjunto formado por el Colegio y el Convento pasó a ser propiedad del ejército que lo utilizó como almacenes de intendencia; fue objeto de algunas reformas como la relativa al levantamiento de un cuerpo que tapaba el tambor de la cúpula que, entre otras, modificaron la concepción inicial del edificio. En 1966 tras un grave incendio que destruyó gran parte de la edificación, la iglesia quedó semiabandonada (Universidad de Alcalá, 2015). Cuando pasó a ser propiedad de la Universidad fue rehabilitada, siendo actualmente teatro universitario

Cuando Dieste visitó la iglesia en julio de 1993 no tenía uso alguno, esta conservaba los dos muros laterales, el muro de fachada, parte de la estructura abovedada y sólo el tambor de la cúpula. El muro de cabecera se había descalzado, asentándose, lo que había dejado sin atar los muros laterales que habían girado, y las bóvedas habían comenzado a descender. Los paramentos interiores de los muros mostraban señales aún del incendio ocurrido, cuando era granero militar.

Inspeccionada la iglesia, muros, cimentación y bóvedas, la intervención planteada por Dieste fue mínima, pues el estado en que se encontraba se debía más a la situación de abandono, que a causas estructurales propias de la construcción.

La solución de Dieste, que a nivel gráfico fueron esquemas y croquis, proponía un refuerzo de los elementos verticales, un atado horizontal a nivel de la cornisa, reconstruir las bóvedas y la cúpula (ver apartado 2.3.2.5. Cúpula de esta tesis).

7.3. Obispado de Alcalá

Con el Obispado de Alcalá se realizaron (Imagen I.72):

- Proyecto de la Capilla de Nuestra Señora de la Espiga en Ajalvir, 1996. Sin construir.
- Iglesias basándose en los planos de otras iglesias uruguayas:
 - Iglesia parroquial de Madre del Rosario en Mejorada del Campo, 1995–1996.
 - Iglesia parroquial de san Juan de Ávila en Alcalá de Henares, 1996–1998.
 - Iglesia parroquial Sagrada Familia en Torrejón de Ardoz, 1997–1998.
- Iglesias de nueva planta:
 - Iglesia parroquial de Santa Cruz en Coslada, 1999–2000.
 - Iglesia parroquial Virgen de Belén en Alcalá de Henares, 1999–2000.



Imagen I.72.

Iglesias parroquiales construidas en: Alcalá de Henares: san Juan de Ávila, 1996–1998 y Virgen de Belén, 1999–2000. Torrejón de Ardoz: Sagrada Familia, 1997–1998. Coslada: Santa Cruz, 1999–2000. Mejorada del Campo: Madre del Rosario, 1995–1996. Proyecto sin construir en Ajalvir: Capilla de Nuestra Señora de la Espiga, 1996 (base de la imagen tomada de Google Earth Pro).

Capilla de Nuestra Señora de la Espiga en Ajalvir, Madrid, 1996

En 1996, Dieste calcula la estructura de la *capilla al aire libre* dedicada a la *Virgen de la Espiga*, patrona de la villa de Ajalvir, municipio situado a doce kilómetros de Alcalá de Henares.

Existía el condicionante de que la parroquia disponía de ocho pilares de piedra natural que había que incorporar al proyecto, por lo que, basándose en su número, y que fuera de planta circular –condición de los proyectistas–, se calcularon las dimensiones.

Los proyectistas fueron Ana Marín, Carlos Clemente, y Juan de Dios de la Hoz.

La forma elegida eran dos conos, uno de ellos truncado separados por una lámina cilíndrica, descansando todo el conjunto en una carrera de ladrillo armado, que era soportada por los pilares (Imagen I.73). En el apartado 2.3.1.2.2. Cáscara cónica construida con los ladrillos colocados a tabla de esta tesis se aporta el croquis de la estructura realizada por Dieste para su construcción.

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

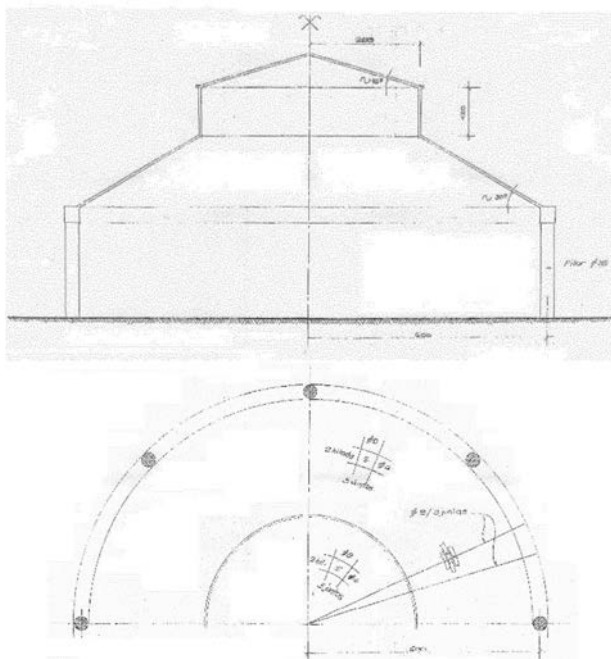


Imagen I.73.
Capilla de Nuestra Señora de la Espiga en Ajalvir, Madrid, 1996. Sección y planta. Montaje con la documentación enviada por Dieste para el cálculo estructural.

Iglesia parroquial Madre del Rosario, Mejorada del Campo, Madrid, 1995–1996

Esta iglesia, está ubicada en el barrio de Los Olivos de Mejorada del Campo, en la calle Salvador Dalí, número 17, municipio situado a unos dieciséis kilómetros de Alcalá de Henares.



Imagen I.74.
Iglesia parroquial Madre del Rosario en Mejorada del Campo, Madrid, 1995–1996. Fachada principal. En el centro de la foto el templo, en ambos lados el centro parroquial. Foto de la autora.

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

La parcela de forma rectangular, con un apéndice en el lado del noroeste de forma trapezoidal, tiene una superficie de 2.157 m².

El primer proyecto presentado recogía el templo basado en el proyecto de la iglesia de san Pedro en Durazno de Uruguay, y en los pies de la iglesia se situaban un volumen de cuatro plantas, donde se distribuía la capilla de diario, aseos, aulas, salas de reuniones y vivienda parroquial (Imágenes I.74, I.75 y I.79).

Este cuerpo volumétrico dada su gran altura permitía que el rosetón cerámico, característico del templo uruguayo, en este también quedase interior, no siendo visible desde la calle. Pero las obras se organizaron para realizarlas en dos fases, recogiendo la primera fase el templo y la planta baja de la entrada con la capilla de diario y los despachos parroquiales, y en una segunda fase el resto del conjunto, quedando entonces visible el rosetón cerámico visto desde el exterior (Imágenes I.73 y I.76).

La redacción del proyecto se realizó, además de con Eladio Dieste con Carlos Clemente, José Luis de la Quintana, y Juan de Dios de la Hoz como arquitectos.

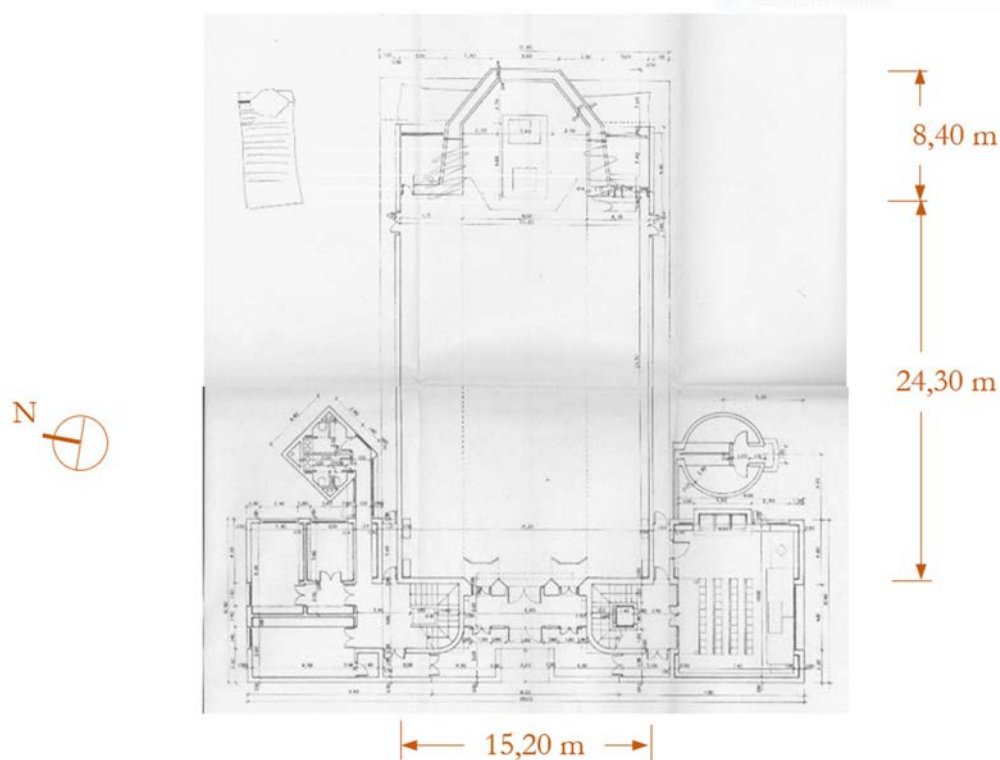


Imagen I.75.

Iglesia parroquial Madre del Rosario en Mejorada del Campo, Madrid. Proyecto básico, abril 1995. Planta baja. La longitud de la nave de la iglesia de esta Imagen se ha proporcionado con la longitud de la nave de la iglesia uruguayana, Imagen 1.17.a, para mejorar la lectura gráfica entre ambas plantas. Archivo Histórico Diocesano de Alcalá de Henares.

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

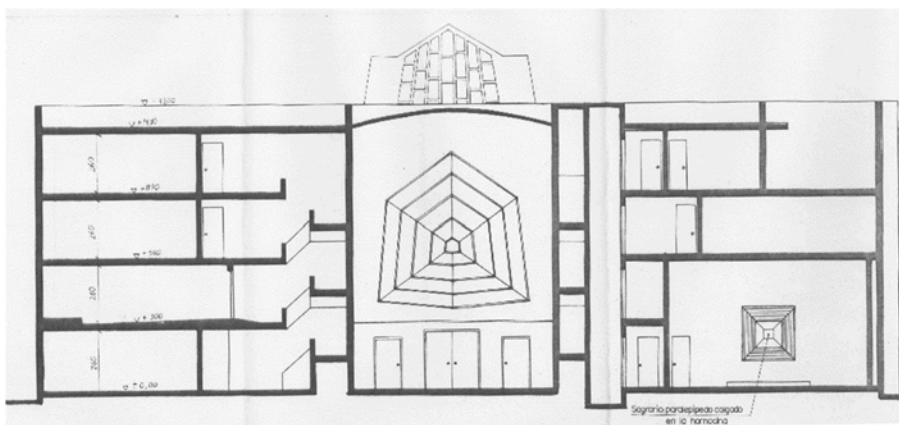


Imagen I.76.

Iglesia parroquial Madre del Rosario en Mejorada del Campo, Madrid. Sección transversal por el cuerpo volumétrico situado a la entrada del templo, noviembre 1994. Archivo Histórico Diocesano de Alcalá de Henares.



Imagen I.77.

Iglesia parroquial Madre del Rosario en Mejorada del Campo, Madrid, 1995–1996. Detalle del rosetón cerámico situado a la entrada del templo. Foto de la autora.

A continuación, Imagen I.77, se exponen diferentes soluciones de los alzados principal y posterior del conjunto parroquial.

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

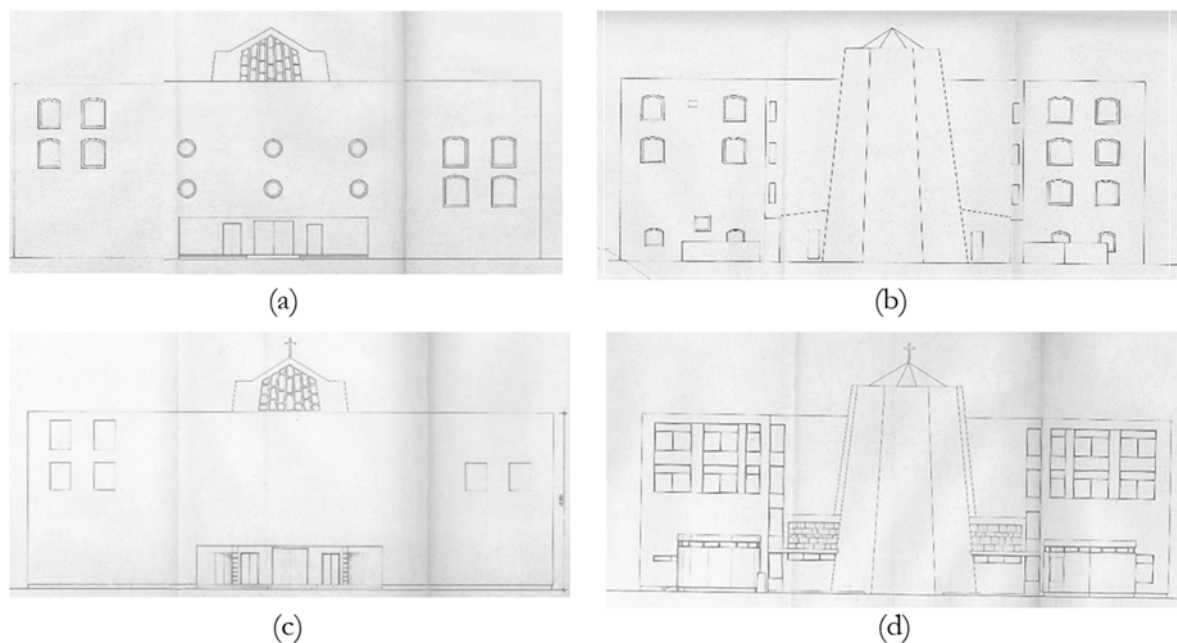


Imagen I.78.

Iglesia parroquial Madre del Rosario en Mejorada del Campo, Madrid. Las imágenes corresponden a: (a) fachada principal, noviembre 1994; (b) fachada posterior, noviembre 1994; (c) fachada principal, abril 1995; (d) fachada posterior, abril 1995. Archivo Histórico Diocesano de Alcalá de Henares.

El templo de Mejorada del Campo (Imágenes I.74 y I.79) es menor que la de Durazno (Imágenes I.17 y I.18), pero sigue conservando su espacio único gradado en las tres naves, con las tres entradas de luz natural: ventana-grieta corrida separando la cubierta de la nave principal, ventanas en la parte alta de la torre-presbiterio y rosetón de entrada.

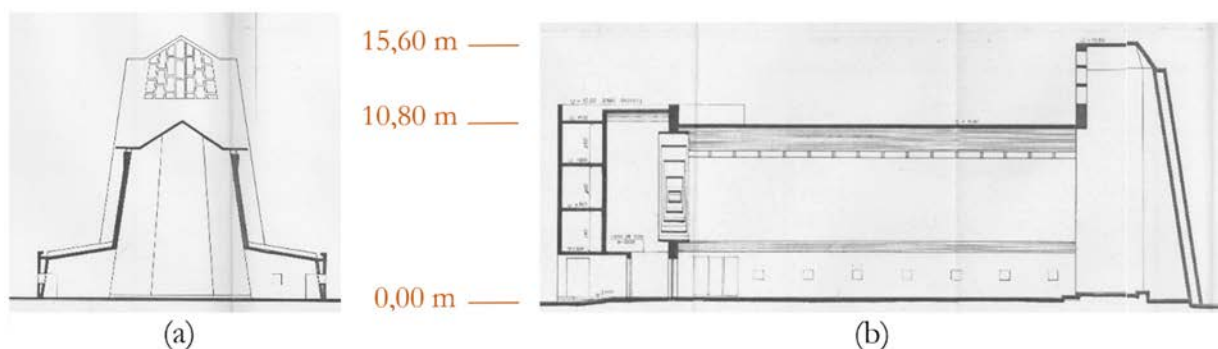


Imagen I.79.

Iglesia parroquial Madre del Rosario en Mejorada del Campo, Madrid, 1995–1996. Proyecto ejecución, noviembre 1994. Las imágenes corresponden a: (a) sección transversal; (b) sección longitudinal. Esta imagen se ha proporcionado con la Imagen I.74. Archivo Histórico Diocesano de Alcalá de Henares.



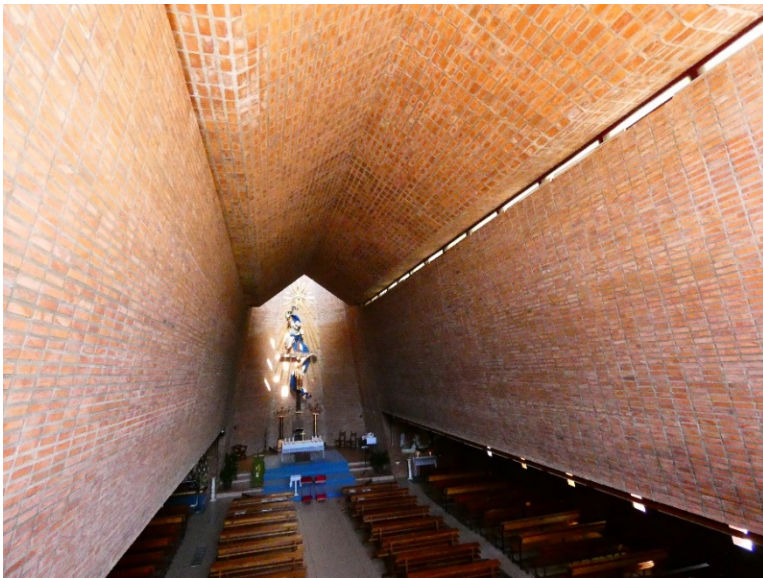
(a)



(b)

Imagen I.80.

Iglesia parroquial Madre del Rosario en Mejorada del Campo, Madrid, 1995–1996. Las imágenes se corresponden a: (a) vista lateral del conjunto. En el fondo la torre-presbiterio con el encuentro de la nave principal. En primer término, el volumen longitudinal de una planta se corresponde con las naves laterales del templo; (b) interior de la torre-presbiterio. Fotos de la autora.



(a)



(b)

Imagen I.81.

Iglesia parroquial Madre del Rosario en Mejorada del Campo, Madrid, 1995–1996. Las imágenes corresponden a: (a) vista interior hacia el presbiterio; (b) vista del presbiterio, desde la nave lateral. Fotos de la autora.



Imagen I.82.

Iglesia parroquial Madre del Rosario en Mejorada del Campo, Madrid, 1995–1996. Las imágenes corresponden a: (a) Vista hacia la entrada al templo. Al fondo el coro realizado posteriormente por parte de la parroquia, no propuesto en el proyecto original; (b) vista del rosetón cerámico. Foto de la autora.

Iglesia parroquial de san Juan de Ávila en Alcalá de Henares, Madrid, 1996–1998

Esta iglesia está ubicada en la avenida de los Reyes Magos, s/n, en el barrio del Ensanche, al norte de la ciudad de Alcalá de Henares.

La parcela es rectangular de 2.472 m², basándose este proyecto en la inacabada *iglesia de Nuestra Señora de Lourdes* de Malvín, Montevideo.

Los responsables del proyecto fueron los arquitectos Carlos Clemente y Juan de Dios de la Hoz, con la colaboración de Eladio Dieste, siendo los técnicos españoles los encargados de dirigir las obras.



Imagen I.83.

Iglesia parroquial de san Juan de Ávila en Alcalá de Henares, Madrid, 1996–1998. Vista del conjunto. Foto de la autora.

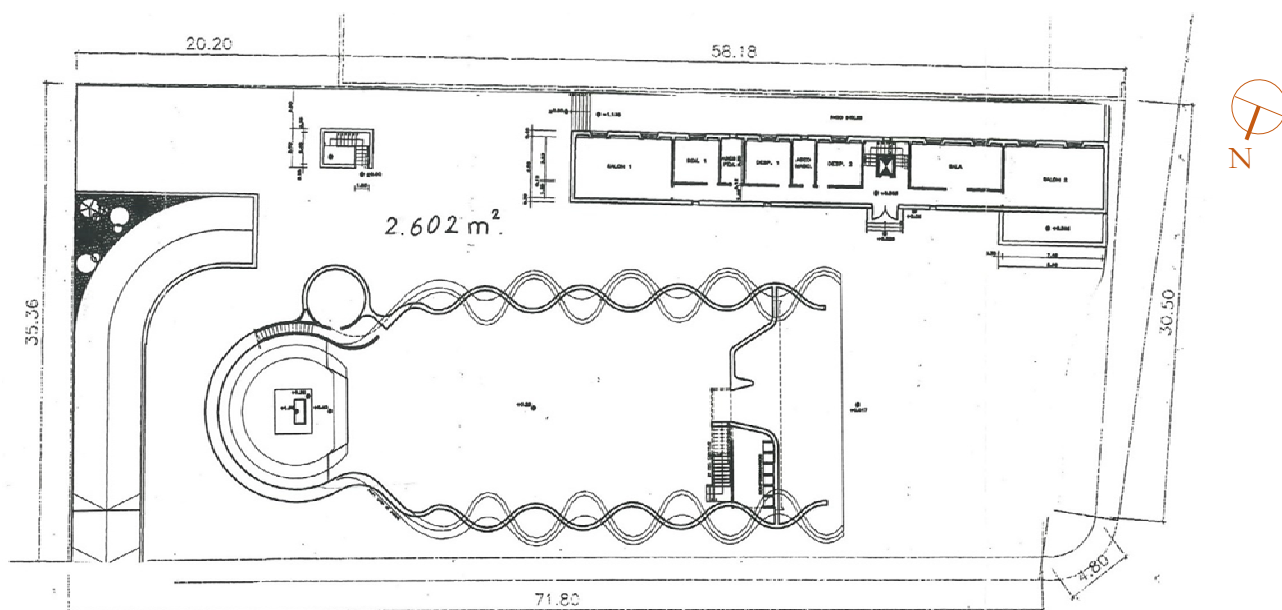


Imagen I.84.

Proyecto de ejecución iglesia y centro parroquial san Juan de Ávila, noviembre 1995. Iglesia parroquial de san Juan de Ávila en Alcalá de Henares, Madrid, 1996–1998. Archivo Histórico Diocesano de Alcalá de Henares.



Imagen I.85.

Iglesia parroquial de san Juan de Ávila en Alcalá de Henares, Madrid, 1996–1998. Vista del conjunto. Foto de la autora.

Si se analizan los proyectos de las iglesias de Alcalá de Henares y de Malvín, ambas mantienen la misma imagen exterior, con el muro que se ondula a nivel de planta y de coronación, pasando por una directriz recta a $1/3$ de la altura del suelo, para cambiar desde aquí el sentido de las curvas, y el potente cono que alberga al presbiterio, pero las plantas responden a programas diferentes (Imágenes I.84 y I.14) y las escalas también son ligeramente distintas.

La altura de la torre–presbiterio uruguayo hubiera sido de 26 m, y la altura máxima de la nave de 15 m (Imagen I.14). en la iglesia española –según la documentación gráfica– las alturas fueron de 20,02 m y de 9,84 m respectivamente (Imágenes I.86 y I.88), variando la flecha entre los 8 cm y 140 cm de máxima (De la Hoz y Clemente, 1998), alojándose en el valle de las bóvedas los tensores que ataban las bóvedas gausas.

Para esta iglesia se utilizaron diferentes tipos de ladrillo, perforado de 7 cm de grueso para los muros resistentes, perforado de 5 cm de grueso en la fachada principal, y macizo de 5 cm de grueso en cubiertas, dinteles, recercados, etc. (De la Hoz y Clemente, 1998).

La fachada principal, sin terminar de resolver en el templo uruguayo, en el español se solucionó con la colocación de un rosetón de vidrio de 6 m de diámetro diseñado por Carlos Muñoz de Pablos (Imagen I.88 y I.95).

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

El centro parroquial original era un volumen de tres plantas, de 7,22 m de altura sobre el nivel del terreno, estando la planta baja ligeramente hundida en el terreno. El ancho variaba entre los 5,3 m del alzado este y los 7,8 m del alzado oeste, con 40,14 m de longitud (Imágenes I.86 y I.88). La estructura vertical eran muros de carga, formados por 2 1/2 pies de ladrillo separados entre sí 6 cm, con forjados intermedios planos de losetas de ladrillo, y la última planta abovedada, con bóvedas autoportantes sólidas, y en los extremos caladas.

Las obras se organizaron para realizarlas en dos fases, recogiendo la primera fase la planta baja del centro parroquial, y en la segunda fase su terminación en altura y el templo. Como se observa en la Imagen I.87 el centro parroquial no se completó.

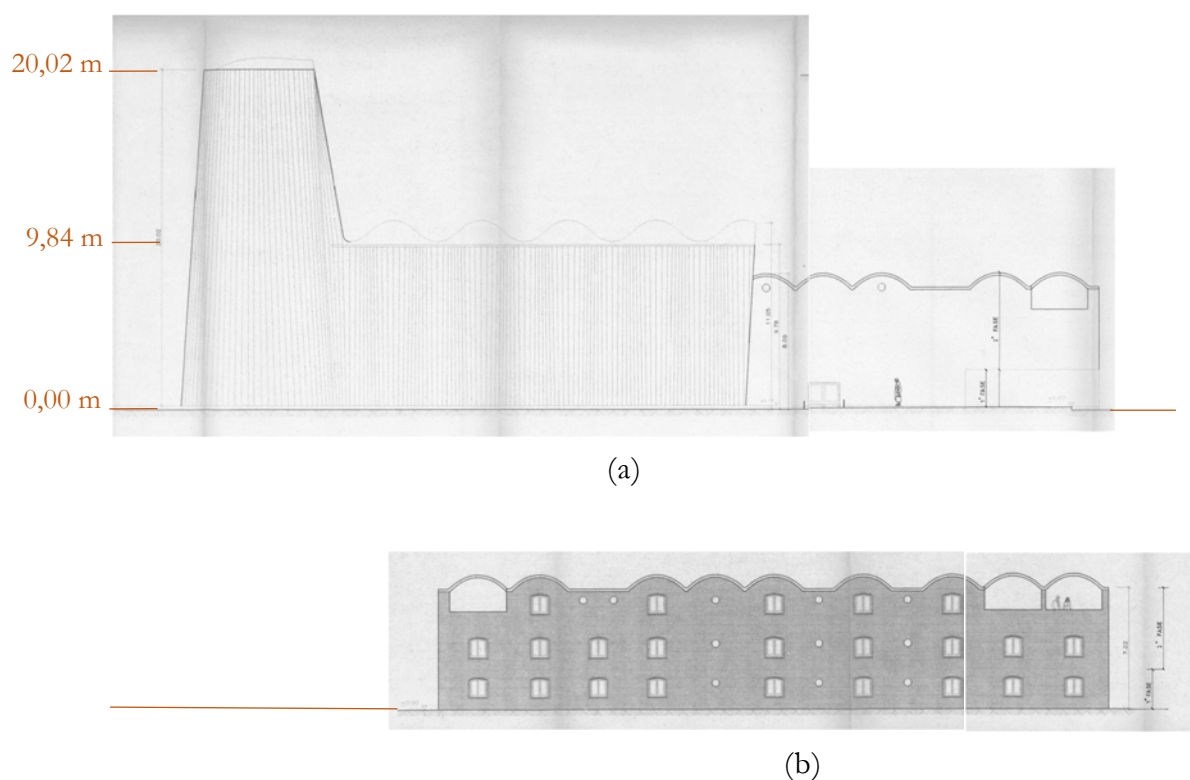


Imagen I.86.

Iglesia parroquial de san Juan de Ávila en Alcalá de Henares, Madrid, 1996–1998. Las imágenes corresponden a: (a) alzado lateral norte del templo, al fondo el centro parroquial; (b) alzado sur del centro parroquial. Archivo Histórico Diocesano de Alcalá de Henares.

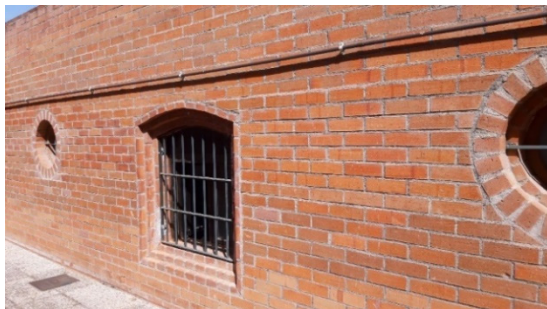
PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma



(a)



(b)



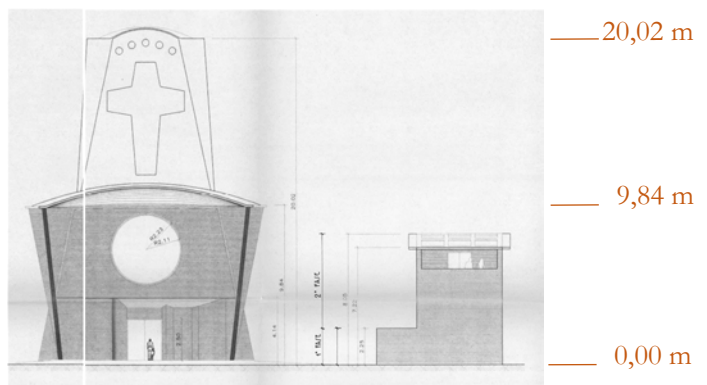
(c)

Imagen I.87.

Iglesia parroquial de san Juan de Ávila en Alcalá de Henares, Madrid, 1996–1998. Las imágenes corresponden a: (a) y (b) relación del templo con el centro parroquial; (c) detalle de los huecos en la fachada sur. Fotos de la autora.



(a)



(b)

Imagen I.88.

Iglesia parroquial de san Juan de Ávila en Alcalá de Henares, Madrid, 1996–1998. Las imágenes corresponden a: (a) vista fachada de la entrada al templo. Foto de la autora; (b) fachada principal del templo y fachada lateral del centro parroquial. Archivo Histórico Diocesano de Alcalá de Henares.



(a)



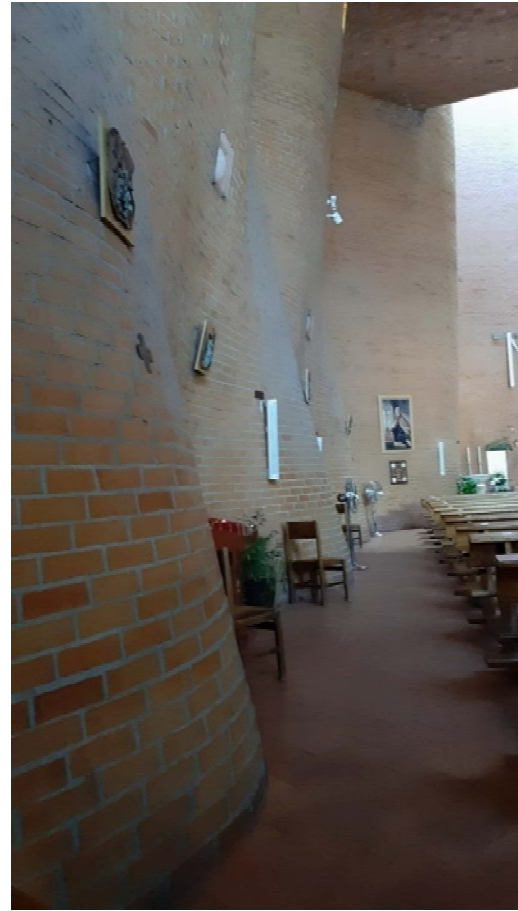
(b)

Imagen I.89.

Iglesia parroquial de san Juan de Ávila en Alcalá de Henares, Madrid, 1996–1998. Las imágenes corresponden a: (a) detalle de encuentro entre la primera bóveda y los cerramientos laterales y de la fachada principal; (b) detalle del encuentro de la torre—presbiterio, la cubierta de las naves, el cerramiento de las naves y la sacristía. Fotos de la autora.



(a)



(b)

Imagen I.90.

Iglesia parroquial de san Juan de Ávila en Alcalá de Henares, Madrid, 1996–1998. Las imágenes corresponden a: (a) vista interior de la nave. Encuentro entre bóvedas y el cerramiento de las naves; (b) vista interior del arranque del cerramiento de las naves. Fotos de la autora.

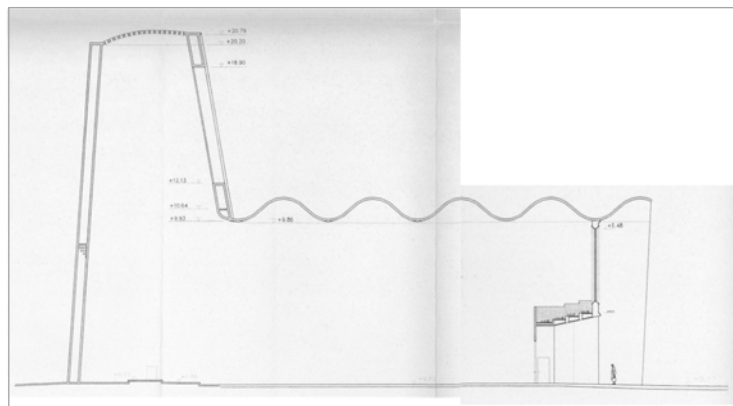


Imagen I.91.

Iglesia parroquial de san Juan de Ávila en Alcalá de Henares, Madrid, 1996–1998. Sección longitudinal del templo. Archivo Histórico Diocesano de Alcalá de Henares.

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma



Imagen I.92.

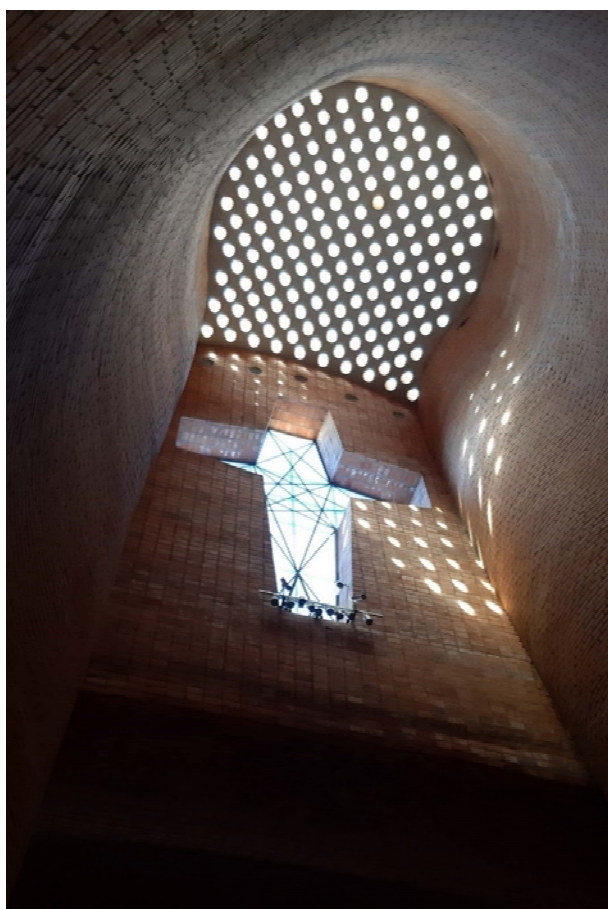
Iglesia parroquial de san Juan de Ávila en Alcalá de Henares, Madrid, 1996–1998. Vista de las bóvedas, al fondo el presbiterio. Foto de la autora.



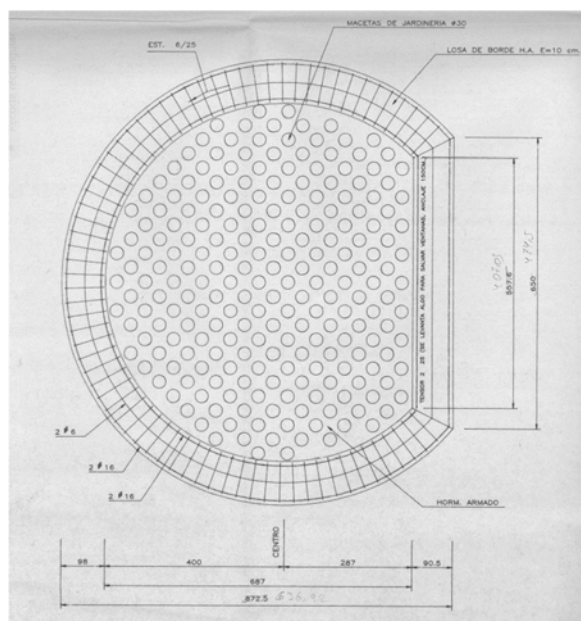
Imagen I.93.

Iglesia parroquial de san Juan de Ávila en Alcalá de Henares, Madrid, 1996–1998. Vista interior general, hacia el presbiterio. Foto de la autora.

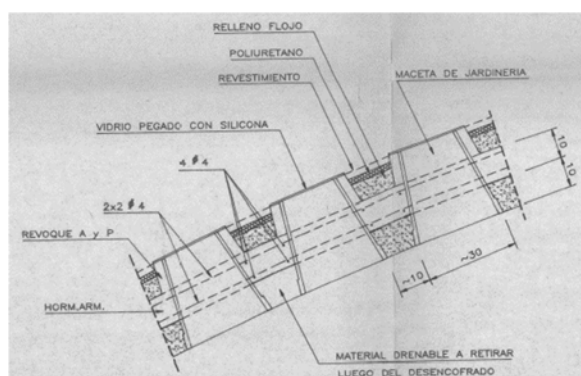
PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma



(a)



(b)



(c)

Imagen I.94.

Iglesia parroquial de san Juan de Ávila en Alcalá de Henares, Madrid, 1996–1998. Torre-presbiterio. El techo del presbiterio es una losa de hormigón horadada por 126 huecos. Estos se realizaron incrustando macetas de jardinería. La cruz se cerró con una vidriera de Carlos Muñoz de Pablos. Las imágenes corresponden a: (a) detalle de cerramiento vertical y horizontal del presbiterio. Foto de la autora; (b) planta techo. Archivo Histórico Diocesano de Alcalá de Henares; (c) detalle cúpula del presbiterio (*ibidem*).

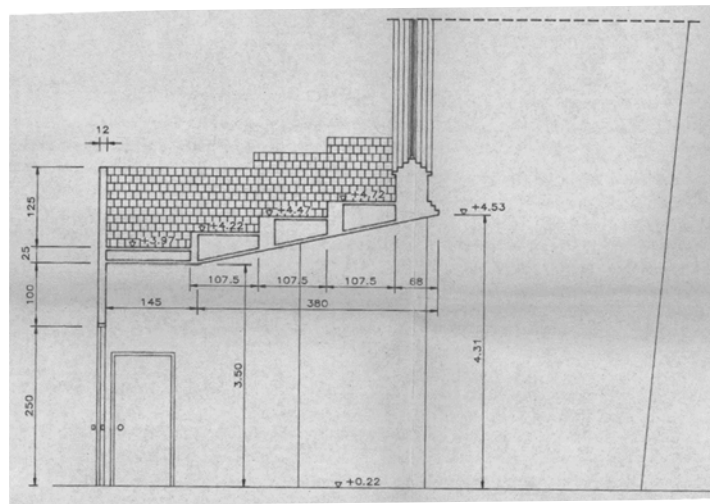
PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma



(a)



(b)



(c)

Imagen I.95.

Iglesia parroquial de san Juan de Ávila en Alcalá de Henares, Madrid, 1996–1998. Coro y rosetón de vidrio diseñado por Carlos Muñoz de Pablos, formado por dos cuerpos, uno cóncavo y otro convexo. Las imágenes corresponden a: (a) vista general del coro. Foto de la autora; (b) detalle de los dos vidrios con los que está formado el rosetón. Foto de la autora; (c) detalle sección longitudinal del coro y del rosetón. Archivo Diocesano de Alcalá de Henares.

Iglesia parroquial Sagrada Familia, Torrejón de Ardoz, Madrid 1997–1998

Esta iglesia está ubicada en la calle Londres número 23, en el barrio de *El Juncal*, en la zona noreste de la ciudad de Torrejón de Ardoz, municipio situado a unos trece kilómetros de Alcalá de Henares.



Imagen I.96.

Iglesia parroquial Sagrada Familia en Torrejón de Ardoz, Madrid, 1997–1998. Fachada principal. Imagen previa a su finalización. Foto de la autora.

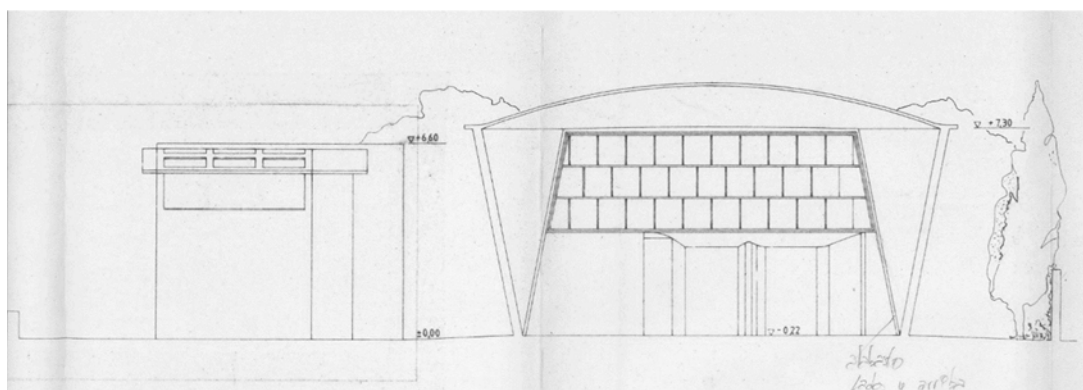


Imagen I.97.

Iglesia parroquial Sagrada Familia en Torrejón de Ardoz, Madrid, 1997–1998. Fachada principal del templo y fachada lateral del centro parroquial (no construido). Archivo Histórico Diocesano de Alcalá de Henares.

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

La forma de la parcela es un rectángulo de 1.500 m², ocupando la iglesia la zona este de la parcela, con la cabecera al norte y la entrada desde el sur.

Los responsables del proyecto fueron los arquitectos Ana M.^a Marín, Carlos Clemente, y Juan de Dios de la Hoz, con la colaboración de Eladio Dieste, siendo los técnicos españoles los encargados de dirigir las obras.

El templo que tenía como proyecto base la iglesia de Atlántida de san José Obrero y la Virgen de Lourdes en Atlántida, aquí sus dimensiones en planta son algo más reducidas, siendo estas de 27,1 m x 13,55 m (Imagen I.98), frente a los 30 m x 16 m de la planta de la iglesia uruguaya (Imagen I.11), conservándose la misma altura en ambas iglesias, de 7 m hasta la losa-alero y de 8,55 m hasta la clave de las bóvedas terminadas.

Además del templo, el proyecto contemplaba un volumen dedicado a dependencias parroquiales y un garaje subterráneo (Imagen I.98). Las obras se organizaron para realizarlas en dos fases, realizándose solo el templo y el campanario.

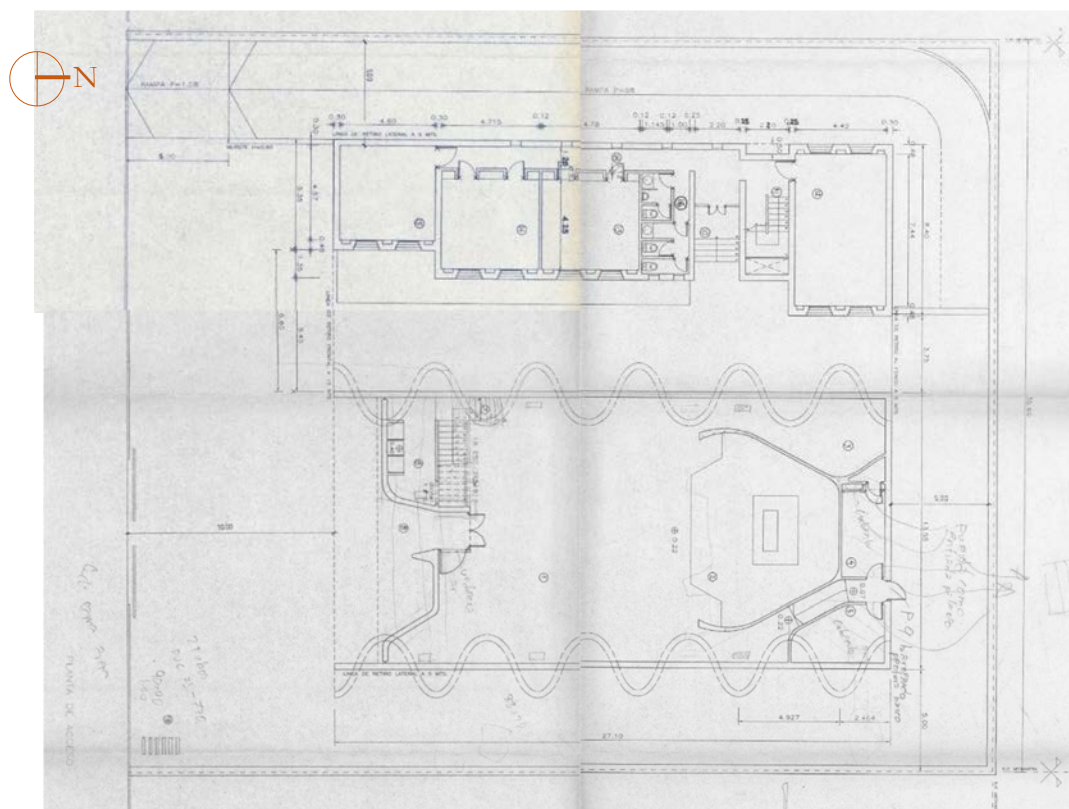


Imagen I.98.

Iglesia parroquial Sagrada Familia en Torrejón de Ardoz, Madrid, 1997–1998. Planta baja. Esta imagen se ha proporcionado con respecto a la Imagen I.11, orientándose según aquella para mejorar la lectura visual entre ambas plantas. Archivo Histórico Diocesano de Alcalá de Henares.

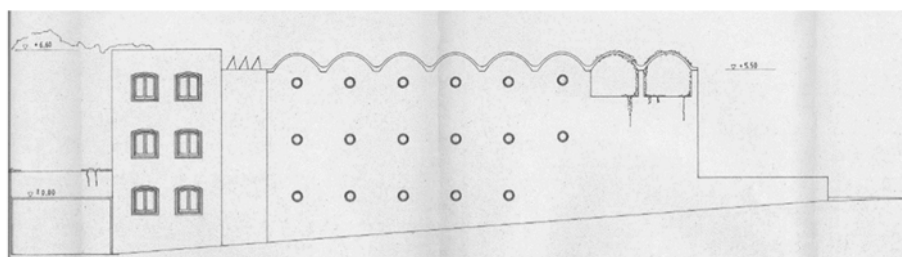
PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

Aunque el centro parroquial no se realizó es interesante estudiar su propuesta, al enlazar proyectualmente con la propuesta del de la iglesia de san Juan de Ávila en Alcalá de Henares (Imagen I.86), y con las propuestas uruguayas (Imágenes I.26 y I.27).

El centro parroquial, al igual que el de la iglesia de san Juan de Ávila, era un volumen de tres plantas, de 6,75 m de altura sobre el nivel del terreno, estando la planta baja ligeramente hundida en el terreno. El ancho variaba entre los 5,35 m del alzado sur y los 8,40 m del alzado norte, con 27,10 m de longitud (Imagen I.99). La estructura vertical eran muros de carga, formados por 2 1/2 pies de ladrillo visto interior y exteriormente, separados entre sí 6 cm, forjados intermedios planos de losetas de ladrillo, y la última planta abovedada, con bóvedas autoportantes sólidas, y caladas en uno de sus extremos.



(a)



(b)



(c)

Imagen I.99.

Iglesia parroquial Sagrada Familia en Torrejón de Ardoz, Madrid, 1997–1998. Centro parroquial. Las imágenes corresponden a: (a) alzado este, con vistas al templo; (b) alzado oeste; (c) sección longitudinal. Archivo Histórico Diocesano de Alcalá de Henares.

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma



Imagen I.100.

Iglesia parroquial Sagrada Familia en Torrejón de Ardoz, Madrid, 1997–1998. Vista general desde el coro hacia el presbiterio. Foto de la autora.

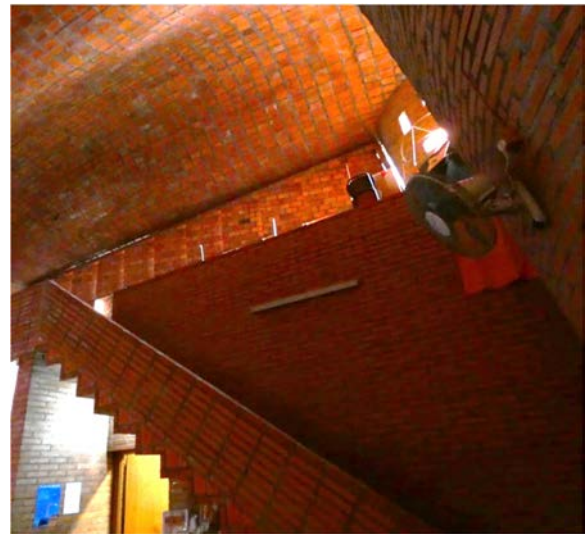


Imagen I.101.

Iglesia parroquial Sagrada Familia en Torrejón de Ardoz, Madrid, 1997–1998. Las imágenes corresponden a: (a) vista general interior del encuentro de las bóvedas con el cerramiento ondulado vertical; (b) vista interior de acceso al coro. Foto de la autora.

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

Durante el proyecto y obra se incorporó un cambio, que fue disminuir el ancho de la viga alero (Imagen I.102), también realizada en la iglesia de san Juan de Ávila (Imagen I.88.a).

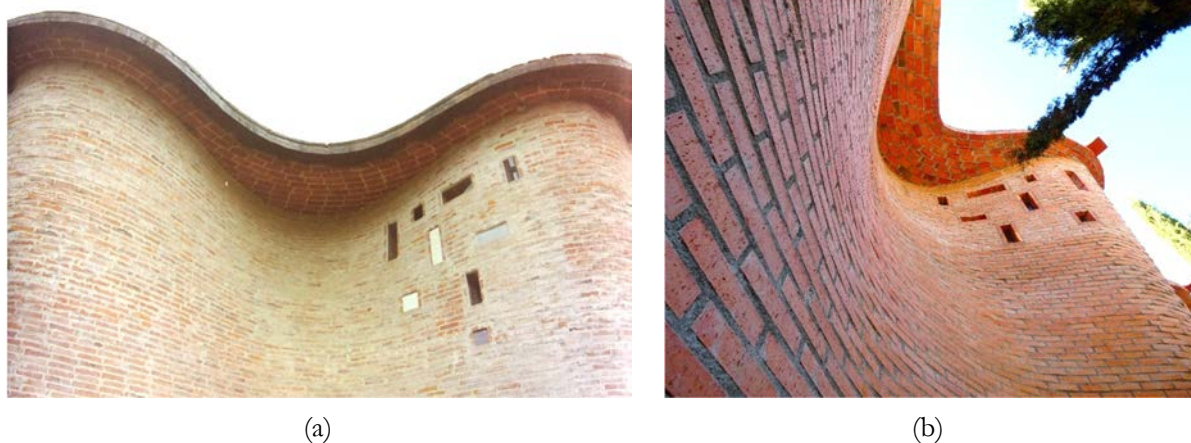


Imagen I.102.

Iglesia parroquial Sagrada Familia en Torrejón de Ardoz, Madrid, 1997–1998. Reducción del ancho de la viga alero. Las imágenes corresponden a: (a) iglesia en Atlántida, ancho del alero en la zona saliente 61 cm. Foto de la autora; (b) iglesia en Torrejón de Ardoz, ancho del alero en la zona saliente 26 cm. Foto de la autora.

Dieste tenía interés en realizar la cabecera por un cerramiento curvo (Imagen I.103), pues consideraba que en la iglesia uruguaya no está bien resuelto, dando la sensación de que no estaba terminada

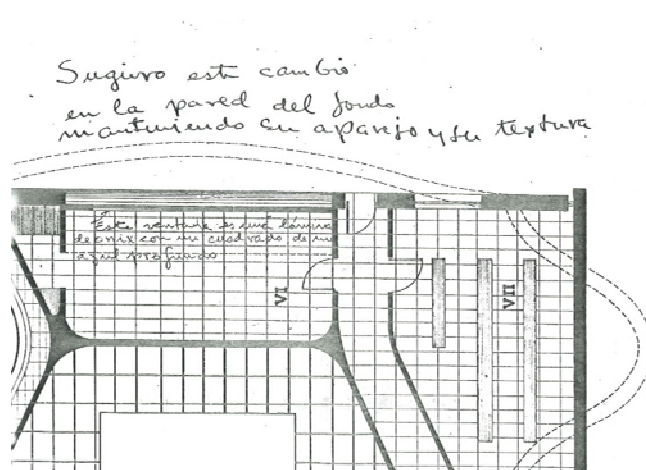


Imagen I.103.

Iglesia parroquial Sagrada Familia en Torrejón de Ardoz, Madrid, 1997–1998. Propuesta de sustitución del muro recto de la cabecera, por otro curvo. A mano indicaciones dadas por Dieste. Archivo Diocesano de Alcalá de Henares.

Iglesia parroquial Virgen de Belén en Alcalá de Henares, 1999–2000 e iglesia parroquial de Santa Cruz en Coslada, 1999–2000

Hay dos *iglesias parroquiales*, la de *Virgen de Belén* en Alcalá de Henares y la de *Santa Cruz* en Coslada, ambas en la Comunidad de Madrid, construidas entre los años 1999 y 2000, que se proyectaron en España por Carlos Clemente y Juan de Dios de la Hoz, con la técnica de la cerámica armada, con la colaboración de Eladio Dieste y su ingeniería (Clemente y De la Hoz, 1998).

La parcela de la *iglesia parroquial de Virgen de Belén* se encuentra ubicada en la avenida del Ejército número 33, en el barrio de Reyes Católicos de Alcalá de Henares. Su planta es trapezoidal, con una superficie de 3.442 m², y aunque las obras comenzaron en 1999, las propuestas sobre su parcela se remontan al año 1995.

Los primeros croquis realizados recogen un cono de gran altura, con el eje desplazado, cortado su remate por un plano, que se yergue sobre una base casi cuadrada de dos plantas (Imagen I.104).

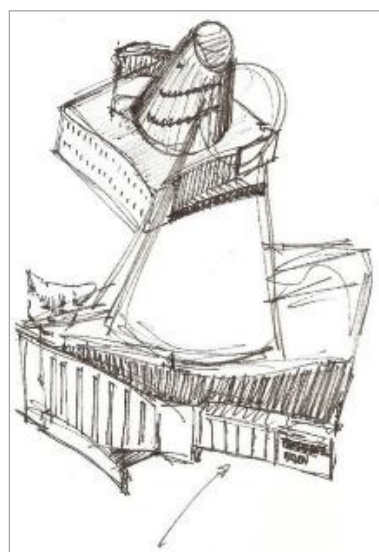
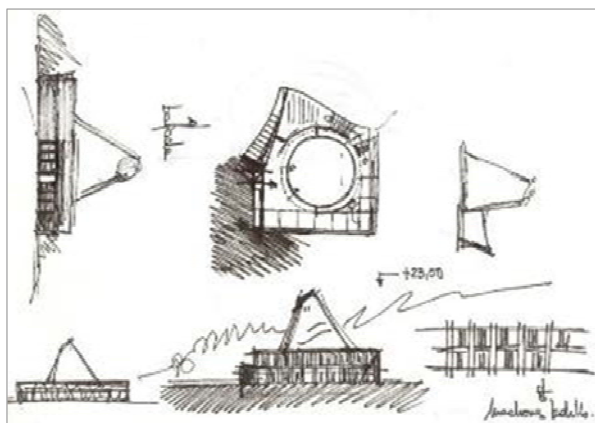


Imagen I.104.

Primeros croquis realizados por la autora de esta tesis siguiendo indicaciones de Eladio Dieste para la iglesia parroquial Virgen de Belén en Alcalá de Henares, sobre 1995.

Estos primeros esquemas enlazarían con los croquis inéditos realizados por Justino Serralta para la residencia de verano de las Hermanas Rosarinas de 1963, que Jorge Nudelman publica en su tesis doctoral *Tres visitantes en París. Los colaboradores uruguayos de Le Corbusier*, en el año 2013 (Imagen I.105).

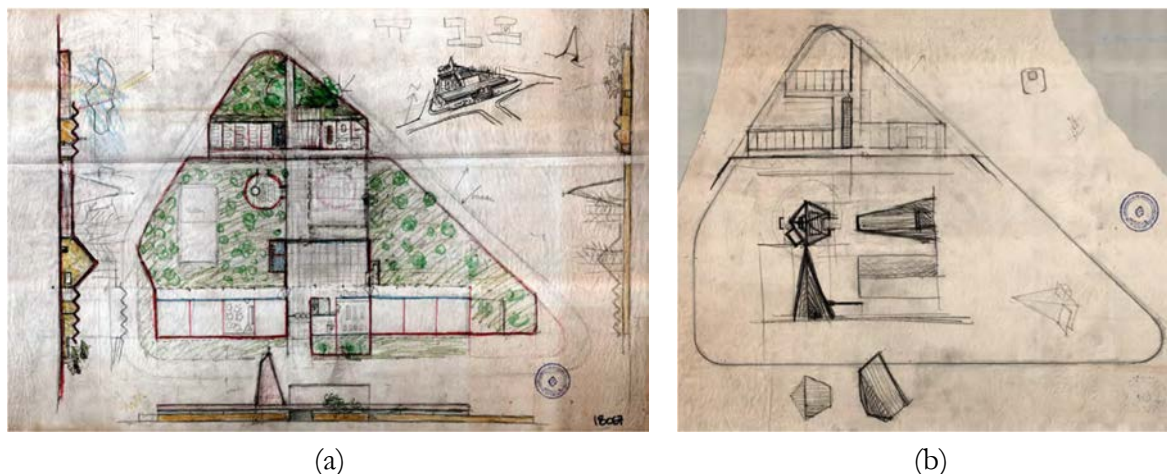


Imagen I.105.

Croquis para la residencia de verano de las hermanas rosarinas, realizados por Justino Serralta en 1963. Las imágenes se corresponden a: (a) primer croquis (Nudelman, 2013, p. 318); (b) variante para el proyecto (ibidem).

Para Nudelman (2013) los croquis realizados por Serralta, cuyo encargo estaba gestionado por Eladio Dieste, eran:

Previsiblemente, la construcción es de ladrillo. Parece una fusión de tipologías diestianas: torre, sí, pero con aspecto más cercano al ábside (lo único construido) de la iglesia de Nuestra Señora de Lourdes, en Malvín, o al de la iglesia de Colón de Luis García Pardo calculada y construida por Dieste en la misma época. (Nudelman, 2013, p. 319)

Pero el croquis del cono de la Imagen I.105.a, también se relaciona con los esquemas de la iglesia de Tremblay, realizados en el año 1929 por Le Corbusier, y que Serralta pudo conocer.

Los croquis de Trembay los retomó Le Corbusier años más tarde, para su iglesia en Firminy, realizando en 1963 la propuesta que años más tarde se desarrollaría para su construcción. La idea era en planta un círculo inscrito en un cuadrado. En volumen, un potente cono de base circular y eje vertical, cuyo remate estaba cortado por un plano inclinado respecto al eje vertical del cono se alzaba sobre un cubo.

Finalmente, la idea del cono para esta iglesia se desechó, sustituyéndose el cono por un cilindro, con una sección similar a la desarrollada para la Torre de Aragón.

En el año 1995 se realiza el *Proyecto básico para la construcción de la iglesia y del conjunto parroquial Virgen de Belén, Alcalá de Henares, Madrid*, constando el ingeniero Eladio Dieste

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

como colaborador y Ana M.^a Marín, Carlos Clemente y Juan de Dios de la Hoz como arquitectos.

El templo era de planta circular, con un radio de 20 m, inscribiéndose en un cuadrado donde solo tres de sus lados estaban contruidos, dejando libre el cuarto. En estos volúmenes periféricos, de hasta dos plantas sobre rasante, se distribuían las dependencias parroquiales, una capilla de diario, varias aulas y una vivienda. La luz libre de las crujías era de 5,3 m libres. El acceso principal se realizaba por la fachada suroeste. En la planta bajo rasante se disponía un aparcamiento.

En la Imagen I.106 se expone la planta de cubiertas y en la Imagen I.107 la sección noreste-suroeste.

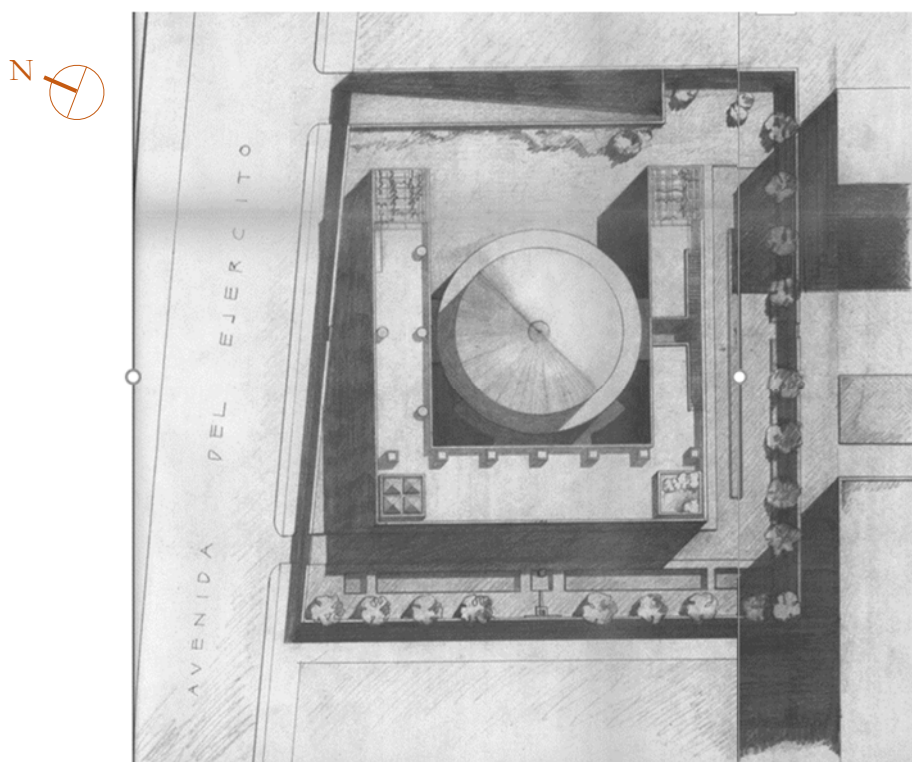


Imagen I.106.

Iglesia parroquial Virgen de Belén en Alcalá de Henares. Planta de cubiertas, propuesta año 1995. Archivo Histórico Diocesano de Alcalá de Henares.

Como se ve en la sección, la nave era un cilindro de dieciocho metros de altura, cerrado por una cúpula apuntada, con un óculo central, alcanzando los veintiún metros de altura en la clave. Este cilindro era concéntrico de otro mayor, ubicándose entre ambos una rampa que daba servicio a dos plantas abiertas a la nave.

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

Estos niveles intermedios estaban realizados como unos casquetes esféricos, dispuestos a diferentes alturas, con un óculo central que iba disminuyendo de tamaño según se ascendía.

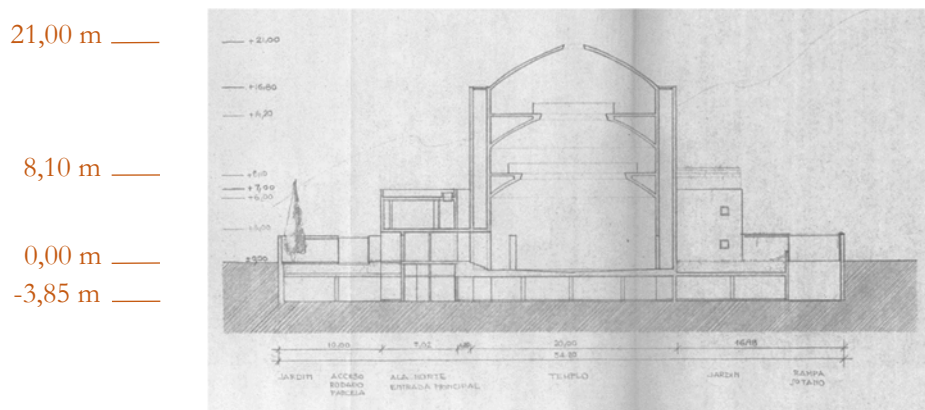


Imagen I.107.

Iglesia parroquial Virgen de Belén en Alcalá de Henares. Sección, propuesta año 1995. Archivo Histórico Diocesano de Alcalá de Henares.

En el año 1997 se presenta el *Proyecto de ejecución para la construcción del conjunto parroquial Virgen de Belén. Alcalá de Henares, Madrid*, que será el que se ejecute, realizado por los arquitectos Carlos Clemente y Juan de Dios de la Hoz, con la colaboración de Eladio Dieste y su ingeniería (Clemente y De la Hoz, 1998).

Se trata de una construcción de dos volúmenes paralelepípedos adosados, de diferente tamaño, de dos plantas.

El volumen mayor de 35,1 m de largo, 14 m de ancho y 4,65 de altura hasta el arranque de las bóvedas gausas, tiene dos niveles, situándose en planta baja la iglesia de una sola nave, con la sacristía, y un aseo, detrás del presbiterio. La otra planta es un semisótano, donde se sitúan la capilla de diario, diversas dependencias parroquiales y los aseos de uso general. La cubierta se solucionó con bóvedas de doble curvatura orientadas en sentidos opuestos, para permitir la entrada de la luz natural según el recorrido del sol.

El otro volumen es la entrada a la iglesia. Su planta es rectangular de 6,5 m de largo, 3,55 m de ancho y 3 m de altura se ubicaba al suroeste del conjunto, situándose el atrio y la escalera de bajada a la planta semisótano (Imagen I.108).

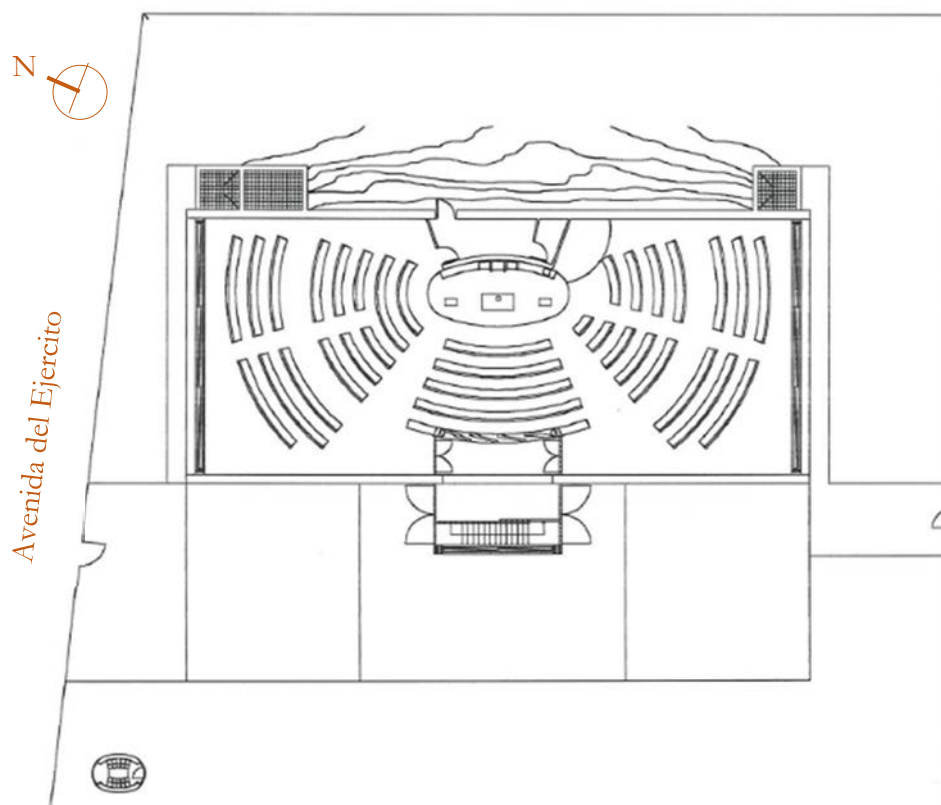


Imagen I.108.

Iglesia parroquial Virgen de Belén en Alcalá de Henares, 1999–2000. Planta baja, de la iglesia construida. Archivo Histórico Diocesano de Alcalá de Henares.



(a)



(b)

Imagen I.109.

Iglesia parroquial Virgen de Belén en Alcalá de Henares, 1999–2000. Las imágenes se corresponden a: (a) fachada lateral norte, en la actualidad se ha habilitada como entrada principal; (b) entrada a la iglesia, al fondo la torre-campanario. Fotos de la autora.

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

El conjunto parroquial se completaba con una torre-campanario, que en la documentación existente en el archivo aparece como cuadrada y elíptica, construyéndose como circular (Imagen I.109).

En la actualidad los ejes principales de la nave de la iglesia se han modificado, siendo el principal el lado largo del rectángulo, situándose el presbiterio en uno de los lados cortos del rectángulo y la entrada en el lado opuesto (Imagen I.110).

En la entrada también se han ubicado la capilla de diario y una sala parroquial, dejando el acceso principal original para el acceso a la planta semisótano.



(a)



(b)

Imagen I.110.

Iglesia parroquial Virgen de Belén en Alcalá de Henares, 1999–2000. Las imágenes se corresponden a: (a) entrada a la nave. Además de abrir la puerta de entrada a la iglesia en la fachada norte, en su interior la nueva entrada se ha compartimentado (en la parte izquierda de la foto, los volúmenes de color blanco), instalándose la capilla de diario y un despacho parroquial; (b) vista general de la iglesia. Foto de la autora.

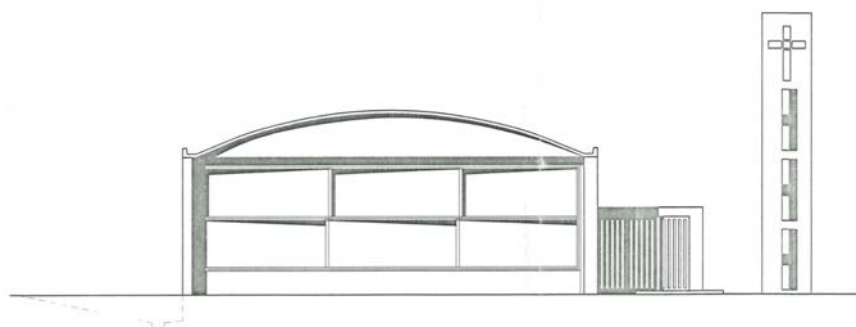


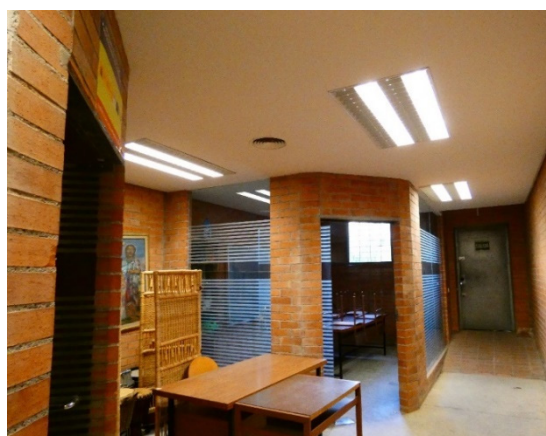
Imagen I.111.

Iglesia parroquial Virgen de Belén en Alcalá de Henares, 1999–2000. Fachada norte del conjunto parroquial. De las tres líneas de parte-soles que componen la fachada, la central se ha eliminado para realizar el hueco de entrada. Archivo Histórico Diocesano de Alcalá de Henares.

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma



(a)



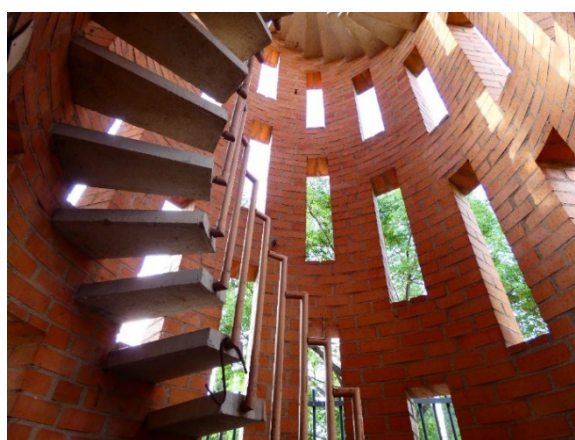
(b)

Imagen I.112.

Iglesia parroquial Virgen de Belén en Alcalá de Henares, 1999–2000. Planta semisótano. Las imágenes se corresponden a: (a) extremo norte de la planta, antigua capilla de diario, actualmente ubicada en planta baja; (b) extremo sur. La puerta al fondo de la derecha de la foto conduce al exterior este de la iglesia. Foto de la autora.



(a)



(b)

Imagen I.113.

Iglesia parroquial Virgen de Belén en Alcalá de Henares, 1999–2000. Las imágenes se corresponden a: (a) detalle de la fachada este; (b) interior de la torre-campanario. Fotos de la autora.

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

La parcela en la que se levanta la iglesia parroquial de Santa Cruz se encuentra situada entre las calles León Felipe y Chile, en el municipio de Coslada. Su planta es rectangular, con una superficie de 1.200 m².

En el año 1995 se realiza el *Proyecto básico para la construcción del conjunto parroquial de Santa Cruz, Coslada, Madrid*, de los arquitectos José Luis Mesejo Fariñas, Carlos Clemente San Román, y Juan de Dios de la Hoz, con el ingeniero Eladio Dieste como colaborador.

El templo era de planta circular, con un radio de 18,5 m, situándose en uno de sus lados un prisma rectangular con la función de centro parroquial, y en el otro de sus lados un gran pórtico de entrada (Imagen I.114).

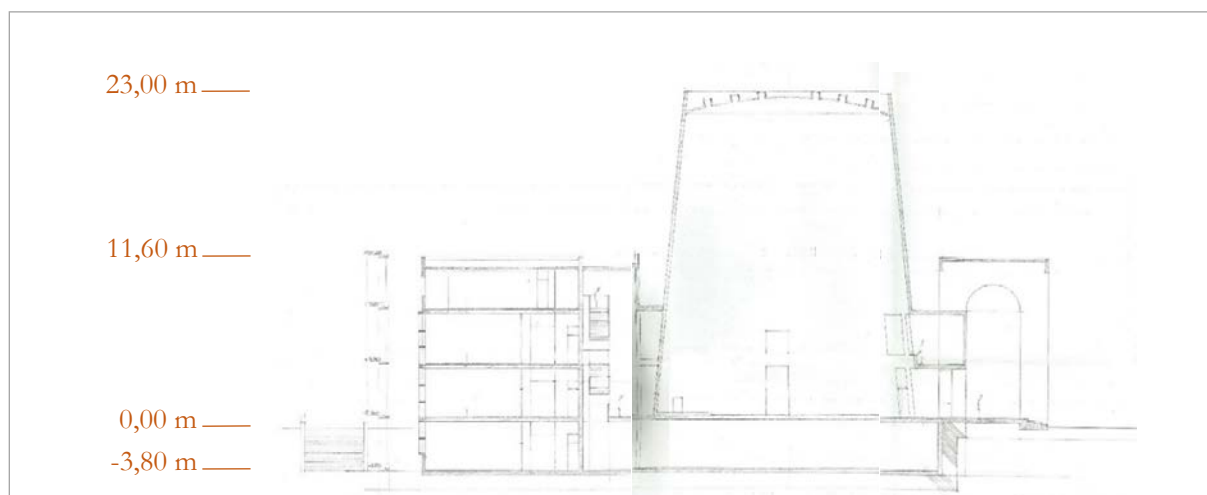


Imagen I.114.

Iglesia parroquial de Santa Cruz en Coslada, Madrid. Sección, propuesta año 1995. Archivo Diocesano de Alcalá de Henares.

En el año 1998 se presenta el *Proyecto de ejecución para el conjunto parroquial de Santa Cruz, Coslada, Madrid*, que será el que se ejecute, realizado por los arquitectos Carlos Clemente y Juan de Dios de la Hoz, con la colaboración de Eladio Dieste y su ingeniería (Clemente y De la Hoz, 1998).

Se trata de una construcción similar en tamaño, forma y realización constructiva que la realizada para la *iglesia parroquial de Virgen de Belén* de Alcalá de Henares, es decir, dos volúmenes prismáticos de diferentes tamaños, el mayor para templo, cubierto por bóvedas de doble curvatura discontinuas orientadas en sentidos opuestos, el otro volumen destinado a la entrada al edificio, instalándose en uno de sus laterales la escalera de bajada a la planta semisótano (Imagen I.115).

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

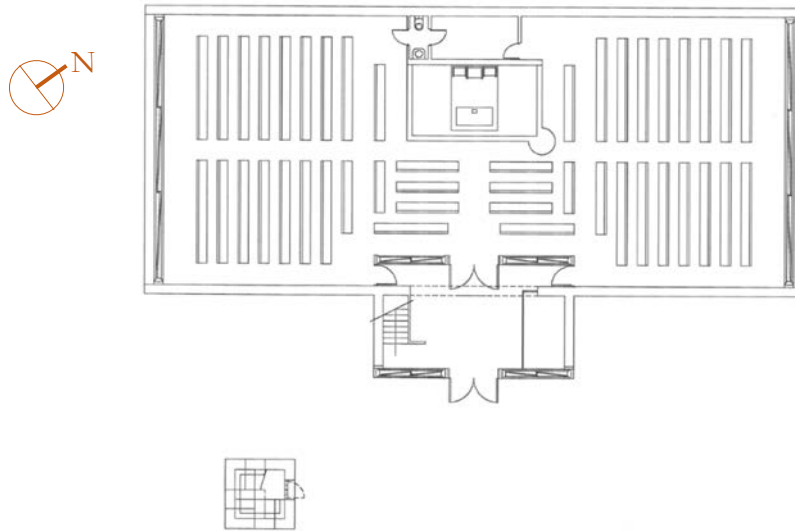


Imagen I.115.

Iglesia parroquial de Santa Cruz en Coslada, Madrid, 1999–2000. Archivo Diocesano de Alcalá de Henares.

Esta iglesia no ha tenido modificaciones, conservándose, por tanto, el eje transversal de la iglesia como principal (Imágenes I.116 a I.120).



(a)



(b)

Imagen I.116.

Iglesia parroquial de Santa Cruz en Coslada, Madrid, 1999–2000. Las imágenes se corresponden a: (a) vista general del templo, a la izquierda de la Imagen el acceso a la nave, a la derecha el presbiterio; (b) vista del presbiterio. Fotos de la autora.

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma

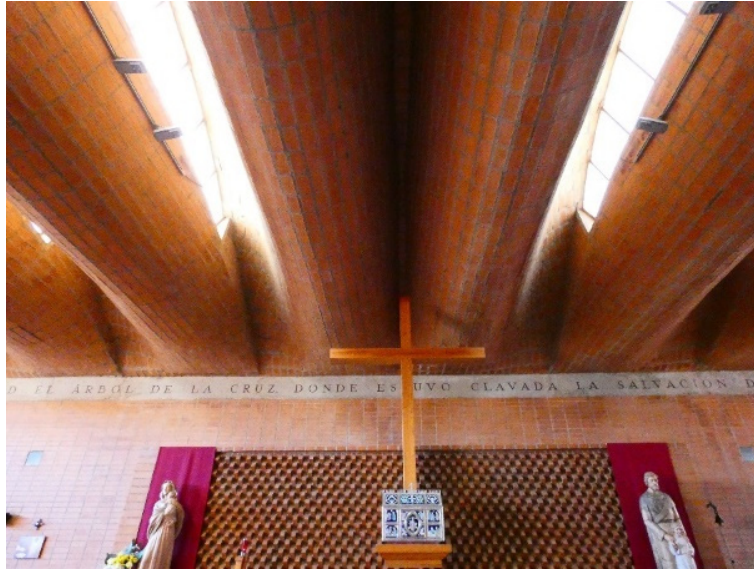
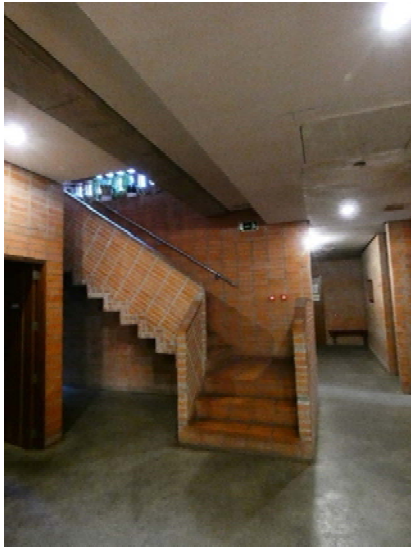


Imagen I.117.

Iglesia parroquial de Santa Cruz en Coslada, Madrid, 1999–2000. Vista del cambio de sentido de las bóvedas gausas sobre la zona del presbiterio. Foto de la autora.



(a)



(b)

Imagen I.118.

Iglesia parroquial de Santa Cruz en Coslada, Madrid, 1999–2000. Planta semisótano. Las imágenes se corresponden a: (a) escalera de bajada a la planta; (b) una de las aulas. Fotos de la autora.

PARTE I. Eladio Dieste, estructura y forma



(a)



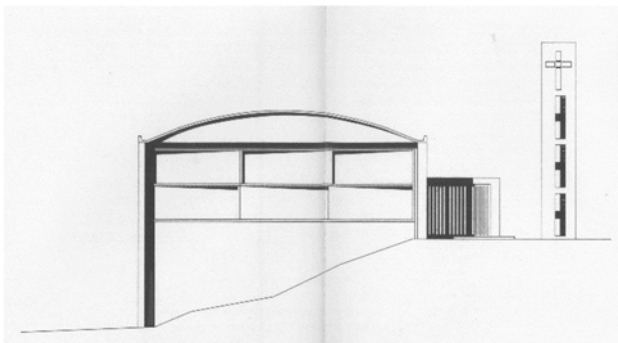
(b)



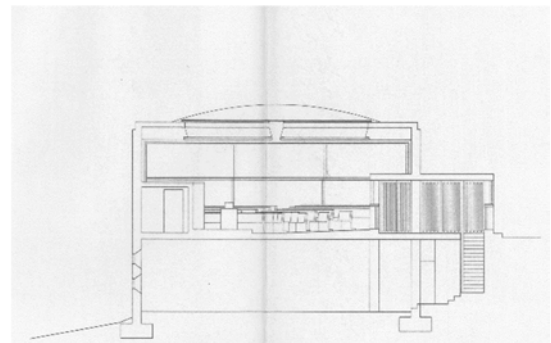
(c)

Imagen I.119.

Iglesia parroquial de Santa Cruz en Coslada, Madrid, 1999-2000. Fachadas. Las imágenes se corresponden a: (a) entrada al templo; (b) vista lateral sureste; (c) vista noroeste. Fotos de la autora.



(a)



(b)

Imagen I.120.

Iglesia parroquial de Santa Cruz en Coslada, Madrid, 1999-2000. Las imágenes se corresponden a: (a) vista fachada lateral sureste; (b) sección transversal. Archivo Diocesano de Alcalá de Henares.

El 19 de julio de 2000 fallece Eladio Dieste, y aunque el Senado de la Republica Uruguay le brinda un homenaje, así como la Universidad de Montevideo, se marchó sin hacer ruido, aunque quienes conocimos y compartimos a Eladio Dieste esa despedida nos suene a un hasta luego, pues le veremos:

[...] levantando la mano en señal de despedida, en la puerta de su casa cruzada por las nubes y los pájaros, desgarrada de sombras, agitada por los vientos que desata el río, tan solo y tan capaz de inventarse una arquitectura digna de la Cruz del Sur. (Alberto Petrina, 1996, p. 20)

8. Tablas resumen

Existen varias monografías sobre Eladio Dieste, sin aportar ninguna una relación completa de su obra. Hay dos que destacan que destacan porque son las que incluyen más obras:

- El libro *Eladio Dieste. Innovation in Structural Art*, editado en 2004 por Stanford Anderson, editado con Princeton Architectural Press, New York.
- La publicación web *Eladio Dieste 1917–2017* de Fausto Giovannardi.

Con los datos obtenidos de estas dos fuentes, a la que hay que añadir los datos obtenidos del material original enviado por Eladio Dieste para la realización del catálogo *Eladio Dieste 1943–1996*⁴⁵, se realizó una tabla en Excel, concebida como un documento de trabajo, para tener un criterio único en la referenciación de las obras, en su denominación y su fecha de construcción.

En vista del resultado obtenido, al poder contextualizar obra, periodos de construcción tipología estructural y dimensiones básicas en solo un documento, desarrollamos varias tablas, así la Tabla 1 expone las tipologías por usos de las construcciones. La Tabla 2 diferencia las construcciones en los países de Uruguay, Brasil, Argentina y España. La Tabla 3 distribuye las construcciones uruguayas por Departamentos.

Las tablas siguen abiertas para continuar incorporando datos y estudiar diferentes relaciones como la influencia que tuvieron los colaboradores, el desarrollo de las diferentes tipologías y el territorio donde se ubican, o la vinculación de los periodos de mayor y menor producción con las circunstancias sociales y políticas del país.

1941	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
																																			Estados Unidos																																			Francia																																			Alemania																																			Italia																																			Reino Unido																																			Países Bajos																																			Suecia																																			Noruega																																			Dinamarca																																			Polonia																																			Checoslovaquia																																			República Democrática Alemana																																			República Federal de Alemania																																			Grecia																																			Turquía																																			Francia (OCDE)																																			Italia (OCDE)																																			Reino Unido (OCDE)																																			Países Bajos (OCDE)																																			Suecia (OCDE)																																			Noruega (OCDE)																																			Dinamarca (OCDE)																																			Polonia (OCDE)																																			Checoslovaquia (OCDE)																																			República Democrática Alemana (OCDE)																																			República Federal de Alemania (OCDE)																																			Grecia (OCDE)																																			Turquía (OCDE)																																		

Tabla 2. Situación de las construcciones por países.

9. Conclusiones

Los principales promotores de las obras fueron los industriales, la Iglesia católica, la Administración pública y los arquitectos, siendo la principal condición que le imponían que, el coste económico de las construcciones fuese mínimo. Pero esta exigencia lejos de resultar una desventaja fue lo que le impulso para tener que buscar soluciones que terminaron singularizando el proyecto.

Eladio Dieste además de con su socio, el ingeniero Eugenio R. Montañez, trabajó con otros ingenieros, arquitectos y escultores, que tuvieron una activa participación en el desarrollo de sus obras. Los aportes proyectuales, constructivos, estructurales y personales de sus colaboradores hicieron que ganasen en expresividad las estructuras realizadas.

Su obra abarcó programas tan variados como polideportivos, oficinas, estaciones de autobuses, silos, mercados, fábricas, almacenes, centros comerciales, reservorios de agua elevados, torres de comunicación, iglesias y viviendas, siendo todo ello posible por el proceso constructivo creado.

Aunque su producción está enfocada hacia la obra industrial, internacionalmente se le conoce por su arquitectura sacra, compuesta básicamente por dos iglesias situadas en las ciudades de Atlántida y Durazno, y por la inacabada iglesia en el barrio montevideano de Malvín. Esto es debido a que, al comienzo de su carrera se le promocionó como un arquitecto que realizaba principalmente iglesias con técnicas artesanales, extendiéndose esta situación con el tiempo a otros países.

La elección de construir con cerámica armada en lugar de con hormigón armado, además de una razón de eficacia fue también moral, consistiendo esta en el derecho a decidir como quería construir, sin que las corrientes imperantes en la arquitectura y en la ingeniería se lo indicasen. Esto conllevó a tener que fundar su propia empresa para llevar a cabo sus realizaciones, y a la invisibilidad por gran parte de la comunidad internacional.

Notas

¹ La cita completa es: «No podemos seguir dando por sentado que el arte, la ciencia y la técnica nos han de venir de fuera. Hasta el gran Unamuno llegó a decir: ‘¡Que inventen ellos!’, aunque estoy seguro de que ésa fue una afirmación polémica que estaría dispuesto a rectificar.

Yo le hubiese contestado: Perdóneme usted, don Miguel, pero si inventan ellos, mandan ellos. No es moralmente lícito hurtarnos a la vida en ningún campo» (Dieste en Jiménez, 1996, p. 245).

² De Padrón según Oliveira (2011b), de Rianjo según Grompone (2011).

³ Eladio Serapio Dieste Muriel.

⁴ Con Olegaria Gonçalves Silveira, nacida en Río Grande, Brasil.

⁵ Ariel Dieste, 1910 o 1913–.?.

⁶ Presidente de la República de Uruguay durante los periodos de 1903 a 1907 y de 1911 a 1915.

⁷ Saúl Dieste, 1921–2006.

⁸ «La formación de mi padre era en humanidades, tenía una buena biblioteca y terminó sus días como profesor de historia del instituto después de haber hecho casi de todo» (Carta personal de fecha 9 de junio de 1998).

⁹ Eladio Esteban Dieste Saint Martín, es el nombre completo que figura en el certificado de bautismo de fecha 26 de octubre de 1944 (Caraballo, 2017, p. 37).

¹⁰ Rodrigo Gutiérrez Viñuales (Argentina, 1967) es profesor titular de Historia del Arte en la Universidad de Granada (España), y miembro de la Academia Nacional de la Historia (Argentina), siendo su línea de investigación principal el Arte Contemporáneo en Latinoamérica.

¹¹ Carta personal de fecha 26 de febrero de 1998.

¹² Carta personal de fecha 26 de febrero de 1998.

¹³ En Proyecto Educativo Dieste (2015), se varían levemente las fechas de actuación en la multinacional, fechando este periodo entre 1945–1948.

¹⁴ «Primero empecé trabajando en la construcción de puentes, cuando se hizo un gran pantano, Rincón del Bonete, que sumergía parte de la línea de ferrocarril inglesa. Entonces tuvimos que construirles a los ingleses unas vías de ferrocarril que rodearan el pantano. Ese fue mi primer trabajo. Y después de eso me acuerdo que la primera obra ya más de arquitectura fue con Bonet» (Gutiérrez, 1996 en Ramírez, 2002, s.p.).

¹⁵ Gutiérrez, 1996 en Ramírez, 2002, s.p

¹⁶ Antonio Bonet había nacido, crecido y estudiado arquitectura en Barcelona, educándose en el racionalismo del Movimiento Moderno. Siendo estudiante trabajó con Josep Lluís Sert y Josep Torres Clavé, conociendo en 1933 a Le Corbusier cuando asiste como estudiante al IV Congreso Internacional de Arquitectura Moderna (*CIAM*), pidiéndole entrar en su estudio.

Perteneció como socio estudiante al Grupo de Arquitectos y Técnicos Catalanes para el Progreso de la Arquitectura Contemporánea (*GATCPAC*), y en 1936, terminados sus estudios, viaja a París para participar con Sert en la realización del Pabellón de la Republica Española para la Exposición de 1937, incorporándose en el *atelier* de Le Corbusier.

En el estudio entra en contacto con obras como la *casa para fines de semana en Celle-Saint-Cloud* (1934) o el desarrollo del proyecto de *Reorganización agraria, granja y pueblo radiante* (sin lugar de Francia, 1938) en donde mezclaba materiales locales y avanzados para sus acabados, y creaba espacio arquitectónico a través de la repetición de un tipo estándar de bóveda rebajada de hormigón armado.

En Barcelona colaboró con Sert y Torres, en las *viviendas del Garraf* (1932–1935), experimentando con ellas la utilización del lenguaje vernáculo como parte de la modernidad. Así que cuando Le Corbusier les encargó a él y a Roberto Matta (1911–2002) un anteproyecto para la *casa Jaoul* –el segundo de toda la serie de anteproyectos que tuvo esta casa (Marín, Trallero, Fernández y Maza, 2003)– en la propuesta mezclaron una planta similar a la de Villa Savoye pero techándola con una cubierta ondulada, aparentemente sin un patrón formal regular, que apoyada en una finísima retícula de vigas y esbeltos pilares parecía gravitar en el aire.

En el estudio parisino Bonet conoció a los arquitectos argentinos Juan Kurchan (1913–1972) y Jorge Ferrari (1914–1977), emigrando con su invitación a Buenos Aires en el año 1938, recurriendo a su bagaje cultural para afrontar su actividad profesional en el país de acogida. Así, el lenguaje utilizado en el *edificio de estudios para artistas en la esquina de las calles Paraguay y Suipacha* (Buenos Aires, 1939), puede verse como una consecuencia de su experiencia con la *casa Jaoul* en donde la bóveda adquiere un protagonismo escultórico, y las *casas en Martínez* (Buenos Aires, 1940–1942), realizadas en colaboración con los arquitectos Jorge Vivanco (1912–1987) y Valerio Peluffo (¿– 1990), parecen derivarse de las viviendas del Garraf, y de las edificaciones con bóvedas seriadas de Le Corbusier, donde éstas dejan de ser un elemento singular para convertirse en el elemento formal que define el proyecto.

¹⁷ «(...) hay otro tópico nada fácil destruir: el de la suavidad y facilidad del clima latinoamericano, que nada tiene de suave ni aún en el trópico, el que, en particular, suponen

la dificultad de tener que transformar toda una manera de vivir inventada para otros climas» (Dieste en Jiménez, 1996, p. 245).

¹⁸ El proyecto de arquitectura y dirección de la obra la realizó el arquitecto R. Menchaca. La bóveda era de cañón corrido con directriz catenaria, atirantada y descansando en vigas de borde. Las juntas de mortero eran de 3 cm, armándose las paralelas a las directrices con 2 *hierros* Ø 6 mm, colocándose sobre la capa estructural de ladrillo un *enlucido de mortero* de 1 cm de espesor. Siendo el espesor total de 6,5 cm. La luz difiere levemente según publicaciones, para Dieste (1947) son 10,50 m y para Gilba Ltda. (1949) de 11 m., utilizándose una cimbra móvil, descimbrándose y desplazándose a las 48 horas (Gilba Ltda., 1949).

¹⁹ El proyectista fue el arquitecto R Biaggioni. Se cimentaron con pilotes Viermond (Gilba Ltda., 1949).

²⁰ La sociedad profesional con Eugenio Montañez se formalizaría entre los años 1954 y 1956 (Caraballo, 2017).

²¹ Justino Serralta había nacido en la ciudad de Melo, Dpto. de Cerro Largo, que igual que la ciudad de Artigas, donde había nacido Dieste, pertenecen a departamentos *de tierra adentro*, como diría Nudelman (2013, p. 257), fronterizos ambos con Brasil. Fue alumno de Julio Vilamajó, trabajando, siendo aún estudiante, entre los años 1943 a 1947, con el arquitecto Rafael Lorente en las oficinas de *ANCAP*.

En 1948, en uno de los tradicionales grupos de viaje que cada año realizaba la facultad de Arquitectura de Montevideo, recorriendo todo el mundo, conoció en París a Carlos Clémot, abandonando cada uno su grupo para quedarse en la capital francesa y entrar en el estudio de Le Corbusier, trabajando Clémot como becario en la urbanización de *Sainte Baume* (Francia) y en el *Plan regulador de Bogotá*, y Serralta en el estudio de la terraza de la *Unidad de habitación de Marsella*, realizando con André Maisonnier una maqueta de yeso de la capilla de *Notre Dame du Haut* en Ronchamp, y la versión definitiva del *Modulo 2* (Noguez 2010; Nudelman 2011 y 2013).

A finales de 1950, Serralta y Clémot llegaron a Montevideo entrando como docentes en la facultad de Arquitectura, y montando su estudio en el ático del edificio donde Dieste tenía el suyo, entablado amistad con él y su socio Montañez (Sasson, 2018).

²² El historiador Udo Kultermann, en su libro *La arquitectura Contemporánea*, del año 1969, califica al edificio El Pilar como el primer edificio en altura colgado. La estructura la diseñó García Pardo, la calculó el estudio Dieste & Montañez junto con el ingeniero Carlos Agorio, participando también el ingeniero Leonel Viera en el tensado de los perfiles (López de Haro, 2016).

²³ Dieste & Montañez desarrollaron un proyecto para la estructura en 1958, que es rechazada por García Pardo, siendo finalmente Leonel Viera el encargado de calcularla (López de Haro, 2016).

²⁴ Esta iglesia fue proyectada por Luis García Pardo en el año 1966, calculada por Dieste, y construida por Dieste & Montañez.

²⁵ Eduardo Dieste había estudiado en el Seminario Conciliar de Santiago de Compostela (España), abandonando el seminario antes de ordenarse para ingresar en la facultad de Filosofía y Letras. Su actividad política, literaria, social y artística tanto en España, como en Uruguay fue muy intensa, estando muy vinculado a diversos círculos de intelectuales. Fue docente, periodista, crítico literario y de artes plásticas, fundó *Teseo* un movimiento intelectual que partió del café Tupinambá, convirtiéndose en revista y sello editorial. Fue diputado por el Partido Colorado, cónsul en varias ciudades europeas –entre ellas España– norteamericanas y finalmente en Chile donde falleció (Grompone, 2011; Anáforas, 2016).

²⁶ Enrique Dieste fue el padrino en su bautismo, el 26 de octubre de 1944 en la parroquia del Sacratísimo Corazón de Montevideo (Caraballo, 2017).

²⁷ Fue pintor, muralista, ilustrador, publicó revistas, fundó talleres artísticos, dirigió la asociación de Arte Constructivo.

²⁸ Esteban, el segundo de los once hijos de Dieste, indica: «Sí. Para mí Yepes fue como un segundo padre. Filosóficamente él era lo contrario de papá porque era republicano, anticlerical. Era un anarquista puro, un liberal absoluto para el que no existían reglas más que la fidelidad a una amistad. Eran íntimos amigos con mi padre. Es curioso que alguien que era anticlerical hiciera el cristo de la iglesia de Atlántida. Papá no quería que lo hiciera otra persona más que él porque lo respetaba mucho como escultor, como artista y por supuesto como amigo» (Así es la Historia, 2019).

²⁹ «En términos políticos (...) estuvo inicialmente cercana al pensamiento anarquista y luego al socialismo, pero sobre finales de los años 50 se acercó al ala más progresista del catolicismo uruguayo que se desarrollaba en torno al arquitecto Juan Pablo Terra» (Caraballo, 2017, p. 39).

³⁰ Alberto Giudice estaba casado con Adela Urioste, constituyendo «uno de los matrimonios católicos más activos del país» (Méndez, 2016, p. 85).

³¹ En los dormitorios de la casa Dieste se realizaron pequeñas aperturas en las partes altas de las paredes de fachada cerrándolos con vidrios de colores, para que los haces de luz que los atravesaban fueran marcando las horas del día en suelos y paredes.

³² En la iglesia de Atlántida del escultor Eduardo Yepes, y en la iglesia de Durazno del escultor Claudio Silveira.

³³ Como ejemplo están los parteluces del atrio de la iglesia de Atlántida.

El aparejo de los paneles de los parteluces se empezó a construir con los ladrillos colocados a tabla, en posición vertical y las juntas corridas (Carbonell, 1987, p. 129, Fig. 19), dando una sensación de quietud no buscado. Se rehicieron colocándoles a tabla, en posición horizontal y matadas las juntas. Como las juntas verticales entre ladrillos iban armadas, para continuar su linealidad, se cortaron los gruesos de los ladrillos por su mitad, paralelamente a la soga, con el ancho suficiente para que entrase el alambre y el mortero que le arropaba.

³⁴ Hay viviendas en venta actualmente en el mercado inmobiliario uruguayo donde se indica que son de Eladio Dieste. Revisadas presentan la misma disposición de aparejos, texturas y esbeltez en las bóvedas, que las viviendas que si están datadas.

³⁵ En la delineación de los planos interviene Fausto Banderas, que estaba trabajando en el estudio de Serralta y Clémot (Oliveira, 2011).

³⁶ La orientación idónea para la dirección del sol en el hemisferio sur (Dieste en Jiménez, 1996).

³⁷ En coautoría con Cándido Zunin³⁷, arquitecto municipal, jefe Inspector Técnico del Gobierno Municipal de Artigas desde 1933, muy influenciado por el Art Decó, las vanguardias europeas, de las ventajas que ofrecía el hormigón armado y de la creación de una arquitectura regional a través del material (BSAU, 2015), y con Marcelo Sasson, antiguo alumno de Dieste, que termina sus estudios de ingeniero civil en 1956, entrando en la empresa como colaborador (Castellanos, 2020).

³⁸ Junto con el arquitecto Guillermo Jones Odriozola (Nómada, 2018).

³⁹ «En Porto Alegre el proyecto urbanístico y arquitectónico de la gran área del mercado se les encomendó a dos muy buenos arquitectos: Maximiliano Fayet y Claudio Araújo que nos llamaron para que colaboráramos en el proyecto de las cubiertas de varios de los edificios del Mercado.

Este escueto resumen está muy lejos de describir adecuadamente nuestra colaboración en el proyecto. Realmente formamos un equipo, esa cosa tan difícil de lograr pero que cuando se consigue fruto de enriquecimiento de lo que se hace y de mayor plenitud personal de cada miembro» (Dieste en Carbonell, 1987, p. 106).

⁴⁰ El acto se celebró en la iglesia de Atlántida, el 10 de septiembre de 1993.

⁴¹ Este taller iba a ser dirigido por Álvaro Siza y tutorizado por Jorge Moscato. Siza no pudo asistir, haciéndose cargo Moscato.

⁴² Revisado el Archivo de la Universidad de Alcalá (*AUAH*), aunque se conservan trabajos de alumnos que intervinieron en el taller, no se ha encontrado documentos referentes a la propuesta desarrollada por Dieste. De lo realizado en el taller queda el

primer croquis (Imagen I.56) y los precálculos del diseño (Imagen I.57) para comprobar su viabilidad estructural.

⁴³ Jorge Bliman pertenecía al estudio de Dieste & Montañez.

⁴⁴ Con un presupuesto de 318.396.685 pesetas, un plazo de ejecución de treinta meses, cerrándose la presentación de ofertas el 5 de septiembre de 1997 y abriéndose las ofertas el 15 de septiembre de ese mismo año.

⁴⁵ El catálogo *Eladio Dieste 1943–1996*, publicado en 1996, realizado con motivo de la exposición itinerante organizada por la Dirección General de Arquitectura y Vivienda de la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía, elaborado por Antonio Jiménez, siendo el responsable de la exposición Martín de Porres Ramírez, es un documento que recoge las obras que intervenían en la exposición.

Parte II. La cerámica armada de Eladio Dieste

1. Los componentes del sistema

4) SALON INTERNACIONAL DEL AUTOMOVIL – PUNTA DEL ESTE

Dimensiones; 34,50 mts. x 84,50 mts.

Batería de 9 bóvedas autoportantes de directriz catenaria, 8,50 de luz transversal y 28 mts. entre eje de pilares en el sentido del cañón o viga; ménsula de 4 mts. en extremo y 2,50 en el otro.–

La bóveda autoportante no lleva tímpano ni tensor.–

El empuje es resistido por las vigas losas extremas que también eran de ladrillo armado, las que por los pilares transmiten el empuje al terreno.–

El borde de la bóveda recibe parte del peso de la viga losa.– (en otras obras la bóveda recibe la reacción de una losa de 5 mts. de ancho, aprox. 800 kg/ml.–

Las bóvedas autoportantes eran precomprimidas en los valles con varios cables rectos de distintos largos.–

La bóveda es construida de ladrillos con armadura en las juntas, y terminadas con una capa de mortero de cemento armado, de 2 cms. de espesor, con el que se le da estanqueidad.– Superiormente se pinta de blanco.–

Las bóvedas se construyen con bordes móviles, que tienen la forma catenaria y un largo que es una fracción de la viga, o mejor el lar–

go de una tabla (5,50) o media tabla (2,75m), o sea que la viga se va construyendo por segmentos.–

Se desencofra al día siguiente de hecha la faja, y cuando se hace de mañana se puede desencofrar en la tarde.–

El ladrillo usado en esta obra es de campo, o sea hecho a mano en forma primitiva.– Su colorido lo hace muy agradable a la vista.–

2) FABRICA TEM.– Vista interior

2 naves adyacentes de 43 mts. de luz cada una, y 96 mts. de longitud.–

Realizada con piezas de cerámica hueca 25 cms. x 25 cms. x 10 cms. unidas con mortero de arena y portland, y sobre la cerámica una capa de 2 cm. a 2,5 cm. de mortero.–

Armadura de la bóveda 3,00 kg/m².– Tensores cara 6,00 mts; pilares laterales cada 6 mts; pilares interiores cada 12 mts.

Cada nave se construyó con un molde móvil de 6 mts. x 43,00 mts.– El llenado de cada molde lleva un poco mas de 2 días, retirando el molde al día siguiente de terminada la faja de bóveda, o sea a las 15 o 16 horas de terminada.– Con los 2 moldes se hacía un promedio de 4 fajas de bóvedas por semana, o sea, 1000 m². por semana.–

La impermeabilidad de la bóveda se obtiene con la capa de arena y portland armado mencionada arriba.– Exteriormente se pinta de blanco para reflejar la radiación solar.– Los lucernarios se hacen en su lugar definitivo.– Se obtiene una buena aislación técnica; muy buena iluminación y un buen acondicionamiento acústico.–

Transcripción de los textos de Eladio Dieste explicando las obras de referencia (Ramírez, 2002).

1. Los componentes del sistema

1.1. Introducción

¿Qué es la cerámica armada? En el artículo *Bóveda nervada de ladrillos de espejo* de Eladio Dieste, publicado en la Revista de ingeniería de Montevideo, en el año 1947, ya se señalan las características de este material y de su tecnología, mostrando a la sociedad internacional que Uruguay podía ser un centro de tecnología utilizando el material autóctono del país, en construcciones fáciles de ejecutar, con resultados visuales y estructurales asombrosos.

En el artículo *La invención inevitable* Dieste indica:

Afirmando algo que todos seguramente compartimos y habiendo rodado bastante por el mundo, creo que es mucho lo que la cultura iberoamericana tiene que dar al mundo (entre otras cosas, inventar una manera de vivir en el trópico que no masacre a la mayoría). Y ese darse supone ser. El mundo del futuro no será una especie de imposible esperanto de civilizaciones, sino algo lleno de sabores. Y para ser humanamente, construyendo de veras este mundo, conformándolo por y para el hombre, necesitamos también de la técnica. Y no accederemos a ella de manera viva, sin que la realidad nos lleve muchas veces a una invención inevitable. (Dieste en Jiménez, 1996, pp. 257 y 258)

En este capítulo se van a analizar los diferentes componentes que forman la cerámica armada.

1.2. Análisis de los componentes

La trayectoria de Eladio Dieste fue tan amplia, el nuevo material tan versátil y el ritmo de trabajo tan rápido, que el resultado edificatorio fue muy extenso, realizándose con la cerámica armada desde bóvedas y cúpulas hasta muros de contención, muros portantes, losas o escaleras.

Los componentes de la cerámica armada son las siguientes:

- Geometría.
- Materiales.
- Bienes de equipo: medios auxiliares y equipos.
- Mano de obra.

1.2.1. Geometría

Dieste comenzó su andadura como proyectista y constructor, especializándose en cimentaciones y cubiertas, escogiendo la curva catenaria como forma geométrica para desarrollar sus estructuras laminares de cubierta.

La curva catenaria es aquella curva generada por una cadena, un cable o una cuerda, de densidad uniforme, que suspendida de sus dos extremos solo se encuentra sometida a las fuerzas de su propio peso. No podemos hacer referencia a la existencia de una sola curva catenaria sino a una familia, pues variando las coordenadas de sus extremos y su longitud tendremos curvas diferente. Si invirtiéramos la curva catenaria obtendríamos una anti catenaria con soluciones de equilibrio formadas por elementos sólo comprimidos, y de este fundamento se aprovechó Dieste para realizar sus estructuras (Imagen II.1.1).

La elección de la directriz significaba elegir una forma que estuviera conforme con el material con la iba a materializar, así que utilizar la catenaria, frente a otras directrices, implicaba que todos los mampuestos estarían comprimidos, los arcos podían ser de muy poco espesor al no tener que soportar flexiones, lo que le suponía poder utilizar menos cantidad de material, por tanto, menos peso, menores dimensiones para las estructuras de sostén, y menos mano de obra.

Elegimos como directriz la catenaria, luego el peso produce compresión simple; y esta compresión hace capaz a la estructura de resistir flexiones. Esta capacidad aumenta mucho si consideramos un “mínimo constructivo” de armadura. (Dieste en Jiménez, 1996, p. 41).

PARTE II. 1. Los componentes del sistema

La primera lámina en cerámica armada que construye son las bóvedas antifuniculares de la casa Berlingieri, Dpto. de Maldonado, 1947. Utilizó un ladrillo cerámico macizo, colocado en plano, por lo que el espesor de la bóveda era 5,5 cm correspondiente al grueso del ladrillo, para cubrir una luz transversal de 6 m, siendo la flecha $1/6$ de la luz. Las bóvedas apoyaban en unas vigas de borde de hormigón armado, colocándose también un peto de coronación alineado con el cerramiento de fachada, que además de la consideración estética, proporcionaba un peso vertical añadido que, sumado al atirantamiento interior de las bóvedas, trataban de solucionar los empujes horizontales existentes.

La evolución estructural de esta solución constructiva pasó por eliminar los elementos que enmascarasen a la curva matemática mostrando la directriz con su espesor y suprimiendo el atirantamiento.

Pero cuando los encargos le exigieron aumentar las luces transversales, las soluciones pasaron por:

- ondular la lámina longitudinalmente solucionando con ello los problemas de pandeo y la resistencia al viento,
- aumentar el espesor de la lámina para aumentar la rigidez, pero esto aumentaba el peso repercutiendo en los moldes móviles que había que hacerlos con mayor sección, encareciendo el precio,
- colocar arcos de rigidez por el intradós, lo que ocasionaba discontinuidades bruscas de sección que afectaban al régimen elástico de la membrana, además de complicar el molde, el desencofrado y el traslado,
- colocar arcos de rigidez por el trasdós dificultaba la impermeabilización al favorecer la creación de fisuras entre el arco y la lámina por tener espesores diferentes.

La elección fue curvar doblemente la curva. Transversalmente tomo a la curva catenaria como directriz, la hizo variar desde un máximo en la clave hasta cero contra los elementos resistentes de borde, lo que le permitió reducir las dimensiones de estos, y longitudinalmente fue desplazando la catenaria manteniendo la cuerda y el encuentro con los arranques, pero variando la flecha (Imagen II.1.2).

Dieste elaboró en 1967 junto con el Centro de Computación de la facultad de Ingeniería de Montevideo unas tablas con los valores necesarios para los cálculos y así dibujar las curvas sin esfuerzo. Los datos de partida (Imagen II.1.1) eran la luz (L) y la flecha (f) y por tanto conociéndose L/f , las tablas aportaban el ángulo φ_0 , la $\text{tg } \varphi_0$, el $\text{cos } \varphi_0$, o el $\text{sen } \varphi_0$, y el resto de los valores. El libro de Galaor Carbonell (1987) aporta las tablas indicadas.

PARTE II. 1. Los componentes del sistema

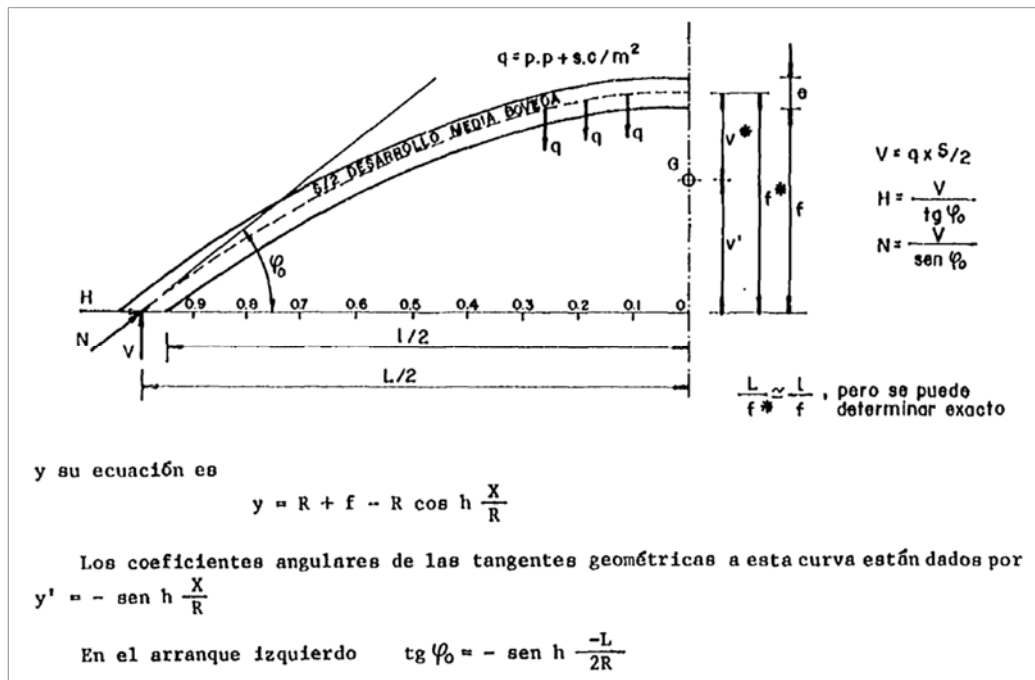


Imagen II.1.1.

Curva anti catenaria (Dieste & Montañez, 1985, p. 4).

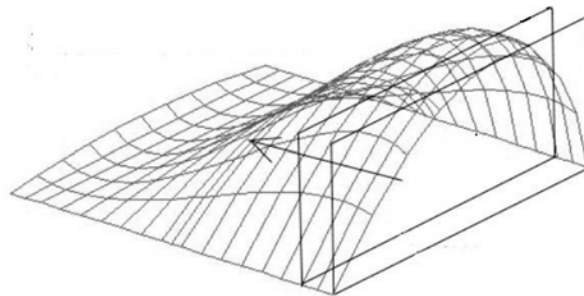


Imagen II.1.2.

Bóveda gausa discontinua tipo. Axonométrica (Pedreschi y Theodossopoulos, 2007, p. 5).

Aplicando los principios básicos de la matemática y de la física, también proyectó y construyó superficies laminares para cerramientos verticales, donde volvió a buscar que resistieran las cargas por la forma y no por acumulo de material, ampliándose el complejo mundo estructural de las bóvedas de simple y doble curvatura con otras superficies regladas, estudiadas en el siguiente capítulo de esta tesis doctoral.

1.2.2. Materiales

El principal material estructural con el que se realizaron las construcciones proyectadas por Dieste fue la arcilla cocida, siendo la razón de su elección, además de los aspectos tecnológicos que en el apartado 1.2.2.1.1. Piezas cerámicas se indican, porque en todo el territorio de Uruguay había arcilla y posibilidades de tener un horno para cocer y obtener ladrillos, con el que poder realizar las bóvedas y también los muros que las soportaban, a diferencia del cemento y del acero que había que importarlos, de aquí la minimización en la utilización de estos.

La clasificación aquí realizada distingue entre los materiales estructurales como son la arcilla cocida, el cemento y el acero, de los materiales no estructurales pero que son necesarios para completar y acabar las construcciones.

1.2.2.1. Materiales estructurales

Los materiales estructurales utilizados para la construcción de láminas estructurales de cubiertas, cerramientos, muros de contención, losas, etc., fueron:

- Piezas cerámicas.
- Conglomerantes y conglomerados.
- Acero e hierro.

1.2.2.1.1. Piezas cerámicas

Dieste generalmente denominaba ladrillo a cualquier tipo de pieza cerámica utilizada (Jiménez, 1996). Su elección era debida a una serie de razones divulgadas a través de sus publicaciones, y que básicamente eran (Carbonell, 1987):

- elevada resistencia mecánica,
- gran ligereza,
- a igualdad de resistencia, menor módulo de elasticidad,
- buen envejecimiento con un mínimo mantenimiento,
- las reparaciones se notaban menos,
- buena aislación térmica, mejorándose con las piezas huecas,
- buen comportamiento acústico debido a las formas utilizadas, conseguidas por la facilidad que tenía el ladrillo de adaptarse a ellas,
- buena capacidad de regulación natural de la humedad ambiente,
- buen comportamiento frente al clima, y
- costos generales de las estructuras más bajos que los realizados con materiales equivalentes.

PARTE II. 1. Los componentes del sistema

Las piezas cerámicas utilizadas para uso estructural eran dos:

Piezas cerámicas macizas

Piezas cerámicas macizas (Imagen II.1.3):

- Ladrillo común: de caras bastas y desigual colorido. Dimensiones: 25 x 12 x 7 cm y 25 x 12 x 5,5 cm.
- Plaqueta: de caras bastas y desigual colorido. Dimensión: 25 x 12 x 2,5 cm.
- Ladrillo de gres: de caras regulares. Dimensión: 25 x 12 x 5,5 cm.



(a)



(b)

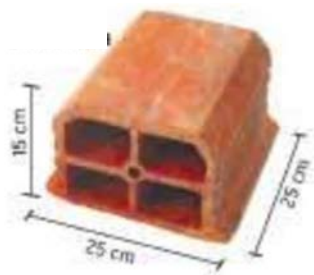
Imagen II.1.3.

Piezas cerámicas macizas. Las imágenes corresponden a: (a) ladrillo de campo; (b) plaqueta. Fotos autora.

Piezas cerámicas perforadas o huecas

Las piezas cerámicas perforadas también las denominaba huecas. Con las perforaciones paralelas a la cara de apoyo (Imagen II.1.4).

- Bovedilla: pieza paralelepípeda, con la suela de mayor dimensión que el resto de la pieza (tiene unas alas que sobresalen). Dimensiones: 25 x 25 x 15 cm y 25 x 25 x 10 cm.
- Ticholo: pieza paralelepípeda. Dimensiones: 25 x 25 x 12 cm, 25 x 25 x 10 cm, 25 x 25 x 8 cm y 25 x 25 x 7 cm.



(a)



(b)

Imagen II.1.4.

Piezas cerámicas perforadas utilizadas en las obras de Dieste. Las imágenes corresponden a: (a) bovedilla (Baldassari et al., s.f., p. 5); (b) ticholo, dimensiones 25 x 25 x 7 cm. Foto autora.

PARTE II. 1. Los componentes del sistema

Dieste exigía que las piezas cerámicas utilizadas tuvieran una resistencia a la rotura de (Dieste & Montañez, 1985)¹:

$$\sigma_{rot.} > 220 \text{ kg/cm}^2 \text{ (22 MPa)}$$

Aplicaciones de las piezas cerámicas

La utilización de las piezas generalmente estaba en función de las necesidades estructurales. Así para:

– Ladrillos macizos: utilizados en bóvedas de simple curvatura, losas destinadas a forjados y estructuras plegadas, estructuras laminares de cerramientos, particiones interiores, estructuras para la contención de agua.

– El ladrillo común es la pieza cerámica utilizada usualmente como material resistente o incorporada de manera esencial a la construcción.

– La plaqueta la utiliza estructuralmente cuando por razones estructurales debe rebajar el ladrillo para dejar incorporada en esa diferencia la armadura necesaria (Imagen II.1.5), aunque también la utiliza como revestimiento.

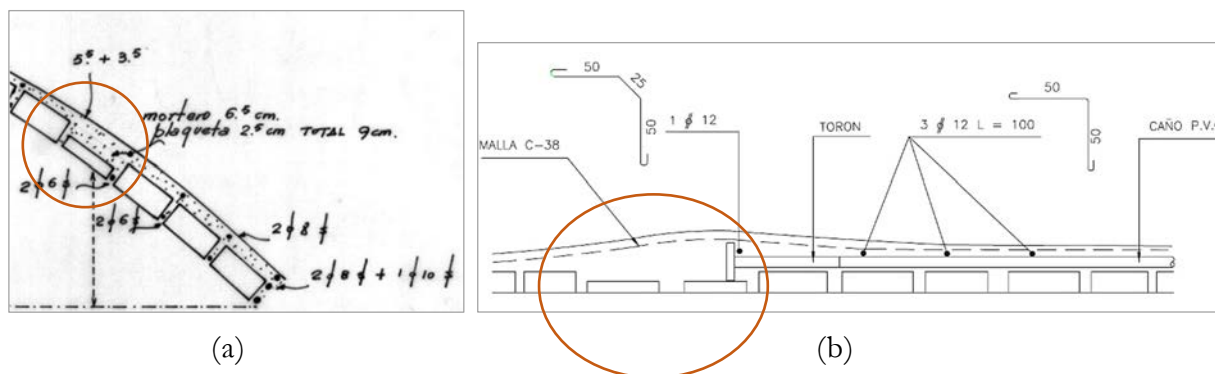


Imagen II.1.5.

Las imágenes corresponden a: (a) detalle de la sección transversal de una de las bóvedas de simple curvatura en la casa Dieste, en Punta Gorda, Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1961–1963 (Jiménez, 1996, p. 116); (b) anclaje de los cables de pretensado en una bóveda autoportante (adaptado de Jiménez, 1996, p. 205). Marcado con un círculo color teja la situación de la plaqueta.

– El ladrillo de gres era utilizado como material resistente cuando ha de ser visto por ambas caras o cuando su ubicación en la construcción hace aconsejable tener una textura cuidadosa. Sobre el coro de la iglesia de Atlántida, Dieste se manifestaba:

El coro es un entrepiso todo de ladrillo (...). El intradós es de ladrillo de espejo y el extradós de ladrillo de gres que cumple una doble función, es a la vez piso y estructura. (Dieste en Carbonell, 1987, p. 134)

– Ladrillos perforados: utilizados en las bóvedas de doble curvatura, y en las bóvedas de simple curvatura de grandes luces, pues aumentaba el grosor de la lámina, mejorando así su comportamiento estructural sin aumento significativo del peso.

1.2.2.1.2. Conglomerantes y conglomerados

El conglomerante utilizado era el cemento Portland, que convenientemente dosificado con arena y agua, utilizaba para fabricar el mortero.

La composición de los morteros variaba dependiendo de la función que debían de desempeñar dentro de las construcciones.

Aplicaciones de los morteros

A diferencia de cómo se han expuesto las piezas cerámicas, que ha sido producto y aplicación, para un mejor entendimiento de los morteros se ha considerado invertir los conceptos, por ello la exposición de estos partirá de cuál es la aplicación para pasar posteriormente a explicar las características de los morteros utilizados.

Estructuras laminares de cubierta

– Juntas entre ladrillos: dosificación en volumen 1:2, 1:2,5 o 1:3 (relación cemento: arena), consistencia blanda y muy compactado (Dieste & Montañez, 1985).

El espesor de las juntas² estaba en función del diámetro de la armadura que se había dejado embebida en su masa. Así, si se trataba de un redondo de Ø 6 mm, se necesitaba un espesor de junta de unos 18 mm, para colocar a cada lado la misma distancia del diámetro del redondo que arropaba, consiguiendo de esta manera asegurar que la armadura no entrase en contacto con el material cerámico. Si se quería visualizar una junta estrecha, entonces se entallaba la pieza cerámica (Imagen II.1.6).

PARTE II. 1. Los componentes del sistema

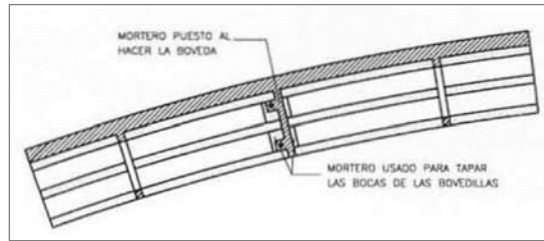


Imagen II.1.6.

Detalle sección longitudinal de una bóveda de doble curvatura. Los huecos de las bovedillas se debían de cerrar con mortero antes de amorterar la junta, para que no entrase por los huecos de la bovedilla y aumentase el peso de la bóveda innecesariamente. Las piezas cerámicas en contacto con las juntas armadas se tallaban para absorber el grueso que suponía el mortero arrojando a la barra de acero, viéndose así todas las juntas con el mismo espesor (Carbonell, 1987, p. 37).

– Capa de alisado³, era una capa de mortero armada situada sobre la lámina estructural cerámica, realizada en dos fases (Imágenes II.1.74 a II.1.76): una primera capa en contacto con la cerámica, de dosificación 1:3 (cemento: arena), consistencia fluida, colocándose en su superficie un mallazo, y una segunda capa ejecutada inmediatamente sobre la anterior, antes de que aquella comenzase a fraguar de dosificación 1:3, consistencia blanda, muy compactada, acabado fratasado (Dieste & Montañez, 1985).

El espesor total de la capa de alisado variaba entre 1,5 a 3 cm.

Las resistencias mecánicas exigidas a los morteros utilizados en la ejecución de las juntas de los ladrillos en las bóvedas eran de (Dieste & Montañez, 1985):

$$\sigma_{\text{rot. 14 hs}} > 50 \text{ kp/cm}^2 \rightarrow \text{tensión con las que descimbra las bóvedas.}$$

$$\sigma_{\text{rot. 28d.}} > 300 \text{ kp/cm}^2$$

Estructuras laminares de cerramiento. Fachadas

Generalmente las estructuras laminares de cerramiento de fachadas estaban compuestas por dos láminas de $\frac{1}{2}$ pie cada una de ellas separadas unos 6 cm. En estas estructuras el mortero iba situado en:

– Juntas horizontales (juntas de tendel). Estas juntas al ser continuas permitían fácilmente al armado, estando por tanto el grosor de las juntas en función de los diámetros de estos (aproximadamente tres veces el espesor de la armadura que aloja).

PARTE II. 1. Los componentes del sistema

Las juntas verticales (llagas), podían ser continuas o discontinuas de un centímetro aproximadamente de ancho. Si eran discontinuas y armadas lo que se hacía era horadar el grueso del ladrillo para permitir la continuidad de las barras o alambres del armado (Imagen II.1.7).

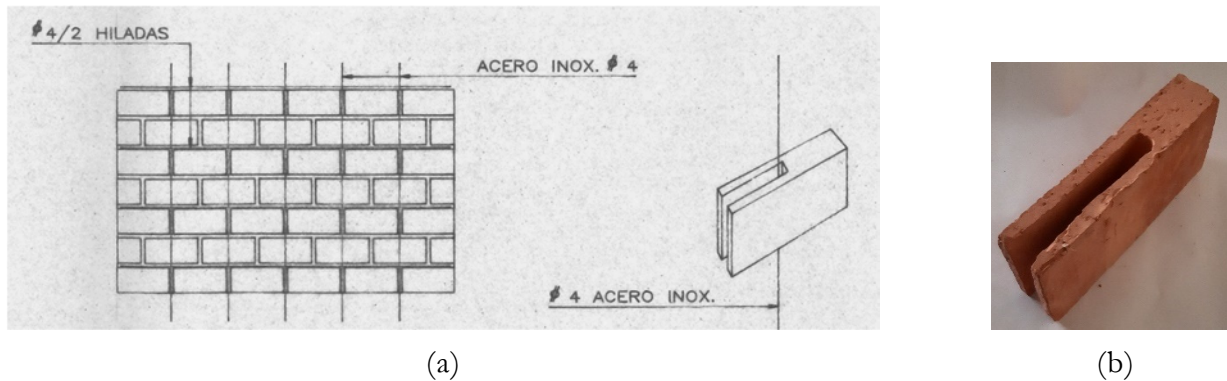


Imagen II.1.7.

Iglesia parroquial Sagrada Familia en Torrejón de Ardoz, Madrid, 1997–1998. Las imágenes corresponden a: (a) detalle parasoles, planta alta de la fachada principal. Archivo Histórico Diocesano de Alcalá de Henares; (b) muestra de ladrillo utilizado. Foto autora.

- Revoque, capa situada en el trasdosado de la lámina estructural interior de ladrillo.

El espesor del revoque variaba entre los 1,5 y los 2 cm, aplanándolo con la cuchara, cuidando el solape entre una cucharada y la siguiente para que no quedasen intersticios, y en capas superpuestas, hasta lograr el espesor requerido.

En los muros de contención con presencia de humedad, utilizaba un mortero tipo hidrófugo, denominándolo revoque con hidrófugo o mortero hidrofugado⁴, con una dosificación de cemento y arena fina de 1:2,5 o 1:3,5, agregándole un hidrófugo químico y cal viva hidratada (1/16 partes a la mezcla de 1:3 de cemento y arena).

Como la inclusión del cemento incrementaba la contracción de la mezcla y la consecuente aparición de fisuras, una vez aplicado el mortero se realizaba, de forma inmediata, la segunda capa de ladrillo, para protegerlo, logrando una hidratación homogénea.

1.2.2.1.3. Acero

Dieste distinguía entre los productos de acero específicos para el armado pasivo y el armado activo, aunque dependiendo de las circunstancias de cada obra podía utilizar el producto que en el momento de la ejecución de los trabajos fuera más accesible.

Armaduras pasivas

La armadura pasiva se correspondería con aquella que, situada dentro de la masa de mortero de cemento, convenientemente solapada o soldada, y con los recubrimientos adecuados, tenía una función estructural sin aplicársele tensión alguna.

Los productos utilizados eran:

- Barras de acero corrugado, también denominada por Dieste hierro común con resaltos o corrugas en su superficie a fin de mejorar la adherencia con el mortero.
- Barras y alambres de acero lisos.
- Barras y alambres lisos de acero inoxidable.
- Malla ortogonal de barras de acero con nudos electrosoldados.

Los diámetros nominales de las barras, tanto lisas como corrugadas, oscilaban entre 6, 8, 10 y 13 mm, denominándolas alambres si eran de 3 a 4 mm.

Los límites elásticos podían ser de 4.100 kp/cm² o 5.100 kp/cm².

Las mallas electrosoldadas utilizadas eran de 100x100 mm – Ø 3 mm; o 150x150 mm, Ø 3 mm o Ø 4 mm.

Aplicaciones de los productos

Las partes de las construcciones donde utilizaba armadura pasiva era:

- Barras corrugadas: en las estructuras laminares de cubierta. Generalmente barras de acero de diámetro Ø 6 mm, aunque variaba en función del cálculo estructural. Iban embebidas en las juntas longitudinales y transversales.

En las estructuras laminares de cerramiento también se colocaban este tipo de barras.

- Alambres lisos: situadas en las juntas de las fábricas de ladrillo de las fachadas⁶. Si debían tener un tratamiento específico de protección frente a la corrosión, podían ser de acero inoxidable.

Generalmente se trataban de dos redondos de igual diámetro, Ø 3 mm, que se dejaban embebidas en el mortero de los tendeles, estando la cuantía en función del cálculo estructural. Su función era que la lámina actuase como unidad estructural, resistiendo el pandeo y los efectos del viento.

- Malla ortogonal electrosoldada: embebida en la capa de alisado de las bóvedas, en la capa del revoque de los muros o en la capa de mortero sobre las losas.

Este armado lo que aseguraba era que el elemento actuase como una unidad elástica frente a las cargas concentradas, consiguiéndose, además, que el mortero no se fisurase.

PARTE II. 1. Los componentes del sistema

Como ejemplo resumen se aporta la Imagen II.1.8 correspondiente a una sección longitudinal de una bóveda de doble curvatura del *Pabellón de productores del Centro de Abastecimiento S.A.*, en Río Grande del Sur, Brasil, 1969–1972.

Para su construcción se utilizaron piezas cerámicas huecas de 25 x 25 x 10 cm. Todas las juntas transversalmente se armaron con 2 Ø 3/16" y las juntas longitudinales se armaron con 2 Ø 5/16" cada cuatro piezas. La capa de alisado tenía una composición de 1:3 (cemento: arena), un espesor de 2 cm, armada con una malla electrosoldada de 200x200 mm Ø 3–3 mm.

El Pabellón con una superficie de 13.160 m² se cubrió con cincuenta y seis bóvedas, teniendo cada una de ellas 5 m de desarrollo longitudinal, cubriendo 30 m de luz transversal sin incluir las vigas planas extremas.

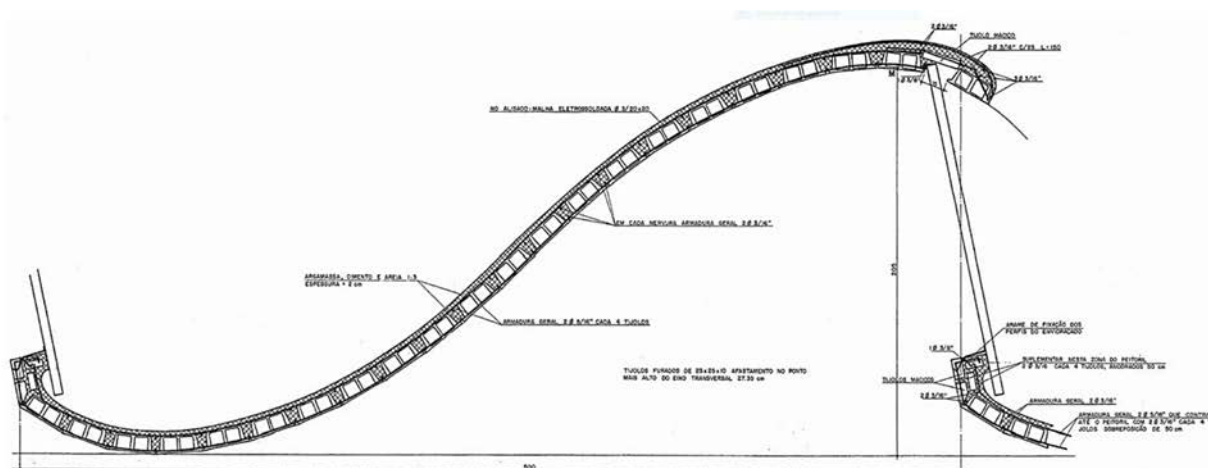


Imagen II.1.8.

Sección longitudinal de una bóveda de doble curvatura discontinua del Pabellón de productores del Centro de Abastecimiento S.A., CEASA/RS, Río Grande do Sur, Brasil 1969–1972 (Brizuela de Seadi, 2019, p. 98).

Designación del armado en los planos

En los planos para designar el armado de las estructuras laminares de cubierta y las losas se rotulaba dentro de un símbolo equivalente al numeral, el espesor de la capa de ladrillo y el espesor de la capa de alisado (Imagen II.1.9). Fuera del cuadrado central, en línea horizontal o vertical, se señalaban las características de la armadura que debía de colocarse en uno u otro sentido, estando a uno de los lados la distancia a la que debía colocarse la armadura y, en el opuesto el diámetro y la cantidad de armadura.

Como el símbolo se colocaba dentro del plano (Imágenes II.1.10 a II.1.12), la lectura del sentido donde se debía colocar la armadura era inmediata.

PARTE II. 1. Los componentes del sistema

También se referenciaba la forma de unión de las barras, designándose con la letra *s* si se había de soldar.

El mallazo de la capa de alisado se podía rotular directamente en el plano con el número de la armadura necesaria y su diámetro.

En sus escritos cuando explicaba el armado pasaba a la generalización, indicando el peso de acero utilizado por metro cuadrado, o los kilos consumidos en la totalidad del elemento.

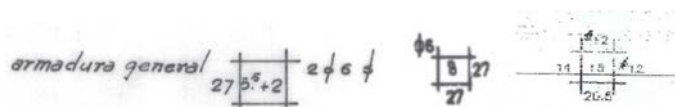


Imagen II.1.9.

Ejemplos de designaciones de armados.

A continuación, se aportan ejemplos de bóvedas con la disposición de su armado general (Imágenes II.1.10 a II.1.12).

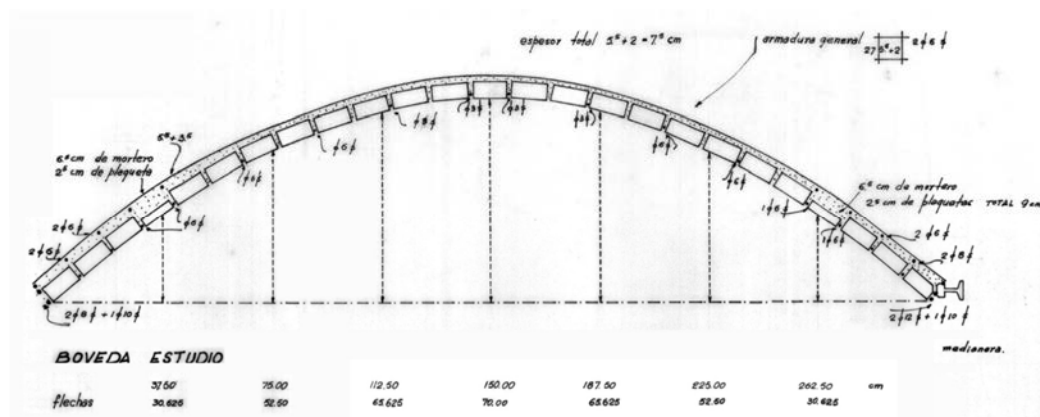


Imagen II.1.10.

Identificación del armado en la sección de una de las bóvedas autoportantes de la casa Dieste, Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1961–1963 (Jiménez, 1996, p. 116). Según el detalle se utilizaron piezas cerámicas macizas de 5,5 cm. En esta bóveda no se utilizó armadura transversal, y longitudinalmente se colocaron 1 Ø 6 mm cada dos piezas como armadura general. De la capa de mortero colocada sobre la lámina estructural de ladrillo solo se referencia su espesor. Esta bóveda perteneciente al estudio de la vivienda con una luz transversal de 3 m.

PARTE II. 1. Los componentes del sistema

Lámina estructural de ladrillo:

- Armadura transversal (según directrices): \varnothing 6 mm cada 27 cm, es decir, cada dos ladrillos y juntas de 1,5 cm de ancho
- Armadura longitudinal (según generatrices): \varnothing 6 mm cada 28 cm, es decir, todas las juntas van armadas y juntas de 1,5 cm de ancho

Capa de alisado:

- Malla electrosoldada de 150 x 150 mm y \varnothing 3,8 mm
- Espesor capa: 2,5 cm

Armadura de refuerzo

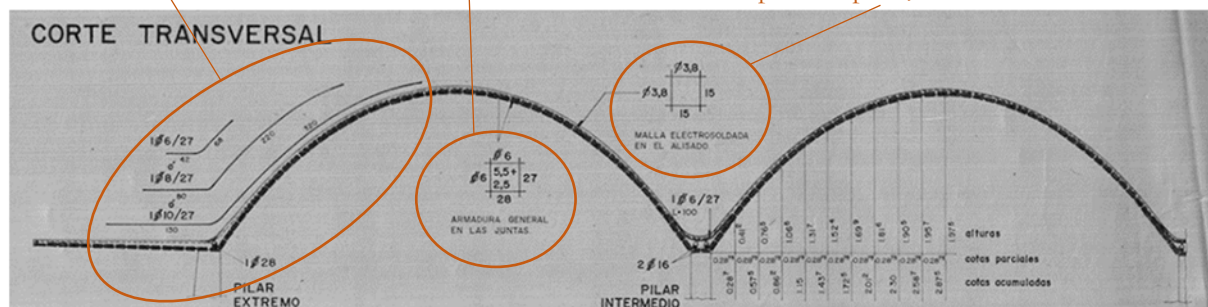


Imagen II.1.11.

Estación de autobuses Turlit, Salto, Dpto. de Salto, 1979–1980. Detalle sección transversal por las bóvedas. Armado general de una bóveda autoportante pretensada (Nómada, 2018^a).

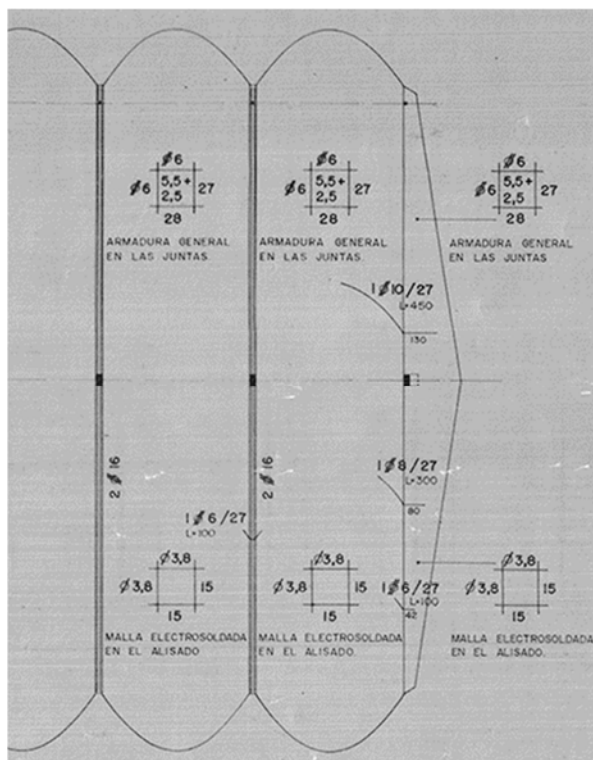


Imagen II.1.12.

Estación de autobuses Turlit, Salto, Dpto. de Salto, 1979–1980. Detalle de la planta de bóvedas. Armado general de una bóveda autoportante pretensada (Nómada, 2018^a).

^a Recuperado el día 3 de mayo de 2021 de <https://nomada.uy/guide/view/attractions/4087>

Tipos de uniones

En las bóvedas para asegurar la continuidad en el armado, la unión entre las barras se realizaba con una soldadura por resistencia, uniendo las dos barras de la misma sección extremo con extremo. Si el nivel de ejecución en obra no iba a ser bueno, proponía una soldadura en solape.

Como en los tendeles de las láminas estructurales del cerramiento había espacio suficiente, la unión de las armaduras generalmente lo hacía por solape.

Armaduras activas

La armadura activa se correspondería con aquella a las que se le introducía una tensión controlada.

De acuerdo con la situación del tensor podía ser:

- Interior: el tensor no era visible.
 - En las bóvedas autoportantes se podía disponer sobre la capa estructural de ladrillo (Imagen II.1.13), se tensaban y se hormigonaba (Imagen II.1.14).

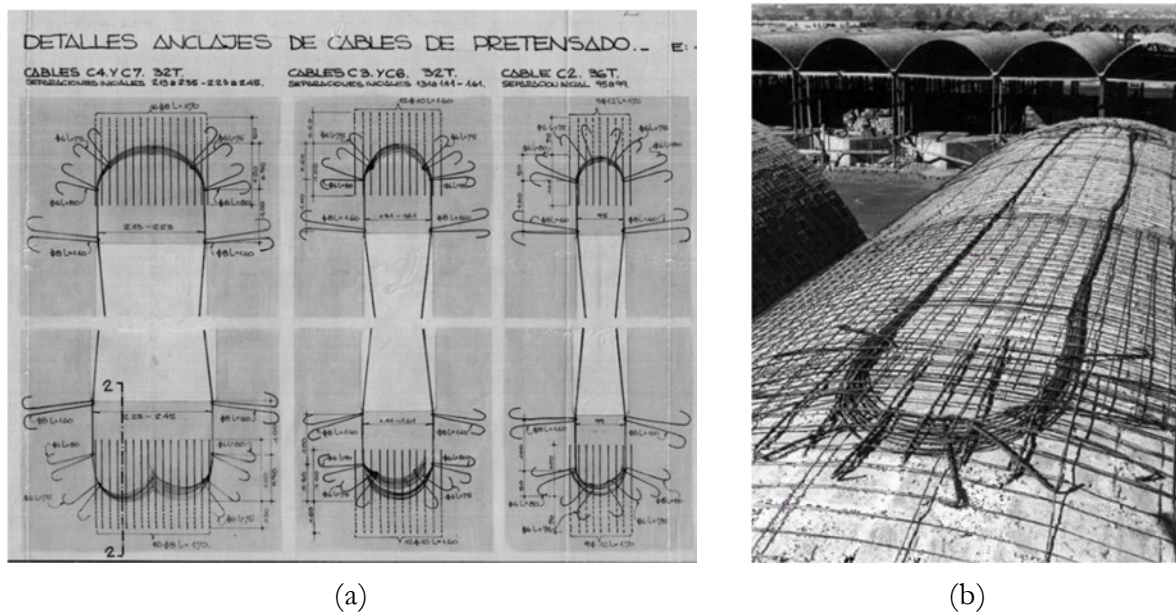
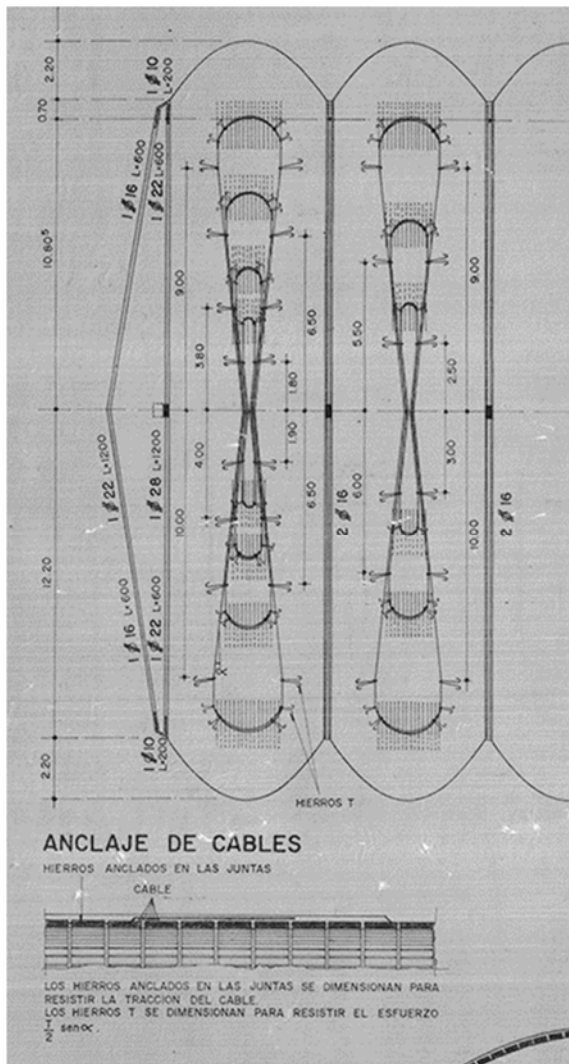


Imagen I.13.

Detalle de los anclajes de cables de pretensado en una bóveda autoportantes. Las imágenes se corresponden a: (a) estación de autobuses Turlit, Salto, Dpto. de Salto, 1979–1980 (Nómada, 2018^b); (b) Centro de bastecimiento S.A., Río Grande del Sur, Brasil, 1969–1971 (Pedreschi, 2006, p. 2456).

^b Recuperado el día 3 de mayo de 2021 de <https://nomada.uy/guide/view/attractions/4087>

PARTE II. 1. Los componentes del sistema



(a)



(b)

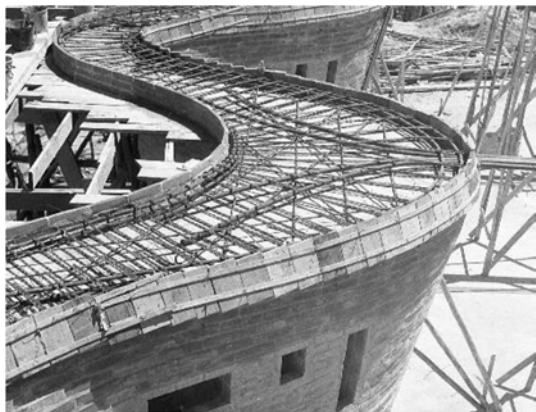
Imagen I.14.

Tensado de los cables en una bóveda autoportante. Las imágenes corresponden a: (a) estación de autobuses Turlit, Salto, Dpto. de Salto, 1979–1980 (Nómada, 2018^c); (b) Centro de abastecimiento S.A., Río Grande del Sur, Brasil 1969–1971 (Giovannardi, 2017, p. 319).

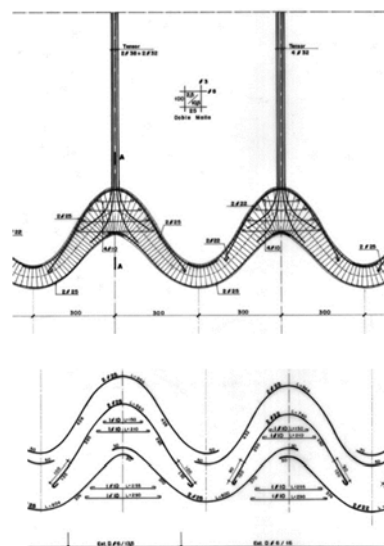
^c Recuperado el día 3 de mayo de 2021 de <https://nomada.uy/guide/view/attractions/4087>

PARTE II. 1. Los componentes del sistema

- En las bóvedas gausas que no se quería que se viera el tensor, se colocaba en el valle, por ser esta zona casi recta (Imagen II.1.15), pudiendo estar envainados o sin envainar.



(a)



(b)

Imagen II.1.15.

Iglesia de Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes en Atlántida, Dpto. de Canelones, 1958–1960. Viga de borde (alero) de las bóvedas de doble curvatura. Las imágenes corresponden a: (a) construcción de las viga-alero (Caraballo, 2017, p. 147); (b) detalle viga de borde y tensor Medios Audiovisuales, 2020^d).

Si iban envainados el cordón desnudo lubricado se colocaba dentro de una vaina corrugada de fleje metálico o de material plástico. Después del tesado, se procedía a inyectar una lechada de cemento a alta presión en el espacio que quedaba entre los cordones del cable y la vaina, restituyéndose con esta inyección la adherencia entre el cable de la vaina y el resto del elemento constructivo. Si no se hiciera aconsejable la utilización del mortero, se podía utilizar resinas sintéticas, siendo su inconveniente que era más caro que el mortero debiéndose realizar con un equipo especializado.

^d <http://www.fadu.edu.uy/eladio-dieste/files/2015/09/IGLESIA-DEL-CRISTO-OBRERO-ATLANTIDA-4.pdf>

PARTE II. 1. Los componentes del sistema

– Si no eran bóvedas, el tendón podía ir incorporado dentro de la sección del elemento de donde formaba parte (Imagen II.1.16).

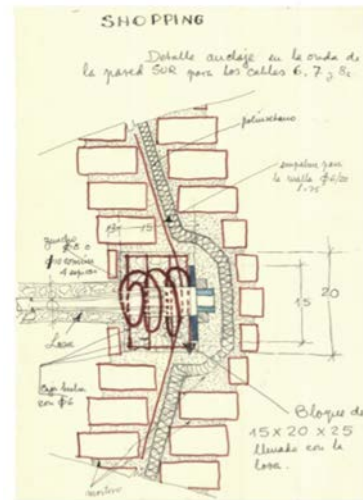
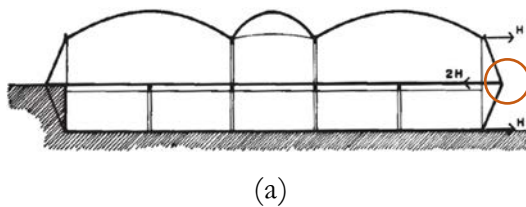


Imagen II.1.16.

Montevideo Shopping Center en Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1984–1985. Las imágenes corresponden a: (a) esquema para situación de tensor (Anderson, 2004a, p.163); (b) Detalle del tendón en el forjado intermedio del edificio (Beaudouin, 2013b^e).

– Exterior: el tensor era visto. Situado por el por trasdós de las bóvedas (Imagen I.1.17) o por el intradós de las bóvedas (Imagen I.1.18).

Estos tensores generalmente iban protegidos por una vaina de plástico, inyectadas con mortero. Si iban por el interior de las bóvedas, generalmente se colocaban en número par e independientes.



Imagen II.1.17.

Tensores vistos por el trasdós de las bóvedas de doble curvatura, colocados en la prolongación de los pilares. Gimnasio polideportivo Escuela don Bosco, Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1983–1984 (Anderson, 2004, p. 160).

^e <http://www.beaudouin-architectes.fr/2013/10/enseign-lart-de-la-voute/>

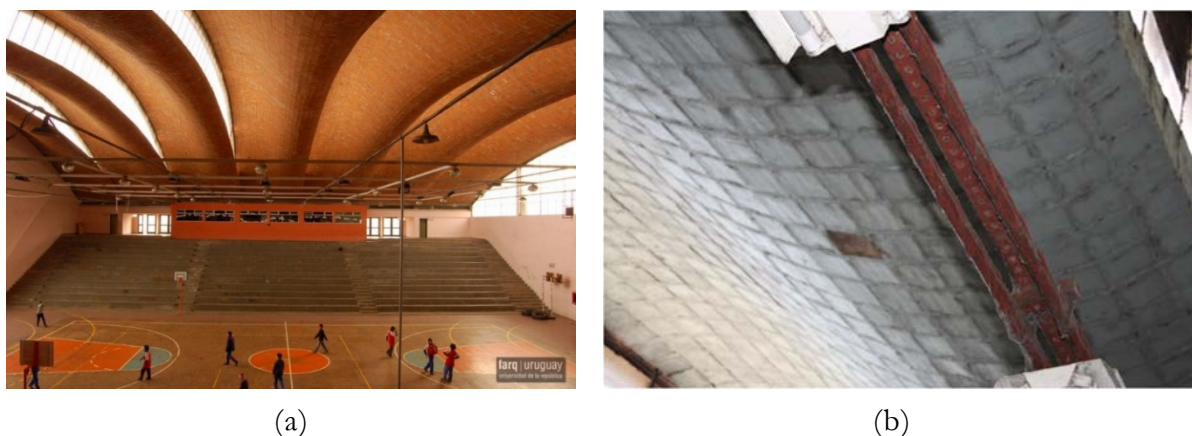


Imagen II.1.18.

Tensores vistos por el intradós de las bóvedas de doble curvatura. Las imágenes corresponden a: (a) gimnasio polideportivo en Durazno, Dpto. de Durazno, 1974–1975. De los tensores se ha descolgado un emparrillado para soportar las luminarias (Medios Audiovisuales, 2020); (b) pabellón de productores del Centro de Abastecimiento S.A., Río Grande del Sur, Brasil 1969–1971 (Brizuela de Seadi, 2019, p. 144).

Los materiales y productos utilizados podían ser:

- Acero no aleado: barra redonda con superficie lisa o con nervaduras helicoidales, perfiles cuadrados torsionados o estirados en frío y alambres lisos.
- Acero aleado: alambres para formación de cordones de acero, para ir o no envainados, perfiles cuadrados, redondos, productos planos laminados en caliente o en frío.

Designación del armado en los planos

En los planos para designar los cables pretensados o postensados se indicaba la situación del tensor, la longitud, y la tensión a la que habría de someterse los tendones de acero.

1.2.2.1.4. Complejo cerámica–cemento–hierro

La palabra *fábrica de ladrillo* se diluye en la obra de Dieste pasando a denominarse «complejo cerámica–cemento–hierro» (Dieste & Montañez, 1985, p. 29), y el concepto de aparejo como las distintas maneras de colocar convenientemente los ladrillos para evitar la continuidad de las juntas verticales y de la traba horizontal no se tiene en cuenta.

^f Recuperado el día 3 de mayo de 2021 de <http://www.fadu.edu.uy/eladio-dieste/wp-content/blogs.dir/258/files/gimnasio-durazno/SMA-S270-092.jpg>

PARTE II. 1. Los componentes del sistema

Dieste construye laminas continuas, ejecutadas con ladrillo, cemento y acero, rehundiendo la junta en el caso de las bóvedas, para potenciar la textura de la fábrica, o por el contrario dejando la junta a nivel con el ladrillo, cortando, alisando el ladrillo junto con la junta, según las necesidades de las formas, como si de un material homogéneo se tratase.

El acero llegaba a la obra como productos individualizados –barras, tendones–, o como elementos planos –mallas electrosoldadas–, no como productos tridimensionales elaborados en taller, pues en las láminas estructurales cerámicas no había espacio donde colocarles, por ser los paramentos verticales de medio pie y las hojas horizontales del grueso de ladrillo.

Tampoco había ladrillos especiales para que enlazasen con las barras de acero, si estas iban colocadas horizontalmente se situaban en el espesor de los tendeles, si habían de colocarse verticalmente en las llagas o cortando los ladrillos. El ladrillo es el medio, no el fin para la construcción de las láminas.

1.2.2.1. Materiales no estructurales

Son aquellos que no teniendo una función estructural completaban y acababan las edificaciones.

1.2.2.1.1. Productos de protección y revestimiento

Los productos para la protección, y acabado final en bóvedas (Imagen II.1.19) y paramentos verticales (Imagen II.1.20) eran:

- Antisol⁷, emulsión acuosa de parafina que se aplicaba sobre el mortero fresco de la capa de alisado (Dieste & Montañez, 1985) para evitar la pérdida prematura de humedad, garantizar el curado del material base y controlar el agrietamiento.
- Pintura de caucho acrílico, color blanco, aplicada en el extradós de las bóvedas con el fin de proporcionar además de una impermeabilización, una gran resistencia a la abrasión, al desgaste y a la acción de los rayos solares (Dieste & Montañez, 1985).
- Caucho sintético o Hypalon, en presentación líquida, impermeable al agua, con buen comportamiento frente a los agentes atmosféricos.
- Pintura a la cal como acabado final pudiendo ir aplicada directamente sobre el mortero de la capa de alisado o sobre la fábrica de ladrillo, para no perder la textura de este elemento.

PARTE II. 1. Los componentes del sistema



(a)



(b)

Imagen II.1.19.

Detalles de acabado en pintura a la cal color blanco de las superficies abovedadas. Las imágenes corresponden a: (a) Citrícola Salteña S.A., Dpto. de Salto, 1976, detalle por el extradós de las bóvedas (Medios Audiovisuales, 2020[§]); (b) establecimiento agroindustrial Massaro, Dpto. de Canelones, 1976–1980, intradós de las bóvedas (Daguerre, 2003, p. 191).



(a)



(b)

Imagen II.1.20.

Detalles de acabado en pintura a la cal color blanco de los paramentos verticales interiores, en a: (a) casa Dieste en Punta Gorda, Montevideo, 1961–1963 (Daguerre, 2003, p. 112); (b) depósito Julio Herrera y Obes, Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1977–1979 (Anderson, 2004a, p. 134).

– Tejuela, pieza cerámica maciza de poco espesor utilizada como acabado en las bóvedas de edificaciones singulares. Dimensiones: 12x25x3 cm, 25x25x3 cm o 12x24,5x2,5 cm.

[§] Recuperado el día 3 de mayo de 2021 de <http://www.fadu.edu.uy/eladio-dieste/wp-content/blogs.dir/258/files/citricola-saltena/SMA-S270-227.jpg>

PARTE II. 1. Los componentes del sistema

Dieste (1998) refiriéndose a la construcción de las bóvedas de la iglesia de Atlántida (Imagen II.1.21), indicaba:

El techo es una bóveda gausa, totalmente de ladrillo, construida, por razones de terminación, en dos capas: la primera, que queda aparente, de tejas (ladrillo de 3 cm de espesor); y la siguiente, de ticholos (ladrillo hueco). Sobre el ticholo se hizo una capa de 1 cm de arena y portland, lo que da un espesor total de 11 cm. El techo se terminará con la impermeabilización y una capa final de tejuela cerámica porosa muy aislante y liviana. (p. 10)



Imagen II.1.21.

Iglesia Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes en Atlántida, Dpto. de Canelones, 1958–1960. Construcción de las bóvedas de doble curvatura (Caraballo, 2017, p. 103).

1.2.2.1.2. Productos para cerramiento de huecos

En el cerramiento de huecos hay que diferenciar la carpintería y el cierre de la superficie.

Para la carpintería del hueco, había tres materiales básicos: la madera, el metal (hierro y acero) y la cerámica. Para la superficie del cierre del hueco estaba el vidrio, el ónix y el plástico.

Carpintería madera

La carpintería de madera era convencional, con secciones reducidas, adaptada al hueco existente (Imagen II.1.22).

PARTE II. 1. Los componentes del sistema



Imagen II.1.22.

Casa Dieste en Punta Gorda, Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1961–1963. Huecos con la carpintería de madera. Las imágenes corresponden a: (a) vista general; (b) detalle de la venta con el recogedor de subida y bajada de la persiana emperado en el ancho muro de fachada. Fotos autora.

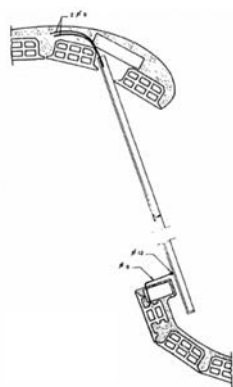
Carpintería metálica

Las carpinterías metálicas de hierro o acero estaban diseñadas por el ingeniero, utilizando perfiles de secciones transversales mínimas. Se ubicaban preferentemente cerrando los huecos en las bóvedas gausas discontinuas (Imagen II.1.23), o en los huecos de cerramientos de fachada (Imagen II.1.24).

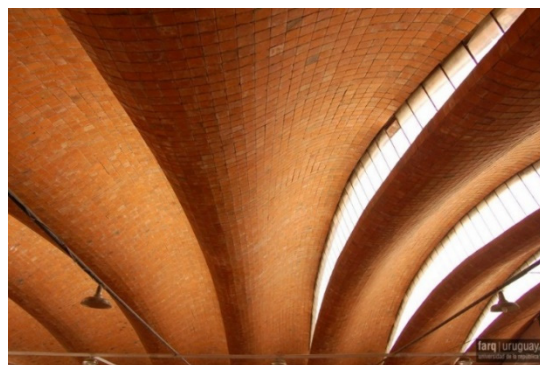
La herrería de los lucernarios conviene ejecutarla ‘in situ’ y no en taller.

(...) Se perfora el alma del perfil T cada 40 cm para colocar los pasadores que retienen el vidrio. En su extremo inferior se dobla el ala para formar una oreja que impide el corrimiento del vidrio, y en el extremo superior se le sueldan 2 Ø 8 mm. (Dieste & Montañez, 1985, p. 36)

PARTE II. 1. Los componentes del sistema



(a)



(b)

Imagen II.1.23.

Las imágenes corresponden a: (a) detalle lucernario bóveda gausa discontinua (Dieste & Montañez, 1985, p. 36); (b) intradós de las bóvedas gausas del Gimnasio polideportivo en Durazno, Dpto. de Durazno 1974–1975 (Nómada, 2018^h).

En el caso de las entradas a los edificios generalmente los perfiles estructurales los combinaba con las carpinterías para que pasasen desapercibidos, como en el *Parador de Ayuí*, Dpto. de Salto, 1976 (Imagen II.1.24.a), o en el *gimnasio polideportivo de la Intendencia municipal de Artigas*, Dpto. de Artigas, 1957–1958 (Imagen II.1.24.b).



(a)



(b)

Imagen II.1.24.

Combinación de los soportes metálicos con la carpintería de la edificación, en: (a) Parador de Ayuí, Dpto. de Salto 1976 (Proyecto Educativo Dieste, 2015ⁱ); (b) Gimnasio Polideportivo Intendencia Municipal de Artigas, Dpto. de Artigas, 1957–1958 (Comisión centenario Ing. Eladio Dieste, 2017^j).

^h Recuperado el día 3 de mayo de 2021 de <https://nomada.uy/guide/view/attractions/3932>

ⁱ Recuperado el día 3 de mayo de 2021 de <https://diesteedu.wixsite.com/proyectodieste/parador-de-ayui?lightbox=dataItem-icote192>

^j Recuperado el día 3 de mayo de 2021 de <https://www.facebook.com/Ingenieroeladiodieste/photos/a.342803969510724/370917753366012>

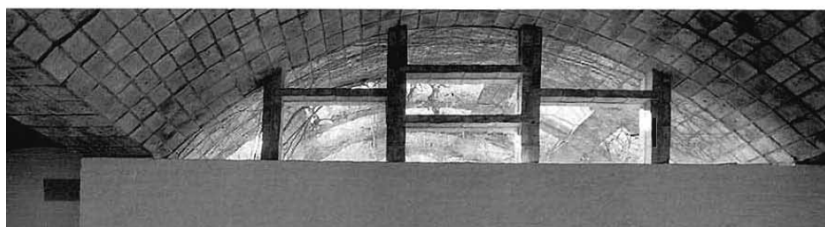
Marcos con material cerámico

Utilizados para uniformar el contorno del hueco en las superficies de cerramientos verticales o bóvedas.

Para los cerramientos verticales, generalmente la forma del hueco era regular, remarcándolo con la misma pieza cerámica utilizada en el paramento (Imagen II.1.25), en el caso de huecos redondos situados en las bóvedas se utilizaban macetas cerámicas de jardinería, a las que se les eliminaba el fondo (Imagen II.1.26).



(a)



(b)

Imagen II.1.25.

Casa Dieste, Punta Gorda, Dpto. de Montevideo, 1961–1963. Las imágenes corresponden a: (a) ventana sobre el cuerpo principal de la escalera. Foto de la autora; (b) detalle del tímpano de la bóveda de la sala de estar de la vivienda. La junta de mortero entre ladrillos de la superficie abovedada se aprovechó para introducir el vidrio (foto adaptada de Jiménez, 1996, p. 109).



(a)



(b)

Imagen II.1.26.

Iglesia Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes en Atlántida, Dpto. de Canelones, 1958–1960. Las imágenes corresponden a: (a) vista interior de los óculos situados en la bóveda de encima del altar (Beaudouin, 2013c^k); (b) vista exterior (Caraballo, 2017, p. 171).

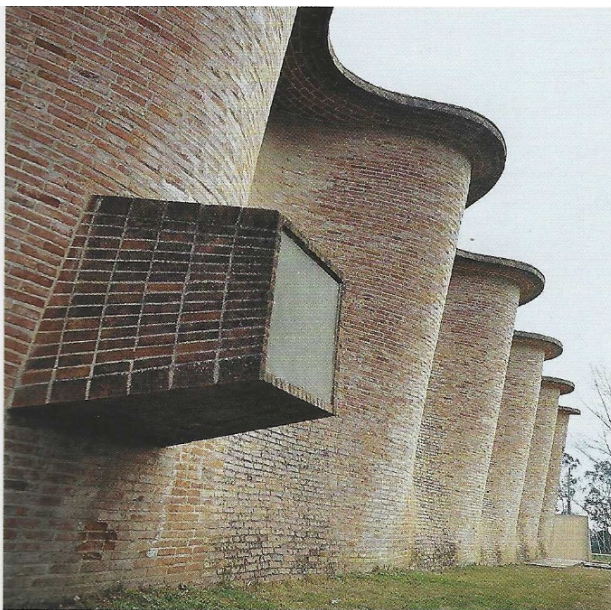
^k Recuperado el día 3 de mayo de 2021 de <http://www.beaudouin-architectes.fr/2013/10/eladio-dieste/>

Ónix

El ónix es una piedra natural traslúcida, que la utilizaba para el cierre de aquellos huecos por los que necesitaba que entrase la luz pero que no hubiera un intercambio visual con el exterior, con el fin de crear ambientes místicos y de recogimiento (Imagen II.1.27). También como cierre de los huecos entre diferentes sistemas constructivos, para mostrar su independencia, por ejemplo, en el encuentro entre el cerramiento de la fachada principal de la iglesia de Atlántida con los cerramientos de las fachadas longitudinales y con las bóvedas (Imagen II.1.27).

Las láminas de ónix las colocaba sin carpintería, coincidiendo con una junta entre ladrillos o encastrados en los ladrillos, para que la lectura visual fuese continua.

Según Dieste, le resultaba muy fácil y económica su utilización, pues le permitía escoger tamaños y espesores en función del hueco en que se ubicaba (Imágenes II.1.27 y II.1.28).



(a)



(b)

Imagen II.1.27.

Iglesia de Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes en Atlántida, Dpto. de Canelones, 1958–1960. Las imágenes corresponden a: (a) vista exterior del elemento para la entrada de luz de la capilla de diario (Daguerre, 2003, p. 100); (b) celosía en fábrica de ladrillo y ónix en el coro (Proyecto Educativo Dieste, 2015¹).

¹ Recuperado el día 3 de mayo de 2021 de <https://diestedu.wixsite.com/proyectodieste/iglesia-del-cristo-obrero?lightbox=dataItem-iehmg701>

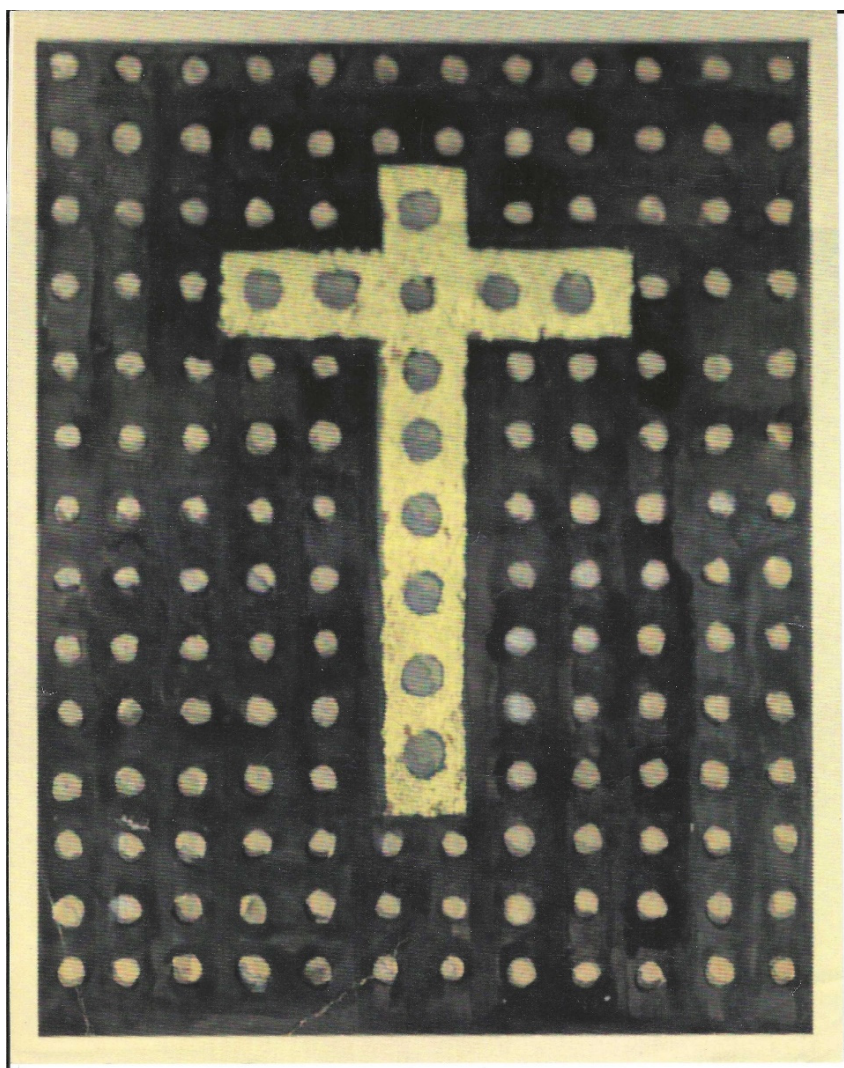


Imagen II.1.28.

Iglesia Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes en Atlántida, Dpto. de Canelones, 1958–1960. Propuesta para la puerta de acceso a la iglesia de Atlántida.

En el dorso de la foto, Dieste escribió:

«Esta es una mala copia de la puerta de Atlántida. (proyectada)

Los círculos blancos eran de ónix.

Los violetas de un vidrio muy lindo de ese color.

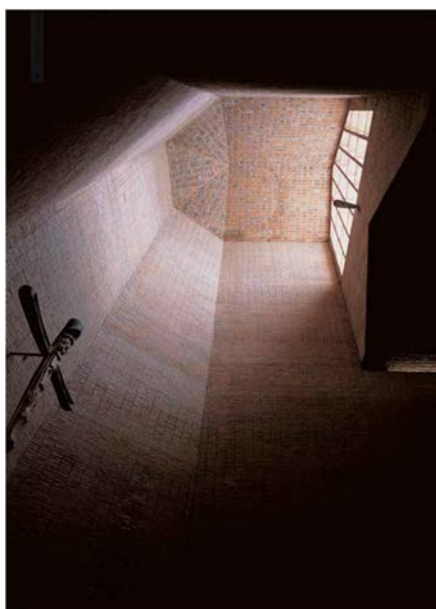
La cruz de madera, cubierta de laminilla de oro (...).».

(Imagen aportada por Eladio Dieste en 1996).

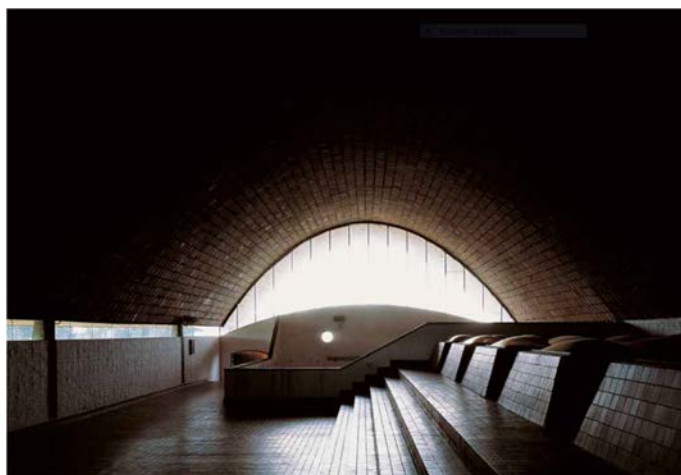
Vidrio

La función que ejerce el vidrio era de cierre de un hueco realizado en las estructuras laminares de la cubierta o del cerramiento vertical, siendo coloreados o incoloros dependiendo de la función ejercida en la edificación.

Los vidrios incoloros se pueden encontrar en las bóvedas gausas discontinuas (Imágenes II.1.19.a y II.1.23), para permitir la entrada de la luz a los locales de trabajo, en la parte más alta de las torres—presbiterios de las iglesias (Imagen II.1.29.a), para que la luz bañase la fábrica de ladrillo del interior de esta, o en los frentes de las bóvedas autoportantes para mostrar la ausencia de tímpanos (Imagen II.1.29.b).



(a)



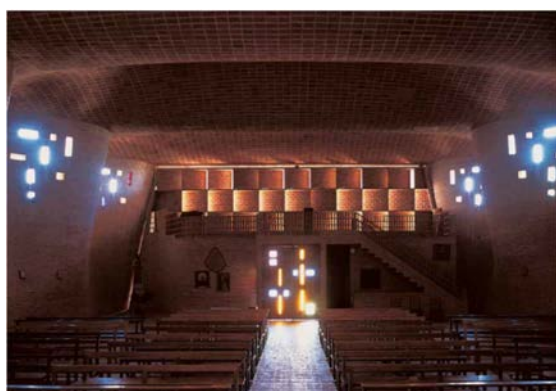
(b)

Imagen II.1.29.

Las imágenes corresponden a: (a) techo del presbiterio iglesia de san Pedro, Dpto. de Durazno, 1969–1971 (Anderson, 2004a, p. 63); (b) testero de la bóveda en planta embotelladora de bebidas Refrescos del Norte S.A., Dpto. de Salto, 1977–1980 (Anderson, 2004a, p. 123).

Los vidrios de colores (Imagen II.1.30) se situaban en los huecos realizados estratégicamente en las láminas de cubierta y de fachadas. No llevaban carpintería y su función era mostrar el paso del tiempo para los usuarios o visitantes de las edificaciones de donde estaban colocados. Y es que cuando los rayos del sol los atravesaban, se proyectaban los haces de colores en los paramentos de los habitáculos, recorriéndolos según las horas del día y de las estaciones.

PARTE II. 1. Los componentes del sistema



(a)



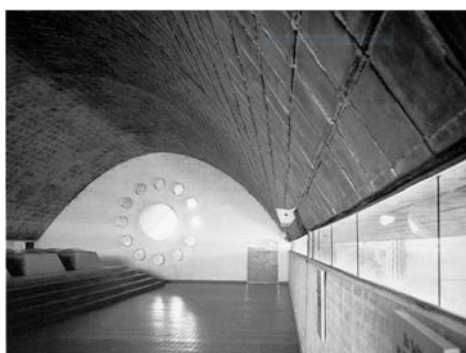
(b)

Imagen II.1.30.

Las imágenes corresponden a: (a) vista general desde el presbiterio hacia el coro en la Iglesia Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes en Atlántida, Dpto. de Canelones, 1958–1960 (Anderson, 2004, p. 49); (b) cierre de hueco con vidrio color azul en uno de los dormitorios de la casa Dieste, Punta Gorda, Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1961–1963. Foto autora.

Plástico

El plástico como material para cerramiento de huecos no caracteriza la obra de Dieste, a excepción de la *planta embotelladora de bebidas Refrescos del Norte* en Salto, Dpto. de Salto, 1977–1980, que lo utiliza para cerrar las claraboyas existentes en el forjado de la primera planta (Imagen II.1.31).



(a)



(b)

Imagen II.1.31.

Vista general y detalle de los lucernarios de la planta embotelladora de bebidas Refrescos del Norte S.A., Dpto. de Salto, 1977–1980. Las imágenes corresponden a: (a) nivel superior, a la derecha los lucernarios (Jiménez, 1996, p. 136); (b) detalles de los lucernarios (Bustamante, 2010^m).

^m Recuperado el día 3 de mayo de 2021 de <http://migrantour.blogspot.com/2010/04/creo-en-dieste-arquitecto-ingeniero.html>

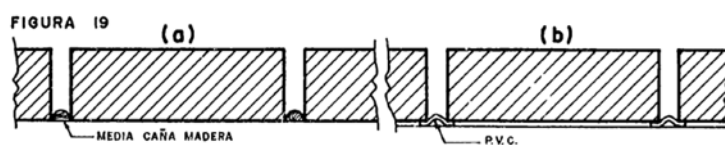
1.2.2.1.3. Otros productos

Hay otros productos secundarios no estructurales imprescindibles para dar calidad a los acabados finales, como eran las varillas de madera o de plástico, y el poliuretano proyectado.

Varillas de madera o de plástico

Para que mejorar la calidad en los acabados del intradós de las bóvedas, se dibujaba sobre el forro de madera del molde móvil donde debían de ir las juntas de mortero de las fábricas de ladrillo, fijándose unas varillas de madera o de plástico en correspondencia con las líneas trazadas. Los ladrillos se colocaban dentro del damero que se formaba, y el espacio entre ellos se rellenaba con mortero armado. De esta manera se conseguía que las juntas quedaban perfectamente alineadas, ligeramente rehundidas y el ladrillo limpio, sin rebabas (Imagen II.1.32).

Las varillas también facilitaban que no resbalasen los ladrillos cuando se colocaban sobre el molde, ni tampoco los obreros (Dieste & Montañez, 1985).



(a)



(b)

Imagen II.1.32.

Las imágenes corresponden a: (a) detalle tipo tipos y colocación de varillas (Dieste & Montañez, 1985, p. 33); (b) amortero de las juntas de ladrillo en una bóveda autoportante. Utilización de varillas clavadas en el foro de madera para colocación de los ladrillos (Brizuela de Seadi, 2019, p. 93).

PARTE II. 1. Los componentes del sistema

Poliuretano

El poliuretano proyectado era el aislante térmico utilizado en las construcciones, aunque fuera de manera puntual. Ejemplos, en las cubiertas de la *casa Dieste*, en Punta Gorda, Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1961–1963, colocándolo por el extradós una vez realizada la capa estructural, y sobre este colocó una tejuela (Imagen II.1.33).

Después de terminada la parte del ladrillo, se hizo sobre este una capa de mortero de arena y portland con una malla electrosoldada para el control de las pequeñas fisuras de temperatura o retracción de fraguado. En estas condiciones la cubierta no necesita impermeabilización. Sobre la arena y portland se puso una capa de aislamiento térmico y finalmente una protección de tejuela. (Dieste en Jiménez, 1996, p. 117)



Imagen II.1.33.

Casa Dieste, en Punta Gorda, Montevideo, 1961–1963. Remate final de las bóvedas autoportantes. En la parte superior de la imagen, dibujado a mano, esquema de la situación del aislante. Foto autora.

1.2.3. Bienes de equipo

La elección de la cerámica armada en lugar del hormigón armado como material estructural fue posible por una utilización racional de los bienes de equipo, especialmente los medios auxiliares. Este apartado no trata de realizar un meticuloso estudio y clasificación de los bienes de equipo utilizados en las obras pues, estos estaban sujetos a las necesidades y particularidades de cada una de ellas, sino de explicar la influencia que estos tuvieron en la puesta en obra.

1.2.3.1. Medios auxiliares

Los medios auxiliares para realizar los diferentes sistemas constructivos fueron básicamente las cimbras móviles para la ejecución de las bóvedas, y los andamios en la ejecución de las paredes onduladas y laminas planas

1.2.3.1.1. Cimbras móviles

Dieste además de proyectista, era un constructor, cuando imaginaba una obra no se limitaba a diseñarla acabada, sino que planificaba todo el proceso constructivo para poder llevar su creación a buen término, ideando todos los elementos necesarios para su ejecución.

La cimbra diseñada por Dieste se dividía en dos partes (Imagen II.1.34):

- Bastidor metálico, reutilizable para otras obras, que iba ganando en complejidad según el tipo abovedado (Imágenes II.1.47 y II.1.48).

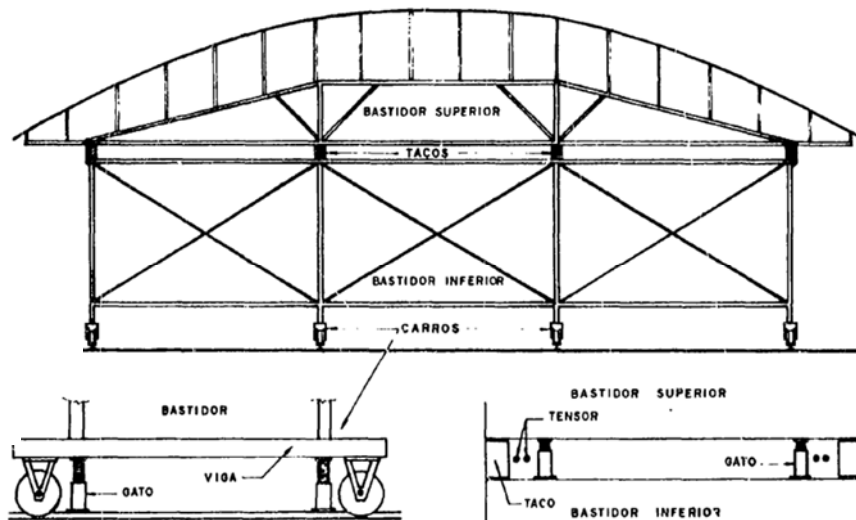


Imagen II.1.34.

Cimbra móvil tipo (Dieste & Montañez, 1985, p. 30).

El bastidor metálico estaba compuesto por unas torretas tridimensionales, alrededor de las cuales se montaba todo el entramado metálico que iba a servir de apoyo al molde madera. El número mínimo de torretas era dos, el máximo estaba en función del ancho de la luz transversal que debía cubrir, para repartir adecuadamente las cargas.

PARTE II. 1. Los componentes del sistema

Los extremos inferiores terminaban en unas ruedas para que pudiera desplazarse (Imágenes II.1.34 y II.1.43).

La siguiente Imagen I.1.35 corresponde al plano de la cimbra móvil diseñada para el *Depósito Julio Herrera y Obes*, cuya luz transversal era de 50 m, necesitándose cinco torretas, de las que solo tres terminaban en ruedas.

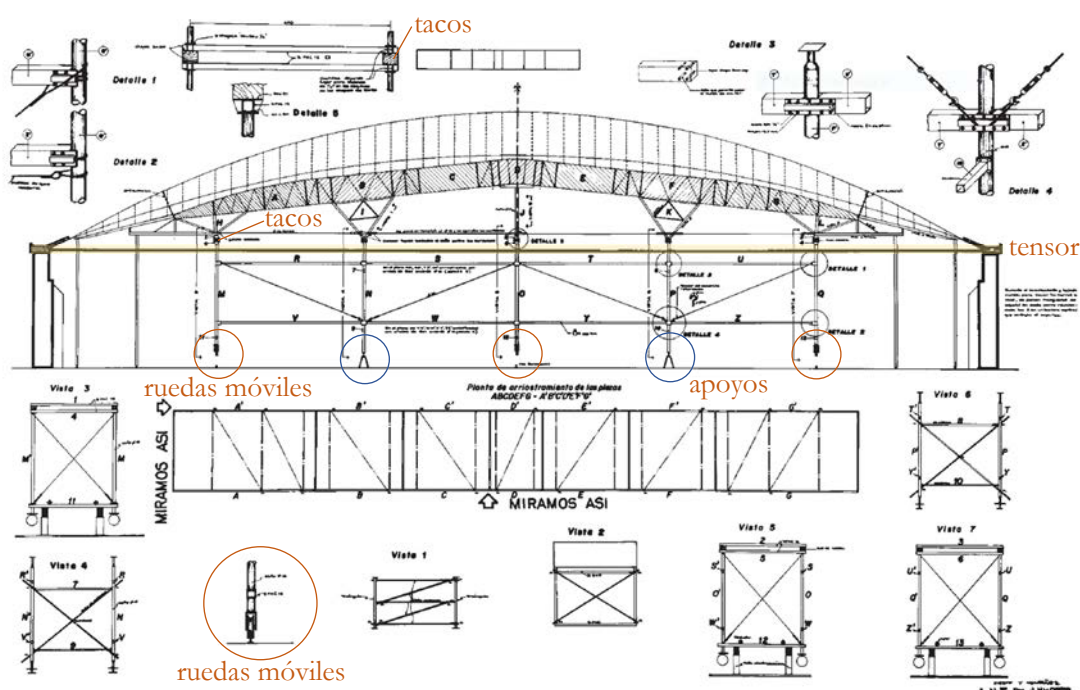


Imagen II.1.35.

Depósito Julio Herrera y Obes, Montevideo 1977–1979. Alzado de la cimbra móvil para las bóvedas gausas discontinuas. La luz libre transversal era de 50 m, el espesor de la bóveda de 12 cm (Jiménez, 1996, p. 80).

Como se ve en la Imagen II.1.35 y como ya se ha indicado no todas las torretas terminaban en ruedas, pues en ellas se incorporaban el mecanismo mecánico de subida y bajada de la cimbra, siendo más fácil de controlar el equilibrio y el desplazamiento, cuanto menor número de elementos móviles hubiera. Las torretas que no acababan en ruedas lo hacían en apoyos que se subían cuando la cimbra tenía que trasladarse (Imagen II.1.82).

En los primeros moldes los gatos que permitían la subida y bajada del molde se correspondían directamente con las columnas del armazón metálico, que eran las que transmitían todas las cargas. Pero según pasó el tiempo se fue sofisticado el sistema, los gatos se fueron colocando en la parte superior de las ruedas (Imagen II.1.43),

PARTE II. 1. Los componentes del sistema

constituyendo incluso una unidad con ellas, de manera que la descarga se realizaba siempre a través de estas.

Tanto en la subida como en la bajada del molde, los gatos tenían que actuar simultáneamente y a igual velocidad, pasando de ser de tornillo y accionamiento manual a eléctricos.

Las ruedas corrían a través de unos carriles o rieles, por los que había de deslizarse suavemente el molde (Imágenes II.1.84 y II.1.91). Los raíles actuaban como soporte y dispositivo de guiado debiendo de estar rectos, nivelados y firmes, calculándose de acuerdo con el peso del molde que había que soportar. Las ruedas avanzaban longitudinalmente sobre ellos, pero también podían girar 90° y seguir avanzando en esta dirección.

Si las bóvedas estaban atirantadas por el interior, como eran las bóvedas de doble curvatura, el bastidor se dividía en dos partes independientes, la inferior con las torretas y la superior que soportaba el molde de madera. Ambas partes se unían mediante unos tacos de madera de unos 30–40 cm de altura, que permitían que todo el encofrado pudiera desplazarse salvando los tirantes interiores (Imágenes II.1.85 a II.1.90).

– Molde de madera, apoyado sobre la parte superior del bastidor metálico, que tenía la forma exacta de la bóveda, podía ser también la plataforma de trabajo de todos los operarios que trabajaban en ella (Imágenes II.1.34 y II.1.60).

Este molde estaba formado por tablas de maderas, de poca anchura, creando una superficie plana y continua a fin de evitar cualquier resalto o discontinuidad en el material que se iba a colocar.

El dimensionamiento del molde estaba en función del tipo de bóveda utilizada, es decir, de la luz transversal a cubrir y de la longitudinal dependiendo esta de los apoyos.

Bóvedas gausas continuas y discontinuas

En las bóvedas gausas las dimensiones de la cimbra estaban en función de la luz transversal de la bóveda y de la amplitud de una de la onda, estando esta en función de la estructura de apoyo.

El ancho de la cimbra cubría completamente la luz transversal de la bóveda, pudiéndose trasladar sin dificultad por tratarse de naves rectangulares, pero cuando las fachadas eran curvas, con entrantes y salientes, los extremos se podían abatir, y así permitir su desplazamiento (Imagen II.1.36).

PARTE II. 1. Los componentes del sistema

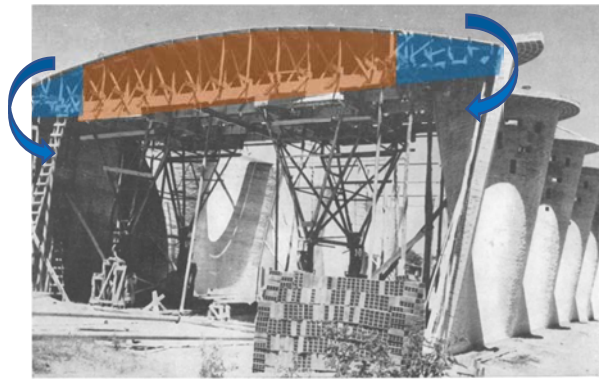


Imagen II.1.36.

Iglesia Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes en Atlántida, Dpto. de Canelones, 1958–1960. Cimbra colocada en posición para comenzar la construcción de una bóveda (Dieste, 1961, p. 45). Debido a las ondulaciones del cerramiento vertical la cimbra tenía una parte fija, marcada en color teja, y otra abatible, marcada en color azul, para completar el ancho de la bóveda, pudiendo la cimbra trasladarse sin que lo entorpecieran los entrantes de las paredes.

La dimensión longitudinal del molde estaba en función de si eran las bóvedas gausas continuas o discontinuas.

Para las bóvedas gausas continuas estaba en función de la amplitud, d en la Imagen II.1.37 y señalado con un rectángulo en color teja en la Imagen II.1.38.

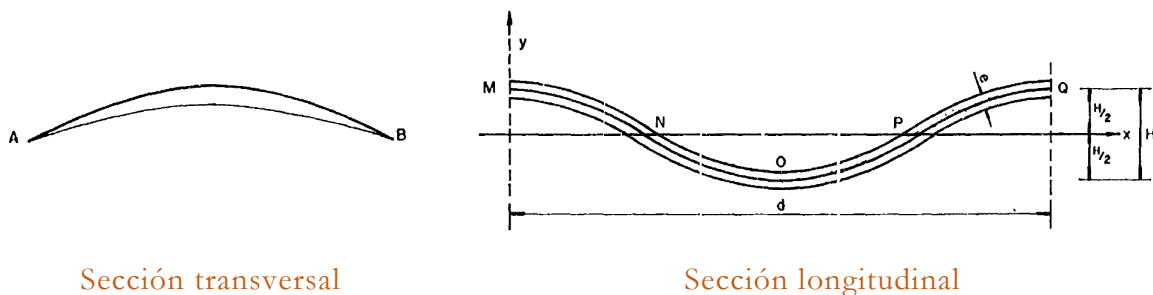


Imagen II.1.37.

Ondulación tipo de una bóveda gausa continua. H: altura, d: amplitud, e: espesor de la bóveda (Dieste & Montañez, 1985, p. 15).

PARTE II. 1. Los componentes del sistema

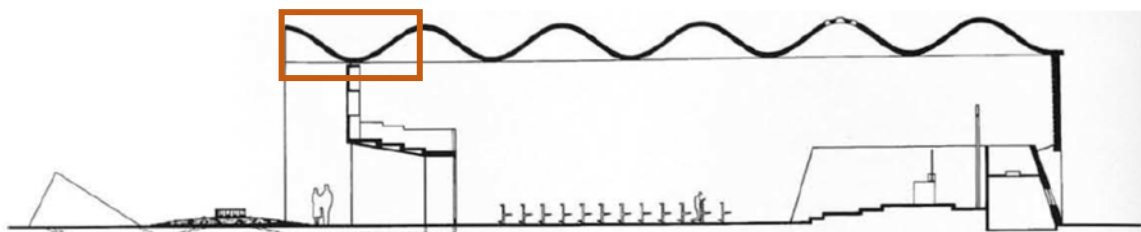


Imagen II.1.38.

Iglesia Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes en Atlántida, Dpto. de Canelones, 1958–1960. Sección longitudinal. En las bóvedas gausas continuas se tomaba como referencia la amplitud de una onda, como la marcada en color teja en la imagen (Jiménez, 1996, p. 152).

Para las bóvedas gausas discontinuas el molde se correspondía con una franja completa de bóveda (Imágenes II.1.39 y II.1.60).

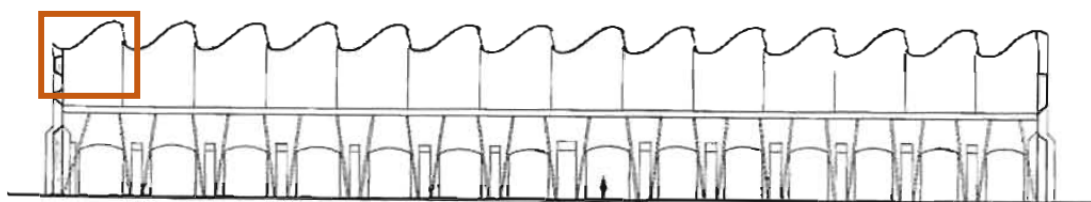


Imagen II.1.39.

Depósito Julio Herrera y Obes, Montevideo 1977–1979. Sección longitudinal. En las bóvedas gausas discontinuas se tomaba como referencia una bóveda completa, como la marcada en color teja en la imagen (Jiménez, 1996, p. 81).

Bóvedas autoportantes

En las bóvedas autoportantes las dimensiones de la cimbra estaban en función de la luz transversal a cubrir y longitudinalmente de la estructura de apoyo.

El ancho de la cimbra cubría completamente la luz transversal de la bóveda, que al ser corridas y sin tensores interiores el rendimiento de la mano de obra era superior a las bóvedas gausas, por tener menos dificultades (Imágenes II.1.40 y II.1.41).

Supongamos que el local tenga 40 metros de longitud. Un molde móvil de 5 m tendría 8 usos (bastante bien), y en tal caso parece razonable y conveniente disponer los pilares c/5m. (Dieste & Montañez, 1985, p. 13)

Tanto en las bóvedas, gausas y autoportantes, las cimbras y los elementos de apoyo se calculaban conjuntamente.

PARTE II. 1. Los componentes del sistema

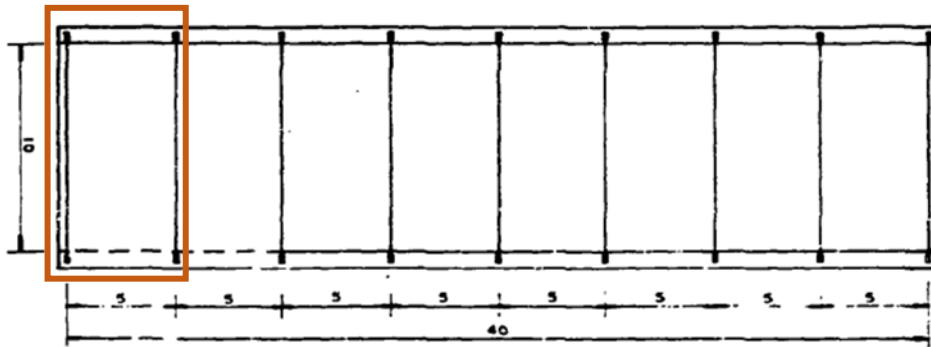


Imagen II.1.40.

Planta tipo de una bóveda autoportante (Dieste & Montañez, 1985, p. 12). Marcado en color teja lo que correspondería al módulo de la cimbra.

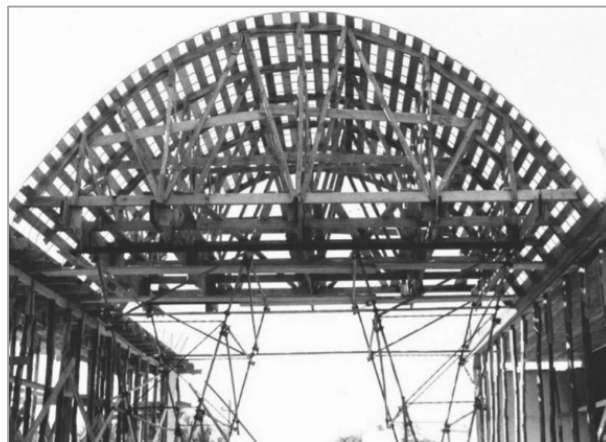


Imagen II.1.41.

Centro de Abastecimiento S.A., Río Grande del Sur, Brasil, 1969–1971. Cimbra para las bóvedas autoportantes (Brizuela de Seadi, 2019, p. 104).

1.2.3.1.2. Andamios

El andamio era un medio auxiliar poco utilizado en las obras por la repercusión económica. Su utilización preferente fue para la ejecución de las fachadas onduladas pues además de permitir acceder a los operarios a los diferentes puntos del cerramiento ayudó al replanteo de las generatrices de las paredes. Los andamios, sirvieron para materializar espacialmente las directrices de las curvas, a los niveles que el ingeniero considerase, por ejemplo, en el caso de la iglesia de Atlántida como a nivel de suelo era una línea recta y a nivel de coronación una línea ondulada se materializaron las generatrices mediante

PARTE II. 1. Los componentes del sistema

alambres fijados a las directrices, por lo que los operarios no tuvieron más que seguir estas para ejecutar con rapidez las fábricas (Imagen II.1.42). De igual manera se realizaron los cerramientos de las iglesias en España.

El material utilizado en el andamiaje fue muy simple: rollos de madera descortezada, tabloncillos de un espesor mínimo de 4 cm, grapas de hierro plano de más de 8 mm de espesor y, elementos varios de atadura, ya fueran cuerdas o cables. Según fue avanzando el tiempo los andamios se fueron normalizando.

Para la ejecución de las torres no utilizo un andamiaje propiamente dicho, sino que se iban colocando las plataformas –tabloncillos– apoyadas sobre el mismo muro circular del cerramiento de las torres, desplazándose aquellos según se ascendía.



Imagen II.1.42.

Iglesia Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes en Atlántida, Dpto. de Canelones, 1958–1960. Vista general del montaje de los andamios de las fachadas laterales (Beaudouin, 2013cⁿ).

1.2.3.2. Equipos

Este apartado está enfocado más a enumerar que a exponer algunos de los equipos de obra que concretan la filosofía de la cerámica armada.

1.2.3.2.1. Sistema motorizado para subida y bajada de la cimbra móvil

El sistema motorizado para la subida y bajada de la cimbra también lo diseñó Dieste, incorporando un gato electromecánico sobre las ruedas de la cimbra móvil (Imagen II.1.43).

ⁿ Recuperado el día 3 de mayo de 2021 de <http://www.beaudouin-architectes.fr/2013/10/eladio-dieste/>

PARTE II. 1. Los componentes del sistema

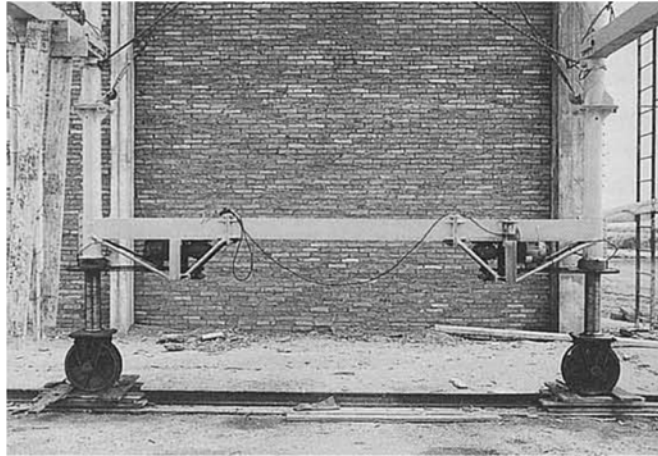


Imagen II.1.43.

Carro para el desplazamiento del molde móvil de las bóvedas. Sobre las ruedas Dieste incorporó un motor para permitir la subida y bajada del molde (Jiménez, 1996, p. 252).

1.2.3.2.2. Gato para tensionado de cables

Cuando por primera vez tuvieron que precomprimir las bóvedas no encontraron en el mercado uruguayo un equipo que uniera potencia con unas dimensiones reducidas, y que trabajase horizontalmente. La Imagen II.1.44 recoge la adaptación realizada sobre un gato común de camión.

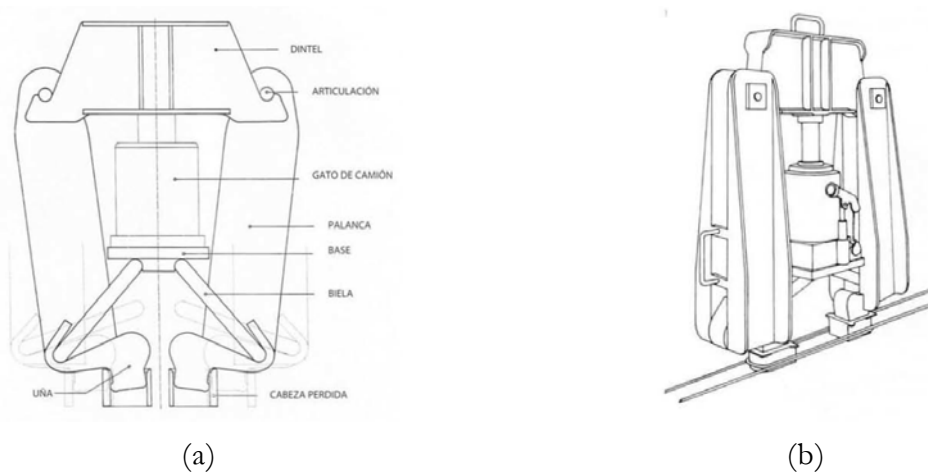


Imagen II.1.44.

Gato hidráulico para el precomprimido de cables diseñado por Dieste en 1962. Las imágenes corresponden a: (a) alzado (Jiménez, 1996, p. 249); (b) axonométrica (*ibidem*).

PARTE II. 1. Los componentes del sistema

Esta situación de diseñar o adaptar los equipos que se necesitaban con los medios existentes, resultaba una actitud de ir resolviendo los problemas que se les iban planteando, de independencia hacia la tecnología existente.

La Imagen II.1.45 es un equipo para tensionado de cables, de dimensiones reducidas, de unos 8 cm de diámetro, con el que estiraban cables de hasta 19 toneladas.

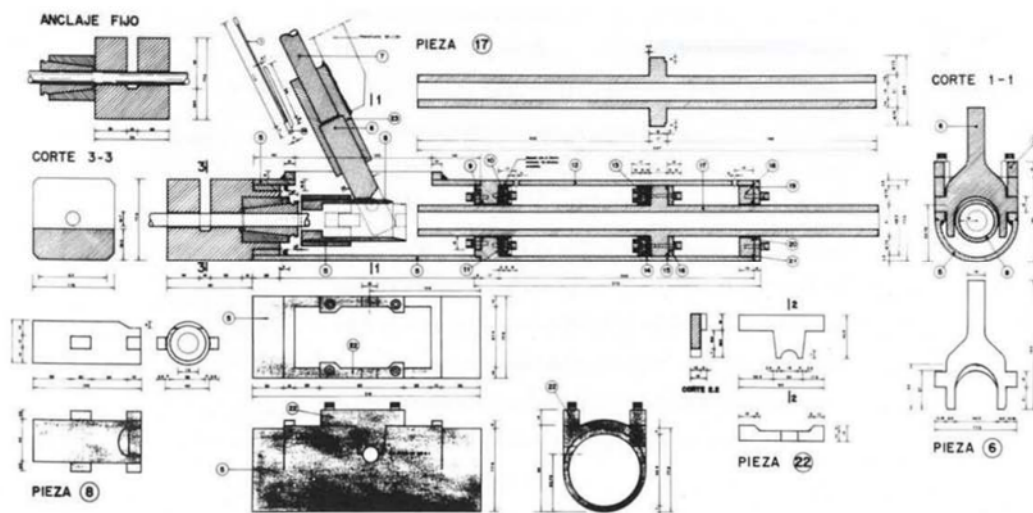


Imagen II.1.45.

Plano de las piezas de un gato para precomprimir bóvedas (Jiménez, 1996, p. 251).

1.2.3.2.3. Perforadora de pilotes

El terreno en Uruguay les obligó a tener que cimentar por pilotes, pero la maquinaria existente en el mercado no se ajustaba a las necesidades plantadas en las obras a ejecutar, lo que le hace plantearse diseñar la maquinaria para realizar los pilotes, ampliando así las prestaciones de los ya existentes

1.2.3.2.4. Otros equipos

Hay otros equipos necesarios secundarios, pero no por ello menos importantes imprescindibles para una buena puesta en obra.

Medidor resistencia mortero

Mecano diseñado por Dieste para comprobar in situ si el mortero de las bóvedas realizadas en la jornada anterior había adquirido la resistencia necesaria para poder desencofrar.

Sierra de cortar ladrillos

La sierra de cortar ladrillos fue una maquinaria fundamental en la tecnología de la cerámica armada, no solo para cortar los ladrillos a la medida y con los ángulos necesarios «Es muy conveniente disponer de una buena sierra de cortar ladrillos; siempre hay piezas para cortar» (Dieste & Montañez, 1985, p. 32).

Grúa de brazo

La grúa de brazo permitía subir y dejar en el sitio adecuado el material necesario para que los operarios pudieran ejecutar las bóvedas.

Se trataban de estructuras metálicas y de madera, sencillas, formadas generalmente por una columna, un cojinete basculante al que le unía el brazo, que se combinan con otros dispositivos de elevación haciéndolas muy versátiles.

1.2.4. Mano de obra

La mano de obra era local, sin cualificar, pues en los inicios, aunque se quisiera no se podía disponer de personal especializado pues tanto la cerámica armada como los procedimientos constructivos eran nuevos. Pero al ir aumentando la producción, aquellos operarios más aventajados, capaces de tener una comprensión global de los trabajos a realizar, se conservaron como encargados de obra.

A los operarios se les contrataba específicamente para una obra determinada, estando por tanto el número de empleados en función del tamaño de la construcción.

Como se trataba de personal no especializado, no había una diferenciación de oficios como tal, pudiendo realizar cada uno de ellos cualquier trabajo, dependiendo de sus habilidades. Todos trabajaban como un solo equipo, una sola mano, una sola cabeza, estando su función limitada al rendimiento de la obra. Por ello siempre estaban ocupados, no habiendo paros temporales.

Dieste consiguió que el trabajo fuera metódico haciendo fácil lo complicado, como: colocar la cimbra, amasar mortero, poner ladrillos, colocar armadura, rellenar las juntas, etc., siempre al mismo ritmo, y aunque a los operarios simplemente se les requería disciplina, organización y sentido del deber, estas cualidades podían encontrarlas sobradamente reflejadas en la figura de ese ingeniero que, además de haber participado directamente en la contratación de todos y cada uno de ellos, había de guiarles durante el proceso constructivo.

Además, el mismo ingeniero ejecutaba todo aquello que requería de un grado de especialización tecnológica, con el fin de descubrirles hasta donde podían llegar la

PARTE II. 1. Los componentes del sistema

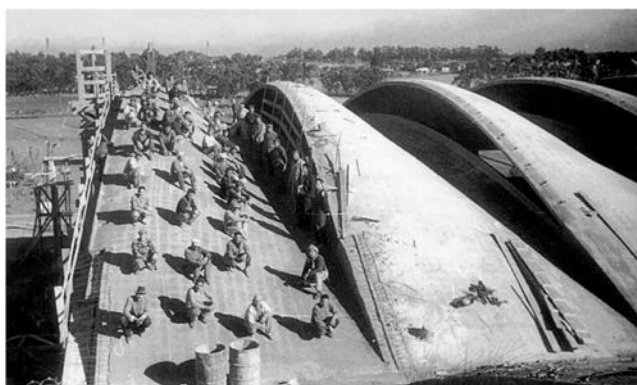
resistencia de los materiales así, como de la perfección de la obra terminada; para finalmente mostrarles que el principal beneficiario del producto realizado, eran aquellos que habían de utilizar esos espacios que, entre todos y sólo con sus manos, habían realizado (Imagen II.1.46).



(a)



(b)



(c)

Imagen II.1.46.

Las imágenes corresponden a: (a) el ingeniero (Bonta, 1963, pp. 57); (b) el capataz (*ibidem*); (c) el equipo (Jiménez, 1996, p. 48).

1.3. Ejemplo de la utilización de los materiales estructurales en el proceso constructivo de una bóveda de doble curvatura

El video *Dieste—Bóvedas de cerámica armada, 1989* (Jacob y Márquez, 2019), recoge la construcción de una de las bóvedas gausas de grandes dimensiones realizada por la empresa Dieste & Montañez S.A.

Este video solo va acompañado del sonido de obra, pero dado lo ilustrativo que resulta para la comprensión del proceso constructivo, y para la exposición de los materiales empleados, se han capturado varias imágenes, acompañándolas de una explicación.

En cada Imagen se ha referenciado el instante en que se ha realizado la captura.

Trabajos previos

La estructura de apoyo como era la cimentación, los pilares y las vigas de borde, estaban ejecutadas en hormigón armado, teniendo que estar terminada y en condiciones de recibir la carga de las bóvedas antes del comienzo de la construcción de estas.

En las dos vigas de borde longitudinales, que eran donde iba a apoyar las bóvedas, se dejaban esperas de barras de acero, perfectamente enfrentadas, con el fin de que empalmasen y continuasen con la armadura que iba a ir alojada en los nervios transversales de las bóvedas (Imagen II.1.64).

En esta estructura de hormigón armado también se había efectuado las provisiones necesarias para la posterior colocación y tesado de los cables, que habían de atirantar las bóvedas (Imagen II.1.78).

Montaje de la estructura metálica de la cimbra móvil

La cimbra móvil estaba constituida habitualmente por varias torretas o *columnas* como las denominaba Dieste, convenientemente separadas entre si hasta cubrir la luz transversal de la bóveda, siendo cada una de ellas unas estructuras espaciales realizadas con tubos y cables metálicos, que tenían de longitud, la amplitud de una bóveda (Imagen II.1.60).

La cimbra móvil tenía una doble misión, servir de apoyo de la estructura superior y permitir el deslizamiento del conjunto total de la cimbra.

Independientemente del número de torretas existentes, pues su número estaba en función de la luz transversal a cubrir, solo dos de ellas terminaban en unas ruedas que se deslizaban sobre unos carriles metálicos, dispuestos en toda la longitud de la nave, perfectamente alineados, nivelados y calculados para recibir todo el peso de la cimbra, de la bóveda y de los operarios que trabajaban sobre ella (Imagen I.1.84).

PARTE II. 1. Los componentes del sistema

Las ruedas llevaban unos gatos situados encima de ellas, que eran los que permitían que toda la cimbra pudiera subir y bajar (Imagen II.1.83).

Las torretas que no terminaban en ruedas lo hacían en unos pies que apoyados en el suelo permitían aumentar la estabilidad a la estructura y que se subían cuando había de ser trasladada la cimbra (II.1.82).

Todas las torretas estaban unidas entre sí por una estructura anular superior, formando un conjunto (Imágenes II.1.47). Sobre el anillo anterior se colocaba otro anillo idéntico a este, separados por unos tacos de madera (Imagen II.1.48).



Imagen II.1.47.
1' 17"



Imagen II.1.48.
1' 30"

Los tacos coincidían con la altura de los tensores que atirantaban a las bóvedas, de manera que desplazando el taco de madera de un lado al otro del cable la cimbra se podía desplazar libremente.

Los anillos estaban separados por tacos de madera, formados a su vez por tablas, de manera que pudieran desmontarse fácilmente para permitir que la cimbra pudiera cruzar el cable (Imágenes II.1.49 y II.1.50).



Imagen II.1.49.
1' 21"



Imagen II.1.50.
1' 24"

PARTE II. 1. Los componentes del sistema

Armado y montaje de las cimbras de madera

Mientras se realizaba el montaje del armazón metálico se armaban los arcos extremos del molde de madera, que tenían una forma catenaria y que servirían de apoyo al forro de madera (Imagen II.1.51).



Imagen II.1.51.
1' 14"

Estas cimbras se realizaban completas a pie de obra (Imagen II.1.51) y se izaban con grúas hasta la posición que habían de ocupar en el conjunto, apoyándose sobre el bastidor metálico de encima de los tacos (Imágenes II.1.52, II.1.53, II.1.54, II.1.55 y II.1.56).



Imagen II.1.52.
1' 57" y 1' 47"

PARTE II. 1. Los componentes del sistema



Imagen II.1.53.
2' 32"



Imagen II.1.54.
2' 00"



Imagen II.1.55.
2' 12"



Imagen II.1.56.
2' 36"

Armado y montaje del molde de madera

Sobre el bastidor metálico, además de descansar los arcos extremos se apoyaban todas las costillas de madera que, delimitadas por aquellas, formaban la base del molde de la bóveda (Imágenes II.1.57, II.1.58 y II.1.59).

El molde de la bóveda también estaba realizado en madera por lo que la unión con las costillas era mediante clavos.

Las maderas del forro estaban calibradas para conseguir una superficie lisa y sin resaltos, a fin de que la colocación de las piezas cerámicas fuera perfecta.

PARTE II. 1. Los componentes del sistema



Imagen II.1.57.
3' 16"



Imagen II.1.58.
3' 18"

Para facilitar la colocación de las piezas cerámicas sobre el forro de madera se dibujaban líneas coincidiendo con las juntas de mortero de entre ladrillos, para que sirviesen de guía a los operarios que habían de ponerlas (Imágenes II.1.60).



Imagen II.1.59.
2' 54"



Imagen II.1.60.
3' 22"

Como ya se ha indicado la amplitud de la bóveda corresponde con la longitud del molde (Imagen II.1.60). Dadas las grandes dimensiones de esta bóveda, esta se realizó en dos jornadas de trabajo. Lo que narramos a continuación corresponde con la segunda jornada de trabajo.

Ejecución de la hoja estructural cerámica

Una vez que se había colocado el molde en la posición de trabajo, se procedía a subir rápidamente el material cerámico, con una grúa de brazo colocándole en ambas faldas de la bóveda (Imagen II.1.61).

Como se trataba de una bóveda de doble curvatura, las piezas cerámicas fueron bovedillas perforadas con alas.

PARTE II. 1. Los componentes del sistema

Las bovedillas se colocaban saturadas de agua, debiéndose de tener la precaución de mantener su humedad constante, mojándolas por ello continuamente.

También se preparaba el mortero que habían de rellenar los nervios longitudinales (Imagen II.1.62), con una proporción de 1:2 (cemento: arena), y las barras de acero del armado.



Imagen II.1.61.
3' 39"



Imagen II.1.62.
4' 06"

La construcción de la bóveda empezaba simultáneamente por ambas faldas, con dos equipos de obreros, que iban colocando adecuadamente las esperas que se habían dejado en las vigas de borde en los nervios transversales, e iban ascendiendo hacia la cima (Imagen II.1.63).

Cuando se estaba próximo a la clave se quedaba un solo equipo para que no se molestasen al trabajar.

A cada obrero se le asignaba el ancho suficiente para que pudiera trabajar cómodamente sin molestarse unos con otros (Imágenes II.1.64, II.1.65 y II.1.66).

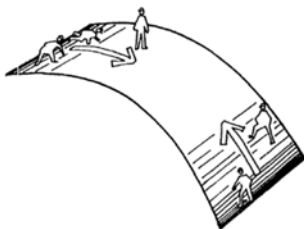


Imagen II.1.63.
Esquema del proceso de montaje de las láminas cerámicas (Dieste y Montañez, 1985, p. 34).



Imagen II.1.64.
4' 50"

PARTE II. 1. Los componentes del sistema

Los obreros trabajaban al mismo ritmo, ejecutando líneas enteras de ladrillos, colocando el armado en los nervios longitudinales, embebiéndolos en el mortero (en esta bóveda solo se había dispuesto una línea de armado, la cuantía estaba en función del cálculo estructural), dejando los nervios transversales vacíos de mortero, pero colocada la armadura inferior, que se sujetaba a la longitudinal (Imágenes II.1.65 y II.1.66).



Imagen II.1.65.
4' 29"



Imagen II.1.66.

Cubierto todo el molde con las bovedillas se procedía a colocar el armado superior de los nervios transversales (Imágenes II.1.67 y II.1.68).



Imagen II.1.67.
4' 54"



Imagen II.1.68.
5' 03"

Se ataban las armaduras superior e inferior cada dos bovedillas (52 cm), con alambre, dejando que este fuera lo suficientemente largo (10–12 cm) para posteriormente atar también la malla electrosoldada que se iba a colocar en la capa de alisado (Imágenes II.1.69 y II.1.70).

PARTE II. 1. Los componentes del sistema



Imagen II.1.69.
5' 06"



Imagen II.1.70.
5' 10"

Las dos o tres últimas hiladas próximas al borde transversal no se colocaban piezas cerámicas dejando sobresalir el armado longitudinal, para empalmar y solapar con los de las hiladas de la siguiente bóveda y así facilitar la continuidad (Imágenes II.1.72).

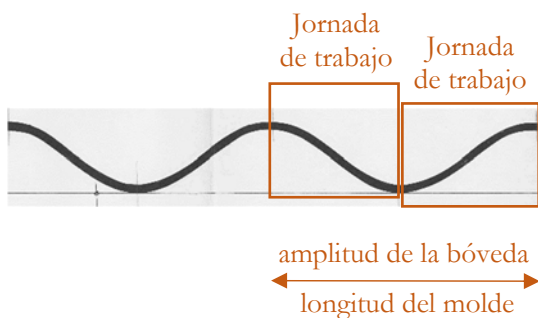


Imagen II.1.71.
Esquema del proceso constructivo de una bóveda.



Imagen II.1.72.
5' 30"

Colocadas las piezas cerámicas se procedía a rellenar los nervios transversales con mortero de consistencia plástica, teniendo especial cuidado en que entrase bien en todas las juntas, ayudándose incluso de una cuchada para aplastarle.

Este mortero se vertía en abundancia de manera que también quedase una fina capa sobre la lámina cerámica que estaba saturada de agua, procediéndose a colocar inmediatamente el mallazo metálico (Imágenes II.1.73 y II.1.74).

PARTE II. 1. Los componentes del sistema



Imagen II.1.73.
5' 32"



Imagen II.1.74.
5' 41"

Ejecución de la capa de alisado

La colocación de la malla metálica electrosoldada, de 100x100 mm – Ø 3-3 mm o equivalente, se ataba con los alambres de espera que se habían dejado cuando se ataron las armaduras de los nervios longitudinal y transversal, de manera que la malla quedaba fija y semisumergida en la primera capa de mortero, solapándose 20 cm con la siguiente malla.

Antes de que fraguada el mortero de esta primera fase se echaba una segunda capa de mortero más pastoso, con una proporción de 1:3 (cemento: arena), aplastándole cuidadosamente con la cuchadas, y dándole un acabado fratasado, dejando la superficie preparada para el revestimiento final.

Esta capa de mortero que estaba armada con una malla electrosoldada metálica es la denominada capa de alisado (Imágenes II.1.75 y II.1.76).



Imagen II.1.75.
5' 49"



Imagen II.1.76.
5' 53"

PARTE II. 1. Los componentes del sistema

Una vez terminada la capa de mortero de la capa de alisado se procedía a revestir la superficie con un producto para controlar la pérdida de humedad del mortero, con Antisol preferentemente.

Montaje de los tensores

En el momento en que se comenzaba a subir el material cerámico sobre el forro de madera, en el intradós se comenzaba la preparación de los tensores, colocando la vaina plástica (Imágenes II.1.77 y II.1.78).



Imagen II.1.77.
3' 49"



Imagen II.1.78.
3' 54"

Se colocaban la armadura dentro de las vainas para su posterior tesado (Imágenes II.1.79 y II.1.80).



Imagen II.1.79.
4' 14"



Imagen II.1.80.
4' 28"

Este tesado no era el definitivo, y se realizaba para mantener la distancia de separación de las vigas de borde, pues en caso contrario al desencofrar y entrar en carga el tensor, el empuje de las bóvedas le estirarían, y el aumento de la cuerda provocaría

PARTE II. 1. Los componentes del sistema

fisuraciones en las bóvedas (próxima a los apoyos donde menos inercia tenían). Cuando se terminaba el módulo completo de bóveda se terminaba de dar la tensión definitiva.

Las bóvedas gausas de grandes dimensiones, cada módulo de bóveda se realizaba en dos etapas, la primera en correspondencia con el tensor, y en la jornada siguiente, la segunda faja.

Bajada del molde móvil

Para bajar el molde y moverle a su nueva posición, las ruedas se descalzaban (Imagen II.1.81), se quitaban los apoyos fijos (Imagen II.1.82), se bajaba el molde (Imagen I.1.83) y se desplazaba a la nueva posición (Imagen II.1.84).



Imagen II.1.81.
6' 35''



Imagen II.1.82
6' 13''



Imagen II.1.83.
6' 25''



Imagen II.1.84.
6' 43''

Traslado del molde móvil

En el desplazamiento el molde se encontraba con el tensor que debía ser atravesado. Para ello se dejaban enfrentados el tensor a los tacos de madera a la mitad de altura, e iba

PARTE II. 1. Los componentes del sistema

avanzando lentamente el móvil hasta que el tensor tocaba los tacos. En este momento se desmontaban los tacos montándose detrás del tensor, y se avanzaba el molde.

Hay que recordar que en estos momentos el único peso que debía de soportar el molde era el del forro de madera (Imágenes II.1.85 y II.1.86).



Imagen II.1.85.
6' 53"



Imagen II.1.86.
7' 03"

Una vez que cruzaba el tensor se desmontaba el taco y volvía a su posición original, alineándolo con los soportes verticales (Imágenes II.1.87 a II.1.90).

Durante la operación de desmontaje y montaje de los tacos se desajustan los bastidores entre sí, colocándose dispositivos para controlar las variaciones, y poder recolocarles.

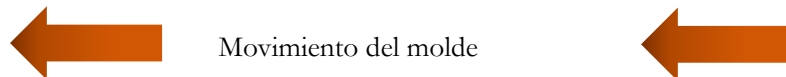


Imagen II.1.87.
7' 09"



Imagen II.1.88.
7' 11"

PARTE II. 1. Los componentes del sistema



Imagen II.1.89.
7' 23"



Imagen II.1.90.
7' 36"

La colocación de la cimbra en su nueva posición no era fácil, pues las barras de acero que se habían dejado en espera en la línea de la sección transversal y en las vigas de bode laterales donde debía de apoyar la bóveda, debían de coincidir con los nervios transversales y longitudinales de la nueva lámina cerámica, debiéndose situar el molde en la posición perfecta.

Una vez colocado el molde en su posición definitiva (Imagen II.1.91) se calzaba, se colocaban los apoyos fijos y se subía el molde (Imágenes II.1.92), comenzándose la rutina del proceso constructivo.



Imagen II.1.91.
6' 45"



Imagen II.1.92.
7' 41"

Una vez construidas todas las bóvedas se terminaban con una pintura a la cal o una pintura con propiedades impermeabilizantes de color blanco (Imagen II.1.93 y II.1.94).

PARTE II. 1. Los componentes del sistema



Imagen II.1.93.
0' 56"



Imagen II.1.94.
1' 09"

1.4. Conclusiones

Las bases de la cerámica armada son: la geometría, los materiales, los bienes de equipo y la mano de obra.

Las formas estructurales realizadas están pensadas para que el material no se fisure, pero como la lámina estructural cerámica no era un material homogéneo, fue la fina capa del alisado la encargada de proporcionar el revestimiento continuo final que necesitaban las superficies laminares de cubierta. De esta manera consiguió seguir manteniendo en las bóvedas el reducido espesor que le proporcionaba el grueso de la pieza cerámica utilizada.

Las piezas de arcilla cocida -el material autóctono del país-, caracterizan su obra, siendo su producto preferido el ladrillo de campo, de dimensiones, tonalidades y textura heterogéneas.

Los materiales no estructurales, como por ejemplo los vidrios de colores, el ónix, las pinturas de color blanco, o la utilización de escuadrías mínimas para las carpinteras, fueron elegidos meticulosamente para que singularizaran su obra.

Como la cerámica armada fue un material novedoso, también necesitó crear los procedimientos para construir las formas, como: la maquinaria, los medios de ejecución, o los métodos de análisis, poniéndolos al servicio de su creatividad.

El método para pretensar las estructuras, lo diseñó valiéndose de los recursos materiales y humanos disponibles. La cimbra móvil la diseñó como una máquina eficaz, reutilizable y fácil de usar. Conseguir que los procedimientos lograsen los fines para los que habían sido ideados le permitieron independizarse frente a la técnica existente.

Que para realizar sus laminas estructurales de cubierta utilizase formas antifuniculares, con productos prefabricados (ladrillo, barras de acero), que diseñase sus equipos sin tener que importar maquinaria, y la utilización de una mano de obra local, hicieron de la cerámica armada un material competitivo.

Notas

¹ En fax de fecha 19 de Julio de 1995 refiriéndose a lo realizado en la iglesia de Durazno indica: «Durazno se hizo con ladrillos de un tejar local, con ladrillos nada buenos ($\sigma \geq 80$) eligiendo los mejores para el lucernario. Ese ladrillo de 390 kg/cm² es más que suficiente» Dieste, 1995 en Archivo Histórico Diocesano de Alcalá de Henares.

² «Pero los ladrillos no son dovelas perfectamente taladas y es entonces indispensable interponer algún material entre ellos para transmitir los esfuerzos de una manera regular» (Dieste en Carbonell, 1987, p.38).

³ En el documento de Dieste y Montañez (1985) a esta capa la denomina también argamasa: «para la construcción elegimos piezas de cerámica de 25 cm x 25 cm x 10 cm que serán cubiertas con una capa superior de argamasa armada de 3 cms (sic)» (p. 16), no referenciando su composición, en el mismo texto como «mortero de arena y cemento» (p. 11) sin especificar si va armada, aunque si su espesor, o como «capa de arena y portland» (p. 19) referenciando que lleva embebida una malla electrosoldada. En el libro Bóvedas autoportantes de directriz catenaria sin tímpanos (Dieste, 1994), Dieste se refiere a esta capa como «un alisado de arena y portland reforzado con armadura» (p.13), y en el libro de Jiménez (1996) como «enlucido de arena y portland en el que dejamos embebida una fina malla electrosoldada para control de las fisuras de retracción, la eventual armadura adicional para el cortante y aquella en que anclamos los extremos de los cables de precomprimido, si los hay» (p. 91).

⁴ En el artículo Iglesia en Montevideo, templo parroquial de Atlántida, publicado en Informes de la Construcción, Dieste explicando la construcción de las fachadas laterales de la iglesia, indica: «Había pensado primero hacer la pared con doble muro y cámara de aire, pero vi luego que era más conveniente llenar la cámara con mortero hidrofugado» (Dieste, 1998, p.10).

⁵ Indicaciones personales dadas por el propio Dieste.

⁶ «(...) la armadura de alambre de 3 mm dispuesta en las hiladas es de sólo medio kilo por metro cuadrado, suficiente para la resistencia parcial de la pared y para darle unidad estructural» (Dieste en Carbonell, 1987, p.130).

⁷ Antisol actualmente es marca registrada de la casa Sika.

Parte II. La cerámica armada de Eladio Dieste

2. Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales

BÓVEDAS DE DOBLE CURVATURA

Las bóvedas de doble curvatura son fajas onduladas en forma de arco, que permite salvar luces de gran magnitud en el sentido transversal.

Se han construido techo de 50 mts. entre apoyos, pudiéndose superar sensiblemente esta dimensión.

La forma ondulada permite una iluminación natural, uniforme y bien distribuida. Al mismo tiempo proporciona un acondicionamiento acústico excelente.

BÓVEDAS AUTOPORTANTES

Son bóvedas de cañón corrido, que permiten importantes luces longitudinales. Se han construido vanos libres de 40 mts.

Especialmente se destaca la posibilidad de tener valores de más de 20 mts. para cubrir andenes de carga, porterías, terminales de ómnibus, etc.

SILOS HORIZONTALES

En los grandes silos horizontales, la cerámica armada presenta ventajas adicionales muy importantes frente a las soluciones de techo liviano.

Destacamos entre otras:

Menor costo comparativo por tonelada.

Capacidad portante ante el empuje horizontal del grano.

Ausencia absoluta de problemas de condensación.

Fácil instalación de cintas transportadoras y equipos para carga y descarga.

TANQUES DE AGUA Y TORRES

La cerámica armada se adapta perfectamente a la construcción de superficies de revolución que dan forma a torres, tanques o silos verticales.

Se obtiene además, por su acabado, una obra de gran calidad arquitectónica.

Transcripción del documento utilizado para publicitar la empresa Dieste & Montañez, S.A. (Ramírez, 2002).

2. Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales

2.1. Introducción

Las obras no se construyen para que resistan. Se construyen para alguna otra finalidad o función que lleva, como consecuencia esencial, el que la construcción mantenga su forma y condiciones a lo largo del tiempo. Su resistencia es una condición fundamental; pero, no es la finalidad única, ni siquiera la finalidad primaria. (Torroja, 2000, p. 2)

Dieste comenzó su andadura profesional con el hormigón armado, entendiendo que se trataba de un material que requería una tecnología que su país no debiera pagar, y que volver al origen, utilizando al ladrillo como material, empleando unos procedimientos fáciles de comprender, y de realizar por una mano de obra local sin especializar, no era signo de retraso, sino todo lo contrario, de mostrarse como una sociedad moderna que tomaba sus propias decisiones, indicando: «Una duda que siempre aflora cuando se habla de técnica, es la que supone discernir si nuestra actitud debe orientarse a asimilar la de los países industrializados o a desarrollar la propia» (Dieste, 1998c, p. 41).

Con la cerámica armada creó formas difícilmente ejecutables con hormigón armado, resolviendo problemas técnicos con una destacada componente plástica, mostrando a la sociedad internacional que, al igual que con el hormigón armado, con el nuevo material también se construía cualquier tipo de edificación.

El repertorio tipológico utilizado fue muy amplio, teniendo de común todo él: la utilización de la mínima cantidad de material posible, la búsqueda del menor coste, y la máxima expresión estética, los tres ideales que Billington (2013) marcaba para que una obra se identificase como Arte Estructural.

Economía, eficiencia y elegancia

Dieste diferenciaba dos tipos de economía: la *economía financiera* que minoraba los gastos simplificando las construcciones, y la *economía cósmica*, donde la reducción del coste se conseguía utilizando el equilibrio de los elementos con los que se trabajaba.

La economía cósmica comenzaba con la elección de la arcilla como material base, con el que se realizaban mampuestos, que eran cocidos en los diferentes hornos ya existentes en todo el territorio uruguayo, no siendo necesario invertir en nuevos recursos.

La mano de obra empleada era local, cualificada o no, pero familiarizada con los ladrillos y con la aptitud necesaria para afrontar los métodos que las nuevas estructuras demandasen.

La inmediatez de tener garantizado al material y a los operarios, a precios asequibles, le permitió ser competitivo respecto a otras tecnologías, implantándose las construcciones realizadas con cerámica armada rápidamente en todo el territorio uruguayo.

La elección de las formas estructurales era fundamental (Imagen II.2.1), elegir un tipo geométrico u otro implicaba un mayor consumo de unos materiales frente a otros, por ejemplo, utilizar más acero o cemento. Optó principalmente por la catenaria para el desarrollo de las estructuras abovedadas, y de los conoides para los cerramientos horizontales y verticales, geometrías que se adaptaban perfectamente a las propiedades de los mampuestos cerámicos, y a las exigencias económicas de la sencillez constructiva. Las estructuras plegadas las empleo para todo tipo de cerramientos, verticales, horizontales e inclinados

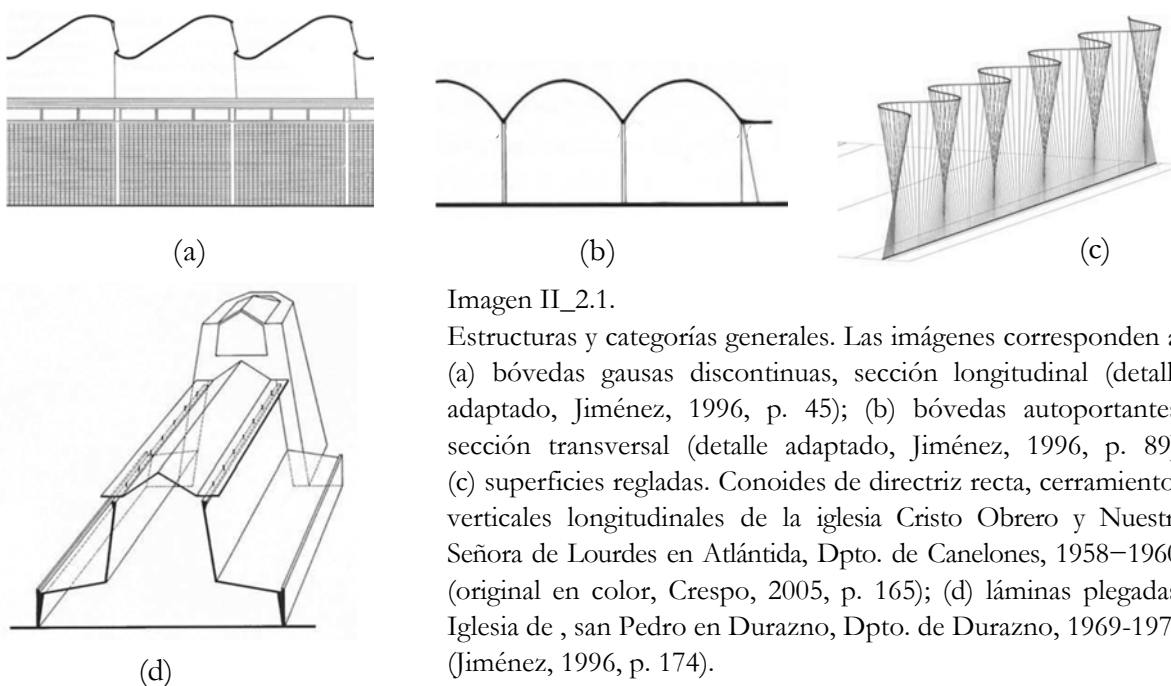


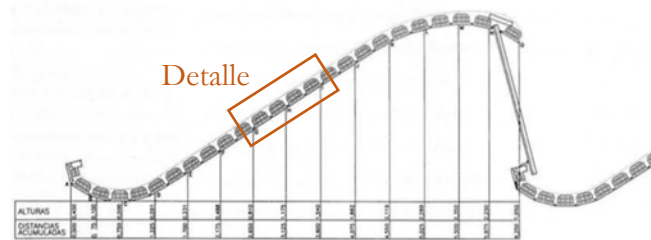
Imagen II_2.1.

Estructuras y categorías generales. Las imágenes corresponden a: (a) bóvedas gausas discontinuas, sección longitudinal (detalle adaptado, Jiménez, 1996, p. 45); (b) bóvedas autoportantes, sección transversal (detalle adaptado, Jiménez, 1996, p. 89); (c) superficies regladas. Conoides de directriz recta, cerramientos verticales longitudinales de la iglesia Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes en Atlántida, Dpto. de Canelones, 1958–1960. (original en color, Crespo, 2005, p. 165); (d) láminas plegadas. Iglesia de , san Pedro en Durazno, Dpto. de Durazno, 1969-1971 (Jiménez, 1996, p. 174).

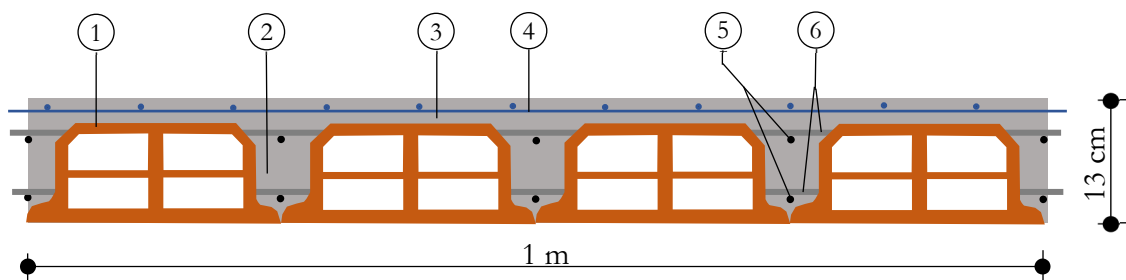
PARTE II.2. Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales

Si estudiamos, por ejemplo, la forma de una bóveda gausa, está compuesta por una sucesión de curvas catenarias que van variando de luz y flecha, manteniendo en las dos direcciones, transversal y longitudinal, un comportamiento resistente a compresión.

Examinando un detalle constructivo tipo (Imagen II.2.2.a), el producto preponderante es la pieza cerámica, representando aproximadamente el 65 % del volumen total, las juntas de mortero casi el 14 %, la capa de alisado sobre el 20,5 % y el acero el 0,50 % (Imagen II.2.2.b).



(a)



(b)

Leyenda imagen b:

1. Piezas cerámicas perforadas. Dimensiones: 250 x 250 x 100 mm.
2. Juntas de mortero de cemento *Portland*.
3. Capa de alisado, espesor: 30 mm, realizada con mortero de cemento *Portland* y armada con una malla electrosoldada.
4. Malla electrosoldada de 10 cm x 10 cm x 3 mm.
5. Armado junta transversal. Barras de acero 2Ø6 mm en cada junta.
6. Armado junta longitudinal. Barras de acero 2Ø8 mm cada metro.

Imagen II.2.2.

Bóveda gausa discontinua tipo. Las imágenes corresponden a: (a) sección longitudinal (Jiménez, 1996, p. 45); (b) detalle constructivo de sección longitudinal (adaptado de Dieste, 1985, p. 16).

Como la capa de alisado no formaba parte de la lámina estructural, el único material para controlar su resistencia era el mortero de las juntas, por lo que pasadas unas horas, cuando endurecía y aun sin que tuviera la resistencia definitiva, si la cáscara conseguía rigidez se podía desmoldar, pues en el sentido transversal trabajaba solidarizada por su

PARTE II.2. Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales

peso, y en el sentido longitudinal por las armaduras dispuestas en este sentido, vinculándose fuertemente las piezas cerámicas entre sí por la compresión producida por la gravedad (Dieste, 1985b).

Como la carga crítica de pandeo era proporcional al módulo de elasticidad y al momento de inercia, aunque las juntas no estuvieran totalmente endurecidas, trabajaban como semiarticulaciones, y como el módulo de elasticidad de la lámina era bajo, para conseguir la necesaria estabilidad al pandeo del conjunto había que aumentar el momento de inercia, utilizando la forma, ondulada, para conseguirlo (Dieste, 1985b).

La experiencia le enseñó que, para bóvedas de 15 m de luz, el tiempo necesario para que la consistencia del mortero asegurase una buena distribución de los esfuerzos era de tres horas, y para bóvedas de 30 m de luz de catorce horas, representando este tiempo el plazo desde que se terminaba la jornada de un día, a las 17 horas, y se empezaba a las 7 horas de la mañana siguiente (Jiménez, 1996).

Una ventaja de desencofrar tan rápido era que la estructura se probaba durante el proceso constructivo, ya que su resistencia y rigidez finales eran muy superiores a las iniciales.

El encofrado para realizar las estructuras laminares de cubierta era caro, por lo que, para minimizar su impacto en el costo total de la obra, su diseño se enfocó como una máquina que, fuera fácil de montar, manejar y reutilizable (Imagen II.2.3).

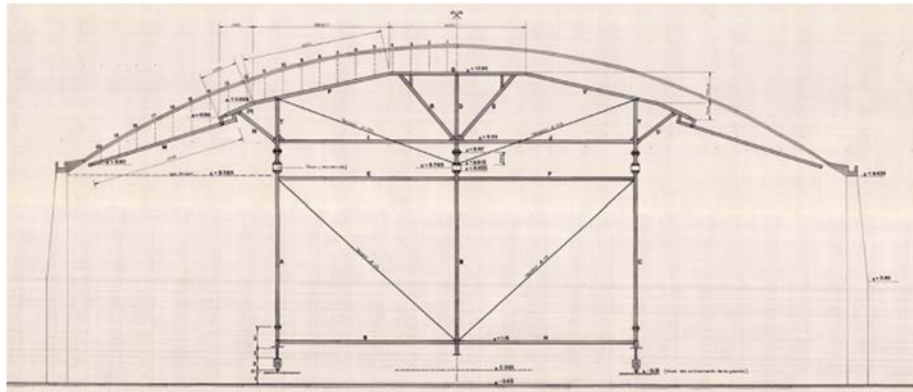


Imagen II.2.3.

Detalle plano del molde móvil para las bóvedas gausas discontinuas del Gimnasio Municipal Trinidad, Dpto. de Flores, 1983–1984 (Nómada, 2018^a).

^a Recuperado el 20 de marzo de 2021 de <http://nomada.uy/guide/view/attractions/4251>

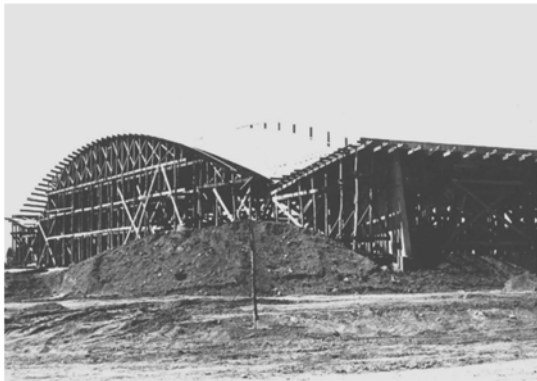
PARTE II.2. Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales

Se trataba de un dispositivo formado por dos partes: la superior era un molde en madera reproduciendo exactamente la forma de una onda completa de bóveda y la inferior, una estructura tridimensional realizada con barras y cables de acero, que terminaba en unas ruedas, a las que se les acoplaron unos gatos permitiendo, además de su desplazamiento horizontal, subir y bajar el molde.

Dado que la mayor parte de la lámina estaba realizada por un material endurecido –las piezas cerámicas–, el deterioro del molde de madera era mínimo, pudiéndose reutilizar de forma inmediata, manteniendo el mismo forro durante toda la ejecución de la obra.

Los mismos operarios que realizaban las bóvedas, podían mover el molde, colocar y tensionar el cableado.

En estas condiciones se consiguió que el molde no lastrase económicamente el computo económico global de la obra, siendo ejemplo de ello, la realización de las bóvedas gausas del *Pabellón de productores del Mercado de Puerto Alegre* en Brasil (Imagen II.2.4.a), donde cada onda tenía una amplitud de 5 m, luz transversal de 30 m, losas voladas en sus laterales de 8,5 m cada una, pero el empleo del mismo molde cincuenta y cinco veces y la rapidez en su construcción (Imagen II.2.4.b), convirtieron que la utilización de la cerámica armada como material estructural fuera viable económicamente.



(a)



(b)

Imagen II.2.4.

Mercado de Porto Alegre en Brasil, 1969–1972. Las imágenes corresponden a: (a) construcción de una bóveda gausa discontinua del Pabellón de productores (Brizuela de Seadi, 2019, p. 99); (b) vista general del mercado. En el centro de la imagen el Pabellón de productores, a los lados de esta construcción, los Pabellones de comerciantes realizados con bóvedas autoportantes (Brizuela de Seadi, 2019, p. 75).

PARTE II.2. Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales

Dieste se afanó en crear obras bellas, sin abandonar la eficacia, la economía o la seguridad estructural.

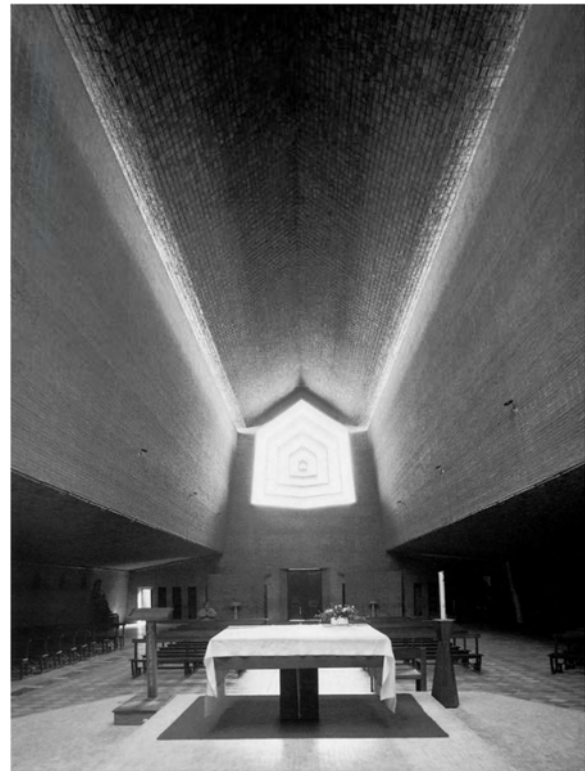
Los ladrillos macizos de campo fueron sus predilectos por su tonalidad y sus dimensiones no homogéneas, colocándoles a soga, a tizón, de plano, inclinados, con juntas de mortero enrasadas, rehundidas, redondeadas, anchas, estrechas, limpiando cuidadosamente las rebabas del mortero para que no ensuciaran la pieza cerámica, rellenando huecos, para conseguir superficies lisas, suaves y elegantes.

Sus formas, esbeltas y sencillas, son resultado de su ingenio, constituyendo una unidad inseparable con la estructura, mostrando esa indisolubilidad sin artificios, enseñándonos cómo están realizadas y la manera en que trabajan.

Dotó a los edificios, industriales o no, de fuentes naturales de luz, creando espacios de gran intensidad mística (Imagen II.2.5).



(a)



(b)

Imagen II.2.5.

Utilización de la luz natural en: (a) Agroindustrias Massaro, Dpto. de Canelones, 1976–1980. Calados puntuales en las superficies abovedadas (Anderson, 2004a, p. 113); (b) iglesia de san Pedro en Durazno, vista desde el altar hacia la entrada principal de la nave. Foto realizada por Vicente del Amo en 1996 (Jiménez, 1996, p. 181).

Las soluciones estructurales desarrolladas fueron numerosas, abarcaron casi todos los sistemas constructivos de una edificación como las cubiertas, los cerramientos exteriores verticales, la contención o los forjados.

Este capítulo analiza tipológica y morfológicamente las soluciones utilizadas por Eladio Dieste con la cerámica armada.

2.2. Clasificación general

Antes de proceder a una clasificación, a fin de dar orden al capítulo, se indica que la cimentación se realizaba en hormigón armado, preferentemente por pilotes, salvo casos concretos en que se utilizaban las zapatas, y el sistema de sujeción de las bóvedas gausas, fueron mediante vigas longitudinales que soportaban sus empujes, transmitiéndolos a su vez a los pilares, realizados ambos elementos en hormigón armado.

Dado que Dieste comienza con la cerámica armada desarrollando estructuras abovedadas, al igual que lo había hecho anteriormente con el hormigón armado, empezaremos por este sistema para su exposición.

La clasificación de los tipos estructurales, atendiendo a la función que desempeñan dentro de una construcción, es:

- Estructuras laminares de cubierta.
- Estructuras laminares de cerramiento.
- Estructuras laminares de contención.
- El piso, el forjado.

Hay un caso concreto que son las torres, destinadas a cumplir funciones diferentes, como la de ser base para tanques elevados de agua, antenas de telecomunicaciones, campanarios, o escaleras exteriores que también se analizaran.

2.3. Estructuras laminares de cubierta

Aislar un determinado volumen del exterior. O sea, defender ese volumen de los agentes naturales exteriores: viento, lluvia, nieve, ruidos, temperaturas, vistas de otras personas, etc., etc. Desde el punto de vista estructural suelen distinguirse, en este grupo, los muros de cierre y las cubiertas. (Torroja, 2000, p. 2)

PARTE II.2. Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales

Dieste consiguió con las estructuras laminares de cubierta, poner de relieve la nueva técnica de construcción, uniendo la doble función que debe cumplir una cubierta, la estructural y la de cerramiento.

La manera de denominarlas fue como bóvedas, cáscaras o láminas, sin atenerse a una designación única, por ello, cuando las referenciamos se hará como bóvedas, ya que es así como generalmente las mencionaba, aunque es necesario puntualizar que:

Las superficies espaciales se caracterizan porque la dimensión en la dirección perpendicular a la superficie es pequeña frente a la extensión de ésta. Si la superficie es un plano se consideran placas o láminas, y si por el contrario la superficie está curvada se denominan cáscaras. (Martínez, 1985, p. 17)

Las estructuras creadas por Dieste atendiendo a la curvatura de su superficie, fueron:

- Cáscaras con simple curvatura (Imagen II.2.6).
- Cáscaras con doble curvatura (Imagen II.2.7.a).
- Láminas planas (Imagen II.2.7.b).



(a)



(b)

Imagen II.2.6.

Estructuras laminares de cubierta. Cáscaras con simple curvatura. Las imágenes corresponden a: (a) cáscaras autoportantes en Establecimiento Agroindustrial Massaro, Dpto. de Canelones, 1976–1980 (Medios Audiovisuales, 2021^b); (b) cáscara cónica en Parador de Ayuí, Dpto. de Salto, 1976 (imagen original en color, Nómada, 2018^c).

^b Recuperado el 20 de marzo de 2021 de <http://www.fadu.edu.uy/eladio-dieste/obras/fabrica-domingo-massaro/>

^c Recuperado el 20 de marzo de 2021 de <https://nomada.uy/guide/view/attractions/4279>

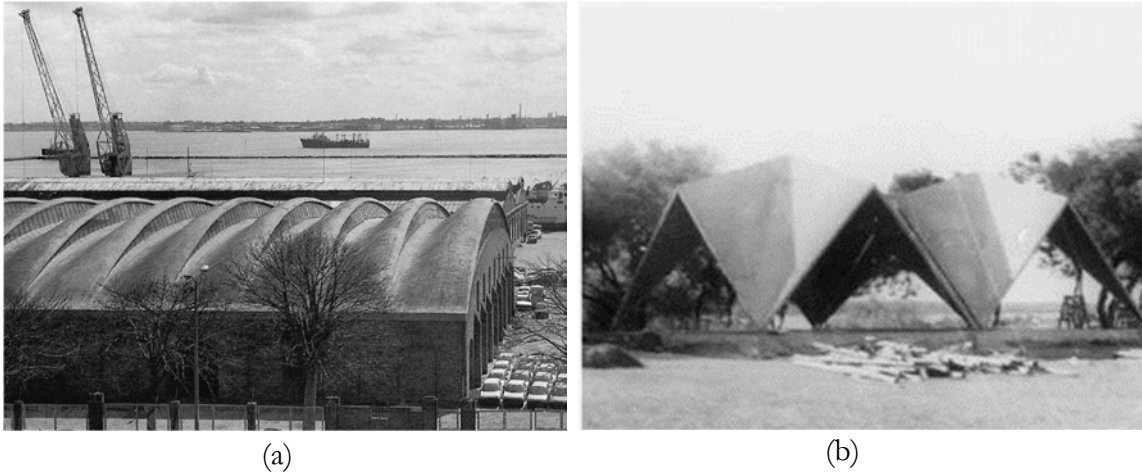


Imagen II.2.7.

Estructuras laminares de cubierta. Las imágenes corresponden a: (a) cáscaras con doble curvatura discontinuas en Depósito Julio Herrera y Obes, Montevideo, 1977–1979 (Jiménez, 1996, p. 76); (b) láminas plegadas en Parador en Salto Grande, Dpto. de Salto, s.f. Construcción demolida (adaptada de Centenario Dieste, 2017d).

2.3.1. Cáscaras con simple curvatura

Dependiendo de la forma de su superficie, las cáscaras con simple curvatura se dividen en:

- Cáscaras largas de directriz catenaria sin tímpanos, conocidas con la denominación de autoportantes¹ (Imágenes II.2.8 a II.2.22).
- Cáscaras cónicas (Imágenes II.2.23 a II.2.26).

2.3.1.1. Cáscaras autoportantes

Una teoría nace para dar forma a una intuición o para comprender un hecho no explicado. Al principio burda, se va precisando y enriqueciendo, ganando en generalidad, hasta llegar a una forma en que sus orígenes, generalmente humildes, se olvidan, y sus consecuencias aparecen, así como independientes de todos los supuestos, tácitos o en su momento expresos, presentes en el proceso que le dio nacimiento. Este ha sido el caso de las cáscaras. (Dieste, 1994, p. 11)

^d Recuperado el 20 de marzo de 2021 de <https://www.facebook.com/Ingenieroeladieste/photos/a.342803969510724/370718063385981>

PARTE II.2. Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales

Dieste, con las cáscaras autoportantes, primero proyecta y luego calcula, realizando variaciones tan rápidas sobre el mismo tipo que, la línea evolutiva estructural es apreciable de una obra para otra.

La primera bóveda realizada con esta tipología es en la *casa Berlingieri*, en Punta Ballena, Dpto. de Maldonado, en 1945, colaborando solo en el diseño y cálculo de la estructura abovedada.

La vivienda tiene tres bóvedas de luz transversal 4 m y de longitud 7 m, siendo estructuralmente independientes entre sí, descansando en vigas de hormigón y atirantadas cada tres metros (Dieste, 1947 en Tomlow 2001). Hay una cuarta bóveda de 5,5 m de luz transversal y 20,5 m de longitud, descansando también en vigas de hormigón y atirantada (Imagen II.2.8). La directriz² es una catenaria, con flecha $1/6$ de la luz, disponiéndose armadura transversal, 2 \varnothing 4 mm, en todas las juntas. Sobre la capa estructural, una fina capa de mortero de cemento sin armar, de espesor 1 cm (Imagen II.2.9).

Sobre la anterior lamina se colocaron unos ticholos, coincidiendo con las juntas longitudinales de la lámina estructural, creando una cámara de aire para aislar térmicamente la vivienda y, encima de ellos una tejuela. Interiormente se revoca la bóveda y en fachada se ocultan los frentes detrás de un peto (Imágenes II.2.8 y II.2.9).

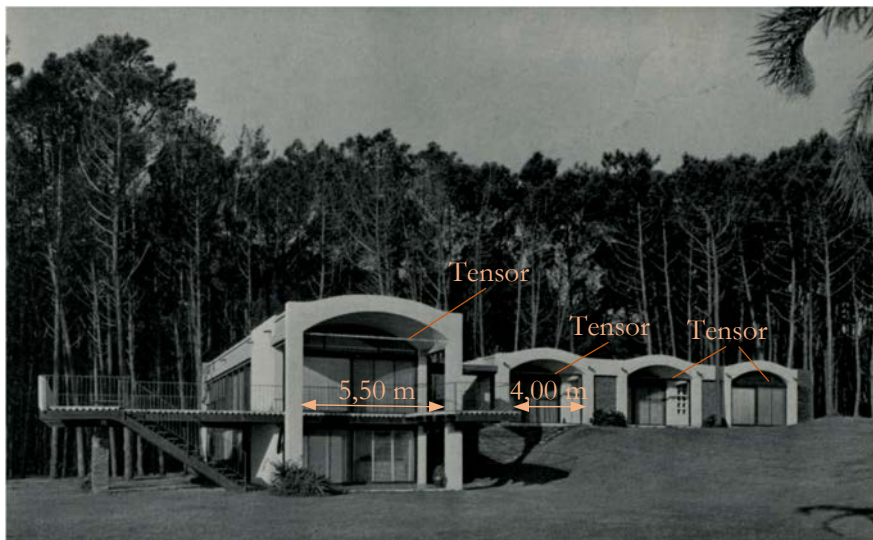


Imagen II.2.8.

Casa Berlingieri en Punta Ballena, Dpto. de Maldonado, 1947 (fotografía de Rollie McKenna en Haas, 2016, s.p).

PARTE II.2. Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales

armada a partir de 1954, principalmente con bóvedas de doble curvatura. Volviendo al tema de las desigualdades de las viviendas, se indica que la *casa Dieste*:

- El armado, 1 \varnothing 6 mm, se incorpora en las juntas longitudinales cada dos ladrillos, incrementándose a todas las juntas en los arranques (Imagen II.2.10).
- Las bóvedas comparten los valles, sin apoyos intermedios, disponiéndose como una batería de bóvedas de distintas luces (Imagen II.2.11.b).
- Las bóvedas extremas descansan en vigas horizontales o verticales de dimensiones mínimas, realizadas en hormigón armado, incorporándose dentro de los anchos de las fábricas de ladrillo.
- El atirantado se ubica en los testeros de los cerramientos de fachada, no visualizándose (Imagen II.2.11.b).
- La directriz de las bóvedas se visualiza desde el exterior, enseñando como está construida.

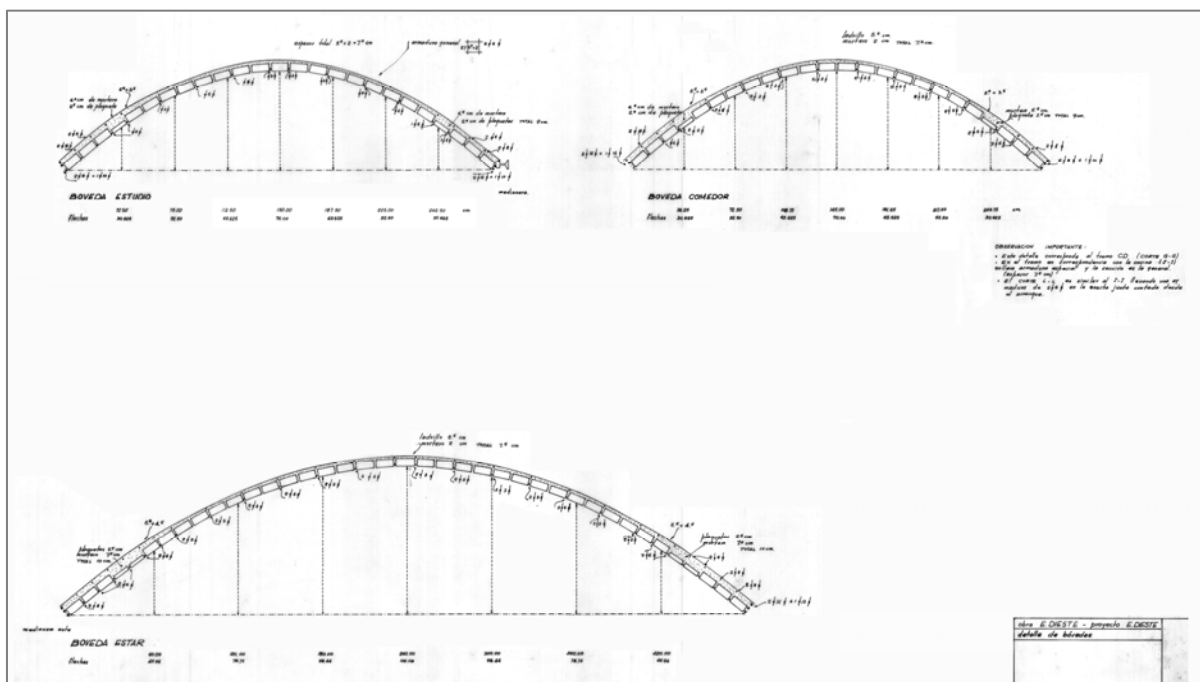


Imagen II.2.10.

Casa Dieste en Punta Gorda, Montevideo, 1961–1963. Sección transversal de las bóvedas de la vivienda (Medios Audiovisuales, 2021^e).

^e Recuperado el 21 de marzo de 2021 de http://www.fadu.edu.uy/eladio-dieste/files/2015/11/CASA-ELADIO-DIESTE-1_PLANTAS.pdf

PARTE II.2. Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales



(a)



(b)

Imagen II.2.11.

Interiores de las viviendas: (a) casa Berlingieri en Punta Ballena, Dpto. de Maldonado, 1947. Zona de estar (Urbipedia, 2016f); (b) casa Dieste en Punta Gorda, Montevideo, 1961–63. Comedor, al fondo la zona de estar (Jiménez, 1996, p. 108).

En la arquitectura industrial, este tipo abovedado se muestra como una batería de amplias luces transversales y longitudinales, descansando en muros o vigas y con un atirantamiento³, como en *Frigoríficos Carrasco S.A.* en Canelones, del año 1964, con 25 m de cuerda, o *Auto Palace*, en Montevideo, del año 1964, de 28 m de cuerda.

La tipología se afianza, siendo la batería de bóvedas tan extensa como lo requiera el programa de necesidades, repitiéndose un módulo de bóveda. Estableció relaciones para proporcionar armónicamente las construcciones, pero también porque con estos ajustes resultaban más económicas. Así, designando a la luz longitudinal entre pilares como l , la cuerda de la directriz como L , y F la flecha (Imagen II.2.12), las relaciones eran: l/L entre 2 y 3, y L/F entre 2 y 4 (Dieste, 1994).

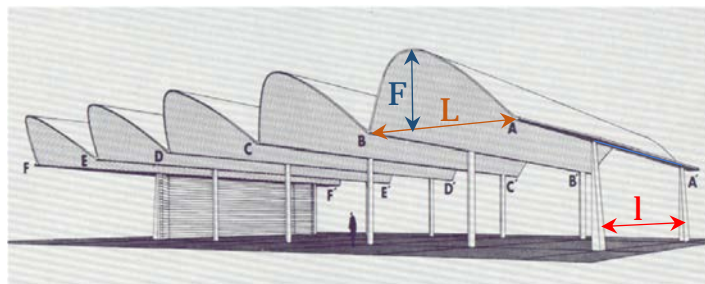


Imagen II.2.12.

Perspectiva de bóvedas autoportantes (adaptado Dieste, 1994, p. 12). En la imagen se señalan: F: flecha, L: cuerda y l: luz longitudinal entre pilares.

^f Recuperado el 20 de marzo de 2021 de https://www.urbipedia.org/hoja/Casa_Berlingieri#/media/File:AntonioBonet.CasaBerlingieri.5.jpg

PARTE II.2. Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales

Es importante indicar que, cuando se fijaban las relaciones estructurales, también se definía el proceso constructivo, pues la longitud entre pilares determinaba la longitud del molde móvil a utilizar y, por tanto, el ritmo de trabajo de la obra, siendo lo ideal realizar un tramo por día en todas las bóvedas que formaban la batería a la vez, para que se equilibrasen los esfuerzos.

En los valles (Imagen II.2.13) los empujes de las bóvedas se neutralizan, dando solo carga vertical, resolviéndose la generatriz como una viga, apoyada en pilares de hormigón armado, siendo la deformada de las bóvedas intermedias despreciable (Jiménez, 1996).



Imagen II.2.13.

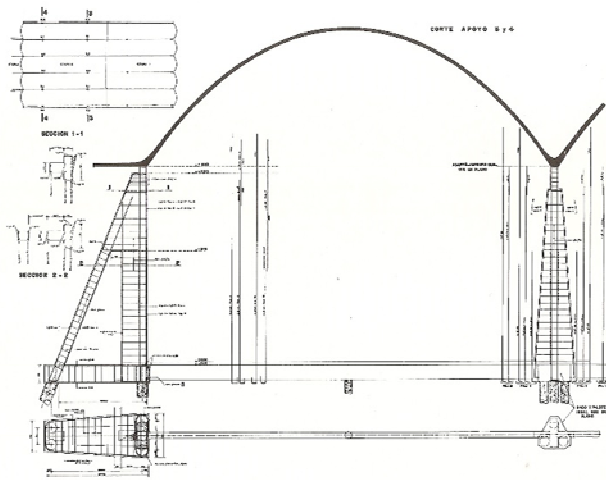
Cáscaras autoportantes. Las imágenes corresponden a: (a) solución tipo de generatriz intermedia, valle entre dos bóvedas (Jiménez, 1996, p. 91); (b) Refrescos del Norte S.A., Dpto. de Salto, 1977–1980 (Nómada, 2018[§]).

Las generatrices de las bóvedas extremas tenían que resistir además de las cargas de componente vertical, empujes de componente horizontal, siendo la solución colocar tensores, pero su instalación creaba una segunda línea estructural que visualmente cortaba el espacio, debiéndose también de tener en cuenta, en los cálculos, la dilatación del material metálico en que estaban realizados los tensores para que no se produjeran flexiones en los pilares.

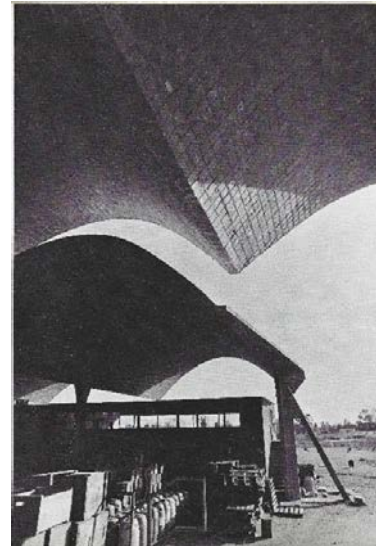
Había otra solución para soportar la componente horizontal de la carga originada por las bóvedas que era utilizar en los apoyos extremos pilastras ataluzadas o contrafuertes, macizos o calados, atándose entre sí las cimentaciones de los elementos contiguos (los encepados de los pilotes), creándose un marco lo suficientemente rígido para evitar movimientos y desplazamientos (Imagen II.2.14).

[§] Recuperado el 20 de marzo de 2021 de <https://nomada.uy/guide/view/attractions/4088>

PARTE II.2. Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales



(a)



(b)

Imagen II.2.14.

Agroindustria Massaro, Dpto. de Canelones, 1976–1980. Las imágenes corresponden a: (a) detalle sección transversal de la batería de bóvedas autoportantes de la fase 2. Solución de pilar extremo en forma de contrafuerte (Jiménez, 1996, p. 124); (b) bóvedas autoportantes de la zona de la entrada, fase 3 (Carbonell, 1987, p. 88).

Para el apoyo de la generatriz extrema, las soluciones fueron dos:

- Apoyándola en una pared o una viga (Imagen II.2.15):



(a)



(b)

Imagen II.2.15.

Las imágenes corresponden a: (a) solución tipo de generatriz extrema (Jiménez, 1996, p. 91); (b) losa volada extrema apoyada en pared, casa Dieste en Punta Gorda, Montevideo, 1961–1963. Foto autora.

- Mediante una ménsula volada de la bóveda (Imagen II.2.16):

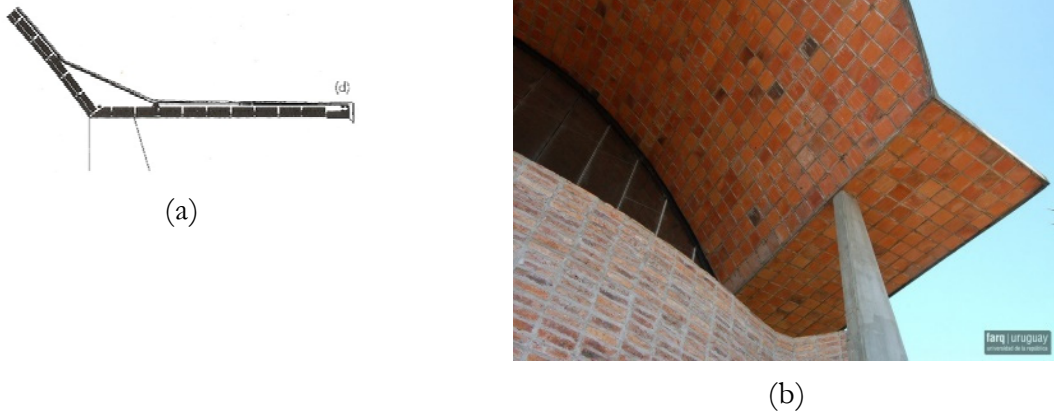


Imagen II.2.16.

Las imágenes corresponden a: (a) solución tipo de generatriz extrema en ménsula volada (Jiménez, 1996, p. 91); (b) ménsula volada en Refrescos del Norte S.A. (Nómada, 2018^h).

Las bóvedas autoportantes se construyeron, además de con toda la superficie sólida, presentando aberturas de forma puntual a modo de óculos (Imagen II.2.17.a), o calándolas completamente, convirtiendo en este caso toda la superficie curva de la cáscara en un entramado cerámico (Imagen II.2.17.b).



Imagen II.2.17.

Las imágenes corresponden a: (a) Agroindustrias Massaro, Dpto. de Canelones, 1976–1980. Calados puntuales en las superficies abovedadas (adaptada Medios Audiovisuales, 2021ⁱ); (b) casa Dieste en Punta Gorda, Montevideo, 1961–1963. La primera bóveda calada se realizó en esta vivienda (Proyecto Educativo Dieste, 2015)

^h Recuperado el 20 de marzo de 2021 de <https://nomada.uy/guide/view/attractions/4088>

ⁱ Recuperado el 20 de marzo de 2021 de http://www.fadu.edu.uy/eladio-dieste/wp-content/blogs.dir/258/files/%20Domingo%20MASSARO%20S.A/15_Massaro-3.jpg

^j Recuperado el 20 de marzo de 2021 de <https://diesteeu.wixsite.com/proyectodieste/casa-dieste?lightbox=dataItem-iehfy7q9>

PARTE II.2. Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales

El distanciamiento longitudinal de pilares también fue aumentando, tanto que llegó incluso a su eliminación, dejando para ello parte de las bóvedas en voladizo.

Cáscaras autoportantes de cerámica armada pretensadas

En las cáscaras se podía volar uno solo de sus extremos o los dos, apoyándose preferentemente en una fila de pilares centrales, denominándose a esta situación *doble volado* (Imagen II.2.18).

Para conseguir la rigidez y el equilibrio suficientes recurrió al pretensado. El pretensado ideado por Dieste, para no necesitar equipos específicos ni mano de obra especializada, consistía en extender sobre toda la longitud de la corona de la cáscara, que era la zona que estaba sometida a las mayores flexiones, varios cables continuos y concéntricos, sujetándose sus extremos por otras armaduras que iban ancladas a la estructura laminar cerámica. Una vez distribuidos se apretaban los diferentes anillos en su centro, disponiéndose estos en toda la superficie de la cáscara en forma de ochos, a diferentes distancias, sujetos por las grapas y tensionando la cascara (Imagen II.1.14). Los lazos se sujetaban con abrazaderas metálicas para que no perdieran la tensión que se les aplicaba, colocándose armadura de cortante

Todo el cableado y armado utilizado entraba en el grueso de la capa de alisado. En las zonas en las que puntualmente se necesitaban colocar elementos, como podían ser los anclajes, se utilizaba un ladrillo de menor grueso (Imagen II.1.5), manteniendo de esta manera toda la superficie de la cascara nivelada.

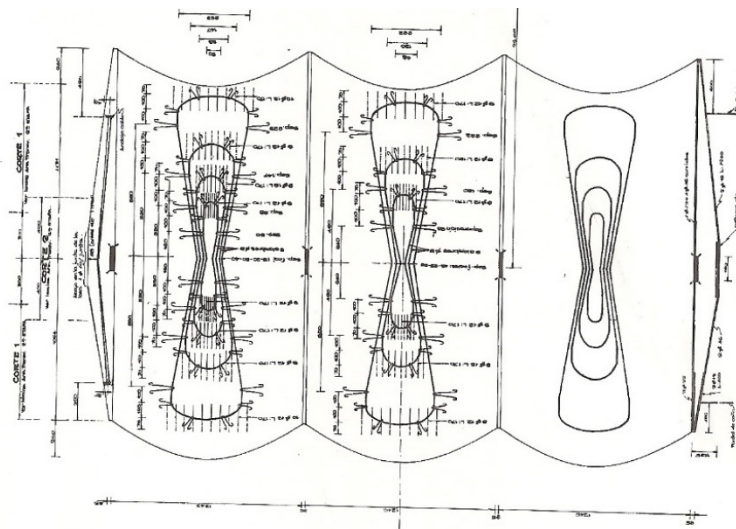


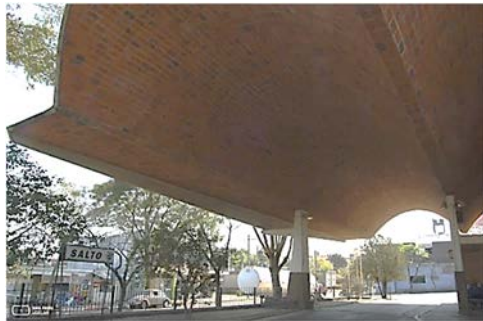
Imagen II.2.18.

Agroindustria Massaro, Dpto. de Canelones, 1976–1980. Batería de tres bóvedas autoportantes pretensadas. Longitud voladizo: 13,5 m (Jiménez, 1996, p. 125).

PARTE II.2. Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales

La técnica era eficaz pues la superficie de actuación era muy grande evitándose las tensiones locales; la puesta en obra resultaba sencilla, realizándose el tesado con un gato diseñado por Dieste, y con los mismos operarios que estaban realizando la obra de albañilería, pero esto explicado así, no implicaba que llevase mucho trabajo de cálculo, pues se debían de fijar la longitud y superficie que debían de alcanzar cada uno de los lazos, así como las tensiones a las que debían de ir sometidos cada uno de ellos.

La Imagen II.2.19 recoge una de las obras realizadas con bóvedas autoportantes pretensadas de más valor estructural, debido a su eficacia, su economía y su gran impacto visual.



(a)



(b)

Imagen II.2.19.

Estación Municipal de autobuses en Salto, Dpto. de Salto, 1973–1974. Las imágenes corresponden a: (a) vista de una de las bóvedas extremas (Nómada, 2018^k); (b) batería de siete bóvedas autoportantes pretensadas en voladizo, luz voladizo 13,5 m (*ibidem*).

La obra *Agroindustria Massaro* en Juanicó, Dpto. de Canelones, construida entre 1976 y 1980 (Imagen II.2.20), recoge las posibilidades estructurales de las bóvedas autoportantes. Se realizó en tres fases (Imagen II.1.20): la primera en septiembre de 1976, se construyó una batería de cinco bóvedas apoyadas en pilares distanciados longitudinalmente 35 m, la cuerda de la directriz era de 12,7 m, la flecha 4,23 m, y un volado de 16,4 m. La segunda fase, entre enero 1978 y julio 1979, también es una batería de cinco bóvedas alineada con las de la primera fase. La distancia longitudinal entre pilares sigue siendo de 35 m, la cuerda de la directriz de 12,7 m, la flecha 4,23 m, con volados en cada uno de sus extremos, el coincidente con las bóvedas de la primera fase de 15 m y de 17,5 m el que da a la zona de la entrada.

^k Recuperado el 20 de marzo de 2021 de <https://nomada.uy/guide/view/attractions/4087>

PARTE II.2. Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales

Las bóvedas entre de las fases primera y segunda se encontraban entre sí en un lucernario de fibra vidrio, apoyado en los frentes de las directrices de los volados.

La tercera fase se corresponde con la zona de la entrada, dedicada a oficinas, control, vestuarios y aseos. Se trata de una batería de tres bóvedas en doble volado de 13,5 m de luz, alineadas con las de las anteriores etapas. La cuerda de la directriz era de 12,7 m, y la flecha de 4,23 m. Se realizaron más bajas, superponiéndose las de la segunda fase sobre estas.

Se construyeron con ticholos (piezas cerámicas huecas) de 25 x 25 x 8 cm, con una capa de alisado de 3 cm.

Otro tema relevante de señalar en esta obra fue la utilización como soportes verticales de contrafuertes calados en sus extremos y compuestos en forma de cruz en los valles, pero con el detalle de que las cabezas de estos elementos se reducen significativamente para que el apoyo con las generatrices sea mínimo, independizándose visualmente el sistema de apoyo del abovedado (Imagen II.2.14.a).

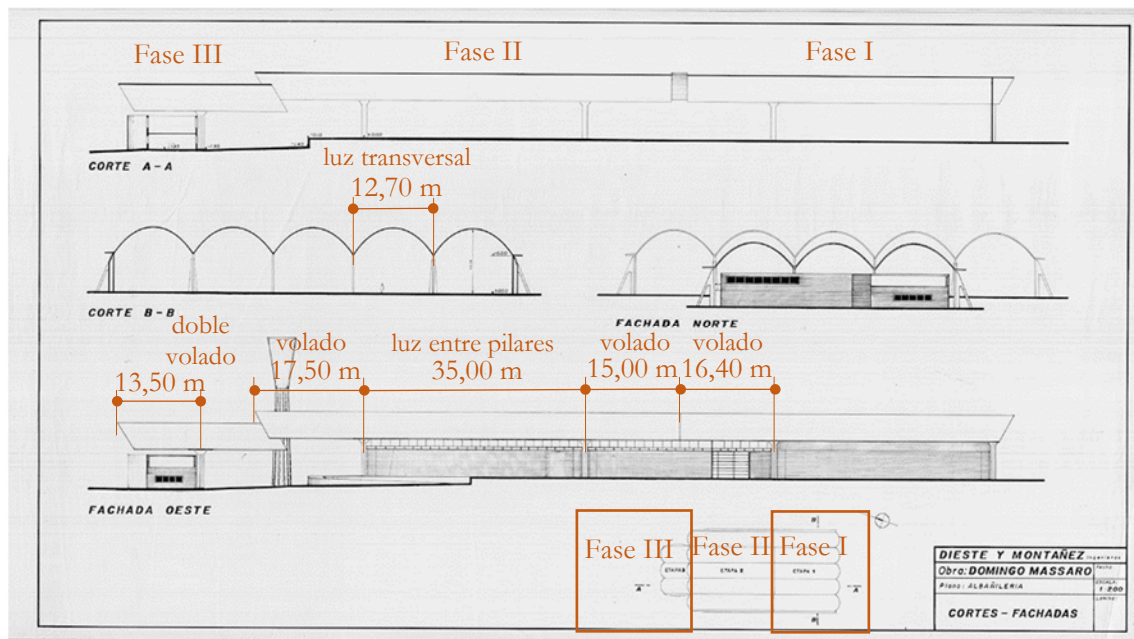


Imagen II.2.20.

Agroindustria Massaro, Dpto. de Canelones, 1976–1980. Alzados y secciones (adaptado Nómada, 2018). En color teja se han señalado las principales dimensiones.

¹ Recuperado el 20 de marzo de 2021 de <https://nomada.uy/guide/view/attractions/3902>

PARTE II.2. Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales

Los dobles volados caracterizaron las bóvedas autoportantes pues, aunque conllevarse un importante trabajo de cálculo, el potencial plástico conseguido era grande y la puesta en obra sencilla.

La búsqueda continua de la depuración formal le llevaron a que las baterías cada vez tuvieran menos módulos repetitivos, buscando ser elementos icónicos dentro de sus emplazamientos.

La síntesis de esta tipología fueron las *pérgolas en el Camino de los estudiantes* de la Universidad de Alcalá, en Madrid.

Se trataba de una sola bóveda autoportante, con doble volado de 15 m para cada lado, cuerda 4,2 m y flecha de 1,6 m. La losa de bode, en continuación con la parte curva de la bóveda era variable, yendo desde los 0,86 m en la zona central a los 0,14 m en los bordes.

El proyecto llevaba nueve cables dispuestos en la corona de la bóveda distribuidos a diferentes distancias y armadura a cortante.

Cada una de ellas se soportaban por dos pilares centrales, uno a cada lado de la bóveda, con forma ataluzados de hormigón armado, de dimensiones en su cabeza de 0,7 m x 0,25 m, y de 0,7 m x 0,7 m en la base (Imagen II.2.21).

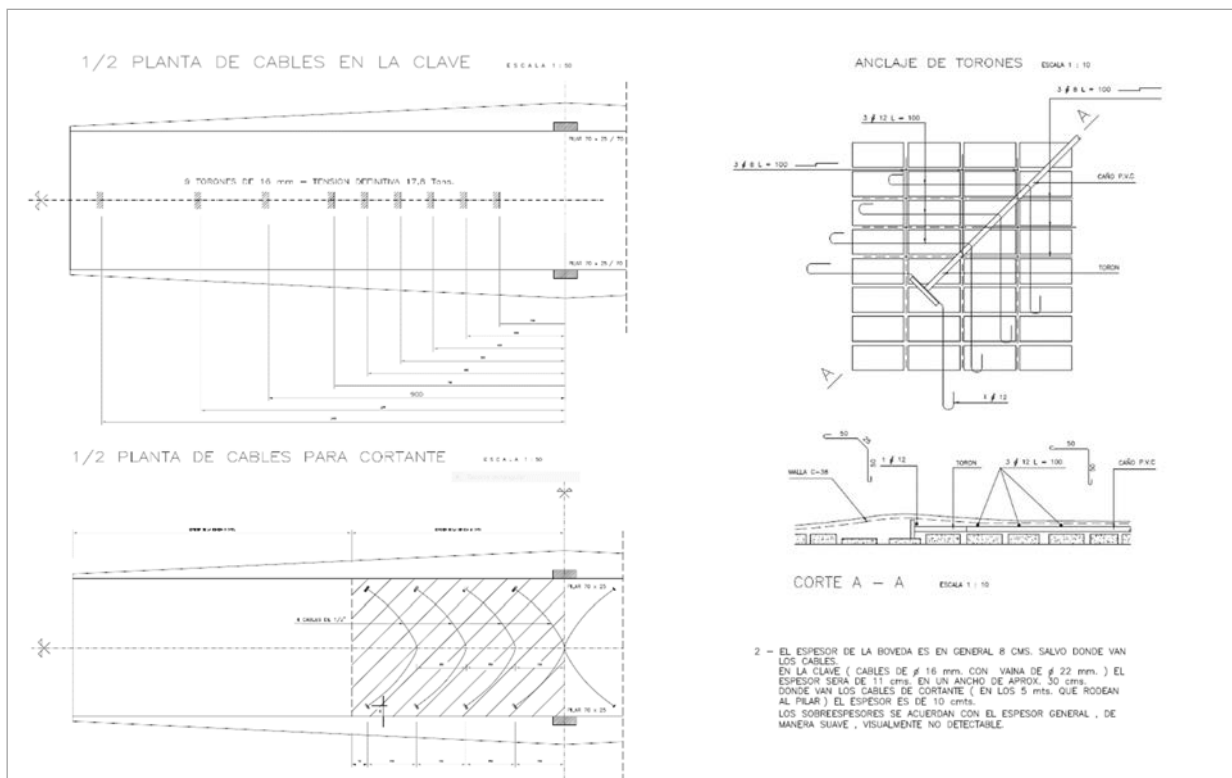


Imagen II.2.21.

Pérgolas en el Camino de estudiantes, Universidad de Alcalá, 1996–1998 (adaptado de Marín 2015, p. 992).

PARTE II.2. Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales

Dentro de las cubiertas laminares de directriz catenaria sin tímpanos hay una forma estructural muy poderosa visualmente, se trata de una única bóveda de grandes dimensiones, que descansa en dos losas planas laterales que apoyan en las paredes de cerramiento, dejando una planta libre, sin apoyos, pero interiormente gradada espacialmente en tres zonas perfectamente diferenciadas. La luz transversal de la bóveda curva es de 10,21 m, L/F de 1,9 y el ancho de las losas de hormigón armado de 7,15 m.

La obra más representativa de uso religioso es la *iglesia de san Juan Bosco* en Montevideo del año 1966, del arquitecto Luis García Pardo, donde Dieste ejerce de calculista de la estructura y constructor (Imagen II.2.22).



Imagen II.2.22.

Iglesia parroquial de san Juan Bosco, Montevideo, 1966. Las imágenes corresponden a: (a) vista fachada principal (Nómada, 2018^a) y (b) interior (*ibidem*).

Con este tipo, realizará algunas obras más como el anexo del *Club Atlántida*, en el Dpto. de Canelones, del año 1967, donde la cuerda de la catenaria es de 4,80 m, la relación luz transversal / flecha (L/F) de 3,36 y la dimensión del ancho de cada losa lateral de 1,35 m. La *capilla de la escuela Madre Paulina* en Montevideo, del mismo año, la cuerda de la catenaria es de 13 m, L/F de 3,93 y el ancho de las losas de hormigón armado de 5 m.

2.3.1.2. Cáscaras cónicas

Las cáscaras cónicas ocupan gran parte de la producción de Dieste, por diversas razones: la forma era acorde con la utilización de las piezas de arcilla cocida con las que estaban construidas, pues los meridianos al estar comprimidos no era necesario armarlos, y de presentarse tracciones eran pequeñas y soportables por el propio material cerámico. También había que añadir la sencillez de su puesta en obra, ya que, al estar contruidos por anillos estables durante todo el proceso de ejecución, no se necesitaban ni cimbras, ni

andamiajes complicados, pudiéndose colocar tablonces que, apoyados en los anillos, permitían trabajar al operario desde dentro de la construcción, reduciendo riesgos, minimizándose los costos, en materiales y recursos.

Los conos utilizados generalmente eran truncados para facilitar la terminación de la puesta en obra, rematándose con un material que permitiese el paso de la luz, o bien, colocando un cono macizo de reducidas dimensiones, en piedra natural, para finalizar su forma geométrica.

En la base circular del cono, se colocaba un zuncho mixto de cerámica y hormigón armado a tracción, montándose este generalmente sobre una superficie cilíndrica continua.

Las cáscaras cónicas se construyeron de dos formas según la colocación del ladrillo:

- Ladrillos colocados por volados sucesivos (Imágenes II.2.23 y II.2.24).
- Ladrillos colocados a tabla (Imágenes II.2.25 y II.2.26).

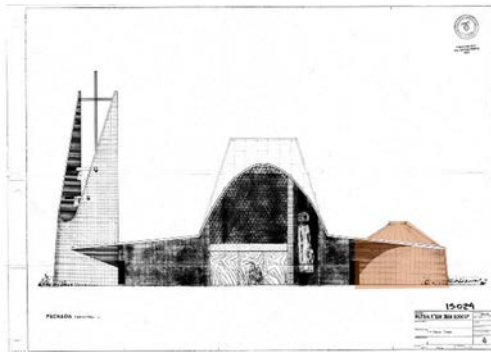
2.3.1.2.1. Cáscara cónica construida con los ladrillos colocados por volados sucesivos

El cono se obtenía desplazando el ladrillo macizo superior sobre la tabla de la pieza inferior en la que apoyaba. La distancia del vuelo, es decir la pendiente, se calculaba para que ninguna de las piezas pudiera girar bajo la acción de una fuerza vertical, debiendo sobresalir lo necesario para que el peso propio de la pieza, y el que la sustentaba impidiese el giro, calculándose también el índice de deslizamiento del mortero de las juntas.

El baptisterio de la *iglesia parroquial de san Juan Bosco*, o los *conos del Camino de los estudiantes* de la Universidad de Alcalá, son ejemplos de la utilización de ese tipo de cáscara.

En el baptisterio de la *iglesia parroquial de san Juan Bosco* en Montevideo, 1966 (Imagen II.2.23), hay que distinguir dos partes, el cerramiento vertical que es un cono truncado ligeramente apuntado, y la cubierta que es otro cono truncado de mayor pendiente, realizándose en ambas situaciones al desplazar cada ladrillo sobre el ladrillo que apoya, ocupando el centro de la cáscara un óculo para la entrada de luz.

PARTE II.2. Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales



(a)



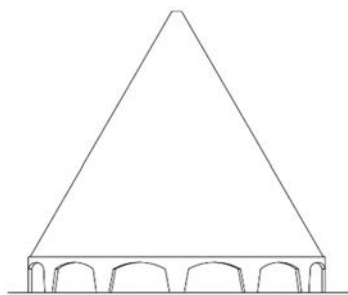
(b)

Imagen II.2.23.

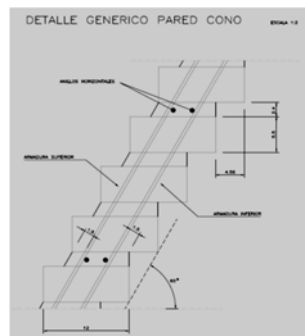
Iglesia de san Juan Bosco, Montevideo, 1966. Las imágenes corresponden a: (a) alzado principal, tramado en color teja el baptisterio (adaptado, Nómada, 2018^m); (b) vista interior del baptisterio (*ibidem*).

El otro ejemplo son los *conos del Camino de los estudiantes* de la Universidad de Alcalá (Imagen II. 2.24). Se trataban de conos truncados de 12,38 m de radio interno en planta, 0,5 m de radio en la base superior y de 20,53 m de altura. El cono descansaba en una base cilíndrica, de 3,1 m de altura, horada por doce huecos de 5,37 m de ancho cada uno de ellos, separados por machones de ladrillo de 1,25 m de longitud y un pie de anchura.

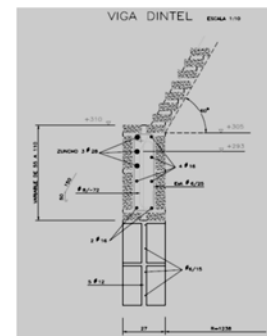
Los ladrillos se apoyaban unos sobre otros, deslizándose hasta conseguir que la generatriz tuviera 60° con la horizontal. El cálculo estructural proponía un armado según las generatrices de 2 Ø 4 mm cada 10°, y según los meridianos de 2 Ø 6 mm cada tres juntas, para resistir las pequeñas tracciones. Se realizaba un zuncho mixto de ladrillo y hormigón en la coronación de la base cilíndrica para resistir las flexiones.



(a)



(b)



(c)

Imagen II.2.24.

Conos del Camino de Estudiantes, Universidad de Alcalá, 1996. Las imágenes corresponden a: (a) alzado del cono (Ramírez, 2002); (b) detalle genérico de la pared (*ibidem*); (c) detalle zuncho perimetral (*ibidem*).

^m Recuperado el 20 de marzo de 2021 de <http://www.nomada.uy/guide/view/attractions/4671>

2.3.1.2.2. Cáscara cónica construida con los ladrillos colocados a tabla

Cuando trabajaba con conos de bajas alturas y grandes radios en la base, el ladrillo se colocaba a tabla, obteniéndose una superficie continua con el espesor del grueso del ladrillo más la capa de alisado.

Hay dos ejemplos significativos en su trayectoria, que son el *Parador de Ayuí* en el Dpto. de Salto, realizado en el año 1976 (Imagen II.2.25), donde la cubierta es un gran cono truncado de 3,3 m de altura, 18 m de diámetro y un ala que sobresale de la base del cono 3 m, que trabaja como voladizo y en donde el momento flector producido hizo innecesario la colocación de un zuncho de borde que apoyase en elementos de grandes dimensiones para recoger los empujes de la cubierta, según indicaciones de Dieste: «La estructura global resulta de este modo auto pretensada, no habiendo otras tracciones que las debidas a los fletores de la losa volada del alero» (Dieste en Jiménez, 1996, p. 188).

La cáscara se apoya en unos delgadísimos pilares metálicos que, forman parte del cerramiento acristalado, no identificándose visualmente de que haya elementos estructurales por lo que la cubierta parece flotar en el aire.



Imagen II.2.25.

Parador de Ayuí, Dpto. de Salto, 1976. Vista general (Nómada, 2018n).

El otro ejemplo es el proyecto para la *capilla de Nuestra Señora de la Espiga* en Ajalvir, Madrid, del 1996 (Imagen II.2.26). La parroquia tenía ocho pilares de piedra natural debiendo formar parte del proyecto, colaborando Dieste como calculista.

ⁿ Recuperado el 20 de marzo de 2021 de <https://nomada.uy/guide/view/attractions/4279>

PARTE II.2. Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales

La sección transversal del conjunto son dos conos concéntricos separados por un cilindro en donde apoya uno de ellos. El diámetro de la directriz del cono menor es de 5,66 m, y el del cono mayor (cono truncado) de 12 m.

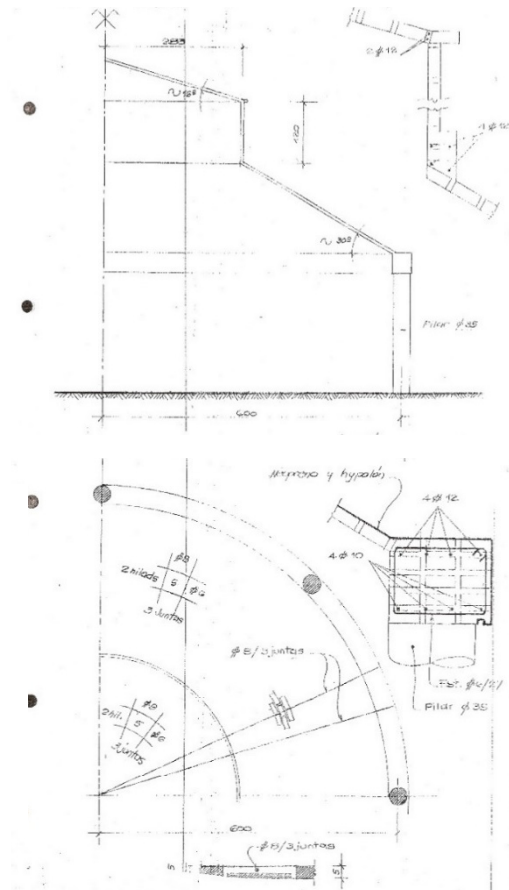


Imagen II.2.26.

Sección y planta de la Capilla de Nuestra Señora de la Espiga, Ajalvir, 1996 (Marín, 2015, p. 994).

La imagen se acompañaba del siguiente texto. Fax de Eladio Dieste a Ana Marín, fecha 18 de enero de 1996: Haríamos una carrera de 5 hileras ~ 35 cm de forma anular sobre pilares de granito que pueden ser solo 8 (8 como mínimo). Sobre ellos, cáscaras de ladrillo que pueden tener los 5 cm del lad. como espesor, armadas con $\varnothing 6/2$ aros, ~ cada 27 cm.

En el otro sentido no precisa hierro, pero constructivamente se podría poner $\varnothing 8$ cada 3 ladrillos que se sustituirían por tejuela de 1,5 cm (cortada), rellenándose el extradós con mortero. Por dentro se vería todo de cerámica. Cuando por la disminución de longitud de las hiladas pueden quedar dos juntas hermanadas, (que queda feo) el albañil puede cortar el ladrillo (o la tejuela) con la hachuela, con lo que se salva el encuentro no deseado.

Pintar el techo con neopreno y hypalon, con lo que queda de un blanco tan blanco como la cal. Tiende el hypalon a ensuciarse con el polvo; se podría pintar por arriba con cal. Consultar si no afecta al hypalon.

Sobre los ocho pilares se colocaba una carrera anular en ladrillo armado, de canto cinco ladrillos (35 cm aproximadamente), que recogía los empujes de las cáscaras y servía de dintel de los huecos inferiores.

Para la construcción de la cáscara se tenía previsto la utilización de una pieza cerámica maciza con dos espesores, de 5,5 cm y de 1,5 cm, disponiéndose según círculos concéntricos y utilizándose una u otra pieza en función de la armadura.

El armado se situaba según las directrices en las juntas de cada dos ladrillos, y según las generatrices en las juntas de cada tres ladrillos (armado constructivo), cuando coincidía con junta, pues como los ladrillos se colocaban seguidos siguiendo círculos concéntricos (no siendo las juntas corridas), cuando la barra del armado no coincidía con junta sino con la tabla de la pieza cerámica, se colocaba el ladrillo de menor espesor, pasando en este caso el armado por encima de él, arropado en el mortero colocado sobre la tabla del ladrillo. Sobre toda la lámina estructural cerámica se colocaba la capa de alisado armada, terminándose con un revestimiento.

2.3.2. Cáscaras con doble curvatura

Dependiendo de la forma de su superficie, las cáscaras con doble curvatura se dividen en:

- Bóvedas gausas (Imágenes II.2.29 a II.2.35).
- Conoides (Imagen II.2.36).
- Cáscaras con curvatura catenaria, casquetes semiesféricos (Imágenes II.2.37 y II.2.38).
- Cáscaras con curvatura parabólica (Imágenes II.2.39 y II.2.40).
- Cúpula (Imagen II.2.41).

2.3.2.1. Bóvedas gausas

La primera cáscara de ladrillo que construimos hace más de treinta años, era una lámina cilíndrica que descargaba en vigas de hormigón; los empujes se resistían con tensores de hierro común. Ya entonces vimos algunos hechos esenciales que formaron una imagen que fue el hilo conductor de la evolución de una técnica y una forma, cuyo resultado final son las bóvedas gausas. (Dieste en Jiménez, 1996, p. 39)

Las bóvedas gausas se tratan de estructuras esbeltas, diseñadas para resistir su propio peso y el viento. Tenía dos variantes:

- Bóvedas gausas continuas.
- Bóvedas gausas discontinuas.

2.3.2.1.1. Bóvedas gausas continuas

Cuando Dieste quiso cubrir grandes luces transversales sin apoyos intermedios, se encontró que debía de aumentar la inercia para hacer frente a la aparición de las inevitables flexiones y el riesgo del pandeo, planteándose las siguientes soluciones (Dieste & Montañez, 1985):

- Peraltar la bóveda, lo que resultaba poco elegante y antieconómico.
- Incrementar el espesor de la bóveda, lo que conllevaba el aumento del peso de la bóveda, y por extensión el encarecimiento de su cimbra.
- Disponer arcos de rigidez por encima o por debajo de la bóveda, lo que creaba discontinuidades bruscas de sección que afectaban al régimen elástico de la membrana, complicaba el molde, y al proceso de desencofrado si iban colocados por el intradós, y si se hacían por el extradós la producción de fisuras entre los dos elementos, lámina y arco, al tener diferentes espesores.

La solución fue que tomando como base las directrices del borde anterior y posterior de una bóveda autoportante, adaptar la cumbrera a la geometría de una catenaria invertida (Imagen II.2.27):

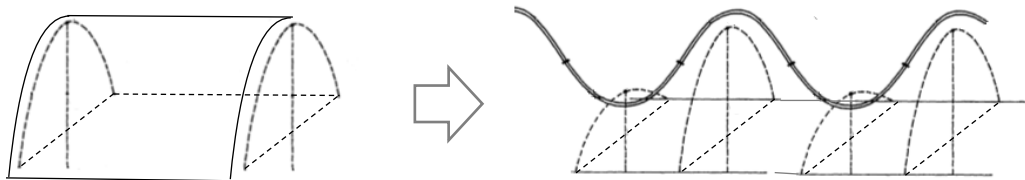


Imagen II.2.27.

Esquema básico de la modificación de la cáscara de simple curvatura a la cáscara de doble curvatura (adaptado de Dieste & Montañez, 1985, p. 15).

Al ondular la bóveda de forma constante se resolvía la rigidez, pero se complicaba la viga de borde y la evacuación del agua de lluvia, por lo que modificó la sección transversal, haciendo una ondulación variable, con un máximo en la clave a cero en los arranques, controlando así las dimensiones de los elementos resistentes de borde donde se apoyaban las bóvedas, que podían resolverse con vigas o muros, de poco espesor en planta, pero teniendo que atirantar las bóvedas.

PARTE II.2. Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales

A esta tipología laminar Dieste la denominó bóveda gausa por la similitud de su sección con la mitad de la campana de Gauss, trabajando (Imagen II.2.28) la parte más alta como bóveda —señalada con línea color teja en el plano inferior— y la parte baja de la bóveda, colgada de la anterior —señalada con línea color azul—, a flexión. Aunque, a juicio de Dieste esta situación a nivel práctico era insignificante, por la escasa tensión resultante (Ramírez, 2002).

Para Robert Brufau (1999, p. 18): «(la bóveda gausa es) una pieza de notable singularidad dentro del conjunto de tipologías laminares de la segunda mitad del siglo XX».

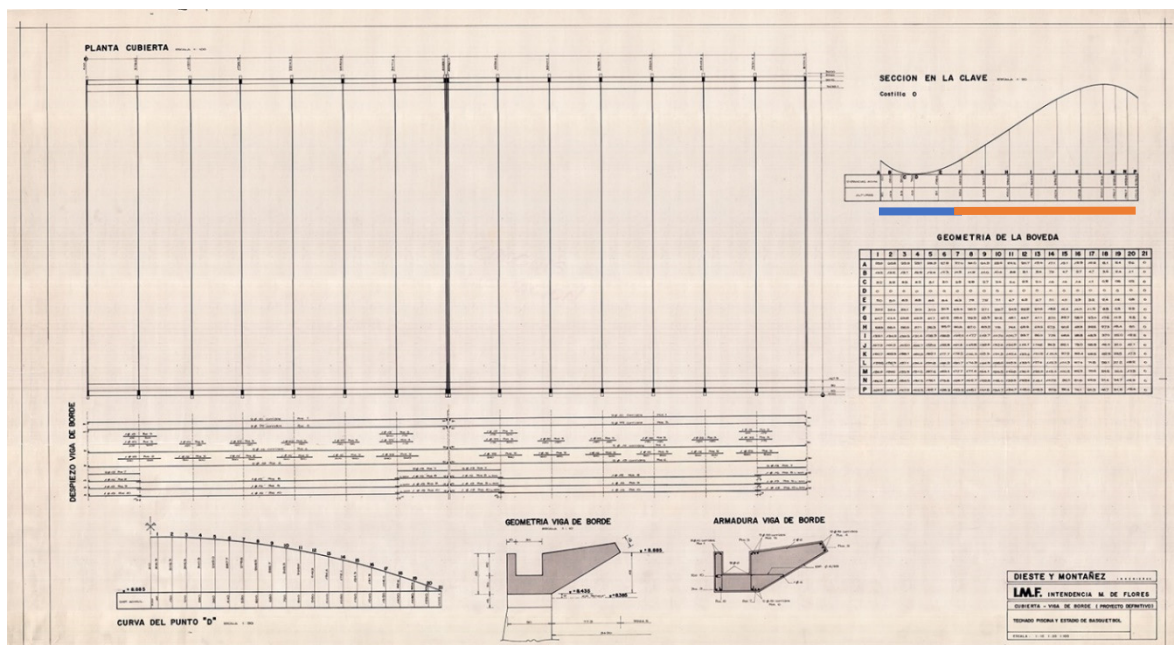


Imagen II.2.28.

Plano para la definición de las bóvedas del Gimnasio Municipal Trinidad, Dpto. de Flores, 1983–1984 (Nómada, 2018^o). Para dibujar la curva de la catenaria se había que definir la curva de la clave, determinándose los puntos de las siguientes curvas de las tablas que Dieste elaboró en 1967 con la facultad de Ingeniería de Montevideo.

^o Recuperado el 20 de marzo de 2021 de <https://nomada.uy/guide/view/attractions/4251>

2.3.2.1.2. Bóvedas gausas discontinuas

Partiendo de la forma de una bóveda gausa continua, eliminó los ladrillos más próximos a la vertical mayor por vidrio, permitiendo así la entrada controlada de luz cenital (Dieste & Montañez, 1985), designando a estas como bóvedas gausas discontinuas, bóveda ondulada discontinua, bóveda *shed* o diente de sierra (Dieste & Montañez, 1985), para diferenciarlas de las que no tenían ventanales que las nombró continuas (Imagen II.2.29).

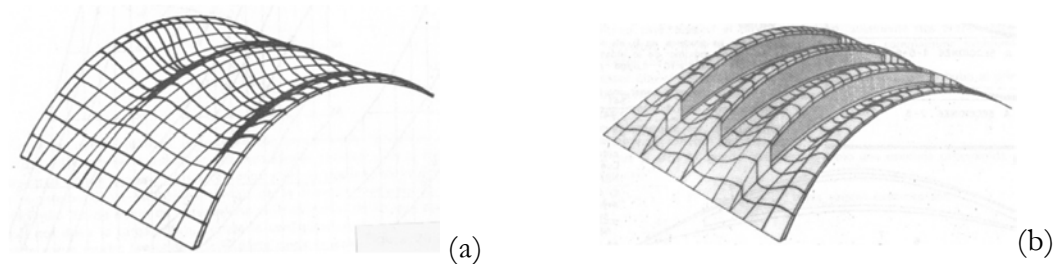


Imagen II.2.29.

Perspectiva de cáscaras gausas: (a) continuas (Dieste, 1985b, p. 51) y (b) discontinuas (*ibidem*, p. 53).

A bóvedas gausas se realizaron con piezas perforadas, situándose armadura en los nervios longitudinales para dar continuidad a la lámina, pues al estar formadas por catenarias de diferentes flechas el comportamiento estructural variaba de unas a otras, variando las tensiones a las que estaban sometidas y también los acortamientos. La cuantía de esta armadura dependía del cálculo estructural, pero para tener una estimación se podía colocar 1 Ø 8 mm cada dos piezas cerámicas, es decir cada 52 cm, (Jiménez, 1996) o 2 Ø 8 mm cada metro (Dieste & Montañez, 1985).

La armadura transversal servía para soportar las flexiones, situándose 2 Ø 6 mm en todos los nervios, suficiente «para resistir las flexiones aun en las mayores bóvedas construidas hasta ahora» (Dieste en Jiménez, 1996, p. 46), refiriéndose a las luces transversales que variaban entre 35 m o 50 m.

Una vez realizada la capa estructural cerámica se procedía a terminar la bóveda con la capa de alisado.

Tanto las bóvedas continuas como las discontinuas necesitaron de tensores metálicos, que había que darles una tensión previa antes de desencofrar las cáscaras para seguir manteniendo la distancia entre las vigas de borde pues si no, al desmoldarla el tensor entraba en carga estirándose por el empuje de la bóveda, y ese aumento de la cuerda

provocaba fisuraciones en las bóvedas, en la zona próxima a los apoyos que es donde menos inercia tenían, terminándose de dar la tensión definitiva una vez liberada la bóveda del molde (Dieste & Montañez, 1985). Las vigas de borde (realizadas en hormigón armado) se calculaban para los diferentes estados tensionales por los que pasaban: con la bóveda descargada apoyada en el molde (previo), apoyada en el molde con una tensión no definitiva (precomprimida) y cargada-precomprimida (tensión definitiva) (Dieste & Montañez, 1985).

Los tensores resultaron una incomodidad constructiva cuando iban por el intradós de las bóvedas al no facilitar el traslado de los moldes móviles, pues conllevaba o bajar la situación del tensor introduciendo flexión y cortante en el pilar o, aumentar el ancho de la viga sobresaliendo del pilar o ambas cosas a la vez (Dieste & Montañez 1985), además de introducir una segunda línea estructural visible que quitaba diafanabilidad a los espacios.

Siendo Dieste consciente de que los tensores fueran visibles por debajo de las bóvedas, sindicaba: «muchas veces sirve de sostén en la instalación eléctrica» (Dieste & Montañez, 1985, p. 20).

Por lo que si no se quisieron ver los tensores interiores las soluciones fueron:

Tensor en el valle de las bóvedas

Si la ondulación longitudinal era muy grande se conseguía que la parte baja de la onda fuera prácticamente horizontal, colocándose aquí el tensor que resistía los empujes de la bóveda, quedando oculto (Imagen II.2.30). El ejemplo en su producción son las bóvedas de la *iglesia Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes* en Atlántida, Dpto. de Canelones, 1958–1960⁴, Dpto. de Canelones, 1958–1960.

La planta de esta iglesia era un rectángulo de dimensiones 16 m x 30 m, cubierto por seis bóvedas gausas continuas, de luz transversal máxima 18,8 m, flecha variable entre 7 cm a 147 cm.

La coronación de los muros se construyó como una viga de borde horizontal siguiendo la ondulación de aquellos, con la anchura necesaria para anclar los tensores y recoger los empujes horizontales de las bóvedas –los verticales los soportaban las pared–, sobresaliendo por el exterior en forma de ménsula (Ramírez, 2002).

Como la fuerza del empuje de la bóveda N ($N = H / \cos \alpha$) se descompone en R , resistido por la viga-alero que transmite su fuerza al tensor horizontal situado en el valle, y en Q que cuando llega al suelo se descomponía en una que era llevada por el piso, colocándose aquí un tensor, y la otra dirigida a la cimentación (Dieste & Montañez, 1985) (Imagen II.2.31).

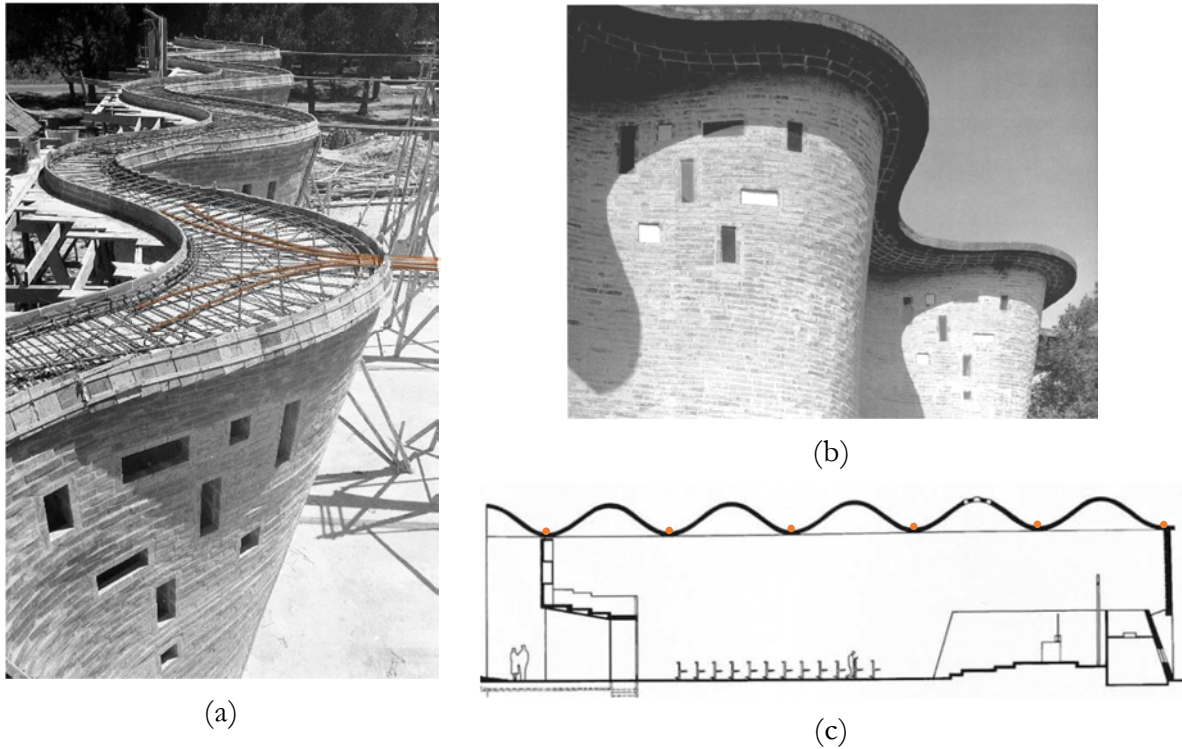


Imagen II.2.30.

Iglesia Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes en Atlántida, Dpto. de Canelones, 1958–1960. Las imágenes corresponden a: (a) construcción de la viga–alero en la coronación de las paredes curvas longitudinales, en color azul los tensores que se situaban en el valle de las bóvedas (adaptado Caraballo, 2017, p. 147); (b) alero terminado (Jiménez, 1996, p. 156); (c) iglesia en Atlántida⁴. Sección longitudinal, en color teja situación de los cables de pretensado (adaptado *ibidem*, p. 152).

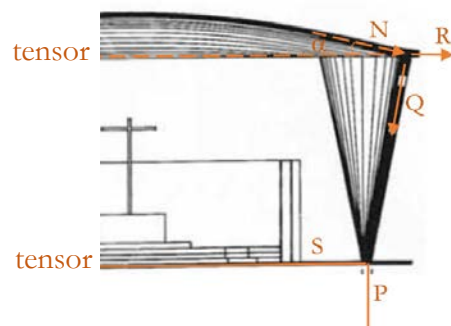


Imagen II.2.31.

Distribución de empujes de las bóvedas en la iglesia Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes en Atlántida, Dpto. de Canelones, 1958–1960. Esquema de la autora según indicaciones de Dieste.

Tensor exterior en la prolongación de los pilares

Los pilares se podían continuar por encima de las bóvedas, anclándose los tensores a ellos por el exterior (Imagen II.2.32), siendo el ejemplo el *gimnasio del colegio don Bosco*, Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1983–1984 (Imagen II.2.33).

El espacio está cubierto por cinco bóvedas gausas discontinuas con una luz transversal libre de 24,4 m, flecha 4,7 m. Los tensores se sitúan en la prolongación de los pilares por encima de las cubiertas a un 1m, siendo la altura total de los pilares de 4,85 m.

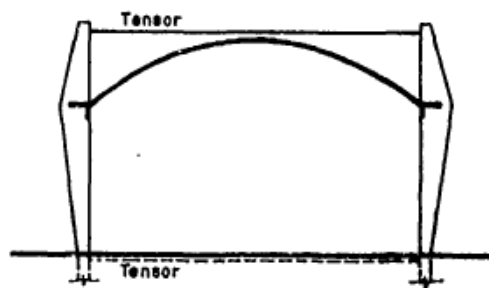


Imagen II.2.32.

Esquema correspondiente a la ubicación de los tensores por el exterior, en la prolongación de los pilares. La cimentación también se ataba (Dieste & Montañez, 1985, p. 20).



(a)



(b)

Imagen II.2.33.

Gimnasio del Colegio don Bosco, Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1983–1984. Las imágenes corresponden a: (a) vista exterior (Medios Audiovisuales, 2021^p); (b) vista interior (Medios Audiovisuales, 2021^q).

^p Recuperado el 20 de marzo de 2021 de <http://www.fadu.edu.uy/eladio-dieste/wp-content/blogs.dir/258/files/gimnasio-san-francisco-de-sales/SMA-S270-152.jpg>

^q Recuperado el 20 de marzo de 2021 de <http://www.fadu.edu.uy/eladio-dieste/wp-content/blogs.dir/258/files/gimnasio-san-francisco-de-sales/SMA-S270-167.jpg>

Realizar contrafuertes (macizos o calados) exteriores

Se podían eliminar los tensores vistos por debajo de las bóvedas, pero los soportes de las vigas longitudinales que recogían el empuje de las bóvedas tenían forma de contrafuertes, macizos o calados (Imagen II.2.34). El ejemplo es el *gimnasio Intendencia Municipal en Ciudad de Dolores*, Dpto. de Soriano, 1962 (Imagen II.2.35).

Este espacio está cubierto con ocho bóvedas gausas continuas de 30 m de luz transversal, que descansan en pilares reforzados con diagonales de hormigón armado. Esta solución le permitió que el empuje de las bóvedas se hiciera sobre una viga de borde, independizándola visualmente del resto de la fachada al introducir una franja libre para la entrada de luz al interior. En este edificio resulta también interesante el calado en el valle de las bóvedas con unos pequeños lucernarios cuadrados

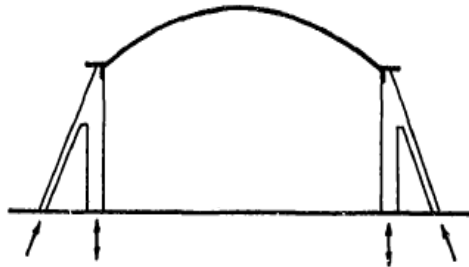


Imagen II.2.34.

En la Imagen original no se dibujan los tensores horizontales a nivel de suelo, en el texto del documento se especifica que había que colocarles en esta situación (Dieste & Montañez, 1985, p. 20).



(a)



(b)

Imagen II.2.35.

Gimnasio Intendencia Municipal en Dolores. Dpto. de Soriano. Las imágenes corresponden a: (a) vista exterior (*Google Earth Pro*); (b) vista interior (Proyecto Educativo Dieste, 2015[†]).

[†] Recuperado el 20 de marzo de 2021 de <https://diestedu.wixsite.com/proyectodieste/gimnasio-de-dolores?lightbox=dataItem-iehkgqco>

2.3.2.2. Conoides

Se trata de una superficie reglada poco utilizada y divulgada. Hay dos ejemplos, la *Escuela industrial de Tala, obra del Padre Borrazas* en el Dpto. de Canelones, del año 1962 (Giovannardi, 2017), que son tres naves cubiertas por ocho conoides cada una de ellas, y el *oratorio del Colegio La Mennais*⁵ en Montevideo, 1960–1963 (Imagen II.2.36).

La cubierta del oratorio son dos conoides rectos, cuya directriz curva es una elipse muy rebajados de diferentes tamaños en cerámica armada enfrentados entre sí de diferentes relaciones L/f (conoide color amarillo: 4,88; conoide color rojo: 8,29 en Imagen II.2.36.a) para que en su encuentro se dejase una apertura para la entrada de luz (Imagen II.2.36.b). Todo el conjunto descansaba en un anillo de hormigón armado (Imagen II.2.36.c) que parcialmente se cubría con ladrillo.

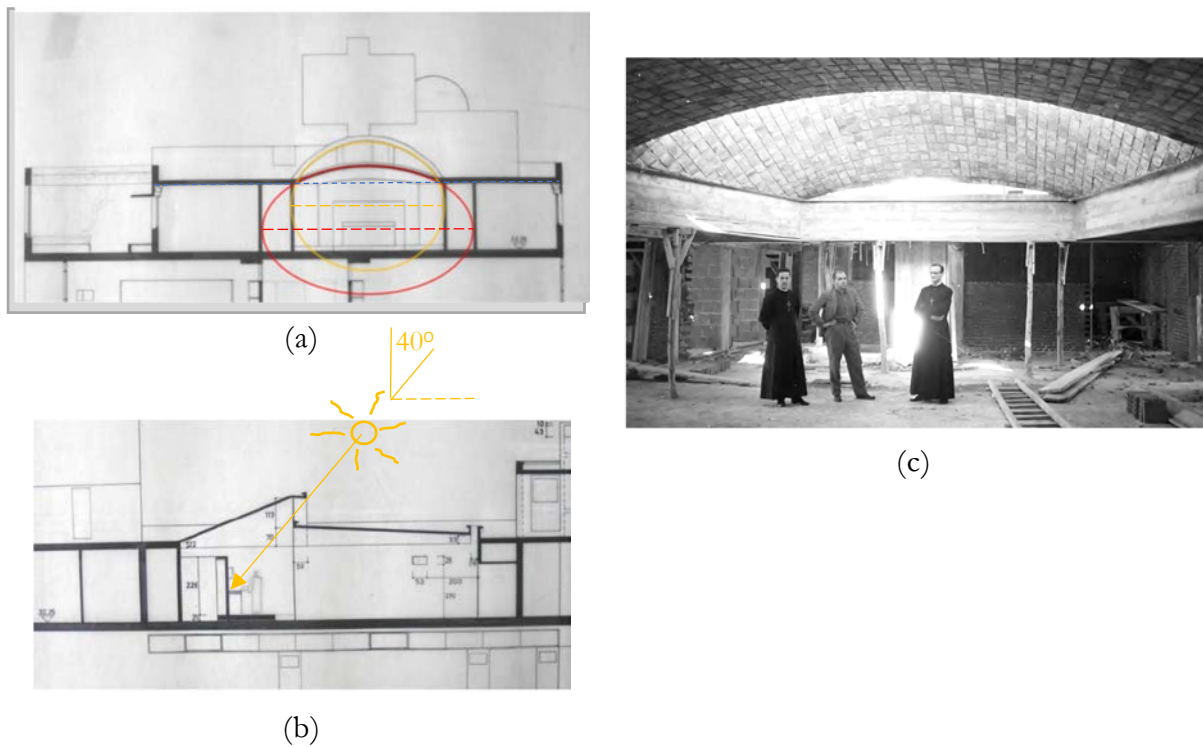


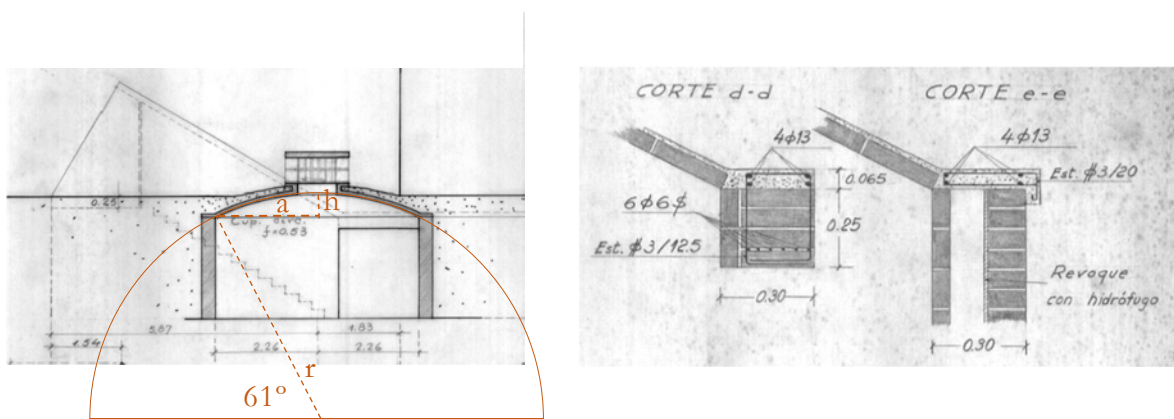
Imagen II.2.36.

Oratorio del Colegio La Mennais en Montevideo 1960–1963. Las imágenes corresponden a: (a) sección transversal; (b) sección longitudinal (Ado y Jorcín, 2012, p. 19); (c) oratorio en el año 1963 (Nudelman, 2013, p. 344).

2.3.2.3. Casquetes semiesféricos

Un casquete esférico, en geometría, es la parte de una esfera cortada por un plano, utilizando esta solución en la cubierta del baptisterio de la iglesia en Atlántida⁴.

El baptisterio estaba enterrado, estando cubierto por un casquete esférico, montándose sobre un cilindro de 2,26 m de altura, igual a su radio (Imagen II.2.37.a). El borde superior del cilindro se termina con un anillo realizado en hormigón armado que recogía los empujes del casquete (Imagen II.2.37.b).



(a)

(b)

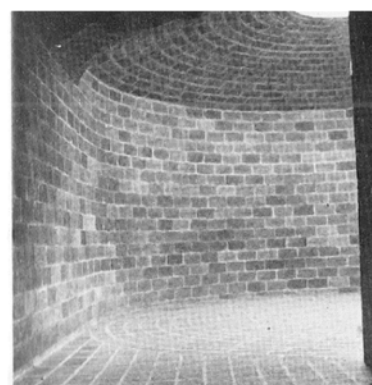
Imagen II.2.37.

Iglesia de Atlántida⁴, Dpto. de Canelones, 1958–1960. Las imágenes corresponden a: (a) sección del baptisterio, en color teja, se indican las principales dimensiones, $r = 4,73$ m; $a = 2,26$ m, y $h = 0,57$ m (Caraballo, 2017, p. 87); (b) detalles constructivos arranque casquete sobre apoyos (Caraballo, 2017, p.85).

El ladrillo de las paredes y del casquete se coloca de plano, provocando una sensación de liviandad que no se corresponde con la de ser elementos de contención de tierras (Imagen II.2.38).



(a)



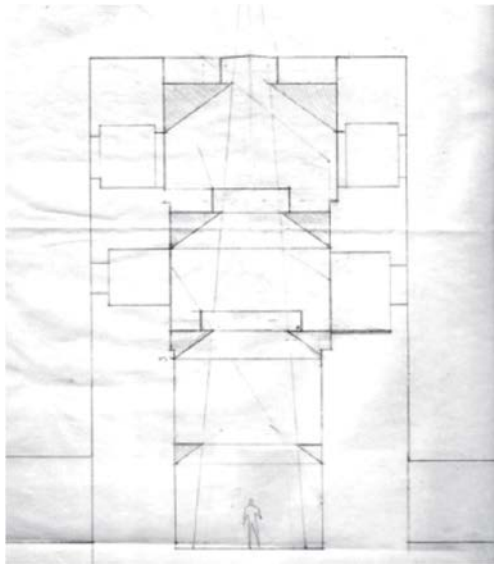
(b)

Imagen II.2.38.

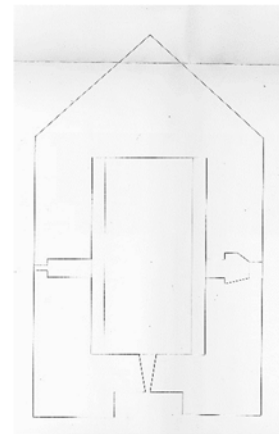
Baptisterio de la la iglesia de Atlántida⁴, Dpto. de Canelones, 1958–1960. Las imágenes corresponden a: (a) ejecución del casquete (Caraballo, 2017, p. 87); vista interior (b) (*ibidem*, p. 124).

2.3.2.4. Cáscaras con curvatura parabólica

La propuesta de intervención en la *Torre de Aragón en Guadalajara*, 1993, realizada durante los talleres de arquitectura de la V Conferencia Internacional del CAI, parte de una planta rectangular de dimensiones entre 5 m–6 m x 9,4 m (aumentaban las dimensiones según se ascendía), realizándose unos pequeños casquetes parabólicos que empezando en el perímetro interior rectangular de la torre terminaba en un óculo redondo central (Imagen II.2.39). La superficie parabólica se obtenía volando el ladrillo superior sobre el ladrillo que apoyaba. Sobre la cúpula posteriormente se colocarían ladrillos de canto, donde se apoyarían los tableros horizontales que funcionaban de solado (Imagen II.2.40).



(a)



(b)

Imagen II.2.39.

Torre de Aragón, Guadalajara, 1993. Las imágenes corresponden a: (a) croquis de la actuación propuesta por Dieste para los talleres (Marín 2015, p. 990); (b) planta segunda de la Torre de Aragón (Dossier taller de arquitectura, 1993).

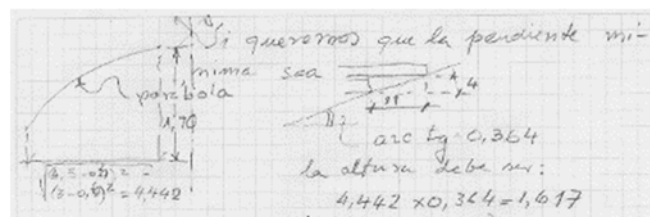


Imagen II.2.40.

Detalle de los cálculos realizados por Dieste durante el taller de arquitectura para comprobar la viabilidad de la propuesta. Ver documento completo en Imagen I.57.

2.3.2.5. Cúpula

Dieste realiza la propuesta de una cúpula de directriz circular para cubrir la antigua *iglesia del Colegio de Caracciolos* de la Universidad de Alcalá, Madrid, 1993–1994.

Utilizar la forma geométrica de la cúpula le permitía trabajar con una solución sencilla, cubriendo grandes luces y empleando cantidades mínimas de material.

Se mantuvo el tambor de la cúpula original reforzándole, prolongándole con un zuncho de hormigón armado de 15 cm de espesor hasta alcanzar la altura de cornisa de la iglesia, a partir de la cual arrancaba la cúpula en planta. El material utilizado para la realización de la cúpula era una lámina formada por ladrillos macizos colocados de plano, armándose las juntas de los paralelos intermedios (riñones).

Aunque la propuesta de realizar una cúpula no se desarrolló, resulta muy interesante ver como encaró esta nueva forma (Imagen II.2.41).

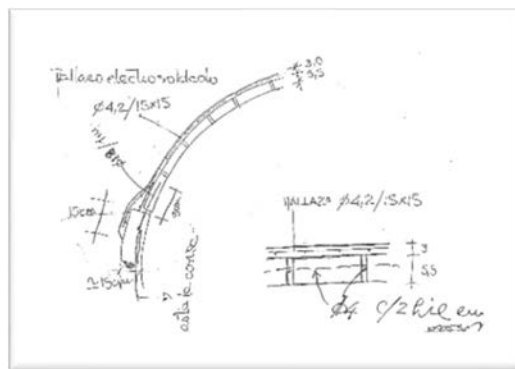


Imagen II.2.41.

Cúpula para el Teatro universitario, antigua iglesia del Colegio de Caracciolos de la Universidad de Alcalá, Madrid, 1993–94. Dibujo de la autora según indicaciones de Dieste.

2.3.3. Láminas planas

La utilización de las láminas planas en la obra de Dieste ha sido poco difundida, referenciándose a la *iglesia de san Pedro en Durazno*, Dpto. de Durazno, 1969-1971, como el paradigma de esta tipología, sin embargo, estas láminas ocupan una parte importante en su producción, como los denominados *pañuelos*.

Su ejecución era igual a la de las cáscaras, es decir, dejar embebida la armadura necesaria en las juntas de mortero de entre los ladrillos, pero su puesta en obra varió, dependiendo de si el montaje se realizaba en el lugar definitivo de la edificación, o en un lugar plano y horizontal cercano a la construcción. En esta último caso se creaban elementos planos prefabricados de diferentes dimensiones, que una vez que adquirían la resistencia y rigidez necesaria, se trasladaban al lugar que habían de ocupar finalmente, ensamblándose

unos con otros, formando la estructura de la construcción, o bien se disponían los ladrillos sobre unos encofrados planos –horizontales o inclinados–, armando y rellenando las juntas con mortero, colocando sobre esta capa cerámica estructuralmente activa otra lamina de hormigón armado, formándose un único elemento mixto estructural plano.

La forma de construir las láminas no variaba, lo que las diferenciaba es que con las láminas prefabricadas la escala de las edificaciones era menor a si se realizaban con las láminas *in situ*.

El estudio de esta tipología se ha enfocado en cómo se realizó la puesta en obra:

- Láminas planas prefabricadas (Imagen II.2.43).
- Láminas planas realizadas *in situ* (Imágenes II.2.44 a II.2.46).

2.3.3.1. Láminas planas prefabricadas

Las láminas planas prefabricadas también se conocían con el nombre de *losetas de cerámica armada*. Para fabricar las losetas se necesitaba una superficie lisa y plana, utilizándose generalmente el entorno cercano donde se iba a realizar la construcción de la que formaría parte. Las dimensiones variaban estando el ancho entre los 0,26 m (dos ladrillos) y los 0,4 m (tres ladrillos) y largo aproximado de 2,55 m (diez ladrillos), dejándose la armadura necesaria, señalada por el cálculo, embebida en las juntas. Cuando el mortero endurecía y alcanzaba la resistencia de cálculo, las losetas se unían entre si realizándose las diferentes edificaciones (Imagen II.2.42).

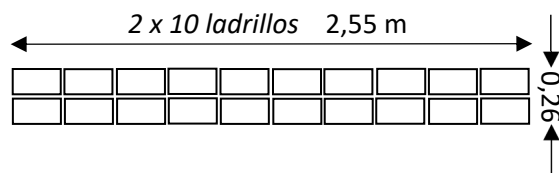


Imagen II.2.42.

Loseta tipo de cerámica armada (adaptado Comisión centenario Ing. Eladio Dieste, 2017^s).

Apoyándose en la geometría de las superficies regladas y utilizando las losetas realizó los denominados popularmente como pañuelos. En estas edificaciones, las losetas se unían entre sí, armando y amorterando las juntas longitudinales entre ellas; posicionando el apoyo de las láminas y hormigonando sus cabezas.

^s Recuperado el 20 de marzo de 2021 de <https://www.facebook.com/Ingenieroeladiodieste/photos/lospa%C3%B1uelos-unas-interesantes-estructuras-plegadas-ideadas-por-el-ing-eladio-di/370718063385981/>

PARTE II.2. Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales

Con esta técnica se realizaron el *Parador de Salto Grande*, el *Parador del Parque Harriague* o la *Boletería en Termas del Arapey*, todos en el Departamento de Salto (Imagen II.2.43).



Imagen II.2.43.

Estructuras planas, comúnmente denominadas pañuelos (Comisión centenario Ing. Eladio Dieste, 2017^t).

2.3.3.2. Láminas planas realizadas *in situ*

La principal ventaja de estas láminas planas, frente a las de simple y doble curvatura, era la sencillez del encofrado, a cambio se complicaba el cálculo, pues al perderse la curvatura se agravaba el problema del pandeo.

La obra más representativa es la *iglesia de san Pedro* en Durazno, Dpto. de Durazno, 1969-1971, y aunque toda ella se expresa como una sola idea, una sola forma, un solo espacio, un solo material, a nivel constructivo y estructural hay diferentes soluciones.

La cubierta que cubre la nave central es una lámina plegada simétrica con tres pliegues, de sección triangular, en el que se pone un vértice en el intradós del arco y los lados opuestos hacia afuera. Esta disposición no es gratuita, pues la forma se coloca en el sentido de mejor respuesta a las posibles flexiones, y a nivel formal es un cierre ideal para la concepción espacial de la obra.

Se tratan de cuatro losas pre-comprimidas que cubren una luz transversal de 8,2 m y una luz longitudinal de 32 m (Imagen II.2.44).

Las láminas de ambos extremos son horizontales, con una longitud total de 2 m, distinguiéndose dos partes, la que da al interior de la nave (formando parte del plegado) con una longitud de 0,86 m, un espesor de 12 cm –del que 5,5 cm es del ladrillo macizo armado y los otros 6,5 cm de una capa de hormigón armado–. La otra parte de la lámina

^t Recuperado el 20 de marzo de 2021 de <https://www.facebook.com/Ingenieroeladiodieste/photos/los-pa%C3%B1uelos-unas-interesantes-estructuras-plegadas-ideadas-por-el-ing-eladio-di/370718063385981/>

PARTE II.2. Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales

que da al exterior de la nave, de longitud 1,14 m, está construida como una losa de hormigón armado que trabaja en voladizo apoyándose en unos pilares metálicos, apoyados en la coronación de la pared de la nave central (Imagen II.2.44).

Las láminas que forman el triángulo de la cubierta son losas de ladrillo de 3,96 m de longitud cada una de ellas, de 8 cm de espesor, de la que 5,5 cm es ladrillo, que cubren una luz transversal de 6,52 m, inclinadas respecto a la horizontal 35°. Todo el conjunto se encuentra comprimido entre la pared reforzada que da al atrio y en el pórtico de hormigón armado que rodea la boca del presbiterio (Imagen II.2.44).

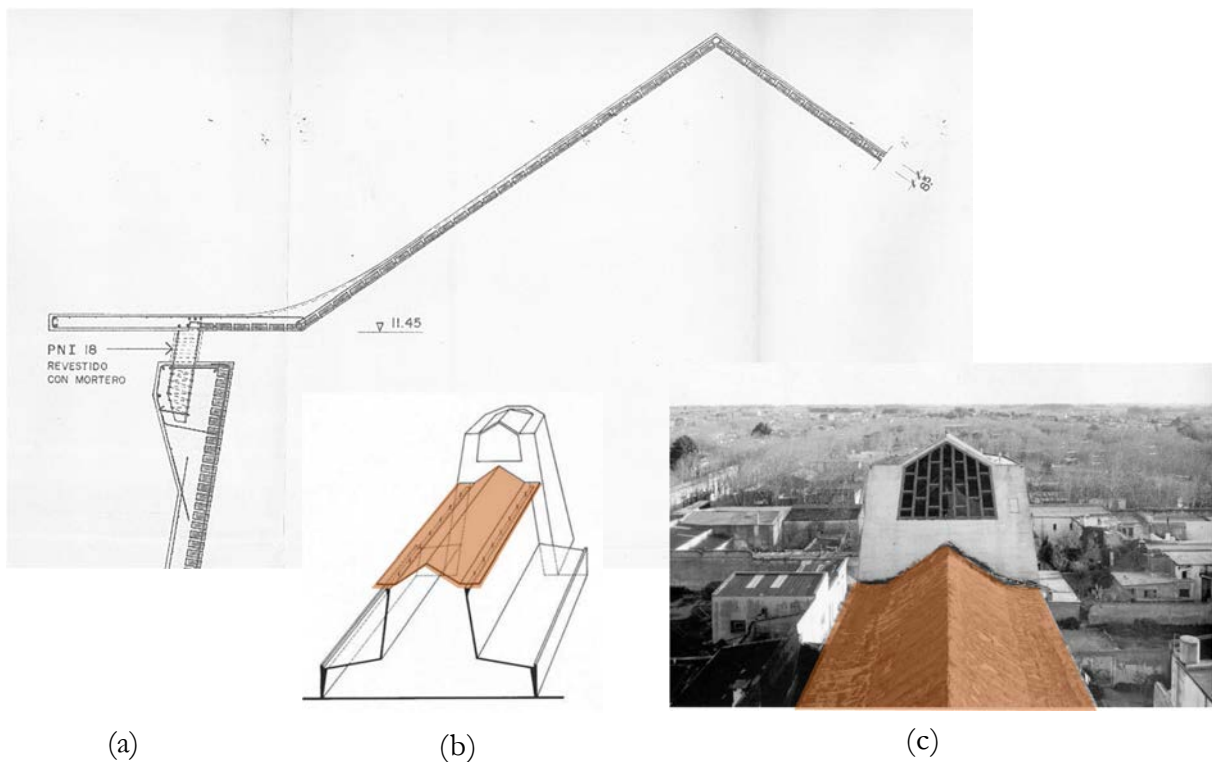


Imagen II.2.44.

Iglesia de san Pedro en Durazno, Dpto. de Durazno, 1969-1971. Las imágenes corresponden a: (a) detalle sección transversal por cubierta y nave principal. Archivo Histórico Diocesano de Alcalá de Henares); (b) cubierta axonométrica (Jiménez, 1996, p. 174); (c) vista exterior de la cubierta de la nave central y de la torre presbiterio (*ibidem*, p. 172).

PARTE II.2. Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales

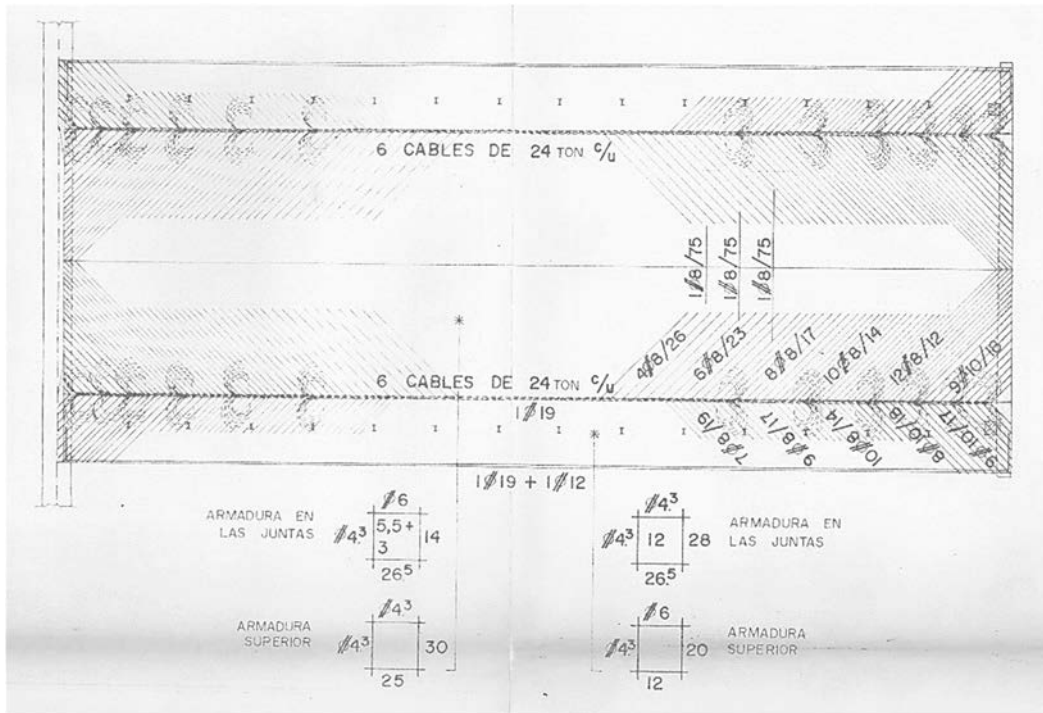


Imagen II.2.45.

Iglesia de san Pedro en Durazno, Dpto. de Durazno, 1969-1971. Detalle plano láminas estructurales de cubierta (Archivo Histórico Diocesano de Alcalá de Henares).

Los muros laterales de la nave central se ejecutaron como grandes vigas planas precomprimidas, de 32 m de longitud, 7,2 m de altura, e inclinadas 81° respecto de la horizontal. La luz transversal de cabeza es de 7,52 m y en el apoyo de 9,78 m.

Se construyeron como una losa formada por dos capas, una en ladrillo de medio pie, visto desde el interior de la iglesia con las juntas alineadas, y la hoja exterior como una capa de hormigón armado de 15 cm de espesor. Estas laminas también se encuentran apoyadas en las paredes situadas en el atrio y en el pórtico.

El techo de las naves laterales es una capa de ladrillos armados, puestos de planos, y sobre esta la capa de alisado de 3 cm espesor. Las paredes laterales de las naves laterales de la iglesia se conservaron las originales, y se trasdosó con una pared de ladrillo de medio pie ligeramente inclinada (Imagen II.2.46).

PARTE II.2. Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales

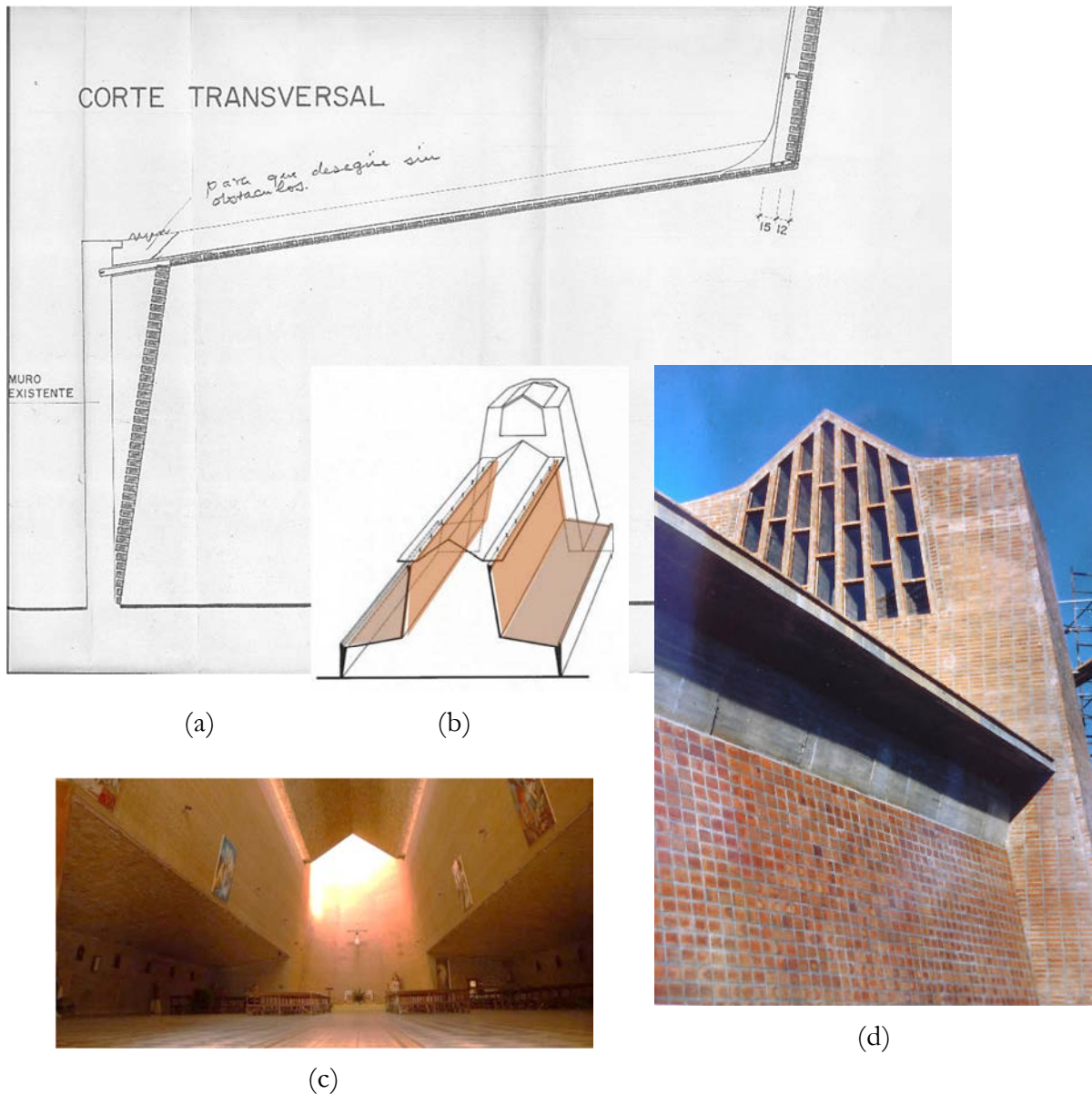


Imagen II.2.46.

Iglesia de san Pedro en Durazno, Dpto. de Durazno, 1969-1971. Las imágenes corresponden a: (a) detalle sección transversal por naves laterales. Archivo Histórico Diocesano de Alcalá de Henares; (b) axonométrica volumetría general (imagen adaptada de Jiménez, 1996, p. 174); (c) vista interior de las naves laterales y de la nave principal (Nómada, 2018^u); (d) vista exterior iglesia parroquial Madre del Rosario en Mejorada del Campo, Madrid, 1995–1996 (Arquitectos Lavila, 2021^v).

^u Recuperado el 21 de marzo de 2021 <https://nomada.uy/guide/view/attractions/3933>

^v Recuperado el 21 de marzo de 2021 <http://www.arquitectoslavila.com/obras-y-proyectos/nueva-planta/iglesias-y-centros-parroquiales/iglesia-parroquial-madre-del-rosario-en-los-olivos-mejorada-del-campo-madrid-en-colaboracion-con-eladio-dieste/>

2.4. Estructuras laminares de cerramiento

(El muro de) sus tres funciones principales, que son cerrar, soportar y contener, las tres vienen de la más remota antigüedad. (Torroja, 2000, p. 95)

Las estructuras laminares verticales, o claramente no horizontales, se proyectaron y construyeron cumpliendo al menos estas dos funciones: como elementos de cerramiento y como elementos autoportantes, siendo láminas de medio pie de ladrillo, sencillas o dobladas, utilizando la forma para conseguir la estabilidad estructural.

Como generalmente, las edificaciones eran prismas rectangulares, las cargas de la cubierta apoyaron en los lados largos del rectángulo (Imagen II.2.47.a), permitiendo que los lados cortos, los testeros, quedasen libres (Imagen II.2.47.b).



(a)



(b)

Imagen II.2.47.

Iglesia Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes en Atlántida, Dpto. de Canelones, 1958–1960. Las imágenes corresponden a: (a) las paredes dobladas longitudinales son las que soportan el empuje de las bóvedas gausas continuas (Jiménez, 1996, p. 154); (b) vista hacia el coro. Para mostrar la independización de este cerramiento, se colocaron finas láminas de ónix en todo su perímetro. Foto de la autora.

Los empujes de las bóvedas gausas se resistían con vigas, derivándoles a pilares, estando contruidos ambos elementos estructurales en hormigón armado (Imagen II.2.48.a), utilizándose también para el apoyo de las cubiertas pilares de acero laminado que generalmente formaban también parte de la carpintería metálica de las edificaciones, con el fin de que pasasen visualmente desapercibidos (Imagen II.2.48.b). Estas estructuras de

PARTE II.2. Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales

hormigón armado y de acero, no se estudia su comportamiento estructural por no estar realizadas con cerámica armada.

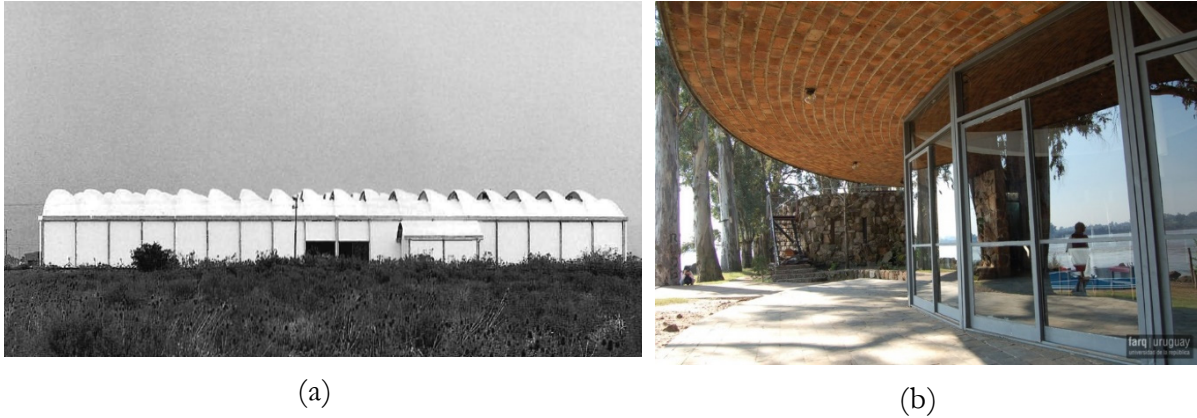


Imagen II.2.48.

Las imágenes corresponden a: (a) depósito de lanas A.D.F., Dpto. de Canelones 1988–1989 (Jiménez, 1996, p. 85), las cubiertas gausas discontinuas apoyan en un sistema de vigas y pilares de hormigón armado, cerrándose los entrepaños con fábrica de ladrillo; (b) Parador de Ayuí, Dpto. de Salto, 1976, la cáscara de la cubierta se soporta en los pilares metálicos que forman parte de la carpintería de cierre del edificio (Nómada, 2018^w).

Las estructuras laminares verticales, se han dividido en función de si soportan o no cargas de cubierta, que es la determinante fundamental de sus formas, calculándose además para resistir el viento y su propio peso.

- Estructuras laminares que soportan las cargas de cubierta (Imágenes II.2.50 a II.2.52).
- Estructuras laminares que no soportan cargas de cubierta (Imágenes II.2.53 y II.2.54)

En ambas situaciones las superficies cónicas fueron las principales formas laminares utilizadas, porque de producirse tracciones eran tan pequeñas que el propio ladrillo cerámico era capaz de soportarlas. El armado iba en los tendeles para resistir el viento, y por su facilidad en la puesta en obra.

Se replanteaban las directrices, y con alambres o cuerdas se marcaban las generatrices que los albañiles debían seguir para la colocación de los ladrillos (Imagen II.2.49).

^w Recuperado el 20 de marzo de 2021 de <https://nomada.uy/guide/view/attractions/4279>



Imagen II.49.

Construcción de las paredes curvas longitudinales de cerramiento de la iglesia Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes en Atlántida, Dpto. de Canelones, 1958–1960. (a) formación del muro por dos $\frac{1}{2}$ pie de ladrillo y cámara de aire interior (Giovannardi, 2017, p. 91); (b) arranque sobre una línea recta (Jiménez, 1996, p. 155).

2.4.1. Estructuras laminares que soportan cargas de cubierta

Dentro de los cerramientos se pueden distinguir las siguientes formas estructurales:

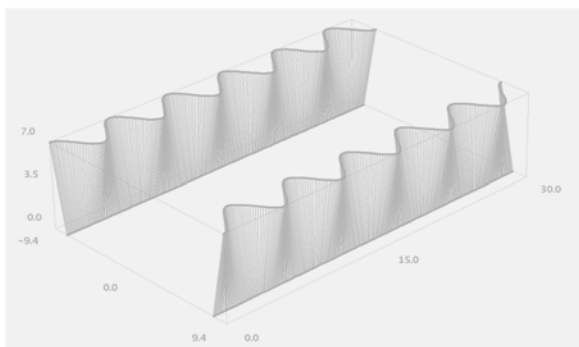
- Conoides de directriz recta al nivel del suelo y ondulada en su parte superior (Imagen II.2.50)
- Conoides con directriz recta en mitad del paramento y ondulada en el suelo y la coronación (Imagen II.2.51).
- Conoides con directriz curva en mitad del paramento y recta en el suelo y la coronación (Imagen II.2.52)

2.4.1.1. Conoides de directriz recta al nivel del suelo y ondulada en su parte superior

La edificación realizada con esta solución es la *iglesia Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes* en Atlántida, Dpto. de Canelones, 1958–1960., su planta es un rectángulo de dimensiones 6 m x 16 m x 30 m, siendo las paredes longitudinales las que recogen el peso de las bóvedas, construyéndose como una serie de conoides de directriz recta a nivel de suelo y

la otra a 7 m de altura, formada por una parábola en un sentido y dos medias parábolas acordadas en el otro.

El espesor total de las paredes es de 30 cm, formadas por dos medios pies separados entre sí y sin atar, enfoscándose por dentro la cara exterior, armándose los tendeles con dos redondos de \varnothing 3 mm cada tres juntas, para darle unidad constructiva. La pared se anclaba a la cimentación y a la viga mixta de cerámica y hormigón armado, situada en la coronación, que también soportaba los empujes de la bóveda, mediante tensores colocados en el enfoscado (Imagen II.2.50).



(a)



(b)

Imagen II.2.50.

Iglesia Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes en Atlántida, Dpto. de Canelones, 1958–1960. Las imágenes corresponden a: (a) esquema paredes longitudinales (Alcalde, 2015^x); (b) muros longitudinales en construcción (Jiménez, 1996, p. 154).

2.4.1.2. Conoides con directriz recta en mitad del paramento y ondulada en el suelo y la coronación

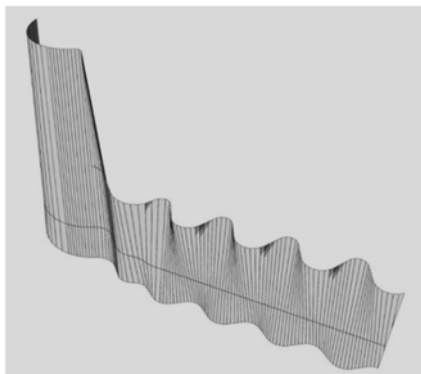
Esta solución que iba a ser utilizada en los cerramientos longitudinales de la *iglesia Nuestra Señora de Lourdes* en Malvín, Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1965–1968, estaba definida por tres directrices, una línea recta en la mitad de la altura del muro, y dos onduladas, una a nivel de suelo y la otra en la coronación, de manera que cada onda se forma con una parábola en un sentido y dos medias parábolas acordadas en el otro.

Como ya se ha indicado anteriormente en 1967 se paralizaron las obras de la iglesia cuando se había ejecutado solo parte de las paredes de la torre–presbiterio, no llegándose ni a iniciar la nave del templo. Como también se ha indicado, basándose en los planos

^x Recuperado el 20 de marzo de 2021 de <https://fernandoalcalde.wordpress.com/2015/11/10/eladio-dieste-la-forma-y-la-materia/#Dieste1>

inacabados se realizó la *iglesia de san Juan de Ávila* en Alcalá de Henares, acabada en 1998, refiriéndonos a ella para explicar este tipo.

Tomando como referencia la primera directriz curva a nivel +0,00 m, la segunda directriz recta se sitúa a +4,31 m y la tercera directriz curva a +12,94 m (Imagen II.2.51).



(a)



(b)

Imagen II.2.51.

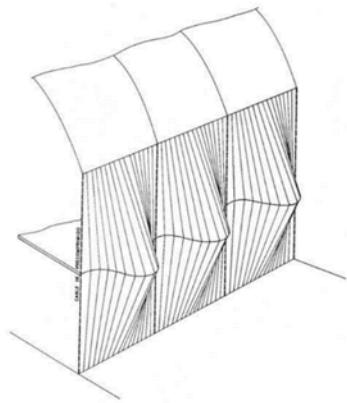
Iglesia san Juan de Ávila en Alcalá de Henares, Madrid, 1996–1998. Las imágenes corresponden a: (a) esquema paredes longitudinales; (b) muros longitudinales en construcción (Arquitectos Lavila, 2021y).

Los muros son de 30 cm de espesor total formados por dos medios pies y una cámara intermedia, ocupada por un enfoscado armado con malla electrosoldada, en la cara exterior y una capa de poliuretano proyectado, dejando 4 cm para la cámara de aire. Los medios pies se ataron entre sí, colocándose un armado de 2 Ø 5 mm cada cuatro hiladas (De la Hoz, Clemente, 1998).

2.4.1.3. Conoides con directriz curva en mitad del paramento, recta en el suelo y la coronación

Esta solución se utilizó en el *Montevideo Shopping Center* de Montevideo, 1984–1985, consistiendo en emplear una directriz recta a nivel de suelo y en la coronación y ondulada en su parte intermedia. El empuje de las bóvedas era absorbido por una viga en la coronación, tensándose en el forjado y a nivel de suelo para absorber la diferencia de empujes (Imagen II.2.52).

^y Recuperado el 20 de marzo de 2021 de <http://www.arquitectoslavila.com/obras-y-proyectos/nueva-planta/iglesias-y-centros-parroquiales/iglesia-parroquial-de-san-juan-de-avila-en-alcala-de-henares-en-colaboracion-con-eladio-dieste/>



(a)



(b)

Imagen II.2.52.

Montevideo Shopping Center, Montevideo, 1984–1985. Las imágenes corresponden a: (a) Esquema de las paredes de cerramiento (Jiménez, 1996, p. 193), (b) vista general en obras (*ibidem*, p. 192).

2.4.2. Estructuras laminares que no soportan cargas de cubierta

Estas paredes soportaban su propio peso y el viento, siendo generalmente elementos con una fuerte componente visual. Se pueden dividir en:

- Conos truncados (Imagen II.2.53).
- Conjuntos de superficies laminares curvas y planas (Imagen II.2.54).

2.4.2.1. Conos truncados

Los conos truncados los utilizó como elementos individualizados de las construcciones de las que formaban parte, generalmente conteniendo el presbiterio de las iglesias. No estaban destinados a soportar las cargas de las bóvedas, solamente su propio cierre. Las coberturas de estos elementos estaban meticulosamente diseñadas para controlar la entrada de luz natural.

Los ejemplos más emblemáticos son la torre-presbiterio de la *iglesia de Nuestra Señora de Lourdes* en Malvín, Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1965-1968 , inacabada, se interrumpió su construcción en 1967 y el de la *iglesia de san Juan de Ávila*⁷, en Alcalá de Henares, Madrid, terminada en 1998 basada en la anterior (Imagen II.2.53).

Los cerramientos de ambas torres están compuestos por dos paredes de $\frac{1}{2}$ pie separadas entre sí 70 cm, arriostrándose entre sí por una rampa de acceso a la cubierta.

PARTE II.2. Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales

La altura total⁸ del presbiterio, en el caso de la iglesia uruguaya es de 26 m, y la española de 28,3 m, inclinada 4° respecto de la vertical, lo que permite una superficie continua, sin mostrarse el deslizamiento de los ladrillos de unos sobre otros.

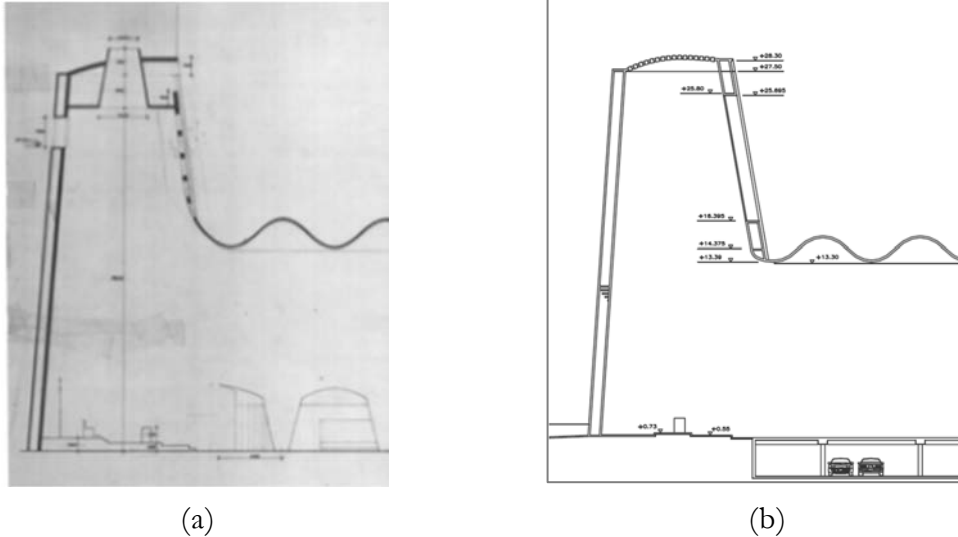


Imagen II.2.53.

Detalle de las secciones longitudinales del presbiterio. Las imágenes corresponden a: (a) Iglesia de Nuestra Señora de Lourdes en Malvín, Montevideo, 1965–1968 (Beaudouin, 2013c²); (b) Iglesia parroquial san Juan de Ávila en Alcalá de Henares, 1996–1998. Archivo Histórico Diocesano de Alcalá de Henares.

Estas torres presbiterio forman parte de una línea evolutiva de otros ábsides como el de la *iglesia de Santa María Madre de la Iglesia y San Juan Bosco* de Montevideo, 1966; el de la *iglesia de la Escuela Madre Paulina* en Belvedere, Montevideo, 1967 y luego estarían las de dos iglesias más la de *san Pedro* en Durazno, 1969–1971, y *Nuestra Señora del Líbano* en Montevideo, 1984, que aunque la directriz de la base no es una circunferencia, sino planos inscritos sobre esta, la ubicación en planta y el tratamiento de la luz son equivalentes.

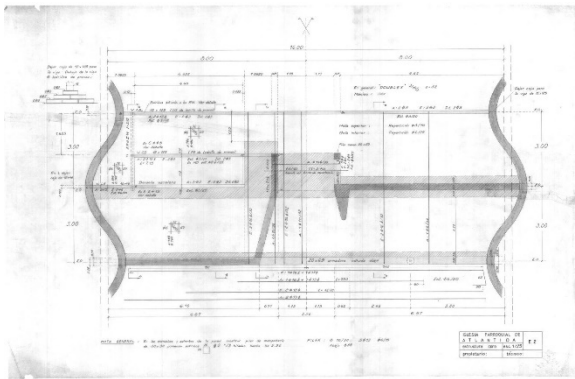
2.4.2.2. Superficies laminares para el cerramiento exterior

Los cerramientos que no soportaban cargas de cubierta generalmente ocupaban los frentes de las edificaciones, donde se ubicaba la entrada principal. No hay un tipo de estas estructuras que se cree para que luego crezca en las siguientes obras, sino que se proyectan como elementos con una componente plástica muy potente.

² Recuperado el 21 de marzo de 2021 de <http://www.beaudouin-architectes.fr/2013/10/eladio-dieste/>

PARTE II.2. Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales

Ejemplos es la fachada principal de la iglesia de Atlántida⁴, donde la planta baja es una pared doblada, de $\frac{1}{2}$ pie cada una de las hojas, que se dobla igual que un papel para abarcar la mayor superficie posible y así apoyar sobre ella el coro de la iglesia (Imagen II.2.54).



(a)



(b)

Imagen II.2.54.

Iglesia en Atlántida, Dpto. de Canelones, 1958–1960. Las imágenes corresponden a: (a) planta de la zona de entrada (Nómada, 2018^{aa}); (b) vista general de la fachada principal (Medios audiovisuales, 2021^{bb}).

La planta alta son láminas planas, en donde se trabaja con la profundidad, con los centros de gravedad, para establecer la estabilidad necesaria.

Posee paredes compuesta por varias líneas de paneles de ladrillos colocados estos de plano consiguiéndose un espesor mínimo, correspondiente al espesor del ladrillo. Los partesoles giran sobre su centro vertical, de manera que el centro de gravedad se mantiene en una estrecha franja estableciéndose así su estabilidad. Todo trabaja a compresión y la única acción que podría provocar tracciones, como es el viento, sería absorbida por el armado.

^{aa} Recuperado el 21 de marzo de 2021 de <https://nomada.uy/guide/view/attractions/3876>

^{bb} Recuperado el 20 de marzo de 2021 de <http://www.fadu.edu.uy/eladio-dieste/wp-content/blogs.dir/258/files/iglesia-atlantida/SMA-S270-002.jpg>

2.5. Estructuras laminares en la contención

Contener empujes horizontales o establecer un paramento, que soporte los empujes de tierras, aguas u otros materiales líquidos, áridos o materias análogas. Son las presas, paredes de depósitos y silos, muros de contención, diques de abrigo, etc. (Torroja, 2000, p. 3)

Las estructuras laminares de contención tenían como finalidad resistir los empujes producidos por el material retenido detrás de ellas, estando las tipologías formales proyectadas en función de la naturaleza del material que contuvieran, dividiéndose en:

- Estructuras laminares para contención de tierras (Imagen II.2.55.a).
- Estructuras laminares para contención de agua (Imagen II.2.55.b).
- Estructuras laminares para contención de material pulverulento, grano, lana, etc. (Imagen II.2.55.c).



(a)



(b)



(c)

Imagen II.2.55.

Las imágenes corresponden a: (a) contención de tierras en el baptisterio de la iglesia en Atlántida⁴, Dpto. de Canelones, 1958–1960 (Carballo, 2017, p. 230); (b) contención de agua: torre-tanque de agua. Refrescos del Norte (Jiménez, 1996, p. 209); (c) contención de material. Silo Solsire Salt (Anderson, 2004a, p. 172).

2.5.1. Elementos para contención de tierras

Generalmente las edificaciones realizadas por Dieste fueron sobre rasante, pero cuando necesitó contener tierras a nivel de un sótano lo usual fueron dos láminas planas o curvadas verticales, de ladrillo macizo de $\frac{1}{2}$ pie sin trabar entre sí, separadas 6 cm con un ancho total de 30 cm, o dos laminas planas o curvas de ladrillo macizo, la interior a panderete (el ladrillo a tabla) y la que estaba en contacto con el terreno de $\frac{1}{2}$ pie, con un ancho total de 30 cm. Ambas laminas cerámicas se armaban en los tendeles, especificándose la armadura por la cantidad, el diámetro y su situación, por ejemplo: $\emptyset 3$ C/2 bil. en c/tab. (Imagen II.2.56). En ambos casos la lámina vertical en contacto con el terreno se trasdosaba por el interior con un mortero hidrofugo sin armar.

Las dos laminas formaban parte de un cajón, en donde la tapa superior era una losa que descansaba sobre la lámina interior de ladrillo, teniendo una entrega de unos 5 cm en la que estaba en contacto con el terreno, o bien la losa recogía la cabeza de ambas láminas.

La losa—placa de coronación horizontal que además de atar tenía también la función de soportar las tierras que descansaban sobre ella, soluciones que se explican en el apartado 2.6. Estructuras laminares de piso.

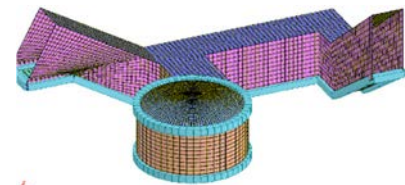
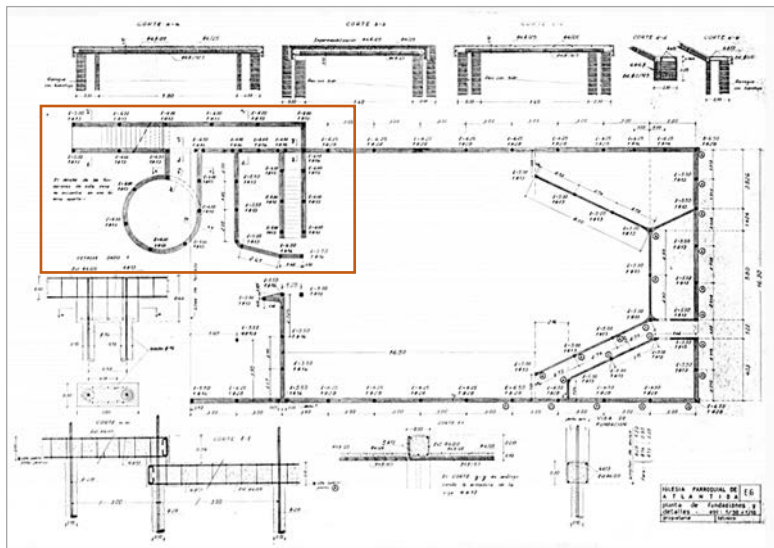


Imagen II.2.56.

Iglesia Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes en Atlántida, Dpto. de Canelones, 1958–1960. Las imágenes corresponden a: (a) plano cimentación del conjunto con detalles constructivos del baptisterio (Medios Audiovisuales, 2021^{cc}). Recuadrado en color teja la zona del baptisterio; (b) axonométrica (Caraballo, 2017, p. 139).

^{cc} Recuperado el 20 de marzo de 2021 de <http://www.fadu.edu.uy/eladio-dieste/files/2015/09/IGLESIA-DEL-CRISTO-OBrero-ATLANTIDA-4.pdf>

2.5.2. Elementos para contención de agua

Para la contención de agua se utilizaron tanques elevados para mantener la presión en los sistemas de distribución, diseñándose para resolver su estabilidad, con una optimización de su costo.

Los elementos estructurales que componían el tanque eran el depósito donde se almacenaba el agua y su soporte (Imagen II.2.57.a).

El tanque de agua se diseñó en forma de anillo, construyendo la cara exterior vista de la cuba con un ladrillo a soga o a tabla, armándose las juntas según el cálculo estructural para resistir los empujes del agua. La parte interior del tanque se realizaba como una cúpula cónica sin armar, desplazando el ladrillo superior sobre el que apoyaba. Las láminas interiores que constituían la cuba iban enfoscadas y armadas con una malla electrosoldada. En el arranque de la cúpula se colocaron zunchos mixtos de cerámica, hormigón y acero para resistir el empuje del agua, rigidizando el conjunto (Imágenes II.2.57.b y II.2.57.c).

Con esta solución la zona central del tanque quedaba libre, si bien el techo podía o no ocupar toda la superficie del tanque, realizándose bien como lamina plana de hormigón, o con forma de cono a igual que la base de la cuba o con losetas prefabricadas.

El soporte o fuste tenía forma cilíndrica o cónica, presentándose como una lámina sólida o calada.

La preferencia por las superficies cónicas fue mayor por dos razones, pues estructuralmente la conicidad reducía el cortante, y porque visualmente se aumenta la esbeltez del elemento (Medios Audiovisuales, 2021).

Cuando el fuste se realizaba como una lámina sólida, el ladrillo generalmente se disponía a soga, colocándose dos tipos de armados: uno en tendeles alternos, con dos barras, \varnothing 6 mm, continuas siguiendo toda la longitud del anillo (Imágenes II.2.60.d y II.2.60.e), y el segundo armado era longitudinal, \varnothing 12 mm, situado cada metro, arropado en mortero y conectado a la lámina cerámica, mediante grapas, \varnothing 4 mm, embebidas estas en todos los tendeles (Imágenes II.2.57.d y II.2.57.e). Es decir, se formaban machones armados longitudinal y transversalmente atados entre sí por *traviesas* (Carbonell, 1987).

Las torres se calculaban según el peso propio de la torre, la carga de del agua, del viento, y la torsión, no teniéndose en cuenta el análisis del sismo.

El dimensionado de barras indicado es meramente explicativo, perteneciendo al *tanque de agua del Complejo América* (Imagen II.2.57), pues este dependía del cálculo estructural realizado para cada torre.

PARTE II.2. Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales

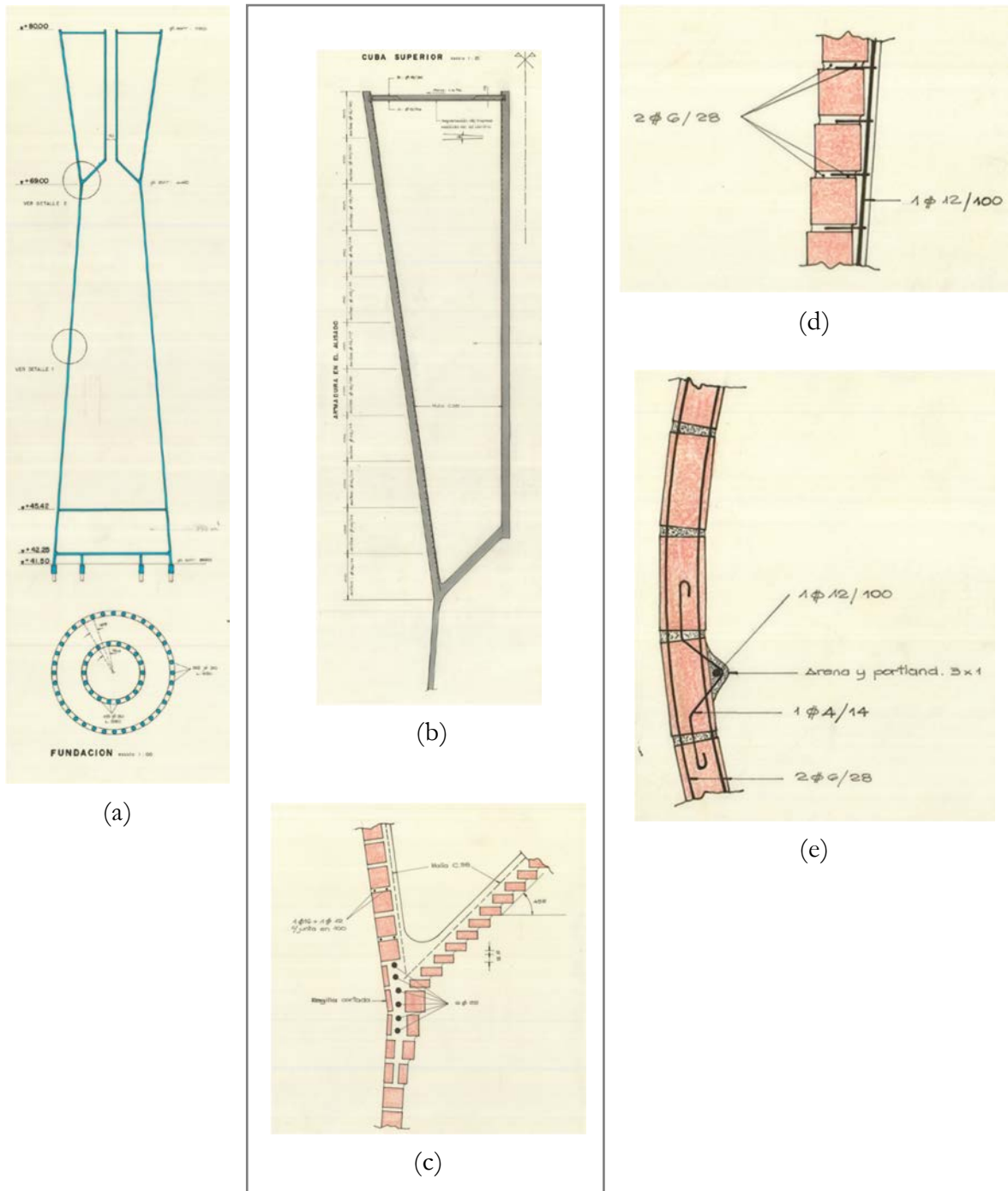


Imagen II.2.57.

Tanque de agua Complejo América, Montevideo, 1982–1983. Las imágenes corresponden a: (a) sección y planta de cimentación (Medios Audiovisuales, 2021^{dd}); (b) y (c) Detalles de la cuba (*ibidem*); (d) Detalle sección longitudinal (*ibidem*); (e) detalle de un anillo en planta (*ibidem*).

^{dd} Recuperados el 21 de marzo de 2021 de http://www.fadu.edu.uy/eladio-dieste/files/2015/11/TANQUE-DE-AGUA_DETALLE-CONSTRUCTIVO-.pdf

PARTE II.2. Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales

Cuando las torres eran caladas (Imagen II.2.58), estaban formadas por machones armados de ladrillo formado pilares, de 1 ½ pies de longitud y entre 12 cm a 14 cm de ancho, realizados por dos hojas de ladrillo puestos a tabla con una capa intermedia de mortero armada (Imagen II.2.58.b). Los machones iban enlazados entre sí por hiladas de ladrillo también armado, disponiéndose estos atados a distintas alturas, asegurando estos elementos –al igual que para las láminas solidas–, la transmisión de cortantes (Imagen II.2.58.c).

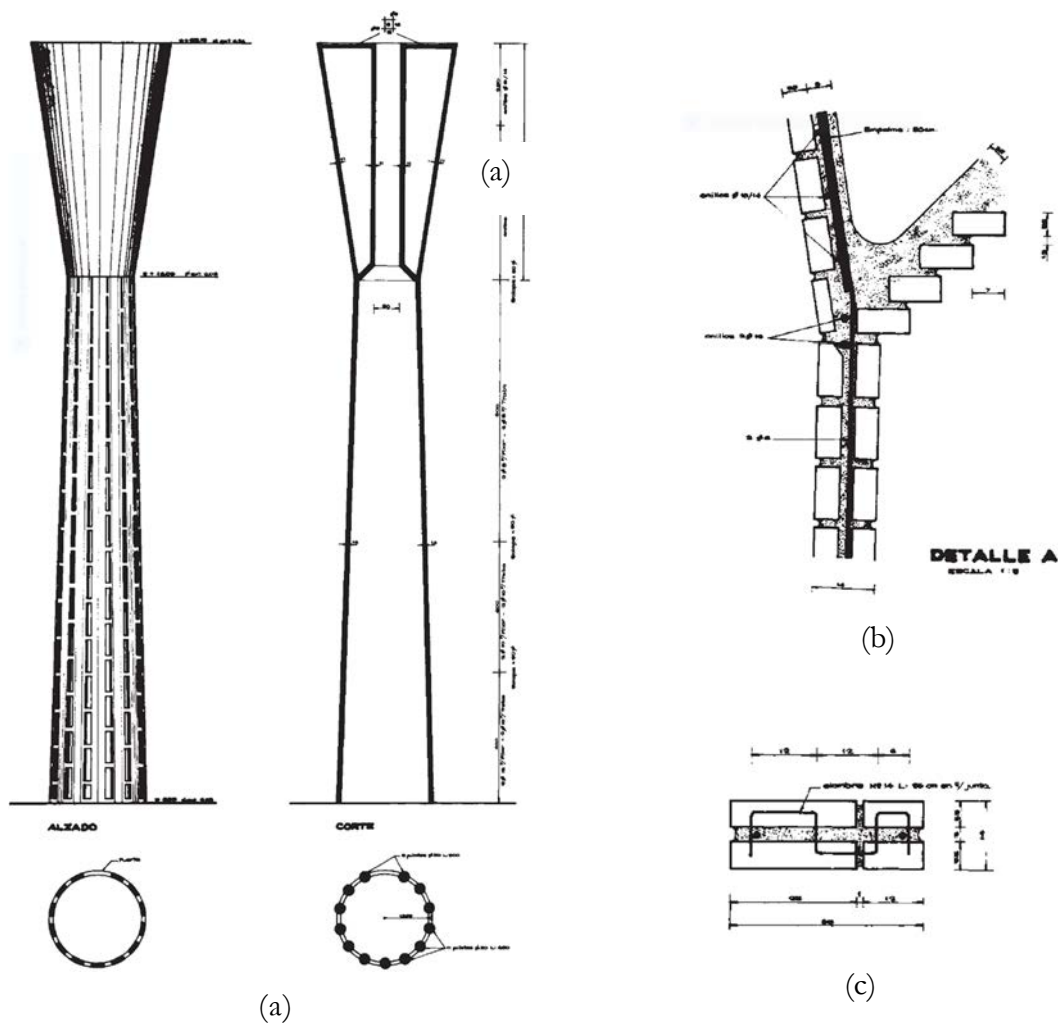


Imagen II.2.58.

Tanque de agua Las Vegas, Dpto. de Canelones, 1966. Las imágenes corresponden a: (a) alzado, sección, plantas del fuste y de cimentación (Jiménez, 1996, p. 211).; (b) detalle sección a la altura del tanque (*ibidem*); (c) detalle de un machón del fuste en planta (*ibidem*).

PARTE II.2. Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales

Dado que se trataban de superficies cónicas se debían de realizar dos replanteos de la sección, una a nivel de suelo y otra a 4 m o 5 m de altura, con hilos, y así sucesivamente. No se utilizaba andamiaje, sino que se apoyaban las plataformas de trabajo en los huecos de las torres, desplazándose según se avanzaba en la construcción

La cimentación se realizó por pilotes, para empotrarlos en el suelo.

Las soluciones adoptadas variaron en función de su situación, de la cantidad de agua a almacenar, entre 40 m³ a 390 m³, y de la altura que debían de alcanzar, de 23 m a 70 m.

La forma común utilizada fue la de láminas cónicas, distinguiéndose, dependiendo de la relación entre el depósito de agua y el soporte, las siguientes variantes:

Conoides sin diferenciación volumétrica visual

Un solo volumen, sin diferenciación visual de las partes, mostrándose los tanques como obeliscos de planta circular, como un esbelto cono truncado con el fin de mejorar la estabilidad y enfatizar la perspectiva de manera que va disminuyendo el diámetro según va alcanzando altura, coronándose por un cono rebajado apuntando al cielo o una cubierta plana (Imagen II.2.59).



Imagen II.2.59.

Las imágenes corresponden a: (a) Fagar–san Juan Refrescos S.A. Dpto. de Colonia, 1995–1996 (Nómada, 2018^{ee}); (b) tanque de agua Las Vegas, Dpto. de Canelones, 1966 (Anderson, 2004a, p. 152).

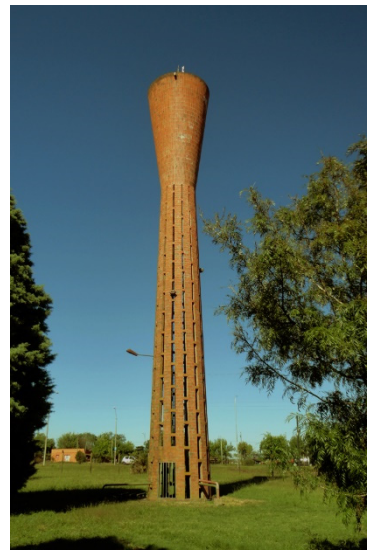
^{ee} Recuperado el 20 de marzo de 2021 de <https://nomada.uy/guide/view/attractions/4203>

Conos con diferenciación volumétrica visual

Dos volúmenes, con una diferenciación formal de las funciones, dos troncos de cono recto de bases paralelas, apoyados el uno sobre el otro por la directriz circular más pequeña. El conjunto resulta muy dinámico al disponer el gran volumen del tanque como un cono truncado invertido realizado en una superficie continua de ladrillo, que apoya en un esbelto fuste calado y, otro conoide, que va disminuyendo según va ganando altura (Imagen II.2.60).



(a)



(b)

Imagen II.2.60.

Las imágenes corresponden a: (a) tanque de agua Complejo América, Montevideo, 1982–1983 (Medios Audiovisuales, 2021^{ff}); (b) torre–tanque de Refrescos del Norte, Dpto. de Salto, 1979 (D&M^{gg}).

2.5.3. Elementos para contención de material

Las formas laminares utilizadas para la contención de material pulverulento, grano, también lana, etc., se dividen en:

- Láminas de doble curvatura (Imagen II.2.61).
- Láminas cilíndricas (Imagen II.2.62).

^{ff} Recuperado el 20 de marzo de 2021 de <http://www.fadu.edu.uy/eladio-dieste/wp-content/blogs.dir/258/files/tanque-de-agua/SMA-S270-392.jpg>

^{gg} Recuperado el 20 de marzo de 2021 de <https://dieste.com.uy/obras-torres-tanques-agua.html>

2.5.3.1. Láminas de doble curvatura

Se tratan de construcciones de desarrollo horizontal calculadas para que resistan el empuje de del material almacenado y el del viento

Cada bóveda es una franja de doble curvatura en ladrillo, que arranca desde el suelo y esta empotrada en la cimentación.

Dependiendo del material, generalmente se trata de un gran espacio cubierto dividido en dos zonas: una gran turba triangular bajo tierra realizada en hormigón armado y sobre ésta una cáscara de doble curvatura; estando ambos espacios dimensionados para resistir el empuje del grano o del material que habría de contener.

Son de diferentes dimensiones, en función del volumen que hubiera de almacenar, como ejemplo está el *silo SAMAN*, en Vergara, Dpto. de Treinta y Tres, 1974–1978, de 30 m de ancho, 15 m de alto y 30 m de largo (Imagen II.2.64).

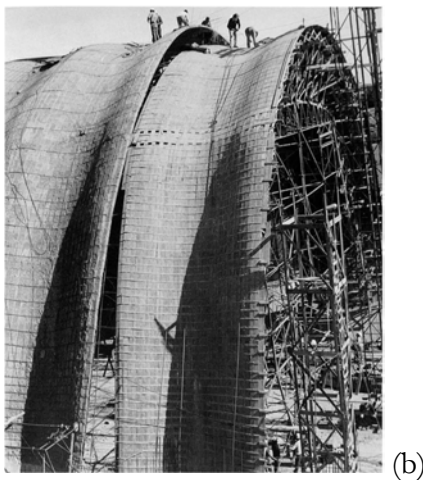
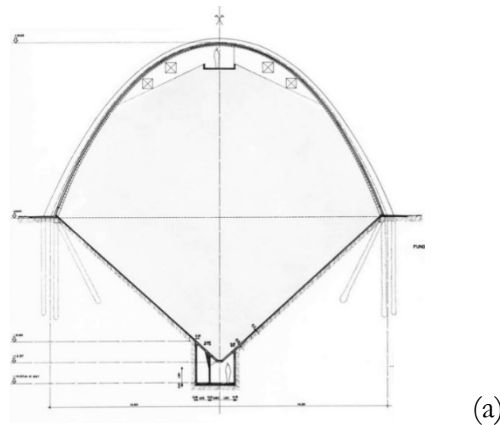
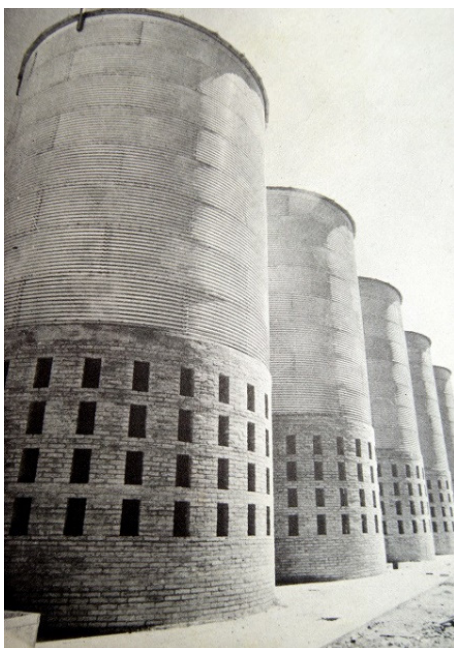


Imagen II.2.61.

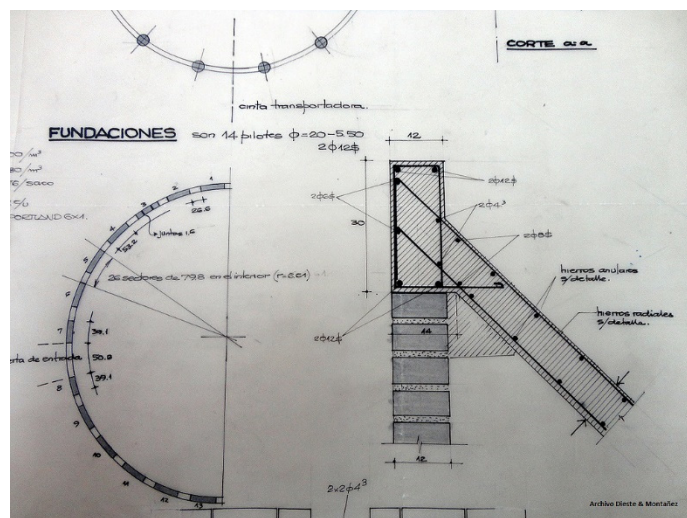
Silo SAMAN. Vergara, Dpto. de Treinta y Tres. Las imágenes corresponden a: (a) sección transversal (Jiménez, 1996, p. 72); (b) durante su construcción (*ibidem*, p. 71); (c) interior en su construcción (*ibidem*, p. 73).

2.5.3.2. Laminas cilíndricas

La superficie cilíndrica como elemento de cerramiento para soportar cargas no fue un elemento formal demasiado utilizado, el ejemplo encontrado se corresponde a los silos cilíndricos de la *Remolachera y Azucarera del Uruguay S.A. (RAUSA)* en la localidad de Montes, Dpto. de Canalones en 1967. Se trata de cilindro realizado en cerámica armada de medio pie de espesor, 12 cm, radio 3,37 m, y 4,2 m de altura coronado por una viga de hormigón armado de 30 cm x 12 cm (alto x ancho) desde la que cuelga un cono aéreo de hormigón que era la base del silo propiamente dicho (Imagen II.2.62).



(a)



(b)

Imagen II.2.62.

Silos metálicos verticales RAUSA en Montes, Dpto. de Canelones, 1967. Las imágenes corresponden a: (a) imagen histórica de los depósitos para grano actualmente en ruinas solo conservan las bases cerámicas y los conos interiores de hormigón armado (Proyecto Educativo Dieste, 2015^{hh}); (b) detalle de los planos (*ibidem*).

^{hh} Recuperado el 20 de marzo de 2021 de <https://diesteedu.wixsite.com/proyectedieste/bases-para-silos-rausa?lightbox=dataItem-ieov4nkz>

2.6. Estructuras laminares de piso

Sostener cargas fijas o móviles. Es decir, pontear o establecer una plataforma que permita el paso de personas, vehículos, etc. Son de una parte, los pisos de los edificios, y de otra, los puentes, viaductos, pasarelas, etc. (Torroja, 2000, p. 2)

Las estructuras laminares de piso eran elementos planos, continuos y prefabricados. Semejantes a las losetas estudiadas en las láminas planas de cubiertas, lo común era que las losetas se prefabricasen cercanas al lugar de su colocación, disponiéndose los ladrillos a tabla, con las sogas siguiendo la longitud de la loseta, variando esta entre los 3 m a los 4,9 m aproximadamente y con tres tizones de ancho, dejándose embebidas en las juntas de mortero de cemento las barras de acero que variaban sus diámetros en función de su posición

Las losetas se apoyaban sobre los dos lados paralelos y opuestos de la sala a cubrir, dejando sus laterales para unirse a otras losetas prefabricadas igual que ellas. Estas juntas se armaban y hormigonaban in situ, trabajando el conjunto como una placa, en una dirección, calculándose su armadura a flexión. Las soluciones planteadas fueron:

- Forjado formado por una capa de losetas de ladrillo (Imágenes II.2.63.a y II.2.64).
- Forjado formado por dos capas de materiales, iguales o diferentes, unidos entre sí por una capa de mortero armado (Imágenes II.2.63.b y II.2.63.c).

Las imágenes siguientes se corresponden a soluciones para pisos, dibujadas según indicaciones personales de Dieste en 1994:

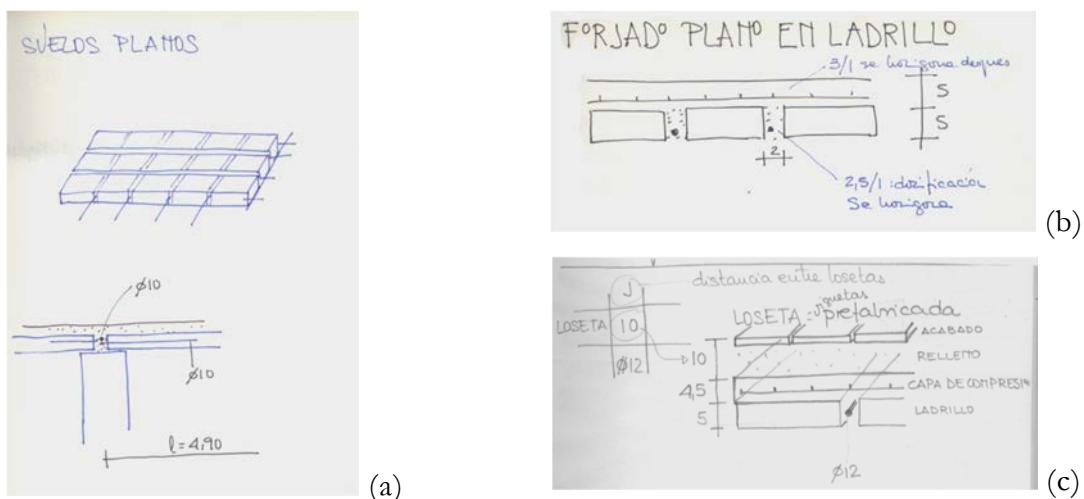


Imagen II.2.63.
Soluciones de pisos. Documentación propia.

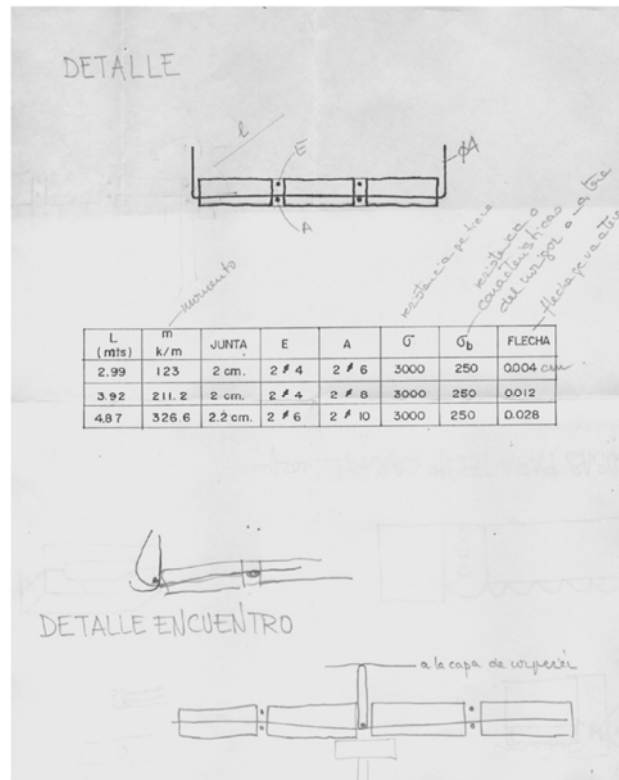


Imagen II.2.64.

Documentación facilitada por Dieste en el viaje a Uruguay en 1994. El titulado detalle encuentro está realizado por el ingeniero para explicar el procedimiento constructivo entre dos losetas.

2.7. Otras estructuras laminares planas

La idea equivocada de que la ingeniería es únicamente la aplicación racional de la ciencia no solo nos aleja de la realidad del Arte Estructural, sino que oculta el papel creativo que juega la competencia en el hecho constructivo. (Billington, 2013, p. 255)

Son estructuras laminares planas, prefabricadas, de pequeñas dimensiones, con funciones secundarias dentro de una edificación.

Las principales son:

- Elementos que trabajan en voladizo (Imágenes II.2.65 y II.2.66).
- Otros elementos planos (Imagen II.2.67).

2.7.1. Elementos que trabajan en voladizo

Utilizando el mismo procedimiento constructivo que las losetas de los pisos, ideó los peldaños de las escaleras y las marquesinas, trabajando ambos elementos como piezas en voladizo.

2.7.1.1. Peldaño de escalera

Se tratan de elementos de dimensiones 65,5 cm de largo, 25,5 cm de ancho y 9,5 cm de ancho, empotrándose parte de él en el muro. Están formados por dos láminas superpuestas de ladrillos puestos a tabla, unidas por una capa de mortero, armándose las juntas entre ladrillos y entre laminas, con armaduras en espera para anclar en los machones (Imagen II.2.65).

Generalmente los peldaños forman parte de una entidad superior como son los campanarios, sirviendo para aumentar la rigidez de estas torres.



Imagen II.2.65.

Escalones del campanario de la iglesia Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes en Atlántida, Dpto. de Canelones, 1958–1960. Fotos de la autora

2.7.1.2. Marquesinas

El ejemplo seleccionado es el de la casa Acosta y Lara⁹ en Montevideo, 1962, donde se muestra como la solución construida es similar a los peldaños.

De la Imagen II.2.69. se observa que lo proyectado difiere de lo ejecutado. Lo diseñado es una lámina de 94,5 cm de ancho, realizada como una lámina de ladrillos, donde

PARTE II.2. Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales

su armado se ha realizado juntamente con el muro y el forjado de la vivienda. La marquesina se termina con una capa de mortero con pendiente para evacuar el agua de lluvia. Lo construido es una loseta prefabricada, con 52,5 cm de ancho, construida con dos láminas de ladrillo y una capa de mortero entre ambas, entendiéndose que el encuentro con el paramento de fachada se realiza a través del armado de las juntas transversales que se prolongan en el muro.

Esta solución, con una puesta en obra más fácil, fue la elegida para realizar las marquesinas de los edificios.

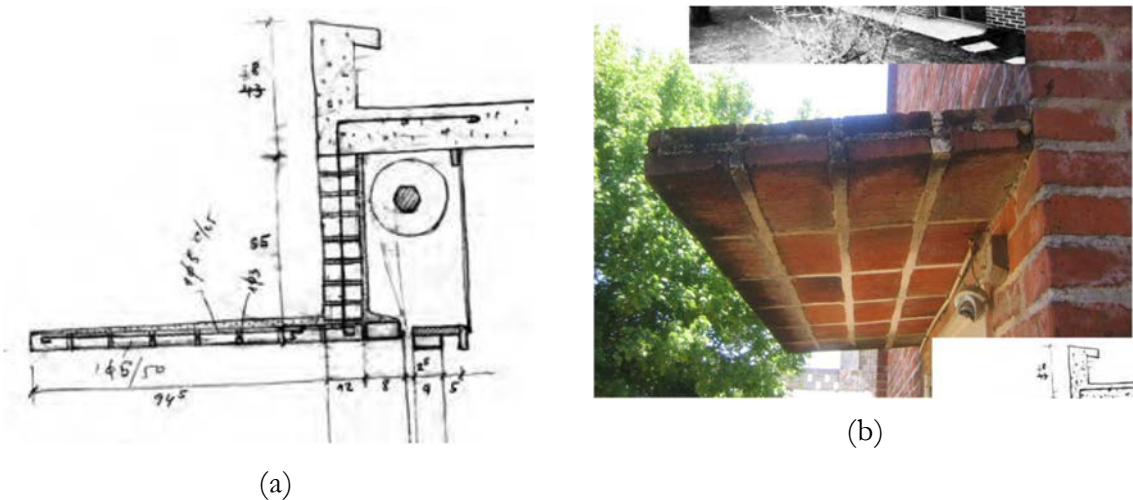


Imagen II.2.66.

casa Acosta y Lara, Montevideo, 1962. Las imágenes corresponden a: (a) Croquis (Giovannardi, 2017, p. 129); (b) detalle ya construido de una marquesina (*ibidem*).

2.7.2. Otros elementos planos

Quizá el elemento con una componente más escultórica que estructural sea el rosetón de la *iglesia de san Pedro* en Durazno, 1971, formado por cinco hexágonos irregulares, cada uno de sus lados es una loseta prefabricada, construida por una capa de ladrillo macizo, armándose las juntas y dejando embebido en las aristas, donde se iban a realizar los pliegues, piezas angulares de hierro.

El hexágono central llevaba incorporado un marco metálico de esta misma forma situado en la junta, soldándose a él unas barras rectas de hierro, a modo de *rayos*, que también se iban soldando a los angulares situados en las aristas de las losetas, y que finalmente se anclaban a la pared (Imagen II.2.67). Como esta pared no tenía capacidad

mecánica suficiente para que todo el rosetón se colgase, la zona baja estaba apoyada, trabajando a compresión, y la parte alta colgada, trabajando a tracción (Jiménez, 1996).



Imagen II.2.67.

Iglesia de san Pedro en Durazno, 1971. Las imágenes corresponden a: (a) alzado (adaptado Nómada, 2018ⁱⁱ); (b) imagen del rosetón (Proyecto Educativo Dieste, 2015ⁱⁱ).

2.8. Estructuras para torres

TORRES CALADAS: Su cálculo es un ejemplo de lo que ha sido siempre nuestro criterio: ver sintéticamente el modo global de trabajo de cada estructura y diseñarla coherentemente con esa visión global. (Dieste en Carbonell, 1987, p. 206)

Las torres como elementos singulares en altura, destinadas a cumplir diferentes funciones, son otro ejemplo en donde la forma y la estructura forman una unidad.

Generalmente estaban construidas como delgadas láminas, de medio pie de espesor, discontinuas o continuas, variando las alturas y los diámetros, identificándose los siguientes usos:

- Tanques de agua (Imagen II.2.68.a).
- Campanarios (Imagen II.2.68.b).
- Torres de comunicación (Imagen II.2.68.c).
- Torre-escalera (Imagen II.2.71).

ⁱⁱ Recuperado el 20 de marzo de 2021 de <https://nomada.uy/guide/view/attractions/3933>

ⁱⁱ Recuperado el 20 de marzo de 2021 de <https://diesteedu.wixsite.com/proyectediestede/iglesia-de-san-pedro?lightbox=dataItem-iehn7oe1>



(a)

(b)

(c)

Imagen II.2.68.

Las imágenes corresponden a: (a) tanque de agua (Beaudouin, 2013b); (b) campanario de la iglesia en Atlántida⁴, Dpto. de Canelones, 1958–1960. Foto de la autora, original en color; (c) torre de comunicación para televisión (Jiménez, 1996, p. 213).

Las torres de agua se han descrito en el apartado de estructuras de contención, dado que se proyectaron para cumplir tal función, pero es interesante referenciarlas en este apartado pues también pertenecen a esta tipología y porque la primera torre campanario realizada, en la iglesia de Atlántida⁴, es sucesora de ellas.

2.8.1. Campanarios

Un campanario se hace desde luego para sostener las campanas, pero también para que suban los novios un domingo a descubrir el paisaje, para que los niños jugando en él, revivan historias de tiempos lejanos que duermen dentro de cada uno de nosotros, para medir el espacio, sobre todo cuando en cada nueva primavera lo rodean las golondrinas como flechas vivas (Dieste en Jiménez, 1996, p. 160).

Dieste cuando construye *iglesia Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes* en Atlántida, Dpto. de Canelones, 1958–1960., estaba especializado, como ya se ha indicado, en bóvedas, cimentaciones, y también en tanques elevados de agua.

Los primeros torres–tanques fueron elementos sólidos, pensados para soportar el peso del agua, por lo que cuando idea el campanario lo hace como un cilindro denso y muy

PARTE II.2. Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales

alto para quitarle pesadez. Cuando lo calcula, se da cuenta que como no debía soportar cargas adicionales, podía aligerar el cierre, dejando huecos en la fábrica, reduciendo la altura, permitiendo estos cambios mejorar su comportamiento frente al viento. El resultado final dio lugar a una lámina cilíndrica, calada, con diámetro de 2,84 m y una altura de 15 m, constituyendo su estructura y su forma una unidad, siendo su cimentación una zapata corrida circular de 30 cm de espesor y 1,2 m de profundidad (Caraballo, 2017).

La torre está compuesta por catorce machones de pie y medio de longitud y un pie de ancho, unidos por los escalones cada dos alturas, es decir, un peldaño ata las pilastras y el otro peldaño forma parte del machón, y así sucesivamente, por lo que, al coincidir el atado con cada dos escalones, origina que las perforaciones se distribuyan en la lámina de cierre formando una espiral (Imagen II.2.69).



(a)



(b)

Imagen II.2.69.

la iglesia Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes en Atlántida, Dpto. de Canelones, 1958–1960. Las imágenes corresponden a: (a) detalle de la disposición de los escalones. Foto de la autora; (b) vista interior, hacia el campanario. Foto de la autora.

Para el cálculo del campanario se tuvo en cuenta el peso propio del cerramiento, con sus escalones, la fuerza del viento –calculada sobre la sección sólida del fuste– y la torsión (Caraballo, 2017).

Los escalones se prefabricaron en la misma obra, dejando las barras de acero con la largura necesaria para que se anclaran a los machones. Los machones arrancaban y según

iban ascendiendo se iban colocando los escalones y los atados, de manera que cuando se llegó a la parte superior la torre estaba completamente terminada.

No se necesitó andamiajes, las plataformas de trabajo se sujetaban en los machones, trabajando desde dentro del campanario.

La coronación se planteó como un gran ventanal, en frente principal, suprimiéndose para ello cuatro machones, y hacia la parte posterior se interrumpió sólo de los machones colocándose aquí la campana.

El techo del campanario se cerró con un cono de piezas prefabricadas realizadas a pie de obra, al igual que los escalones, descansando en una viga-dintel formada por cuatro hileras de ladrillos armados.

2.8.2. Torre de comunicación para televisión

La *torre de comunicación para Telesistemas uruguayos* en el Dpto. de Maldonado, 1985–1986 (Imagen II.2.70), recoge la misma solución que las torres de los tanques de agua, y por extensión la de los campanarios.

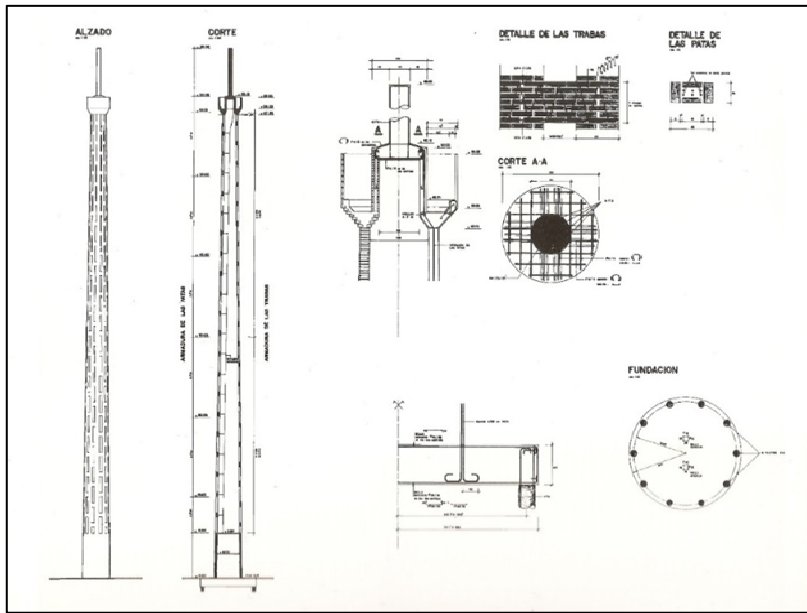
Debido a la gran altura que debía de tener, se ejecuta con forma troncocónica, calada, consiguiéndose menor peso, mejor comportamiento al viento, mayor rigidez y formalmente era una lanza dirigida al cielo.

Tiene un diámetro de 3,5 m en la base y 66 m de altura, de los que los 6 m últimos se corresponden al mástil para las antenas, macizándose la lámina en la parte baja del cerramiento por necesidades funciones de la cadena de televisión.

La torre está compuesta por diez machones mixtos (cerámica-hormigón) de dimensiones 52 cm de longitud y 25 cm de anchura, en donde el núcleo es de hormigón amado, de dimensiones 28 cm x 15 cm, revestidos por ladrillo. Las perforaciones se van situando según una espiral para dar mayor dinamismo al conjunto, decreciendo su anchura según se va ascendiendo para acoplarse a la forma troncocónica de la torre. La unión entre los machones se realiza a través de unas trabas, formadas por siete hiladas de ladrillo armado a flexión y a cortantes. La cimentación se realizó por pilotes.

El acceso a la coronación se realiza a través de una escalera fija de pates, que se sujeta a los machones, recorriendo todo el eje longitudinal de la torre.

Al igual que el resto de las torres no se necesitó andamiajes, las plataformas de trabajo se sujetaban en los machones, trabajando desde dentro.



(a)



(b)

Imagen II.2.70.

Torre de comunicaciones para Telesistemas uruguayos, Dpto. de Maldonado, 1985–1986.

Las imágenes corresponden a: (a) Plano con alzado, sección y detalles constructivos (Jiménez, 1996, p. 214); (b) vista interior (Medios Audiovisuales, 2021^{kk}).

2.8.3. Torre–escalera

La torre–escalera de la *Planta Piloto de Química Fina*, en el Campus Universitario de Alcalá, Madrid, se realizó para acceder a la planta de cubiertas desde uno de los patios–jardín que tiene el edificio (Imagen II_2.71).

Proyectada con forma circular y utilizándose el mismo ladrillo con el que estaban hechas las fachadas, cuando se le explicó a Dieste cuál era la idea se ofreció como calculista.

El diámetro en planta es 2,1 m, y la altura de 8,2 m, compuesta por diez machones de pie y medio de longitud y un pie de ancho, unidos entre sí por trabas de ladrillo, o por los escalones, que se realizaron como elementos prefabricados, estando formados por dos láminas de ladrillos colocados de plano, separados por una capa de mortero, armándose las juntas, la capa intermedia de mortero, y dejando las esperas necesarias para que se empotrara en los machones, colocándoles según se levantaba el muro de cierre (Imagen II.2.74).

^{kk} Recuperado el 20 de marzo de 2021 de http://www.fadu.edu.uy/eladio-dieste/wp-content/blogs.dir/258/files/torre-de-telecomunicaciones/23_01-Torre-TV.jpg

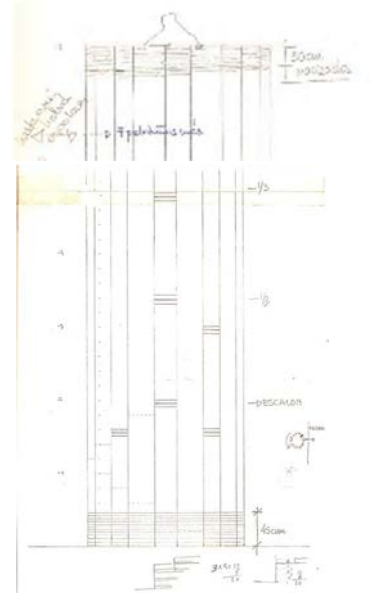
PARTE II.2. Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales



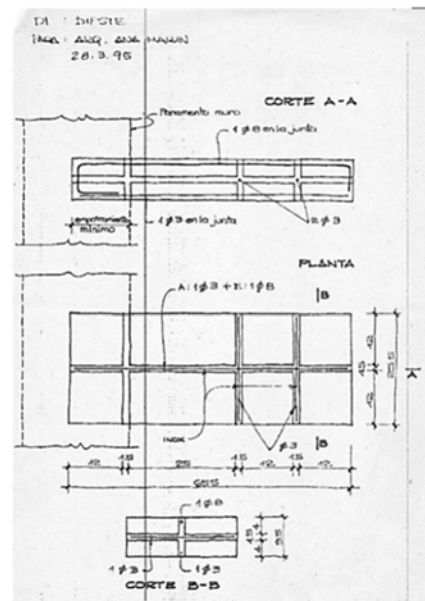
(a)



(b)



(c)



(d)

Imagen II_2.71.

La torre-escalera de acceso a la cubierta, en el primer patio del edificio de la Planta Piloto de Química Fina. Se realizó entre abril y junio de 1995. Fotos de la autora. Las imágenes corresponden a: (a) vista general exterior; (b) vista desde el interior. Fotos de la autora; (c) croquis de la autora del alzado; (d) detalle constructivo de un escalón realizado por Dieste para la torre-escalera (Marín, 2015, p.991).

2.9. Tabla resumen tipologías

La siguiente Tabla 4 analiza de forma sintética la tipología y morfología de las soluciones estructurales desarrolladas por el ingeniero. A igual que las anteriores Tablas 1, 2, y 3, es un documento abierto en el que se podrán seguir incorporando datos.

2.10. Conclusiones

La obra de Dieste se caracteriza por la búsqueda de la forma más eficiente y elegante para que el material cerámico trabaje básicamente a compresión.

Para singularizar cada obra se sirve de un elemento estructural impactante visualmente, identificándose a la construcción por su estructura. Ejemplos de ello es la iglesia de san Pedro en Durazno por la utilización de láminas plegadas, la iglesia de Cristo Obrero en Atlántida por su paredes onduladas con el máximo vuelo de onda a nivel de la coronación, el Montevideo Shopping Center de Montevideo por su paredes onduladas con el máximo vuelo de onda a mitad de la altura del edificio, el depósito del puerto de Montevideo por sus cubiertas onduladas (bóvedas gausas discontinuas) o la estación Barbieri y Leggire por parecer una gaviota (bóvedas autoportantes de doble volado con un solo pilar central). Esta utilización simbólica de la estructura además de caracterizarla provoca un fuerte contraste en su entorno.

Utiliza superficies laminares suaves, lisas, continuas y sin nervaduras, mostrando la textura desnuda del ladrillo sin tratamiento y los reducidos espesores con los que estaban realizadas a través de sus bordes.

Fue con las bóvedas gausas y las bóvedas autoportantes de doble volado con las que realizo sus propuestas más atrevidas estructuralmente. El idearlas al comienzo de su carrera, y no como resultado de un arduo aprendizaje, muestran su gran capacidad inventiva.

No utilizó maquetas, sino que considero las estructuras ya realizadas como modelos a tamaño natural. En ellas tomaba las medidas necesarias, para seguir desarrollando sus formas.

Creó espacio arquitectónico repitiendo un mismo elemento estructural de cubierta en una edificación, como con la bóveda gausa discontinua en el Pabellón de comerciantes de CEASA-RS, la bóveda gausa continua en la iglesia de Cristo Obrero en Atlántida, o las bóvedas autoportantes en las escuelas rurales del Plan Gallinal.

Notas

¹ «Es más aceptado llamar autoportantes a las estructuras laminares que trabajan transfiriendo la carga a los apoyos en dos direcciones, qué es lo que también sucede con las que aquí estudiamos» (Dieste, 1985c, p. 11).

² Datos obtenidos del artículo escrito por Dieste en la Revista de Ingeniería de Montevideo en 1947, publicado como apéndice documental en el artículo *La bóveda tabicada y el nacimiento de la cerámica armada* de J. Tomlow (2001).

³ Como estas bóvedas siguen necesitando vigas de borde y tensores no eran autoportantes: «Al necesitar la viga {de borde}, la cáscara no es autoportante. No lo es como membrana pero la intuición, la experiencia y el análisis [...], muestran que, con espesores del mismo orden que los de las cáscaras clásicas, pueden construirse [las denominadas cáscaras autoportantes de directriz catenaria sin tímpanos]» (Dieste, 1985c, p. 12).

⁴ Iglesia Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes en Atlántida, Dpto. de Canelones, 1958–1960, comúnmente llamada iglesia de Atlántida

⁵ El oratorio del Colegio La Mennais en Montevideo, 1960–1963 es una obra conjunta de los ingenieros Dieste & Montañez con los arquitectos Carlos Clémot y Justino Serralta.

⁶ Dimensiones: 33,20 m x 16,58 m (Caraballo, 2017)

⁷ Basada en los planos inacabados de la iglesia de Nuestra Señora de Lourdes en Malvín, Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1965–1968.

⁸ La altura prevista para la iglesia de Nuestra Señora de Lourdes en Malvín, Montevideo, Dpto. de Montevideo, 1965–1968, según cita de Eladio Dieste publicada en el libro de Bonta hubiera sido de 26 m (Bonta, 1963, p. 39).

⁹ La casa del ingeniero Horacio Acosta y Lara fue proyectada por Serralta y Clémot. Dieste durante la obra propuso el cambio de que esta losa diseñada originalmente en hormigón armado se realizase en cerámica armada.

Parte III. Análisis comparativo entre tecnologías coetáneas

1. Bóvedas tabicadas y bóvedas en cerámica armada



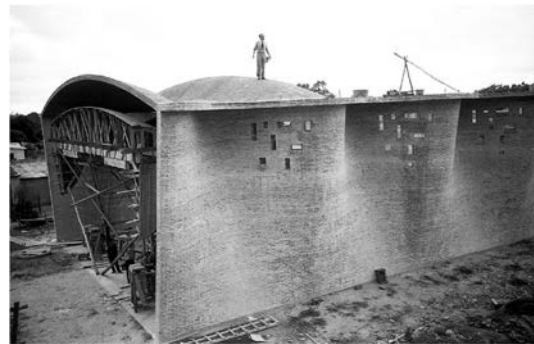
(a)



(b)



(c)



(d)

Las imágenes (a) y (b) corresponden a la *Biblioteca pública de Boston*, 1889–1990, de McKim, Mead & White, arquitectos: (a) construcción de bóvedas tabicadas sobre el vestíbulo de entrada (Boston Public Library (1), 2006¹); (b) bóvedas con sus contrafuertes en el vestíbulo de entrada (Boston Public Library (2), 2006²).

Las imágenes (c) y (d) corresponden a obras realizadas por el ingeniero Eladio Dieste: (c) construcción de bóvedas gausas discontinuas (Anderson, 2004a, p.201); (d) construcción de las bóvedas en la iglesia Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes en Atlántida, Dpto. de Canelones, 1958–1960 Sobre una de las bóvedas el ingeniero Eladio Dieste (Caraballo, 2017, p. 100).

¹ Recuperado el día 24 de mayo de 2021 de https://www.flickr.com/photos/boston_public_library/2387506345/in/photostream/

² Recuperado el día 24 de mayo de 2021 de https://www.flickr.com/photos/boston_public_library/2387528845/in/photostream/

1. Bóvedas tabicadas y bóvedas en cerámica armada

1.1. Introducción

La confusión que aún en la actualidad se sigue produciendo entre las bóvedas realizadas en cerámica armada, por el ingeniero Eladio Dieste, con las bóvedas tabicadas o a la catalana¹, procede en gran parte de la inercia provocada por aquellas primeras publicaciones sobre la *casa Berlingieri*, Punta Ballena, 1947, en las que se explica que lo allí realizado eran bóvedas a la catalana, aceptándose esto tal cual porque en nuestra cultura mediterránea mencionar una bóveda delgada de ladrillo puesto de plano conlleva, casi inevitablemente, evocar a las bóvedas tabicadas.

Se entiende que el panorama cultural hasta ahora no le ha podido ser más adverso a la cerámica armada ante todo por su falta de proyección, pues hasta hace sólo algo más de una década tanto la figura, como la obra de Dieste no han despertado mayor aliciente.

La valorización de su trabajo se consigue a partir del año 2010 cuando Uruguay inscribe la *Obra del Ingeniero Eladio Dieste* en la Lista Indicativa de la Convención del Patrimonio Mundial de la Unesco. Esta acción conllevó que se realizara un inventario de su producción, conociéndose entonces su verdadero alcance.

Otra actuación fue declarar Monumento Histórico Nacional² a las obras que iban a formar parte de la Lista Indicativa, estando entre ellas la casa Berlingieri.

Sobre cómo se ejecutaron las cubiertas de esta casa hay valoraciones contrapuestas, estando las que señalan que lo aquí ejecutado son bóvedas a la catalana, incluyendo las de Antonio Bonet, arquitecto autor del proyecto, y las que indican que se ejecutaron con cerámica armada, determinación iniciada por el ingeniero Eladio Dieste, que fue el calculista de las bóvedas. Es por ello por lo que resulta importante estudiar lo realizado en esta casa y sus antecedentes, para establecer el inicio de la cerámica armada.

Para ello se expondrá básicamente, pues no es objeto de esta tesis doctoral entrar en otros tipos de estudios que no atañan al hilo conductor de cómo fue la producción de esta vivienda, los principios generales de la tecnología de las bóvedas tabicadas y compararla con la cerámica armada.

Para ello se va a tomar como punto de partida diversas actuaciones realizadas por Rafael Guastavino y Rafael Guastavino Expósito, por ser máximos exponentes de la tecnología tabicada. Se seguirá con los acercamientos a esta técnica por parte de Le Corbusier, y la influencia que este ejerció sobre Antonio Bonet.

1.2. Las bóvedas tabicadas y Rafael Guastavino

Rafael Guastavino Moreno (1842–1908) dividía las construcciones de fábrica en dos tipos:

- la construcción mecánica o por gravedad basándose en «la resistencia de cualquier sólido a la acción de la gravedad cuando es contrarrestado por otro sólido» (Huerta, 2006, p. 25). En este caso no se tiene en cuenta el poder cohesivo del mortero entre las piezas, pudiéndose separar todos los elementos, reutilizándolos en otras construcciones, siendo ejemplos las bóvedas con ladrillos puestos a sardinel, las bóvedas de dovelas o las de una sola capa con ladrillos sentados de plano (Imagen III.1.1.a),
- la construcción cohesiva o por asimilación de distintos materiales que, «por una transformación más o menos rápida, imitan el proceso de formación de conglomerados en la Naturaleza» (*ibidem*, p. 25), no pudiéndose separar los componentes sin destruir la integridad de la masa y por tanto no reutilizables (Imagen III.1.1 b).

En la Imagen III.1.1 se exponen dos arcos, el de la izquierda, (a), se corresponde con una bóveda tabicada de una hoja en la que solo hay una junta vertical, y en la que por muy bueno que fuera el mortero, las piezas estarían trabajando como dovelas, perteneciendo entonces al sistema por gravedad. El de la derecha, (b), sobre la primera hoja de ladrillos se dispone una segunda hoja también de ladrillos, pero sin que coincidan las juntas, y colocando entre ambas hojas una capa de mortero para que cuando éste fragüe las una íntimamente, pudiendo resistir momentos flectores (Huerta, 2006).

PARTE III. 1. Bóvedas tabicadas y bóvedas en cerámica armada

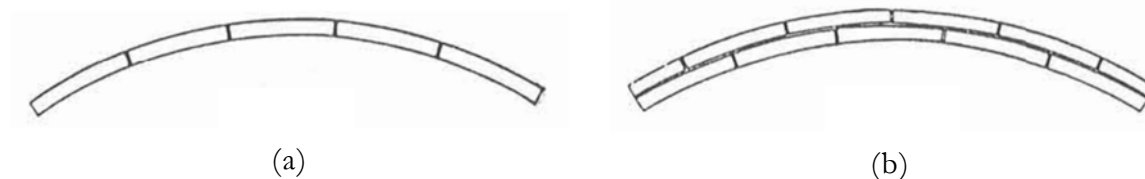


Imagen III.1.1.

Comparación entre: (a) un arco mecánico y (b) un arco cohesivo (Huerta, 2006, p. xxxii).

Las bóvedas tabicadas podían estar formadas por una sola capa llamada *sencillado*, realizada por piezas cerámicas, ligeras³, de pequeño tamaño, poco grosor, rectangulares, colocadas de plano, tomados sus cantos con yeso o cemento rápido⁴, previo humedecido de la pieza, con el fin de que no absorbiera el agua de la pasta y para no aumentar mucho su peso pues, la curvatura de la bóveda, que se hacía sin cimbra, se debía a la capacidad del albañil que sujetaba la pieza con la mano y a la adhesión de la pasta.

A veces, para controlar la geometría de la bóveda, o si esta era de grandes dimensiones, o se quería obtener una ejecución esmerada, se utilizaba una cercha ligera denominada *camón* o *cintrero*⁵ (Imagen a, página 279), realizada con madera, que se iba desplazando por hiladas.

Una vez realizado el sencillado, este servía como cimbra para el resto de las otras capas que se colocaban sobre ella. A estas otras capas, se las denominaba *doblados*.

En los doblados se podían utilizar piezas de mayor espesor, saturándolas de agua antes de recibir las con cemento o cal, siendo esencial que las juntas de las piezas entre las diferentes capas no coincidieran entre sí, desplazándose unas con otras (Imágenes III.1.2.b, III.1.3.a, y III.1.4), colocando mortero de fraguado rápido entre las diferentes láminas de ladrillos (Truñó, 2004). El espesor final del conjunto de todas las láminas estaba sobre los 7 cm si las bóvedas eran de tres capas, y 10 u 11 cm si eran de cuatro.

Lo normal es que el aparejo del sencillado se realizase por arcos, con el lado largo de la rasilla colocada en el sentido de la directriz o perpendicular a ella, con o sin continuidad de las juntas, estando la elección del aparejo en función de si se utilizaba o no cercha, de que entrasen piezas enteras, o de si debía quedar visto el aparejo desde el intradós de la bóveda (Truñó, 2004).

La construcción de las bóvedas tabicadas generalmente crecía a partir de un muro de cabeza cerrándose en el muro opuesto, realizándose simultánea y escalonadamente las diferentes hojas que la componían (Huerta, 2001), siendo fundamental el adecuado posicionamiento del aparejo de las rasillas en cada una de las láminas para el correcto funcionamiento de la bóveda (Imagen III.1.3).

PARTE III. 1. Bóvedas tabicadas y bóvedas en cerámica armada

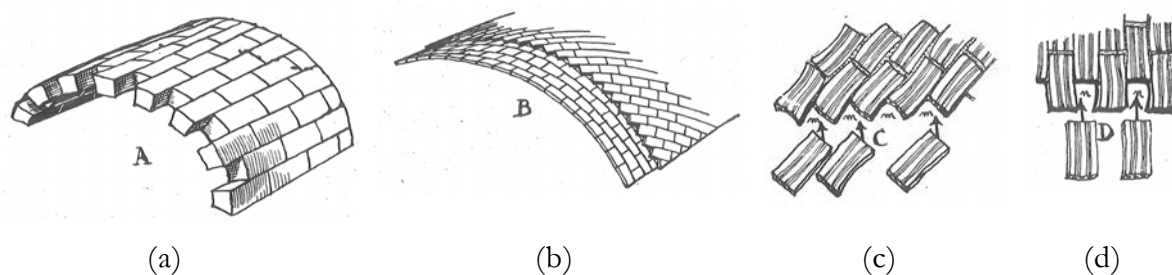


Imagen III.1.2.

Aparejos. Las imágenes corresponden a: (a) aparejo frecuente en bóvedas de piedra, en donde cada rebanada presenta un dentado en su cabeza con el fin de recibir las nuevas piezas; (b) aparejo para bóvedas de rasilla; (c) enjarje fácil para colocar las piezas; (d) enjarje difícil, lento y costoso, cuando las piezas no presentan uniformidad en sus formas y dimensiones. Desaconsejable utilizar este aparejo en la primera vuelta de las bóvedas de rasillas tomadas con yeso (Moya, 1947, p. 19).

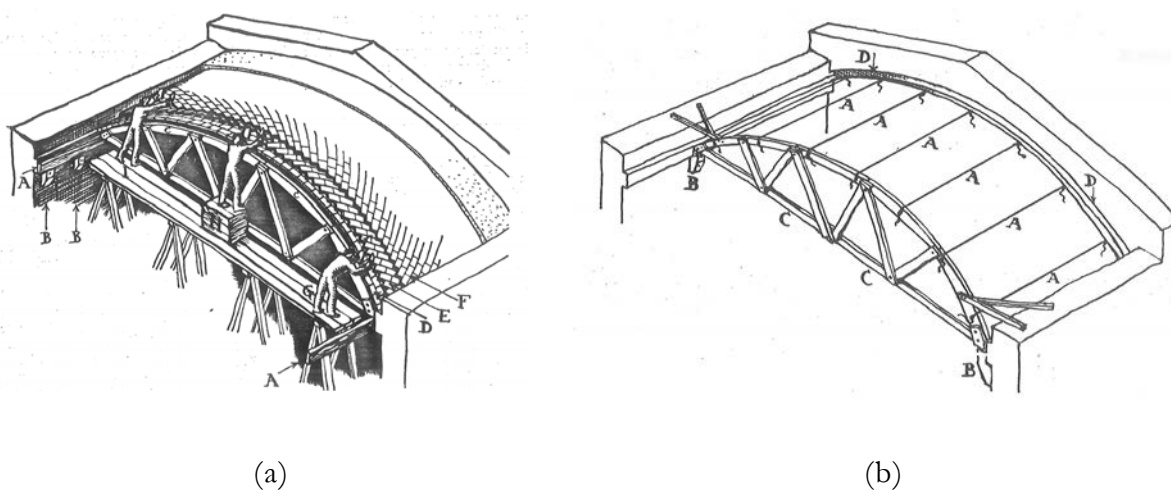


Imagen III.1.3.

Las imágenes corresponden a: (a) Pie de la imagen original: «Construcción de una bóveda cilíndrica empleando cercha corredera: AA: Tablones que sirven de carriles. BB: Egiones para apoyo de los carriles. CC: Cercha ligera. D: 1.^a vuelta, de rasilla (con yeso). E: 2.^a ídem íd. (con cemento). F: 3.^a ídem. Íd. (con cemento). G: Oficial de la cuadrilla que hace la 1.^a vuelta. H: Ídem íd. íd la 2.^a vuelta. I: Ídem íd. íd la 3.^a vuelta» (Moya 1947, p. 10); (b) Pie de la imagen original: «Preparación para construir una bóveda cilíndrica empleando cuerdas como guías. AAA: Cuerdas tensadas paralelas al eje del cilindro. BB: Egiones para apoyo de la cercha. CC: Cercha ligera en que se sujeta un cabo de cada cuerda. DD: Roza en el muro de testa, en cuyo borde inferior se sujeta el otro cabo de cada cuerda (...); las cuerdas molestan algo el trabajo.» (Moya, 1947, p. 11).

PARTE III. 1. Bóvedas tabicadas y bóvedas en cerámica armada

Todas las hojas, sencillado y doblados, se hacían al mismo tiempo (Imagen III.1.4), realizándose cada vuelta de rasilla por diferentes cuadrillas. El sencillado generalmente se realizaba con yeso, con una traba de difícil ejecución, los doblados se hacían con cemento, retrasándose unos sobre otros aproximadamente 60 cm, lo que correspondía con la longitud del brazo del albañil. A partir de la cuarta hoja si se empleaba un mortero de fraguado normal, se realizaba a la vez que el resto de las láminas, pero si era de fraguado lento era conveniente realizarla una vez que hubiesen fraguado completamente las primeras capas (Moya, 1947).

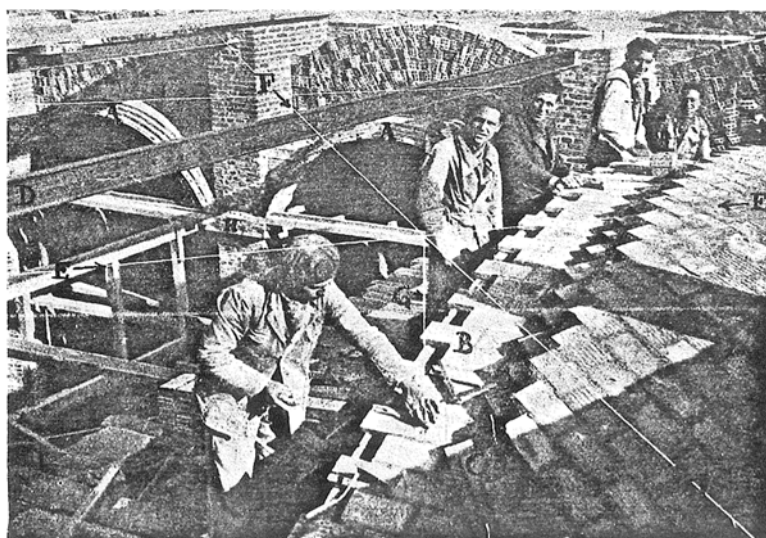


Imagen III.1.4.

Museo de América, Madrid, 1944, del arquitecto Luis Moya. Construcción de una bóveda de piso con lunetos para grandes cargas. Pie de la imagen original: «A: Arcos de los lunetos. B: 1.^a vuelta de rasilla con yeso, aparejada con una traba de difícil ejecución (...). G: Tres hojas de rasilla con cemento, hechas a continuación de la 1.^a, con un retraso de 0,60 metros como máximo. D: Tirantes de hierro que han de quedar encerrados encima de la bóveda. Están cada 4 metros. EE y FF: Cuerdas que señalan la posición de de (*sic*) los vértices de los lunetos junto con la plomada G, señalada a una longitud fija para indicar el nivel. También indican la dirección del aparejo, como se ve por la última hoja de rasilla. H: Hiladas en voladizo para apoyo de la bóveda. H: Cercha corredera.» (Moya, 1947, p. 16).

En la ejecución de las bóvedas tabicadas era fundamental la elección de los operarios. Cada cuadrilla debía estar formada por dos trabajadores que conocieran el proceso de su construcción. El albañil que construía la primera lámina tenía que ser un buen operario, pues era el que definía la forma, y si se hacía sin cimbra el que debía mantener a la rasilla en el aire hasta que endureciera la pasta, adaptando el aparejo a la

PARTE III. 1. Bóvedas tabicadas y bóvedas en cerámica armada

curvatura. El otro albañil era el encargado de amasar el mortero o la pasta controlando su fraguado, de untarlo de manera uniforme y equilibrada en los cantos de las rasillas, esparciendo también el mortero de entre los doblados.

Sobre la importancia de los albañiles se expresa de esta manera Ángel Truño (2004):

El albañil ha adquirido por tradición y por la práctica del oficio una serie de ideas y conocimientos, correctos unos, erróneos otros, los cuáles ayudando a su habilidad manual, le permiten construir con gran sencillez y seguridad toda clase de bóvedas. Ha observado que la efectividad del tabicado radica en la existencia de un mínimo de dos gruesos de rasilla o ladrillo y sólo admite bóvedas de un solo grueso (aún reforzadas con fajas por el extradós) cuando se trata de bóvedas sin función resistente. (p. 193)

Esta explicación sobre la figura del oficial de albañilería es muy interesante por la contribución activa en el tema de la estabilidad de este tipo de bóvedas, opinando e incluso tomando decisiones estructurales, alejándole de ser sólo un ejecutor de la puesta en obra.

El intradós de la bóveda que no se dejaba visto, se podía enlucir y pintar, pero si se dejaba visto había que estudiar el aparejo y seleccionar el material a fin de garantizar la calidad de la ejecución (Truño, 2004).

Las bóvedas tabicadas no solo se construyeron con yeso, cemento y ladrillo, sino que también el hierro, y posteriormente el acero participaron en ellas, como en la utilización de tirantes para contrarrestar el empuje de las bóvedas disminuyendo el espesor de los muros donde descansaban, y así no tener que disponer de contrafuertes o de gruesos muros (Imagen III.1.5).

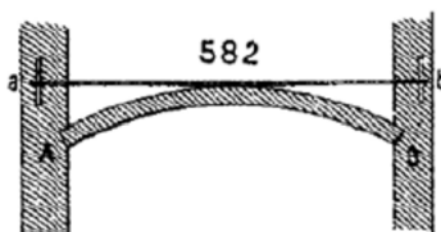


Imagen III.1.5.

Atirantamiento por el supradós de la bóveda para que no sea visto. Dibujo perteneciente al Manual de Construcción Civil de F. Ger y Lóbez, del año 1898, Lam. XIII (Redondo, 2013, p. 168).

PARTE III. 1. Bóvedas tabicadas y bóvedas en cerámica armada

También formando parte de un sistema mixto para realizar forjados ligeros y económicos, disponiéndose viguetas metálicas para que apoyasen sobre estas las bóvedas tabicadas (Imágenes III.1.6 y III.1.7).

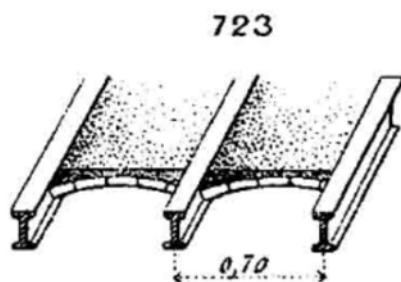


Imagen III.1.6.
Bóvedas tabicadas en combinación con viguetas de hierro para formar forjados. Dibujo perteneciente al Manual de Construcción Civil, Lam. XVII, de F. Ger y Lóbez, del año 1898, (Redondo, 2013, p. 168).



Imagen III.1.7.
Forjado tradicional en Cataluña de viguetas de hierro y revoltones de ladrillo tabicado. Las viguetas están separadas 70 cm entre sí. Dibujo perteneciente a *La volta de mahó de plá*, de Francesc Folguera, sobre el año 1915 (*ibidem*, p. 169).

A Rafael Guastavino Expósito (1873–1950), se le deben las primeras patentes con elementos metálicos incorporados dentro de la propia fábrica.

En 1910 patentó *Masonry structure No. 947.177* (Imagen III.1.8), un procedimiento consistente en disponer en la zona de la linterna y en el arranque de cúpulas y bóvedas, refuerzos metálicos colocados en el mortero de cemento de entre las diferentes hojas de ladrillos.

Hay que hacer hincapié que las armaduras metálicas en las grandes cúpulas iban situadas en las zonas donde aparecen tracciones y flexiones colocándolas, siguiendo los anillos y los meridianos, en las capas de mortero de entre ladrillos para no perder la cohesión de conjunto.

PARTE III. 1. Bóvedas tabicadas y bóvedas en cerámica armada

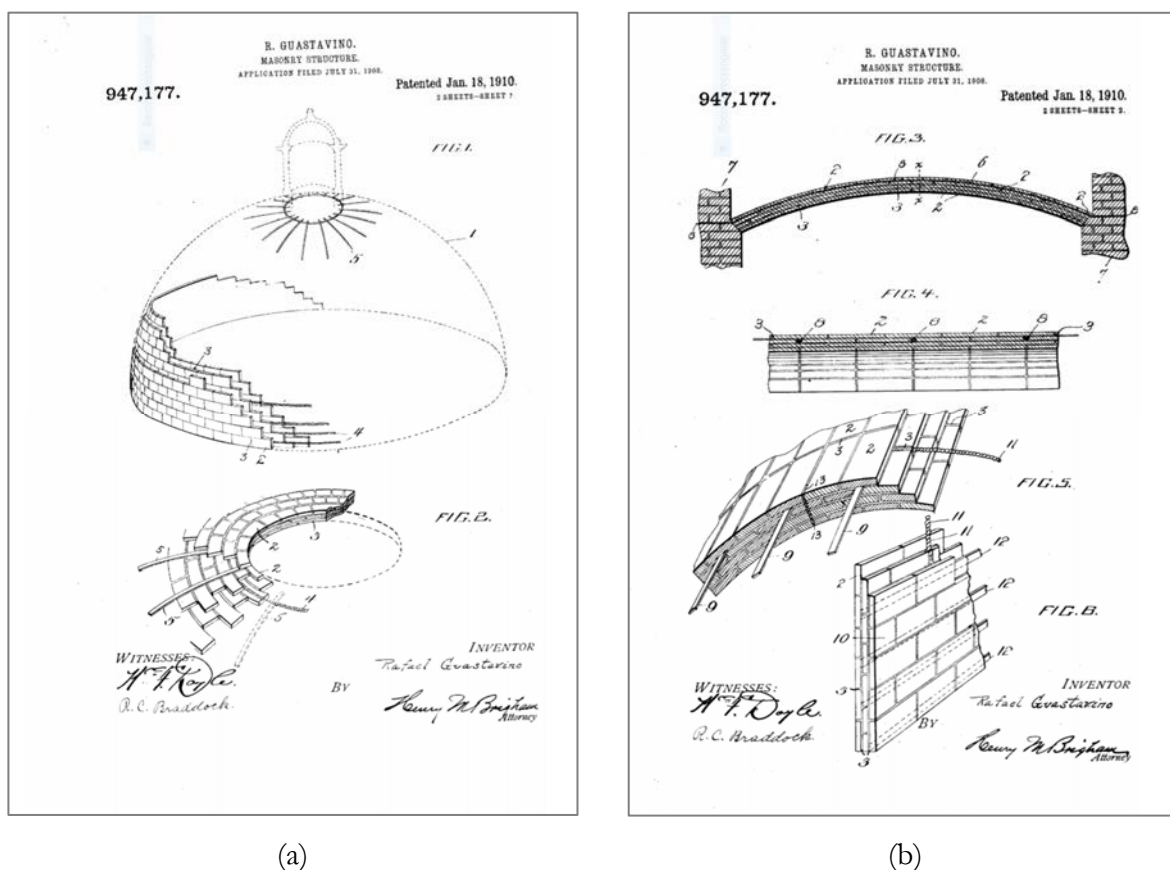


Imagen III.1.8.

Las imágenes (a) y (b) corresponden a dibujos de Rafael Guastavino Expósito para la *Patente No. 947.177: Masonry structure*. Solicitud presentada el 31 de julio de 1908, concesión de la patente el 18 de enero de 1910 (Google Patents, 2020³).

Las investigaciones sobre el reforzamiento de las fábricas con elementos metálicos por Guastavino continuaron, patentando en 1913 *Masonry structure No. 1052.142 177* (Imagen III.1.9), que era una mejora de la anterior.

Esta nueva patente estaba referida a estructuras de fábrica, enfocada para la construcción de puentes, arcos y cupulas que requirieran un máximo de resistencia con un mínimo espesor, aumentando la facilidad y economía en la construcción (*Google Patents Masonry structure No. 1052.142 177*).

En la documentación gráfica de la patente (Imagen III.1.9) se contempla: un elemento de arco formado por dos hojas, una de fábrica de ladrillo, compuesta a su vez

³ Recuperado el 23 de mayo de 2021 de <https://patents.google.com/patent/US947177A/en?q=Masonry+structure&q=E04B2002%2f8688&assignee=Rafael+Guastavino&patents=false>

PARTE III. 1. Bóvedas tabicadas y bóvedas en cerámica armada

por varias capas, y sobre ella otra capa de hormigón o mortero de cemento de gran espesor (Figuras 1 y 4 de la Imagen III.1.9).

El refuerzo metálico podía estar formado por un elemento con forma de cercha triangular (Figuras 2 y 3 de la Imagen III.1.9), o por unos perfiles en I (Figura 4), embebidos en las rasillas y en la capa de hormigón.

Con esto se conseguía que en condiciones normales las barras longitudinales que seguían la forma del arco trabajasen a compresión, y las que las unían, recogieran el esfuerzo a cortante. Cuando el arco estaba sometido a grandes tensiones, aparecerían tracciones que eran resistidas por el armado inferior mientras que el superior seguía trabajando a compresión (*Google Patents Masonry structure No. 1052.142 177*).

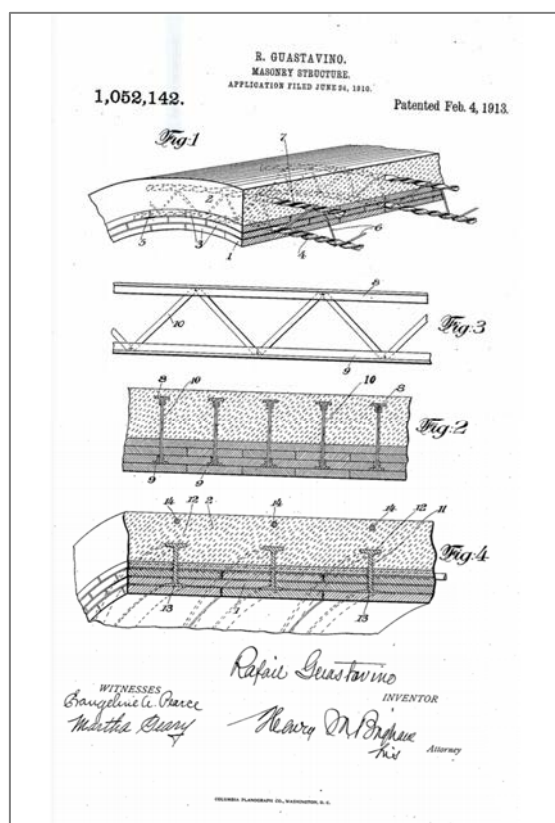


Imagen III.1.9.

Dibujos de Rafael Guastavino para la *Patente No. 1052.142: Masonry structure*. Solicitud presentada el 24 de junio de 1910, concesión de la patente el 4 de febrero de 1913 (*Google Patents, 2020⁴*).

^{4 4} Recuperado el 23 de mayo de 2021 de <https://patents.google.com/patent/US1052142A/en?q=Masonry+structure&assignee=Rafael+Guastavino&patents=false&coq=Rafael+Guastavino+Masonry+structure>

1.2.1. Bóveda tabicada cilíndrica

La bóveda tabicada cilíndrica ha sido muy utilizada por su economía, facilidad y rapidez constructiva. La curvatura según la relación flecha y luz varia, estando entre $1/5$ y $1/12$, recomendándose la forma de un arco de circunferencia de muy poca flecha o una curva parabólica de segundo o tercer grado (Moya, 1947). Dada que la directriz era fija se recomendaba que la cercha, colocada en las directrices, fuera de madera, ligera, indeformable y suficientemente resistente para apoyar un arco completo de rasillas, siendo su utilidad la de acelerar el ritmo de la construcción y además conseguir la forma exacta de la bóveda.

En la cercha solo se apoyaban las rasillas, debiendo ser completamente independiente de los medios auxiliares que los albañiles utilizaban para sustentarse tanto ellos como los materiales, pues cualquier deformación que se produjese en las cerchas afectaría a la forma de las bóvedas.

La cercha se desplazaba una vez realizados todos los gruesos que constituían el arco de la bóveda, apoyándose en unas rozas de arranque que se realizaban en los elementos perimetrales (siguiendo las generatrices de apoyo), bien directamente o utilizando cuñas, con poca entrega para facilitar el descimbramiento del arco (Truñó, 2004).

Los elementos perimetrales tenían que estar perfectamente dispuestos para contrarrestar los empujes de las bóvedas, sirviendo el testero como partida para la ejecución de la bóveda, marcándose en él sólo la forma, sin necesidad de abrir roza alguna, y si el testero no existía en la construcción, se realizaba un tabique provisional (Truñó, 2004).

El adecuado posicionamiento del aparejo de las rasillas en cada una de las láminas que constituían la bóveda cilíndrica era fundamental para su correcto funcionamiento, siendo corriente que los arcos se formasen con rasilla según la máxima longitud en el sentido perpendicular a la directriz, o bien en el sentido de esta, presentando en ambos casos continuidad de juntas en ambas direcciones. También era muy importante que entrasen piezas enteras por lo que o se variaba la curvatura de la bóveda, o se arrancaba con piezas enteras dejándose en la clave de la generatriz el corte de las piezas (Truñó, 2004).

1.3. Las bóvedas y Le Corbusier

Charles-Édouard Jeanneret (1887-1965), más conocido como Le Corbusier, vino a Madrid en 1928 invitado por la entidad *Cursos y conferencias* para dar dos conferencias en la Residencia de Estudiantes: *Arquitectura, mobiliario y obras de arte* y *Una casa, un palacio*, trasladándose posteriormente a Barcelona, por petición de un entusiasta estudiante

PARTE III. 1. Bóvedas tabicadas y bóvedas en cerámica armada

llamado Josep Lluís Sert, de la Asociación de Estudiantes, impartiendo las dos mismas conferencias anteriores.

Cuando visita Barcelona y descubre las *escuelas de la Sagrada Familia* a los pies del templo que les da nombre (Imagen III.1.10.a), el sentimiento de hallazgo es de tal intensidad que marcará su producción arquitectónica posterior, pues se encontró con una cubierta única, ejecutada con materiales naturales, y en donde la forma se aliaba con la estructura.



(a)



(b)

Imagen III.1.10.

Escuelas de la Sagrada Familia, Barcelona, 1909. Las imágenes corresponden a: (a) relación de las escuelas con el templo Expiatorio de la Sagrada Familia (Fotos antiguas, 2014⁵); (b) vista general de las escuelas (*ibidem*).

La cubierta ondulada estaba construida como una bóveda tabicada de varias hojas, compuesta por un conjunto de conoides contrapuestos, unidos entre sí en la línea recta dispuesta sobre el eje central de la edificación (Imagen III.1.10.b), materializándose por el intradós en una viga metálica que apoyaba en tres pilares (Imagen III.1.11).

⁵ Recuperado el día 24 de mayo de 2021 de <http://viejas-fotos.blogspot.com/2014/11/las-escuelas-de-la-sagrada-familia.html>

PARTE III. 1. Bóvedas tabicadas y bóvedas en cerámica armada

Las generatrices rectas de los conoides se realizaron con tablones de madera, apoyándose en la viga central –directriz horizontal– y en las fachadas longitudinales directrices curvas– (Imagen III.1.11).

Las paredes estaban construidas como un tabique doblado, colocando el ladrillo (29 x 14 x 4 cm) verticalmente, mostrando su tabla, adheridos entre si mediante una capa de mortero, 1 cm, por lo que el espesor total de fachada era de 9 cm, los dos gruesos de ladrillo más el espesor de la capa de mortero intermedia (Adell y García, 2005).



Imagen III.1.11.

Escuelas de la Sagrada Familia, Barcelona, 1909. Las imágenes corresponden a: (a) vista interior (Fotos antiguas, 2014⁶); (b) estructura de la cubierta (*ibidem*).

Lo que dibuja Le Corbusier de la edificación en una página de su cuaderno de viaje, el C11, es una potente cubierta, resuelta como una lámina continua, ondulante, en donde la geometría también es protagonista, con una viga central de apoyo. Lo que no dibuja es la pared ondulada de la fachada.

La página del cuaderno se completa con otro dibujo y anotaciones (Imagen III.1.12). En la parte superior izquierda, se representan tres bóvedas vaídas de ladrillo, contiguas, apoyadas sobre una estructura modular, cada una de ellas de 14 m de largo por 5 m de ancho, con soportes puntuales, indicando que se tratan de bóvedas sin encofrados, realizadas con piezas de 15 x 30 cm, con 2 ½ pies, en tres capas sucesivas.

⁶ Recuperado el día 24 de mayo de 2021 de <http://viejas-fotos.blogspot.com/2014/11/las-escuelas-de-la-sagrada-familia.html>

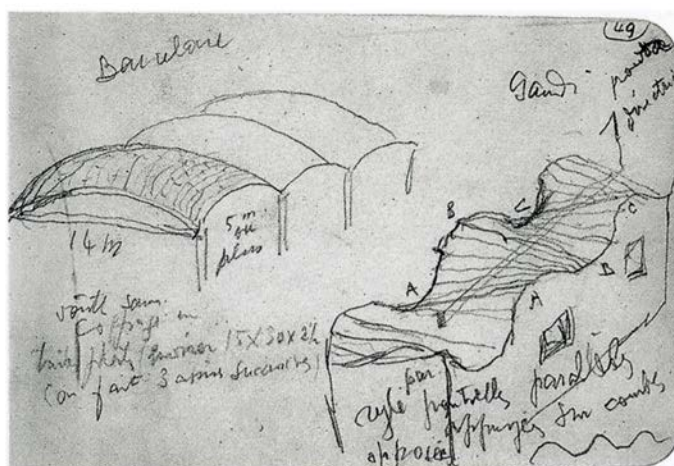


Imagen III.1.12.

Anotaciones y dibujos de Le Corbusier en su cuaderno de viaje C11, durante su estancia en Barcelona en 1928 (Aroca y López, 2012, p.36).

#

Riccardo Gulli, en *La huella de la construcción tabicada en la arquitectura de Le Corbusier* (2001) explica que, aunque los resultados arquitectónicos en la obra de Gaudí y la producción arquitectónica de los primeros años treinta en Le Corbusier son diferentes, la nueva etapa *lecorbusieriana* se debió fundamentalmente de la enseñanza de Gaudí.

Pero más allá del carácter contradictorio que se trasluce del intento de no negar totalmente algunos asuntos teóricos enunciados anteriormente, en estos dos ejemplos (la casa Errazuriz de 1930 y la casa Mandrot de 1931) ya está presente el germen de la posterior evolución. La cuestión de la «tosquedad de los materiales» planteaba un problema ligado sobre todo a la definición de una «expresión formal» diferente. La imagen adquiere mayor entidad. Pero no sólo esto. A este respecto Frampton comenta con agudeza: «Pasarse a los materiales naturales y a los métodos primitivos tuvo consecuencias que fueron más allá de un simple cambio de técnica o de estilo superficial. Sobre todo, significó abandonar el envoltorio clásico que se había usado en las villas de finales de los años veinte, en favor de una arquitectura basada en la fuerza expresiva de un único elemento tectónico, ya fuera una cubierta inclinada de un solo faldón sostenida por muros de carga o bien un megarón abovedado. (Gulli, 2001, p. 75)

La utilización de la bóveda como generadora del espacio arquitectónico en la obra de Le Corbusier fue muy temprana. En 1919 están fechados los croquis para las *casas Monol*, proyectadas sin ubicación específica dentro del territorio francés. Se trataba de

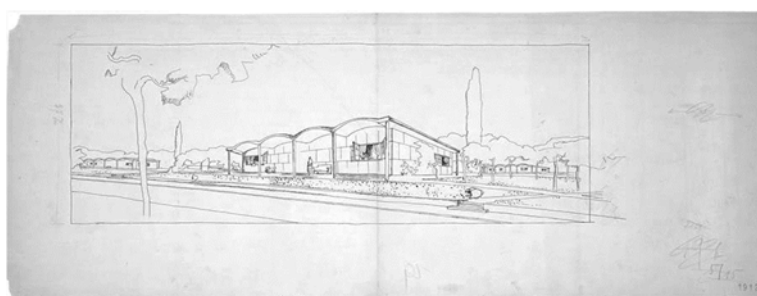
PARTE III. 1. Bóvedas tabicadas y bóvedas en cerámica armada

viviendas económicas, realizadas sobre una matriz seriada, de una o dos plantas, y cubiertas por delgadas bóvedas de cañón rebajadas, mostrando el espesor de la directriz (Imagen III.1.13).

Es interesante observar como en la versión realizada para las dos plantas (Imagen III.1.14), las delgadas laminas semicilíndricas que cubren la vivienda se utilizan también en la planta baja, siendo techo y suelo, mostrando que estos elementos abovedados eran los que formaban la estructura horizontal. Pero la incongruencia surge cuando en esta planta, los extremos pierden la estructura abovedada para dar lugar a prismas rectos.



(a)



(b)

Imagen III.1.13.

Casas Monol, sin ubicación, 1919. Proyecto no realizado. Las imágenes corresponden a: (a) perspectiva de la fachada de acceso, dibujo FLC 19124 (García González, 2015, p. 72); (b) perspectiva de la fachada posterior, dibujo FLC 19121 (Fundación Le Corbusier © FLC-ADAGP).

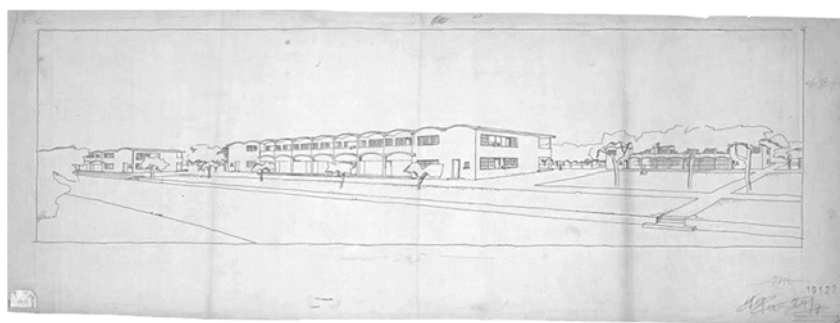


Imagen III.1.14.

Casas Monol, sin ubicación, 1919. Proyecto no realizado. Solución para viviendas de dos plantas. Perspectiva de la fachada de acceso, dibujo FLC19122 (Fundación Le Corbusier © FLC-ADAGP).

Con las casas Monol se acaba la investigación del uso de bóvedas, dirigiendo su arquitectura doméstica, en la década de los años veinte, a desarrollar proyectos como *casa*

PARTE III. 1. Bóvedas tabicadas y bóvedas en cerámica armada

Citrohan (sin localización, 1922), *casa-taller del pintor Amédée Ozenfant* en París (Francia, 1922), las *villas Lipchitz-Miestchaninoff*, en Boulogne-sur-Seine (Francia, 1923), *villa Stein-de-Monzie* en Garches (Francia, 1926), o *Villa Savoye* en Poissy (Francia, 1928).

La casa para fines de semana en La Celle-Saint-Cloud (Francia, 1934) también conocida como *casa Henfer*, es la vuelta a las viviendas con techos abovedados. Se trata de una vivienda, de una planta, de altura reducida, situada en una de las esquinas de la parcela, entre árboles, todo ello a fin de dificultar su visión. Los muros exteriores son de bloques de vidrio (material moderno) y de mampostería de piedra vista (material tradicional), que también la deja vista por el interior, o la encala, o la cubre con planchas de madera.

La cubierta de esta casa son bóvedas de cañón de directriz curva rebajada, realizadas en hormigón armado, no viéndose este material pues por el interior lo reviste con las mismas planchas de madera que las paredes, y por el exterior se cubre con tierra y césped. La casa se termina con una coronación que oculta el espesor de las cubiertas, siendo curva en los frentes de las bóvedas y recta en las fachadas laterales (Fundación Le Corbusier, *Obra completa*, volumen 3, 1934-1938).

El proyecto de la vivienda tiene varias versiones, pudiéndose consultar todas ellas en la tesis doctoral de Andrea García (2015). Son interesantes las dos últimas versiones (Imágenes III.1.15 y III.1.16).

En la Imagen III.1.15. se observa que, para liberarse de la rigidez geométrica dibuja unas bóvedas ligeramente onduladas, escribiendo sobre ellas *casa Gaudí*.

La Imagen III.1.16 recoge la versión definitiva.

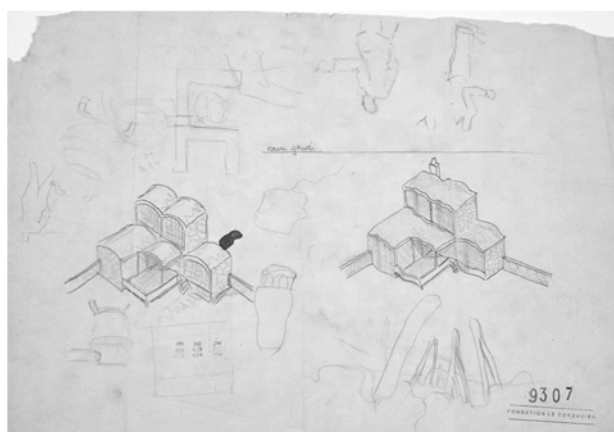


Imagen III.1.15.

Casa para fines de semana en Celle-Saint-Cloud, 1934. Estudios previos, dibujo FLC 9307 (Fundación Le Corbusier © FLC-ADAGP).

PARTE III. 1. Bóvedas tabicadas y bóvedas en cerámica armada

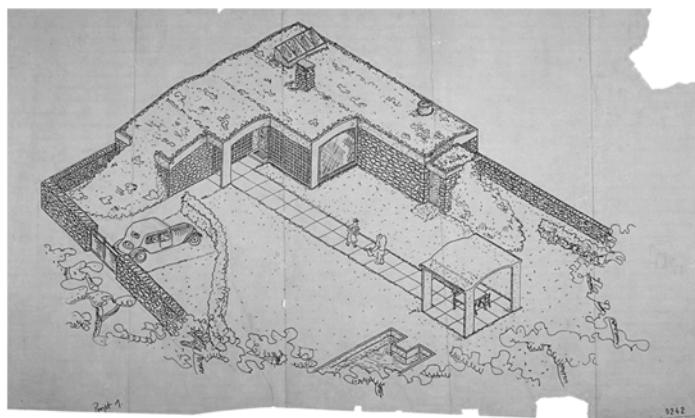


Imagen III.1.16.

Casa para fines de semana en Celle-Saint-Cloud, 1934. Axonométrica de la solución definitiva, dibujo FLC 9242 (Fundación Le Corbusier © FLC-ADAGP).

Reorganización agraria, granja y pueblo radiante (sin lugar, Francia, 1938) es una propuesta urbanística para organizar el territorio rural-agrario, en donde emplea la bóveda de hormigón armado seriada para las diferentes construcciones planteadas, utilizando un armazón metálico de tubos de acero para sustentar unas cáscaras de hormigón armado que acaban exteriormente con una capa vegetal, con el fin de enlazar con el paisaje verde circundante (Fundación Le Corbusier. *Obra completa*, volumen 3, 1934-1938).

En la *residencia Peyrissac* en Cherchell (Argelia, 1942) Imagen II.1.17), proyecto no construido, se proponía utilizar una mano de obra autóctona, materiales locales, como la piedra o la madera, ejecutándose las bóvedas con material cerámico.



Imagen III.1.17.

Residencia Peyrissac en Cherchell, Argelia 1942. Proyecto no realizado, dibujo FL 29995B (Le Corbusier © FLC/ADAGP).

PARTE III. 1. Bóvedas tabicadas y bóvedas en cerámica armada

De lo anterior, es destacable que las bóvedas que habían de realizarse en Francia eran de hormigón armado, siendo de cerámica cuando las realiza fuera del país, vinculando la utilización de uno u otro material con el territorio donde se iban a ejecutar debido a la escasez de los materiales y la disponibilidad de una mano de obra no cualificada, cuando estaba fuera de Francia.

Entre agosto y septiembre de 1950 Le Corbusier se encuentra en Bogotá con motivo del *Plan director de Bogotá* coincidiendo con Sert, visitando ambos la vivienda familiar del arquitecto Francisco Pizano de Brigard (1926–2018).

Pizano conocía a Sert desde que trabajó con él como colaborador en el *Plan regulador de Bogotá*, continuando su relación al participar en el desarrollo urbanístico de diversos barrios, ganando protagonismo las viviendas proyectadas con cascaras de hormigón. Sin embargo, la *casa Pizano* estaba realizada con bóvedas tabicadas, debido a que Pizano había aprendido sus fundamentos del arquitecto y constructor catalán Fernando Murtra.

Con la visita, los cuadernos de viaje de Le Corbusier se vuelven a llenar de dibujos y reflexiones sobre la técnica de las bóvedas tabicadas empleada en esta vivienda, modificando el proyecto para Sainte–Baume cuando regresa a Francia (Gulli, 2001).

En julio de 1951 Le Corbusier y Sert se vuelven a encontrar con motivo del CIAM VIII en Inglaterra, llenándose nuevamente sus cuadernos con dibujos sobre la forma de construir las bóvedas tabicadas, aportándole Sert la referencia de Domènech Escorsa, un maestro de obra catalán emigrado a Francia que dominaba la técnica. Cuando regresa a su estudio se pone en contacto con él, entablándose una larga relación, iniciando tres proyectos simultáneamente, la *casa Jaoul* en París, la *villa de Madame Manorama Sarabhai* en Ahmedabad y la *casa de los peones* para el poblado del Gobernador en Chandigarh.

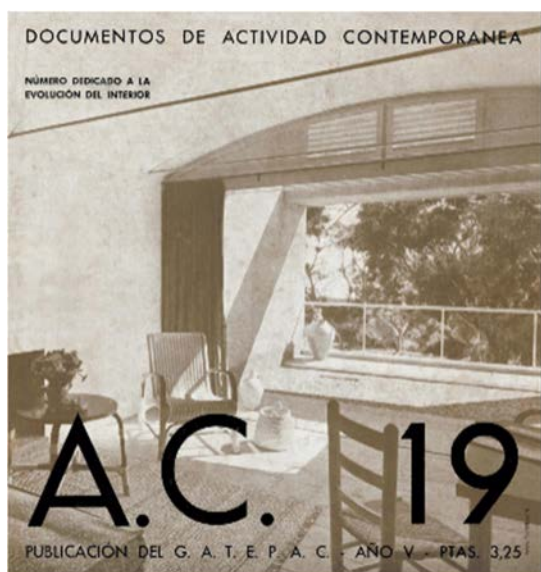
Aunque la relación que se viene haciendo de la casa Jaoul y de la villa Sarabhai (los dos proyectos construidos de la anterior relación) es directa con la técnica de las bóvedas *a la catalana*, denominada así incluso en el portal de la Fundación Le Corbusier, lo que finalmente se realizó en ambas viviendas difiere de aquella técnica, pues los proyectos estarían ejecutados como dos laminas superpuestas, cuyos contenidos constructivos y estructurales serían diferentes. De la primera lamina realizada con piezas cerámicas de forma cuadrada con 2 cm de espesor y juntas alineadas, lo más importante era su función formal, y el interés por el procedimiento artesanal. La segunda lámina estaría realizada con bloques perforados de hormigón aligerado de 5 cm, atirantada con cables vistos desde el interior de las habitaciones, descansando en vigas de hormigón armado, reforzando sus riñones con material poroso (Gulli, 2001).

PARTE III. 1. Bóvedas tabicadas y bóvedas en cerámica armada

Lo interesante es que Le Corbusier investigaba sobre un modelo constructivo y arquitectónico para poder reproducirlo en diferentes lugares y climas, no estando en su voluntad construir con el sistema tabicado, bien porque no terminaba de comprenderlo, bien porqué lo que el buscaba era una alternativa nueva al hormigón armado.

1.4. Casa Berlingieri y Antonio Bonet

Antonio Bonet (1913–1989) siendo estudiante de Arquitectura, había colaborado con Josep Lluís Sert (1902–1983) y Josep Torres Clave (1906–1939) en las casas para fines de semana en el Garraf, Barcelona 1932–1935. Una de ellas, el tipo C, fue elegida portada del número 19 de la revista AC Documentos de Actividad Contemporánea (Imagen III.1.18), demostrando la preocupación del GATEPAC por la tradición vernácula.



(a)



(b)

Imagen III.1.18.

Casas fin de semana en el Garraf, Barcelona, 1932–1935, de J. L. Sert y J. Torres Clavé, colaborador A. Bonet. Las imágenes corresponden a: (a) vista de la sala comedor desde el interior (Sert y Torres, 1935, p. 1); (b) vista hacia el interior de la vivienda (Sert y Torres, 1935, p. 41).

Las bóvedas de esta tipología se construyeron con tres capas cerámicas, dos de rasilla y una de ladrillo hueco, atirantadas, revocadas interiormente, impermeabilizadas con tela tectinada, aisladas con arena y tierra (Sert y Torres, 1935).

PARTE III. 1. Bóvedas tabicadas y bóvedas en cerámica armada

Bonet en 1933, siendo aun estudiante, había conocido a Le Corbusier a bordo del *Patris II*, sede del IV Congreso Internacional de Arquitectura Moderna (*CIAM*), pidiéndole trabajar en su atelier cuando terminase sus estudios. Cuando entra, en 1937, se le encarga que trabaje sobre la *casa Jaoul*, junto a Roberto Matta (1911–2002), siendo el segundo proyecto que se realice sobre esta vivienda (Marín, Trallero, Fernández y Maza, 2003).

El primer proyecto realizado por Le Corbusier, también de 1937, estaba en la línea de Villa Savoye: «planta libre, paseo arquitectónico, ventanas corridas, pilotis» (Gulli, 2001, p. 78), y la cubierta formada por dos grandes losas planas inclinadas con aguas hacia el interior era la protagonista, pero la imagen lisa, blanca y revocada había sido sustituida por una superficie áspera.

En la propuesta de Bonet y Matta, se seguía manteniendo la planta con semejanzas a Villa Savoye, pero la cubierta era una lámina continua, ondulante, en donde cada onda individualizaba una estancia, recordando a las escuelas de la Sagrada Familia de Gaudí, pero a diferencia de aquella, la casa Jaoul se apoyaba en una fina retícula formada por vigas y pilares (Imagen II.1.19).

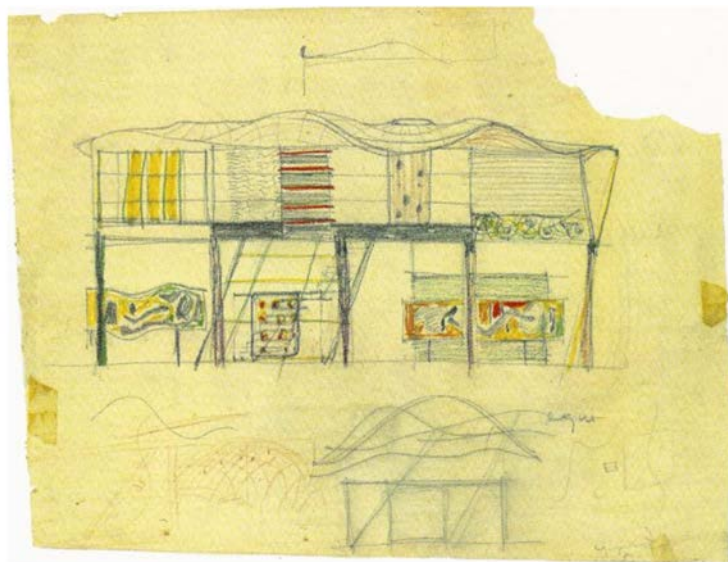


Imagen III.1.19.

Anteproyecto para la casa Jaoul, 1937. Dibujo realizado por Antonio Bonet y Roberto Matta, en el estudio de Le Corbusier. Sección transversal (adaptado de Daguerre, 2003, p. 21).

A nivel gráfico incorporaban figuras de coche de época, bailarinas danzando personajes del momento, todo bajo el bosque de Boulogne. El anteproyecto se detuvo

PARTE III. 1. Bóvedas tabicadas y bóvedas en cerámica armada

no habiendo más versiones hasta que en 1951 lo retoma Jacques Michel, colaborador en el estudio de Le Corbusier y Rogelio Salmona dibujando los planos (Marín et al., 2003).

En el estudio de Le Corbusier, Bonet conoce a los argentinos Juan Kurchan y Jorge Ferrari, convenciéndole para que se traslade a Argentina, haciéndolo en 1938.

La utilización de la bóveda, para evitar la solución de techos planos, se volverá en un tema recurrente en la producción arquitectónica de Bonet, siendo ejemplos la cubrición realizada mediante una bóveda corrida, ondulante, asimétrica, de hormigón armado de 7 cm de espesor, en el edificio de la calle Paraguay y Suipacha, Buenos Aires, 1938–1939, en colaboración con los arquitectos Horacio Vera y Abel López. Esta idea la vuelve a recuperar para la primera versión de la *casa Daneri*, Buenos Aires, 1943, aunque finalmente se construya con un tejado con cubiertas inclinadas, o las del *Grupo de casas en Martínez*, Buenos Aires, 1940–1942, realizado con los arquitectos Jorge Vivanco y Valerio Peluffo.

Este conjunto estaba formado por cuatro casas diseminadas en un jardín (Imagen III.1.20), en donde la relación con el bosque existente definía el proyecto. Las bóvedas rebajadas eran de hormigón armado de 8 cm de espesor y 5,60 m de sección transversal, apoyadas sobre pilares o sobre muros doblados de ladrillo manual de 15 cm, coronados por vigas de hormigón armado, que eran los que soportaban los empujes de las bóvedas (Álvarez y Roig 1999), siendo el resultado formal obtenido de gran satisfacción para Bonet, no así los cálculos estructurales que, habían conllevado la ejecución de complicados encuentros entre las bóvedas y los muros (Tomlow 2001) (Imagen III.1.21).



Imagen III.1.20.

Planta del Grupo de casas en Martínez, Buenos Aires, 1940–1942 (Vivanco, Bonet y Peluffo, 1944, pp. 220–221).

PARTE III. 1. Bóvedas tabicadas y bóvedas en cerámica armada



Imagen III.1.21.

Viviendas en Martínez, Buenos Aires, 1940–1942. Las imágenes corresponden a: (a) bóveda recién desencofrada de la casa tipo B (Vivanco, Bonet y Peluffo, 1944, p. 224); (b) dormitorio principal de la casa tipo C (*ibidem*, p. 229).

En 1945 Antonio Bonet se trasladó a Uruguay, proyectando la *casa La Gallarda* para Rafael Alberti y M.^a Teresa León, en Punta del Este, Dpto. de Maldonado, una vivienda con tejados planos inclinados, similar a la *casa Errazuriz* de Le Corbusier, teja curva, y entramado de madera.

Este mismo año se asienta en Punta Ballena, para hacerse cargo del proyecto y construcción de su Plan de urbanización. Se trataba de un área sin urbanizar de unas 1500 hectáreas de las cuales 1000 estaban constituidas por bosques, a decir de Alberti:

Agua, playa, arenas, y árboles. Azules, pálidos amarillos, verdes profundos. Ancho escenario soleado. Luz que recorte, ciñe, perfila. Lugar para una clara arquitectura. (Revista De Punta, 2012, p. 177)

Aquí, proyecta y construye entre otras edificaciones la *Hostería y restaurante de la Solana del Mar* (1946) y las viviendas *Quatrecasas* (1947), *Berlingieri* (1947), *Booth* (1947–1948) o *La Rinconada* (1948).

La casa Berlingieri es la única edificación de la anterior relación con techos abovedados, proyectándola como dos volúmenes enfrentados, uno de dos alturas concentrando aquí los usos comunes de la vivienda: en planta baja, el salón de estar y las habitaciones de servicio, en planta alta el comedor (en doble altura con el salón) y la cocina, cerrándose con una bóveda corrida en hormigón armado. En el otro volumen, de una sola altura, apoyado sobre uno de los médanos de la playa, perpendicular al anterior,

PARTE III. 1. Bóvedas tabicadas y bóvedas en cerámica armada

sitúa tres dormitorios, ideando cada uno de ellos como unidades autónomas, enfatizándose esta idea al proyectarse cada uno ellos con su propia bóveda, también en hormigón armado.

La fachada principal se orienta hacia la playa, perfilándose su coronación ondulada bajo el bosque creado por Antonio D. Lussich, recordándonos los petos de cierre de las viviendas empleados por Le Corbusier (Imagen III.1.22).



Imagen III.1.22.

Casa Berlingieri, Punta Ballena, 1947. Fotografía de la fachada, realizada por Rollie McKenna (Haas, 2016, p. 152).

La razón por la que no se ejecutaron en hormigón armado sino en cerámica lo conocemos por la entrevista que Eladio Dieste, en el año 1996, le da al Dr. Rodrigo Gutiérrez en la ciudad de Granada, cuando éste le pregunta exprefeso sobre el tema:

La cosa empezó así: Bonet me llamó para calcular la estructura de unas casas que había proyectado en Punta Ballena. Ahora, la casa de Bonet realmente sugería el no hacer de hormigón las bóvedas sino hacerlas de ladrillo. Me acuerdo de que Bonet me dijo: ‘pero no lo haríamos de ladrillo porque nos va a dar una cosa muy pesada’, porque él había pensado colocar los ladrillos en el sentido de los 12 cm. Yo le dije ‘una cáscara de ladrillo’ y me respondió: ¿usted cree que eso se puede hacer? Yo le dije: Bueno, déjemelo que lo voy a

PARTE III. 1. Bóvedas tabicadas y bóvedas en cerámica armada

pensar. Y lo pensé y, claro, tenía una cantidad de dudas muy grandes pero estaba seguro de que se podía hacer. Entonces lo hicimos. El contratista no quería construirlo, después no quería ponerse debajo, después no quería subirse a la estructura y el ver las cintas de ladrillo contra los bosques me hizo realmente ver que había encontrado algo que valía la pena seguir; era la punta de un hilo. (Marín y Trallero, 2005, p. 707)

La punta del hilo era la de poder dar solución a esa pasión de cubrir el espacio con la menor cantidad de recursos posibles tanto materiales como humanos, y con la cerámica armada se podía hacer. Indicando en otra parte de la conversación:

(...) la primera obra en la cual tuve que intervenir me sugería una cáscara de ladrillo más que una estructura de hormigón. Había una libertad formal aparente, la cual llevaba a una solución cara, poco económica, en cambio la solución con cáscaras de ladrillo iba a ser una mucho más económica. (Marín y Trallero, 2005, p. 708)

Respecto a cómo se construyó, se conoce por la publicación de 1947 que el ingeniero publica en la Revista de Ingeniería de Montevideo, que difiere de lo publicado por el arquitecto en el catálogo que, recoge la exposición de *Antonio Bonet y el Río de la Plata*, en donde se indicaba que se trataba de su primera obra uruguaya en donde utilizaba bóvedas a la catalana, disponiendo los ladrillos de canto.

De la publicación de 1947 se conoce que se trataba de una hoja de ladrillos, puestos de plano (Imagen III.1.23), apoyándose sobre esta un *empalomado*, no con el fin de arriostrar la lámina de ladrillos, y servir como medio para enlazar con una segunda bóveda tabicada, formando todo ello un conjunto con una función estructural, sino para que descansara una segunda lamina de losetas con una función de acabado, y crear una cámara para aislar térmicamente la edificación.



Imagen III.1.23.
Casa Berlingieri en obras. Fotografía del Archivo Histórico del Colegio de Cataluña
(Nudelman, 2013, p. 198).

De lo realizado ni arquitecto ni ingeniero salieron satisfechos. Dieste se refirió a Bonet como el autor del proyecto en donde por primera vez se ejecutaron bóvedas con cerámica armada, señalando al pintor Joaquín Torres como la primera persona que le hablo de Antonio Gaudí y de la Sagrada Familia (Jacob, 2018).

Una solución muy interesante de que tengo noticia es la que constituyen las bóvedas ‘a la catalana’ construidas también con ladrillos ‘de espejo’. Se me ha informado que en nuestro país se han construido y de esta manera cúpulas de gran luz pero en lo que se refiere a bóvedas de cañón (cilíndricas), no sé que se hayan ido a luces mayores de 4 m. (Tomlow, 2001, p. 249)

Y sobre la posible influencia de las bóvedas tabicadas, categóricamente indicaba:

La génesis no ha venido por ahí, sino que la génesis ha venido por las estructuras de hormigón armado, de desencofrado rápido; eso ha sido la madre de las estructuras. Que el resultado final pueda coincidir con algunas cáscaras catalanas no quiere decir que esté inspirado, lo que hacemos, en la bóveda a la catalana, no tiene nada que ver. (Marín y Trallero, 2005, p. 709)

PARTE III. 1. Bóvedas tabicadas y bóvedas en cerámica armada

Respecto a Bonet conocemos su opinión por Oriol Bohigas en donde en el libro *Antonio Bonet Castellana Clásicos del diseño*, del año 1999, recoge la insistencia en que lo allí realizado fueron bóvedas catalanas, con los ladrillos puestos de canto, relacionándolas con las realizadas en el Garraf. También comenta los inconvenientes surgidos durante la construcción con los albañiles durante su construcción, tanto en la aplicación de la técnica como en la oposición que tuvo que vencer para la realización de la cámara de aire.

Después de la puntual experiencia de la casa Berlingieri, Dieste debe continuar con su trabajo en la empresa multinacional noruega Christiani y Nielsen, construyendo bóvedas en hormigón armado, autoportantes con moldes móviles (Bonta, 1963) hasta que en 1954 funda su propia compañía de cálculo y construcción Dieste & Montañez, S.A., junto a Eugenio R. Montañez, pudiendo ya con ella trabajar ininterrumpidamente con la cerámica armada. Respecto a la obra de Antonio Bonet se ha tratado de relacionar la *casa La Ricarda* nuevamente con las bóvedas tabicadas por el empleo de la utilización de piezas cerámicas en las bóvedas, uso que no responde a un hecho proyectual, sino a una decisión de obra.

En 1949 Antoni Bonet está en España por primera vez, desde que la había dejado en 1936, siendo Joan Prats pone en comunicación al matrimonio formado por Inés Bertrand y Ricardo Gomis con el arquitecto, con el fin de que este les proyecte una casa para fines de semana en el paraje de la laguna de La Ricarda, cerca de Barcelona. Un año más tarde, en 1950, Bonet manda a los propietarios un anteproyecto de lo que habría de ser su casa, así como que Ricardo Bofill debía de ser el constructor.

El proyecto presentado es deudor de la arquitectura lecorbuseriana de los años 30, es más de la primera versión realizada por el mismo Le Corbusier para la casa Jaoul. La casa se organiza en tres niveles, la planta baja separada del terreno mediante pilotis, siendo el cierre una cubierta de losas planas con las pendientes hacia el interior de la vivienda. En 1953 se cambia completamente el proyecto, ahora es de una sola planta, conquistando el terreno de su alrededor. Retoma de la casa Berlingieri su encuentro con el terreno, la carpintería metálica, los techos abovedados continuos con zonas planas entre ellas y su misma sección constructiva de dos laminas independientes separadas por una cámara de aire, aunque aquí la interior es de hormigón armado, de 10 cm de espesor, y la segunda sigue siendo una baldosa cerámica apoyada sobre tabiquillos palomeros.

Las obras se detienen, reanudándose intermitentemente a partir de marzo de 1954, pues Bonet sigue asentado en Buenos Aires, y en 1958 el constructor Bofill le escribe una carta al arquitecto sugiriéndole insertar ladrillos huecos, entre los nervios realizados en

PARTE III. 1. Bóvedas tabicadas y bóvedas en cerámica armada

hormigón armado, para reducir su peso. En marzo de 1959 todas las bóvedas se encuentran acabadas, finalizándose la obra completamente en febrero de 1963 (Imagen II.1.24).

Las bóvedas de directriz circular rebajada cubren una luz de 7,3 m con una flecha de $1/5$, atirantadas en sus extremos, descansando en vigas de hormigón armado y estas en sus extremos en pilares metálicos.

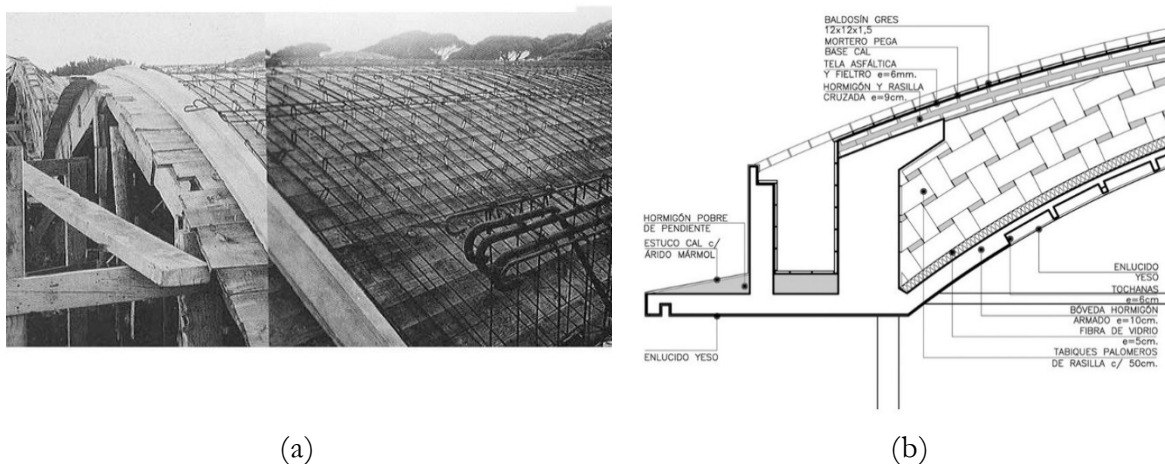


Imagen III.1.24.

Casa La Ricarda, Barcelona, 1963. Las imágenes corresponden a: (a) vista del encofrado y del extradós de una de las bóvedas; (b) sección transversal de las bóvedas; (c) vista del interior de las bóvedas (Pérez de Arce, Bianchi y Aravena, 2009).

⁷ Recuperado el día 24 de mayo de 2021 de <http://tallermisiones2009.blogspot.com/search/label/Antonio%20Bonet>

PARTE III. 1. Bóvedas tabicadas y bóvedas en cerámica armada

El exterior de la casa La Ricarda sigue la imagen final empezada en *Grupo de casas en Martínez*, que continua en la *casa Berlingieri* (Imagen III.1.25), deudoras todas ellas de las coronaciones *lecorbuserianas*, es decir la de un peto continuo, siendo curvo en los frentes de las bóvedas y plano en las generatrices extremas.



Imagen III.1.25.
Casa La Ricarda, Barcelona, 1963. Vista exterior; (Pérez de Arce, Bianchi y Aravena, 2009⁸).

La conclusión es que la solución estructural y constructiva adoptada en la casa La Ricarda es diferente tanto de la técnica de las bóvedas tabicadas como de la cerámica armada, proyectando y utilizando el hormigón armado como el material estructural de sus bóvedas.

1.5. Bóvedas tabicadas *versus* bóvedas en cerámica armada

Si comparamos ambas tecnologías lo que tienen de común es la utilización del material cerámico.

Mecánica de las bóvedas

BÓVEDAS TABICADAS. Las bóvedas tabicadas como estructuras de fábrica que son tienen una elevada resistencia a compresión y baja a tracción.

⁸ Recuperado el día 24 de mayo de 2021 de <http://tallermisiones2009.blogspot.com/search/label/Antonio%20Bonet>

PARTE III. 1. Bóvedas tabicadas y bóvedas en cerámica armada

Siendo características de estas bóvedas: su esbeltez aparente⁶, su poco peso y que como están formadas por varias capas de ladrillo, con las juntas enfrentadas y *matadas*, presentan un comportamiento bidireccional a modo de lámina o membrana (Fuentes, Gil, Huerta, Martín, y Redondo, 2014).

Cuando Rafael Guastavino (hijo) aplica la estática gráfica a las técnicas de las bóvedas tabicadas, llega a la conclusión de que, utilizando la forma catenaria, minimiza las tensiones de flexión, empleando el mínimo material posible, lo que le permite proyectar y construir delgadas, elegantes y económicas cáscaras. Antonio Gaudí utilizando la estática gráfica determinó las direcciones de los empujes en las bóvedas, alineando los soportes lineales a lo largo de las líneas de empujes.

CERÁMICA ARMADA. Dieste proyecto y construyó con la metodología de cálculo del hormigón armado y pretensado para la cerámica armada.

Una bóveda autoportante es una bóveda corrida, con directriz catenaria, sin tímpanos, sin atirantar, con una losa-viga de borde en continuidad con la parte curva de la bóveda, que recoge las fuerzas laterales, transmitiéndolas a los pilares con forma de esbeltos contrafuertes. La bóveda en la dirección de las generatrices trabaja como viga, pudiendo volar parte de la bóveda recurriendo para ello al pretensado

Curvas utilizadas

BÓVEDAS TABICADAS. Antes de Guastavino era la tradición la que mandaba en las construcciones abovedadas. Las bóvedas tabicadas evolucionaban en el tiempo con variaciones dependiendo de su localización geográfica.

Entre las curvas utilizadas hay bóvedas de cañón, arcos de circunferencia de muy poca flecha, o curvas parabólicas, siendo Guastavino quien utiliza la catenaria por primera vez.

CERÁMICA ARMADA. La catenaria.

El material cerámico

Las bóvedas tabicadas y las bóvedas en cerámica armada tienen en común la utilización del ladrillo como base para el desarrollo constructivo de la bóveda.

BÓVEDAS TABICADAS. El ladrillo en las bóvedas tabicadas es el material esencial trabajando porque forma parte de un conjunto que resiste por la forma.

PARTE III. 1. Bóvedas tabicadas y bóvedas en cerámica armada

El producto tradicional se conoce como rasilla, se trata de un buen ladrillo, hueco, de poco peso y espesor, asible con una sola mano. Esta pieza se utilizaba al menos en la primera capa.

CERÁMICA ARMADA. Se utiliza ladrillos macizos con alta resistencia mecánica, de desigual colorido. Para cubrir grandes luces se utilizaron ladrillos cerámicos huecos, con control de su ejecución, asibles con las dos manos.

Conglomerantes y conglomerados

BÓVEDAS TABICADAS. Yeso, cemento y mortero de cemento.

El material idóneo para la realización de la primera capa era el yeso o el cemento de fraguado rápido (más resistente a la humedad). El recibido del resto de capas cerámicas, así como el mortero de entre capas se realizaba con cemento rápido. A partir de la cuarta capa se podía utilizar cemento de fraguado normal.

CERÁMICA ARMADA. Cemento tipo Portland y mortero de cemento del mismo tipo.

Colocación

BÓVEDAS TABICADAS. Rasillas colocadas de plano y por capas.

Las bóvedas pueden estar formadas por una sola capa, colocándose las rasillas de plano, sujetándose unas a otras por la adhesión con el yeso o el cemento de fraguado rápido, con la ayuda del albañil o bien sirviéndose de un camón o cintrel de escasa escuadría, trabajando como un arco mecánico. La primera rosca se apoya sobre un muro testero.

Lo usual era que las bóvedas estuvieran formadas por varias capas de rasilla, colocadas de plano, sujetas por mortero de cemento de fraguado rápido, y no coincidiendo las juntas de los ladrillos entre las diferentes capas, separadas las capas de rasilla entre sí por capas de mortero (construcción cohesiva).

Cuando hay varias capas (por lo general dos o tres) la primera capa sirve como encofrado del resto de las capas que van sobre ella, trabajando el conjunto por cohesión.

La media del grosor de la bóveda varía estando entre los 7 cm si es de tres capas o los 10 u 11 cm si son de cuatro capas.

CERÁMICA ARMADA. Ladrillos colocados de plano en una sola capa.

PARTE III. 1. Bóvedas tabicadas y bóvedas en cerámica armada

Se trabajaba siempre con una sola capa de ladrillos puesto de plano, jugando con el grueso y el tipo de pieza. Si se trata de una pieza cerámica maciza el grueso era de 5,5 cm de espesor, y si la pieza era hueca lo usual es que fuera de 10 cm de espesor. La junta de mortero entre los ladrillos iba armada. Trabaja como arco mecánico.

Armado pasivo y activo

BÓVEDAS TABICADAS. El armado dentro de las láminas de rasillas se realiza con Rafael Guastavino Expósito, en 1910, donde sus conocimientos de estática grafica le permiten determinar las zonas de tracción en los elementos constructivos, concretamente en las cúpulas con linterna, armando estas zonas con pletinas de hierro introduciéndolas en las capas de mortero de entre las capas de ladrillo, patentándose la solución.

Años más tarde, en 1913, patenta una solución mixta, en donde una capa de hormigón de gran espesor se apoya sobre tres capas rasilla, conectándose ambas capas con un armado.

El patentado no significó que se utilizase de forma sistemática este tipo de estructuras.

CERÁMICA ARMADA. En la cerámica armada se arman las juntas de ladrillo con redondos corrugados, disponiéndose estos en las juntas longitudinales y transversales, que el cálculo por elementos finitos aportaba.

Las bóvedas de directriz catenaria corridas trabajaban como vigas no necesitando apoyos para soportar empujes, ni tirantes. Las bóvedas gausas descansaban sobre vigas de hormigón y se atirantaban con tensores por el intradós de las bóvedas.

Medios auxiliares

BÓVEDAS TABICADAS. No es necesario el empleo de una cimbra como elemento auxiliar donde apoyar las rasillas, pues es el albañil el encargado de mantener las piezas en el aire hasta que endurece el conglomerante.

Si las características de las bóvedas a ejecutar lo exigían los albañiles se ayudaban de cuerdas, o cimbras del ancho de un arco. La demanda de estos medios era para controlar que no se perdiera la geometría en las bóvedas de grandes luces, o para conseguir una esmerada puesta en obra.

Para el apoyo y traslado de la cimbra lo general es que se colocasen unos rastreles en los muros que recogen los empujes de la bóveda y que terminados los trabajos se desmontaban.

PARTE III. 1. Bóvedas tabicadas y bóvedas en cerámica armada

Las plataformas desde las que trabajan los albañiles eran independientes de las cimbras, para que los movimientos que se originen aquí no se trasladen a las cimbras y alteren la forma de las bóvedas. Los materiales de trabajo se apoyaban en las plataformas.

Los albañiles trabajan la bóveda desde el intradós.

CERÁMICA ARMADA. Es necesario utilizar siempre un molde, diseñado y calculado por el ingeniero, que cumple varias funciones: dar forma a la bóveda, soportar a la mano de obra que vaya a ejecutar la obra y al peso propio de la bóveda hasta que esta adquiera la resistencia suficiente para ser desencofrada.

El molde es de grandes dimensiones, reproduciendo exactamente la forma de una bóveda completa en las bóvedas gausas, o de una longitud determinada en las bóvedas autoportantes. La longitud del molde está en función de los apoyos verticales y del rendimiento de la mano de obra.

El molde es reutilizable y móvil, pues una vez ejecutada la bóveda o franja el mismo molde se traslada para realizar la bóveda siguiente.

Los obreros están subidos en el molde, colocando las piezas sobre él, empezando por las faldas (zonas más bajas) de ambos lados y ascendiendo hacia la clave.

Cuando se baja desde su posición original para trasladarse sirve también como andamiaje para trabajar el intradós de la bóveda

Los operarios realizan la bóveda desde su extradós.

Mano de obra

BÓVEDAS TABICADAS. Una mano de obra experimentada que empezaba con el aprendizaje de la técnica en la repetición de modelos conocidos, en donde el maestro enseñaba la técnica de ejecución al aprendiz. Con esta metodología se conseguía una excelente mano de obra, capaz de tomar incluso decisiones estructurales durante su ejecución.

A principios del siglo XX con la utilización de la estática gráfica, surgen las figuras de los arquitectos como Gaudí o Guastavino, más cercanos a la figura del artesano que la de un técnico.

CERÁMICA ARMADA. Posibilidad de realizar las bóvedas por operarios sin formación, en casos extremos y pequeñas construcciones por gente común, como los padres de los alumnos y los vecinos, que construyeron algunas de las escuelas rurales del Plan Gallinal.

Cuando se empezaron a construir como se trataba de una técnica novedosa no había criterios previos, en donde la experiencia pudiera marcar pautas. Con el tiempo los

obreros más hábiles pasaron a ser capataces, siendo el resto de los operarios, personal local de donde se realizaban las construcciones.

Había mucho trabajo previo de cálculos, realización de planos, e instrucciones dadas y ejecutadas por el propio Dieste en la obra. El ingeniero se convirtió en un referente a quien seguir, tanto profesional como humanamente.

Imagen final

BÓVEDAS TABICADAS. El trabajo no se limita con la terminación de la bóveda, sino que en su trasdós se rellenan los riñones ($1/3$ de la altura) y se colocan sobre estos, unos tabiquillos, llamados costillas o lengüetas ($1/3$ de la altura), que además de reforzar el comportamiento estructural sirven para la formación de suelos o cubiertas.

CERÁMICA ARMADA. El trabajo se limita con la terminación de la bóveda. Lo que caracteriza la imagen final es ver la lámina de la bóveda con su escaso espesor.

1.6. Conclusiones

Aunque Dieste no fue el primero en comprobar la viabilidad cerámica–mortero–acero para realizaciones estructurales, sí fue quien le da la relevancia necesaria para convertirlo en un nuevo material compuesto estructural del siglo XX.

Lo que las tecnologías de las bóvedas tabicadas y las realizadas con cerámica armada tienen de común es el material utilizado, y el propósito de conseguir formas esbeltas.

Identificarlas como técnicas diferentes amplía el campo de la construcción, de las estructuras y de la arquitectura.

Notas

¹ Angel Truñó (2004) indica que se denominan bóvedas a la catalana porque: «son las que tradicionalmente se han venido empleando en Cataluña desde hace varios siglos (...). También se conocen con el nombre de tabicadas, por colocarse las rasillas ‘enlardadas’ o untadas por sus cantos como los ladrillos de un tabique de pandereite» (Truñó, 2004, p. 1).

² Todas las obras declaradas Monumento Histórico Nacional se pueden revisar en el apartado *Presentación de la obra ante la Unesco*, de esta tesis doctoral.

³ «(...) esta ligereza se consigue con ladrillos más finos de lo habitual, lo que en la zona de levante llaman raiolas o rajolas; en Castilla rasillas y en Aragón rejolas» (Redondo, 2013, p. 49).

Truñó (2004) referencia que para la realización de esta capa se pueden utilizar rasillas macizas de dimensiones aproximadas 29 x 14,5 x 1,5 cm y unos 1,20 kg de peso.

⁴ Los aglomerantes empleados en las bóvedas eran el yeso y el cemento de fraguados rápido o lento, y de excelentes calidades. Era recomendable realizar un ensayo de las condiciones de rapidez de fraguado, para comprobar las variaciones de volumen.

El yeso se solía emplear solo para el tendido de la primera hoja, debido a su rapidez de fraguado. Las razones de su restricción eran que presentaban variaciones de volumen, atacaba a los elementos metálicos, reblandeciéndole el agua, por lo que dejaba inútil el grueso de rasilla que con él se colocaba (Truñó, 2004; Redondo, 2013).

⁵ Sobre el uso tradicional de las cimbras en las estructuras tabicadas, Esther Redondo (2013) indica lo que detalla a su vez Josep Renart (1746–1824), maestro de obras barcelonés sobre ellas: «Al instante que se concluye la bóveda se pueden quitar las cimbras sin el menor recelo que no han servido (como en las comunes) para mantener su peso sino para arreglar su contorno» (Redondo, 2013, p. 111).

⁶ Aunque son muy delgadas, no lo son tanto si se las compara con los gruesos necesarios que debe tener un arco de círculo rebajado que va a estar sometido a su peso propio o a cargas uniformes.

Parte III. Análisis comparativo entre tecnologías coetáneas

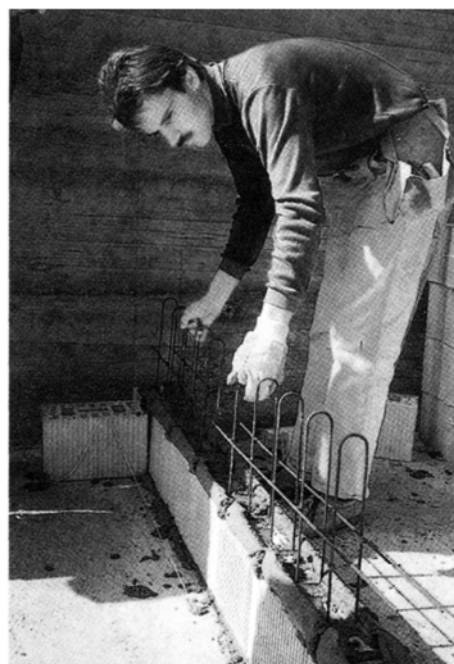
2. Fábrica de ladrillo reforzado. Fábrica armada

Fábrica de ladrillo pretensado

Cerámica armada



(a)



(b)

Las Imágenes corresponden a: (a) construcción de un cerramiento vertical en cerámica armada. Iglesia Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes en Atlántida, Dpto. de Canelones, 1958–1960 (Beaudouin, 2013c¹); (b) colocación de armadura prefabricada tridimensional Murfor RE en una fábrica y bloque cerámico» (Oliveira y Dotreppe, 1992, p. 111).

¹ Recuperado el día 3 de mayo de 2021 de <http://www.beaudouin-architectes.fr/2013/10/eladio-dieste/>

2. Fábrica de ladrillo reforzado. Fábrica armada. Fábrica de ladrillo pretensado. Cerámica armada

2.1. Introducción

Josep M.^a Adell en su artículo *Razón y ser de la fábrica armada* (1992a), define a la *fábrica armada* cuando el armado se localizaba en los tendeles, indistintamente del producto de albañilería con el que se trabaje. Con su armado regularmente repartido, constituía un nuevo material compuesto, con un comportamiento homogéneo, considerándolo como «un nuevo material compuesto arquitectónico» (Adell, 1992a p. 25), ocupando «un vacío existente entre los materiales de construcción, a mitad de camino entre la obra de fábrica tradicional y el hormigón armado» (*ibidem*).

Si las fábricas se armaban localizadamente, de manera no uniforme, conllevando incluso a utilizar piezas adaptadas, se designaban «reforzar la fábrica» (*ibidem*, p. 22).

Cuando a las fábricas se les incorporaba armadura activa, se denominaban fábrica pretensada.

Con la cerámica armada, y en un mismo elemento constructivo, se podían localizar los tres tipos de armados indicados: localizado, homogéneo, y con la incorporación de armadura activa.

2.2. Fábrica reforzada

La primera aplicación de fábrica reforzada registrada es en 1825¹, con la ejecución del *Túnel del Támesis*, realizada Marc Isambard Brunel (1769-1849) (Pedreschi y Sinha, 2004; Churtichaga, 2009), en donde dos fustes de ladrillo y varios pozos, se ejecutaron en fábrica de ladrillo, reforzándose con barras longitudinales y cercos de hierro.

PARTE III. 2. Cerámica armada y fábrica amada

En 1837 se comienzan los ensayos sobre vigas realizadas con fábrica de ladrillo, concluyéndose que la resistencia a flexión aumentaba considerable si se reforzaban (Pedreschi y Sinha, 2004).

El siglo XX arrancó realizándose estudios experimentales en vigas, losas o pilares con albañilería reforzada, en países como India, Japón y Estados Unidos, incorporándose posteriormente Reino Unido, centrándose las investigaciones en comparar el comportamiento de las piezas reforzadas y sin reforzar², en como influían la disposición de las armaduras en la resistencia a flexión y a cortante, como su cuantía afectaba a la rotura de las piezas³, y que la unión ladrillo-mortero-acero⁴ era viable estructuralmente (Pedreschi y Sinha, 2004).

En el segundo tercio del siglo se comprobó que la utilización de una mano de obra cualificada mejoraba el comportamiento de las estructuras de ladrillo reforzado, ampliándose el campo de aplicación a vigas en voladizo y escaleras, enmarcándose los resultados en la normativa existente, con la norma BSI para Reino Unido y con el ACI para Estados Unidos, mostrándose que podían soportar hasta veinte veces más la carga para la que habían sido calculadas pero, también la limitación que presentaba el código cuando se utilizaba el método elástico⁵ (Pedreschi y Sinha, 2004).

El último tercio de siglo se enfocó nuevamente en la disposición de las armaduras dentro de las piezas, utilizándose ladrillos perforados para su armado, trabajando con el grueso de las juntas armadas, la utilización de morteros de alta adherencia para aumentar las prestaciones, y en la valoración de las fábricas armadas a compresión y a flexión en función de la dirección donde se aplicasen las cargas (Pedreschi y Sinha, 2004).

En la Imagen III.2.1 se aportan ejemplos de formación de diferentes vigas de ladrillo reforzado.

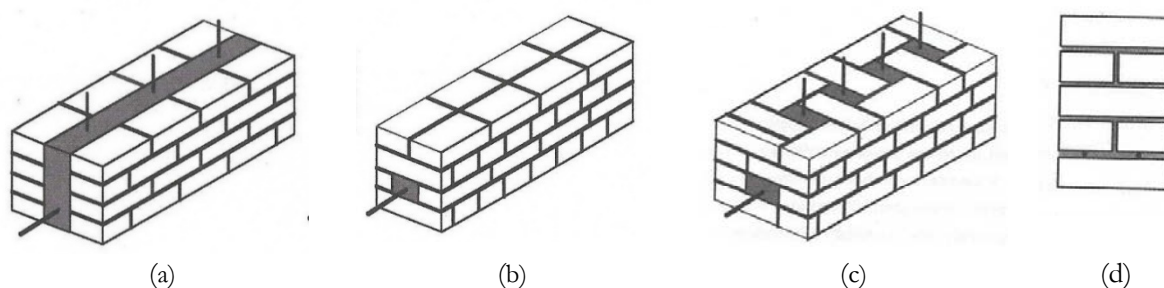


Imagen III.2.1.

Ejemplos de vigas de ladrillo reforzado. Las imágenes corresponden a reforzamiento con: (a) barras verticales y horizontales en núcleos de mortero (Anderson, 2004b, p. 213); (b) barras horizontales en núcleos de mortero (*ibidem*); (c) barras verticales y horizontales en núcleos de mortero (*ibidem*); (d) barras horizontales en juntas de tendel (*ibidem*).

2.3. Fábrica armada

A mediados de los años 60 (1964 a 1966) el Centro Científico y Técnico de la Construcción (CSTC), asentado en Bruselas, dictaminó que la patología más común en las fábricas de albañilería era el agrietamiento, pudiendo ser las causas que lo provocaban, las de origen físico -acciones exteriores o propias de los elementos-, mecánicas -elementos que han de soportar más carga para los que han sido proyectados-, o accidentales -vibraciones-. La conclusión fue que la razón del agrietamiento de las fábricas era la limitada capacidad a tracción y a corte, y que si se armaba la fábrica de modo análogo a como se hacía con el hormigón armado la respuesta era satisfactoria (Pfefferman y Haseltine, 1992).

En España se comenzó la utilización de la fábrica armada a principio de la década de los 90, y no habiendo una normativa española específica que utilizar para su cálculo, se utilizó el Eurocódigo EC6⁶ -en fase de elaboración- y las normas nacionales y extranjeras existentes⁷ (Lahuerta, 1992).

Los diseños de elementos realizados con fábrica armada, se enfocaron principalmente para ejecutar dinteles, muros divisorios, y muros de cerramientos, disponiéndose las armaduras en las juntas horizontales -tendeles-, y en los huecos o rebajos verticales y horizontales dejados en las fábricas para su colocación, rellenándose esos huecos con hormigón o mortero de cemento.

En la Imagen III.2.2 se indican diferentes disposiciones de armado en el sistema tradicional de mampostería armada.

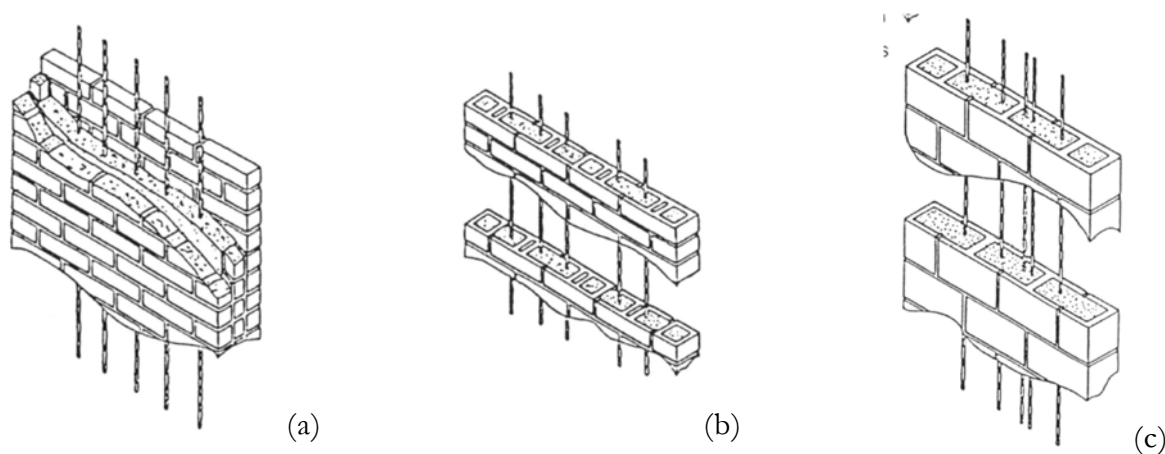


Imagen III.2.2.

Disposición del armado en el sistema tradicional de mampostería armada. Las imágenes corresponden a: (a) utilización de piezas macizas. Se disponen dos hojas de fábrica unidas entre sí por un mortero u hormigón, colocándose el armado dentro de este (Oliveira y Dotreppe, 1992, p. 105); (b) y (c) utilización de piezas con perforaciones. El armado -solo barras verticales- se coloca en posición central dentro del mortero que llenan los huecos de las piezas de la hoja de fábrica (*ibidem*).

PARTE III. 2. Cerámica armada y fábrica amada

Cuando la armadura iba en los tendeles surgieron dos inconvenientes que eran la dificultad en su colocación y que si se utilizaban barras las juntas eran muy gruesas, optándose por la utilización de una «organización prefabricada de alambres» (Adell, 1992a, p. 20).

En el mercado se comercializaron dos tipos de armaduras prefabricadas planas para colocar en los tendeles (*ibidem*, p. 20), la *Brickforce* utilizada en América desde hacía cincuenta años (Imagen III.2.3.a), formada por dos alambres rectos paralelos unidos entre sí por otros alambres perpendiculares y apoyados sobre los principales, y la *Murfor*, comercializado por la casa belga Bekaert⁸, que utilizaba unos alambres diagonales, en zigzag, situados en el mismo plano para unir los alambres longitudinales (Imagen III.2.3.b).



Imagen III.2.3.

Armaduras prefabricadas planas para colocar en los tendeles de las fábricas. Las imágenes corresponden a: (a) casa comercial Brickforce (Adell, 1992a, p. 21); (b) casa comercial Murfor RND-EXF (*ibidem*).

Murfor además tenía varios modelos (Imagen III.2.4), para su colocación dentro de una hoja de la fábrica, para atar varias hojas entre sí (muros doblados o capuchinos), con forma de pletina en lugar de alambres para las obras de fábrica con juntas fina de cemento-cola, con acabado en galvanizado o en epoxi, para mejorar la protección frente a la corrosión, o de acero inoxidable (Adell, 1992a).

Si además del armado horizontal se necesitaba armado vertical, se utilizaba lo que se denominaba armadura tridimensional, comercializándose como Murfor RE (Adell, 1992a).

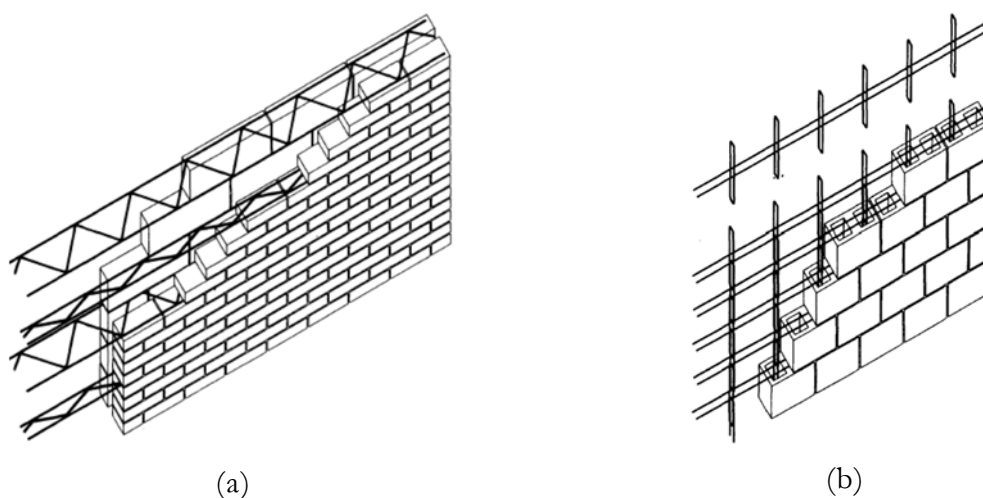


Imagen III.2.4.

Las imágenes corresponden a: (a) muro capuchino de fábrica armada mediante una organización prefabricada de alambres. Las hojas están realizadas con productos diferentes. La imagen muestra cómo es la disposición del armado en una de las hojas, y el atado de ambas hojas (Adell, 1992a, p. 21); (b) fábrica de bloques huecos con una armadura tridimensional. Las barras verticales tienen forma de cerco, están distanciadas regularmente y soldadas al armado horizontal, compuesto este por dos barras paralelas entre sí (*ibidem*).

La investigación del armado tridimensional que se realizaba en la Universidad de Lieja en los primeros años de la década de los 90, planteaba las dimensiones que debían de tener los muros y los huecos, así como del tipo de mampuesto utilizado, con el fin de que la hoja de fábrica absorbiera dentro de su volumen el armado horizontal y vertical para que la hicieran viable constructiva y estructuralmente.

Se trabajaba con piezas huecas de ladrillo u hormigón que eran las que permitían introducir la armadura vertical a través de sus huecos, con la adherencia de la pieza y del mortero, y con un sistema patentado de armadura modular espacial, formada por barras verticales con forma de cerco soldadas regularmente a unas barras horizontales. Las barras horizontales se colocaban en el tendel y los cercos en los huecos de la tabla de las piezas.

Los ensayos y sus conclusiones los recoge el artículo *La armadura tridimensional para la fábrica armada* de Luiz Antonio Pereira de Oliveira y Jean-Claude Dotreppe, del año 1992.

El punto de partida de los ensayos era utilizar armadura tridimensional en muros de 3,20 m de altura, que trabajaban exclusivamente a flexión, variándose los diámetros de las armaduras y la composición del mortero.

Las conclusiones fueron que los resultados idóneos, frente a las tradicionales fábricas armadas, se obtenían con bloques estructurales de hormigón de dimensiones 19 x

PARTE III. 2. Cerámica armada y fábrica armada

19 x 39 cm y resistencia a la compresión de 20 MPa. Al mortero -denominado micro hormigón- se le añadía un aditivo a base de estireno-butadieno (para mejorar la fisuración). El tipo de acero utilizado BE 500, barras corrugadas, de \varnothing 6 y 8 mm.

En la actualidad el Código Técnico de la Edificación en su Documento Básico de Seguridad Estructural, Fábrica (*DB SE-F*) (Imagen II.2.5) recoge la inclusión de armaduras pasivas en los morteros o refuerzos de hormigón armado en las diferentes fábricas, situando aquellas en los tendeles, fijando la calidad de las armaduras en función de la clase de exposición donde esté situada la fábrica, los morteros a utilizar, las características de anclaje de las armaduras, disposiciones de las armaduras, disposiciones de las fábricas armadas respecto de otros elementos estructurales, valores para el cálculo de las resistencias o comportamiento estructural, enfocándose éste cuando las armaduras van colocadas en los tendeles para controlar la fisuración o para dotar a la fábrica de ductilidad, redirigiéndonos una vez analizadas las diferentes solicitaciones a lo que establezca la norma de hormigón (EHE).

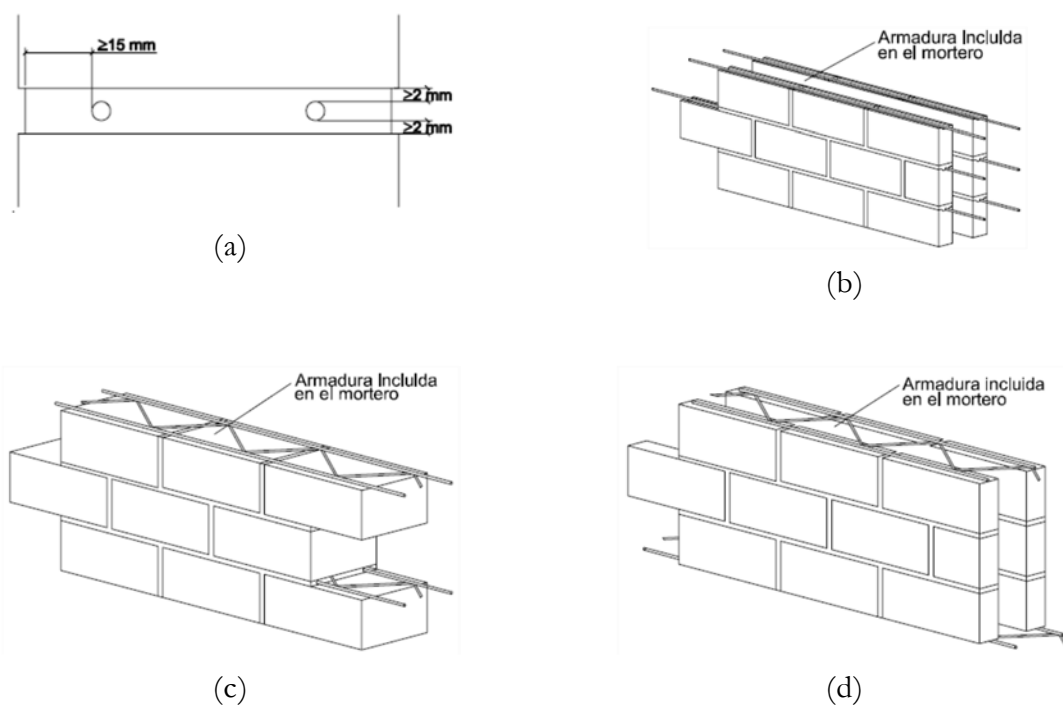


Imagen III.2.5.

Disposición del armado en los tendeles de las fábricas. Las imágenes corresponden a: (a) recubrimiento de las armaduras de tendel (DB SE-F, 2009, p. 7); (b) armadura en tendeles de piezas acanaladas (DB SE-F, 2009, p. 37); (c) armadura en tendeles en fábrica de $\frac{1}{2}$ pie (*ibidem*); (d) armadura en tendeles en fábricas de dos hojas (*ibidem*).

2.4. Fábrica de ladrillo pretensada

Eugène Freyssinet (1879-1962) fue quien desarrolló la tecnología para el hormigón pretensado en la primera mitad del siglo XX, incorporándose a las fábricas de ladrillo en la segunda mitad.

Las primeras actuaciones se realizaron en 1952 para estabilizar puntualmente unos pilares, teniendo que esperar a 1963 para su investigación en las vigas, con el resultado de que el fallo se producía por flexión en lugar de cortante, a diferencia de lo que ocurría en las vigas reforzadas.

A partir de 1979, se intensificó la investigación y su utilización a paredes diafragma, estabilización de muros de gran altura, y muros de contención.

A partir de la década de los años 80, el postensado se utilizó en muros de contención, para reforzar paredes esbeltas de una sola planta frente a la acción de viento, o para estabilizar paredes al empuje de cubiertas. Respecto a la utilización de la mano de obra no tenía que ser necesariamente cualificada para la ejecución de los trabajos.

En la mayoría de los casos, el cable si era pretensado se dejaba suelto, pero si la cavidad donde se encontraba alojado se llenaba de con hormigón o mortero, fijando el cable a la pared, la capacidad mecánica de la pared aumentaba (Imagen II.2.6).

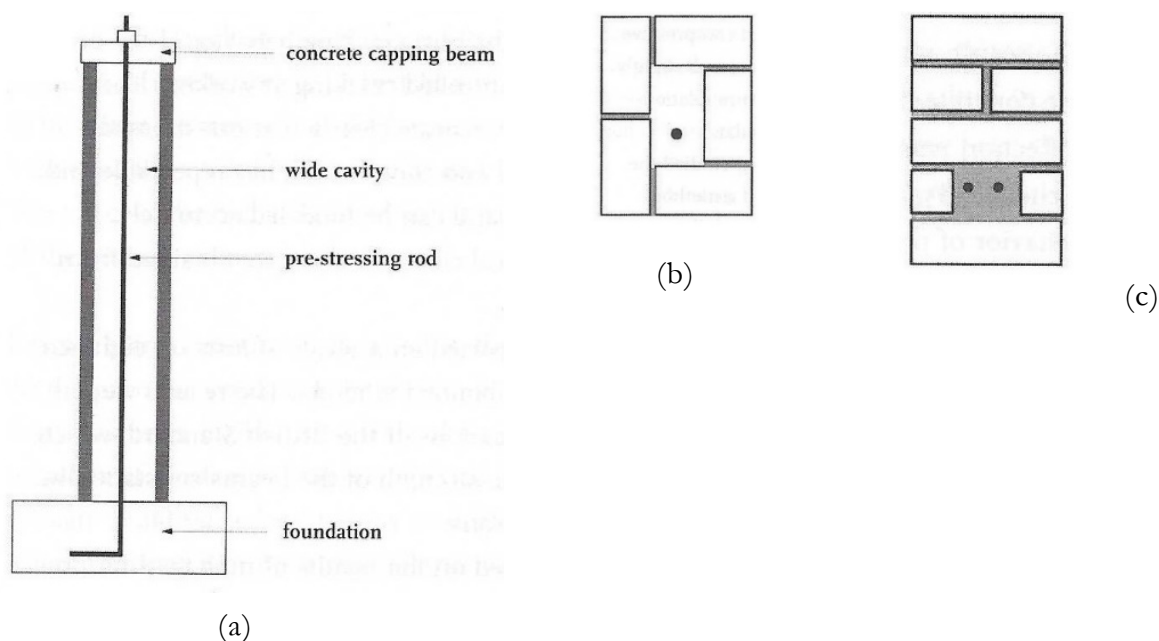


Imagen III.2.6.

Las imágenes corresponden a: (a) sección transversal de un pilar o muro (Anderson, 2004b, p. 2013); (b) tendón no adherido (*ibidem*); (c) tendón adherido (*ibidem*).

PARTE III. 2. Cerámica armada y fábrica amada

La Imagen III.2.7 recoge un ejemplo de la disposición del pretensado en una fábrica según la normativa vigente española del Código Técnico de la Edificación, Documentos Básico Fábricas (DB SE-F).

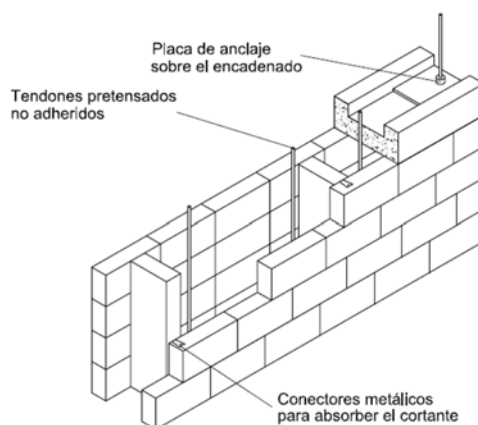


Imagen III.2.7.

Ejemplo de fábrica pretensada en la normativa actual española (DB SE-F, 2009, p. 46).

2.5. Cerámica armada en la obra de Eladio Dieste

Mientras la comunidad científica durante el siglo XX estaba investigando como reforzar y pretensar elementos, revisaba y verificaba resultados de otras investigaciones o redactaba normas, retroalimentándose; proyectistas estructurales como el ingeniero Eladio Dieste, se apartaban de ella, aplicando para sus cálculos las leyes científicas, comprobando el comportamiento de las estructuras en las obras pequeñas, para tomarlas como base, y así, extrapolar resultados para las siguientes obras.

De la Tabla 1 de este capítulo que recoge las primeras obras, se observa la rapidez en la creación de tipologías y que la extrapolación de datos de las obras de condiciones estructurales más modestas a con mayores luces, era una cuestión de trabajar en el modelo y de presentarse una oportunidad para su construcción.

La creación de la bóveda gausa fue inmediata a la fundación de su empresa en 1954. Esta tipología abovedada la creo para cubrir grandes luces transversales sin apoyos intermedios. Entre la obra los de los Depósitos Frugonni que cubren una luz transversal de 22 m, y la Fábrica de electrodomésticos TEM con luz transversal de 43 m, solo hay siete

PARTE III. 2. Cerámica armada y fábrica amada

años de separación, creándose en este tiempo la variante de las bóvedas gausas discontinuas.

Entre la bóveda de directriz catenaria apoyada en vigas y atirantada de la casa Dieste, hasta las bóvedas autoportantes, sin vigas, sin atirantados y con doble volados, del pórtico de entrada del Centro de abastecimientos de Porto Alegre, mediaron nueve años.

Los cerramientos siguieron la misma evolución que las bóvedas, armándose tendeles y pretensándose mediante una armadura vertical dispuesta en la cara interior de la hoja.

Entre el cerramiento ondulado de la iglesia en Atlántida, formado por conoides rectos de 7 m de altura, y el cerramiento ondulado de la iglesia en Malvín formado por dos alturas de conoides rectos, median seis años, y entre las paredes diafragma utilizadas en el Gimnasio de Artigas y la iglesia de Durazno dieciséis años.

De esta Tabla 1, se puede deducir que la cerámica armada en la obra de Dieste consistió básicamente en:

- Cubiertas: utilizar formas geométricas básicas para que el material utilizado, que era el ladrillo, trabajase a compresión, utilizando el armado situado en las juntas de mortero, para darle unidad y para resistir posibles tracciones.
- Cerramientos: utilización preferentemente de los conoides, armándose los tendeles y pretensándose las superficies, para mejorar la resistencia al viento.
- Elementos como pilastras, vigas, dinteles, o losas, se reforzaron y pretensaron para mejorar su comportamiento mecánico, formando parte una tipología superior.

PARTE III. 2. Cerámica armada y fábrica amada

Año	Obra	Características principales
1954-1955	<i>Depósitos Frugoni</i> en Montevideo. Uruguay	– Superficie cubierta: 3.500 m ² – Bóvedas gausas con lucernarios, luz transversal: 22 m
1957	<i>Gimnasio, polideportivo para la Intendencia Municipal de Artigas.</i> Uruguay	– Superficie cubierta: 1.500 m ² – Bóvedas gausas continuas , luz transversal: 26 m – Paredes diafragma
1957	Depósito <i>Fábrica textil A. Jung, S.A.</i> Montevideo. Uruguay	– Superficie cubierta: 4.100 m ² – Bóvedas gausas discontinuas , luz transversal: 25 m
1957	<i>Tanque de agua elevado san Francisco de Las Piedras</i> en Canelones. Uruguay	– Torre – Altura: 32 m
1958-1960	<i>Parroquia Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes</i> en Atlántida. Uruguay	– Superficie cubierta: 500 m ² – Bóvedas gausas , luz transversal: 18,80 m – Paredes conoides , altura: 7 m. Fábricas reforzadas y pretensadas – Torre campanario . Altura 52,5 m. Pilares, dinteles, y losas reforzadas
1959-1960	<i>Garaje para motores Banco de Seguros del Estado</i> en Montevideo. Uruguay	– Superficie cubierta: 2.500 m ² . – Bóvedas gausas discontinuas , luz transversal: 35 m
1960-1962	<i>Fábrica de electrodomésticos TEM S.A.</i> en Montevideo, Uruguay.	– Superficie cubierta: 8.200 m ² – Bóvedas gausas discontinuas ; luz transversal: 43 m, ll= 10,25 m
1961-1963	Casa Dieste en Montevideo, Uruguay.	– Superficie cubierta: 264 m ² – Bóvedas de directriz catenaria , luz transversal: 4,8 m, 6 m
1965	<i>Iglesia Nuestra Señora de Lourdes</i> (sin finalizar). Malvín, Montevideo, Uruguay.	– Superficie cubierta: 8.600 m ² – Bóvedas gausas ; luz transversal: 20 m, Hpresbiterio= 27 m
1965	<i>Silo para fertilizante Fosfato Thomas</i> (1 ^{era} fase) en Montevideo, Uruguay.	– Superficie cubierta: 1.900 m ² – Bóvedas doble curvatura empotradas en el terreno – luz transversal: 30 m, H= 15 m
1965-1966	<i>Garaje Carlos Patrón</i> en Montevideo, Uruguay	– Superficie cubierta: 2.250 m ² – Bóvedas autoportantes , luz transversal: 32 m
1966	<i>Tanque de agua elevado Balneario Las Vegas</i> en Canelones, Uruguay.	– Torre – Altura: 27 m, volumen: 120 m ³
1969-1971	<i>Iglesia de San Pedro</i> en Durazno, Uruguay.	– Superficie cubierta: 800 m ² – Laminas plegadas , luz transversal: 23 m
1969-1972	Entrada <i>Centro de Abastecimiento S.A.</i> , Porto Alegre, Río Grande del Sur, Brasil.	– Bóvedas autoportantes pretensadas , lvoladizo: 16,5 m

Tabla 1.

Evolución de las tipologías formales-estructurales en los primeros años. Subrayado en color

2.6. Conclusiones

En el siglo XX, cuando se empiezan a desarrollar las fábricas de ladrillo con la inclusión de elementos metálicos, la comunidad investigadora comienza a realizar ensayos sobre elementos concretos, como pilares, vigas y muros, para determinar sus propiedades y características.

El proceso laborioso y lento, conllevaba también la elaboración de una normativa específica inexistente.

Mientras tanto ingenieros y arquitectos fuera de los laboratorios, aliaban la cerámica con piezas de hierro o acero, y morteros de cemento u hormigón, avanzando rápidamente en sus formas estructurales y en los procedimientos constructivos que las hacían posible, utilizando como modelos a sus propias construcciones, y aplicando las leyes físicas para sus cálculos.

Notas

¹ Josemaría Churtichaga fecha la primera aplicación en 1813 en una chimenea realizada por el ingeniero Marc Isambard Bunel (2009), sin especificar donde ni qué tipo de actuación.

² En 1933 Lyse, en el núcleo de hormigón de pilares de ladrillo incorporó acero y en 1935 Withey realizó ensayos sobre pilares de ladrillo reforzándolos con armadura longitudinal y cercos, y sin reforzar, concluyéndose que las piezas no reforzadas tenían rotura frágil, mientras las que si lo estaban se producía un agrietamiento vertical y posterior desconchamiento del ladrillo (Pedreschi y Sinha, 2004).

Estas pruebas demostraban el aumento de la ductilidad de las fábricas, utilizándose el armado en los edificios de San Francisco para mejorar su comportamiento frente a los terremotos (Pedreschi y Sinha, 2004).

³ En 1939 Hamman y Burrige y en Reino Unido Thomas y Simms (*Building Research Station U.K.*) experimentaron sobre el armado a flexión y a cortante en vigas, comprobando que el comportamiento era mejor a flexión (Pedreschi y Sinha, 2004).

⁴ En 1932 por Parson, Stang y MacBurney. Años más tarde en 1969, Johnson y Thomson demuestran que el mortero de alta adherencia produce mejores resultados al cizallamiento que los morteros normales (Pedreschi y Sinha, 2004).

⁵ Bradshaw, 1963 en Pedreschi y Sinha, 2004.

⁶ En fase de elaboración en 1992 cuando edita el Dr. Lahuerta su artículo Cálculo de la fábrica armada, en Informes de la Construcción (Lahuerta, 1992).

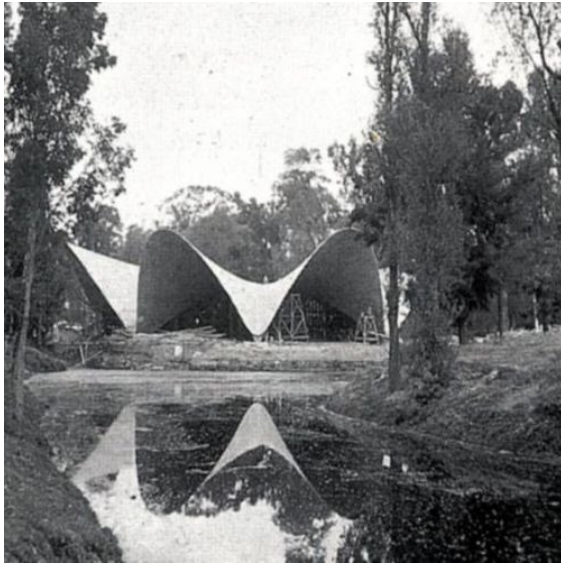
⁷ La normativa española que se aplicaba, según Lahuerta (1992) era la referida a las acciones, fábricas de ladrillo y de hormigón armado relacionadas con la fábrica armada. Normativa existente aplicable (Lahuerta, 1992):

- Normativa europea: Eurocódigo EC6. Parte 1 Proyecto de estructuras de fábrica, propuesta 1988, Comisión de las Comunidades Europeas, Bruselas. Eurocódigo EC6. Parte 1B, Estructuras de fábrica armada, propuesta 1989. Comisión de las Comunidades Europeas, Bruselas.
- Normativa española obligatoria para las fábricas: NBE FL-90 Muros resistentes de fábrica de ladrillo, Real Decreto 1923/1990 (BOE 1990.01.04), Madrid. Pliego RL-88 Recepción de los ladrillos cerámicos, Orden MOPU, 1988.07.27 (BOE 1988.08.03), Madrid. Pliego RC-88 Recepción de cementos, Real Decreto 13, 12/1988 (BOE 1988.11.04), Madrid. Pliego RH 90 Recepción de bloques de hormigón, Orden MOPU 1990.07.04 (BOE 1990. 07.11), Madrid.

-
- Normativa inglesa: BS 5682-1985 Code of practice for the use of masonry British Standards Institution, Londres.
 - Normativa belga: NBN B24-401-1982 Maçonnerie armée. Institut Belge de Normalisation, Bruselas.
 - Otra normativa: Instrucción EH-91 Obras de hormigón en masa o armado, Real Decreto 1039/1991 (BOE 1991.07.03), Madrid. Instrucción EP-80 Obras de hormigón pretensado, Real Decreto 1789/1980 (BOE 1980.09.08) Madrid. Norma AE-88 Acciones de la edificación, Real Decreto 1370/1988 (BOE 1988.11.19) Madrid. Norma sismo resistente PDS -1-1974, Decreto 3290/1974 (BOE 1974.11.21), Madrid.

⁸ Josep M.^a Adell elaboró el Manual Murfor sobre la fábrica armada de Bekaert recogiendo las posibilidades de esta nueva técnica.

Conclusiones y futuras líneas de investigación



(a)



(b)



(c)

Las anteriores imágenes corresponden a obras cuyos autores son coetáneos de Dieste: (a) Restaurante de Xochimilco en Ciudad de México, 1958, de Félix Candela (Candela, 2018¹); (b) Pabellón de la Compañía Sicli, en Ginebra, 1969, de Heinz Isler (Structurae, 2015²); (c) *Agroindustrias Massaro* en Canelones, 1980, de Eladio Dieste (Nómada, 2018³).

¹ Imagen recuperada el 26 de abril de 2021 de <https://unavidamoderna.tumblr.com/post/171725760013/para-comer-felix-candela-1958-restaurante-los>

² ID 242353 © Nicolas Janberg, 22 septembre 2015, License Structurae. Recuperado el 26 de abril de 2021 de <https://structurae.net/fr/ouvrages/batiment-de-la-societe-sicli>

³ Recuperado el 26 de abril de 2021 de <http://nomada.uy/guide/view/attractions/3902>

Conclusiones

1. Parte I. Eladio Dieste, estructura y forma

Los principales promotores de las obras fueron los industriales, la Iglesia católica, la Administración pública y los arquitectos, siendo la principal condición que le imponían que, el coste económico de las construcciones fuese mínimo. Pero esta exigencia lejos de resultar una desventaja fue lo que le impulso para tener que buscar soluciones que terminaron singularizando el proyecto.

Eladio Dieste además de con su socio, el ingeniero Eugenio R. Montañez, trabajó con otros ingenieros, arquitectos y escultores, que tuvieron una activa participación en el desarrollo de sus obras. Los aportes proyectuales, constructivos, estructurales y personales de sus colaboradores hicieron que ganasen en expresividad las estructuras realizadas.

Su obra abarcó programas tan variados como polideportivos, oficinas, estaciones de autobuses, silos, mercados, fábricas, almacenes, centros comerciales, reservorios de agua elevados, torres de comunicación, iglesias y viviendas, siendo todo ello posible por el proceso constructivo creado.

Aunque su producción está enfocada hacia la obra industrial, internacionalmente se le conoce por su arquitectura sacra, compuesta básicamente por dos iglesias situadas en las ciudades de Atlántida y Durazno, y por la inacabada iglesia en el barrio montevideano de Malvín. Esto es debido a que, al comienzo de su carrera se le promocionó como un arquitecto que realizaba principalmente iglesias con técnicas artesanales, extendiéndose esta situación con el tiempo a otros países.

La elección de construir con cerámica armada en lugar de con hormigón armado, además de una razón de eficacia fue también moral, consistiendo esta en el derecho a decidir como quería construir, sin que las corrientes imperantes en la arquitectura y en la

Conclusiones

ingeniería se lo indicasen. Esto conlleva a tener que fundar su propia empresa para llevar a cabo sus realizaciones, y a la invisibilidad por gran parte de la comunidad internacional.

2. Parte II. La cerámica armada de Eladio Dieste

2.1. Los componentes del sistema

Las bases de la cerámica armada son: la geometría, los materiales, los bienes de equipo y la mano de obra.

Las formas estructurales realizadas están pensadas para que el material no se fisure, pero como la lámina estructural cerámica no era un material homogéneo, fue la fina capa del alisado la encargada de proporcionar el revestimiento continuo final que necesitaban las superficies laminares de cubierta. De esta manera consiguió seguir manteniendo en las bóvedas el reducido espesor que le proporcionaba el grueso de la pieza cerámica utilizada.

Las piezas de arcilla cocida -el material autóctono del país-, caracterizan su obra, siendo su producto preferido el ladrillo de campo, de dimensiones, tonalidades y textura heterogéneas.

Los materiales no estructurales, como por ejemplo los vidrios de colores, el ónix, las pinturas de color blanco, o la utilización de escuadrías mínimas para las carpinteras, fueron elegidos meticulosamente para que singularizaran su obra.

Como la cerámica armada fue un material novedoso, también necesitó crear los procedimientos para construir las formas, como: la maquinaria, los medios de ejecución, o los métodos de análisis, poniéndolos al servicio de su creatividad.

El método para pretensar las estructuras, lo diseñó valiéndose de los recursos materiales y humanos disponibles. La cimbra móvil la diseñó como una máquina eficaz, reutilizable y fácil de usar. Conseguir que los procedimientos lograsen los fines para los que habían sido ideados le permitieron independizarse frente a la técnica existente.

Que para realizar sus laminas estructurales de cubierta utilizase formas antifuniculares, con productos prefabricados (ladrillo, barras de acero), que diseñase sus equipos sin tener que importar maquinaria, y la utilización de una mano de obra local, hicieron de la cerámica armada un material competitivo.

2.2. Análisis tipológico y morfológico de las soluciones estructurales

La obra de Dieste se caracteriza por la búsqueda de la forma más eficiente y elegante para que el material cerámico trabaje básicamente a compresión.

Conclusiones

Para singularizar cada obra se sirve de un elemento estructural impactante visualmente, identificándose a la construcción por su estructura. Ejemplo de ello es la iglesia de san Pedro en Durazno por la utilización de láminas plegadas, la iglesia de Cristo Obrero en Atlántida por su paredes onduladas con el máximo vuelo de onda a nivel de la coronación, el Montevideo Shopping Center de Montevideo por su paredes onduladas con el máximo vuelo de onda a mitad de la altura del edificio, el depósito del puerto de Montevideo por sus cubiertas onduladas (bóvedas gausas discontinuas) o la estación Barbieri y Leggire por parecer una gaviota (bóvedas autoportantes de doble volado con un solo pilar central). Esta utilización simbólica de la estructura además de caracterizarla provoca un fuerte contraste en su entorno.

Utiliza superficies laminares suaves, lisas, continuas y sin nervaduras, mostrando la textura desnuda del ladrillo sin tratamiento y los reducidos espesores con los que estaban realizadas a través de sus bordes.

Fue con las bóvedas gausas y las bóvedas autoportantes de doble volado con las que realizo sus propuestas más atrevidas estructuralmente. El idearlas al comienzo de su carrera, y no como resultado de un arduo aprendizaje, muestran su gran capacidad inventiva.

No utilizó maquetas, sino que considero las estructuras ya realizadas como modelos a tamaño natural. En ellas tomaba las medidas necesarias, para seguir desarrollando sus formas.

Creo espacio arquitectónico repitiendo un mismo elemento estructural de cubierta en una edificación, como con la bóveda gausa discontinua en el Pabellón de comerciantes de CEASA-RS, la bóveda gausa continua en la iglesia de Cristo Obrero en Atlántida, o las bóvedas autoportantes en las escuelas rurales del Plan Gallinal.

3. Parte III. Análisis comparativo entre tecnologías coetáneas

3.1. Bóvedas tabicadas y bóvedas en cerámica armada

Aunque Dieste no fue el primero en comprobar la viabilidad cerámica–mortero–acero para realizaciones estructurales, si fue quien le da la relevancia necesaria para convertirlo en un nuevo material compuesto estructural del siglo XX.

Lo que las tecnologías de las bóvedas tabicadas y las realizadas con cerámica armada tienen de común es el material utilizado, y el propósito de conseguir formas esbeltas.

Identificarlas como técnicas diferentes amplía el campo de la construcción, de las estructuras y de la arquitectura.

3.2. Fábrica de ladrillo reforzado. Fábrica armada. Fábrica de ladrillo pretensado.

Cerámica armada

En el siglo XX, cuando se empiezan a desarrollar las fábricas de ladrillo con la inclusión de elementos metálicos, la comunidad investigadora comienza a realizar ensayos sobre elementos concretos, como pilares, vigas y muros principalmente, para determinar su propiedades y características.

El proceso laborioso y lento, conllevaba también la elaboración de una normativa específica inexistente.

Mientras tanto ingenieros y arquitectos, fuera de los laboratorios, aliaban la cerámica con piezas de hierro o acero, y morteros de cemento, avanzando rápidamente en sus formas estructurales y en los procedimientos constructivos que las hacían posible, haciendo uso preferentemente de sus propias construcciones y aplicando las leyes físicas.

4. Conclusión final

Eladio Dieste es un artista estructural que realiza obras eficaces, económicas y bellas con la cerámica armada, el material por él había creado.

Futuras líneas de investigación

Entre los trabajos que podrían tratarse en futuros proyectos:

– Su obra como proyectista y constructor con hormigón armado y pretensado esta sin investigar.

Entre los años 1944 a 1947 estuvo trabajando para la multinacional noruega Christiani & Nielsen, y posteriormente hasta que funda su empresa en 1954 en la Viermond, S.A., compañía de cálculo y construcción creada por Leonel Viera y Luis Mondino.

Leonel Viera (1913-1975) estudio ingeniería civil, aunque no se graduó, siendo especialista en el cálculo tensorial, realizando obras estructuralmente innovadoras en el campo de la arquitectura y de ingeniería civil con Eladio Dieste.

Profundizar en esta etapa de su trayectoria permitiría terminar de estudiar su figura como ingeniero civil, y la influencia que tuvo conocer el proceso constructivo, realizando obras singulares en hormigón armado, con la creación y puesta en obra de la cerámica armada.

– La preocupación por la proporción, la precisión de formas y dimensiones que tuvo Eladio Dieste le llevo incluso a decir «que la diferencia entre una nariz larga y una corta es de milímetros» (Eladio Dieste en Jiménez, 1996, p. 271). De la documentación con que se ha trabajado con esta tesis doctoral se desprende que obras como las viviendas de su hermano Saul, la suya propia o la iglesia de Atlántida, se proyectaron siguiendo las indicaciones del *Modulor* de Le Corbusier, no solo en el diseño de espacios sino en la proporción con las que diseño las formas estructurales.

– Las bóvedas realizadas en cerámica armada en otros países sin el tutelaje directo de la compañía Dieste & Montañez les falta la esbeltez que caracterizan a las obras en las que esta intervino directamente.

Futuras líneas de investigación

En las secciones estudiadas de las nuevas bóvedas destaca como la capa de alisado de escaso espesor, cuya función estaba enfocada a un revestimiento para proteger a las láminas estructurales cerámicas del agua de lluvia, pasa a ser una lámina estructural mixta con el ladrillo.

Que esto sea debido a que calcular con hormigón armado no ofrezca las dificultades a hacerlo solo con cerámica o a que la normativa existente en los diferentes países obliguen a la utilización de determinados espesores para la protección de las armaduras de la lámina armada, o a otra toma de decisiones por parte de los proyectistas que ahora desconozco, volvería a abrir el estudio de si las obras de ingeniería, al igual que las de arquitectura, se pueden reutilizar en diferentes territorios y en distintas épocas para las que han sido creadas.

Conclusiones



El Maestro y yo. Montevideo, 1995.

Bibliografía

- Adell, J. M. (1991). La fábrica armada, un nuevo material arquitectónico. Trabajo presentado en la I Jornada Nacional Aplicaciones arquitectónicas de los materiales compuestos y aditivados, 281-300. Madrid. Recuperado de http://www.allwall.es/_pdf/3_1_1_2_11_1_La_fabrica_armada_Un_nuevo_material_arquitectonico.pdf.
- (1992). Razón y ser de la fábrica armada. *Informes de la Construcción*, 421(44), 17-26. Recuperado de <https://doi.org/10.3989/ic.1992.v44.i421.1310>
- (1992). Arquitectura e investigación con fabrica armada. *Informes de la Construcción* 421(44), 55-69. Recuperado de <https://doi.org/10.3989/ic.1992.v44.i421.1314>
- (1992). Las bóvedas de la Atlántida. *Informes de la Construcción* 421(44), 113-123. Recuperado de <https://doi.org/10.3989/ic.1992.v44.i421>
- (1996). La fábrica armada y la fachada contemporánea. *NA: nueva arquitectura con arcilla cocida*, 4, 53-80. ISSN 1135-3384 Recuperado de <http://oa.upm.es/45682/>
- (2005). La concepción constructiva de las fábricas: menos es más. *Informes de la construcción*, 56(495), 5-9. Recuperado de <https://doi.org/10.3989/ic.2005.v56.i495>
- Adell, J.M. y Roselló, G. (2003). La importancia de la fábrica armada en la fachada contemporánea. *Tectónica: monografías de arquitectura, tecnología y construcción*, 15, 36-41.
- Adell, J.M. y García A. (2005). Gaudí y las bóvedas de las escuelas de la Sagrada Familia. *Informes de la construcción*, 56(496), 31-45. Recuperado de <https://doi.org/10.3989/ic.2005.v56.i496>
- Adell, J.M. y Lauret, B. (2005). El sistema de albañilería integral AllWall con BHH/BLOC+. *Informes de la construcción*, 56(495), 33-43. Recuperado de <https://doi.org/10.3989/ic.2005.v56.i495>

Bibliografía

- Adell, J.M. y Mas-Guindal, A.J. (2005). Eladio Dieste y la cerámica estructural en Uruguay. *Informes de la construcción*, 56(496), 13-23. Recuperado de <https://doi.org/10.3989/ic.2005.v56.i496>
- Adell, J.M. y Rolando, A. (2005). Luis Moya y las bóvedas tabicadas en la posguerra española. *Informes de la construcción*, 56(496), 25-29. Recuperado de <https://doi.org/10.3989/ic.2005.v56.i496>
- Adell, J.M. y Vega S. (2005). La fachada contemporánea: cerramientos tipo. *Informes de la construcción*, 56(495), 13-31. Recuperado de <https://doi.org/10.3989/ic.2005.v56.i495>
- Ado, E. y Jorcin, N. (2012). *Colegio La Mennais* (Tesina). Instituto de Historia de la Arquitectura. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Universidad de la Republica (Uruguay). Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12008/1881>
- Alcalde, F. (2015, 10 noviembre).. *Arte y matemáticas. Matemáticas en imágenes*. Eladio Dieste, la forma y la materia. Recuperado de <https://fernandoalcalde.wordpress.com/2015/11/10/eladio-dieste-la-forma-y-la-materia/#Dieste1>
- Allen, E. (2004). Guastavino, Dieste, and the two revolutions in masonry vaulting. En S. Anderson (Ed.), *Eladio Dieste. Innovation in Structural Art* (pp. 66-75). New York: Princeton Architectural Press.
- Álvarez, A. (2000). Rafael Dieste. *Boletín Académico Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Coruña*, 24, 104-111. Recuperado de <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/5322>
- Álvarez Lay, A.C. (2005) *Estructura laminar de cerámica armada en la arquitectura de Río Grande do Sul, Brasil* (Tesis doctoral). Universidad de la Coruña.
- Álvarez, F. (2011). La conservación del patrimonio histórico moderno. Entre la regla y la excepción. *Vitruvius, Arquitectos*, 11 (130.05), mar. 2011. Recuperado de <https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitectos/11.130/3788>
- Álvarez, F. y Roig, J. (Eds.). (1996). *Antonio Bonet Castellana 1913-1989*. Barcelona: Actar, Colegio de Arquitectos de Cataluña.
- 1999. Antonio Bonet Castellana. Clásicos del Diseño. Santa & Cole Ediciones de Diseño S.A., Centre d'Estudis de Disseny, Edicions UPC.
- Anderson, S. (Ed.) (2004a). *Eladio Dieste. Innovation in Structural Art*. New York: Princeton Architectural Press.
- Anderson, S. (2004b). Dance without effort or fatigue: the architecture of Eladio Dieste. En S. Anderson (Ed.), *Eladio Dieste. Innovation in Structural Art* (pp. 32-41) New York: Princeton Architectural Press.

Bibliografía

- (s.f.). Un innovador de estructuras. Transar cuando no hay más remedio. *El País digital*. Recuperado el 22 de septiembre de 2020 de historico.elpais.com.uy/especiales/eladio_dieste/6.asp
- (s.f.). La iglesia de Durazno. Logro arquitectónico a nivel mundial. *El País digital*. Recuperado el 12 de abril de 2021 de https://historico.elpais.com.uy/especiales/eladio_dieste/2.asp
- Anderson, S., Arana, M., De Giorgi, M., Frampton, K., Herreros, J., Kohen M., Neto, E., Nordenson, G., Jiménez; A. y Zamora, H. (2006, julio-agosto). Dieci ideas su Dieste. *DOMUS*, 894. 102-111.
- Antonio Bonet. Homenaje en el Centenario de su nacimiento (2013, 12 agosto). Recuperado el 13 enero 2019 de <http://arquitectobonet.blogspot.com/>
- Antuña, J. y de las Casas, A. (1999, diciembre). Eduardo Torroja: ingeniero y constructor. *Revista de Obras Públicas*, nº 3393, pp. 7-14. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/39576844_Eduardo_Torroja_Engineer_and_Constructor
- Antuña Bernardo, Joaquín. (2002). Las estructuras de edificación de Eduardo Torroja Miret (Tesis doctoral). Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de http://oa.upm.es/1348/1/JOAQUIN_ANTUNA_BERNARDO.pdf
- Arana, M. (1980). Montevideo, la ciudad que nos duele. La actitud testimonial del Ing. Dieste. *DANA* (10), 56-58.
- (1980). Más allá de la técnica. *Summarios*, 45, 74-83.
- Ares, O. M. (2013). Estrategias espaciales en la arquitectura de Bonet Castellana. *DC papers. Revista de crítica y teoría de la arquitectura*, 25-26, 96-103. DOI: 10.5821/dc.25-26.2773
- (2014). La modernidad en Bóveda. Bonet Castellana (1913-1972). Trabajo presentado en el *I Congreso Pioneros de la Arquitectura Española: Vigencia de su pensamiento y obra*, 38-48. Madrid. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5599480>
- Arnaldos, A. (2014). Antonio Bonet Castellana, Le Corbusier y la bóveda catalana: forma y orden. *Dearq Revista de Arquitectura/Journal of Architecture*, 14, 122-135. Universidad de Los Andes. Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://doi.org/10.18389/dearq14.2014.10>
- Arquitectos Lavila. (2021). Iglesia parroquial de San Juan de Ávila en Alcalá de Henares (en colaboración con Eladio Dieste). Recuperado de <http://www.arquitectoslavila.com/obras-y-proyectos/nueva-planta/iglesias-y->

Bibliografía

- centros-parroquiales/
- Aroca Hernández-Ros, R. (2005). *Funiculares*. Madrid: Cuadernos del Instituto Juan de Herrera de la Escuela de Arquitectura de Madrid. UPM. http://oa.upm.es/1502/1/MONO_AROCA_2002_03.pdf
- Aroca, E. y López, J.M. (2012). Surrealismo y bóvedas en la arquitectura moderna. Le Corbusier y Bonet Castellana en torno a Gaudí. Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado de: <https://repositorio.upct.es/handle/10317/3278>
- Así es la Historia. (2019). El año de Eladio Dieste en el MOMA de Nueva York. Montevideo. Uruguay. El País digital. Recuperado el 4 de abril de 2021 en http://historico.elpais.com.uy/especiales/eladio_dieste/1a.asp
- Battegazzore M. (1999). J. Torres García - La trama y los signos. Montevideo: Impresora Gordon S. A.
- Baldassari, D., Cueto, G., Fadigati, M., González N., Keuerk, M., y Papa L. (s.f.) *Cerámica Armada – Eladio Dieste – Fábrica TEM. Montevideo. Uruguay*. Recuperado el 2 septiembre de 2020 en http://www.construccion32008.weebly.com/uploads/5/3/6/3/536327/g01_ceramica_armada.pdf
- Baldellou, M.A. 1978. La obra de Bonet en la arquitectura española. En *La obra de Antonio Bonet*, (pp. 77-130). Buenos Aires: Ediciones Summa. Recuperado de <http://oa.upm.es/46030/>
- Barrasa Antón, G. (2019). *Eladio Dieste: figura y pensamiento a través de su arquitectura sacra* (Trabajo Fin de Grado). E.T.S. Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de <http://oa.upm.es/56930/>
- Basset Salom, L. (2013). Estructuras laminares. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10251/30402>
- Bayón, D. y Gasparini, P. (1977). *Panorámica de la arquitectura latino-americana*. Barcelona: UNESCO y Blume. Recuperado de https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000021552_spa/PDF/021552spab.pdf. multi
- Beaudouin, L. (2013a). *Dieste structure de l'espace*. Recuperado el 10 de febrero de 2018 de <http://www.beaudouin-architectes.fr/2013/10/dieste-structure-de-lespace/>
- (2013b). *Dieste l'art de la voute*. Recuperado el 10 de febrero de 2018 de <http://www.beaudouin-architectes.fr/2013/10/enseign-lart-de-la-voute/>

Bibliografía

- (2013c). *Eladio Dieste Atlántida*. Recuperado el 10 de febrero de 2018 de <http://www.beaudouin-architectes.fr/2013/10/eladio-dieste/>
- Benítez, E. (21 de noviembre de 2016). Casa Berlingieri Antonio Bonet_Sandra Benítez. Recuperado de https://issuu.com/elizabethbenitez2/docs/referente_latino_americano_casa_ber
- Berreta Zeballos, F. y Rodríguez Sopena, K. (2019). *Análisis teórico y experimental de una estructura de mampostería reforzada de Eladio Dieste: Iglesia de Cristo Obrero* (Tesis de grado). Universidad de la República Uruguay. Recuperado de [https://hdl.Handle.net/20.500.12008/21764](https://hdl.handle.net/20.500.12008/21764)
- Billington, D.P. (2013). *La torre y el puente. El nuevo arte de la ingeniería estructural*. Versión en castellano, Payá, I., Sánchez R. y Jorquera J.J. Madrid: Cinter Divulgación Técnica.
- Birriel, B., Gutiérrez, C.M., Cáceres, M. (2015). Leonel Viera Ríos: un aporte significativo y trascendente a la ingeniería civil del siglo XX. *Cuadernos del CLAEH*, 101 (34), 165-183. Recuperado de <http://publicaciones.claeh.edu.uy/index.php/cclaeH/article/view/120/119>
- Bonet Castellana, A. y C.R.C.-Galería de Arquitectura. (1987). *Antonio Bonet y el Río de la Plata*. Catalogo publicado con motivo de la exposición celebrada en mayo y junio de 1987 en Barcelona. Barcelona: C.R.C.- Galería de Arquitectura
- Bonta, J. P. (1963). *Eladio Dieste. 8 Arquitectos americanos contemporáneos*. Buenos Aires: Instituto de Arte Americano e Investigaciones Estéticas.
- Boston Public Library [1]. (2006) Guastavino tile vaults under entrance vestibule, construction of the McKim Building. E.F. Stevens, fotografo. Archivo: 06_03_000082. T.R. Cab. 5.4 Vol. 1. Fecha fotografía 1889, 10 julio. Colección Trustees'Library. Flickr. Recuperado de https://www.flickr.com/photos/boston_public_library/2387506345/
- Boston Public Library [2]. (2006) Guastavino tile arches and buttresses in entrance hall, construction of the McKim Building. Archivo: 06_03_0000162. T.R. Cab. 5.4 Vol. 2. Fecha fotografía 1890, 26 marzo. Colección Trustees'Library. Flickr. Recuperado de https://www.flickr.com/photos/boston_public_library/2387528845/in/photostream/
- Brizuela de Seadi, M.^a L. (2019). *Por una arquitectura moderna "gaúcha": aproximación constructiva y estudio de conservación del mercado CEASA/RS. Porto Alegre, Brasil* (Trabajo Fin de Máster). Recuperado en <http://hdl.handle.net/10251/131734>
- Brufau, R. (1999). Las bóvedas gausas. *Revista DPA*, (15), 18-25.

Bibliografía

- Bustamante, P. (2010). *Mi Grand Tour*. Recuperado el 20 de septiembre de 2020 de <http://migrandtour.blogspot.com/2010/04/creo-en-dieste-arquitecto-ingeniero.html>
- Bullrich, F. (1969a). Nuevos caminos de la arquitectura latinoamericana. Serie Nuevos caminos de la arquitectura. Barcelona: Blume.
- Bullrich, F. (1969b). *Arquitectura latinoamericana, 1930-1970*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Cabeza, J.M. y Almodóvar; J.M. (2000). Las bóvedas de cerámica armada en la obra de Eladio Dieste: Análisis y posibilidades. Trabajo presentado en el *Tercer Congreso Nacional de Historia de la construcción (1)*, 135-142. Sevilla.
- Calvi, G.M. (1992). Cálculo de estructuras de fábrica armada contra el sismo. *Informes de la Construcción* 421(44), 95-101. Recuperado de <https://doi.org/10.3989/ic.1992.v44.i421>
- Candela, F. (2018). Una vida moderna. 187 notes. Recuperado el 26 e abril de 2021 de <https://unavidamoderna.tumblr.com/post/171725760013/para-comer-felix-candela-1958-restaurante-los>
- Casa Berlingieri, Punta Ballena. Uruguay. Arquitecto Antonio Bonet (1960). *Cuadernos de Arquitectura*, 42, 18-19. Colegio Oficial de Arquitectos de Cataluña y Baleares. Recuperado de <https://www.raco.cat/index.php/CuadernosArquitectura/article/view/109537>
- Carabí, G. y Boix M.M. (2016). Tres opiniones sobre le Corbusier: Nicol, Benet y Lacasa [Entrada en blog]. *D´arquitectura i d´afeccions de arquitectura y afecciones from architecture and affection*. Recuperado de <https://dearquitecturayafecciones.wordpress.com/2016/09/20/tres-opiniones-sobre-le-corbusier-nicol-benet-y-lacasa/>
- Caraballo, C. (2015). La obra de Eladio Dieste. El reto del expediente para su inclusión en la Lista del Patrimonio Mundial. *Cuadernos del CLAEH*, 34(102), 249-265. Recuperado de <https://publicaciones.claeh.edu.uy/index.php/cclaeh/article/view/196/166>
- Caraballo, C. (Coord.). (2017). Iglesia de la Parroquia de Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes. Estación Atlántida, Uruguay. Ingeniero Eladio Dieste Saint Martin. Plan de Conservación y Manejo. Ministerio de Educación y Cultura. Comisión del Patrimonio Cultural de la Nación. Intendencia de Canelones. Uruguay. Recuperado el 20 septiembre 2020 de https://www.getty.edu/foundation/pdfs/kim/comision_del_patrimonio_cultural_de_la_nacion_management_plan.pdf

Bibliografía

- Carbonell, G. (1987). *Eladio Dieste. La Estructura Cerámica*. Colección Somosur, tomo I. Bogotá: Facultad de Arquitectura Universidad de los Andes Colombia, School of Architecture University of Miami USA, ESCALA Colombia.
- Cassinello, M.J. (Ed.). (2010). *Félix Candela, centenario: la conquista de la esbeltez*. Madrid: Fundación Juanelo Turriano, Universidad Politécnica de Madrid.
- Cassinello, F. (1996). *Construcción: hormigonería*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, Editorial Rueda.
- Castañón, Fariña F.J. (2018). *Invention in the Architectural Project* (Tesis doctoral). Universidad de Granada. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10481/51157>
- Chias, P. y Abad, T. (2005). *Eduardo Torroja. Obras y proyectos*. Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, CSIC, Asociación de Miembros de Instituto Eduardo Torroja, Fundación Eduardo Torroja.
- Churtichaga, J. (2009). *Cerámica armada una investigación construida*. Ayr Press. Recuperado el 17 de mayo de 2021 de https://issuu.com/ayrpress/docs/091002_trabajo_tutelado_r/7
- Clemente, C. (2014). Escuela de Arte Cristiano: Las artes en la Liturgia del Templo. *Chiesa Oggi* 95. Recuperado el 6 de julio de 2014 de <http://www.dibaio.com/cultura/redazionale/bellezza-arte-architettura-liturgia/carlos-clemente---escuela-de-arte-cristiano-las-artes-en-la-liturgia-del-templo.aspx>.
- Clemente, C. y La Hoz, J.D. (1998). Iglesia de san Juan de Ávila en Alcalá de Henares, Dieste en España. *Ars Sacra*, (7), 8-35.
- Clemente, C. y Marín, A. M^a. (1996). Planta de Química Fina. Campus de la Universidad de Alcalá. *NA Nueva arquitectura con arcilla cocida*, 4 octubre. 6-12.
- Club Remeros Salto. (2020). *Historia del Club*. Recuperado el 19 de septiembre de 2020 de <https://clubremerosalto.com/institucional/historia-del-club.html>.
- COAC Arquitectos (2017). *Eladio Dieste: la estructura cerámica. Conferencia (01.12.2016)*. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=64HQCnWl6JU>
- Cobas, M. (2012). Dieste Redux. Máquinas hacia un orden tectónico infraestructural. *PLOT*, 10, 210-215. Recuperado de <https://issuu.com/revistaplot/docs/plot10/22>
- Colombeia TV-Oficial. (2015). Colombeia TV- *Las casas más sencillas 'Eladio Dieste'*. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=QcHTG2ytkOk&t=824s>.
- Collins, P. (1981). *Los ideales de la arquitectura moderna; su evolución (1750-1950)*. Barcelona: Editorial. Gustavo Gili, S.A.

Bibliografía

- Coloniaya.com. (2017). La planta industrial de Fagar ubicada en los Cerros de San Juan fue declarada desde ayer como Monumento Histórico Nacional. Colonia ya. Recuperado de <http://www.coloniaya.com/noticia.php?id=26749>
- Comisión centenario Ing. Eladio Dieste. Sitio web creado el 2 de septiembre de 2017. Recuperado de www.facebook.com/Ingenieroeladiodieste/
- Comunicaciones Intendencia Florida. (12 noviembre 2019). Escuela Departamental de Tránsito en La Macana. Recuperado el 8 abril de 2021 <https://comunicacionesidf.home.blog/2019/11/12/escuela-departamental-de-transito-en-la-macana/>
- Cordero Toral, J.F. Arquitectura de un futuro pasado. Estudio comparativo entre sistemas constructivos de bóvedas y láminas. Universidad Politécnica de Valencia Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/48040/Memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Crespo Cabillo, I. (2005). *Control grafico de formas Superficies en transición* (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Cataluña. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10803/6559>
- Cubria, N. (1980). Algunas reflexiones a propósito de la obra de Eladio Dieste. *Summarios*, 45, 102-112.
- Daguerre, M. (2003). *Eladio Dieste 1917-2000*. Milán: Mondadori Electa S.p.a.
- De la Hoz, J.D, y Clemente, C. (1998). La construcción con cerámica armada. Iglesia de san Juan de Ávila, en Alcalá de Henares España. *Informes de la Construcción*, 49(453), 41-53. Recuperado de <https://doi.org/10.3989/ic.1998.v49.i453.919>
- Demaría, L. (1992). Eladio Dieste. Una búsqueda sensible y lógica. *Revista SCA*, 161, noviembre-diciembre, 85-99.
- Departamento de Proyectos Arquitectónicos. (1999). Dieste. *Revista DPA*, (15). Recuperado de <https://revista.dpa.upc.edu/ARCHIVO/DPA15/dpa15.html>
- Desde la costa tv. (2016). Arq. Ciro Caraballo Obra de Eladio Dieste Patrimonio de la Humanidad. Recuperado el 11 de abril de 2017 en <https://youtu.be/KWPQAarjzPw>
- Destino Florida. (2016). Escuelas del Plan Gallinal con prototipo Dieste, por el Ing. Marcelo Sasson. Recuperado en <https://www.youtube.com/watch?v=2jB1jI4qAtY>
- Días, C. E. (1999). Mercado Central de Porto Alegre. En *DPA, Documents de Projectes d'Arquitectura*, 15, *Dieste* (pp. 32-37). Barcelona: Departamento de Proyectos Arquitectónicos, UPC.
- Diehl, K.L. (1990). Eladio Dieste – a revolution in brick architecturs. *Ziegelbau Ziegelindustrie International, Brick and Tile Industry International* 43(6), 326-333.

Bibliografía

- Diehl, K.L. (1991). Reinforced brick shells for large-span roofs. Revolution im Ziegelbau *Ziegelindustrie International, Brick and Tile Industry International* 44(9), 482-486.
- Diehl, K.L. (1992). Die bewehrten Ziegelschalen von Eladio Dieste. *Bautechnik* 69(6), 314-321.
- Diehl, K.L. (1992). Sanft gewellt wie die Huegellandschaft Uruguays. Eladio Dieste armierte Ziegelschalen. *Daidalos*, (43), 76-85.
- Diehl, K.L. (1992). Lateinamerikanische Zieglerarchitektur als Ausdruck des eigenständigen Weges und als Abgrenzungsversuch, zur Architektur der hochindustrialisierten Länder. *Ziegelschalen Internacional* 45(1), 1659-1669. Recuperado de <http://www.hms.civil.uminho.pt/ibmac/1991/1659.pdf>
- Dieste, E. (1961). Iglesia en Montevideo. Templo parroquial de Atlántida. *Informes de la construcción. Vol 13, No 127*. 43-56. DOI: 10.3989/ic.1961.v13.i127
- (1961). Église paroissiale d'Atlántida, Montevideo, Uruguay. *L'Architecture d'Aujourd'hui*, (96), 88-89.
- (1961). Church at Atlántida, Uruguay. *The Architectural Review*, CXXX(775), 173-175.
- (1961). Church at Atlántida, Uruguay. *Kokusai Kentiku*, (28), 54-55.
- (1962). Church at Atlántida. Brick shell construction. *Progressive Architecture*, (43), 160-166.
- (1973, diciembre). Acerca de la cerámica armada. *Summa* (70), 45-54.
- (1975, enero). Acerca de la cerámica armada. *SUMMA* (85), 43-51.
- (1980a). Arquitectura y construcción. *Summarios* (45), 74-84.
- (1980b). La inevitable invención tecnológica. *Summarios* (45), 93-95
- (1985a). Depósito Julio Herrera y Obes del puerto de Montevideo. *Obradoiro: revista de arquitectura y urbanismo* (11), 20-22.
- (1985b). *Pandeo de láminas de doble curvatura*. Montevideo: Ediciones de la Banda Oriental, S.R. L.
- (1985c). *Cascaras autoportantes de directriz catenaria sin tímpanos*. Montevideo: Ediciones de la Banda Oriental, S.R. L.
- (1987a). Proyecto del puente sobre el arroyo Toledo. *Summa Temática*, 19, junio, 48.
- (1987b). Estación de Omnibus en Salto. *Summa Temática*, 19, junio, 49.
- (1990a). Estética y diseño en ingeniería. *Basa*, 11, 7-21.
- (1990b). La iglesia Atlántida. *Basa*, 11, 22-29.
- (1994, julio). Depósito Julio Herrera y Obes. *ELARQA, Arquitectura & Diseño* IV(10), 36-37.

Bibliografía

- (1995). Entrevista a Eladio Dieste. *ELARQA, Arquitectura & Diseño, Año V, Número 15, Setiembre*. 14-17.
- (1998a). Iglesia en Montevideo. Templo parroquial de Atlántida. *Informes de la construcción*. 50(456-457). DOI: 10.3989/ic.1998.v50.i456-457.
- (1998b). Un continente sumergido. *A&V*, 69-70, 164-167.
- (1998c). Las tecnologías apropiadas y la creatividad. En R. Gutiérrez (Coord.), *Arquitectura latinoamericana en el siglo XX* (pp. 41-51). España: Lunwerg Editores, S.A.
- Dieste, E. (1998d). San Juan de Ávila en Alcalá de Henares, Alcalá de Henares, España. En *Arquitectura e Ingeniería Civil, I Bienal Iberoamericana* (pp. 72-73). Madrid: Electa España
- (2008). Casa Dieste, Montevideo, Uruguay. *AV: Monografías*, 132, 105-116.
- (2011). *Escritos sobre arquitectura*. Montevideo: Irrupciones Grupo Editor.
- Dieste, E. y Barthel, R. (2001). *Eladio Dieste: Form und Konstruktion*. Darmstadt: Das Beispiel GmbH.
- Dieste, E., Clemente, C., de la Hoz, J.D. y de la Quinta, J.L. (1997). Tres obras de Eladio Dieste: Iglesia en los Olivos, Mejorada del Campo, Iglesia en Alcalá de Henares. Madrid. *NA: nueva arquitectura con arcilla cocida*, 5, 29-36.
- Dieste, E. y González, C. (1996). *Architettura, partecipazione sociale e tecnologie appropriate*. Milán: Jaca Book.
- Dieste, E. y Montañez, E. (1985). *Bóvedas arco de directriz catenaria en cerámica armada*. Montevideo: Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe ROSTLAC. Recuperado el 24 de septiembre de 2020 de <https://vdocuments.mx/bovedas-de-arco-de-directriz-catenaria-en-ceramica-armada.html>
- Dieste y Montañez S.A. Empresa de Ingeniería y Arquitectura (s.f.). Recuperado de <http://dieste.com.uy/empresa.html>
- Dieste, E. y Odriozola, M.A. (1998). Fábrica Fagar, Paraje San Juan, Uruguay. En *Arquitectura e Ingeniería Civil, I Bienal Iberoamericana* (pp. 110-111). Madrid: Electa España
- Dieste, E. y Otto, F. (1996). *Eladio Dieste, Frei Otto. Esperienze di architettura: generazioni a confronto*. Milan: Skira.
- Dieste, Esteban. (2015). Iglesia de Atlántida. Testimonio de su desprotegida existencia. Recuperado el 16 noviembre de 2019 de <http://www.fadu.edu.uy/eladio-dieste/files/2015/08/Iglesia-de-Atl%C3%A1ntida-Arq.-Esteban-Dieste.pdf>
- Dieste, R. (1985). *La Isla. Tablas de un naufrago*. Barcelona: Anthropos Editorial del Hombre

Bibliografía

- Dossier Taller de Arquitectura Castillo de Molina de Aragón Eladio Dieste, Julio-septiembre 1993 La Ciudad del Saber, Ciudad, Universidad y Utopía 1293-1993. (julio 1993). V Conferencia Internacional sobre Conservación de Centros Históricos y Patrimonio Edificado Iberoamericano. Consejo Académico Iberoamericano.
- Duque; K. (2013). Clásicos de Arquitectura: Iglesia San Pedro/Eladio Dieste. *Plataforma Arquitectura*. Recuperado el 19 de septiembre de 2020 de <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-317039/clasicos-de-arquitectura-iglesia-san-pedro-eladio-dieste-2>
- Echeverría Valiente, E. (2005). El Campus universitario de Alcalá de Henares: análisis y Evolución (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid. <http://oa.upm.es/2668/>
- Eduardo Dieste*. (2017). Anáforas. Biblioteca digital de autores uruguayos, Seminario de Fundamentos Lingüísticos de la Comunicación, Facultad de Información y Comunicación, Universidad de la República de Uruguay. Recuperado en http://www.autoresdeluruguay.uy/biblioteca/eduardo_dieste/doku.php?id=presentacion
- Elliott, J. R. (2019). *Eladio Dieste's modern religious architecture: innovation through form, program, and artistic inspiration at the churches of Cristo Obrero and San Pedro* (Master of Arts). Recuperado el 10 de noviembre de 2019 de search.proquest.com/openview/904c56cb6e687d221e129be359be67f7/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y
- El Observador. (2017). Tras los muros de Eladio Dieste. Recuperado en <https://www.youtube.com/watch?v=d1h7N5XHNBU>
- Enciclopedia Libre del Uruguay. (2021). Fagar, Refrescos del Uruguay. Fandom. Recuperado de <https://uruguay.fandom.com/es/wiki/Fagar#>
- En Perspectiva. (2017). *Vida y obra de Eladio Dieste, a 100 años de su nacimiento*. Recuperado en https://www.youtube.com/watch?v=FEZ38pTZ_wg
- Enfoque Regional TV. (2019). *Eladio Dieste- La simpleza del ingenio*. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=E77WvazdqAs&t=1376s>
- Equipo Docente. (2019). Eladio Dieste: obras en España. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Universidad de la Republica, Montevideo, Uruguay. Recuperado de https://issuu.com/equipodocente/docs/da_rocha_mauricio_-_pc
- Erdélyi, L. (s.f.). Con Olimpia Torres 'Eladio era tímido'. *El País digital*. Montevideo. Recuperado el 7 de agosto de 2017 de http://www.elpais.com.uy/especiales/eladio_dieste/5.asp.

Bibliografía

- Esteban Maluenda, A. (2016). *La arquitectura moderna en Latinoamérica: antología de autores, obras y textos*. Barcelona: Editorial Reverté.
- Fernández, L. y Pérez, V. (2000). Eladio Dieste. Artigas, 1917- Montevideo, 2000. *Arquitectura Viva*, 72, 83.
- Fernández Alba, A., Freyssinet E., Guyon F. y Rui-Wamba J. (2003). *Eugène Freyssinet un ingeniero revolucionario*. España: Fundación Esteyco. Recuperado de <https://www.esteyco.com/wp-content/uploads/2017/02/eugene-fressynet.pdf>
- Fernández Ordoñez, J.A. (1978). Eugène Freyssinet. *Revista de Obras Públicas* 125(3156), 267-275 Recuperado de http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/1978/1978_abril_3156_04.pdf
- Fernández Ordóñez, J. A. (1979). *Eugène Freyssinet*. Barcelona: Sociedad Cooperativa Industrial de Trabajo Asociado, Grupo 2 C.
- Fernández-Ordóñez, D. (2018). Eugène Freyssinet: I was born a builder. Trabajo presentado en el *Tagungsband 28. Dresdner Brückenbausymposium*, 101-126, Dresde. Recuperado de https://tu-dresden.de/bu/bauingenieurwesen/imb/das-institut/veranstaltungen/DBBS/28._DBBS
- Ferreira, H. (2018). *Entrevista al Ing Marcelo Sasson Discípulo de Dieste*. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=sMZOkRU8Lqs&t=2338s>
- Fotos antiguas (2014). Las Escuelas de la Sagrada Familia. Recuperado el Visitada el 16/01/2019 de <http://viejas-fotos.blogspot.com/2014/11/las-escuelas-de-la-sagrada-familia.html>.
- Fuentes González, P., Gil Crespo I.J., Huerta Fernández S., Martín Jiménez C. y Redondo Martínez, E. (2014). *Bóvedas sin cimbra: la construcción tabicada. Memoria académica del taller experimental de historia de la construcción del curso 2013/2014*. Madrid: Instituto Juan de Herrera y Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.
- Fundación Le Corbusier. Recuperado de <http://www.fondationlecorbusier.fr/corbuweb/default.aspx>
- Galafel González, J. (2011). *Estudio de elementos de fábrica por superficies antifuniculares* Trabajo de investigación tutelado). Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de Dieste, E. (2011). *Escritos sobre arquitectura*. Montevideo: Irrupciones Grupo Editor.
- Galindo-Díaz, J.A. (2018). Láminas cilíndricas en la arquitectura colombiana del siglo XX. *Revista de Arquitectura* 20(2), 36-50. Recuperado de <http://orcid.org/0000-0001-8407-8347>

Bibliografía

- Galindo, J., Salazar, C y Henao, L. (2018). Cubiertas laminares en cerámica armada: los aportes del ingeniero Guillermo González Zuleta (Colombia, 1947-1962). *Informes de la Construcción*, 551, Vol. 70. Recuperado de <https://doi.org/10.3989/ic.60713>
- García, L. (2011). Aproximaciones geométricas II. Iglesia San Juan de Ávila. Conoides/Bóvedas gausas. Recuperado de https://issuu.com/podachile/docs/aproximaciones_geometricas_2
- García González, A. (2015). Entre la caja y la cueva. Conceptos y Formas en la Arquitectura de Le Corbusier (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado de <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/59438>
- García, J. y Beltrán MA. (2014). La prefabricación de bóvedas de ladrillo. Una utopía latinoamericana. *Rita: Revista Indexada de Textos Académicos*, 2, 92-99.
- García-Asenjo Llana, D. (2016). Estrategias de proyecto en la arquitectura sacra contemporánea española (Tesis doctoral). Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de http://oa.upm.es/44193/1/DAVID_GARCIA_ASENJO_LLANA.pdf
- Gazzaniga, L. (Coord.). (1997). *Eladio Dieste, Frei Otto. Esperienze di architettura: generazioni a confronto*. Milán: Skira
- Gil Prandi, C. y Petit Pivel, E. (2018). *Dieste Manifiesto* (Trabajo Final de Carrera). Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Montevideo. Universidad de la Republica (Uruguay). Versión del 13 marzo de 2020 Recuperado el 6 de octubre de 2020 de https://issuu.com/cgilprandi/docs/tfc_gil-petit-dic18
- Gilba Ltda. En Segundo, E.G. y Coppetti, M. (Coords.). (1949). Síntesis Histórica de la Ingeniería en el Uruguay. Presentada en el 1^{er} Congreso Panamericano de Ingeniería. Río de Janeiro. Montevideo: Publicación de la Asociación de Ingenieros del Uruguay. Pp. 299-301 Recuperado de <https://archive.org/details/sintesis-historica-de-la-ingenieria-en-el-uruguay-aiu-1949/page/n4/mode/1up?q=eladio+dieste>
- Giovannardi, F. (2017). Eladio Dieste: un'ingegneria magica. Eladio Dieste 1917-2017. Recuperado de https://issuu.com/fausto9312/docs/ed_operacompleta_2017
- Goitia, N.y Moisset de Espanés; D. (2003). Eladio Dieste la alta tecnología de un mundo en desarrollo. Valencia: Ediciones Generaes de la Construcción.
- Gómez, L. (2018). Un inventario imprescindible: la obra dek Ing. Eladio Dieste. *Arquitectura* 272. Sociedad de Arquitectos del Uruguay SAU, pp. 10-20. Recuperado el: issuu.com/bsau/docs/arquitectura_272.

Bibliografía

- González, J.L. (2005). ¿Y si Gaudi hubiera ido a Nueva York? Una ficción constructiva. *Informes de la construcción*, 56(496), 47-55. Recuperado de <https://doi.org/10.3989/ic.2005.v56.i496>
- (2005). La bóveda tabicada: entre la conservación y la destrucción. *Informes de la construcción*, 56(496), 67-72. Recuperado de <https://doi.org/10.3989/ic.2005.v56.i496>
- González, N. (2018). Eladio Dieste y el mundo de los arquitectos. *Arquitectura* 272. Sociedad de Arquitectos del Uruguay SAU, 272, 10-16. Recuperado en https://issuu.com/bsau/docs/arquitectura_272
- Google Earth Pro.
- Grompone, J. (2011). Eladio Dieste, maestro de la ingeniería. Recuperado el día 29 de octubre de 2020 de https://www.grompone.org/ineditos/ciencia_y_tecnologia/Dieste.pdf
- Gulli, R. (2001). La huella de la construcción tabicada en la arquitectura de Le Corbusier. En S. Huerta (Ed.), *Las bóvedas de Guastavino en América* (pp. 73-85). Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas Urbanismo, CEDEX Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo del Ministerio de Fomento.
- Gutiérrez Viñuales, R. (1996). Entrevista realizada a Eladio Dieste el 24 de mayo de 1996 en Granada, España. Archivo del arquitecto Martín de Porres Ramírez.
- Gutiérrez, R. (Coord.). (1998). *Arquitectura latinoamericana en el siglo XX*. Lunwerg Editores, S.A.
- Haas, L.H. (2016) Antonio Bonet en Punta Ballena (1945-1948): al aporte de La Solana para la arquitectura del Cono Sur. *DEARQ Revista de Arquitectura*, 18(146-155). Recuperado de <https://doi.org/10.18389/dearq18.2016.09>
- Hangan S. (2013). Eglise saint Jean de Montmartre. Pathologie d'une construction singulière. ENSAPB DSA Architecture et Patrimoine. Recuperado el 17 de mayo de 2021 de Eglise Saint Jean de Montmartre PDF 11 MO
- Harumi, J. (2019). Tijolo com tijolo num desenho lógico: As CEASA e os Pavilhões de Dieste e Montañez no Brasil. Trabajo presentado en el 13º Seminario docomomo, Salvador, Brasil. Recuperado de <https://docomomo.org.br/wp-content/uploads/2020/04/110841.pdf>
- Heyman, J. (1999). *La ciencia de las estructuras*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Bibliografía

- Història en obres. (2012). *Casa Berlingieri, Bonet i Castellana, Antoni. 1947-1947, Punta Ballena*. Recuperado de <http://www.historiaenobres.net/ficha.php?id=299&where=Casa%20Berlingieri>
- Huerta, S. (Ed.) (2001). *Las bóvedas de Guastavino en América*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo, CEDEX Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo del Ministerio de Fomento.
- (2005). Mecánica de las bóvedas de fábrica: el enfoque del equilibrio. *Informes de la construcción*, 56(496), 73-89. Recuperado de <https://doi.org/10.3989/ic.2005.v56.i496>
- (Ed.) (2006). Rafael Guastavino. Escritos sobre la construcción cohesiva. Madrid: Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo, Instituto Juan de Herrera, Centro de Estudios y Experimentación de Obra Públicas.
- In Haus (2016). *In Haus-Entrevista Arq. Fernando Dasso sobre la obra de Eladio Dieste*. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=01pJg-23kuo>
- Introducción arquitectura. (2015). *Iglesia de Atlántida, Parroquia del Cristo Obrero*. Ing Eladio Dieste. Ejercicio de los alumnos Bonti, A., Riesgo, C., Andrada, C. y Mazzotti, P. para Introducción a la Arquitectura Contemporánea. Facultad de Arquitectura. Universidad ORT de México. Recuperado de www.youtube.com/watch?v=8k_n3rqGjvA&feature=youtu.be
- Itaú Cultural. (2017). Carlos Fayet. Ministerio de Cultura. San Pablo. Gobierno Federal de Brasil. Recuperado de <http://enciclopedia.itaucultural.org.br/pessoa443489/carlos-fayet>
- Jacob, M. (2018). *Dieste, la conciencia de la forma*. Entrevista realizada por el Arq. Mariano Arana el 8 de octubre de 1990. Recuperado el 4 de abril de 2021 de <https://www.youtube.com/watch?v=mZT8YToE00k&t=180s>
- Jacob M. y Márquez, D. Dirección del Cine y Audiovisual Nacional ICAU. Productora IMÁGENES. (2019). *Dieste-Bóvedas de cerámica armada (1989)*. [Video]. You Tube. <https://www.youtube.com/watch?v=FJ8vTsSKIIU&t=2s>
- Jiménez, A. (1996). *Eladio Dieste 1943-1996*. Catálogo de la exposición itinerante organizada por la Dirección General de Arquitectura y Vivienda de la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía. Sevilla: Junta de Andalucía.

Bibliografía

- Lahuerta, J.A. (1992). Cálculo de la fábrica armada. *Informes de la Construcción*, 44(421), 71-93. DOI: <https://doi.org/10.3989/ic.1992.v44.i421.1315>
- Lastra A., De Miguel M., Castaño-Perea E. (2016). El dibujo y las matemáticas. Una docencia integrada. Trabajo presentado en *16 Congreso Internacional Expresión Gráfica Arquitectónica*, Alcalá de Henares, Madrid. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/314755456_El_dibujo_y_las_matematicas_Una_docencia_integrada
- La arquitectura de Eladio Dieste. (1987). *Periferia: revista de arquitectura*, (8-9), 26.
- La máquina de pensar. (2018). Silvestri: un estudio sobre Eladio Dieste – LMDP 12.06.12. Disponible en: www.youtube.com/watch?v=iC4qD1P2lfM. Revisado el 7 de diciembre de 2019
- Larrambeere, G. (2010). Félix Candela y Eladio Dieste, dos maestros. En Pepa Cassinello (Ed.), *Félix Candela, centenario 2010* (pp. 219-227). Madrid: Fundación Juanelo Turriano, Universidad Politécnica. Recuperado de <https://www.juaneloturriano.com/exposiciones/exposicion/2013/12/10/f%C3%A9lix-candela.-la-conquista-de-la-esbeltez>
- Larrambeere, G. (2013). Summer Theatre. *Construction & building materials*, (41), 918-925. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.07.018>
- La Peña Montes de Oca, C. de y Gutiérrez Torrecilla; L.M. (2016). Catálogo de restauraciones, rehabilitaciones y obras realizadas en edificios universitarios (1980-2001). Tomo II. Universidad de Alcalá. Recuperado de <https://ebuah.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/3181/TOMO%202.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Lee, J. y Garlock M.E.M. (2010). Eladio Dieste and Félix Candela: a comparative analysis. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. 1562-1573. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10251/7156>
- Le Cartophilion, Cartophiles et Collectionneurs du Territoire de Belfort. (2016). *Ronchamp Notre-Dame du Haut, la Chapelle Le Corbusier (2ème partie)*. Recuperado el 20 noviembre de 2019 en <http://cctbelfort.canalblog.com/archives/2016/03/10/33496144.html>
- Lombardi, G. (1995). *La Ciudad del Saber, Ciudad, Universidad y Utopía. Taller I: Cuartel de Lepanto*. (pp. 303-304). Madrid: Departamento de Publicaciones del COAM.
- López López, D. (2012). Análisis estructural de bóvedas tabicadas: estudio histórico, analítico y experimental para la determinación de la influencia en la resistencia y estabilidad de bóvedas tabicadas de diferentes variables constructivas (Trabajo fin de

Bibliografía

- máster). Universidad Politécnica de Cataluña. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/21689?locale-attribute=ca>
- López, D., Van Mele, T. y Block, P. (2019). The combination of tile vaults with reinforcement and concrete, *International Journal of Architectural Heritage*, 13, 782-798. DOI: 10.1080/15583058.2018.1476606
- López de Haro, D. (2016). *Luis García Pardo (1953-1963): el proyecto como revelación* (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Cataluña. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/96164>
- Lozano Sanjuán, M. (2018). *La luz en la cueva, un viaje a Ronchamp* (Trabajo Fin de Grado). Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de http://oa.upm.es/51405/1/TFG_Lozano_Sanjuan_Maria.pdf
- Llorente Zurdo, M.P. (2016). El pretensado: la disolución de las tipologías constructivas en la arquitectura del siglo XX (tesis doctoral). Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.40344>.
- Maillart, R. (2020). Site of Cement Hall. Engineering timelines. Recuperado el 26 de abril de 2021 de <http://www.engineering-timelines.com/scripts/engineeringItem.asp?id=1344>
- Mann W. (1992). Avances en la construcción de obras de fábrica. *Informes de la Construcción* 421(44), 37-43. Recuperado de <https://doi.org/10.3989/ic.1992.v44.i421>
- Marín, A.M. (2000). Eladio Dieste, el arte de construir en ladrillo. Trabajo presentado en el *Tercer Congreso Nacional de Historia de la construcción*, Vol 2, 641-650. Sevilla.
- (2007). Cáscaras autoportantes de directriz catenaria sin tímpanos en cerámica armada. *Actas de Quinto Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Volumen II*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, SEHC, COAC, CAATC, 631-637
- (2015). Eladio Dieste en el Corredor del Henares. Trabajo presentado en el *Noveno Congreso Nacional y Primer Congreso Internacional al Hispanoamericano de Historia de la construcción*, Vol. 2, 989-997. Segovia.
- (2017). Eladio Dieste y la tecnología de la cerámica armada. Trabajo presentado en el *Décimo Congreso Nacional y Segundo Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la construcción*, Vol. 2, 965-974. Donostia-San Sebastián.
- Marín, A. M. (2017). *Seminario Torroja. Eladio Dieste y la cerámica armada*. Instituto Torroja TV. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=naoM6QMOJjc&t=51s>.
- Marín, A.M. y Barluenga, G. (2014). Eladio Dieste y la cerámica armada: la forma de lo resistente. *Arquitecturas del Sur*, 32(45), 90-103. Recuperado de

Bibliografía

- <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/AS/article/view/751>
- Marín, A.M. y Trallero, A.M. (2005). El nacimiento de la cerámica armada. Trabajo presentado en el *Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Cádiz, pp. 707-715.
- Marín, A.M., Trallero, A.M., Fernández E. y Maza, F. (2003). Los dibujantes de la casa Jaoul. Trabajo presentado en el *VII congreso Asociación de Profesores de Expresión Gráfica aplicada a la Edificación, APEGA*, Guadalajara, pp. 567-583
- Marín, B. (2019). Antonio Bonet: el olvidado arquitecto del Tribunal Constitucional que se hizo famoso en el exilio. *ICON DESIGN El País*. Recuperado el 28 de septiembre de 2019 de https://elpais.com/elpais/2019/09/11/icon_design/1568196621_258286.html
- Marsili, L. (1998). Materialidad Deposito silo de almacenamiento Nueva Palmira, Uruguay, 1996-1997. *47 AL FONDO*, 2, abril, 74. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/44423>.
- Martínez, M. y Echeverría E. (2017). Las bóvedas cilíndricas y su evolución hasta las cáscaras cilíndricas largas de cubierta de Félix Candela. Análisis geométrico y mecánico. *EGA Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica* 22(30), 160-169. Recuperado de <https://doi.org/10.4995/ega.2017.7846>
- Mas-Guindal, A.J. (2005). La concepción estructural de la fábrica en la arquitectura. *Informes de la construcción*, 56(496), 3-12. Recuperado de <https://doi.org/10.3989/ic.2005.v56.i496>
- Mas-Guindal, A.J. y Adell J.M. (2005). Eladio Dieste y la cerámica estructural en Uruguay. *Informes de la construcción*, 56(496), 13-23. Recuperado de <https://doi.org/10.3989/ic.2005.v56.i496>
- Martí, J. (1998). Eladio Dieste, o la ligereza del ladrillo. *Ars sacra: Revista de patrimonio cultural, archivos, artes plásticas, arquitectura, museos y música*, 7, 7.
- Martínez Martínez, M. (2015). *Origen y desarrollo del cálculo estructural de las cáscaras cilíndricas largas de cubierta: el enfoque plástico del equilibrio (1930-1960)* (Tesis doctoral). Universidad de Alcalá.
- Medero, S. (2012). *Luis García Pardo*. Montevideo: Facultad de Arquitectura, Universidad de la República (Uruguay). Recuperado de <http://www.fadu.edu.uy/iha/files/2013/08/2012.-Luis-Garcia-Pardo.pdf>
- Medios Audiovisuales, Facultad de Arquitectura Universidad de la República (Uruguay). (2021). *Eladio Dieste, ingeniero*. Recuperado de <http://www.fadu.edu.uy/eladio-dieste/>
- Medios Audiovisuales, Facultad de Arquitectura Universidad de la República (Uruguay). (2021). *García Pardo*. Recuperado de <http://www.fadu.edu.uy/garcia-pardo/>

Bibliografía

- Melachos, F.C. Florio; W. Maietti, F., Rossato, L.y Balzani, M. (2019). Investigaciones sobre el proceso de diseño de Eladio Dieste: modelado paramétrico 3D del Patrimonio Arquitectónico Latinoamericano Moderno, Int. Arco. Photogramm. Sens. Remoto Spatial Inf. Sci, XLii-2/W15, 775-782. Recuperado de <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W15-775-2019>
- Méndez, M. (2016). *Divinas Piedras. Arquitectura y catolicismo en Uruguay 1950-1965*. Montevideo: Ediciones Universitarias Unidad de Comunicación de la Universidad de la República (UCUR). Recuperado el 1 diciembre de 2019 de https://www.academia.edu/35611675/Divinas_Piedras_Arquitectura_y_catolicismo_en_Uruguay_1950_1965_Mary_M%C3%A9ndez_pdf
- Méndez, M. (2019). Mirando a Dieste. Apuntes sobre historiografía en América Latina. *Vitruvia*, 6(5), 61-80. Recuperado de <http://www.fadu.edu.uy/iha/files/2020/12/mirando-a-dieste-mendez.pdf>
- Mérica, R. (2000). El Adiós al Señor de los Ladrillos. *El País de Montevideo*. Recuperado el 6 de marzo de 2021, de <http://www.atlantida.com.uy/arq&urb/notas/eh124700.htm>
- Miglani, A. (2017). Clásicos e Arquitectura: CEASA Porto Alegre. Carlos Maximiliano Fayet, Cláudio Luiz Araújo y Carlos Eduardo Comas + Eladio Dieste. *Plataforma Arquitectura*. Recuperado el 19 de septiembre de 2020 de <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/879816/clasicos-de-arquitectura-ceasa-porto-alegre-carlos-maximiliano-fayet-claudio-luiz-araujo-y-carlos-eduardo-comas-plus-eladio-dieste>
- Miquel i Solè, L. (2018). *El arte del ingenio. Evolución del diseño estructural de la bóveda de cascara desde la perspectiva del ingeniero civil* (Trabajo final de grado). Universidad Politécnica de Cataluña. Recuperado de <http://hdl.handle.net/2117/130949>
- Ministerio de Educación y Cultura, sitio oficial de la República Oriental del Uruguay. (2018). *Designación en La Macana*. Recuperado de <https://www.gub.uy/ministerio-educacion-cultura/comunicacion/noticias/designacion-macana>
- Montemuiño, Eduardo (2007). Ing. Eladio Dieste, el señor de los ladrillos. *HABITA*, 49, marzo, 62-66.
- Montiel, C. (2013). *Luz y ladrillo. La iglesia parroquial San Juan Bosco de Luis García Pardo*. Croquizar. Uruguay. Recuperado el 11 de agosto de 2017 de <http://www.croquizar.com/luz-y-ladrillo-la-iglesia-parroquial-san-juan-bosco-colon-luis-garcia-pardo/>
- Moreno, J.R. (1995). La Ciudad del Saber, Ciudad, Universidad y Utopía. En C. Clemente. y J. Ibáñez (Eds.), *Talleres de Arquitectura* (pp. 301-302). Madrid: Departamento de

Bibliografía

- Publicaciones del COAM.
- Moscato, J. (1995). La Ciudad del Saber, Ciudad, Universidad y Utopía. En C. Clemente. y J. Ibáñez (Eds.), *Taller II: Jardín Botánico* (pp. 305-306). Madrid: Departamento de Publicaciones del COAM.
- Moya, L. (1947). Bóvedas tabicadas. Dirección General de Arquitectura. Archivo Digital UPM. Recuperado de <http://oa.upm.es/38027/>
- NerdyAlf.com, Alfredo Medina (2013). A tribute to Eladio Dieste, Structural Artist. Recuperado el 29 de septiembre de 2020 en <https://www.youtube.com/watch?v=hIRX0Cb30XM>
- Nómada. (2018). Eladio Dieste. Montevideo: Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU) Universidad de la Republica. Recuperado de <http://www.Nómada.uy/guide/view/authors/2541>
- Nómada. (2018). Luis García Pardo. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU) Universidad de la Republica. Recuperado de <http://nomada.uy/guide/view/authors/147>
- Noguez, L. (2010). Un uruguayo testigo de la intensidad lecorbusiana. Entrevista a Justino Serralta. En L. Noguez (Coord.), *Le Corbusier El Artista. Grandes Obras de la Colección Heidi Weber* (pp. 165-171). Recuperado de https://issuu.com/fundacionpabloatchugarry/docs/le_corbusier_el_artista
- Nudelman, J. (2011). *En recuerdo Justino Serralta*. Montevideo: Patio, Boletín electrónico de Facultad de Arquitectura de la Universidad de la República de Uruguay UDELAR. Recuperado el 24 de septiembre de 2020 de <https://web.archive.org/web/20111102081340/http://www.farq.edu.uy/patio/institucion/en-recuerdo.html>
- Nudelman Blejwas, J. (2013). *Tres visitantes en París: los colaboradores uruguayos de Le Corbusier* (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de <http://oa.upm.es/19877/>
- Ochsendorf, J. (2005). Los Guastavino y la bóveda tabicada en Norteamérica. *Informes de la construcción*, 56(496), 57-65. Recuperado de <https://doi.org/10.3989/ic.2005.v56.i496>
- Oliveira, L. y Dotreppe, J.C. (1992). La armadura tridimensional para la fábrica armada. *Informes de la construcción* 421 (44), 103-111. Recuperado de <https://doi.org/10.3989/ic.1992.v44.i421>
- Olveira, A. (2011). *Eladio Dieste, ingeniero y arquitecto uruguayo, inventor de prestigio mundial. Líneas de resistencia*. Recuperado el 9 de agosto de 2017 de

Bibliografía

- <http://armandolveira.blogspot.com/2011/11/lineas-deresistencia-su-alumno-y.html>
----- (2018). La obra de Eladio Dieste. *Abaco: Revista de cultura y ciencias sociales*, 97, 157-164.
- Orr, J.J. (2014). Form: An adventure in concrete and brick. *The Structural Engineer: journal of the Institution of Structural Engineer*, 4, Vol. 92. DOI: 10.17863/CAM.17610
- Parodi, A. (2014). Eladio Dieste, la sociedad del ladrillo. *Summa+*, 137, 94-99.
- Patrimonio Uruguay. (2016). *Tradición e Innovación un documental sobre el Ingeniero Eladio Dieste*. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=NyDUuRZdSu0>.
- Parrilla, Emilio. (2014). *Génesis, evolución y presente actual del sistema científico tecnológico de la ciudad de Madrid y su área metropolitana* (Tesis doctoral). Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de <http://oa.upm.es/32607/>
- Pedregal, J.M. (1983). Encuentros con Dieste. *Summa Temática*, 2, 48-49.
- Pedreschi, R. (2000). *Eladio Dieste the engineer's contribution to contemporary architecture*. Londres: Thomas Telford.
- Pedreschi, R. (2006). The Structural Behaviour and Design of Free-Standing Barrel Vaults of Eladio Dieste. Trabajo presentado en el *Second International Congress on Construction History*. Queens' College, Cambridge. DOI: 10.13140/2.1.2422.6083.
- Pedreschi, R. (2008). Form, force and structure: a brief history. *Architectural design*, 78(2), 12-19. DOI 10.1002/ad.636
- (2014). Eminent Structural Engineer: Eladio Dieste- Engineer, Master Builder and Architect (1917-2000). *Structural Engineering International*, 24(2), 301-304. DOI: 10.2749/101686614X13830790993320
- (2019). The Church of San Pedro (Between the rational and the mystical). *Construction History*, 34: 99.
- Pedreschi, R. y Sinha, B. (2004). Research and practice in reinforced and pre-stressed brickwork and the place of Dieste within it. En S. Anderson, (Ed.), *Eladio Dieste. Innovation in Structural Art* (pp. 208-217). New York: Princeton Architectural Press
- Pedreschi, R. y Theodossopoulos, D. (2007). The double-curvature masonry vaults of Eladio Dieste. *Structures & Buildings*, 160. 3-11. DOI: 10.1680/stbu.2007.160.1.3.
- (2010). Eladio Dieste; resistance through form. *Structures and Architecture*, 779-787.
- Pérez, A. y Sánchez D. (2014). *Eladio Dieste un recorrido desde el Río de la Plata al Corredor del Henares* (Trabajo Fin de Grado) Universidad de Alcalá.
- Pérez de Arce, R., Bianchi, S. y Aravena, F. (2009). Casa la Ricarda, Antonio Bonet

Bibliografía

- 1949/1963. *Taller misiones 2009*. Recuperado de <http://tallermisiones2009.blogspot.com/search/label/Antonio%20Bonet>
- Petrina, A. (1988). Eladio Dieste. Una estética de la ética. *Summa*, (247), 23-32.
- (1996). Desde el Sur. En A. Jiménez, *Eladio Dieste 1943-1996* (pp. 17-20). Sevilla: Junta de Andalucía.
- Pfefferman, O. y Haseltine B.A. (1992). El desarrollo de armaduras para tendeles a lo largo de dos décadas. *Informes de la Construcción* 421(44), 27-34. Recuperado de <https://doi.org/10.3989/ic.1992.v44.i421.1311>
- Productora IMÁGENES. (2019). *Dieste - Bóvedas de cerámica armada 1989*. Recuperado de <https://youtu.be/FJ8vTsSKIIU>
- Proyecto Educativo Dieste. (2015). Portal impulsado desde la Comisión del Patrimonio Cultural del Uruguay con el apoyo de la oficina de la UNESCO Montevideo. Recuperado de <https://diesteedu.wixsite.com/proyectodieste>
- Punto y seguido Taringa! Comunidad Uruguay (2015). *Una construcción religiosa digna de conocer*. Recuperado el día 4 de abril de 2019 de https://www.taringa.net/+comunidaduruguayos/una-construccion-religiosa-digna-de-conocer_x56z0
- Redondo E. (2000). Las patentes de Guastavino & Co. en estados Unidos (1885-1939). Trabajo presentado en el *Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción, 895-905*, Sevilla. Recuperado de http://oa.upm.es/22068/1/Redondo_2000_Las_patentes_de_Guastavino_en_Estados_Unidos.pdf
- Redondo Martínez, E. (2013). *La bóveda tabicada en España en el siglo XIX: la transformación de un sistema constructivo* (Tesis doctoral). Recuperado de <http://oa.upm.es/22064/>
- Requena Ruiz, I. Análisis de tipologías estructurales bóveda, lámina, cúpula y paraboloide. Recuperado de <https://deim.urv.cat/~blas.herrera/2.pdf>
- Revistalabicileta. (2015). 20061006- *Charla del Arq. Jorge Nudelman sobre el Ing. Eladio Dieste*. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=a5T3AdkZ5_M
- Revista De Punta (2012) ¿Punta del Este es mediterránea? Pp. 177-178. Recuperado de <https://issuu.com/revistadepunta/docs/revistadepunta2012/179>
- Rey, M. (2015). Martirizado en la Cruz. *Revista Ajena del Semanario Brecha*. Montevideo. Recuperado el 10 de noviembre de 2019 de <http://www.revistaajena.com/martirizado-en-la-cruz/>
- Rivera, J. (Coord.) (2016). *Universidad de Alcalá, Patrimonio de la Humanidad-World Heritage*. Madrid: Universidad de Alcalá.

Bibliografía

- Ródenas, J.F. (2018). Evolución tipológica de cubiertas ventiladas a la catalana en la obra de Antonio Bonet. *Informes de la Construcción* Vol. 70 (549). Recuperado de <https://doi.org/10.3989/ic.16014>
- Rodrigues da Silva, B. C. (2015). *Brasil, la reinención de la modernidad: Le Corbusier, Lucio Costa, Oscar Niemeyer* (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de <http://oa.upm.es/43304/>
- Sabalsagaray, S., Romay, C., Mussio, G. y Aulet. A. (2017). La iglesia de Cristo obrero de Eladio Dieste. Caracterización y evaluación de los morteros y cerámicos empleados. Trabajo presentado en *5to. Congreso Iberoamericano y XIII Jornada Técnica de Restauración y Conservación del Patrimonio*, La Plata, Argentina. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/322005603_La_Iglesia_de_Cristo_obrero_de_Eladio_Dieste_Caracterizacion_y_evaluacion_de_los_morteros_y_ceramicos_empleados
- Sánchez del Río, A. (1960). Estructuras laminares cerámicas. *Informes de La Construcción*, 119, Vol. 12. DOI: <https://doi.org/10.3989/ic.1960.v12.i119.5217>
- Sarrablo, V. (1999). Camino de los estudiantes en Alcalá de Henares, *Revista DPA*, (15), 44-45.
- Sarrablo Moreno, V. (2002). *Contribución a la viabilidad de cubiertas laminares de cerámica armada mediante soluciones semiprefabricadas. Propuesta para láminas cilíndricas de pequeña luz* (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Cataluña.
- Sarrablo V. y Roviras J. (2019). Bóvedas cerámicas. Un viaje transatlántico de ida y vuelta. *Palimpsesto* 19, 17-19. DOI: 10.5821/palimpsesto.19.8216
- Savastano Venezia (2014). *Eladio Dieste - Iglesia de Atlántida*. Recuperado el 29 de septiembre de 2020 de <https://www.youtube.com/watch?v=KDS-0QxGOig>
- Secretaria general de la V Conferencia.1993. *La Ciudad del Saber, Ciudad, Universidad y Utopía 1293-1993. V Conferencia Internacional sobre Conservación de Centros históricos y Patrimonio edificado iberoamericano*. Alcalá de Henares: Universidad de Alcalá.
- Sert J.L. y Torres Clavé J. (1935). Pequeñas casas para fin de semana. AC. Documentos de Actividad Contemporánea, 19. Tercer trimestre. Versión de 20 de septiembre de 2011. Recuperado de <https://issuu.com/faximil/docs/1935-ac-19>
- Shulman, Julius, Photographer, y Dieste, Eladio, Architect. (1967). *Job 4186: Eladio Dieste, Church. (Atlántida, Uruguay)*. The Getty Research. Institute. Digital Collections, Resources. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10020/2004r10/job4186>
- Silvestri, G. (2003). Una biografía uruguiana. En M. Daguerre (Ed.), *Eladio Dieste 1917-2000* (pp. 18-51). Milán: Mondadori Electa S.p.a.

Bibliografía

- Sobre Hombros de Gigantes (2017). *Eladio Dieste*. Video recuperado de <http://veramas.com.uy/veramas/vod/50518/1064>
- Stasse J. (1992). La postura holandesa frente al control de la fisuración. *Informes de la Construcción* 421(44), 45-52. Recuperado de <https://doi.org/10.3989/ic.1992.v44.i421>
- Janbeg, N. (1998-2021). Bâtiment de la société SICLI. Structurae. Recuperado el 26 de Abril de 2021 de <https://structurae.net/fr/ouvrages/batiment-de-la-societe-sicli>
- Suárez Riestra, F.L. (2012). *Mecánica de bóvedas tabicadas. De Fray Lorenzo de San Nicolás a Eladio Dieste y la herencia de Rafael Guastavino Moreno* (Trabajo fin de master). Universidad de la Coruña. Recuperado de <http://hdl.handle/2183/25523>
- Taller AVB Blog. (2017). *Eladio Dieste - Iglesia San Pedro en Durazno*. Recuperado de <https://talleravb.blogspot.com/2017/06/eladio-dieste-san-pedro-en-durazno.html>
- Taller AVB Blog. (2017). *Eladio Dieste-Depósito Julio Herrera y Obes*. Recuperado de <http://talleravb.blogspot.com/2017/06/eladio-dieste-deposito-julio-herrera-y.html>
- Tijman, R. (2021). Tanque de aua de Eladio Dieste en Complejo Habitacional América. Recuperado el 17 de abril de 2021 de https://www.facebook.com/media/set/?set=a.913502632063893.1073741853.100002124938000&type=3&locale2=es_LA
- Tomlow, J. (2001). La bóveda tabicada a la catalana y el nacimiento de la cerámica armada en Uruguay. En S. Huerta (ed.), *Las bóvedas de Guastavino en América* (pp. 241-251). Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo, CEDEX Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo del Ministerio de Fomento.
- Torroja, E. (2000). *Razón y ser de los tipos estructurales*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Torroja, E. (2012). Archivo del ingeniero Eduardo Torroja Miret. CEHOPU-CEDEX. Recuperado http://www.cehopu.cedex.es/etm/etm_index.htm
- Truño, A. (2004). *Construcción de bóvedas tabicadas*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- UNAL Manizales Historia de la Construcción (22 mayo 2017). Bóvedas Gausas: La estructura cerámica de Eladio Dieste. Recuperado el 29 de septiembre de 2020 de https://www.youtube.com/watch?v=33e4_YH77yI
- UNESCO. La Obra de Eladio Dieste en la Lista Indicativa del Patrimonio Mundial de la UNESCO. Recuperado el 17/11/2018 de

Bibliografía

- <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Montevideo/pdf/CLT-LaObraEladioDiesteListaIndicativaPatrMundial.pdf>
- Universidad de Alcalá. (2021). <https://www.uah.es/es/>
- Universidad de Alcalá. (2015). *Planta Piloto de Química Fina*. Recuperado el 28 de febrero de 2015 de <https://www.ppqf.net/>.
- Urbipedia, Archivo de Arquitectura. (2016). Casa Berlingieri. Recuperado de https://www.urbipedia.org/hoja/Casa_Berlingieri
- Uruguay Natural Tv. (2018). *Eladio Dieste – History Channel*. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=Po7OwkozfH8>
- Uruguay Natural Tv. (2017). Eladio Dieste: tradición e innovación. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=ZsTRc1ccyNw>
- Villasuso, J. (2015). *¿Por qué Dieste?* Recuperado el 26 de agosto de 2018 de http://media.wix.com/ugd/381031_79139761072c4140856b046808e2a5e4.pdf
- (2017). Entrevista del arquitecto Ciro Caraballo a Marcelo Sasson el 25 de agosto de 2016. Proyecto: Creatin of a Conservation Management Plan and Administration System for Cristo Obrero Church, Estación Atlántida. Comisión del Patrimonio Cultural de la Nación. The Getty Foundation. Keeping It Modern, 2016. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=FJ6XKpBsNAc>
- Vivanco, J., Bonet, A. y Peluffo. V. (1944). Grupo de Casas en Martínez. *Nuestra Arquitectura*, 7(180), 218-235. Recuperado de <https://biblioteca.fadu.uba.ar/tiki/tiki-index.php?page=NA-1944>
- Waisman, M. (1990). *El interior de la historia. Historiografía Arquitectónica para uso de Latinoamericanos*. Colección Historia y Teoría Latinoamericana. Colombia: Escala.
- Waisman, M. y Naselli, C. (1989). *10 arquitectos latinoamericanos*. Sevilla: Dirección General de Arquitectura y Vivienda.
- WikiArquitectura. (2020). *Casa Berlingieri*. Recuperado de <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/casa-berlingieri/>
- WikiArquitectura. (2020). *Casa Dieste*. Recuperado de <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/casa-dieste/>
- WikiArquitectura. (2021). *Iglesia de Atlántida*. Recuperado de <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/iglesia-de-atlantida/#>
- Wikipedia. (2020) Instituto de Arte Americano e Investigaciones Estéticas ‘Mario J. Buschiazso’. Recuperado de es.wikipedia.org/wiki/Instituto_de_Arte_Americano_e_Investigaciones_Est%C3%A9ticas_%C2%ABMario_J._Buschiazso%C2%BB.

Bibliografía

Zunín, C. (2015). La Arquitectura renovadora en Artigas. *BSAU Sociedad de Arquitectos del Uruguay SAU Montevideo Uruguay*, 36-39. Recuperado de https://issuu.com/bsau/docs/bsau_-_setiembre_diciembre_2015