

31

• **ARTÍCULO DE LA EDITORA** • **LA FÁBRICA CLAUDE ET DUVAL DE LE CORBUSIER EN SAINT-DIÉ. UNA MÁQUINA PARA HUMANIZAR** / LE CORBUSIER'S CLAUDE ET DUVAL FACTORY IN SAINT-DIÉ. A MACHINE TO HUMANISE. Patricia de Diego Ruiz • **ARTÍCULOS** • **USM HALLER: UN PARADIGMA DE SIMBIOSIS ENTRE ARQUITECTURA E INDUSTRIA** / USM HALLER: A PARADIGM OF SYMBIOSIS BETWEEN ARCHITECTURE AND INDUSTRY. Angélica Fernández-Morales; Miguel Sancho Mir; Marta Quintilla-Castán • **ARQUITECTURA INDUSTRIAL EN LAS PUBLICACIONES DE POSGUERRA DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA** / INDUSTRIAL ARCHITECTURE IN POST-WAR PUBLICATIONS IN THE UNITED STATES OF AMERICA. Ricardo Manuel Merí de la Maza; Bartolomé Serra Soriano; Alfonso Díaz Segura • **EL TEMPLO DE HOUILLE BLANCHE DE LAGARDE EN LA PRESA DE RICOBAYO** / THE TEMPLE OF HOUILLE BLANCHE BY LAGARDE AT THE RICOBAYO DAM. José Ramón Sola Alonso; Cristina Pérez Valdés • **ANÁLISIS DEL PATRIMONIO MARÍTIMO INDUSTRIAL GALLEGO** / ANALYSING GALICIAN MARITIME INDUSTRIAL HERITAGE. Óscar Fuertes Dopico; Iago Fernández Penedo; Carmen Fábregat Nodar • **ARQUITECTURAS INDUSTRIALES Y TRANSFORMACIÓN CREATIVA. TRES CASOS DE ESTUDIO EUROPEOS** / INDUSTRIAL ARCHITECTURES AND CREATIVE TRANSFORMATION. THREE EUROPEAN CASE STUDIES. Safiya Tabali; José-Manuel Romero-Ojeda; María F. Carrascal-Pérez. • **NUNCA FUE TAN VALIOSA LA BASURA: INDUSTRIAS, ARQUITECTURAS Y PAISAJES DEL RESIDUO** / NEVER WAS TRASH SO VALUABLE: INDUSTRIES, ARCHITECTURES AND LANDSCAPES OF WASTE. José Parra-Martínez; Asunción Díaz-García; Ana Gilsanz-Díaz. • **RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS** • **DIEGO PERIS SÁNCHEZ: MIGUEL FISAC. ARQUITECTURAS PARA LA INVESTIGACIÓN Y LA INDUSTRIA.** Francisco Arques Soler • **PEDRO NAVASCUÉS PALACIOS, BERNARDO REVUELTA POL (coords.): DE RE METALLICA: INGENIERÍA, HIERRO, ARQUITECTURA.** Diego Peris Sánchez • **CARLO CAVALLOTTI: ARCHITETTURA INDUSTRIALE.** Rafael García García.

arquitecturas para la industria

20
24

PA
P R O Y E C T O
P R O G R E S O
A R Q U I T E C T U R A



ARQUITECTURAS PARA LA INDUSTRIA

31



REVISTA PROYECTO PROGRESO ARQUITECTURA

N31

arquitecturas para la industria



arquitecturas para la industria

EDITA
Editorial Universidad de Sevilla. Sevilla

DIRECCIÓN CORRESPONDENCIA CIENTÍFICA
E.T.S. de Arquitectura. Avda Reina Mercedes, nº 2 41012–Sevilla.
Amadeo Ramos Carranza, Dpto. Proyectos Arquitectónicos.
e–mail: revistappa.direccion@gmail.com

EDICIÓN ON–LINE
Portal informático <https://revistascientificas.us.es/index.php/ppa>
Portal informático Grupo de Investigación HUM–632
<http://www.proyectoprogresoarquitectura.com>
Portal informático Editorial Universidad de Sevilla
<http://www.editorial.us.es/>

© EDITORIAL UNIVERSIDAD DE SEVILLA, 2019.
Calle Porvenir, 27. 41013 SEVILLA. Tfs. 954487447 / 954487451
Fax 954487443. [eus4@us.es] [<http://www.editorial.us.es>]
© TEXTOS: SUS AUTORES,
© IMÁGENES: SUS AUTORES Y/O INSTITUCIONES

DISEÑO PORTADA:
Rosa María Añón Abajas – Amadeo Ramos Carranza
Fotografía: NURMINEN, Teemu, 2012. Kattilahalli. [Fotografía digital en línea] Flickr.com. Disponible en: <https://www.flickr.com/photos/51223781@N02/7943524108/in/photostream/>

DISEÑO PLANTILLA PORTADA–CONTRAPORTADA
Miguel Ángel de la Cova Morillo–Velarde

DISEÑO PLANTILLA MAQUETACIÓN
Maripi Rodríguez

MAQUETACIÓN
Referencias Cruzadas

CORRECCION ORTOTIPOGRÁFICA
DECULTRURAS

ISSN (ed. impresa): 2171–6897
ISSN–e (ed. electrónica): 2173–1616
DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/ppa>
DEPÓSITO LEGAL: SE–2773–2010
PERIODICIDAD DE LA REVISTA: MAYO Y NOVIEMBRE
IMPRIME: PODIPRINT

Reservados todos los derechos. Ni la totalidad ni parte de esta revista puede reproducirse o transmitirse por ningún procedimiento electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia, grabación magnética o cualquier almacenamiento de información y sistema de recuperación, sin permiso escrito de la Editorial Universidad de Sevilla.

Las opiniones y los criterios vertidos por los autores en los artículos firmados son responsabilidad exclusiva de los mismos.



GRUPO DE INVESTIGACION HUM–632
PROYECTO, PROGRESO, ARQUITECTURA
<http://www.proyectoprogresoarquitectura.com>



VII PLAN PROPIO DE INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA DE LA UNIVERSIDAD DE SEVILLA.
Ayuda competitiva para revistas, Modalidad B, anualidad 2023.

DIRECCIÓN
Dr. Amadeo Ramos Carranza. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España

SECRETARÍA
Dra. Rosa María Añón Abajas. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España

EQUIPO EDITORIAL
Edición:
Dr. Amadeo Ramos Carranza. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España.
Dra. Rosa María Añón Abajas. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España.

Dr. Francisco Javier Montero Fernández. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España.
Dra. Esther Mayoral Campa. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España.
Dr. Miguel Ángel de la Cova Morillo–Velarde. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España.
Dr. Germán López Mena. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España.
Dra. Gloria Rivero Lamela. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España.
Guillermo Pavón Torrejón. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España.

Externos edición (asesores):
Dr. José Altés Bustelo. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Valladolid. España.
Dr. Carlos Arturo Bell Lemus. Facultad de Arquitectura. Universidad del Atlántico. Colombia.
Dr. José de Coca Leicher. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid. España.
Dra. Patricia de Diego Ruiz. Escuela Técnica Supeior de Arquitectura y Geodesia. Universidad Alcalá de Heranes. España.
Dr. Jaume J. Ferrer Fores. Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya. España.
Dra. Laura Martínez Guereñu. El School of Architecture & Design, IE University, Madrid; Segovia. España.
Dra. Clara Mejía Vallejo. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Valencia. España.
Dra. Luz Paz Agras. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidade da Coruña. España.
Dra. Marta Sequeira. CIAUD, Faculdade de Arquitectura da Universidade de Lisboa, Portugal.

SECRETARÍA TÉCNICA
Dra. Gloria Rivero Lamela. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España.

EDITORES EXTERNOS Y COORDINACIÓN CONTENIDOS CIENTÍFICOS DEL NÚMERO
Amadeo Ramos Carranza, Dr. Arquitecto. Universidad de Sevilla, España.

COMITÉ CIÉNTIFICO
Dr. Carlo Azteni. DICAAR. Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura. University Of Cagliari. Italia.
Dra. Maristella Casciato. GETTY Research Institute, GETTY, Los Angeles. Estados Unidos.
Dra. Anne Marie Châtelet. École Nationale Supérieure D'Architecture de Strasbourg (ENSAS). Francia.
Dra. Josefina González Cubero. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Valladolid. España.
Dr. José Manuel López Peláez. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid. España.
Dra. Margarida Louro. Faculdade de Arquitetura. Universidade de Lisboa. Portugal.
Dra. Maite Méndez Baiges. Departamento de Historia del Arte. Universidad de Málaga. España.
Dr. Dietrich C. Neumann. Brown University In Providence, Ri (John Nicholas Brown Center For Public Humanities And Cultural Heritage). Estados Unidos.
Dr. Víctor Pérez Escolano. Catedrático Historia, Teoría y Composición Arquitectónicas. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España.
Dr. Jorge Torres Cueco. Catedrático Proyectos Arquitectónicos. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universitat Politècnica de València. España.
Dr. ir. Frank van der Hoeven, TU DELFT. Architecture and the Built Environment, Netherlands

CORRESPONSALES
Pablo de Sola Montiel. The Berlage Centre for Advanced Studies in Architecture and Urban Design. Países Bajos.
Dr. Plácido González Martínez. Tongji University Caup (College Of architecture & Urban Planing). Shangai, China.
Patrícia Marins Farias. Faculdade de Arquitetura. Universidade Federal da Bahia. Brasil.
Dr. Daniel Movilla Vega. Umeå School of Architecture. Umeå University. Suecia.
Dr. Pablo Sendra Fernández. The Bartlett School of Planning. University College London. Inglaterra.
Alba Zarza Arribas. DINÂMIA'CET - ISCTE - Centro de Estudos sobre a Mudança Socioeconómica e o Território. ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa. Portugal.
Dra. María Elena Torres Pérez. Facultad de Arquitectura. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida. México.

TEXTOS VIVOS
Dr. Francisco Javier Montero Fernández. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España.
Dra. Esther Mayoral Campa. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España.

SERVICIOS DE INFORMACIÓN

CALIDAD EDITORIAL

La Editorial Universidad de Sevilla cumple los criterios establecidos por la Comisión Nacional Evaluadora de la Actividad Investigadora para que lo publicado por el mismo sea reconocido como “de impacto” (Ministerio de Ciencia e Innovación, Resolución 18939 de 11 de noviembre de 2008 de la Presidencia de la CNEAI, Apéndice I, BOE nº 282, de 22.11.08). La Editorial Universidad de Sevilla forma parte de la U.N.E. (Unión de Editoriales Universitarias Españolas) ajustándose al sistema de control de calidad que garantiza el prestigio e internacionalidad de sus publicaciones.

PUBLICATION QUALITY

The Editorial Universidad de Sevilla fulfils the criteria established by the National Commission for the Evaluation of Research Activity (CNEAI) so that its publications are recognised as “of impact” (Ministry of Science and Innovation, Resolution 18939 of 11 November 2008 on the Presidency of the CNEAI, Appendix I, BOE No 282, of 22.11.08).

The Editorial Universidad de Sevilla operates a quality control system which ensures the prestige and international nature of its publications, and is a member of the U.N.E. (Unión de Editoriales Universitarias Españolas–Union of Spanish University Publishers).

Los contenidos de la revista PROYECTO, PROGRESO, ARQUITECTURA aparecen en:

bases de datos: indexación



SELLO DE CALIDAD EDITORIAL FECYT Nº certificado: 385–2023

WoS. Arts & Humanities Citation Index.

SCOPUS.

AVERY. Avery Index to Architectural Periodicals

REBID. Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico

EBSCO. Fuente Académica Premier

EBSCO. Art Source

DOAJ, Directory of Open Access Journals

PROQUEST (Arts & Humanities, full text)

DIALNET

ISOC (Producida por el CCHS del CSIC)

catalogaciones: criterios de calidad

RESH (Revistas Españolas de Ciencias Sociales y Humanidades).

Catálogos CNEAI (16 criterios de 19). ANECA (18 criterios de 21). LATINDEX (35 criterios sobre 36).

DICE (CCHS del CSIC, ANECA).

MIAR, Matriu d'Informació per a l'Avaluació de Revistes. Campo ARQUITECTURA

CLASIFICACIÓN INTEGRADA DE REVISTAS CIENTÍFICAS (CIRC–CSIC): A

ERIHPLUS

SCIRUS, for Scientific Information.

ULRICH'S WEB, Global Serials Directory.

ACTUALIDAD IBEROAMERICANA.

CWTS Leiden Ranking (Journal indicators)

catálogos on–line bibliotecas notables de arquitectura:

CLIO. Catálogo on–line. Columbia University. New York

HOLLIS. Catálogo on–line. Harvard University. Cambridge. MA

SBD. Sistema Bibliotecario e Documentale. Istituto Universitario di Architettura di Venezia

OPAC. Servizi Bibliotecari di Ateneo. Biblioteca Centrale. Politecnico di Milano

COPAC. Catálogo colectivo (Reino Unido)

SUDOC. Catálogo colectivo (Francia)

ZBD. Catálogo colectivo (Alemania)

REBIUN. Catálogo colectivo (España)

OCLC. WorldCat (Mundial)

EVALUACIÓN EXTERNA POR PARES Y ANÓNIMA.

El Consejo Editorial remitirá el artículo a dos expertos revisores anónimos dentro del campo específico de investigación y crítica de arquitectura, según el modelo doble ciego.

El director de la revista comunicará a los autores el resultado motivado de la evaluación por correo electrónico, en la dirección que éstos hayan utilizado para enviar el artículo. El director comunicará al autor principal el resultado de la revisión (publicación sin cambios; publicación con correcciones menores; publicación con correcciones importantes; no aconsejable para su publicación), así como las observaciones y comentarios de los revisores.

Si el manuscrito ha sido aceptado con modificaciones, los autores deberán reenviar una nueva versión del artículo, atendiendo a las demandas y sugerencias de los evaluadores externos. Los artículos con correcciones importantes serán remitidos al Consejo Asesor para verificar la validez de las modificaciones efectuadas por el autor. Los autores pueden aportar también una carta al Consejo Editorial en la que indicarán el contenido de las modificaciones del artículo. Los artículos con correcciones importantes serán remitidos al Consejo Asesor para verificar la validez de las modificaciones efectuadas por el autor.

DECLARACIÓN ÉTICA SOBRE PUBLICACIÓN Y MALAS PRÁCTICAS

La revista PROYECTO, PROGRESO, ARQUITECTURA (PPA) está comprometida con la comunidad académica en garantizar la ética y calidad de los artículos publicados. Nuestra revista tiene como referencia el Código de Conducta y Buenas Prácticas que, para editores de revistas científicas, define el COMITÉ DE ÉTICA DE PUBLICACIONES (COPE).

Así nuestra revista garantiza la adecuada respuesta a las necesidades de los lectores y autores, asegurando la calidad de lo publicado, protegiendo y respetando el contenido de los artículos y la integridad de los mismo. El Consejo Editorial se compromete a publicar las correcciones, aclaraciones, retracciones y disculpas cuando sea preciso.

En cumplimiento de estas buenas prácticas, la revista PPA tiene publicado el sistema de arbitraje que sigue para la selección de artículos así como los criterios de evaluación que deben aplicar los evaluadores externos –anónimos y por pares, ajenos al Consejo Editorial–. La revista PPA mantiene actualizados estos criterios, basados exclusivamente en la relevancia científica del artículo, originalidad, claridad y pertinencia del trabajo presentado.

Nuestra revista garantiza en todo momento la condifidencialidad del proceso de evaluación: el anonimato de los evaluadores y de los autores; el contenido evaluado; los informes razonados emitidos por los evaluadores y cualquier otra comunicación emitida por los consejos Editorial, Asesor y Científico si así procediese.

Igualmente quedan afectados de la máxima confidencialidad las posibles aclaraciones, reclamaciones o quejas que un autor desee remitir a los comités de la revista o a los evaluadores del artículo.

La revista PROYECTO, PROGRESO, ARQUITECTURA (PPA) declara su compromiso por el respeto e integridad de los trabajos ya publicados. Por esta razón, el plagio está estrictamente prohibido y los textos que se identifiquen como plagio o su contenido sea fraudulento, serán eliminados o no publicados por la revista PPA. La revista actuará en estos casos con la mayor celeridad posible. Al aceptar los términos y acuerdos expresados por nuestra revista, los autores han de garantizar que el artículo y los materiales asociados a él son originales o no infringen derechos de autor. También los autores tienen que justificar que, en caso de una autoría compartida, hubo un consenso pleno de todos los autores afectados y que no ha sido presentado ni publicado con anterioridad en otro medio de difusión.

EXTERNAL ANONYMOUS PEER REVIEW.

Editorial Board will be sent to two anonymous experts, within the specific field of architectural investigation and critique, for a double blind review.

The Director of the journal will communicate the result of the reviewers' evaluations to the authors by electronic mail, to the address used to send the article. The Director will communicate the result of the review (publication without changes; publication with minor corrections; publication with significant corrections; its publication is not advisable), as well as the observations and comments of the reviewers, to the main author.

If the manuscript has been accepted with modifications, the authors will have to resubmit a new version of the article, addressing the requirements and suggestions of the external reviewers. The articles with corrections will be sent to Advisory Board for verification of the validity of the modifications made by the author. The authors can also send a letter to the Editorial Board, in which they will indicate the content of the modifications of the article.

ETHICS STATEMENT ON PUBLICATION AND BAD PRACTICES

PROYECTO, PROGRESO ARQUITECTURA (PPA) makes a commitment to the academic community by ensuring the ethics and quality of its published articles. As a benchmark, our journal uses the Code of Conduct and Good Practices which, for scientific journals, is defined for editors by the PUBLICATION ETHICS COMMITTEE (COPE).

Our journal thereby guarantees an appropriate response to the needs of readers and authors, ensuring the quality of the published work, protecting and respecting the content and integrity of the articles. The Editorial Board will publish corrections, clarifications, retractions and apologies when necessary.

In compliance with these best practices, PPA has published the arbitration system that is followed for the selection of articles as well as the evaluation criteria to be applied by the anonymous, external peer-reviewers. PPA keeps these criteria current, based solely on the scientific importance, the originality, clarity and relevance of the presented article.

Our journal guarantees the confidentiality of the evaluation process at all times: the anonymity of the reviewers and authors; the reviewed content; the reasoned report issued by the reviewers and any other communication issued by the editorial, advisory and scientific boards as required.

Equally, the strictest confidentiality applies to possible clarifications, claims or complaints that an author may wish to refer to the journal's committees or the article reviewers.

PROYECTO, PROGRESO ARQUITECTURA (PPA) declares its commitment to the respect and integrity of work already published. For this reason, plagiarism is strictly prohibited and texts that are identified as being plagiarized, or having fraudulent content, will be eliminated or not published in PPA. The journal will act as quickly as possible in such cases. In accepting the terms and conditions expressed by our journal, authors must guarantee that the article and the materials associated with it are original and do not infringe copyright. The authors will also have to warrant that, in the case of joint authorship, there has been full consensus of all authors concerned and that the article has not been submitted to, or previously published in, any other media.

arquitecturas para la industria
índice

artículo de la editora

LA FÁBRICA CLAUDE ET DUVAL DE LE CORBUSIER EN SAINT-DIÉ. UNA MÁQUINA PARA HUMANIZAR / LE CORBUSIER’S CLAUDE ET DUVAL FACTORY IN SAINT-DIÉ. A MACHINE TO HUMANISE Patricia de Diego Ruiz – (DOI: http://dx.doi.org/10.12795/ppa.2024.i31.01)	12
---	----

artículos

USM HALLER: UN PARADIGMA DE SIMBIOSIS ENTRE ARQUITECTURA E INDUSTRIA / USM HALLER: A PARADIGM OF SYMBIOSIS BETWEEN ARCHITECTURE AND INDUSTRY Angélica Fernández-Morales; Miguel Sancho Mir; Marta Quintilla-Castán – (DOI: http://dx.doi.org/10.12795/ppa.2024.i31.02)	32
ARQUITECTURA INDUSTRIAL EN LAS PUBLICACIONES DE POSGUERRA DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA / INDUSTRIAL ARCHITECTURE IN POST-WAR PUBLICATIONS IN THE UNITED STATES OF AMERICA Ricardo Manuel Merí de la Maza; Bartolomé Serra Soriano; Alfonso Díaz Segura – (DOI: http://dx.doi.org/10.12795/ppa.2024.i31.03)	52
EL TEMPLO DE HOUILLE BLANCHE DE LAGARDE EN LA PRESA DE RICOBAYO / THE TEMPLE OF HOUILLE BLANCHE BY LAGARDE AT THE RICOBAYO DAM José Ramón Sola Alonso; Cristina Pérez Valdés – (DOI: http://dx.doi.org/10.12795/ppa.2024.i31.04)	76
ANÁLISIS DEL PATRIMONIO MARÍTIMO INDUSTRIAL GALLEGO / ANALYSING GALICIAN MARITIME INDUSTRIAL HERITAGE Óscar Fuertes Dopico; Iago Fernández Penedo; Carmen Fábregat Nodar – (DOI: http://dx.doi.org/10.12795/ppa.2024.i31.05)	96
ARQUITECTURAS INDUSTRIALES Y TRANSFORMACIÓN CREATIVA. TRES CASOS DE ESTUDIO EUROPEOS / INDUSTRIAL ARCHITECTURES AND CREATIVE TRANSFORMATION. THREE EUROPEAN CASE STUDIES Safiya Tabali; José-Manuel Romero-Ojeda; María F. Carrascal-Pérez – (DOI: http://dx.doi.org/10.12795/ppa.2024.i31.06)	114
NUNCA FUE TAN VALIOSA LA BASURA: INDUSTRIAS, ARQUITECTURAS Y PAISAJES DEL RESIDUO / NEVER WAS TRASH SO VALUABLE: INDUSTRIES, ARCHITECTURES AND LANDSCAPES OF WASTE José Parra-Martínez; Asunción Díaz-García; Ana Gilsanz-Díaz – (DOI: http://dx.doi.org/10.12795/ppa.2024.i31.07)	134

reseña bibliográfica TEXTOS VIVOS

DIEGO PERIS SÁNCHEZ: MIGUEL FISAC. ARQUITECTURAS PARA LA INVESTIGACIÓN Y LA INDUSTRIA Francisco Arques Soler – (DOI: http://dx.doi.org/10.12795/ppa.2024.i31.08)	156
PEDRO NAVASCUÉS PALACIOS, BERNARDO REVUELTA POL (coords.): DE RE METALLICA: INGENIERÍA, HIERRO, ARQUITECTURA Diego Peris Sánchez – (DOI: http://dx.doi.org/10.12795/ppa.2024.i31.09)	158
CARLO CAVALLOTTI: ARCHITETTURA INDUSTRIALE FRafael García García – (DOI: http://dx.doi.org/10.12795/ppa.2024.i31.10)	160

Proyecto, Progreso, Arquitectura. N31 Arquitecturas para la industria. Noviembre 2024. E. Universidad de Sevilla. ISSN 2171-6897 / ISSNle 2173-1616 / 31-03-2024 recepción – aceptación 12-09-2024. DOI http://dx.doi.org/10.12795/ppa.2024.i31.02

USM HALLER: UN PARADIGMA DE SIMBIOSIS ENTRE ARQUITECTURA E INDUSTRIA

USM HALLER: A PARADIGM OF SYMBIOSIS BETWEEN ARCHITECTURE AND INDUSTRY

Angélica Fernández-Morales ( 0000-0002-5090-2331)
Miguel Sancho-Mir ( 0000-0003-2903-475X)
Marta Quintilla-Castán ( 0000-0002-2308-752X)

RESUMEN En 1961, el arquitecto suizo Fritz Haller recibió el encargo de diseñar la nave de producción de perfiles de acero USM en Münsingen (Suiza). Nació así una colaboración que se prolongó durante décadas con la creación de tres sistemas constructivos modulares de estructura de acero (MAXI, MINI y MIDI) y una línea de mobiliario, diseñados por Haller y fabricados y comercializados por USM. Los sistemas USM-Haller son un ejemplo exitoso de colaboración con la industria en el desarrollo de sistemas prefabricados para la construcción de edificios, tanto industriales como de otros usos. La investigación recopila información detallada relativa a dichos sistemas constructivos, incluyendo la generación de nueva información gráfica a partir de los datos y dibujos publicados en la época. Con ello, se evalúa la relevancia de los mencionados diseños dentro de la trayectoria del arquitecto, como catalizadores del pensamiento sistémico y estructural que trasladó a otras escalas y al ámbito de la investigación; así como en el contexto de la arquitectura de la segunda mitad del siglo XX, en el que los sistemas USM-Haller son una aportación importante a la arquitectura modular prefabricada.

PALABRAS CLAVE Fritz Haller; Solothurn Schule; Konrad Wachsmann; prefabricación; arquitectura industrial.

SUMMARY In 1961, Swiss architect Fritz Haller received the commission to design the USM steel profile production building in Münsingen (Switzerland). A collaboration was thus born that lasted for decades with the creation of three steel structure modular construction systems (MAXI, MINI and MIDI) and a line of furniture, designed by Haller and manufactured, marketed and sold by USM. USM-Haller systems are a successful example of collaboration with industry in developing prefabricated systems for the construction of buildings, both industrial and for other uses. This research compiles detailed information with regard to these construction systems, including the generation of new graphic information based on the data and drawings published in the period. With this, we assess the relevance of these designs within the architect's career, as catalysts of the systemic and structural thought that he transferred to other scales and the scope of the research; as well as in the context of the architecture of the second half of the 20th century, in which the USM-Haller systems are an important contribution to prefabricated modular architecture.

KEYWORDS Fritz Haller; Solothurn School; Konrad Wachsmann; prefabrication; industrial architecture.

Persona de contacto / Corresponding author: angelica.fernandez@unizar.es. Universidad de Zaragoza. España.

INTRODUCCIÓN

El arquitecto suizo Fritz Haller (Soleura, 1924 - Berna, 2012) es reconocido hoy en día por su contribución al diseño de edificios industriales y por su colaboración con la industria para el desarrollo de sistemas constructivos modulares aplicables a edificios de diversos usos. Su implicación con la arquitectura industrial se inició en 1961, con el encargo de la sede de la empresa de perfiles de acero USM en Münsingen (Suiza). Haller diseñó para ese proyecto un sistema constructivo modular en acero, adaptado a las necesidades productivas de la empresa, que acabó convirtiéndose en un producto comercial en sí mismo (sistema MAXI). A este siguieron otros dos, concebidos para edificios de otros usos (sistemas MINI y MIDI).

El artículo se centra en el análisis de los sistemas USM-Haller, con los siguientes objetivos:

- Comprender su origen en un contexto histórico y arquitectónico concreto.
- Recopilar información relativa a los tres sistemas constructivos para su conocimiento detallado.
- Identificar sus singularidades en el contexto de la arquitectura industrial.

— Evaluar, retrospectivamente, la relevancia de los sistemas USM dentro de la trayectoria del arquitecto, así como su aportación a la arquitectura posterior.

Para ello, se han consultado prioritariamente fuentes de la época, como los artículos firmados por el propio Haller en la revista *Bauen + Wohnen*, así como artículos de otras revistas, monografías y publicaciones académicas posteriores. Para la presentación de la descripción detallada de los tres sistemas constructivos, se han elaborado modelos 3D, a partir de los cuales se han generado axonometrías explicativas.

ANTECEDENTES. ARQUITECTURA INDUSTRIAL Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS MODULARES

La arquitectura industrial experimentó una transformación notable en las décadas del siglo XX previas a la creación de los sistemas USM-Haller, impulsada por algunas figuras pioneras. En Estados Unidos, los edificios de Albert Kahn para la industria automovilística y aeronáutica plasmaron los principios fordistas de pragmatismo y adaptabilidad al proceso productivo, priorizando la máxima flexibilidad para adaptarse a los futuros requerimientos de los procesos industriales en

1. Pabellón Centenario del aluminio en París de 1954, publicado en 1956 en la revista suiza *Das Werk*.

constante cambio. Arquitectónicamente esto se tradujo en la búsqueda del espacio horizontal diáfano, el uso de exoestructuras, envolventes livianas, la sección como definidora tecnológica del espacio, y ordenación en planta regida por la estructura¹. En Europa, Walter Gropius renovó la imagen de la arquitectura industrial en su Fábrica Fagus, en 1913, con una fachada acristalada que se convertiría en adelante en característica de este tipo de arquitectura.

Las necesidades cambiantes de los procesos industriales favorecieron la exploración de la prefabricación y el uso de sistemas constructivos modulares, haciéndose más generalizado en la posguerra, debido a la necesidad de una construcción rápida. Alemania fue el primer país europeo en el que los arquitectos se involucraron activamente en el desarrollo y uso de nuevos sistemas constructivos industriales². Dos destacados impulsores fueron Walter Gropius y Konrad Wachsmann.

Gropius fue fundamental como defensor de la estandarización y la prefabricación en la arquitectura promoviendo, tanto desde la Bauhaus como desde el Deutscher Werkbund, el papel de los arquitectos en el desarrollo de productos industriales. En Estados Unidos desarrolló, junto a Wachsmann, la *Packaged House*, considerado un diseño paradigmático de vivienda prefabricada.

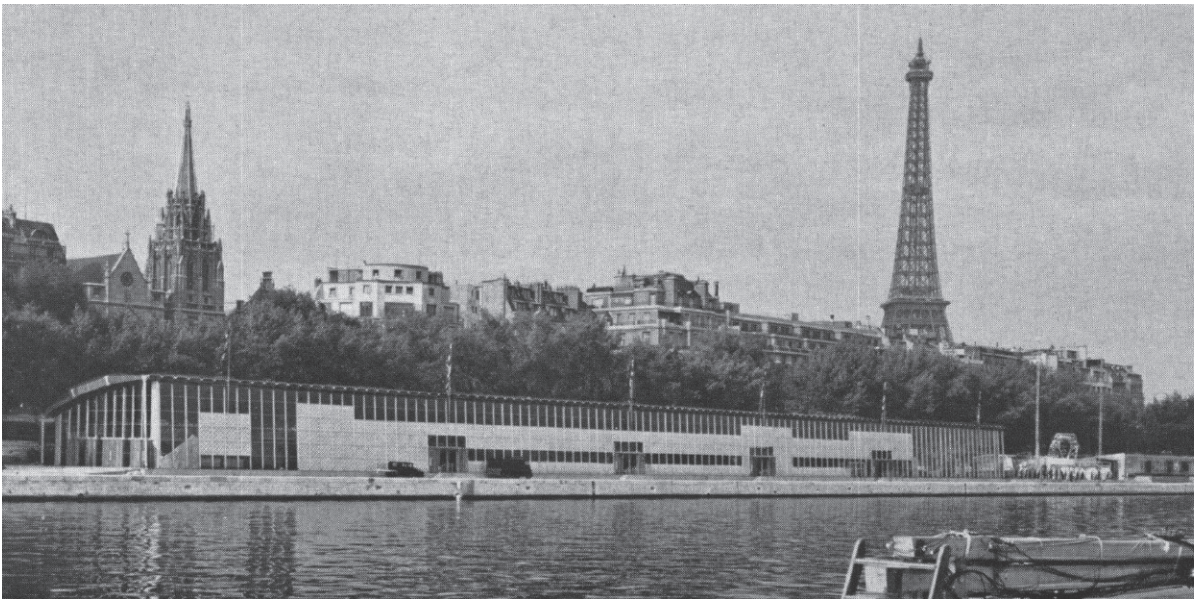
Por su parte, Konrad Wachsmann, especializado en construcción de madera y autor de varios sistemas prefabricados desde los años veinte, y su libro *Wendepunkt im Bauen* (1959), constituyeron una referencia fundamental

de la construcción con componentes industriales en la posguerra³. Sus diseños para la industria aeronáutica estadounidense sentaron las bases de la estandarización de elementos y la construcción de estructuras espaciales de grandes luces. Wachsmann fue el principal referente teórico para Haller, además de mentor. Tras conocerse en 1959 en un seminario sobre industrialización en Lausana⁴, mantuvieron un estrecho contacto a lo largo de los años, intercambiando conocimientos e ideas teóricas.

En Francia, además de Le Corbusier⁵, Jean Prouvé es considerado el gran precursor de la arquitectura industrializada, con sus tempranos ejemplos de edificación prefabricada en aluminio y acero en la década de 1930, como el aeroclub en Buc⁶, la casa desmontable BLPS y la *Maison du Peuple* en Clichy. Su Pabellón Centenario del aluminio en París de 1954, con su larga fachada modular, fue probablemente una referencia estética para Haller en el diseño de la fábrica de Münsingen (figura 1).

FRITZ HALLER Y LA EMPRESA USM: UNA COLABORACIÓN INNOVADORA

Tras unos primeros años trabajando en Holanda, Fritz Haller se estableció en 1949 como arquitecto en Soleura junto con su padre, Bruno Haller, y fue autor de varios edificios escolares que tuvieron repercusión en los medios especializados nacionales e internacionales. Jürgen Joedicke lo incluyó en la que denominó *Solothurn Schule* (Escuela de Soleura), una escena de clara influencia mesiánica⁷, cuya arquitectura se basa en la extrema simplici-



1

dad formal, el empleo predominante de acero y vidrio, y la incorporación de elementos innovadores basados en la construcción modular y la prefabricación.

En 1961, la empresa USM, fundada en Münsingen en 1885, pasó a manos de Paul Schärer, ingeniero nieto del fundador, quién decidió reubicar la sede de la empresa⁸. Atraído por los edificios de Haller⁹, le eligió para el diseño de la nueva sede: un edificio flexible que debía albergar las oficinas de administración y las líneas de producción, y poder adaptarse en el futuro a los distintos procesos de fabricación y a los cambios en la industria. Bajo esta premisa, Haller diseñó, en colaboración con Schärer y basándose en su experiencia previa con elementos prefabricados en edificios escolares¹⁰, un sistema flexible de construcción modular con estructura de acero.

En su descripción del proyecto para la planta de Münsingen ya se identifica la voluntad de concebir un “sistema” de uso más universal:

“El espacio debía ser creado únicamente a partir de piezas de montaje, para que los cambios o ampliaciones posteriores puedan realizarse de manera simple y sin necesidad de obras de remodelación. Se buscaron elementos de construcción lo más universales posible, para poder ensamblar diferentes naves a partir de unidades básicas, albergando la mayor variedad de usos posible. Este esfuerzo por construir una nave industrial universal podía ser el punto de partida para la producción industrial de elementos de construcción económicos, flexibles y de rápida instalación, para edificios industriales.

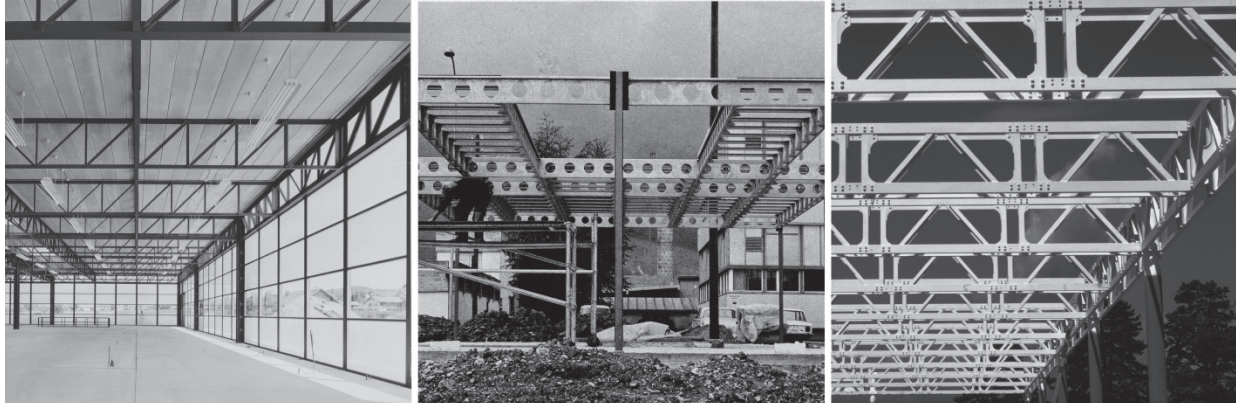
En primer lugar, se examinaron las construcciones comunes de hoy en día, y se analizaron sus ventajas y desventajas. Seguidamente, tratamos de definir directrices para la planificación de espacios fabriles basadas en las tendencias de desarrollo tecnológico. Se compararon diferentes tipos de iluminación de naves, con mediciones en ejemplos concretos. Se compararon las dimensiones

8 USM. *The history of a family business*. Página web corporativa. Disponible en: <https://www.usm.com/en/office/about-usm/our-history-alt/>.

9 SCHÄRER, Paul. *Erlebnisse und Errungenschaften beim Aufbau der neuen USM*. En: STALDER, Laurent; VRACHLIOTIS, Georg, eds. *Fritz Haller. Architekt und Forscher*. Zürich: GTA Verlag, 2016, p. 205. ISBN 978-3-85676-334-3.

10 El sistema constructivo de la escuela cantonal de Baden, proyectada por Haller en 1958 y construida en 1962-1964, es considerado el predecesor de los sistemas USM (ICOMOS Suisse. *System & Serie. Systembau in der Schweiz - Geschichte und Erhaltung*. Zürich: GTA Verlag, 2022, p. 167. Disponible en: <https://www.system-serie.ch/>).

2. Comparación de los tres sistemas MAXI (izquierda), MINI (centro) y MIDI (derecha).
3. Detalles constructivos del sistema MAXI en planta y sección, donde se ven los elementos estructurales y sus encuentros con fachada y cubierta.
4. Axonometría del sistema MAXI, donde se muestran los siguientes elementos: estructura portante formada por celosía [1] y pilares compuestos [2]; perfil para apoyo de celosía [3]; paneles de fachada, bien opacos o de vidrio [4]; estructura de fachada con perfiles T [5] y cubierta de losas de hormigón celular [6].
5. A la izquierda, encuentro entre pilares y vigas en el sistema MAXI. A la derecha, fotografía del proceso de ensamblaje de los componentes estructurales.



2

requeridas en la producción con las dimensiones básicas de las construcciones”¹¹.

Siguiendo la visión de Haller, el diseño de la fábrica de Münsingen fue el germen de la creación de la familia de sistemas constructivos comerciales USM-Haller: MAXI (1961), MINI (1962) y MIDI (1972) (figura 2).

Los tres sistemas, concebidos como abiertos,¹² se basaban en el mismo principio de estructura reticular de perfiles de acero, pero adaptados a diferentes escalas, niveles de complejidad y programas de uso. Cada sistema contaba con elementos y sistemas de ensamblaje que permitían adaptar, expandir o disminuir los edificios a lo largo del tiempo, tanto en términos de la volumetría general como de la distribución interior.

LOS SISTEMAS “USM HALLER” EN DETALLE

Sistema de construcción en acero MAXI

El sistema MAXI (desarrollado desde 1961, primera puesta en obra en 1963)¹³ sirve para la edificación de naves de una sola altura, con grandes distancias entre pilares. Está

pensado principalmente para crear plantas industriales destinadas a cualquier tipo de producción, en las que se requiera poder realizar extensiones o adiciones futuras. El sistema se compone de estructura portante, fachada exterior y cubierta (figuras 3 y 4).

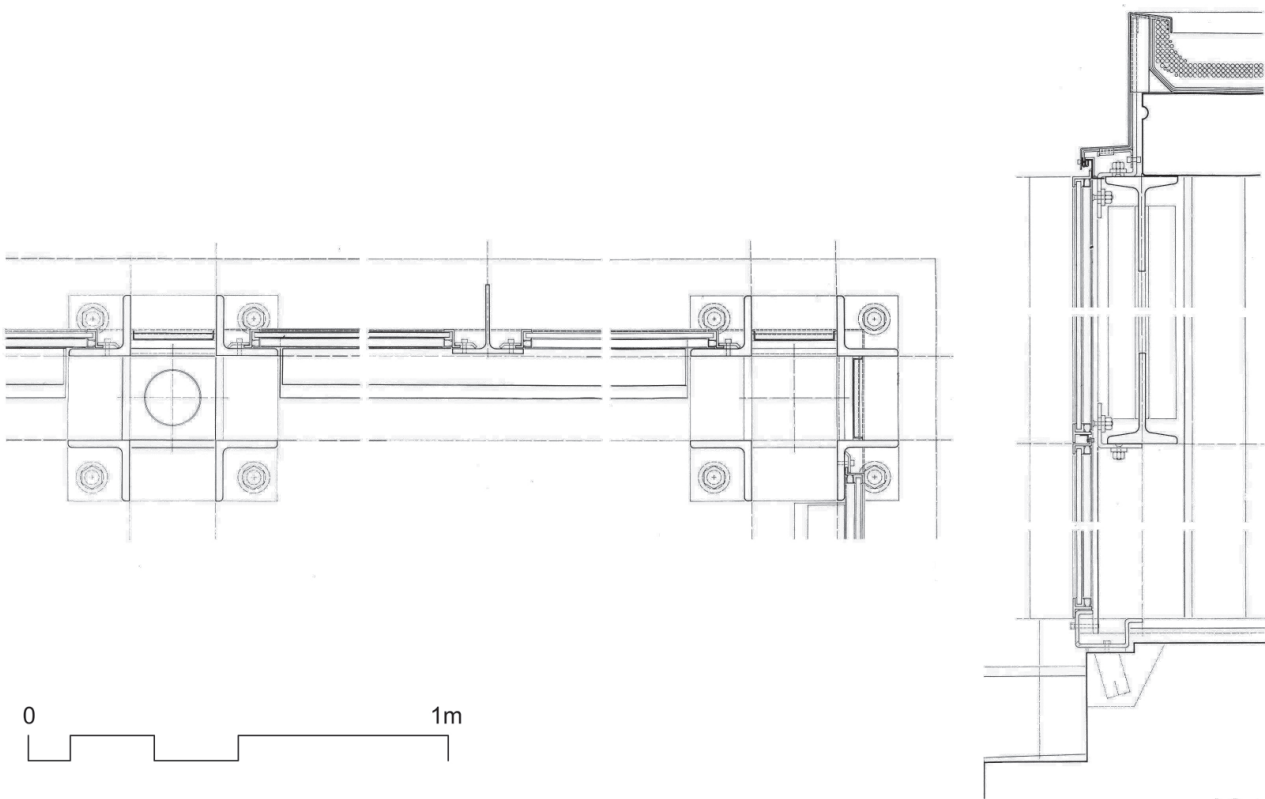
La estructura portante se distribuye reticularmente en planta, con luces de 9,6, 14,4 o 19,2 metros, y puede funcionar como estructura unidireccional o bidireccional. En el primer caso soporta cargas de hasta 300 kg/m² y, en el segundo, de 350 kg/m²¹⁴. Dentro de esta modulación, la estructura puede ser ampliada libremente. Los pilares, formados por cuatro perfiles en L unidos por pletinas, tienen una dimensión en planta de 45 × 45 centímetros, y altura variable, siempre múltiplo de 0,6 metros. Las vigas de celosía, fabricadas con perfiles de acero soldados, tienen un canto total de 1,2 metros. La forma compuesta de los pilares facilita el encuentro entre estos y las cerchas, que se encajan entre las dos L y se apoyan en perfiles soldados a los pilares (figura 5).

11 HALLER, Fritz. Allgemeine Lösungen in der Bautechnik. *Bauen + Wohnen* [en línea]. Zürich: Organ des Bundes Schweizer Architekten, 1962, n.º 16, cuad. 11: Planen und rationelles Bauen, p. 473 [consulta: 30-09-2024]. Disponible en: <https://www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=buw-001%3A1962%3A16%3A%3A1404#1405>.

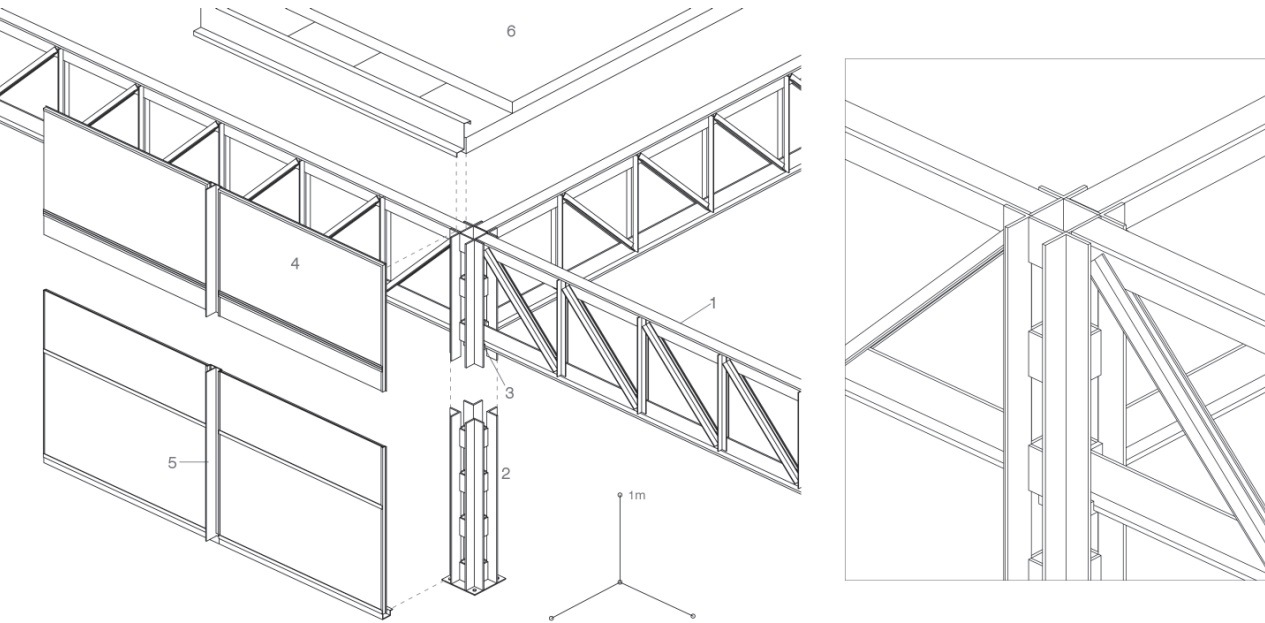
12 Se consideran sistemas abiertos aquellos que permiten la construcción en combinación con componentes de otros sistemas constructivos, o con sus propios subsistemas (por ejemplo, para fachadas o instalaciones), debido a sus dimensiones estandarizadas, su método de construcción o sus conexiones. Los sistemas abiertos tampoco están necesariamente vinculados a un fabricante (ICOMOS Suisse, op. cit. supra, nota 10, p. 181).

13 WICHMANN, Hans. *System Design: Fritz Haller Bauten - Möbel - Forschung*. Basilea: Birkhäuser, 1989, p. 70. ISBN 978-3-7643-2325-7.

14 Ibid., p. 72.



3



4

La fachada se resuelve con unos perfiles verticales en T, entre los cuales se insertan piezas desmontables de 2,40 × 1,20 m, bien de vidrio o placas opacas aislantes,

así como puertas u otros elementos. Aunque la modulación en altura es de 1,2 metros, también es posible insertar bandas de media altura (0,6 metros).

6. Detalles constructivos originales del sistema MINI en planta y sección, donde se ven los elementos estructurales y sus encuentros con fachada y cubierta. Dibujos publicados en 1967 en un folleto informativo sobre el sistema constructivo Mini.



5

La cubierta consta de losas autoportantes de hormigón celular armado, de 4,80 m de longitud.¹⁵ Para la iluminación natural se prevén claraboyas de 2,40 metros de ancho en el techo, con cristales que se oscurecen cuando brilla el sol y permanecen transparentes en días nublados, garantizando un rendimiento luminoso óptimo.¹⁶

Sistema de construcción en acero MINI

El sistema MINI (desarrollado desde 1962, primera puesta en obra en 1965)¹⁷ permite la construcción de edificios de uno o dos pisos, con luces de hasta 8,4 metros, tales como viviendas unifamiliares¹⁸, talleres, pabellones escolares, laboratorios, establecimientos comerciales, salas de exposiciones, etc.

El sistema consta de estructura portante con forjados intermedios, y envoltente exterior (figuras 6 y 7). La estructura, formada por pilares y vigas de perfiles de chapa conformados en frío, permite ampliaciones horizontales ilimitadas.

Para los encuentros entre pilares y vigas se añaden unos perfiles especiales rigidizadores de planta triangular (figura 8). Como en el caso anterior, la envoltente externa permite, dentro de la división modular, el rápido reemplazo de ventanas, puertas u otros elementos cuando sea requerido.

Sistema de construcción en acero MIDI

El sistema MIDI (desarrollado desde 1972, primera puesta en obra en 1980)¹⁹ está pensado para la construcción de edificios de varios pisos con fuerte presencia de instalaciones, como escuelas, edificios administrativos, laboratorios u hospitales²⁰.

Su desarrollo, más tardío que los otros dos sistemas, se basa en la integración de todos los componentes del edificio como un todo sistemático y coherente geométricamente, incluyendo, en particular, la disposición espacial de tuberías y otras instalaciones, coordinadas bajo un esquema de planificación de instalaciones. El modelo

15 HALLER, Fritz, op. cit. supra, nota 11, p. 473.

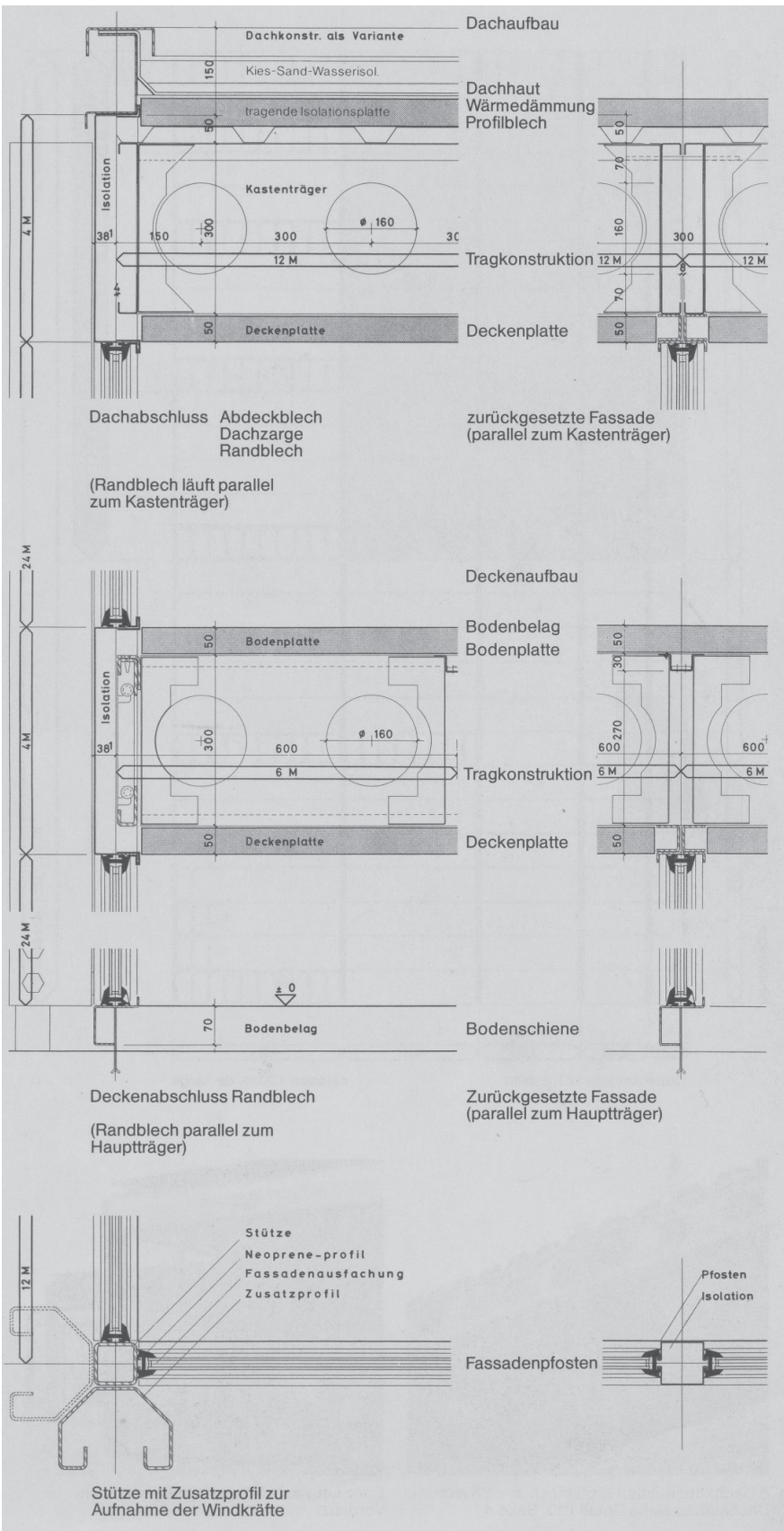
16 Ibid.

17 WICHMANN, Hans, op. cit. supra, nota 13, p. 138.

18 El edificio más conocido construido con el sistema MINI es la "casa Büchli", residencia privada del propietario de la empresa USM, Pål Schärer, construida en 1968-1969 y protegida en la actualidad como edificio de valor patrimonial.

19 WICHMANN, Hans, op. cit. supra, nota 13, p. 102.

20 El encargo más importante construido con el sistema MIDI es el Centro de formación de SBB (compañía ferroviaria estatal suiza) en Loewenberg (1980-1983). El complejo incluye nave de formación, sala de máquinas, edificio escolar, comedor y dos pabellones residenciales.

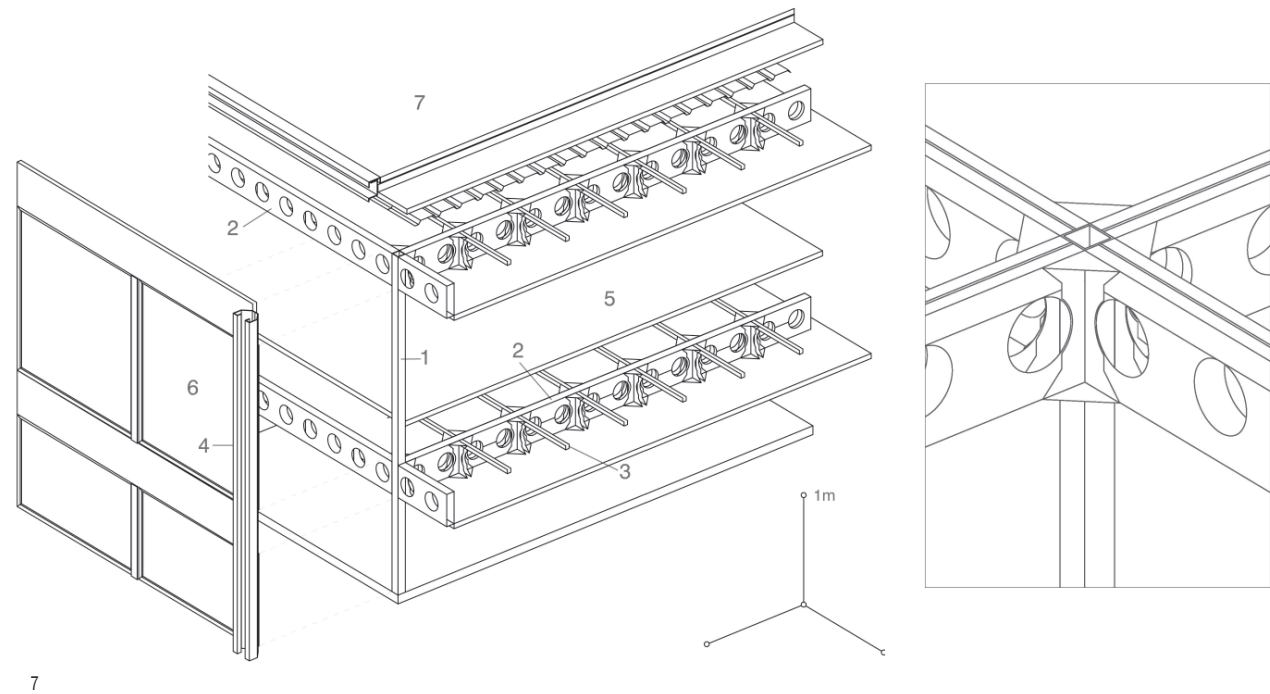


6

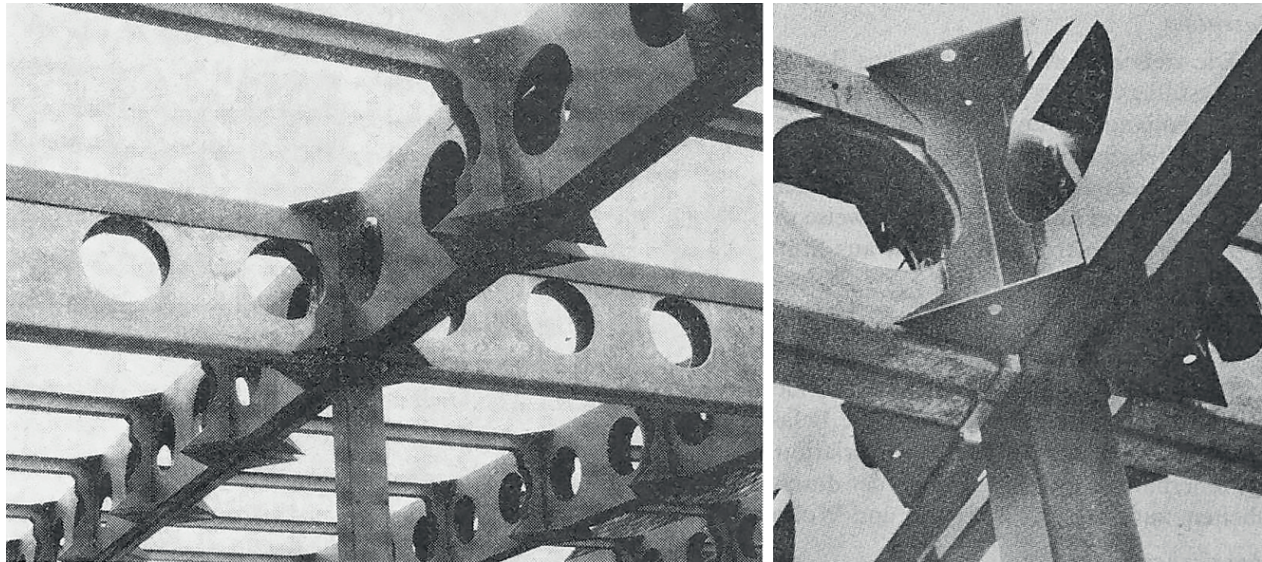
7. Axonometría del sistema MINI, donde se muestran los siguientes elementos: estructura portante, formada por pilares [1] y vigas [2] de perfiles de chapa conformados en frío; viguetas [3]; perfil adicional en fachada para absorber la fuerza del viento [4]; forjado intermedio [5]; fachada de vidrio [6] y cubierta, soportada por chapa grecada y con acabado variable [7].

8. Encuentro entre pilares y vigas en el sistema MINI.

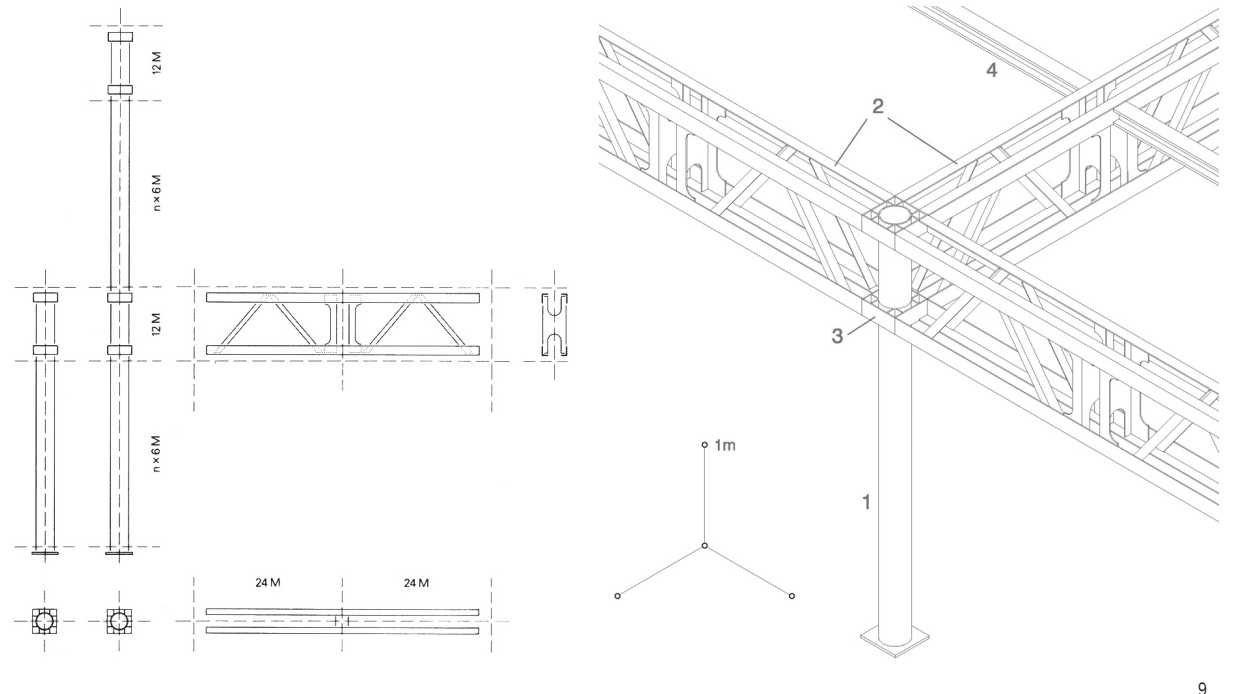
9. A la izquierda, detalle de la estructura del sistema modular MIDI. A la derecha, axonometría donde se muestran: pilares de tubo circular [1]; cerchas dobles [2]; capitel cuadrado de encuentro, soldado al pilar [3]; vigueta de perfil no definido [4].



7



8



9

de instalaciones ARMILLA, desarrollado por Haller en un proyecto de investigación en la Universidad de Karlsruhe²¹, se integra completamente en el sistema global MIDI.

La estructura portante tiene una distribución reticular en planta con luces más variables, respetando un módulo mínimo de 2,4 metros y alcanzando los 16,80 metros²². Funciona como estructura unidireccional de pórticos, que pueden ir alternando su dirección. Los pilares son tubos circulares de acero, también de altura variable, siempre múltiplo de 0,6 metros. Las cerchas, dobles, tienen 1,2 metros de canto (figura 9). El encuentro entre ambos se

hace por medio de un marco o capitel cuadrado, soldado al pilar, al que se atornillan las cerchas mediante pernos estructurales (figura 10)²³.

Filosofía común de los sistemas MAXI - MIDI - MINI

La familia de sistemas constructivos USM-Haller está diseñada desde la perspectiva de la operatividad y la interoperatividad. Si bien cada uno de los subsistemas trata de dar solución a espacios arquitectónicos diferentes, la filosofía común es la totipotencia²⁴: posibilitar un espectro lo más amplio posible de funciones, por encima de la

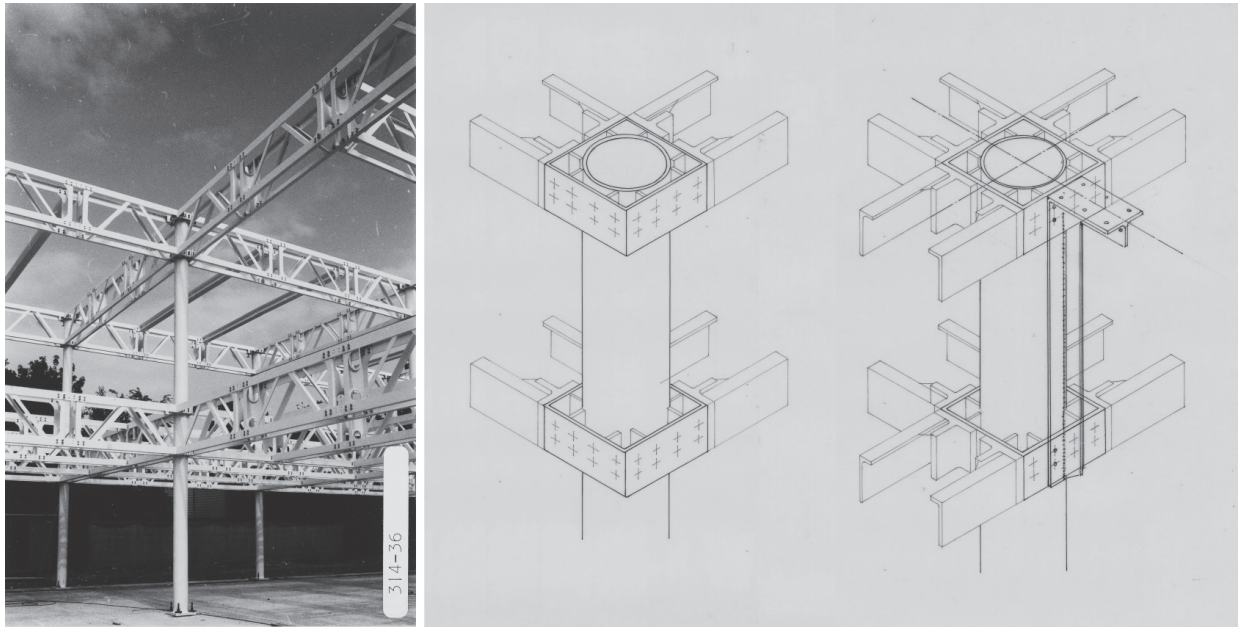
21 Desde 1977, Haller fue profesor titular en la Universidad de Karlsruhe, y director del Instituto de Producción de Edificios Industriales, hasta 1990 llamado Instituto de Diseño de Edificios (DRACH, Angelika; HOVESTADT, Ludger. *Intelligente CAD-Systeme : Instrumente für die Planung und Verwaltung komplexer Gebäude*. En: *Werk, Bauen + Wohnen* [en línea]. Zürich: Organ des Bundes Schweizer Architekten, 1992, n.º 79, cuad. 10: Fritz Haller, pp. 16-24) [consulta: 30-09-2024]. Disponible en: <https://www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=wbw-004%3A1992%3A79%3A%3A883>.

22 STADLER, Laurent; VRACHLIOTIS, Georg, op. cit. supra, nota 9, p. 292.

23 Ibid.

24 SABATTO, Steeve. Zur Frage von Massstab und Ökonomie. Totipotenz und Automation bei Konrad Wachsmann und Fritz Haller. En: STALDER, Laurent; VRACHLIOTIS, Georg, op. cit. supra, nota 9, p. 140.

10. A la izquierda, encuentro entre pilares y vigas en el sistema MIDI. A la derecha, detalles de pilar de esquina y de pilar intermedio, procedentes de dibujos originales de 1981 para el proyecto del Centro de formación de SBB.
11. Integración de estructura MINI en edificio preexistente construido con sistema MAXI, para ubicar unas oficinas en el interior de una nave fabril. Planta y sección.



10

determinación típica de los elementos concretos. Los tres sistemas se complementan entre ellos y pueden combinarse fácilmente. Para ello, utilizan un módulo común de 1,20 metros, tanto en planta como en altura (figura 11).

Por otra parte, en los tres sistemas se aprecian decisiones de diseño que van más allá de la optimización geométrica y estructural, aun a costa de un aumento del número de soportes o la cantidad de material. Se busca, por ejemplo, la unificación de las dimensiones de las vigas, incluso en situaciones de carga diferentes. En los sistemas MINI y MIDI, las vigas se diseñan de dos piezas para poder mantener el mismo criterio constructivo en puntos especiales, como los bordes, y sus huecos permiten la integración de las instalaciones técnicas en ellas.

Línea de mobiliario modular USM Haller

A los tres sistemas arquitectónicos tratados se debe sumar un cuarto, destinado a mobiliario, que es, en

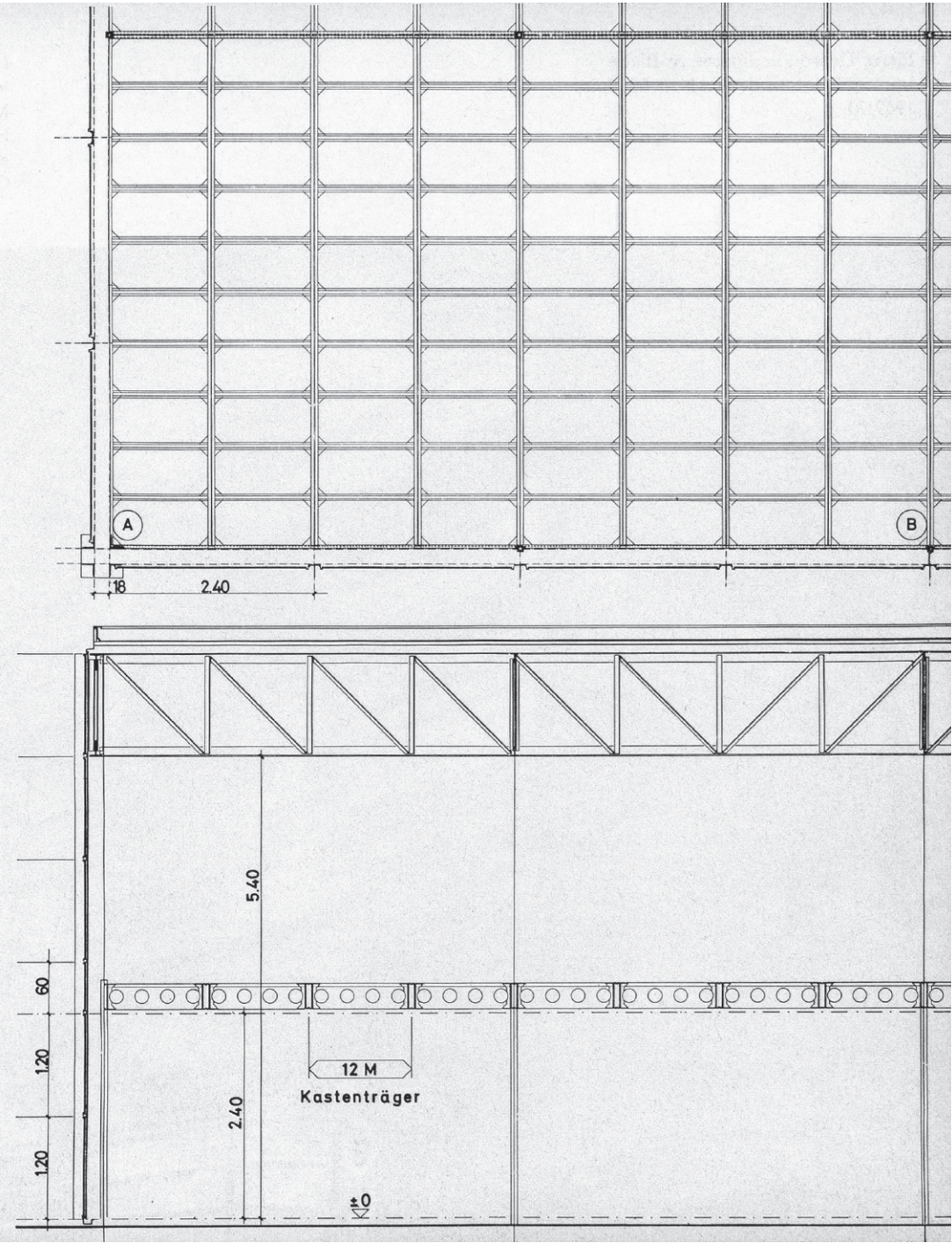
realidad, el más popular e icónico. Fue creado en 1963 bajo el planteamiento de “transferir la idea de modularidad del sistema constructivo de la fábrica del macro-al micro-espacio del mobiliario”²⁵. Se basa en una retícula tridimensional de tubos metálicos, conectados mediante una pequeña esfera, y paneles que conforman paredes y baldas.

La rótula, una esfera de latón cromado con un diámetro de 25 mm, es el elemento central de todo el sistema. Seis orificios con rosca permiten conectar, en las tres dimensiones del espacio y en ambas direcciones, los tubos del sistema, de diámetro de 19 mm, creando un sistema ortogonal de módulo variable. Los tubos, con longitudes que varían de 100 a 750 mm, y las rótulas, siempre quedan visibles desde el exterior, como una línea continua (figura 12)²⁶.

La extrema flexibilidad de sus configuraciones, junto con su robustez material y la continuidad intacta de su

25 SCHÄRER, Paul, op. cit. supra, nota 9, p. 207

26 KLEMP, Klaus. *The USM Haller Furniture System. Design Classics Series*. Frankfurt: Verlag Form, 2002, p. 17. ISBN 9783931317430.



11

12. Infografía y ejemplo actual de la línea de mobiliario USM Haller.
13. Complejo industrial USM en Münsingen en la actualidad. Vista exterior.



12

diseño a lo largo de las décadas, dota a estas piezas de mobiliario de gran durabilidad.

APLICACIÓN EN LA ARQUITECTURA INDUSTRIAL

A pesar de concebirse para su aplicación en distintos tipos de edificios, fue en la arquitectura industrial donde los sistemas Haller demostraron de forma más clara su eficacia y versatilidad²⁷. La posibilidad de adaptarse a cambios y expansiones futuras evidenciaba una visión lúcida de las necesidades de la arquitectura industrial, al tiempo que expresaba una estética moderna y coherente con dicha función.

La sede de USM en Münsingen fue el verdadero laboratorio de ensayo de los sistemas MAXI, MIDI y MINI. Los

tres sistemas se utilizaron en algunos de los edificios y pabellones que todavía forman parte del complejo (figura 13) y, al mismo tiempo, gran parte de los componentes se produjeron en la propia fábrica. El conjunto tiene actualmente consideración patrimonial, pues está incluido en el inventario de bienes culturales de importancia nacional y regional de Suiza (KGS), en la categoría A de interés nacional²⁸.

La nave principal, construida en 1961 con el sistema MAXI, con una altura única sobre rasante de 6 metros, y una distancia entre soportes de 14,40 metros, ofrece la flexibilidad requerida para los distintos procesos de fabricación, tal y como habían estudiado minuciosamente Haller y Schärer a partir de las necesidades de la propia empresa y del análisis de otros edificios industriales²⁹.

27 El sistema MAXI, el más utilizado de los tres, fue empleado casi exclusivamente para naves de producción, con excepción de una vivienda unifamiliar. El sistema MINI fue mayoritariamente empleado para edificios de oficinas vinculadas a plantas de producción, y para viviendas unifamiliares. El sistema MIDI tuvo una aplicación menor, con un total de cinco trabajos llevados a cabo, incluyendo varios edificios de uso residencial, administrativo y educacional. El inventario completo de todos los proyectos, tanto ejecutados como no ejecutados, que incluyeron uno de los tres sistemas Haller, se recoge en: ICOMOS Suisse, op. cit. supra, nota 10, pp. 167-169.

28 ADMINISTRACIÓN FEDERAL DE SUIZA. *Protection of cultural property inventory with objects of national importance (Federal Office for Civil Protection FOCP)*. Plataforma de Información Geográfica de la Confederación Suiza. Disponible en: <https://api3.geo.admin.ch/rest/services/ech/MapServer/ch.babs.kulturgueter/9038/extendedHtmlPopup?lang=en>.

29 HALLER, Fritz. *Fabrikhalle in Münsingen* = Halle de fabrication à Münsingen = Factory shed at Münsingen. En: *Bauen + Wohnen* [en línea]. Zürich: Organ des Bundes Schweizer Architekten, 1964, n.º 18, cuad. 10, p. 394 [consulta: 30-09-2024]. Disponible en: [https://www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=buw-](https://www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=buw-001%3A1964%3A18%3A%3A1290#1290)



13

El pabellón de oficinas, construido en 1965 con el sistema MINI, es también un espacio diáfano de una planta sobre rasante, que sigue el modelo de oficina abierta³⁰.

La constante modernización de las máquinas y los cambios en los procesos de producción llevaron a una serie de ampliaciones a lo largo de las décadas, utilizando siempre el sistema de construcción de acero USM-Haller. Desde 1998, las ampliaciones ya no fueron planificadas ni realizadas por Haller, sino por los arquitectos de la empresa, algo indicativo de la verdadera estandarización y universalidad del sistema.

Tras la experiencia de la obra de Münsingen, tanto los sistemas MAXI y MINI como el sistema de mobiliario modular, se convirtieron en productos comerciales. Pronto, otras empresas hicieron a Haller encargos para implementarlo en sus nuevos edificios. La flexibilidad del sistema permitió hacer variaciones al diseño original para adaptarse a las necesidades concretas de las empresas, generando edificios de características espaciales diferentes al de la fábrica de Münsingen (figura 14).

DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO MODULAR A UN MODELO TEÓRICO DE ARQUITECTURA Y CIUDAD

El enfoque sistémico de Haller tuvo su manifestación más allá de la práctica profesional, trasladándose de sus diseños modulares a su faceta como docente, investigador y teórico.

Como se mencionó anteriormente, la actividad teórica de Haller estuvo estrechamente ligada a las ideas de Konrad Wachsmann³¹. En 1966, tras cinco años de intenso desempeño con edificios industriales, el entonces director del Instituto de Investigación de la Construcción de la Universidad del Sur de California, invitó al arquitecto suizo a hacer una estancia como profesor visitante. Allí, Haller desarrolló una investigación sobre modelos matemático-geométricos aplicables a la arquitectura; en concreto, “*sobre las propiedades de puntos destacados en sistemas geométricos regulares*”³². Su objetivo era estudiar “*los problemas fundamentales que todo diseñador de sistemas modulares complejos afronta constante y repetidamente: la coordinación geométrica de*

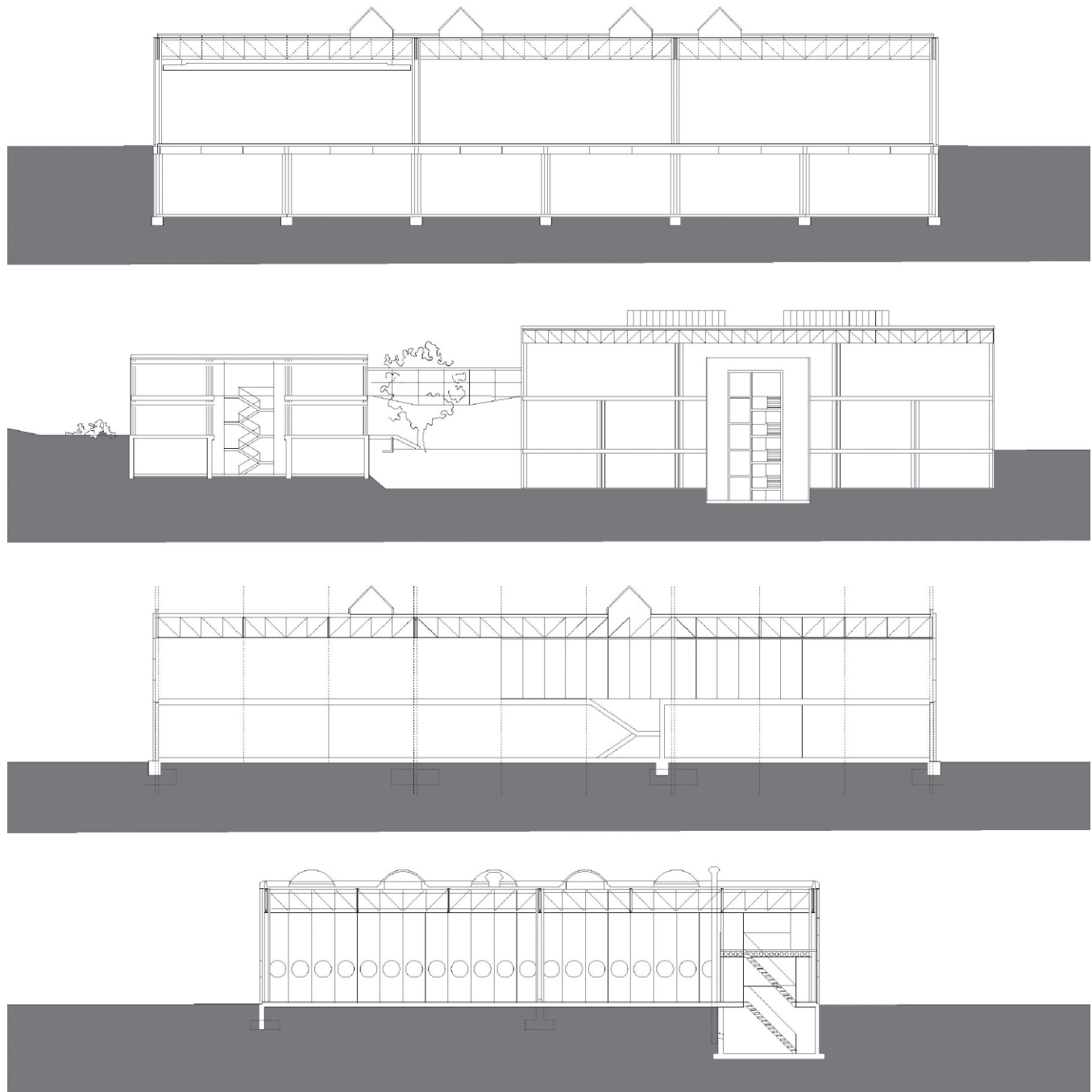
001%3A1964%3A18%3A%3A1290#1290.

30 Bürohaus Schärer's Söhne, Münsingen = Immeuble des bureaux, Schärer et fils, Münsingen = Office building, Schärer's sons, Münsingen. En: *Bauen + Wohnen* [en línea]. Zürich: Organ des Bundes Schweizer Architekten, 1965, n.º 19, cuad. 8, p. 323 [consulta: 30-09-2024]. Disponible en: <https://www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=buw-001%3A1965%3A19%3A%3A1077#1077>.

31 GRASER, Jürg Martin, op. cit. supra, nota 3, p. 267.

32 HALLER, Fritz. *Von Eigenschaften ausgezeichneter Punkte in regulären geometrischen Systemen*. En: *Bauen + Wohnen* [en línea]. Zürich: E Organ des Bundes Schweizer Architekten, 1967, n.º 21, cuad. 11: Bauforschung, pp. 425-438 [consulta: 30-09-2024]. Disponible en: <https://www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=buw-001%3A1967%3A21%3A%3A1390#1390>.

14. Secciones de las naves: 1) Fábrica USM en Münsingen, 1963; 2) Fábrica Agathon en Bellach, 1965; 3) imprenta Peichär en Saalfelden, 1967; 4) Fábrica Dialform en Kirchberg, 1971. Se aprecian las modificaciones con respecto al sistema original MAXI (arriba), tanto en la estructura como en fachada y cubierta.



14

los componentes del sistema, la formación de sus conexiones, la seguridad de las tolerancias y el control de las fuerzas en el sistema estático”³³.

En la investigación, Haller trabajó con cubos compuestos por celdas iguales conectadas por nodos. Con la ayuda de maquetas, estableció relaciones, analogías y condiciones geométricas distintas para cada nodo, dependiendo de su ubicación dentro del cubo, llegando a buscar una descripción matemática universal para estos nodos que fuera aplicable a todos los sistemas.

Haller exploró también la escala urbana, si bien siempre con un enfoque puramente teórico. Su sistema urbano utópico, publicado por primera vez en 1968³⁴, se basaba en la organización geométrica del espacio de la ciudad postindustrial a varias escalas, desde unas unidades básicas hasta conglomerados de 61 millones de personas, que fueron ampliados en una segunda versión de 1975³⁵ a una “ciudad total” de más de mil millones de habitantes. En ellas, se consideraban diferentes sistemas de comunicación y adaptaciones según condiciones sociales, climáticas y económicas. Las infraestructuras y las tecnologías del transporte, basadas en rigurosos estudios previos de los sistemas técnicos existentes o en desarrollo, desempeñaban un papel importante en el modelo.

En la *totale stadt* el orden geométrico es más importante que la cuantificación o el dimensionado. El modelo se centra en la “geometría coordinada” de los elementos constructivos, los “nudos” donde se encuentran las funciones, y los “movimientos y flujos” que ocurren en estos sistemas.

En su momento, el proyecto no fue ampliamente reconocido por la comunidad arquitectónica, incluso fue

tachado de totalitario por su excesiva rigidez y racionalización³⁶. Sin embargo, retrospectivamente se ha reconocido su coherencia dentro de la trayectoria del arquitecto y suele ser mencionado como una parte de la historia de la planificación urbana en Suiza.

LEGADO ARQUITECTÓNICO DE FRITZ HALLER Y EL SISTEMA USM-HALLER

El sistema USM-Haller fue uno de los primeros sistemas prefabricados suizos concebidos para edificios industriales. Los sistemas modulares más tempranos desarrollados en el país, existentes desde la década de 1940 (Durisol, NILBO) estaban planteados para viviendas unifamiliares o edificios de dimensiones reducidas³⁷. En 1955 nació el primero diseñado para grandes luces, el sistema Isler, un sistema cerrado en estructura de hormigón³⁸. Le sigue cronológicamente el sistema MAXI, de características completamente diferentes: en estructura metálica, adaptable a múltiples composiciones reticulares en planta, y concebido como un sistema abierto, fácilmente combinable con elementos propios y ajenos al sistema.

La aportación de la familia de sistemas USM-Haller no es tanto su temprana aparición como su nivel de versatilidad, flexibilidad, e interoperabilidad, ofreciendo soluciones tanto a las necesidades específicas de la industria como a otros usos, y representando, tal y como se ha calificado, “*el que, tal vez, sea el ejemplo paradigmático de la arquitectura de la integración de sistemas en Europa*”³⁹. Para ello, Haller trabajó desde una perspectiva sistémica, donde lo importante “*no es tanto la forma generada como su morfogénesis*”⁴⁰.

33 HALLER, Fritz. *Bauen und Forschen. Dokumentation der Ausstellung*. Solothurn: Kunstmuseum, 1988, sin página (3.3.0)

34 HALLER, Fritz. *totale stadt. ein model*. Olten: Walter Verlag, 1968.

35 HALLER, Fritz. *totale stadt. ein globales model. zweite studie*. Olten: Walter Verlag, 1975.

36 STADLER, Laurent; VRACHLIOTIS, Georg, op. cit. supra, nota 9, p. 299.

37 ICOMOS Suisse, op. cit. supra, nota 10, p. 40-43; 103-107.

38 Diseñado por el ingeniero Heinz Isler, consistía en estructuras de hormigón de planta cuadrada, con cubierta cupular tipo “concha”. Se trataba de un sistema cerrado y comercializado como producto final (ICOMOS Suisse, op. cit. supra, nota 10, p. 81-83).

39 SOLÉ BRAVO, Carlos. *La casa de Norman y Wendy Foster en Hampstead. Tecnología y domesticidad entre los años 1960 y 1980*. Tesis doctoral. UPM, 2017, p. 153. Disponible en: https://oa.upm.es/45408/1/CARLOS_SOLE_BRAVO.pdf.

40 SABATTO, Steeve, op. cit. supra, nota 24, p. 143.

15. Nudos y conexiones en el pabellón de la Expo 64 diseñados por Max Bill. Composición de fotografías publicada en 1994 en la revista *Kunst + Architektur in der Schweiz*.

En ese enfoque, definido como estructural⁴¹ o matemático⁴², se reconoce la filosofía de Konrad Wachsmann, que también podemos encontrar, por ejemplo, en Max Bill⁴³. Algunas características de los sistemas USM están presentes en el pabellón de exposiciones de la Expo 64, diseñado por el arquitecto zuriqués. Los elaborados diseños de los nudos de su estructura metálica recuerdan tanto a los de Wachsmann como a los sistemas USM-Haller (figura 15).

Los cambios producidos en décadas posteriores -posmodernismos, cuestionamiento del paradigma tecnológico, y un creciente pluralismo formal- no facilitaron la transmisión de las ideas de Haller, basadas en una visión de progreso técnico y la búsqueda de soluciones universales. No obstante, en Suiza se dio, a partir de los años ochenta y a diferencia de otros países, una tendencia hacia la reducción y el minimalismo⁴⁴, que encontró en los edificios de Haller, y de la escuela de Soleura en general, el atractivo de la arquitectura minimalista en acero y vidrio inspirada en Mies van der Rohe, cuidadosa en los detalles, los acabados y las proporciones modulares. Tendencia, desarrollada principalmente en la parte de habla alemana del país, que recibió el calificativo de *swissbox* o “esencialismo suizo”.

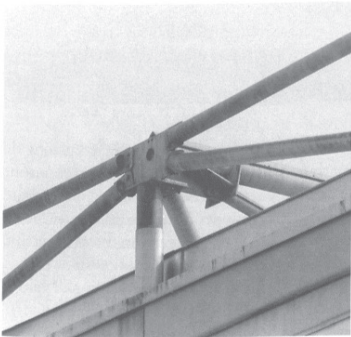
Sin embargo, la influencia de Haller es más clara entre los seguidores de la arquitectura industrializada y la integración de sistemas prefabricados. Una influencia corroborada⁴⁵ en esta línea son algunos edificios de Norman Foster, a través del ingeniero de estructuras Anthony

Hunt, colaborador del arquitecto británico y admirador del trabajo de Haller. La fábrica para *Reliance Controls Electronics* en Swindon (1965-1966), de Team 4⁴⁶, ha sido comparada con la fábrica de USM construida tres años antes⁴⁷, al igual que la casa Büchli, diseñada por Haller con el sistema MINI, presenta similitudes con la estructura de la casa del matrimonio Foster en Hampstead.

CONCLUSIONES

El interés de Haller por la construcción industrializada, presente desde sus inicios profesionales, es fruto de un contexto histórico y arquitectónico propicio, en la década de 1950 y en el seno de la Escuela de Soleura. Un contexto de transformación y optimismo tecnológico, que, en el caso de Haller, se vio impulsado, especialmente, por su relación con Konrad Wachsmann, en quien el arquitecto suizo encontró un apoyo a su trabajo y un soporte teórico a sus ideas.

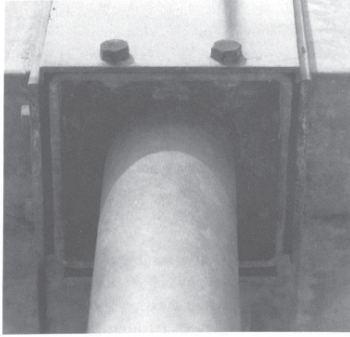
Enfrentarse al encargo del equipamiento industrial de USM en 1961, con requerimientos concretos en términos de flexibilidad y transformación, obligó a Fritz Haller a desarrollar un enfoque racional y sistémico como arquitecto. En el proceso de diseño del sistema MAXI, posteriormente complementado con los sistemas MINI y MIDI, Haller tomó decisiones de diseño no únicamente basadas en una optimización geométrica o estática, sino también operativa e interoperativa, tales como el mantenimiento de un módulo constante de 120 cm en los tres subsistemas, el esfuerzo por reducir el número de elementos diferentes, y el cuidadoso diseño de los encuentros entre pilares y vigas.



La théorie:
la concrétion architecturale

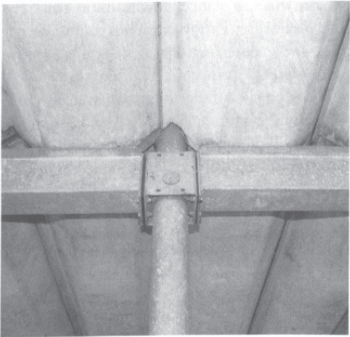
En s'appuyant sur la durée éphémère de son Pavillon, et avec une rare maîtrise dans la flexibilité du système constructif, Max Bill pousse son raisonnement à l'extrême; jusqu'aux limites du «concret», jusqu'au «défi architectural». Il propose et accepte même l'inachevé comme composante de l'ensemble construit.

Arrêtons-nous par exemple sur le contreventement des superstructures, où l'ordre et le chaos sont mis à nu. Ici ou là, une barre d'attache semble manquer ou en attente d'une fi-



8 L'assemblage: les boulons serrés il y a trente ans sont toujours là, rouillés, en attente.

9 Le nœud: lieu d'intersection multidirectionnel, il est le cœur stratégique du système structurel.



10 Le poteau: multifonctionnel avec sa tête d'assemblage, il est porteur et assure l'écoulement des eaux de pluie.

Haller se centró repetidamente en la cuestión de los “puntos singulares”, a diferentes escalas. En el caso de los sistemas MAXI-MINI-MIDI, se identifica, precisamente, en los “nudos”, encuentros entre vigas o entre vigas y pilares; en el caso del icónico mobiliario de oficina, son las rótulas esféricas de conexión que dan solución a todo el sistema; en su proyecto urbano de la *totale stadt*, son los puntos de conexión de los sistemas de transporte. También su investigación teórica en Los Ángeles versa sobre “puntos destacados” a nivel matemático. En dicha atención por nodos y puntos destacados se identifica claramente la influencia de Wachsmann, en cuyas estructuras espaciales los puntos de conexión son también tema central.

Igualmente prevalece el deseo, común con Wachsmann, de encontrar soluciones de validez general en arquitectura, llevándolo hasta lo universal. La creación de una familia de sistemas modulares, vinculados entre ellos por medio de unas dimensiones compatibles, que aspiran a resolver, de forma conjunta, el espectro más amplio posible de requerimientos, en lugar de sistemas independientes para resolver necesidades aisladas, denota una visión de sistema poco común. Los sistemas Haller acabaron estructurando toda la producción del arquitecto a lo largo de las décadas, desde la escala más pequeña hasta la más grande, haciendo que cada edificio encajara en el sistema general como una pieza del *puzzle*. Para ello se mantienen presentes dos

mecanismos necesarios: modulación y estandarización de componentes.

Por otra parte, los sistemas USM-Haller constituyen un ejemplo exitoso de trabajo en equipo y de colaboración arquitecto-industria. Si bien se atribuye a Haller la creación de los sistemas, el arquitecto relata siempre el proceso de diseño utilizando el plural, dando visibilidad a la colaboración con el ingeniero Paul Schärer y la empresa USM. Ambos, diseñador y fabricante, se beneficiaron mutuamente: para Haller, supuso su trabajo más importante y prolongado en el tiempo, y lo definió profesionalmente como un arquitecto, y posteriormente profesor, especializado en construcción industrializada. Le llevó, además, a desarrollar un enfoque sistémico y una búsqueda constante de soluciones universales en todos los ámbitos de la arquitectura. A su vez, para la empresa USM, el edificio de su sede en Münsingen se convirtió en su emblema, no solo albergando su actividad industrial sino también convirtiéndose en muestrario de los productos fabricados en ella. Pero el principal legado de Haller a la empresa fue, indudablemente, el diseño de la línea de mobiliario que lleva su nombre, y que es, sesenta años después, su producto principal y su seña de identidad.

Además de ser una figura destacada de la arquitectura suiza de los años sesenta y setenta, Fritz Haller supone una aportación importante a la arquitectura industrializada en la segunda mitad del siglo XX, tanto en el diseño como en la aplicación y la integración de

sistemas prefabricados, y que ha tenido repercusión en el trabajo de arquitectos reconocidos, también fuera de las fronteras suizas, como Norman Foster y Richard Rogers.

En la arquitectura actual, centrada en la sostenibilidad y, como parte de ello, consciente del valor de la longevidad y la importancia de la reducción de residuos, las

Aportación de cada autor CRediT:

Conceptualización: AFM (50%); MSM (25%); MQC (25%)
Investigación, metodología, redacción y revisión: AFM 33%; MSM 33%; MQC 33%
Elaboración y gestión de imágenes: AFM (50%); MSM (25%); MQC (25%)

Todos los/las autores/as declaran que no existe ningún conflicto de intereses con los resultados del trabajo.

Fuentes de financiación.

GRAPHYC_Grupo de Representación Arquitectónica del Patrimonio Histórico y Contemporáneo. Gobierno de Aragón (H32_23R)

características de la obra de Haller constituyen, sesenta años después, valores en alza. La estandarización y la adaptabilidad facilitan el reaprovechamiento y ayudan a alcanzar objetivos de sostenibilidad y minimización de residuos, en un tipo de arquitectura, la industrial, que por su uso está a menudo sujeta a frecuentes cambios a lo largo del tiempo.■

HALLER, Fritz. Allgemeine Lösungen in der Bautechnik. En: *Bauen + Wohnen* [en línea]. Zürich: Organ des Bundes Schweizer Architekten, 1962, n.º 16, cuad. 11: Planen und rationelles Bauen, pp. 456-475 [consulta: 30-09-2024]. Disponible en: <https://www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=buw-001%3A1962%3A16%3A%3A1404#1405>.

HALLER, Fritz. Fabrikhalle in Münsingen = Halle de fabrication à Münsingen = Factory shed at Münsingen. En: *Bauen + Wohnen* [en línea]. Zürich: Organ des Bundes Schweizer Architekten, 1964, n.º 18, cuad. 10, pp. 394-401 [consulta: 30-09-2024]. Disponible en: <https://www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=buw-001%3A1964%3A18%3A%3A1290#1290>.

HALLER, Fritz. Von Eigenschaften ausgezeichneter Punkte in regulären geometrischen Systemen. En: *Bauen + Wohnen* [en línea]. Zürich: Organ des Bundes Schweizer Architekten, 1967, n.º 21, cuad. 11: Bauforschung, pp. 425-438 [consulta: 30-09-2024]. Disponible en: <https://www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=buw-001%3A1967%3A21%3A%3A1390#1390>.

HALLER, Fritz. *Totale stadt. Ein model*. Olten: Walter Verlag, 1968.

HALLER, Fritz. *Totale stadt. Ein globales model. zweite studie*. Olten: Walter Verlag, 1975.

HALLER, Fritz. *Bauen und Forschen. Dokumentation der Ausstellung*. Solothurn: Kunstmuseum, 1988.

HERBERT, Gilbert. *The Dream of the Factory-Made House*. Cambridge: MIT Press, 1984. ISBN-e 9780262368018.

ICOMOS Suisse. *System & Serie. Systembau in der Schweiz - Geschichte und Erhaltung*. Zürich: GTA Verlag, 2022. Disponible en: <https://www.system-serie.ch/>.

JOEDICKE, Jürgen. *Moderne Architektur: Strömungen und Tendenzen*. Stuttgart: Krämer, 1969.

KLEMP, Klaus. *The USM Haller Furniture System. Design Classics Series*. Frankfurt: Verlag Form, 2002. ISBN 9783931317430.

MEDINA WARMBURG, Joaquín; LEOPOLD, Cornelia. *Strukturelle Architektur: Zur Aktualität eines Denkens zwischen Technik und Ästhetik*. Bielefeld: Transcript Verlag, 2012. ISBN 978-3-8376-1817-4.

PANCORBO, Luis; MARTÍN, Inés. Architecture as technical object. Industrial architecture of Albert Kahn. En: *VLC arquitectura* [en línea]. Valencia: Universitat Politècnica de València, 2014, vol. 1, n.º 2, pp. 1-3 [consulta: 30-09-2024]. ISSN-e 2341-2747. DOI: <https://doi.org/10.4995/vlc.2014.2333>.

SOLE´ BRAVO, Carlos. *La casa de Norman y Wendy Foster en Hampstead. Tecnología y domesticidad entre los años 1960 y 1980*. Tesis doctoral. UPM, 2017. Disponible en: https://oa.upm.es/45408/1/CARLOS_SOLE_BRAVO.pdf.

STALDER, Laurent; VRACHLIOTIS, Georg, eds. *Fritz Haller. Architekt und Forscher*. Zürich: GTA Verlag, 2016. ISBN 978-3-85676-334-3.

USM. *The history of a family business*. Página web corporativa [consulta: 21 de agosto de 2024]. Disponible en: <https://www.usm.com/en/office/about-usm/our-history-alt/>.

WICHMANN, Hans. *System Design: Fritz Haller Bauten - Möbel - Forschung*. Basilea: Birkhäuser, 1989. ISBN 978-3-7643-2325-7.

Bibliografía citada

ANGÉLIL, Marc; HIMMELREICH, Jørg. *Architekturdialoge: Positionen, Konzepte, Visionen*. Salenstein: Niggli, 2011. ISBN 978-3-7212-0801-6.

ARRIBAS BLANCO, Ruth; Jean Prouvé y Konrad Wachsmann . Dos formas de utilizar la maqueta como herramienta de proyecto. En: *Proyecto, Progreso, Arquitectura* [en línea]. Sevilla: Editorial Universidad de Sevilla, 2016, n.º 15, pp. 56-69. [consulta: 30-09-2024]. ISSN 2173-1616. DOI: <https://doi.org/10.12795/ppa.2016.i15.04>.

DÍAZ SEGURA, Alfonso; MOCHOLÍ FERRÁNDIZ, Guillermo. Les Maisons Loucheur. La máquina para habitar se industrializa. En: *Proyecto, Progreso, Arquitectura* [en línea]. Sevilla: Editorial Universidad de Sevilla, 2012, n.º 6, pp. 34-49 [consulta: 30-09-2024]. ISSN 2173-1616. DOI: <https://doi.org/10.12795/ppa.2012.i6.02>.

DRACH, Angelika; HOVESTADT, Ludger. Intelligente CAD-Systeme : Instrumente für die Planung und Verwaltung komplexer Gebäude. En: *Werk, Bauen + Wohnen* [en línea]. Zürich: Organ des Bundes Schweizer Architekten, 1992, n.º 79, cuad. 10: Fritz Haller, pp. 16-24) [consulta: 30-09-2024]. Disponible en: <https://www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=wbw-004%3A1992%3A79%3A%3A883>.

GRASER, Jürg Martin. *Die Schule von Solothurn: Der Beitrag von Alfons Barth, Hans Zaugg, Max Schlup, Franz Füeg und Fritz Haller zur Schweizer Architektur der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts*. Tesis doctoral. Zürich: ETHZ, 2008. Disponible en: <https://www.research-collection.ethz.ch/handle/20.500.11850/150915>.

Angélica Fernández-Morales (Zaragoza, 1979) es profesora titular del área de Expresión Gráfica Arquitectónica de la Universidad de Zaragoza. Miembro del grupo de investigación Representación Arquitectónica del Patrimonio Histórico y Contemporáneo (GRAPHYC) y del Instituto de Patrimonio y Humanidades (IPH) de la UZ. Su trabajo investigador se centra en el uso de técnicas digitales combinadas para la representación y simulación arquitectónica, particularmente de edificios de interés patrimonial. Paralelamente, trabaja sobre la relación entre arquitectura y artes plásticas contemporáneas en el contexto europeo.

Miguel Sancho-Mir (Zaragoza, 1982) Dr. Arquitecto, profesor contratado doctor en el área de Expresión Gráfica Arquitectónica en la Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza. Miembro de ICOMOS, del grupo de investigación H32_23R Grupo de Representación Arquitectónica del Patrimonio Histórico y Contemporáneo. GRAPHYC y del Instituto Universitario de Investigación en Patrimonio y Humanidades de la Universidad de Zaragoza. La labor investigadora se ha centrado fundamentalmente en el estudio, representación y revalorización del patrimonio arquitectónico y urbano, incidiendo de especial manera en la importancia de un correcto análisis gráfico del mismo como parte indispensable para su conocimiento.

Marta Quintilla-Castán (Zaragoza, 1984) Dra. Arquitecta, profesora ayudante doctor del Área de Expresión Gráfica Arquitectónica en la Universidad de Zaragoza desde 2016. Acreditada como profesora contratada doctora desde 2023. Arquitecta por la ETSAUN (2009). Diploma de Especialización en planeamiento y Desarrollo Urbanístico por la Universidad de Navarra y Diploma de Especialización en Certificación Energética de Edificios. En 2014 obtiene el título de Máster en Arquitectura por la Universidad de Zaragoza. En 2022 obtiene el título de Doctor con la tesis “Inventario Gráfico Digital del Patrimonio arquitectónico mudéjar en Aragón”. Miembro del Instituto del Patrimonio y Humanidades (IPH) de la Universidad de Zaragoza y del Grupo de investigación reconocido “Grupo de representación arquitectónica del Patrimonio Histórico y Contemporáneo. GRAPHYC”.

USM HALLER: UN PARADIGMA DE SIMBIOSIS ENTRE ARQUITECTURA E INDUSTRIA
USM HALLER: A PARADIGM OF SYMBIOSIS BETWEEN ARCHITECTURE AND INDUSTRY

Angélica Fernández-Morales ( 0000-0002-5090-2331)
Miguel Sancho-Mir ( 0000-0003-2903-475X)
Marta Quintilla-Castán ( 0000-0002-2308-752X)

p.33 INTRODUCTION

The Swiss architect Fritz Haller (Solothurn, 1924 - Berne, 2012) is recognised today for his contribution to the design of industrial buildings and for his collaboration with the industry to develop modular construction systems that can be applied to buildings of diverse uses. His involvement in industrial architecture started in 1961, with the commission for the headquarters of the steel profile manufacturing company USM in Münsingen (Switzerland). Haller designed a modular construction system in steel for that project, tailored to the company's production needs, which ultimately turned into a commercial product in itself (MAXI system). This was followed by two more, conceived for buildings with other uses (MINI and MIDI systems).

The article focuses on the analysis of the USM-Haller systems, with the following aims:

- Understand their origin in a specific historical and architectural context.
- Compile information with regard to the three construction systems to get to know them in detail.
- Identify their singularities in the context of industrial architecture.
- Evaluate, retrospectively, the importance of USM systems in the architect's career, as well as their contribution to subsequent architecture.

To do so, we have consulted mainly sources from the era, such as articles authored by Haller himself in the journal *Bauen+Wohnen*, as well as subsequent articles from other journals, monographic studies and academic publications. 3D models were created for to present the detailed description of the three construction systems, based on which explanatory axonometries have been generated.

BACKGROUND. INDUSTRIAL ARCHITECTURE AND MODULAR CONSTRUCTION SYSTEMS

Industrial architecture underwent a notable transformation in the decades of the 20th century before the creation of USM-Haller systems, driven by several pioneering figures. In the United States, the buildings of Albert Kahn for the automobile and aeronautics industries embodied the Ford principles of pragmatism and adaptability to the production process, prioritising the utmost flexibility, to adapt to future requirements of the constantly changing industrial processes. In architectural terms, this was translated into the search for diaphanous horizontal space, the use of light, enveloping exostructures, the section as the defining technological element of the space, and the floor plan layout determined by the structure¹. In Europe, Walter Gropius renewed the image of industrial architecture in his Fagus Factory, in 1913, with a glazed façade that would go on to become a characteristic feature of this kind of architecture.

The changing needs of industrial processes encouraged the exploration of prefabrication and the use of modular construction systems, and became more widespread in the post-war period, due to the need for fast construction. Germany was the first European country in which architects were actively involved in the development and use of new industrial construction systems². Two prominent driving forces were Walter Gropius and Konrad Wachsmann.

Gropius was fundamental as an advocate of standardisation and prefabrication in architecture, promoting, both from the Bauhaus and the Deutscher Werkbund, the role of architects in the development of industrial products. In the United States, together with Wachsmann, he developed the *Packaged House*, considered a paradigmatic design of the prefabricated home.

For his part, Konrad Wachsmann, who specialised in wood construction and who created several prefabricated systems beginning in the 1920s, and his book *Wendepunkt im Bauen* (1959), were touchstones of construction with industrial components in the post-war period³. His designs for the US aeronautic industry laid the foundations for the standardisation of elements and the construction of spatial structures with wide spans. Wachsmann was the leading theorist for Haller, as well as a mentor. After they met in 1959 at a seminar on industrialisation in Lausanne⁴, they kept in close contact over the years, exchanging knowledge and theoretical ideas.

In France, as well as Le Corbusier⁵, Jean Prouvé is considered the great forerunner of industrialised architecture, with his early examples of prefabricated building in aluminium and steel in the 1930s, such as the flying club in Buc⁶, the BLPS detachable house and the *Maison du Peuple* in Clichy. His 1954 aluminium Centenary Pavilion in Paris, with its long, modulated façade, was probably an aesthetic model for Haller in the design of the Münsingen factory (figure1).

FRITZ HALLER AND THE USM COMPANY: AN INNOVATIVE COLLABORATION

After a few years working in Holland, Fritz Haller set up in 1949 as an architect in Solothurn together with his father, Bruno Haller, and was the designer of several school buildings that had an impact on the national and international specialised media. Jürge Joedicke included it in what he called Solothurn Schule (Solothurn School), a scene with a clear Miesian influence⁷. Mies van der Rohe's architecture is based on extreme formal simplicity, the predominant use of steel and glass, and the incorporation of innovative elements based on modular construction and prefabrication.

p.35

In 1961, the USM company, founded in Münsingen in 1885, passed into the hands of Paul Schärer, the founder's grandson, who decided to relocate the company's headquarters⁸. Attracted by Haller's buildings⁹, he chose him for the design of the new headquarters: a flexible building that was to house the administration offices and production lines, and to be able to adapt in the future to the different manufacturing processes and changes in the industry. Under this premise, Haller designed, in collaboration with Schärer and based on his previous experience with prefabricated elements in school buildings¹⁰, a flexible modular construction system with a steel structure.

In his description of the design for the Münsingen plant one can already identify the desire to conceive a "system" of more universal use:

"The space had to be created solely from assembly parts, so that subsequent changes or extensions could be made simply and without the need for refurbishment work. Construction elements were sought that were as universal as possible, in order to be able to assemble different industrial buildings from basic units, housing the widest possible variety of uses. This effort to build a universal industrial hall could be the starting point for the industrial production of economical, flexible and fast-to-install building elements for industrial buildings."

*First, the common constructions of the day were examined, and their advantages and disadvantages were analysed. Next, we tried to define guidelines for the planning of manufacturing spaces based on trends in technological development. Different types of house lighting were compared, with measurements in concrete examples. The dimensions required in production were compared with the basic dimensions of the constructions"*¹¹.

Following Haller's vision, the design of the Münsingen factory was the seed for the creation of the USM-Haller family of commercial building systems: MAXI (1961), MINI (1962) and MIDI (1972) (Figure 2).

The three systems, conceived as open,¹² were based on the same principle of reticular structure of steel profiles, but adapted to different scales, levels of complexity and programmes of use. Each system had elements and assembly systems that allowed the buildings to be adapted, expanded or reduced over time, both in terms of the general volumetry and the interior distribution.

THE "USM HALLER" SYSTEMS IN DETAIL

MAXI steel construction system

The MAXI system (developed from 1961, first used in a construction project in 1963)¹³ is used for the construction of single-storey warehouses, with large distances between pillars. It is mainly designed to create industrial plants for any type of production, in which it is required to be able to make extensions or future additions. The system consists of a load-bearing structure, exterior façade and roof (figures 3 and 4).

The load-bearing structure is distributed in a reticular manner in plan, with spans of 9.6, 14.4 or 19.2 metres, and can function as a unidirectional or bidirectional structure. In the first case, it supports loads of up to 300 kg/m² and, in the second, 350 kg/m²¹⁴. Within this modulation, the structure can be freely expanded. The pillars, made up of four L-shaped profiles joined by plates, have a floor plan dimension of 45 × 45 centimetres, and a variable height, always a multiple of 0.6 metres. The lattice beams, made of welded steel profiles, have a total depth of 1.2 metres. The composite shape of the pillars facilitates the meeting between them and the trusses, which are fitted between the two L's and supported by profiles welded to the pillars (Figure 5).

The façade is resolved with vertical T-profiles, between which removable pieces of 2.40 × 1.20 m are inserted, made either of glass or opaque insulating plates, as well as doors or other elements. Although the modulation in height is 1.2 meters, it is also possible to insert half-height bands (0.6 metres).

The roof consists of self-supporting reinforced aerated concrete slabs, 4.80 m long.¹⁵ For natural lighting, 2.40-metre-wide skylights are provided on the ceiling, with glass that darkens when the sun shines and remains transparent on cloudy days, ensuring optimal light output.¹⁶

MINI steel construction system

The MINI system (developed from 1962, first used in a construction project in 1965)¹⁷ allows the construction of one or two-storey buildings, with spans of up to 8.4 metres, such as single-family homes¹⁸, workshops, school pavilions, laboratories, commercial establishments, exhibition halls, etc.

The system consists of a load-bearing structure with intermediate slabs, and an exterior envelope (figures 6 and 7). The structure, consisting of columns and beams made of cold-formed sheet metal profiles, allows unlimited horizontal extensions. For the joints between columns and beams, special triangular stiffening profiles are added

p.36

p.37

p.38

(Figure 8). As in the previous case, the external envelope allows, within the modular division, the quick replacement of windows, doors or other elements when required.

MIDI steel construction system

The MIDI system (developed from 1972, first used in a construction project in 1980)¹⁹ it is designed for the construction of multi-storey buildings with a strong presence of facilities, such as schools, administrative buildings, laboratories or hospitals²⁰.

Its development, later than the other two systems, is based on the integration of all the components of the building as a systematic and geometrically coherent whole, including, in particular, the spatial arrangement of pipes and other installations, coordinated under a facility planning scheme. The ARMILLA installation model, developed by Haller in a research project at the University of Karlsruhe²¹, is fully integrated into the overall MIDI system.

The load-bearing structure has a reticular distribution in plan with more variable spans, respecting a minimum module of 2.4 meters and reaching 16.80 meters²². It works as a unidirectional structure of gantries, which can alternate their direction. The pillars are circular steel tubes, also of variable height, always a multiple of 0.6 meters. The double trusses are 1.2 metres deep (Figure 9). The meeting between the two is made by means of a square frame or capital, welded to the pillar, to which the trusses are screwed by means of structural bolts (Figure 10)²³.

Common philosophy of the MAXI – MIDI – MINI systems

The USM-Haller family of construction systems is designed from the perspective of operability and interoperability. Although each of the subsystems tries to provide solutions to different architectural spaces, the common philosophy is totipotency²⁴: to enable the widest possible spectrum of functions, over and above the typical determination of specific elements. The three systems complement each other and can be easily combined. To do this, they use a common module of 1.20 metres, both in plan and height (Figure 11).

On the other hand, in all three systems, design decisions can be seen that go beyond geometric and structural optimisation, even at the cost of an increase in the number of supports or the amount of material. For example, the aim is to unify the dimensions of the beams, even in different load situations. In the MINI and MIDI systems, the beams are designed in two pieces to be able to maintain the same construction criteria at special points, such as the edges, and their openings allow the integration of the technical installations in them.

USM Haller modular furnishing line

To the three architectural systems treated, we must add a fourth, intended for furniture, which is, in fact, the most popular and iconic of them all. It was created in 1963 with the approach of "*transferring the idea of modularity of the construction system of the factory from the macro-to the micro-space of furniture*"²⁵. It is based on a three-dimensional grid of metal tubes, connected by a small sphere, and panels that make up walls and shelves.

The ball joint, a chrome-plated brass dial with a diameter of 25 mm, is the central element of the entire system. Six threaded holes allow the system's tubes, with a diameter of 19 mm, to be connected in the three dimensions of the space and in both directions, creating an orthogonal system with a variable modulus. The tubes, with lengths ranging from 100 to 750 mm, and the ball joints, are always visible from the outside, as a continuous line (Figure 12)²⁶.

The extreme flexibility of their configurations, together with their material robustness and the intact continuity of their design over the decades, gives these pieces of furniture great durability.

APPLICATION IN INDUSTRIAL ARCHITECTURE

Although they are designed for application in different types of buildings, it was in industrial architecture that Haller systems most clearly demonstrated their effectiveness and versatility²⁷. The possibility of adapting to future changes and expansions evidenced a lucid vision of the needs of industrial architecture, while expressing a modern aesthetic consistent with this function.

The USM headquarters in Münsingen was the true test laboratory for the MAXI, MIDI and MINI systems. All three systems were used in some of the buildings and pavilions that are still part of the complex (Figure 13), and at the same time, a large part of the components were produced in the factory itself. The complex is currently considered heritage, as it is included in the inventory of cultural property of national and regional importance of Switzerland (KGS), in category A of national interest²⁸.

The main building, built in 1961 with the MAXI system, with a single height above ground of 6 metres, and a distance between supports of 14.40 metres, offers the flexibility required for the various manufacturing processes, as Haller and Schärer had carefully studied based on the needs of the company itself and the analysis of other industrial buildings²⁹. The office pavilion, built in 1965 with the MINI system, is also an open-plan space with one floor above ground, which follows the open office model³⁰.

The constant modernisation of machines and changes in production processes led to a series of expansions over the decades, always using the USM-Haller steel construction system. Since 1998, the extensions were no longer planned or carried out by Haller, but by the company's architects, which is indicative of the true standardization and universality of the system.

Following the experience of the Münsingen construction site, both the MAXI and MINI systems and the modular furniture system became commercial products. Soon, other companies commissioned Haller to implement it in their new buildings. The flexibility of the system allowed variations to be made to the original design to adapt to the specific needs of the companies, generating buildings with spatial characteristics different from those of the Münsingen factory (Figure 14).

FROM A MODULAR CONSTRUCTION SYSTEM TO A THEORETICAL MODEL OF ARCHITECTURE AND THE CITY

Haller's systemic approach had its manifestation beyond professional practice, moving from his modular designs to his facet as a teacher, researcher and theorist.

As mentioned above, Haller's theoretical activity was closely linked to the ideas of Konrad Wachsmann³¹. In 1966, after five years of intense performance with industrial buildings, the then director of the Construction Research Institute of the University of Southern California, invited the Swiss architect as a visiting professor. There, Haller conducted research on mathematical-geometric models applicable to architecture; specifically, "*on the properties of salient points in regular geometric systems*"³². Its objective was to study "*the fundamental problems that every designer of complex modular systems constantly and repeatedly faces: the geometric coordination of the system components, the formation of their connections, the safety of tolerances and the control of forces in the static system*"³³.

In the research, Haller worked with cubes composed of equal cells connected by nodes. With the help of models, he established different relationships, analogies and geometric conditions for each node, depending on its location within the cube, and came to look for a universal mathematical description for these nodes that would be applicable to all systems.

Haller also explored the urban scale, although always with a purely theoretical approach. His utopian urban system, first published in 1968³⁴, it was based on the geometric organisation of post-industrial city space at various scales, from basic units to clusters of 61 million people, which were expanded in a second version in 1975³⁵ to a "total city" of more than a billion inhabitants. In them, different communication systems and adaptations were considered according to social, climatic and economic conditions. Transport infrastructures and technologies, based on rigorous prior studies of existing or developing technical systems, played an important role in the model.

In the *totale stadt* geometric order is more important than quantification or dimensioning. The model focuses on the "coordinated geometry" of the construction elements, the "knots" where the functions are located, and the "movements and flows" that occur in these systems.

At the time, the project was not widely recognised by the architectural community, it was even branded as totalitarian for its excessive rigidity and rationalisation³⁶. However, in retrospect, its coherence within the architect's track record has been recognised and it is often mentioned as a part of the history of urban planning in Switzerland.

FRITZ HALLER'S ARCHITECTURAL LEGACY AND THE USM-HALLER SYSTEM

The USM-Haller system was one of the first Swiss prefabricated systems designed for industrial buildings. The earliest modular systems developed in the country, existing since the 1940s (Durisol, NILBO) were designed for single-family homes or small buildings³⁷. In 1955, the first system designed for large spans was born, the Isler system, a closed system in a concrete structure³⁸. It is followed chronologically by the MAXI system, with completely different characteristics: in a metal structure, adaptable to multiple reticular compositions in plan, and conceived as an open system, easily combinable with its own and non-system elements.

The contribution of the USM-Haller family of systems is not so much its early appearance as its level of versatility, flexibility, and interoperability, offering solutions to both the specific needs of the industry and other uses, and representing, as has been described, "*what is perhaps the paradigmatic example of systems integration architecture in Europe*"³⁹. To do this, Haller worked from a systemic perspective, where the important thing "*is not so much the form generated as its morphogenesis*"⁴⁰.

With this focus, defined as structural⁴¹ or mathematical⁴², one recognises the philosophy of Konrad Wachsmann, which we can also find, for example, in Max Bill⁴³. Some characteristics of the USM systems are present in the exposition pavilions of Expo 64, designed by the Zurich-based architect. The elaborate designs of the knots of its metal structure are reminiscent of both those of Wachsmann and the USM-Haller systems (figure 15).

The changes that occurred in subsequent decades - postmodernism, questioning of the technological paradigm, and a growing formal pluralism - did not facilitate the transmission of Haller's ideas, based on a vision of technical progress and the search for universal solutions. However, in Switzerland, from the 1980s onwards and unlike other countries, there was a trend towards reduction and minimalism⁴⁴, who found in Haller's buildings, and the Solothurn school in general, the appeal of minimalist architecture in steel and glass inspired by Mies van der Rohe, meticulous in details, finishes and modular proportions. A trend, developed mainly in the German-speaking part of the country, which was described as *Swissbox* or "Swiss essentialism".

However, Haller's influence is clearest among followers of industrialised architecture and the integration of prefabricated systems. A corroborated influence⁴⁵ in this vein are some buildings by Norman Foster, through the

structural engineer Anthony Hunt, a collaborator of the British architect and an admirer of Haller's work. Team 4's Reliance Controls Electronics factory in Swindon (1965-1966)⁴⁶, has been compared to the USM factory built three years earlier⁴⁷, just as the Büchli house, designed by Haller with the MINI system, bears similarities to the structure of the Fosters' house in Hampstead.

CONCLUSIONS

Haller's interest in industrialised construction, which has been present since his professional beginnings, is the result of a favourable historical and architectural context, in the 1950s and within the School of Solothurn. A context of transformation and technological optimism, which, in Haller's case, was driven, especially, by his relationship with Konrad Wachsmann, in whom the Swiss architect found support for his work and theoretical support for his ideas.

Faced with the commission for USM's industrial equipment in 1961, with concrete requirements in terms of flexibility and transformation, Fritz Haller was forced to develop a rational and systemic approach as an architect. In the design process of the MAXI system, later complemented by the MINI and MIDI systems, Haller made design decisions not only based on geometric or static optimization, but also operational and interoperable, such as maintaining a constant 120 cm module in the three subsystems, the effort to reduce the number of different elements, and the careful design of the joints between pillars and beams.

p.49 Haller repeatedly focused on the question of "singular points," at different scales. In the case of MAXI-MINI-MIDI systems, it is identified, precisely, in the "nodes", joints between beams or between beams and columns; in the case of the iconic office furniture, it is the spherical connecting ball joints that provide a solution to the entire system; In their urban project of the *Totale Stadt*, they are the connection points of the transport systems. His theoretical research in Los Angeles also deals with "salient points" in mathematical terms. In this attention to nodes and salient points, the influence of Wachsmann is clearly identified, in whose spatial structures the points of connection are also a central theme.

Likewise, the desire, common with Wachsmann, to find solutions of general validity in architecture, taking it to the universal, prevails. The creation of a family of modular systems, linked together by means of compatible dimensions, which aim to jointly solve the widest possible spectrum of requirements, rather than independent systems to solve isolated needs, denotes an unusual system vision. Haller systems ultimately structured the architect's entire output over the decades, from the smallest scale to the largest, making each building fit into the overall system as a piece of the jigsaw. To this end, two necessary mechanisms are present: modulation and component standardisation.

From another perspective, USM-Haller systems are a successful example of teamwork and architect-industry collaboration. Although Haller is credited with creating the systems, the architect always recounts the design process using the plural, giving visibility to the collaboration with engineer Paul Schärer and the USM company. Both of them, designer and manufacturer, benefited from each other: for Haller, it was his most important and longest work in time, and defined him professionally as an architect, and later a teacher, specialising in industrialised construction. It also led him to develop a systemic approach and a constant search for universal solutions in all areas of architecture. In turn, for the USM firm, the building of its headquarters in Münsingen became its emblem, not only housing its industrial activity but also becoming a showcase of the products manufactured there. However, Haller's main legacy to the company was, undoubtedly, the design of the line of furniture that bears his name, and which is, sixty years later, its main product and its hallmark.

As well as being a leading figure in Swiss architecture of the 1960s and 1970s, Fritz Haller made an important contribution to industrialised architecture in the second half of the 20th century, in the design, the application and integration of prefabricated systems, and this has had an impact on the work of renowned architects also beyond the borders of Switzerland, such as Norman Foster and Richard Rogers.

In today's architecture, focused on sustainability and, as part of this, aware of the value of longevity and the importance of reducing waste, the characteristics of Haller's work, sixty years later, are rising values. Standardisation and adaptability facilitate reuse and help to achieve sustainability and waste minimisation objectives in a type of architecture, industrial architecture, which due to its use often undergoes changes over time.

Roles CRediT

Conceptualisation: AFM (50%); MSM (25%); MQC (25%).

Research, methodology and drafting: AFM 33%; MSM 33%; MQC 33%.

Visualisation: AFM (50%); MSM (25%); MQC (25%).

All of the authors declare that there is no conflict of interest with the results of the study.

Funding

GRAPHYC_Grupo de Representación Arquitectónica del Patrimonio Histórico y Contemporáneo (Group for the Architectural Representation of Historical and Contemporary Heritage. Government of Aragon (H32_23R).

1 PANCORBO, Luis; MARTÍN, Inés. Architecture as technical object. Industrial architecture of Albert Kahn. In: *VLC arquitectura* [online]. Valencia: Polytechnic University of Valencia, 2014, vol. 1, no. 2, pp. 1-3 [retrieved: 30-09-2024]. ISSN-e 2341-2747. DOI: <https://doi.org/10.4995/vlc.2014.2333>.

2 Although British manufacturers led the world in new industrialised building techniques, architects played a negligible role in them. (HERBERT, Gilbert. *The Dream of the Factory-Made House*. Cambridge: MIT Press, 1984, pp. 29-30)

3 GRASER, Jürg Martin. *Die Schule von Solothurn: Der Beitrag von Alfons Barth, Hans Zaugg, Max Schlup, Franz Füeg und Fritz Haller zur Schweizer Architektur der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts*. Doctoral thesis. Zurich: ETHZ, 2008, p. 60. Available at: <https://www.research-collection.ethz.ch/handle/20.500.11850/150915>.

4 Ibid, p. 267.

5 On Le Corbusier's prefabricated construction projects, see: DÍAZ SEGURA, Alfonso; MOCHOLÍ FERRÁNDIZ, Guillermo. Les Maisons Loucheur. La máquina para habitar se industrializa. In: *Proyecto, Progreso, Arquitectura* [online]. Seville: Editorial Universidad de Sevilla, 2012, no. 6, pp. 34-49 [retrieved: 30-09-2024]. ISSN 2173-1616. DOI: <https://doi.org/10.12795/ppa.2012.i6.02>.

6 For a detailed description of the construction system at the flying club in Buc, see: ARRIBAS BLANCO, Ruth. Jean Prouvé & Konrad Wachsmann. Dos formas de utilizar la maqueta como herramienta de proyecto. *Proyecto, Progreso, Arquitectura* [online]. Seville: Editorial Universidad de Sevilla, 2016, no. 15, pp. 56-69. [retrieved: 30-09-2024]. ISSN 2173-1616. DOI: <https://doi.org/10.12795/ppa.2016.i15.04>.

7 JOEDICKE, Jürgen. *Moderne Architektur: Strömungen und Tendenzen*. Stuttgart: Krämer, 1969, p. 104.

8 USM. *The history of a family business*. Corporate website. Available at: <https://www.usm.com/en/office/about-usm/our-history-alt/>.

9 SCHÄRER, Paul. Erlebnisse und Errungenschaften beim Aufbau der neuen USM. In: STALDER, Laurent; VRACHLIOTIS, Georg, eds. *Fritz Haller. Architekt und Forscher*. Zurich: GTA Verlag, 2016, p. 205. ISBN 978-3-85676-334-3.

10 The construction system of the cantonal school of Baden, designed by Haller in 1958 and built in 1962-1964, is considered the predecessor of the USM system (ICOMOS Suisse. *System & Serie. Systembau in der Schweiz – Geschichte und Erhaltung*. Zürich: GTA Verlag, 2022, p. 167. Available at: <https://www.system-serie.ch/>).

11 HALLER, Fritz. *Allgemeine Lösungen in der Bautechnik. Bauen + Wohnen* [online]. Zurich: Organ des Bundes Schweizer Architekten, 1962, no. 16, dossier 11: Planen und rationelles Bauen, p. 473 [retrieved: 30-09-2024]. Available at: <https://www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=buw-001%3A1962%3A16%3A%3A1404#1405>.

12 Open systems are considered to be those that allow construction in combination with components of other construction systems, or with their own subsystems (for example, for facades or installations), due to their standardised dimensions, construction method or connections. Moreover, open systems are not necessarily tied to one manufacturer (ICOMOS Suisse, op. cit. supra, note 10, p. 181).

13 WICHMANN, Hans. *System Design: Fritz Haller Bauten – Möbel - Forschung*. Basle: Birkhäuser, 1989, p. 70. ISBN 978-3-7643-2325-7.

14 Ibid., p. 72.

15 HALLER, Fritz, op. cit. supra, note 11, p. 473.

16 Ibid.

17 WICHMANN, Hans, op. cit. supra, note 13, p. 138.

18 The best-known building constructed with the MINI system is the "Büchli house", private residence of the owner of the firm USM, Pål Schärer, built in 1968-1969 and currently listed as a building of heritage value.

19 WICHMANN, Hans, op. cit. supra, note 13, p. 102.

20 The most important commission built with the MIDI system is the training centre of the SBB (the Swiss state-owned rail company) in Loewenberg (1980-1983). The complex includes a training building, an engine room, a school building, canteen and two residential complexes.

21 From 1977, Haller was a professor with tenure in the University of Karlsruhe, and director of the Institute of Industrial Building Production, which until 1990 was called the Institute of Building Design (DRACH, Angelika; HOVESTADT, Ludger. *Intelligente CAD-Systeme : Instrumente für die Planung und Verwaltung komplexer Gebäude*. In: *Werk, Bauen + Wohnen* [online]. Zurich: Organ des Bundes Schweizer Architekten, 1992, no. 79, dossier 10: Fritz Haller, pp. 16-24) [retrieved: 30-09-2024]. Available at: <https://www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=wbw-004%3A1992%3A79%3A%3A883>.

22 STADLER, Laurent; VRACHLIOTIS, Georg, op. cit. supra, note 9, p. 292.

23 Ibid.

24 SABATTO, Steeve. Zur Frage von Massstab und Ökonomie. Totipotenz und Automation bei Konrad Wachsmann und Fritz Haller. En: STALDER, Laurent; VRACHLIOTIS, Georg, op. cit. supra, nota 9, p. 140.

25 SCHÄRER, Paul, op. cit. supra, nota 9, p. 207

26 KLEMP, Klaus. *The USM Haller Furniture System. Design Classics Series*. Frankfurt: Verlag Form, 2002, p. 17. ISBN 9783931317430.

27 The MAXI system, the most widely used of the three, was employed almost exclusively for production sheds, with the exception of a single-family house. The MINI system was mainly used for office buildings linked to production plants, and for single-family homes. The MIDI system had a minor application, with a total of five works carried out, including several buildings for residential, administrative and educational use. The complete inventory of all projects, both executed and not executed, which included one of the three Haller systems, is included in: ICOMOS Suisse, op. cit. supra, note 10, pp. 167-169.

28 FEDERAL ADMINISTRATION OF SWITZERLAND. *Protection of cultural property inventory with objects of national importance (Federal Office for Civil Protection FOCP)*. Geographic Information Platform of the Swiss Confederation. Available at: <https://api3.geo.admin.ch/rest/services/ech/MapServer/ch.babs.kulturgueter/9038/extendedHtmlPopup?lang=en>.

29 HALLER, Fritz. *Fabrikhalle in Münsingen = Halle de fabrication à Münsingen = Factory shed at Münsingen*. In: *Bauen + Wohnen* [online]. Zurich: Organ des Bundes Schweizer Architekten, 1964, no. 18, dossier 10, p. 394 [retrieved: 30-09-2024]. Available at: <https://www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=buw-001%3A1964%3A18%3A%3A1290#1290>.

30 Bürohaus Schärers Söhne, Münsingen = Immeuble des bureaux, Schärer et fils, Münsingen = Office building, Schärers & sons, Münsingen. in: *Bauen + Wohnen* [online]. Zürich: Organ des Bundes Schweizer Architekten, 1965, no. 19, dossier 8, p. 323 [retrieved: 30-09-2024]. Available at: <https://www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=buw-001%3A1965%3A19%3A%3A1077#1077>.

31 GRASER, Jürg Martin, op. cit. supra, note 3, p. 267.

32 HALLER, Fritz. *Von Eigenschaften ausgezeichneter Punkte in regulären geometrischen Systemen*. In: *Bauen + Wohnen* [online]. Zurich: Organ des Bundes Schweizer Architekten, 1967, no. 21, dossier 11: Bauforschung, pp. 425-438 [retrieved: 30-09-2024]. Available at: <https://www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=buw-001%3A1967%3A21%3A%3A1390#1390>.

33 HALLER, Fritz. *Bauen und Forschen. Dokumentation der Ausstellung*. Solothurn: Kunstmuseum, 1988, no page (3.3.0)

34 HALLER, Fritz. *totale stadt. ein model*. Olten: Walter Verlag, 1968.

35 HALLER, Fritz. *totale stadt. ein globales model. zweite studie*. Olten: Walter Verlag, 1975.

36 STADLER, Laurent; VRACHLIOTIS, Georg, op. cit. supra, note 9, p. 299.

37 ICOMOS Suisse, op. cit. supra, note 10, p. 40-43; 103-107.
38 Designed by the engineer Heinz Isler, it consisted of concrete structures with a square base, with a cupular "shell"-type roofs. It was a closed system and was marketed and sold as an end product (ICOMOS Suisse, op. cit. supra, note 10, p. 81-83).
39 SOLÉ BRAVO, Carlos. *La casa de Norman y Wendy Foster en Hampstead. Tecnología y domesticidad entre los años 1960 y 1980*. Doctoral thesis. UPM, 2017, p. 153. Available at: https://oa.upm.es/45408/1/CARLOS_SOLE_BRAGO.pdf.
40 SABATTO, Steeve, op. cit. supra, note 24, p. 143.
41 MEDINA WARMBURG, Joaquín; LEOPOLD, Cornelia. *Strukturelle Architektur: Zur Aktualität eines Denkens zwischen Technik und Ästhetik*. Bielefeld: Transcript Verlag, 2012. ISBN 978-3-8376-1817-4.
42 FREI, Hans. Freiheit im Korsett. Die mathematische Denkweise in der Architektur von Fritz Haller. In: STADLER, Laurent; VRACHLIOTIS, Georg, op. cit. supra, note 9, pp. 124-139.
43 Wachsman was a teacher in the school of Ulm between 1954 and 1957, specialising in industrial architecture and teamwork, hence Max Bill's relationship with the German architect was a close one.
44 HIMMELREICH, Jørg. Alles bleibt anders? Beobachtungen zu zwei Jahrzehnten Schweizer Architektur. In: ANGÉLIL, Marc; HIMMELREICH, Jørg, eds. *Architekturdialoge : Positionen, Konzepte, Visionen*. Salenstein: Niggli, 2011, p. 120. ISBN 978-3-7212-0801-6.
45 Carlos Solé's doctoral thesis on the work of Norman Foster refers to "the influence that the work of the Swiss architect and industrial designer Fritz Haller exerted on the integration of systems in the "well-served building", through the structural engineer Anthony Hunt." (SOLÉ BRAVO, Carlos, op. cit. supra, note 39, p. 152).
46 A team of architects of which Norman Foster and Richard Rogers were members, which broke up in 1967.
47 SOLÉ BRAVO, Carlos, op. cit. supra, note 39, p. 369.

Autor imagen y fuente bibliográfica de procedencia

página 13, 1. *Oeuvre complète. Volume 4: 1938-1946*. Basel: Birkhäuser, 2013, p. 12; página 14, 2. *Oeuvre complète. Volume 4: 1938-1946*. Basel: Birkhäuser, 2013, p. 76; página 15, 3. *Oeuvre complète. Volume 4: 1938-1946*. Basel: Birkhäuser, 2013, p. 78; *El urbanismo de los tres asentamientos humanos*. Buenos Aires: Editorial Poseidon, 1981, p. 108; página 16, 4. *Techniques et Architecture*. Paris: Travail, 1948, 8.º année, n.º 9-10, p. 63. Disponible en: https://archive.org/details/techniques-et-architecture_1948_8_9-10/page/108/mode/2up. Modificado por la autora; página 17, 5. Dibujo elaborado por la autora; página 18, 6. En: MANASSEH, Thierry. *Etude d'une œuvre de Le Corbusier: La manufacture Claude et Duval*. Director: Franz Graf. Máster. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausannne, Yvan Delemontey Laboratoire des Techniques de Sauvegarde de l'Architecture Moderne, enero de 2014, p. 87. FLC L2(18) 2_197; página 19, 7. *Techniques et Architecture*. Paris: Travail, 1948, 8.º année, n.º 9-10, pp. 63-65. Disponible en: https://archive.org/details/techniques-et-architecture_1948_8_9-10/page/62/mode/2up; página 20, 8. *Techniques et Architecture*. Paris: Travail, 1948, 8.º année, n.º 9-10, pp. 63-65. Disponible en: https://archive.org/details/techniques-et-architecture_1948_8_9-10/page/62/mode/2up. Modificado por la autora; página 21, 9. Dibujo elaborado por la autora; página 22, 10. *Manufecture à Saint-Dié, 1946*. Disponible en: <https://lecorbusier-worldheritage.org/es/manufacture-a-saint-die/>. Foto de Lucien Hervé. FLC L3(6)-141; página 23, 11. Dibujo elaborado por la autora; página 25, 12. Dibujo elaborado por la autora; página 26, 13. En Manasseh, Thierry, *Etude d'une œuvre de Le Corbusier: La manufacture Claude et Duval*. Director: Franz Graf. Máster. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausannne, Yvan Delemontey Laboratoire des Techniques de Sauvegarde de l'Architecture Moderne, enero de 2014, p. 117 / Fotografía en: *Le Corbusier, l'écorce et la fleur*. Paris: Editions du Linteau, 2006 / *Techniques et Architecture*. Paris: Travail, 1948, 8.º année, n.º 9-10, p. 65. Disponible en: https://archive.org/details/techniques-et-architecture_1948_8_9-10/page/65/mode/2up; página 27, 14. En: Manasseh, Thierry, *Etude d'une œuvre de Le Corbusier: La manufacture Claude et Duval*. Director: Franz Graf. Máster. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Yvan Delemontey Laboratoire des Techniques de Sauvegarde de l'Architecture Moderne, enero de 2014, portada. FLC L3_6_55 / *Oeuvre complète. Volume 4: 1938-1946*. Basel: Birkhäuser, 2013, p. 152; página 28, 15. *La obra arquitectónica de Le Corbusier, una contribución excepcional al movimiento moderno* [en línea] [consulta: 30-09-2024]. Disponible en: <https://lecorbusier-worldheritage.org/es/manufacture-a-saint-die/>; página 35, 1. HUBER, Benedikt. Vorfabriziertes Bauen: Arbeiten von Jean Prouve, Frankreich. En: *Das Werk* [en línea]. Zürich: Organ des Bundes Schweizer Architekten, 1956, n.º 43, cuad. 10: Technisches Bauen; Vorfabrikation, p. 326 [consulta: 30-09-2024]. Disponible en: <https://www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=wbw-004%3A1992%3A79%3A%3A883>; página 36, 2. Composición realizada por los autores a partir de las siguientes fuentes: 1) gta Archive / ETH Zurich (Fritz Haller collection); 2) HALLER, Fritz. Bausysteme Haller, Mini-Stahlbau USM. En: *Schweizer Kunst*. Zürich: Kunstverkauf, anuario, 1970, p. 18; 3) gta Archive / ETH Zurich (Fritz Haller collection); página 37, 3. HALLER, Fritz. Fabrikhalle in Münsingen = Halle de fabrication à Münsingen = Factory shed at Münsingen. En: *Bauen + Wohnen* [en línea]. Zürich: Organ des Bundes Schweizer Architekten, 1964, n.º 18, cuad. 10, p. 399 [consulta: 30-09-2024]. Disponible en: <https://www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=buw-001%3A1964%3A18%3A%3A1290#1290>; página 37, 4. Dibujo realizado por los autores; página 38, 5. Composición realizada por los autores a partir de las siguientes fuentes: 1) HALLER, Fritz. Fabrikhalle in Münsingen = Halle de fabrication à Münsingen = Factory shed at Münsingen. En: *Bauen + Wohnen* [en línea]. Zürich: Organ des Bundes Schweizer Architekten, 1964, n.º 18, cuad. 10, p. 400 [consulta: 30-09-2024]. Disponible en: <https://www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=buw-001%3A1964%3A18%3A%3A1290#1290>; 2) gta Archive / ETH Zurich (Fritz Haller collection); página 39, 6. gta Archive / ETH Zurich (Fritz Haller collection); página 40, 7. Dibujo realizado por los autores; página 40, 8. Composición realizada por los autores a partir de las siguientes fuentes: 1) Industrialisierte Stahlbau-Vorfabrikation (USM - Ministahlbausystem Haller). En: *Schweizerische Bauzeitung* [en línea]. Zürich: AG, 1974, n.º 92, cuad. 5: Stahlbau, p. 86 [consulta: 30-09-2024]. Disponible en: <https://www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=sbz-002%3A1928%3A91%3A%3A980#980>; 2) USM - Stahlbausysteme “Haller”. En: *Schweizerische Bauzeitung* [en línea]. Zürich: AG , 1969, n.º 87, cuad. 23, p. 443 [consulta: 30-09-2024]. Disponible en: <https://www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=sbz-002%3A1969%3A87%3A%3A3822#3822>; página 41, 9. Composición realizada por los autores a partir de las siguientes fuentes: 1) HALLER, Fritz. “Über die Notwendigkeit wandelbarer Gebäude”. *Werk, Bauen + Wohnen*, 79 (7/8: Fritz Haller), 1992, p. 14; 2) dibujo realizado por los autores; página 42, 10. gta Archive / ETH Zurich (Fritz Haller collection); página 43, 11. HALLER, Fritz. Bausysteme Haller, Mini-Stahlbau USM. En: *Schweizer Kunst* [en línea]. Zürich: 1970, p. 19 [consulta: 30-09-2024]. Disponible en: <https://www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=swk-001%3A1970%3A0#61>; página 44, 12. Composición realizada por los autores a partir de imágenes comerciales actuales de la empresa USM. Disponible en: https://www.usm.com/media/19741/usm_work_2024_es.pdf; página 45, 13. USM. *USM and Sustainability - Circularity at Heart* [consulta: 21 de agosto de 2024]. Disponible en: <https://us.usm.com/pages/about-us-sustainability>; página 46, 14. Dibujo realizado por los autores; página 49, 15. © GSK Berne, k+a (Kunst + Architektur in der Schweiz) Nr. 45/1994, p. 57; PROCEDENCIA DE LAS IMÁGENES art 05; página 55, 1. Elaboración propia de los autores; página 56, 2. Elaboración propia de los autores; página 59, 3. *The Architectural Forum*. Nueva York: Time Inc., enero 1945, vol. 82, n.º 1. Disponible en: <https://usmodernist.org/AF/AF-1945-01.pdf>. (Fot. Hedrich-Blessing); página 60, 4. *Progressive Architecture*. Nueva York: Reinhold Pub. Corp., marzo 1945, vol. 26, n.º 3. Disponible en: <https://usmodernist.org/PA/PA-1945-03.pdf>. (Fot. Hedrich-Blessing. The Chicago History Museum Collection); página 61, 5. *The Architectural Forum*. Nueva York: Time Inc., marzo 1946, vol. 84, n.º 3. Disponible en: <https://usmodernist.org/PA/PA-1946-03.pdf>; página 62, 6. *Architectural Record*. Nueva York: F. W. Dodge Corp., noviembre 1945, vol. 98, n.º 5. Disponible en: <https://www.architecturalrecord.com/ext/resources/archives/backissues/1945-11.pdf>; página 63, 7. *Progressive Architecture*. Nueva York: Reinhold Pub. Corp., marzo 1946, vol. 27, n.º 3. Disponible en: <https://usmodernist.org/PA/PA-1946-03.pdf>. (Fot. Anna Waschmann. Akademie der Kunst. © Konrad Wachsmann); página 64, 8. *Architectural Record*. Nueva York: F. W. Dodge Corp., agosto 1947, vol. 102, n.º 2. Disponible en: <https://www.architecturalrecord.com/ext/resources/archives/backissues/1947-08.pdf>; página 66, 9. *The Architectural Forum*. Nueva York: Time Inc., diciembre 1947, vol. 87, n.º 6. Disponible en: <https://usmodernist.org/AF/AF-1947-06.pdf>; página 67, 10. *The Architectural Forum*. Nueva York: Time Inc., agosto 1948, vol. 89, n.º 2. Disponible en: <https://usmodernist.org/AF/AF-1948-02.pdf>; página 68, 11. *Progressive Architecture*. Nueva York: Reinhold Pub. Corp., agosto 1948, vol. 29, n.º 3. Disponible en: <https://usmodernist.org/PA/PA-1948-03.pdf>. (Fot. Hedrich-Blessing; The Chicago History Museum Collection - arriba / Fot. P. A. Dearborn - abajo); página 69, 12. *Progressive Architecture*. Nueva York: Reinhold Pub. Corp., junio 1949, vol. 30, n.º 6. Disponible en: <https://usmodernist.org/PA/PA-1949-06.pdf>. (Fot. Roger Sturtevant); página 71, 13. *Architectural Record*. Nueva York: F. W. Dodge Corp., noviembre 1945, vol. 98, n.º 5. Disponible en: <https://www.architecturalrecord.com/ext/resources/archives/backissues/1945-11.pdf>; página 72, 14. *The Architectural Forum*. Nueva York: Time Inc., mayo 1949, vol. 90, n.º 5. Disponible en: <https://usmodernist.org/AF/AF-1949-05.pdf>. (© Photographer/Esto); página 79, 1. Fotografía de autoría propia; página 82, 2. Machimbarrena, 1941; página 83, 3. Machimbarrena, 1941; página 84, 4. Dibujo de autoría propia; página 85, 5. Dibujo de autoría propia; página 86, 6. Dibujo de autoría propia; página 87, 7. Dibujo

de autoría propia; página 88, 8. Lagarde, 1940. Archivo Histórico Iberdrola “Salto de Ricobayo de Muelas del Pan”; página 89, 9. Dibujo de autoría propia; página 89, 10. Lagarde, 1940. Archivo Histórico Iberdrola “Salto de Ricobayo de Muelas del Pan”; página 90, 11. Lagarde, 1940. Archivo Histórico Iberdrola “Salto de Ricobayo de Muelas del Pan”; página 91, 12. Lagarde, 1940. Archivo Histórico Iberdrola “Salto de Ricobayo de Muelas del Pan”; página 91, 13. Lagarde, 1940. Archivo Histórico Iberdrola “Salto de Ricobayo de Muelas del Pan”; página 92, 14. Lagarde, 1940. Archivo Histórico Iberdrola “Salto de Ricobayo de Muelas del Pan”; página 93, 15. Lagarde, 1940. Archivo Histórico Iberdrola “Salto de Ricobayo de Muelas del Pan”; página 99, 1. Autores, elaboración propia; página 100, 2. Autores, elaboración propia; página 101, 3. PCUMA - Noso Coop.; página 103, 4. Autores, elaboración propia; página 103, 5. PCUMA - Noso Coop.; página 104, 6. Autores, elaboración propia; página 104, 7. PCUMA - Noso Coop.; página 105, 8. Autores, elaboración propia; página 106, 9. PCUMA - Noso Coop.; página 107, 10. Autores, elaboración propia; página 107, 11. PCUMA - Autores; página 108, 12. Autores, elaboración propia; página 109, 13. PCUMA - Autores; página 109, 14. Autores, elaboración propia; página 110, 15. PCUMA - Noso Coop.; página 120, 1. Los autores, 2024. *Mapeado de casos de estudio internacionales georreferenciados realizado por los autores*; página 121, 2. Los autores, 2024. *Esquema de los elementos analizados de los casos de estudio y sus categorías realizado por los autores*; página 122, 3. HANKO, David, 2016. *Reconstrucción Tabacka Kulturfabrik* [fotografía digital en línea]. Archinfo.sk [consulta: 28-03-2024]. Disponible en: <https://www.archinfo.sk/diela/obcianska-stavba/rekonstrukcia-tabacky-kulturfabrik.html>; página 124, 4. Los autores, 2024. *Planta baja y diagrama de usos Tabacka Kulturfabrik dibujado por los autores* [plano en línea]. Archinfo.sk [consulta: 25-03-2024]. Disponible en: <https://www.archinfo.sk/diela/obcianska-stavba/rekonstrukcia-tabacky-kulturfabrik.html>; página 124, 5. HANKO, David, 2016. *Reconstrucción Tabacka Kulturfabrik* [fotografía digital en línea]. Archinfo.sk [consulta: 28-03-2024]. Disponible en: <https://www.archinfo.sk/diela/obcianska-stavba/rekonstrukcia-tabacky-kulturfabrik.html>; página 125, 6. KUVIO OY, Kuvatoimisto, 2015. *Kaapelitehdas* [fotografía digital en línea]. Vanha.kaapelitehdas.fi [consulta: 28-03-2024]. Disponible en: <https://vanha.kaapelitehdas.fi/ajankohtaista/2018-08/kaapelitehtaan-bandikampat-vietiin-esineiden-internetiin>; página 125, 7. Los autores, 2024. *Planta baja y diagrama de usos de The Cable Factory dibujado por los autores* [plano en línea]. Repositorio-aberto.up.pt [consulta: 25-03-2024]. Disponible en: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/138619/2/521081.pdf>; página 126, 8. REKULA, Heli, 2012. *Merikaapelihalli* [fotografía digital en línea]. Flickr.com [consulta: 28-03-2024]. Disponible en: <https://www.flickr.com/photos/51223781@N02/7969575662/>; página 126, 9. NURMINEN, Teemu, 2012. *Kattilahalli* [fotografía digital en línea]. Flickr.com [consulta: 28-03-2024]. Disponible en: <https://www.flickr.com/photos/51223781@N02/7943524108/in/photostream/>; página 127, 10. FIBBI, Alessandro. *Manifattura Tabacchi* [Fotografía digital en línea]. Facebook Oficial Manifattura Tabacchi [consulta: 28-03-2024]. Disponible en: <https://www.facebook.com/ManifatturaTabacchiFirenze>; página 128, 11. FIBBI, Alessandro. *Le Caveau, Manifattura Tabacchi* [Fotografía digital en línea]. Facebook Oficial Manifattura Tabacchi [consulta: 28-03-2024] Disponible en: <https://www.facebook.com/ManifatturaTabacchiFirenze>; página 129, 12. VONCI, Niccolo, 2019. *B9 Building @ Manifattura Tabacchi, FI* [fotografía digital en línea]. Niccolovonci.com [consulta: 28-03-2024]. Disponible en: <https://www.niccolovonci.com/progetti/manifattura-tabacchi/>; página 130, 13. Los autores, 2024. *Planta baja y diagrama de usos del edificio B5, The Factory dibujado por los autores* [plano en línea]. Manifatturatabacchi.com [consulta: 25-03-2024]. Disponible en: <https://www.manifatturatabacchi.com/en/progetto/>; página 135, 1. Robert Smithson, 1967. Holt/Smithson Foundation; página 137, 2. Basurama. *Portfolio Basurama*, 2019, pp. 22 y 56 [consulta: 15-09-2024]. Disponible en: <https://basurama.org/basurama/>[consulta: 15-09-2024]; página 139, 3. Iñaki Ábalos & Juan Herreros. Planta de reciclaje. En: *estudio Herreros* [imagen en línea]. Disponible en: <https://estudioherrerros.com/project/planta-de-reciclaje/> [consulta: 15-09-2024]; página 140, 4. Lourdes García-Sogo, cortesía de la arquitecta; página 141, 5. Iñaki Ábalos & Juan Herreros. Planta de reciclaje. En: *estudio Herreros* [imagen en línea]. Disponible en: <https://estudioherrerros.com/project/planta-de-reciclaje/> [consulta: 15-09-2024]; abajo, Giovanni Zanzi, cortesía de Lourdes García-Sogo; página 142, 6. Autores, imagen editada a partir de ortofotos de Google Maps, 2024 e Instituto Cartográfico Valenciano, 2021; página 143, 7. Iñaki Ábalos & Juan Herreros. Planta de reciclaje de residuos urbanos de Valdemingómez, Madrid, Spain. En: *Centre Canadien d'Architecture* [imagen en línea]. Disponible en: <https://www.cca.qc.ca/en/archives/430097/abalosherrerros-fonds/435176/architectural-projects/463033/planta-de-reciclaje-de-residuos-urbanos-de-valdemingomez-madrid-spain-1996-1999> [consulta: 15-09-2024]; página 144, 8. *Parque Forestal de Valdemingómez, Rehabilitación de un vertedero de residuos urbanos*. Madrid: Ayuntamiento de Madrid, Área de Medioambiente, 2003, imagen de portada; página 146, 9. Arriba, Andy Levin, 1991; abajo, encuadre de la fotografía *View of New York City from Freshkills Park's North Mound*, Michael McWeeney, 15 de septiembre de 2015, cortesía del fotógrafo. Disponible en: <https://www.michaelmcweeney.nyc/>; página 147, 10. Arriba, BIG-Bjarke Ingels Group; abajo, Architectural Digest, 2023. Inside a Sustainable Power Plant with a Ski Slope on its Roof. En: *YouTube* [video en línea]. Publicado el 3 de septiembre de 2023 [consulta: 15-09-2024]. Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=gRr6_bORSMs&t=613s; página 148, 11. Tomas Stevens, 2023, cortesía del fotógrafo; página 149, 12. Borja Abargues, cortesía del fotógrafo. Disponible en: <https://borjaabargues.com>; página 151, 13. El Hadi Jazairy & Rania Ghosn. Trash Peaks, Seoul Biennale of Architecture and Urbanism, 2017. En: *Design Earth* [imagen en línea]. Disponible en: <https://design-earth.org/projects/trash-peaks/> [consulta: 15-09-2024].