



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
MAESTRÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL  
POSGRADO EN DISEÑO INDUSTRIAL  
TEORÍA E HISTORIA DEL DISEÑO



# Simplificación como medio de multiplicación

*Sistemas constructivos flexibles y  
abiertos para mobiliario armable en metal*



Tesis

*Que para optar por el grado de  
Maestra en Diseño Industrial presenta:*

CAROLINA HERRERA ZAMARRÓN



Tutor: Mtro. Ángel Grosó Sandoval  
*Posgrado en Diseño Industrial*

Comité tutor: MDI Alejandro Rodea Chávez  
*Posgrado en Diseño Industrial*

MDI Guillermo Gazano Izquierdo

*Posgrado en Diseño Industrial*

MDI Margarita Landázuri Benítez

*Posgrado en Diseño Industrial*

Mtra. Tamara León Camacho

*Posgrado en Diseño Industrial*

México, D.F., mayo de 2015



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.







# Simplificación como medio de multiplicación

*Sistemas constructivos flexibles y  
abiertos para mobiliario armable en metal*

CAROLINA HERRERA ZAMARRÓN

MAESTRÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL  
POSGRADO EN DISEÑO INDUSTRIAL  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Comité tutor:

*Mtro. Ángel Groso Sandoval*

*MDI Guillermo Gazano*

*MDI Alejandro Rodea*

*MDI Margarita Landázuri*

*Mtra. Tamara León Camacho*

México, D.F., mayo de 2015



*Director de tesis*

Mtro. Ángel Grosó Sandoval

*Sinodales*

MDI Guillermo Gazano

MDI Alejandro Rodea

MDI Margarita Landázuri

Mtra. Tamara León Camacho



*Para Philippe y Mathías*



# CONTENIDO

I.	PRESENTACIÓN .....	13
II.	MARCO TEÓRICO .....	17
	1. Objetivo general .....	18
	2. Metodología .....	19
III.	CONTEXTO .....	21
	1. Importancia de las innovaciones tecnológicas en la economía capitalista .....	21
	2. Revoluciones tecnológicas y paradigmas tecnoeconómicos .....	22
	a) <i>Cinco revoluciones tecnológicas sucesivas</i> .....	25
	b) <i>Cinco constelaciones de nuevas industrias e infraestructuras</i> .....	25
	c) <i>Un paradigma tecnoeconómico diferente para cada revolución tecnológica</i> .....	27
IV.	ANTECEDENTES .....	35
	1. La Revolución industrial y el uso del hierro .....	35
	2. Producción industrial del hierro .....	36
	3. Puentes metálicos .....	41
V.	ARQUITECTURA METÁLICA .....	61
	1. Inicio de la época moderna .....	61
	2. Grandes cubiertas de hierro y cristal .....	63
	a) <i>Invernadero del Museo de Historia Natural</i> .....	63
	b) <i>Palacio de Cristal</i> .....	65
	c) <i>Les Halles</i> .....	70
	d) <i>Galería de las máquinas</i> .....	73
	e) <i>Torre Eiffel</i> .....	75
	3. Arquitectura metálica en México .....	78

VI.	SISTEMAS CONSTRUCTIVOS . . . . .	80
	1. Del Palacio de Cristal a los domos geodésicos . . . . .	81
	2. Sistemas constructivos de Jean Prouvé . . . . .	90
	3. Richard Buckminster Fuller . . . . .	95
	4. Konrad Wachsmann . . . . .	102
	5. MERO System . . . . .	105
	6. Diseño sistema . . . . .	108
VII.	MOBILIARIO . . . . .	115
	1. Breve historia de la evolución del mobiliario . . . . .	115
	2. Disección y sistematización . . . . .	122
	3. Módulos y sistemas . . . . .	125
	4. Sistemas modulares para mobiliario . . . . .	131
	5. IKEA: modularidad y más . . . . .	132
VIII.	SISTEMAS MODULARES FLEXIBLES A ESCALA . .	137
	6. Matador . . . . .	139
	7. Meccano . . . . .	141
	8. Lego . . . . .	143
	9. FAC System . . . . .	144
	10. Fischertechnik . . . . .	145
	11. Zometool . . . . .	146
IX.	SISTEMAS CONSTRUCTIVOS FLEXIBLES PARA MOBILIARIO . . . . .	149
	1. Sistemas modulares para mobiliario . . . . .	151
	2. Sistema USM . . . . .	155
	a) <i>Historia</i> . . . . .	155
	b) <i>Fritz Haller creador del sistema USM</i> . . . . .	157
	c) <i>USM, Sistema modular flexible para mobiliario</i> . . . . .	159
	d) <i>USM en México</i> . . . . .	161
	e) <i>USM, ciclo de vida</i> . . . . .	163
	3. System 180 . . . . .	164
X.	CONCLUSIONES . . . . .	169
XI.	BIBLIOGRAFÍA . . . . .	179





## I. PRESENTACIÓN

El tema del estudio que presento en estas páginas son los *Sistemas constructivos flexibles y abiertos para mobiliario armable en metal* y su historia. Es decir, aquellos conjuntos de piezas metálicas que sirven para armar mobiliario, y que se han desarrollado bajo el principio básico del diseño industrial de hacer *más con menos*.

Estos sistemas están formados por un número mínimo de piezas metálicas con las cuales se arma la estructura de un mueble, que es posible armar y desarmar, según las necesidades del usuario. Este conjunto de piezas es *flexible* y *abierto* porque, con las mismas piezas se pueden armar, por medio de diferentes asociaciones, varios tipos de muebles.

*Lograr más con menos* es uno de los principios básicos de la producción industrial; sin embargo hay distintas formas de acercarse a él: puede ser de manera “literal”, camino que puede simplemente empobrecer los productos, pero hay otra forma de adoptar este principio, donde la reducción amplía las posibilidades de cada pieza. Este segundo camino, es sin duda más difícil, ya que requiere de mayor estudio y análisis en la fase de diseño.

Lo que he buscado, y analizaré en estas páginas, son los sistemas —dentro de la tipología descrita líneas arriba—, que se inscriben en esta segunda vía: *lograr más con menos*, y sus antecedentes.

Los *Sistemas constructivos flexibles y abiertos para mobiliario armable en metal* tienen sus raíces en la historia de la arquitectura y la ingeniería —específicamente a partir de la era industrial—, por lo cual en este estudio se presenta, en primer término, una revisión de la historia de la arquitectura y la ingeniería prefabricada en metal. A finales del siglo XIX y principios del XX, con el desarrollo de las estructuras metálicas, se introduce un principio que regirá este clase de arquitectura: *hacer más, con menos*: logran ir más lejos, cubrir mayor área, mejorar la resistencia; con menos material, menos peso, menos puntos de apoyo, y en menor

tiempo. Con los ejemplos citados, se verá que la forma de abordar el problema del uso eficiente de recursos puede ser muy diferente, y resalta cómo, la aparente sencillez, es diversa y compleja.

En una segunda línea de la investigación he estudiado la historia del mobiliario en búsqueda puntual de coincidencias con las bases de los *Sistemas constructivos flexibles y abiertos para mobiliario armable en metal*. Se verá que, aún antes de la era industrial, existe el mobiliario armable, desarmable y fácil de transportar, y que el concepto mismo de *mobiliario* tiene que ver con estos principios.

Los *Sistemas constructivos flexibles y abiertos para mobiliario armable en metal*, me parecen un ejemplo concreto de la máxima de Ludwig Mies van der Rohe: *less is more* [menos es más]; y de cómo la simplificación puede ser un medio de multiplicación.

En la historia del mobiliario también se encuentran distintas maneras de solucionar el problema de la reducción. Los sistemas para la construcción de mobiliario en metal, no son los únicos sistemas constructivos para mobiliario, ni han sido los más exitosos y populares, en la actualidad existen numerosos tipos de sistemas modulares para mobiliario, que al ser sistemas se vuelven también constructivos. Sin embargo, este estudio se ha acotado a los *Sistemas constructivos flexibles y abiertos para mobiliario armable en metal* porque son los que logran *más con menos* a nivel diseño. Estos sistemas tienen como particularidad que se ha desarrollado una pieza de unión *ex profeso*, y ésta es la base que permite ampliar sus posibilidades; se puede decir que es gracias a esta pieza que el sistema se vuelve abierto y flexible; que permite asociaciones diversas y casi sin límites.

Me ha interesado hacer este estudio porque sostengo que la simplificación es un medio de multiplicación acorde con las necesidades de nuestro tiempo, donde los recursos deben de ser utilizados racionalmente. A partir de la era industrial surge la necesidad constante de la reducción. Reducción de materia prima, reducción de costos y tiempos de producción; reducción de mano de obra, reducción en la cadena de distribución, etcétera. Sin embargo, como se menciona anteriormente, creo que este

precepto, con un análisis adecuado del problema y una solución bien estudiada, puede ser también un medio de *multiplicación*, y subrayo la importancia de crear *sistemas constructivos flexibles y abiertos* para multiplicar los resultados del diseño.



## II. MARCO TEÓRICO

Para elaborar esta investigación parto de la idea de que el diseño industrial no es una actividad aislada, es el cruce de múltiples disciplinas. Es difícil distinguir los factores dominantes para el desarrollo y trascendencia de un diseño en particular, ya que pueden intervenir elementos de la economía, del desarrollo tecnológico y de la psicología del hombre.

Es importante subrayar que el diseño industrial está inmerso en un galaxia donde coinciden prácticamente todos los ámbitos del quehacer humano: factores de la economía, de la tecnología y de las ciencias, por mencionar algunos; y que el estudio de su historia debe contemplar ese hecho. La historia de los objetos donde el acercamiento se da a través de la forma, separándolos de su función o estructura, o de su contexto histórico y de los factores que intervienen para que tenga aceptación un diseño determinado, tanto a nivel comercial como a nivel social, empobrece el legado de conocimiento que podría ser para el futuro.

En las bibliotecas es difícil encontrar obras donde se dé cuenta de los detalles técnicos de los objetos, en la mayoría —aunque existen buenos esfuerzos por contrarrestar esa tendencia<sup>1</sup>—, se hacen estudios del diseño industrial como la creación de un diseñador-artista y, a veces, se incluye la casa productora; o se encuentran estudios de una tipología, como la historia de la silla, pero desde un enfoque formal: no nos cuentan cómo se unían las partes de esas sillas, o con qué herramientas se tallaba la madera con las que se hacían, o por qué la gente necesitaba sentarse.

Tomando esto en cuenta, uso como marco teórico la periodización de la historia y la tesis que plantea la economista Carlota

.....  
1 Se pueden citar como pioneros en este esfuerzo: a Trevor Williams con su *Historia de la tecnología* en tres tomos (Siglo XXI, 1977); Siegfried Giedion, *La mecanización toma el mando* (Gustavo Gili, 1978); más reciente, David Edgerton, *Innovación y tradición: historia de la tecnología moderna* (Crítica, 2007).

Pérez, en su obra *Revoluciones tecnológicas y capital financiero* (Siglo XXI, 2004), donde hace un estudio que ayuda a comprender “las transformaciones tecnológicas de largo plazo y como esos cambios interactúan con otros cambios económicos, sociales y políticos más bastos”,<sup>2</sup> además de un análisis de la evolución tecnológica y la amplitud de la repercusión que tiene en todos los ámbitos de la sociedad.

## 1. Objetivo general

El propósito de esta investigación es demostrar que la simplificación puede ser un medio de multiplicación. El proceso de análisis y abstracción en el diseño, en busca de la simplificación—tomando como premisa que es una necesidad de la producción industrial—, es una vía para maximizar el desempeño de los factores en juego.

Identificaré casos a lo largo de la historia de la ingeniería, la arquitectura industrial y el mobiliario, que son diseños que buscan la simplificación y el máximo rendimiento de los componentes; que han encontrado alguna innovación en esa vía para su época; y que ayudan a entender el proceso de simplificación en la historia de la producción industrial y del aporte de la modulación y de los sistemas constructivos.

Analizaré dos casos de *Sistemas constructivos flexibles y abiertos para mobiliario armable en metal*, como ejemplo de diseños de sistemas que logran sistemas constructivos flexibles y abiertos con un mínimo de piezas.

Compararé los *Sistemas constructivos flexibles y abiertos para mobiliario armable en metal* con otros tipos de sistemas modulares, para definir su pertinencia o ubicación como método de diseño en cada época.

.....  
2 Christopher Freeman en el Prólogo a Carlota Pérez, *Revoluciones tecnológicas y capital financiero. La dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza*, México, Siglo XXI, 2004 (1ª edición en inglés, 2002), p. 9.

## 2. Metodología

El estudio que contienen estas páginas es una investigación documental, descriptiva y transversal, con una primera parte histórica o retrospectiva, para la que se ha recurrido a fuentes bibliográficas, hemerográficas y del material disponible en la red sobre algunos de los casos relacionados, también se ha entablado contacto directo con algunas de esas casas productoras, que han respondido positivamente proporcionando la información necesaria.

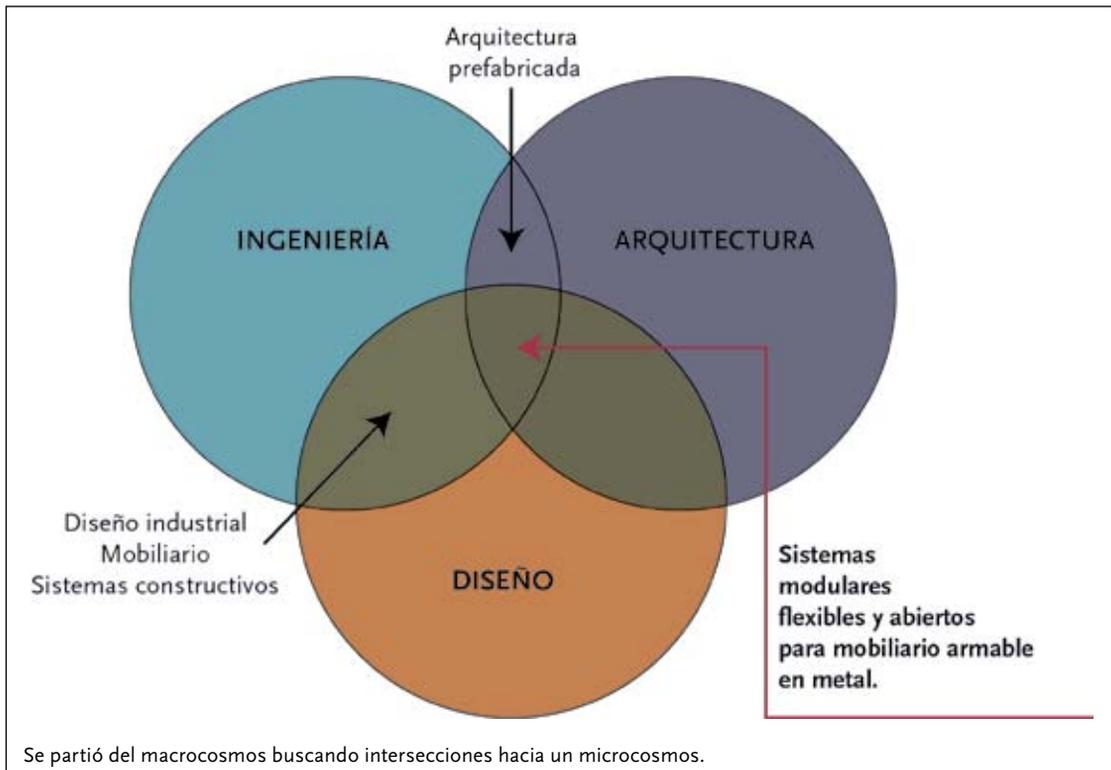
Como se menciona líneas arriba, se ha tomado como marco teórico la investigación de la economista Carlota Pérez sobre las revoluciones tecnológicas, donde afirma que son parte de un conjunto de factores que se interrelacionan y que se impulsan unos a otros, poniendo en contexto histórico las múltiples innovaciones tecnológicas que se pueden clasificar como revolucionarias; y también subraya su importancia para el movimiento de la economía y su efecto en toda la sociedad. Se ha manejado la periodización de la historia que Pérez propone en su obra para, a lo largo de la investigación, visualizar el contexto de los casos estudiados.

Los *Sistemas constructivos flexibles y abiertos para mobiliario armable en metal* se ubican en la intersección de tres áreas del quehacer humano: Ingeniería, Arquitectura y Diseño, por eso se buscaron las fuentes teóricas y de información en bibliografía de estas tres áreas. Han sido una guía importante las obras *Historia de la tecnología*, de Trevor Williams y T. K. Derry, *Steel Construction Manual*, de Helmut Schulitz, *Espacio, tiempo y arquitectura* y *La mecanización toma el mando*, de Sigfried Giedion, *Histoire mondiale de l'architecture et de l'urbanisme modernes*, de Michel Ragon, *Diseño. Historia, teoría y práctica del diseño industrial*, de Bernhard E. Bürdek, *¿Cómo nacen los objetos?* de Bruno Munari, *Breve historia del diseño industrial* y *El diseño en la vida cotidiana*, de John Heskett, así como *The eco-design handbook*, de Alastair Fuad-Luke.

Para ubicar los *Sistemas constructivos flexibles y abiertos para mobiliario armable en metal*, en la historia de la ingeniería, la arquitectura y el diseño, situé en una línea del tiempo su surgimiento y

sus antecedentes. Esto reveló ciertos casos que podían tener relación formal con mi desarrollo meta y evidenció la relación entre los principios de simplificación y multiplicación de la producción industrial y los Sistemas tema de estudio. También ayudó a identificar algunos casos clave en los que debía detenerme para encontrar puntos en común. El resultado fue una especie de constelación con puntos en la historia de la arquitectura, la ingeniería y el diseño industrial, ejes del estudio, y, particularmente, la historia de la arquitectura prefabricada en metal y la historia del mobiliario, que me llevó a dos casos concretos de *Sistemas constructivos flexibles y abiertos para mobiliario en metal*: el sistema USM-Haller y el System 180.

1 Ubicación de los Sistemas modulares flexibles y abiertos para mobiliario armable en metal en el macrocosmos.



### III. MARCO TEÓRICO-CONTEXTO

#### 1. Importancia de las innovaciones tecnológicas en la economía capitalista

Para el desarrollo de este estudio he tomado como marco teórico la tesis que propone la economista Carlota Pérez<sup>3</sup> en su libro *Revoluciones tecnológicas y capital financiero*.<sup>4</sup> Esta autora plantea que dentro del periodo económico que denominamos como Capitalismo, las innovaciones tecnológicas tienen un papel decisivo. El libre mercado propicia la búsqueda sin cesar de reducción de costos y el mejoramiento de los sistemas productivos, lo que se traduce en constante búsqueda de innovación. A su vez, el hallazgo de nuevos insumos o materia prima, genera cambios tecnológicos. Estos cambios repercuten en todas las esferas de la sociedad, creando una dinámica constante de cambios que define a la economía del Capitalismo.

Pérez plantea que este tipo de economía tiene una dinámica dentro de la cual se pueden determinar ciclos de aproximadamente 50 años. Cada uno de estos ciclos inicia por el surgimiento de una revolución tecnológica que modifica la producción y que paulatinamente va incidiendo en toda la sociedad. [...] “los cambios tecnológicos se agrupan en constelaciones de innovaciones radicales, formando revoluciones sucesivas y distintas, las cuales

.....  
3 Carlota Pérez, de nacionalidad venezolana, es investigadora, conferencista y consultora internacional experta en el impacto socioeconómico del cambio tecnológico y en las condiciones históricamente cambiantes para el crecimiento, el desarrollo y la competitividad. Investigadora senior visitante 2003-2006 del Fondo para Investigaciones en Finanzas, Instituto Judge de la Universidad de Cambridge, Inglaterra e Investigadora Honorífica del Centro de Investigación sobre Política Científica y Tecnológica de la Universidad de Sussex, Inglaterra. Catedrática de Tecnología y Desarrollo Socio-Económico en la Universidad Tecnológica de Talin, Estonia. [Tomado de: [www.carlotaperez.org](http://www.carlotaperez.org), consultado en 2006]

4 Carlota Pérez, *op. cit.*

modernizan toda la infraestructura productiva”<sup>5</sup> y la sociedad, pero los grupos sociales tardan en asimilar estos cambios, y es poco a poco que van infiltrando y modificando todas las áreas de la vida humana.

El planteamiento de esta autora es útil como marco teórico porque ayuda a poner en contexto las innovaciones tecnológicas y sus repercusiones, así como a entender las dinámicas que generan en todos los sectores de la sociedad.

## 2. Revoluciones tecnológicas y paradigmas tecnoeconómicos

La dinámica de libre mercado motiva el desarrollo de formas de producción más competitivas, en un primer nivel se busca la reducción de costos. El hallazgo de un nuevo insumo de bajo costo y su utilización generan una *revolución tecnológica*, ese hallazgo propulsa cambios que inician una secuencia, esto se puede definir como un movimiento recurrente en la historia.

Una revolución tecnológica puede ser definida como un poderoso y visible conjunto de tecnologías, productos e industrias nuevas y dinámicas, capaces de sacudir los cimientos de la economía y de impulsar una oleada de desarrollo de largo plazo. Se trata de una constelación de innovaciones técnicas estrechamente interrelacionadas, la cual suele incluir un insumo de bajo costo y uso generalizado —con frecuencia una fuente de energía, en otros casos un material crucial— además de nuevos e importantes productos y procesos, y una nueva infraestructura.<sup>6</sup>

Lo que distingue estas revoluciones tecnológicas es que trascienden a otros ámbitos de donde fueron generadas. Estos nuevos insumos ofrecen “un conjunto de tecnologías genéricas y principios organizativos interrelacionados entre sí que hacen posible e inducen un salto cuántico de la productividad potencial para la .....

5 *Idem*, p. 28.

6 *Idem*, p. 32.

inmensa mayoría de las actividades económicas. [...] [Por lo que] el promedio general de eficiencia se eleva a nuevos niveles cada 50 años aproximadamente”.<sup>7</sup>

El surgimiento de ese nuevo insumo o producto, influye en otros, y genera nuevas tecnologías, industrias e incluso, infraestructuras, con una manera diferente de relacionarse. Lo que se visualiza como una constelación, ya que es común que las innovaciones no aparezcan solas, sino con una red de “novedades” para hacerlas poderosas y asequibles. Por ejemplo, en 1900 cuando Eastman Kodak lanzó al mercado la cámara Brownie, no ofreció solamente un aparato fotográfico, sino una red de servicios que le permitió comercializarla bajo el eslogan “Pulse el botón, nosotros hacemos el resto”;<sup>8</sup> el éxito de la cámara automática, se debió también a la concepción de un conjunto de servicios para el fotógrafo aficionado.

En las denominadas *revoluciones tecnológicas*, la constelación trasciende a casi todo el ámbito productivo, generando un marcado crecimiento en corto tiempo, y un giro en la organización para la producción tanto al interior de las empresas, como en las relaciones entre distintas empresas colaboradoras. Estos movimientos de asimilación generan un cambio de *paradigma tecnológico*.



2 Doble naturaleza de las Revoluciones Tecnológicas [Carlota Pérez, *op. cit.*]

7 *Idem.*

8 Charlotte y Peter Fiell, *El diseño industrial de la A a la Z*, p. 321.

Cada revolución tecnológica se origina en un país que será el núcleo de propagación de la revolución, por ejemplo, Inglaterra en la Revolución Industrial. El aprovechamiento de las ventajas de estas innovaciones lo pondrá a la cabeza del poder económico mundial durante esta etapa. Para iniciar la revolución tecnológica debe aparecer ese “atractor” muy visible, que simbolice todo el nuevo potencial y sea capaz *de despertar la imaginación tecnológica y de negocios de un grupo de pioneros*. Este “atractor” no puede ser un simple salto técnico. “Su enorme poder reside en que además sea barato o deje en claro que los negocios basados en las innovaciones asociadas con él tendrán un costo competitivo”,<sup>9</sup> y que pueda articularse en constelaciones de innovaciones. Ese evento es lo que define como el *big-bang* de la revolución. Cada revolución tecnológica, con sus constelaciones, se va asimilando en la sociedad, tanto en la producción como en sus productos. Poco a poco se convierte en la forma predominante de hacer las cosas, en un “sentido común”. Sin embargo, no arrasa con los modos anteriores, una de sus características es que puede convivir con diferentes modos de producción pero éstos van tomando un papel periférico.<sup>10</sup>

Entre la aparición del *big-bang*, el despliegue de su potencial y su asimilación por la sociedad, existen momentos en los cuales la investigación y el diseño<sup>11</sup> intervienen de forma definitiva. Esta revolución tecnológica se va dando en constelaciones, dentro de las cuales se aprovechan distintas facetas y potenciales de la innovación principal, y que a su vez desencadena otras innovaciones, que provocan su asimilación paulatina por la sociedad en general. Dentro de estas constelaciones hay un amplio espectro de innovaciones ya que no se sabe con antelación el potencial de cada

.....  
9 Carlota Pérez, *op. cit.*, p. 36.

10 Esto es de notar, ya que cada vez que surge una nueva tecnología se cantan las exequias de las anteriores. En la relación arte-tecnología tenemos los ejemplos del cine con el teatro, la televisión con el cine; y actualmente los libros electrónicos con los libros impresos.

11 Carlota Pérez no menciona al diseño tal cual, pero es importante subrayar que la tarea de planeación e innovación *es* diseño, aunque muchas veces no sea realizado por diseñadores.

revolución tecnológica. El papel de las empresas dentro de la economía de libre mercado es experimentar para descubrir y explotar el potencial de dicha revolución. En el artículo *Design, Innovation and the Boundaries of the Firm*,<sup>12</sup> Vivien Walsh habla de innovaciones radicales, innovaciones incrementales y “novedades no-innovadoras”, cada una de éstas es parte de las estrategias que escogen las empresas como fuerza competitiva. Las primeras dos contribuyen a desarrollar el potencial de la revolución tecnológica del momento. La tercera, sólo aprovecha y alarga las innovaciones que otros han desarrollado. Por medio de las innovaciones radicales se descubren aplicaciones no contempladas con anterioridad del potencial del *atractor*. Las incrementales, aprovechan estos saltos y contribuyen a su asimilación y dispersión en toda la sociedad. Y de esta manera se generan las constelaciones de asimilación, que a su vez, cambian a la sociedad.

#### **a) Cinco revoluciones tecnológicas sucesivas**

La revolución industrial motivada por la mecanización de la producción textil, marca el inicio de los cambios que instauran el sistema de producción capitalista como dominante. A partir de ese momento se pueden detectar cinco revoluciones tecnológicas. En la *tabla 1*, se muestra la relación entre los eventos impulsores o *big-bang* de estas revoluciones, los países dominantes del periodo, el nombre de la época, así como el periodo cronológico, que han abarcado. La determinación de las fechas exactas, subraya Pérez, es difícil, ya que a veces la gestación de una innovación puede ser muy lenta y tardar muchos años para su manifestación como *big-bang*. No obstante, define ciclos de aproximadamente 50 años.

#### **b) Cinco constelaciones de nuevas industrias e infraestructuras**

Cada revolución se articula en constelaciones que combinan productos e industrias nuevos con otros preexistentes, que se redefinen. Cuando estos son articulados por saltos tecnológicos críticos en un conjunto de oportunidades de negocio poderosas,

.....  
<sup>12</sup> Vivien Walsh, pp. 77-80.

**Tabla 1.** Cinco revoluciones tecnológicas sucesivas, 1770-2000

<b>AÑO</b>	<b>REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA</b>	<b>NOMBRE POPULAR DE LA ÉPOCA</b>	<b>PAÍS O PAÍSES-NÚCLEO</b>	<b>BIG-BANG INICIADOR DE LA REVOLUCIÓN</b>
1771	Primera	Revolución industrial	Inglaterra	Apertura de la hilandería hidráulica de algodón de Arkwright en Cromford.
1829	Segunda	Era del vapor y los ferrocarriles	Inglaterra (difundiéndose hacia Europa y EUA)	Prueba del motor a vapor Rocket para el ferrocarril Liverpool-Manchester.
1875	Tercera	Era del acero, la electricidad y la ingeniería pesada.	EUA y Alemania sobrepasando a Inglaterra.	Inauguración de la acería Bessemer de Carnegie en Pittsburgh, Pennsylvania.
1908	Cuarta	Era del petróleo, el automóvil y la producción en masa.	EUA y Alemania (rivalizando al inicio por el liderazgo mundial) Difusión hacia Europa	Salida del primer modelo T de la planta Ford en Detroit, Michigan.
1971	Quinta	Era de la informática y las telecomunicaciones.	EUA (difundiéndose hacia Europa y Asia)	Anuncio del microprocesador Intel en Santa Clara, California.

interactivas, coherentes y capaces de influir en toda la economía, su impacto agregado puede hacerse verdaderamente omnipresente. Cada constelación contiene muchos sistemas tecnológicos, desarrollados a diversos ritmos y en una secuencia a menudo dependiente de los lazos de retroalimentación entre ellos. Cada uno se fue beneficiando de los avances técnicos y de mercado logrados por los otros, a la vez que favorecía el mayor desarrollo de aquéllos. “La importancia particular de algunos de estos sistemas tecnológicos y su aparición secuencial hace que luzcan como revoluciones separadas y no como lo que son, sistemas interdependientes bajo un paraguas común más amplio”.<sup>13</sup>

En la *tabla 2* se ve la relación de cada revolución tecnológica con las tecnologías que prosperan bajo su impulso, y el desarrollo de las infraestructuras que motiva. Aquí se puede apreciar cómo la revolución tecnológica va constituyendo constelaciones de innovaciones, que a su vez motivan otras innovaciones que se entrelazan. Por ejemplo en la segunda revolución tecnológica, llamada la Era del vapor y de los ferrocarriles, es claro que el ferrocarril modifica los territorios al incentivar la comunicación, y a su vez se aprovecha como medio de distribución y comunicación en otros niveles. Y todo esto, sin duda, cambia las relaciones sociales al modificar, entre muchas otras cosas, la concepción del tiempo-distancia.

### ***c) Un paradigma tecnoeconómico diferente para cada revolución tecnológica***

Las innovaciones que surgen de una revolución tecnológica pueden ser aprovechadas en pequeña medida por los sistemas existentes; para aprovechar todas las ventajas del nuevo potencial se generan más cambios en otros niveles.

[...] Las nuevas posibilidades y sus requerimientos también desatan una profunda transformación en el “modo de hacer las cosas” en toda economía y más allá. Por lo tanto, cada revolución tecnológica inevitablemente induce a un cambio de paradigma.

.....  
<sup>13</sup> Carlota Pérez, *op. cit.*, p. 41.

**Tabla 2.** Cinco constelaciones de nuevas industrias e infraestructuras

<b>REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA PAÍS-NÚCLEO</b>	<b>NUEVAS TECNOLOGÍAS E INDUSTRIAS NUEVAS O REDEFINIDAS</b>	<b>INFRAESTRUCTURAS NUEVAS O REDEFINIDAS</b>
<p><b>Primera:</b> A partir de 1771 La Revolución industrial Inglaterra</p>	<p>Mecanización de la industria del algodón. Hierro forjado. Maquinaria.</p>	<p>Canales y vías fluviales. Carreteras con peaje. Energía hidráulica (con molinos de agua muy mejorados).</p>
<p><b>Segunda:</b> Desde 1829 Era del vapor y de los ferrocarriles Inglaterra (difundiéndose hacia Europa y EUA).</p>	<p>Máquinas de vapor y maquinaria (de hierro movida con carbón). Hierro y minería del carbón (ahora con un papel central en el crecimiento). Construcción de ferrocarriles. Producción de locomotoras y vagones. Energía de vapor para numerosas industrias (incluyendo la textil).</p>	<p>Ferrocarriles (uso del motor a vapor). Servicio postal estandarizado de plena cobertura. Telégrafo (sobre todo nacional, a lo largo de las líneas de ferrocarril). Grandes puertos, grandes depósitos, y grandes barcos para la navegación mundial. Gas urbano.</p>
<p><b>Tercera:</b> A partir de 1875 Era del acero, la electricidad y la ingeniería pesada EUA y Alemania sobrepasando a Inglaterra</p>	<p>Acero barato (Especialmente Bessemer). Pleno desarrollo del motor a vapor para barcos de acero. Ingeniería pesada química y civil. Industria de equipos eléctricos. Cobre y cables. Alimentos enlatados y embotellados. Papel y empaques.</p>	<p>Navegación mundial en veloces barcos de acero (uso del Canal de Suez). Redes transnacionales de ferrocarril (uso del acero barato para la fabricación de rieles y pernos de tamaño estándar). Grandes puentes y túneles. Telégrafo mundial. Teléfono (sobre todo nacional). Redes eléctricas (para iluminación y uso industrial).</p>

**Tabla 2.** Cinco constelaciones de nuevas industrias e infraestructuras

<p><b>Cuarta:</b> A partir de 1908 Era del petróleo, el automóvil y la producción en masa EUA (con Alemania rivalizando por el liderazgo mundial) Difusión hacia Europa</p>	<p>Producción en masa de automóviles. Petróleo barato y sus derivados. Petroquímica (sintéticos). Motor de combustión interna para automóviles, transporte de carga, tractores, aviones, tanques de guerra y generación eléctrica. Electrodomésticos. Alimentos refrigerados y congelados.</p>	<p>Redes de caminos, autopistas, puertos y aeropuertos. Redes de oleoductos. Electricidad de plena cobertura (industrial y doméstica). Telecomunicación analógica mundial (para teléfono, télex y cablegramas) alámbrica e inalámbrica.</p>
<p><b>Quinta:</b> A partir de 1971 Era de la informática y las telecomunicaciones EUA (difundiéndose hacia Europa y Asia)</p>	<p>La revolución de la información: Microelectrónica barata Computadoras, software. Telecomunicaciones. Instrumentos de control. Desarrollo por computadora de biotecnología y nuevos materiales.</p>	<p>Comunicación digital mundial (cable, fibra óptica, radio y satélite). Internet\Correo y otros servicios electrónicos. Redes eléctricas de fuentes múltiples y de uso flexible. Transporte físico de alta velocidad (por tierra, mar y aire).</p>

Un paradigma tecnoeconómico es un modelo de óptima práctica constituido por un conjunto de principios tecnológicos y organizativos, genéricos y ubicuos, el cual representa la forma más efectiva de aplicar la revolución tecnológica y de usarla para modernizar y rejuvenecer el resto de la economía. Cuando su adopción se generaliza, estos principios se convierten en la base del sentido común para la organización de cualquier actividad y la reestructuración de cualquier institución.<sup>14</sup>

Cada paradigma socioeconómico determina lineamientos básicos de organización que no sólo afectan a la organización de la

.....  
14 *Ídem.*

**Tabla 3.** Un paradigma tecnoeconómico diferente para cada revolución tecnológica

<b>REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA / PAÍS-NÚCLEO</b>	<b>PARADIGMA TECNOECONÓMICO PRINCIPIOS DE “SENTIDO COMÚN” PARA LA INNOVACIÓN</b>
<p><b>Primera</b> (desde 1771) <b>Revolución industrial</b> Inglaterra</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción en fábricas.</li> <li>• Mecanización.</li> <li>• <b>Productividad/Medición y ahorro del tiempo.</b></li> <li>• Fluidez de movimientos (como meta ideal para máquinas movidas por energía hidráulica y para el transporte por canales y otras vías acuáticas).</li> <li>• Redes locales.</li> </ul>
<p><b>Segunda</b> (desde 1829) <b>Era del vapor y los ferrocarriles</b> Inglaterra (difundiéndose hacia Europa y EUA)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Economías de aglomeración / Ciudades industriales / Mercados nacionales.</li> <li>• Centros de poder con redes nacionales.</li> <li>• La gran escala como progreso.</li> <li>• <b>Partes estandarizadas</b> / Máquinas para fabricar máquinas.</li> <li>• Energía donde se necesite (vapor).</li> <li>• Movimiento interdependiente (de máquinas y medios de transporte).</li> </ul>
<p><b>Tercera</b> (desde 1875) <b>Era del acero, la electricidad y la ingeniería pesada</b> EUA y Alemania sobrepasando a Inglaterra</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Estructuras gigantescas (acero).</b></li> <li>• Economías de escala en planta / Integración vertical.</li> <li>• Distribución de energía para la industria (electricidad).</li> <li>• <b>La ciencia como fuerza productiva.</b></li> <li>• Redes e imperios mundiales (incluyendo cárteles).</li> <li>• <b>Estandarización universal.</b></li> <li>• <b>Contabilidad de costos para control y eficiencia.</b></li> <li>• Grandes escalas para dominar el mercado mundial / Lo “pequeño” es exitoso si es local.</li> </ul>
<p><b>Cuarta</b> (desde 1908) <b>Era del petróleo, el automóvil y la producción en masa</b> EUA (con Alemania rivalizando por el liderazgo mundial) Difusión hacia Europa</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción en masa / Mercados masivos.</li> <li>• Economías de escala (volumen de producción y mercado) / Integración horizontal.</li> <li>• <b>Estandarización de productos.</b></li> <li>• Uso intensivo de la energía (con base en el petróleo).</li> <li>• Materiales sintéticos.</li> <li>• Especialización funcional / Pirámides jerárquicas.</li> <li>• Centralización / Centros metropolitanos-suburbanización.</li> <li>• Poderes nacionales, acuerdos y confrontaciones mundiales.</li> </ul>

producción, modifica también las estructuras de las empresas, las formas de propagación geográfica, la estructura del espacio geopolítico y social, se constituye un “ideal del periodo”, marcando un paradigma organizativo.

Las consecuencias de las revoluciones tecnológicas llegan a toda la sociedad, Carlota Pérez, menciona el paradigma organizativo, no obstante, me parece que también se puede hablar de una paradigma social. En esta periodización, se distingue cómo los ideales de cada periodo se van infiltrando en la filosofía de la sociedad. La productividad regida por un principio “cientificista”, “de volumen”, “de calidad”, cada uno es asimilado por la sociedad en general, y se vuelve “de sentido común”.

En la *tabla 3* se muestra que para cada revolución tecnológica, corresponde un “modo de hacer las cosas”, es decir un paradigma organizativo. En cada uno de estos paradigmas resalto en negritas algunos de los principios eje en el tema de este estudio: la simplificación como medio de multiplicación en la producción industrial.

La información en esta serie de tablas muestra cómo se van configurando las constelaciones de innovaciones y que las consecuencias de éstas van más allá del entorno donde han surgido. Trascienden y modifican paulatinamente ámbitos mayores. En la actualidad un ejemplo claro y contundente lo tenemos en el uso de la computadora y el Internet. El desarrollo de estas tecnologías se dio a partir del microprocesador Intel en 1971. A partir de entonces, el amplio espectro de cambios que ha creado la penetración de estas tecnologías en la sociedad es evidente y seguramente inimaginable para sus creadores.

Otro ejemplo que puede ilustrar esta idea es la introducción de espacios habitables mínimos: la reducción de espacio en las cocinas, aún con la intención de hacerlas un espacio de trabajo funcional, seguramente provocó cambios en las relaciones dentro de la familia. En las Cocinas Frankfurt (véase p. 128) sin duda se podía cocinar, pero no más, el espacio de convivencia quedó fuera.

Al cambiar la forma de producir, se modifican también los hábitos sociales, sin embargo esto no es un efecto inmediato, lleva un tiempo de propagación y asimilación.

**Tabla 3.** Un paradigma tecnoeconómico diferente para cada revolución tecnológica

<p><b>Quinta</b> (desde 1971) <b>Era de la informática y las telecomunicaciones</b> EUA (difundiéndose hacia Europa y Asia)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso intensivo de la información (con base en la microelectrónica TIC).</li> <li>• Integración descentralizada / Estructuras de red.</li> <li>• <b>El conocimiento como capital</b> (valor añadido intangible).</li> <li>• <b>Heterogeneidad, diversidad, adaptabilidad.</b></li> <li>• Segmentación de mercados / Proliferación de nichos.</li> <li>• Economías de cobertura y de especialización combinadas con escala.</li> <li>• Globalización / Interacción entre lo global y lo local.</li> <li>• Cooperación hacia adentro y hacia fuera / Clusters.</li> <li>• Contacto y acción instantáneas / Comunicación global instantánea.</li> </ul>
---	---

Las transformaciones inducidas por las revoluciones tecnológicas van mucho más allá de la economía; penetran la esfera de lo político e incluso las ideologías. Éstas, a su vez, determinarán la dirección de despliegue del potencial. Esta influencia mutua entre la tecnología y la política no ocurre por azar, sino por necesidad. El marco socioinstitucional tiene que cambiar para adaptarse a las transformaciones que ocurren en la esfera tecnoeconómica cada vez que una revolución tecnológica irrumpe en la escena.<sup>15</sup>

Como último punto de este marco teórico hay que decir que el desarrollo es un proceso escalonado con cambios radicales que se pueden visualizar como enormes “oleadas” que suceden cada cinco o seis décadas, cada una de ellas conlleva también profundos cambios estructurales dentro de la economía y en toda la sociedad. El papel del diseño en estos procesos es fundamental: puede ser el agente que busca las innovaciones, o generador de interfaces de los nuevos productos, el factor que ayuda a la sociedad a recibirlos y apropiárselos. El proceso de diseño en la cadena de la innovación es un eslabón fundamental.

.....  
15 *Ídem.*



REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA PAÍS-NÚCLEOS	PARADIGMA TECNOECONÓMICO PRINCIPIOS DE “SENTIDO COMÚN” PARA LA INNOVACIÓN
<p><b>Primera:</b> Desde 1771 La Revolución industrial Inglaterra</p>	<p>Producción en fábricas. Mecanización. Productividad/Medición y ahorro del tiempo. Fluidez de movimientos (como meta ideal para máquinas movidas por energía hidráulica y para el transporte por canales y otras vías acuáticas). Redes locales.</p>
1750...	<p>Como consecuencia de la división del trabajo, aparecen los dibujantes especializados dentro de los talleres, realizan los modelos y planos para la producción de los objetos.</p> <p>Surgimiento de numerosas academias de arte, la mayoría fundadas por motivos económicos, ya que va en aumento la demanda de trabajadores y artesanos con nociones de dibujo y diseño entre las nuevas industrias. En 1785, en México, se funda la Real Academia de San Carlos, primera en América.</p>
1777-1779	<p><b>Primer puente metálico</b>, diseñado por Thomas Pritchard y construido por John Wilkinson y Abraham Darby III, en Coalbrookdale, Inglaterra.</p>
1800...	<p>Separación de la enseñanza de las bellas artes de los oficios artesanales. Escuelas de artes decorativas en Francia (en 1830, existían más de 80), y escuelas de comercio y politécnicos en los estados germánicos.</p>
1802	<p>Eleuthère Irénée du Pont, francés de nacimiento y ex alumno de Antoine Lavoisier, emigra a los Estados Unidos donde funda la compañía que lleva su nombre, con capital de inversionistas franceses.</p>

Acompañando los capítulos de la investigación se encontrarán, de acuerdo al periodo en cuestión, las periodizaciones del marco teórico, donde se han incluido efemérides de la historia del diseño y sobre empresas que han apostado por la importancia del diseño y la innovación, con la idea de relacionar los sucesos del diseño con las constelaciones de innovaciones tecnológicas. Los datos resaltados contienen información relacionada con los casos que se desarrollan a lo largo de esta investigación.

Las fuentes principales de la información contenida en estas tablas fueron los libros: *Una historia de la educación del arte*, de Arthur D. Efland, *Diseño. Historia, teoría y práctica*, de Bernhard E. Bürdek, y *El diseño industrial de la A a la Z*, de Peter y Charlotte Fiell.

## IV. ANTECEDENTES

### 1. La Revolución industrial y el uso del hierro

La Revolución Industrial surge en Inglaterra en el siglo XVIII como consecuencia de la mecanización de la producción, que llevó a la modificación de los talleres artesanales en manufacturas, y posteriormente, en la gran Industria. En este periodo de la historia ocurren cambios en todos los ámbitos de la sociedad: económicos, tecnológicos, sociales y culturales, que han sido el resultado de pequeñas transformaciones en momentos anteriores que gestan un salto cualitativo.

Los avances científicos y tecnológicos que se dan durante el Renacimiento, aplicados a la maquinaria, mejoran los procesos productivos; la transformación de los talleres artesanales en manufacturas, donde se introduce la división del trabajo, y que da lugar a la incorporación de maquinaria en el proceso productivo; la liberación de fuerza de trabajo agrícola que emigra a las ciudades donde se requiere de mano de obra que realice trabajo no calificado; la expansión del comercio gracias a mejoras de las rutas de transporte y al aumento de la moneda circulante, la introducción de políticas que disminuyen restricciones para la acumulación de capital, el comercio y la circulación libre de las personas.

En la primera etapa del Capitalismo, que define Pérez como *primera revolución tecnológica*, va de 1771 a 1829, inicia la mecanización de la producción. La apertura de la hilandería de algodón de Arkwright en Inglaterra, es el centro de una constelación de cambios que introducen nuevas formas de organización para la producción, y son la semilla de otra innovación que al ser incorporada marcará el inicio de un nuevo periodo. La mecanización de la producción de la industria textil demanda, de más en más, la incorporación de materiales de mayor resistencia y de nuevas fuentes de energía.

Para el tema de esta investigación es determinante la introducción de dos innovaciones: la sustitución del carbón vegetal como fuente de combustión, por el coque (carbón mineral),<sup>16</sup> indispensable para producir metales de mejor calidad y el desarrollo de los procesos siderúrgicos; y el perfeccionamiento de la máquina de vapor; la incorporación de esta fuente de energía a una gran variedad de maquinaria generará el aumento de capacidad en la producción industrial.

## 2. Producción industrial del hierro

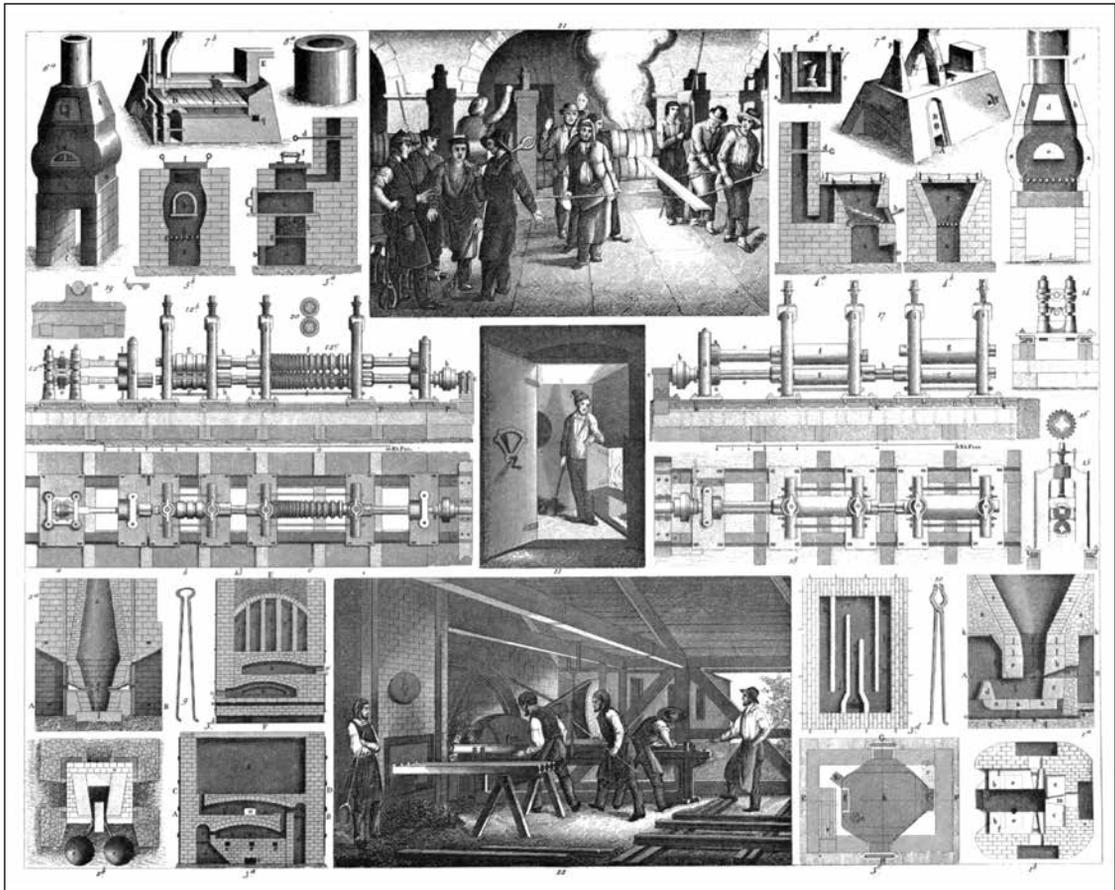
Aunque el empleo del hierro se remonta a la edad prehistórica, su uso generalizado inicia en el siglo XVIII, antes era difícil obtenerlo en grandes cantidades, por lo que sus aplicaciones eran limitadas. Es con la industrialización de la producción del hierro, cuando adquiere una importancia totalmente nueva.

A finales del siglo XVII, debido a escasez y carestía del carbón vegetal —el combustible común en ese tiempo—, se buscan alternativas de fuentes de combustión. El carbón mineral resulta un buen sustituto ya que en algunas regiones de Inglaterra se encontraba en abundancia. Al principio, este combustible fue introducido en el ámbito de la vida cotidiana como combustible para la calefacción de interiores y en algunos pequeños comercios, y a principios del siglo XVIII era ya un combustible de uso común,<sup>17</sup> sin embargo, en la siderurgia no se utilizaba ya que los maestros fundidores pensaban que el metal resultante no era de buena calidad.

Las fundiciones se abastecían del carbón vegetal que encontraban en los bosque cercanos, por lo que se veían empujados a cambiar de lugar a menudo en busca de nuevas fuentes de abastecimiento.

.....  
<sup>16</sup> Combustible mineral fósil, de color negro y rico en carbono formado a partir de vegetales que han sufrido una transformación que les confiere un gran potencial calorífico. *El pequeño Larousse ilustrado 2003*.

<sup>17</sup> Siegfried Giedion, *Arte y arquitectura*, p. 171.



En este contexto, Abraham Darby I (1678-1717) decide llevar su fundidora a Coalbrookdale, pero no en busca del carbón vegetal, sino con la idea de experimentar con el coque.<sup>18</sup> Logra producir hierro de buena calidad empleando este combustible en 1709. Parece ser que un factor que ayudó a Darby en la producción de hierro de alta calidad, fue que el mineral de la región contenía bajos niveles de azufre. Abraham Darby I murió en 1717 cuando su negocio se encontraba en plena expansión y su hijo, Abraham Darby II, tenía sólo 7 años, por lo que su socio y yerno Richard Ford, se hizo cargo del negocio<sup>19</sup> y no continuó las investigaciones de Darby I, y en los años que siguieron se construyeron pocos

3 Vistas de un taller siderúrgico, ca. 1850.

[The Complete Encyclopedia of Illustration]

<sup>18</sup> Charlotte y Peter Fiell, *op. cit.*, p. 153.

<sup>19</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Abraham\\_Darby\\_I](http://es.wikipedia.org/wiki/Abraham_Darby_I) [30 de junio, 2009].

hornos de coque en Gran Bretaña, ya que este proceso no lograba ser aceptado.

En 1748 Abraham Darby II decide continuar con las investigaciones de su padre y logra hacer hierro colado útil para la fragua “mediante una cuidadosa selección de minerales con un contenido muy bajo en fósforo”.<sup>20</sup> Es en esta época cuando finalmente logra implantarse la fundición de hierro a base de coque, y se abre una nueva puerta para la historia de la metalurgia.

Durante los años que siguen la producción de hierro se acelera. La demanda de este material crece exponencialmente debido a las nuevas necesidades de la industria en desarrollo.

[...] se estima que la producción de hierro en bruto en Inglaterra ascendió en forma significativa en Inglaterra entre 1660 y 1760, posiblemente en un 50%. Esto es bastante impresionante, pero un porcentaje mucho mayor, del orden del 100%, es el que corresponde al crecimiento en los escasos diez años de 1796 a 1806.<sup>21</sup>

Durante la Revolución Industrial la industria textil, la incorporación de la máquina de hilar de Richard Arkwright es el nicho de las grandes transformaciones de la época, pero aún ahí el hierro toma tiempo en ser utilizado. La maquinaria estaba hecha principalmente de madera. Se utilizaba el hierro y el bronce para los soportes y los cilindros. Aún las grandes ruedas dentadas de los hilares eran realizadas con madera.<sup>22</sup> Pero la utilización de la madera presentó pronto sus inconvenientes para una producción intensiva, como la que iniciaba. “Las ruedas hidráulicas, que podrían servir a un molinero del campo durante muchos años, se deterioraron rápidamente cuando se las utilizó durante horas diarias, en fábricas que incluían un turno de noche”.<sup>23</sup>

Las fábricas de hilados, al ampliar los tiempos de producción con la intención de aprovechar al máximo la maquinaria y la

.....  
20 Trevor Williams, *op. cit.*, tomo I, pp. 214-215.

21 Arnold Pacey, *El laberinto del ingenio*, p. 207.

22 *Op.cit.*, p. 216.

23 *Ídem*, p. 216-217.

posible demanda de las mercancías, tuvieron necesidad de adecuar y mejorar las construcciones que las albergaban. Los turnos nocturnos implicaron un gran riesgo de incendio. Fábricas de telas con pisos de madera iluminadas por velas o lámparas de aceite se incendiaban con facilidad. “Muchas fábricas se incendiaron, incluyendo la primera de Arkwright, en Nottingham, en 1781”.<sup>24</sup> Esto incentivó la búsqueda de materiales no inflamables para la construcción de las fábricas. La construcción con vigas y columnas de hierro era una solución evidente.

De la misma manera, la madera fue sustituida poco a poco por el hierro en la fabricación de la maquinaria. “En la década de 1790, por ejemplo, hasta los motores a vapor tenían una gran cantidad de madera en su construcción, pero muy pronto la construcción totalmente metálica se hizo habitual”.<sup>25</sup>

El uso del hierro para la construcción de fábricas de algodón y para su maquinaria dio a la creciente industria algodonera un equipo mucho más adecuado a sus necesidades que las adaptaciones provisorias de técnicas y materiales tradicionales que habían caracterizado al periodo de Arkwright. En los diez años comprendidos entre 1792 y 1802, que fueron notablemente fructíferos, [Jedediah] Strutt y [Charles] Bage habían hecho muchas de las innovaciones esenciales. Había surgido una segunda y claramente distinta generación de fábricas textiles, basadas en una tecnología notablemente más avanzada que la primera generación del tiempo de Arkwright, y eso marcó una nueva fase en la Revolución Industrial.<sup>26</sup>

Cuando un nuevo material aparece, lo más evidente es utilizarlo en sustitución de lo que se conoce hasta el momento; se hace un simple reemplazo, no se crean nuevas formas, eso requiere mayor tiempo, hay un lapso de adaptación “mental” para llegar a explotar al máximo las posibilidades que brinda el nuevo insumo. Es decir,

.....  
<sup>24</sup> *Ídem*, p. 217.

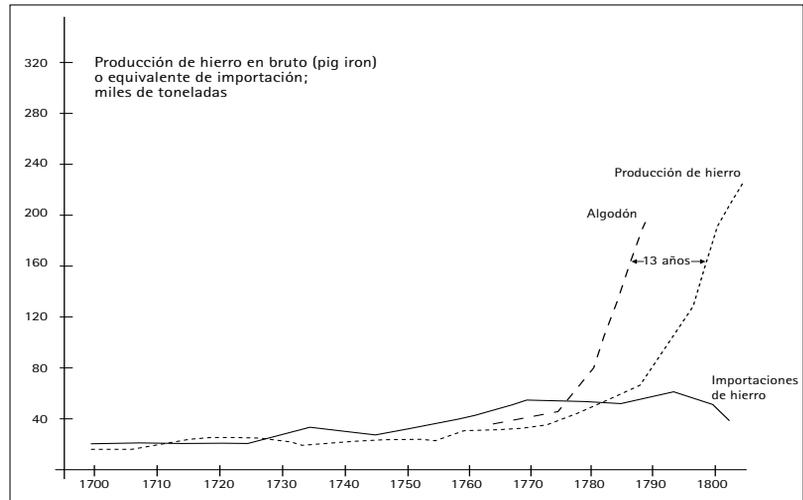
<sup>25</sup> *Ídem*, p. 219.

<sup>26</sup> *Ibidem*.

para entender que dicha nueva materia puede implicar nuevas posibilidades. Pierre Francastel expresa claramente ese proceso para las construcciones en hierro:

La utilización del hierro como sustituto de la piedra no introduce en seguida modificaciones profundas, ni en la concepción general del edificio, ni en sus sistema de equilibrio, ni tampoco en su apariencia. Los esquemas imaginativos del pasado no son rechazados. Los arquitectos todavía no ven un nuevo tipo de edificios. Para resolver ciertos problemas utilizan piezas de metal en sustitución pura y simple de las piezas de madera. Los edificios no están concebidos en función de los nuevos materiales que aparecen. Son los materiales quienes se esfuerzan por amoldarse a la demanda. [...] En todos los aspectos de la nueva producción predomina la idea de sustitución. No se ve más allá del mero aumento de las posibilidades de resistencia de los materiales. [...]<sup>27</sup>

4 Producción e importación de hierro en Inglaterra y Gales durante el siglo XVIII. [Arnold Pacey]



27 Pierre Francastel, *Arte y técnica en los siglos XIX y XX*, p. 93.

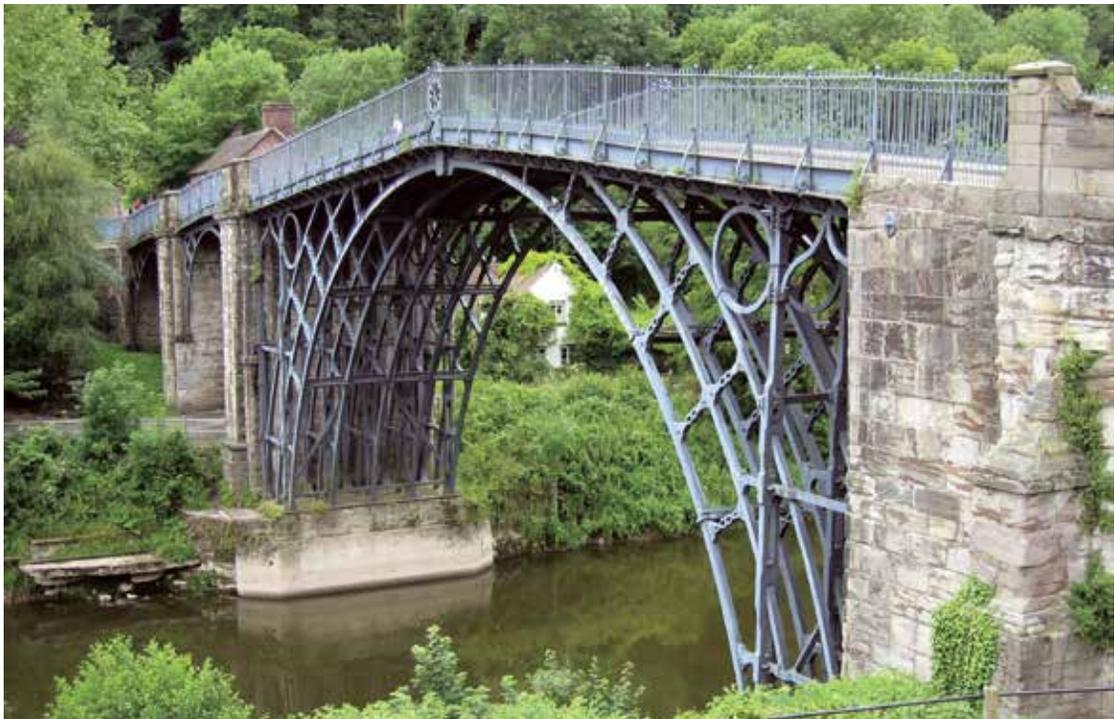
### 3. Puentes metálicos

La línea histórica de la construcción de puentes de hierro muestra como en un principio se adaptan las técnicas y diseños conocidos al momento de surgir el nuevo material y, que poco a poco, se van descubriendo los nuevos alcances que puede brindar dicho material. Los primeros puentes metálicos que se construyeron tienen como base sus antecesores de piedra y madera. Conforme avanza el desarrollo de la construcción metálica, gracias a la resistencia del material, los puentes se van volviendo cada vez más ligeros, con mayores alturas y longitudes.

El primer puente metálico que se anota en la historia es un puente en arco realizado por el nieto del Abraham Darby I, pionero de la producción del hierro con coque. Erigido entre 1777 y 1779, en Coalbrookdale, Inglaterra, fue diseñado por Thomas Pritchard y construido por John Wilkinson y Abraham Darby III.

5 Puente de Coalbrookdale (1777-1779). Construido a la manera de los puentes de piedra, mide 60 m de largo, consta de un solo arco de 30,5 m de luz.

[Wikimedia Commons]



“[...] el propietario de la tercera generación de la famosa fundición de hierro, diseñó, fundió, levantó y costeó en gran medida un puente de hierro casi semicircular, que permitía el acceso de sus obreros y vehículos a la orilla más alejada del [río] Severn. Los nervios principales, de 21 m de longitud, fueron fundidos en moldes de arena al descubierto, directamente desde un alto horno; las partes, que pesaban en total 378.5 toneladas, fueron subidas, montadas y aseguradas por medio de cuñas sin un solo tornillo o remache. Aunque el hierro colado no se había usado nunca estructuralmente a esta escala, la obra de hierro [...] ha resistido la prueba del tiempo: el puente lo usan todavía los peatones.”<sup>28</sup>

6 Wearmouth Bridge.  
Sunderland, Gran Bretaña  
(1793-1796).  
[flickr.com/photos/sunderland  
publiclibraries/3614363306].

El puente Wearmouth en Sunderland, al noreste de Inglaterra es citado con frecuencia como la segunda marca en la historia de la



.....  
28 Williams Trevor, *op. cit.*, p. 656.

construcción metálica. A finales del siglo XVIII, Sunderland era una zona comercial en expansión, donde se hizo evidente la necesidad de un puente para cruzar el río Wear y facilitar el transporte de mercancías. Se analizaron varias opciones que llevaron a la conclusión de que la construcción en piedra sería muy costosa, y la construcción en madera, más económica, duraría poco tiempo; la construcción en metal parecía la adecuada: menos costosa y de mayor resistencia. Roland Burdon, miembro del parlamento por Sunderland y director de la fundición de hierro de Rotherham,<sup>29</sup> desarrolló el proyecto que enfrentaba el problema de cruzar el río Wear de un ancho de 75 metros y que contaba con el tráfico de barcos cargueros de grandes velas. La construcción del puente Wearmouth inició en 1793, a cargo de Burdon quien logró un puente de hierro colado bastante espectacular, en su momento el más grande del mundo con 72 metros de luz.<sup>30</sup>

Una *segunda revolución tecnológica* se da con la introducción del motor a vapor *Rocket* para el ferrocarril Liverpool-Manchester en 1829. Esto marca el inicio de la era del vapor y del ferrocarril, donde la producción de hierro y la minería del carbón “adquieren un nuevo papel y dinamismo cuando sirven de materia prima y combustible para los ferrocarriles y la maquinaria del mundo”.<sup>31</sup>

En esta etapa se introduce el hierro forjado que sustituye, en gran medida, al hierro colado. “[...] La fundición [también llamado hierro colado] es la primera variedad de hierro industrial ya que es lo más fácil de obtener: duro, muy resistente a la compresión, pero quebradizo a causa de su alto nivel de carbono (de 2 a 7%). El hierro es más maleable y poco quebradizo (este no contiene más que 1% de carbono). La refinación, que permite transformar la fundición en hierro eliminando el carbono en exceso, es una técnica delicada [...]”.<sup>32</sup> Con el uso de este material los puentes aumentan notoriamente sus luces, gracias a las posibilidades que éste brinda.

.....  
29 *Ídem*, p. 657.

30 [www.fr.structurae.de](http://www.fr.structurae.de) y [www.sunderland.gov.uk/libraries](http://www.sunderland.gov.uk/libraries) [julio, 2009].

31 Carlota Pérez, *op. cit.*, p. 39.

32 Michel Carmona, *Eiffel*, p. 42.

REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA PAÍS-NÚCLEOS	PARADIGMA TECNOECONÓMICO PRINCIPIOS DE “SENTIDO COMÚN” PARA LA INNOVACIÓN
<p><b>Segunda:</b> Desde 1829 Era del vapor y los ferrocarriles Inglaterra (difundiéndose hacia Europa y EUA)</p>	<p>Economías de aglomeración / Ciudades industriales / Mercados nacionales. Centros de poder con redes nacionales. La gran escala como progreso. <b>Partes estandarizadas / Máquinas para fabricar máquinas.</b> Energía donde se necesite (vapor). Movimiento interdependiente (de máquinas y medios de transporte).</p>
1833	<p><b>Invernadero construido en metal.</b> Invernadero del Museo de Historia Natural, Jardin des Plantes, en París. Volumen interior de 9,000 m<sup>3</sup>.</p>
1835	<p><b>Samuel Colt diseña un revólver con piezas intercambiables.</b> (Estados Unidos)</p>
1839	<p>Jacques Daguerre y William Fox Talbot inventan la fotografía a base de placas de plata. (Francia)</p>
1837	<p>John Deere diseña su primer arado de acero de autolimpieza con éxito comercial. [En 1868 se constituye como Deere &amp; Company]. (Estados Unidos)</p>
1846	<p>Robert Krups fundó en Alemania la empresa que lleva su apellido. Inicialmente producía básculas y dinamómetros para pesar máquinas. (Alemania) [En 1991 el Grupo Moulinex adquirió esta empresa.]</p>
1847	<p>Werner von Siemens y Johann Georg Halske fundaron la Siemens &amp; Halske Telegraph Construction Company. En 1866 Werner Siemens descubrió el principio dinamoeléctrico e inventó el generador autónomo, que supuso el comienzo de la era de la energía eléctrica económica que podía producirse en grandes cantidades. En 1881 construyó el primer tren eléctrico. A partir de la década de 1890 inicia con la producción de electrodomésticos, diseñados con piezas intercambiables. En 1919 junto con otros dos fabricantes, funda la Osram GMBH KG para fabricar bombillas incandescentes en serie. (Alemania)</p>
1849-1852	<p><i>Journal of Design and Manufactures.</i> Primera revista de diseño. “Círculo de Cole”: Henry Cole, Owen Jones, Matthew Digby Wyatt y Richard Redgrave. Mejorar la manufactura por medio del arte. (Gran Bretaña)</p>
1849	<p>En <i>Seven Lamps of Architecture</i>, John Ruskin propone al arte como “el medio para mantener un equilibrio entre el progreso material y el espiritual”. (Gran Bretaña)</p>

Adelantándonos un poco en el tiempo, tomamos la explicación que da Gustave Eiffel en una conferencia sobre las construcciones metálicas en 1888,<sup>33</sup> donde explica claramente las ventajas del uso hierro:

En nuestra época, el progreso de la metalurgia y el vapor, que han transformado tantas cosas, ponen a nuestra disposición recursos casi ilimitados, sea para dar forma o trabajar el hierro<sup>34</sup> con una facilidad extrema, sea para procurarnos de metales con propiedades bien definidas y con una resistencia conocida con precisión. No va sin decir que el hierro no podrá jamás reemplazar por completo a la piedra o a la madera, que cuentan con sus cualidades particulares; pero ha habido, durante estos últimos años, una lucha constante, y el hierro ha invadido de más en más el campo de la construcción monumental, en la cual es ahora uno de los principales materiales.

¿Cuáles son entonces las ventajas del metal?

En primer lugar, su resistencia. Desde el punto de vista de las cargas que podemos imponerle con seguridad a uno o al otro material, sabemos que a igual superficie el hierro es diez veces más resistente que la madera y veinte veces más resistente que la piedra.

Es en las grandes construcciones, sobre todo, que la resistencia del metal muestra superioridad sobre los otros materiales. El peso propio de la construcción juega, en efecto, un papel considerable: limita las alturas y los alcances que les podemos demandar. La ligereza relativa de las construcciones metálicas permite, al mismo tiempo, disminuir la importancia de los soportes y cimientos [...].

Estas ventajas que brinda el metal aumentan naturalmente con las dimensiones de las construcciones. Pero la superioridad

.....  
33 Conferencia de Gustave Eiffel frente a la Asociación Francesa por el Avance de la Ciencia. *Les constructions métalliques*, en “Culture Technique”, Centre de Recherche sur la Culture Technique, pp. 245-253.

34 En francés la diferencia entre *fonte* (hierro colado) y la palabra *fer* (hierro), es clara, mientras que en español la denominación del hierro se presta más a confusión. En el original, Eiffel habla del segundo.

REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA PAÍS-NÚCLEOS	PARADIGMA TECNOECONÓMICO PRINCIPIOS DE “SENTIDO COMÚN” PARA LA INNOVACIÓN
1851	<p><b>Palacio de Cristal</b> para la Gran Exposición diseñado por Joseph Paxton. Reorganización de las escuelas de diseño liderada por Henry Cole que lleva a la apertura de la Escuela de Diseño de South Kensington. (Gran Bretaña)</p>
1854	<p>Inicia la construcción de los mercados centrales de París (<b>Les Halles</b>), que formaban parte del ambicioso plan de renovación de París, que Napoleón III ha encomendado a Georges-Eugène Haussman. Serán demolidos en 1971.</p>
1856	<p>La empresa de <b>Michael Thonet e hijos</b> (Gebrüder Thonet) abre su primera fábrica en Moravia. En 1859 lanzan a la venta el modelo de la silla N° 14 que, para 1891, llegaría a más de siete millones de unidades vendidas. (Viena) [En 1929 fundó una filial francesa, Thonet Frères, que fabricó los muebles de metal tubular diseñados por Marcel Breuer. Esta firma sigue activa, bajo el mando de la quinta generación Thonet, con sede en Frankenberg, Alemania.]</p>
1857	<p>Introducción de la materia de dibujo en las escuelas primarias británicas.</p>
1860	<p>Aparición de las escuelas Kunstgewerbeschule, en los estados germánicos, donde se da mayor importancia al diseño y a la cultura artística.</p>
1861	<p>Apertura del Massachussets Institute of Technology (MIT). (Estados Unidos)</p>
1861	<p>Morris, Marshall &amp; Faulkner. Movimiento de Artes y Oficios, en contra de la industrialización y a favor del renacimiento de los oficios. (Inglaterra)</p> <p>Erhard Junghans después de una estancia en Estados Unidos, regresa a Alemania para fabricar relojes “a la americana”, es decir producidos en serie y a bajo costo. En 1875, la compañía creó el primer despertador fabricado en serie, y en 1878 producía 100 mil relojes anuales. [En 1957 el diseñador Max Bill creó para esta firma, varios modelos que resaltaban por su sencillez]. (Alemania)</p>
1870	<p>Apertura del Stevens Institue of Technology. (Estados Unidos)</p>
1873	<p>Producción masiva de máquinas de escribir por Remington &amp; Sons.</p>

incomparable del metal, sin la cual todo lo demás sería poca cosa, es su elasticidad, que le permite, en comparación a la piedra, resistir tanto a los esfuerzos de tensión como a los esfuerzos de compresión. [...]

Podemos, entonces, estar tranquilos sobre la suerte futura de nuestras construcciones metálicas, con la condición, desde luego, de que las preservemos de la oxidación que es su enemiga mortal [...]<sup>35</sup>

Los puentes se pueden clasificar en tres tipos: los de arco, suspendidos y los puentes en vigas, ya sean rectos o curvos. Los primeros puentes metálicos fueron en arco. Los puentes suspendidos tienen su origen en las lianas que se usaban para atravesar los ríos, primero las lianas se sustituyen por cuerdas, y luego, por cadenas a las que se les incorporan tablonces horizontales. La construcción de los puentes en vigas inicia en la primera mitad del siglo XIX para uso ferroviario.<sup>36</sup>

Para que el ferrocarril pudiera llegar a lugares cada vez más lejanos, se tuvieron que construir más vías, que muchas veces debían atravesar montañas o cruzar ríos, lo implicaba el levantamiento de numerosos puentes. Para soportar el paso de las trepidantes locomotoras, se construyó un tipo especial de puentes capaces de soportar su peso y velocidad. Estos puentes fueron un laboratorio de importantes mejoras en la construcción metálica. Retomando a Gustave Eiffel:

Los puentes en lámina, es decir los puentes formados de láminas de hierro y ensambladas entre ellas por medio de remaches no hicieron su aparición hasta bastante después que los puentes de fundición y los puentes suspendidos, y es otra vez en Inglaterra, el país del metal, donde hay que buscar sus orígenes. Harrison fue el primer constructor que empleó el hierro laminado en puentes en 1844; Fairbairn adquirió, en 1846, una patente para las vigas en hierro hueco y erigió, al mismo tiempo, varios puentes sobre

.....  
<sup>35</sup> Gustave Eiffel, *op. cit.*, pp. 245-246.

<sup>36</sup> *Ídem*, p. 246.

7 Puente de Conway, País de Gales, construido por G.B. Robert Stephenson en 1849.

[© Victoria and Albert Museum, London]



diferentes líneas ferroviarias inglesas. Aunque muy recientes, los puentes en lámina son hoy en día los más numerosos. En cuarenta años, hemos hecho en este tipo de construcción progresos sorprendentes. Fue necesario primero crear una nueva ciencia, tan importante hoy en día, la resistencia de los materiales, en cuyo desarrollo una gran cantidad de eruditos consagraron su vida entera. No es, en efecto, más que con gran esfuerzo que ellos han logrado determinar las dimensiones de las primeras vigas fabricadas, que hoy en día se calculan tan fácilmente. Los ingenieros ingleses se la pasaron casi por completo sin cálculos y determinaron las dimensiones de sus piezas por tanteo y numerosos ensayos, estudiando los fenómenos que anteceden a la ruptura sobre modelos a escala.<sup>37</sup>

Los primeros puentes ferroviarios construidos con vigas y láminas fueron construidos por dos ingenieros ingleses, mismos que durante la segunda mitad del siglo XIX encabezaron la construcción metálica. El primero, Robert Stephenson (1803-1859), hijo del inventor de la máquina de vapor, construyó el puente Conway finalizado en 1849 y el Britannia, en 1850, los dos en el país de

.....  
<sup>37</sup> *Ídem*, p. 248.



8 El Puente Britannia  
fotografiado por Francis Frith.  
Bangor, Gwynedd, País de  
Gales, ca. 1850-1870.  
[© Victoria and Albert Museum, London]

Gales. El segundo, Isambard Kingdom Brunel (1806-1859), es el creador del puente Royal Albert o de Saltash, construido entre 1853 y 1859.

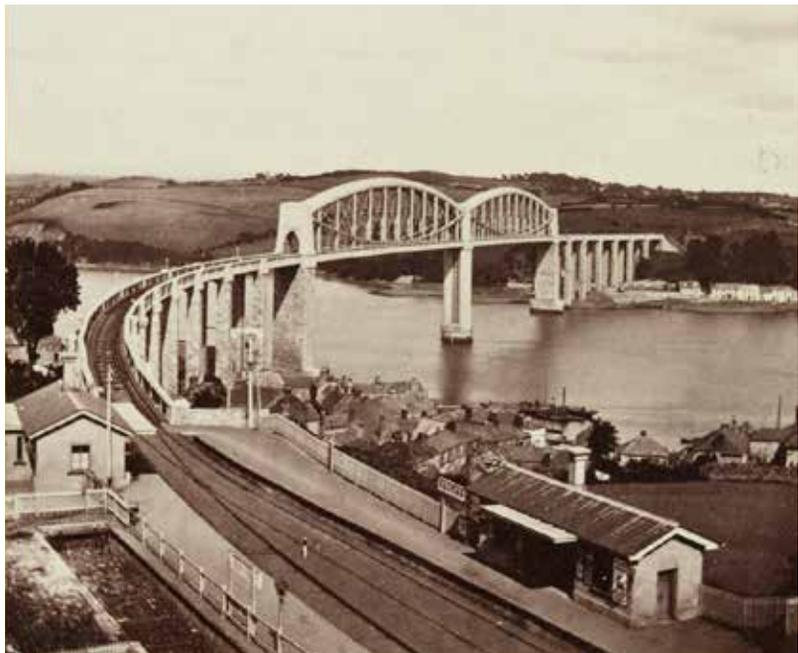
Robert Stephenson concibe un tipo de construcción novedoso utilizando láminas remachadas con las cuales crea una forma tubular recta por cuyo interior pasaría el tren. El puente de Conway tiene una luz de 125 metros, mientras que el de Britannia, consta de dos luces principales de 146 metros, con lo cual logra una longitud total de 432 metros, batiendo con esto el récord de su tiempo. Esta obra fue muy conentada, ya que fue construido en su totalidad sobre barcas y levantado en su sitio con la ayuda de potentes gatos hidráulicos. “Se ha realizado una admirable proeza —comentó en su tiempo G. Eiffel—, tanto por la audacia de la obra metálica en sí, como por su instalación; el ingeniero inglés Robert Stephenson hizo de su primer golpe, un golpe maestro”.<sup>38</sup>

En el puente Royal Albert, también llamado de Saltash, I. K. Brunel utiliza una técnica diferente. Para el tablero emplea vigas y láminas remachadas de hierro forjado, pero para soportar la carga introduce el uso de un tubo en arco, uniéndolo por medio de celosía y cadenas. Este puente consta de dos luces principales

.....  
38 *Ibidem.*

9 Puente de Saltash o  
Royal Albert. Entre Saltash,  
Cornwall y Plymouth, Devon,  
Inglaterra, G.B.

[© Victoria and Albert Museum, London].



de 139 metros cada una y 17 en los accesos que varían entre 21 y 28 m. “[...] Al compararlo con el Britannia, resultó en un ahorro por metro [de material] de aproximadamente el 50%”.<sup>39</sup>

En Francia —país que sigue los pasos de Inglaterra en el desarrollo industrial—, se incorpora rápidamente el uso del hierro y de las nuevas tecnologías a la construcción. Los primeros puentes en hierro colado fueron realizados inspirados en los puentes ingleses, que utilizaban, a su vez, los puentes de piedra como modelo. Los puentes que más se mencionan son el de las Artes (1803), el de Austerlitz (1806) y el del Carrousel (1859),<sup>40</sup> que llaman la atención por su belleza, pero no implicaron ninguna innovación técnica importante. Se puede decir que es hasta mediados del siglo XIX, que se empiezan a ver las primeras innovaciones de importancia en el ramo de la construcción metálica.

La división de trabajo y especialización, que son consecuencia de la Revolución Industrial, generan el establecimiento de una

39 Jairo Uribe Escamilla, *Recorrido histórico por la construcción metálica en el mundo y su desarrollo en Colombia*. [web]

40 Michel Carmona, *op. cit.*, p.41 y Gustave Eiffel, *op. cit.*, p. 246.

clara distinción entre el ingeniero civil y el arquitecto a finales del siglo XVIII.<sup>41</sup> Francia es el primer país en crear instituciones educativas para los ingenieros, en 1747 inicia actividades la Escuela Nacional de Puentes y Caminos, y en 1794 la Escuela Politécnica. Gustave Eiffel (1832-1923) estudia en la Escuela Central de Artes y Manufacturas, de la cual sale, en 1855, con un diploma de Ingeniero químico. El joven ingeniero, se entusiasma por los nuevos materiales y métodos de construcción, especializándose en la construcción metálica.

Eiffel, antes de dar el salto a la fama gracias a la torre que lleva su nombre, construye una gran cantidad de puentes metálicos, en cada uno de los cuales ensaya importantes innovaciones. Según Michel Carmona —uno de sus biógrafos—, en la obra de Gustave Eiffel sobresalen seis puentes: Cubzac (1883), Garabit (1884), Viana do Castelo (1878), Szeged (1880), María Pía (1877), y Tardes (1884).<sup>42</sup> Nos detendremos solo en dos de ellos: el puente María Pía, sobre el río Douro en Portugal, y el viaducto de Garabit, sobre el río Truyère en Francia, puentes ferroviarios ambos. Además de ser obras espectaculares, representan dos momentos en la construcción metálica en el cual se deja atrás el modelo de los puentes de piedra y se inicia un nuevo modo de construcción, que deja ver claramente la intención de aprovechar al máximo las nuevas posibilidades que brinda el hierro.

El levantamiento del puente María Pía sobre el río Douro, implicaba un gran reto ya que se debían sortear grandes dificultades: trabajar sobre un río con una corriente de gran velocidad, cuya profundidad alcanzaba hasta 20 metros, el tipo de arena del suelo no apto para cimentar en él impedía colocar los pilares en el río, forzando a colocarlos fuera de sus orillas. Esto implicaba construir un puente de por lo menos una luz central de 160 metros. Hasta ese momento no existía antecedente alguno de estas dimensiones; el puente que más se le aproximaba era el de Saint Louis sobre el río Mississippi, de 158.5 metros de luz.<sup>43</sup>

41 Williams Trevor, *op. cit.*, pp. 586-587.

42 Michel Carmona, *op. cit.*, p. 223.

43 Henri Loyrette, *Gustave Eiffel*, p. 59-60.

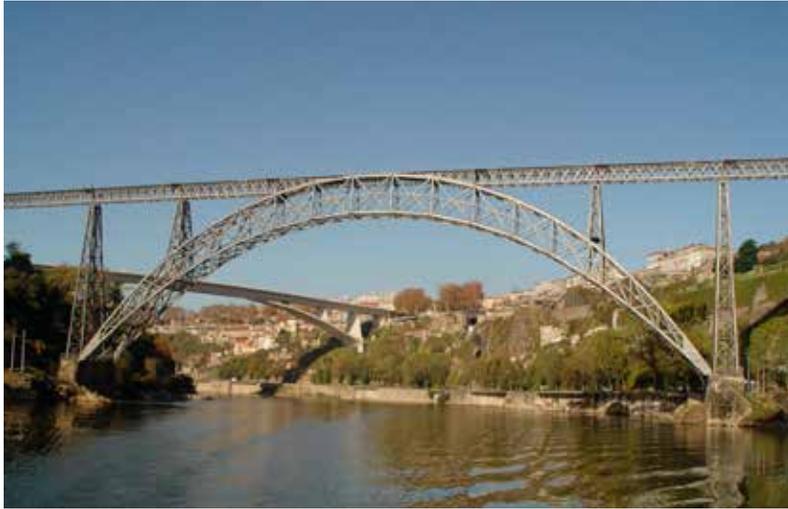


El novel ingeniero concibe para la construcción de este puente un arco de media luna de 160 m de luz que soportará un tablero que alcanza una distancia de 563 metros, y para lograrlo idea un método particular del que se servirá con frecuencia en el futuro. La propuesta de Eiffel tiene gran éxito, incluso gana un concurso internacional, por la elegancia de su diseño y, porque gracias al empleo de hierro en su estructura, logra reducir notablemente la cantidad del material necesario y los costos de la obra.

La construcción del arco se hace por un procedimiento jamás visto: un montaje en voladizos, que, para ganar tiempo, se realiza sobre el Duoro simultáneamente a partir de cada una de las orillas; las dos mitades del arco avanzan una al encuentro de la otra, sostenidas por cables. [...] Como era imposible instalar un andamio en la ribera, el montaje del arco central era de una dificultad excepcional. Se utilizaron, como punto de apoyo, las partes ya construidas. Las piezas eran sucesivamente colocadas por medio de un riel en voladizo, avanzando de los dos lados a partir de los pilares; estas se unían entre sí al mismo tiempo y formaban un conjunto que se sostenía por medio de tirantes de los pilares más próximos hasta que se llegó a la conjunción al centro de las dos mitades del arco. [...] <sup>44</sup>

Una de las virtudes que se le reconocen a Gustave Eiffel es su capacidad de organización y el cuidado de todos los detalles desde

.....  
<sup>44</sup> Michel Carmona, *op. cit.*, p. 133-134.



10 Construcción del Puente María Pía sobre el río Douro, Portugal, 1877 (izquierda), y toma contemporánea (derecha).

[Wikimedia Commons]

la concepción del proyecto. Para tener el control que necesita una obra esa magnitud, que entre otras cosas, implica grandes riesgos, Eiffel realiza una planificación minuciosamente detallada. Uno de los puntos importantes en este sistema fue el de facilitar la realización del mayor trabajo posible en los talleres, para ensamblar posteriormente en el lugar de la obra con poco margen de error. Es decir, la *dissección* de la obra final y la *prefabricación* de las piezas con un control extremo. En la biografía sobre la vida y obra de este ingeniero francés, que escribe Michel Carmona, nos da cuenta del método que utiliza en el montaje de la colosal Torre, y de cómo lo recibieron sus contemporáneos:

Todas las piezas metálicas son examinadas cuando llegan a la obra de la torre Eiffel, aunque éstas hayan sido ya verificadas en Levallois-Perret [los talleres de Eiffel y Cia.]; si se detecta el mínimo defecto, son regresadas a la fábrica, ya que no se efectúa ningún arreglo en la obra.

La prefabricación de las piezas impresiona a los contemporáneos y se opone al método inglés, que deja una gran parte de responsabilidad a la obra. [...] El aspecto que impresiona [...] es la ausencia de equipos numerosos ya que una gran parte del trabajo se realiza en los talleres de Levallois. Este procedimiento ilustra

la precisión con la que se trabaja en las obras francesas [...]: Los equipos son limitados y silenciosos, debido a la ausencia de movimientos en falso y del poder de los medios mecánicos empleados. El método seguido para la torre consiste en “una preparación absoluta y completa fuera de la obra, y, en la obra, simplemente la colocación y sujeción escrupulosa de las piezas unas con otras”. Este [método] no deja ningún detalle a lo imprevisible, ni a los accidentes de obra, ni a imprecisiones del proyecto, ya que la oficina de estudios de Levallois-Perret tiene todo el tiempo para calcular las medidas por logaritmos con tres decimales, con un margen de error ínfimo que no pasa 1/10 de milímetro.<sup>45</sup>

Gracias al éxito del puente sobre el Douro, se le pide a Eiffel llevar a cabo la construcción del viaducto de Garabit, su puente más espectacular. Esta obra sobre el río Truyère, también implicó grandes retos, uno de ellos fue superar la altura del valle de 122 metros; hecho sin precedente en esas fechas. En una revista de la época se publica una imagen acompañada por un encabezado que dice “Viaducto de Garabit. El trabajo más grande del mundo”, donde se representa la columna de Vendôme en comparación con las torres de la iglesia de Notre-Dame de París y se aprecia que éstas quedan por debajo del puente. La imagen es acompañada, de una nota donde se lee: “Esta obra maravillosa alcanza en su punto más alto la increíble altura de 124 metros del nivel del río a la altura de los rieles. El arco central que sirve de punto de apoyo a esta altura inmensa mide 165 metros de abertura. La mamposería es apenas de 20,000 metros cúbicos [...]”.<sup>46</sup>

En su diseño este puente es bastante similar al del puente sobre el Douro, sin embargo técnicamente implicó retos nuevos, donde Eiffel introdujo nuevas técnicas para resolverlos. Su construcción, también con grandes riesgos, se llevarían a cabo en una zona de más de mil metros de altitud, de fuertes vientos y crudos inviernos, con temperaturas de hasta menos 15° C, en una zona alejada de la civilización. Incluso se tuvo que llevar escuela

45 Michel Carmona, *op. cit.*, pp. 329-330.

46 Henri Loyrette, *op. cit.*, p. 76.



para los hijos de los trabajadores durante los cuatro años que duró la construcción.<sup>47</sup> Eiffel se vio forzado a tomar a su cargo los riesgos de la construcción y hacer la obra bajo su entera responsabilidad, ya que el responsable por parte de la línea Marvejols-Neussargues —de la cual el puente formaba parte—, tenía dudas sobre la seguridad del plan de Eiffel.<sup>48</sup> El puente de Garabit es un peldaño muy importante en la carrera de este escrupuloso ingeniero, cuyas sorprendentes obras le traerían el apodo de “el mago del metal”.

En el montaje de varias de sus obras Eiffel usa el método ideado por él mismo que denomina como *porte à faux*. Lo describe como una técnica de montaje de un puente o una construcción en metal en la cual “sobre una parte de la viga del puente colocada en su posición definitiva, se engancha como voladizo, por medio de tornillos, las piezas metálicas que le siguen, y una vez que éstas son remachadas, se utilizan como nuevos puntos de apoyo para

47 Michel Carmona, *op. cit.*, p. 190.

48 *Ídem*, pp. 185-192.

11 Viaducto de Garabit, sobre el río Truyère, Francia (1884).  
[Wikimedia Commons]

atornillar las piezas siguientes. Caminando así, poco a poco, se llegan a colocar completamente en el vacío las piezas sucesivas del puente, hasta que se haya llegado al apoyo más cercano”.<sup>49</sup> En los registros de estas dos obras se aprecia cómo se van montando en el aire las piezas metálicas, de modo que poco a poco, se va armando el conjunto suspendido en el vacío, como si se tratara de un “simple juego de Meccano”.

Otra creación de Gustave Eiffel, de la que se habla poco, pero de gran interés para este estudio, es la de los *puentes económicos portátiles*. Un sistema de unas cuantas piezas que permite a un pequeño grupo de personas, sin preparación especial, construir puentes de distintas dimensiones.

Carmona relata que Eiffel compró una patente de puentes portátiles en 1873, la cual perfecciona gracias a su experiencia y una década de ensayos y, en 1881, registra una nueva patente para su sistema de puentes portátiles. En 1883 hace la primera demostración pública en la Exposición de Ámsterdam que le merece un diploma de honor. A partir de ahí muestra su sistema en diversas exposiciones y en cada una recibe reconocimientos por su importante invento. En una publicación de la época se reproduce un informe detallado sobre el sistema de puentes económicos de Eiffel, que presenta un eminente funcionario de la construcción de caminos ferroviarios:

[...] En el comunicado que él viene de dar a nuestra Sociedad, aborda un tipo de ideas completamente diferentes a las de los grandes puentes, para hacer un nuevo progreso en las construcciones metálicas. Él retoma el problema tan interesante como difícil de los puentes económicos portátiles.

La búsqueda de la construcción de un puente *económico portátil*, formado por *elementos similares para alcances diferentes*, presenta un interés considerable.

La solución a este problema permite crear un material para los ejércitos en campaña y, más generalmente, constituir una

.....  
49 Gustave Eiffel citado por Michel Carmona, *op. cit.*, p. 611.

mercancía que se puede almacenar en los comercios y, en consecuencia, tenerla a disposición inmediata de las necesidades, substituyendo soluciones especiales *para cada caso particular, una solución general*.

[...] Se trata, en efecto de construir *un puente simple*, formado por piezas de un reducido número de modelos diferentes, para facilitar el montaje en el lugar y permitir se realice sin recurrir a instrucciones de montaje y empleando a los primeros obreros al alcance.

Es necesario que *cada una de las piezas sea ligera para que puedan ser transportadas* sin dificultades, en países desprovistos de caminos. El puente mismo debe ser muy ligero en su totalidad, de modo que no necesite soportes con cimientos costosos y se pueda, en la mayoría de los casos, colocar simplemente sobre cada orilla del río, debidamente preparada.

El ensamblado de las piezas que componen el puente debe poder realizarse por medio de pernos, con el fin de evitar la tarea de remachar, la cual necesita de útiles especiales y de personal experimentado para realizar el montaje.

A pesar de esto, el puente debe presentar una rigidez comparable a la de los puentes remachados y no sufrir una deformación importante al paso de vehículos pesados.

Por último, *la colocación del puente debe poderse hacer rápidamente* y sin necesitar ninguna instalación especial.

Es en este orden de necesidades que el Sr. Eiffel ha estudiado su sistema de puentes portátiles, en acero,<sup>50</sup> de los cuales un gran número de ejemplares son utilizados desde hace tres años en Francia y en el extranjero y, especialmente, en nuestra colonia de la Conchinchina [región de Vietnam] [...].<sup>51</sup>

Este informe muestra cómo Eiffel utiliza ya los principios básicos de la *prefabricación*, la *producción en serie* y la *simplificación*,

50 Este es un caso en el que Eiffel utiliza el acero, en 1886 para el proyecto de la Torre que llevaría su nombre aún no utilizará ese metal, debido a que su elevado precio hubiera hecho incosteable su construcción. Aquí escoge el acero por su ligereza.

51 Turgan, *Constructions métalliques et travaux publics G. Eiffel*, pp.15-16. Subrayados míos.

12 Puente sobre el río Rach-Lang, Saigón, Vietnam, puente portátil desmontable.

[© RMN-Grand Palais (musée d'Orsay) /  
Madeleine Coursaget]



logrando *un sistema sencillo y versátil*, que se puede considerar primero en su tipo. En su momento no es el único preocupado en desarrollar puentes armables, se tienen noticias de otros ejemplos, sin embargo parece ser que es él quien logra mejor crear un sistema para armar, ya que para la empresa que Eiffel dirige representó un éxito económico muy importante.

Carmona presenta un análisis de la contabilidad de la compañía de Eiffel donde muestra que las grandes obras, como el puente sobre el Duoro o el viaducto de Garabit, no son un éxito financiero ya que los porcentajes de ganancia son muy reducidos.<sup>52</sup> Es la venta de los puentes desmontables lo que asegura la vida de la empresa, especialmente por los pedidos de las colonias francesas.<sup>53</sup> “[...] La fabricación y venta de estos puentes desmontables tuvieron una gran importancia en el funcionamiento de la empresa: aseguraban un trabajo permanente a los talleres y un volumen de negocios constante entre los pedidos de grandes obras”.<sup>54</sup>

52 Michel Carmona, *op. cit.*, pp. 180-182.

53 Laurent Weill, *Travaux publics et colonisation: l'entreprise Eiffel et la mise en valeur de l'Indochine (1889-1965)*, en “Histoire, économie et société”, año 1995, volumen 14, número 14-2, pp. 287-300.

54 Notas sobre el fondo Etablissements Eiffel en el Centre des archives du monde du travail. [<http://www.archivesnationales.culture.gouv.fr>]

NOUVEAUX PONTS PORTATIFS ÉCONOMIQUES  
Système EIFFEL, breveté s. g. d. g.



PONT SUR LE CANAL MICHELOTTI A TURIN  
Pont du type n° 1 fer.

La producción y comercialización de los puentes desmontables es un éxito económico durante cerca de setenta años: desde 1884 hasta la década de 1950, en la cual los puentes Bailey, utilizados por los americanos durante la Segunda Guerra Mundial, les ganan completamente el mercado.<sup>55</sup>

13 “Nuevos puentes económicos portátiles”, puente del tipo núm. 1, sobre el canal Michelotti. Turín, Italia, 24 de abril de 1884.

[Fotografía de A. Charvet ©Musée d'Orsay, Dist. RMN-Grand Palais/Patrice Schmidt]

55 Michel Carmona, *op. cit.*, p. 215.



## V. ARQUITECTURA METÁLICA

En este capítulo se revisarán algunos casos importantes en la historia de la arquitectura metálica que son pioneros en el uso del metal como material para la construcción y en la adopción de la prefabricación. Los *Sistemas constructivos flexibles y abiertos para mobiliario armable en metal* tienen sus orígenes en la arquitectura prefabricada en metal, por lo que se pueden considerar como sus antecedentes.

Como en la historia de la construcción de puentes metálicos, en la arquitectura también se experimenta con el uso del metal y se van experimentando en la disección y prefabricación para sólo montar en el sitio. Al principio también se siguen los modelos de construcciones en madera o piedra, es hasta la segunda mitad del siglo XIX cuando aparecen ejemplos de obras arquitectónicas que dejan ver el material. Para la arquitectura, parece que lo que más tiempo ha llevado ha sido aceptar el cambio en la estética.

### 1. Inicio de la época moderna

Los historiadores de la arquitectura coinciden en que el desarrollo de la arquitectura metálica marca el nacimiento de la arquitectura moderna,<sup>56</sup> dándose inicialmente en los países eje de la Revolución Industrial, con Gran Bretaña a la cabeza, seguida por Francia; posteriormente tomarán la delantera Alemania y Estados Unidos.

Ante la incorporación de este nuevo material, la reacción generalizada de los arquitectos es de rechazo, por lo que dejan un espacio libre a los ingenieros, quienes se arriesgan a la experimentación con nuevas formas de construir. Los arquitectos que

14 Philip Delamotte fue comisionado para documentar con su cámara la reconstrucción del Palacio de Cristal en Sydenham en 1854.  
[© Victoria and Albert Museum, London]

.....  
56 Siegfried Giedion, Michel Ragon y Renato de Fusco.

llegan a utilizar el metal en las estructuras, lo esconden, lo camuflajan. Se encuentran pocos casos, a finales del siglo XIX, donde la estructura metálica es visible.<sup>57</sup> Un ejemplo interesante es el de la Biblioteca Nacional en París (construida por Henri Labrouste entre 1858 y 1868), donde el arquitecto se sirve de una estructura metálica, pero la disimula cubriéndola con mampostería; y sólo la deja a la vista en las áreas reservadas a los trabajadores, donde no podría ser apreciada por el público en general.<sup>58</sup> Al respecto, el teórico Pierre Francastel hace la siguiente reflexión:<sup>59</sup>

[...] nos damos cuenta fácilmente de que las aplicaciones mecánicas de la técnica presentan muchas menos dificultades que la integración en lo social de las nuevas posibilidades de acción sobre el mundo exterior. Las reticencias de la sociedad ante consecuencias revolucionarias de la aparición de nuevos materiales —que rompen el ritmo tradicional de la producción individual y modifican las condiciones de existencia de los individuos y de las colectividades— constituye un mecanismo de bloqueo que se desencadena en todas las épocas, cuando aparece una posibilidad humana de transformación del mundo. Tales bloqueos siempre son hechos sociales y no intelectuales.

A pesar de las ventajas evidentes que presenta la construcción en metal y el uso de la fabricación industrial, su incorporación en la construcción es lenta. El nuevo material, que implica nuevas formas y también una estética diferente, es difícil de asimilar socialmente. Surgen reacciones que critican “lo nuevo”, discusiones en contra de la máquina y sus productos. Es importante notar, que de este debate surgen las primeras teorías sobre el diseño, donde se analiza la relación entre función y forma, y se habla del racionalismo; sin embargo, de esa parte de la historia sobre la cual hay bastantes estudios, no se profundizará en esta tesis.

.....  
57 Michel Ragon, *Histoire Mondiale de l'Architecture et de l'urbanisme modernes*, tomo 1, pp. 128-136.

58 Siegfried Giedion, *Espacio, tiempo y arquitectura*, p. 232-233.

59 Pierre Francastel, *op. cit.*, p. 97.

## 2. Grandes cubiertas de hierro y cristal

Como se mencionó antes, a finales del siglo XIX la arquitectura metálica la desarrollan casi exclusivamente los ingenieros (por lo que también es llamada arquitectura de la ingeniería). Para su estudio, estas construcciones se agrupan en tres tipos: 1) puentes (capítulo anterior); 2) grandes cubiertas de hierro (tema de este apartado), y 3) grandes edificios con esqueleto metálico (que no revisaremos, ya que es una línea que se aparta de nuestro estudio).

Las grandes cubiertas de hierro y cristal, fueron utilizadas para invernaderos, mercados cubiertos, estaciones ferroviarias e instalación de exposiciones universales. A continuación trataremos algunos ejemplos importantes de esta tipología en los que se logra combinar la elegancia con la economía de material donde se busca cada vez cubrir mayor superficie con menos puntos de apoyo y en menor tiempo.

### **a) Invernaderos del Museo Nacional de Historia Natural (Francia)**

*(Le Jardin des Plantes), París, 1833-1834*

A principios del siglo XIX, el Museo de Historia Natural de París contaba con un lugar donde resguardar las plantas frágiles; caliente, pero al que le faltaba luz. Hasta entonces, tanto en Francia como en Inglaterra, todos los invernaderos eran contruidos en madera, y con el invernadero deciden arriesgarse aplicando las nuevas técnicas y materiales. Charles Rohault comprende que debe someter la arquitectura a la utilidad y reduce la decoración a su mínima expresión, y para definir las dimensiones hace uso de la “divina proporción”, 1.618. El éxito fue grande y contribuyó a la aceptación del uso del hierro, que permitía ampliar las dimensiones de las cubiertas sin puntos de apoyo.<sup>60</sup> Siegfried Giedion sostiene que es “la primera gran estructura consistente, simplemente, en un montante de hierro y grandes láminas de cristal [...]”. Las láminas de cristal, de una medida mayor que lo corriente, se combinan con el torrente de luz que penetra de lleno gracias a la

.....  
60 Paul Chemetov, *et. al.*, *Architectures à Paris, 1848-1914*, pp. 20-21.



15 Le Jardin des plantes, grandes invernaderos del Museo Nacional de Historia Natural, París.

[Wikimedia Commons]

casi eliminación de la madera, mereciendo el nombre de ‘les jardins de verre’ [los jardines de vidrio]. El invernáculo [...] alcanza un volumen interior de 9 000 metros cúbicos”.<sup>61</sup>

En la bibliografía sobre la historia de la arquitectura es difícil encontrar descripciones detalladas sobre las técnicas utilizadas en la construcción. Trevor Williams menciona, en su *Historia de la tecnología*, que hasta finales del siglo XIX se unen las piezas metálicas por medio de soldadura y remaches,<sup>62</sup> por lo que se puede suponer que en esta construcción se ha utilizado esta técnica.

61 Siegfried Giedion, *Espacio, tiempo y arquitectura*, p. 182.

62 Trevor Williams, *op. cit.* vol. 4, pp. 270-272. “A finales del siglo XIX se disponía de una amplia gama de materiales de construcción en forma de vigas (con diversos perfiles), planchas, varillas, tubos, etcétera. A partir de estas unidades básicas, adquiridas a los almacenistas, se podían fabricar una gran variedad de estructuras metálicas, desde vagones de ferrocarril hasta edificios con almacén de acero, puentes y barcos. § En 1900 gran parte de las obras de construcción se hacía con remaches. El remache se pasa por agujeros troquelados o taladrados en las partes a unir y el extremo sobresaliente se machaca con un martillo para impedir que se

**b) Palacio de Cristal (Crystal Palace),**

*Londres, 1851, destruido en 1936 por un incendio*

El Palacio de Cristal se considera piedra angular de la arquitectura moderna. Fue construido en 1851 con el propósito de albergar la primer Gran Exposición Universal en la ciudad de Londres, es el primer ejemplo en la historia de la arquitectura donde se usan materiales prefabricados de manera industrial a gran escala. Fue diseñado por Joseph Paxton (1801-1865), y ha sido admirado por su diseño y por la aplicación de un innovador sistema que permitió su construcción en menos de 6 meses.

Fue Henry Cole (1808-1882), apoyado por el príncipe Albert, quien ideó y organizó la Gran Exposición. Miembro de la Royal Society for the Encouragement of Arts, Manufactures and Commerce, Cole tiene la inquietud de elevar el nivel de las manufacturas e impulsa la realización de varias exposiciones a nivel nacional y, tras visitar la 11ª Exhibición quinquenal de París en 1849, piensa en una exposición abierta a la participación de todas las naciones donde se mostraran los avances tecnológicos de cada nación.

En 1850 Henry Cole es designado como organizador de la primera Exposición Universal, para la construcción del edificio principal convocan a un concurso al que presentan 245 proyectos originados en diversos puntos del planeta. Sin embargo, a juicio del comité examinador, ningún proyecto está a la altura del magno edificio que tenían en mente el príncipe Albert y Henry Cole por lo que a nueve meses de la fecha fijada para la apertura de

.....  
salga. Para un acabado más elegante, se puede dar forma redondeada al extremo del remache mediante un troquel especial, o bien se puede avellanar el agujero para que pueda cortar el extremo del remache a nivel de la superficie. Los remaches pequeños se pueden trabajar en frío, pero los de tamaño mayor se insertan al rojo vivo de forma que el metal sea más maleable. Una ventaja adicional del trabajo en caliente es que el remache se contrae al enfriarse, dando una junta extremadamente estanca [¿?]. La mayoría de los remaches eran de acero suave, pero también se empleaban otros metales, como el latón, el cobre y posteriormente el aluminio. § El remachado se realizaba a una escala tremenda. Por ejemplo, el puente Britannia [...] contenía más de dos millones de remaches. Cientos de puentes construidos uniendo vigas de alma llena con remaches están todavía en uso en el mundo entero. [...] El trabajo a esta escala era arduo, por lo que se introdujeron, en 1865 y 1871 respectivamente, el martillo de remachar neumático e hidráulico, aunque no fueron extensamente empleados hasta el siglo XX”.



16 Palacio de Cristal,  
Londres, 1851.

[Dickinson's *Comprehensive Pictures*  
of the Great Exhibition of 1851.

/Wikimedia Commons]

la gran exposición, parecía imposible la construcción de un edificio digno de representar el espíritu de innovación que debía albergar la primera manifestación internacional del mundo industrial. Es el momento en que Joseph Paxton entra en escena.

Joseph Paxton era de origen humilde, hijo de campesinos, pero a los 23 años trabajaba ya como jardinero en jefe del duque de Devonshire en Chatswoth. Parece que la inteligencia de Paxton llamó la atención de su patrón, porque lo nombra superintendente al poco tiempo. En ese cargo, Paxton tuvo que enfrentarse también a la responsabilidad de construir los invernaderos que requerían los parques a su cuidado, tarea que resuelve de manera original desde los primeros diseños donde incluye considerables innovaciones con respecto a lo que se acostumbra en la época, incluso utiliza algunos elementos prefabricados. Aunque no recibe educación formal, Paxton es pronto reconocido como un innovador constructor y en 1850 recibe el título de caballero por lograr el cultivo de una olacea de Sudamérica, por lo que no era un desconocido cuando decide realizar una propuesta para albergar la Exposición Universal, y —cuenta la historia—, a lo largo de “siete días y siete noches, imagina una clase de caja de construcción



17 La reina Victoria inaugura la Gran Exhibición Internacional en el Palacio de Cristal, Hyde Park, Londres, 1851. [Wikimedia Commons]

inmensa, con dos elementos de base: postes con empalmes en la parte inferior y un bastidor”.<sup>63</sup> Su diseño se basa en elementos estándar que podían ser desmontados al terminar la Exposición, para ser reubicados en algún otro lugar sin deterioro alguno. “El proyecto genera verdadero entusiasmo y el comité de la Exposición lo acepta sin reservas”,<sup>64</sup> gracias a lo cual se construye el primer gran ejemplo de prefabricación racional, que sorprendería a sus contemporáneos.

La primera impresión que asombra al espectador, en este maravilloso monumento, tan rápidamente construido, es su grandeza, su simplicidad y su elegancia. Todas las proporciones fueron cuidadas con un arte extremo y una precisión matemática. Una longitud normal de 24 pies ingleses fueron tomados por unidad en todas las piezas de fundición o hierro que han servido para su construcción. ¿Quieren elevarse? Se ponen dos longitudes de 24 pies para obtener una de 48; ¿se quieren elevar más aún? Se añade una tercera para llegar a 72. A lo largo o a lo ancho, en

63 Michel Ragon, *op. cit.*, t. I, p. 133.

64 *Ídem.*



18 Dibujo de Joseph Paxton de un corte transversal del Palacio de Cristal, marzo de 1855. [© Victoria and Albert Museum, London]

todos los sentidos, siempre múltiplos de 24. El resultado es un palacio construido con piezas de fundición de la misma longitud, unidas unas a otras por simples tornillos, y casi todas fundidas en el mismo modelo [...] o patrón.<sup>65</sup>

La aportación de Joseph Paxton a la arquitectura moderna se da en varias direcciones; es pionero en el uso de un método de simplificación y modulación, con el cual crea un patrón repetible casi al infinito, dependiendo de las necesidades o de la voluntad; la simplificación y modulación le permite, también la utilización de un sistema de piezas prefabricadas (perfiles y columnas metálicas y

65 Blanqui citado por Michel Ragon en *op. cit.*, t. I, p. 134.

placas de vidrio) con la cuales logra la construcción de un edificio de grandes dimensiones en muy poco tiempo para los estándares de la época, y que además, tiene la posibilidad de ser desmontado para ser instalado en otro sitio. Para Michel Ragon el Palacio de Cristal también abre la vía para una nueva arquitectura que pierde los límites con su entorno:

La demostración de Paxton fue en realidad una gran ocasión perdida y es solamente casi un siglo más tarde que el mundo de los arquitectos y de los industriales comenzará a comprender las innovaciones del jardinero del duque de Devonshire. Por simples sistemas modulares ensamblados, Paxton llegaba a una poesía nueva, creando un ambiente que era la antítesis perfecta de la superficie cerrada. En el Crystal Palace, los visitantes eran sorprendidos por el hecho de no poder estimar las distancias. El ojo se perdía en las perspectivas, sin el punto de referencia de los muros. Por primera vez, en la arquitectura, no había fronteras entre interior y exterior. Más que una gran casa, el Crystal Palace era una especie de sistema climatizador, precursor de los domos geodésicos de Buckminster Fuller.<sup>66</sup>

Ragon menciona una relación entre Joseph Paxton y Buckminster Fuller en torno a la creación de un sistema climatizador, pero también tienen en común estos dos personajes la búsqueda de la simplificación, lo que los lleva a crear sistemas de modulación que les permitirá diseñar modelos de arquitectura prefabricada de una gran sencillez, como veremos más adelante en el apartado de Buckminster Fuller.

En la página web de la empresa Novum structures<sup>67</sup> se menciona que Joseph Paxton creó un sistema de conectores para la unión de los elementos prefabricados, sin embargo en ninguna de las fuentes consultadas se ha encontrado más información al respecto. Es probable que hubiera sido necesaria la creación de dicha

66 Michel Ragon, *op. cit.*, t. I, p. 137.

67 <http://www.novumstructures.com/novum/> : "02 about / History / Timeline / 1851/ Introduction" [consultada en enero del 2015]

pieza para agilizar el montaje de la construcción y que, como dice Ragon, se haya desperdiciado este avance que, un siglo más tarde, marcaría la apertura de un nuevo camino en la arquitectura prefabricada. La estructura del Palacio de Cristal fue destruida por un incendio en 1936.

### c) *Les Halles*

*(Mercados centrales de París), 1854-1857 / 1860-1866*

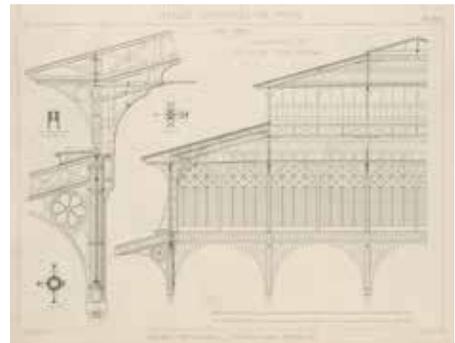
En la segunda mitad del siglo XIX, se realiza la renovación de la ciudad de París, y Georges-Eugène Haussman es designado por Napoleón III para llevar a cabo este ambicioso proyecto. La historia cuenta que Victor Baltard fue invitado por Haussman para realizar el plan del mercado central de la ciudad; este arquitecto realizó un primer proyecto en piedra e inició su construcción, pero fue demolido por quejas del público. Después de este fracaso, presionado por las órdenes directas de Napoleón III y Haussmann, Baltard realizó su segundo plan en hierro. El gran mercado central de París consistía en dos grupos de pabellones, puestos en comunicación mediante pasajes cubiertos.<sup>68</sup> Al estilo del Palacio de Cristal, se trataba de una estructura en hierro recubierta de placas de vidrio y madera. Para Michel Ragon “Baltard es el arquitecto de vanguardia a pesar de sí mismo; es el impostor que se ha salido con la suya. [...] En realidad, Baltard no comprende nada y se conforma, a su pesar, con copiar a Horeau<sup>69</sup> y a Paxton [...]”.<sup>70</sup>

La construcción del gran mercado por Baltard parece ser que fue una decisión de Haussman, más por la relación que tenía con él que por su capacidad profesional y su espíritu innovador; pero —como anota Ragon— a pesar de sí mismo logra realizar una de las primeras construcciones metálicas en París, que, además, tuvo gran influencia en el futuro de la arquitectura.

.....  
68 Siegfried Giedion, *op. cit.*, p. 235-238.

69 Hector Horeau, fue un arquitecto visionario que no logró construir casi ninguno de sus proyectos, pero de gran influencia para la arquitectura moderna.

70 Michel Ragon, *op. cit.*, pp. 190-191.



**19** Vista aérea de Les Halles, 1863 (arriba).

[Wikimedia Commons]

**20** Zona de frutas y verduras fotografiada por Eugène Atget, 1898 (arriba izquierda).

[gallica.bnf.fr]

**21** Plano con detalles de la estructura de las buhardillas (arriba derecha).

[Library of Congress]

**22** Fotografía que muestra un interior de Les Halles, ca. 1870 (abajo derecha).

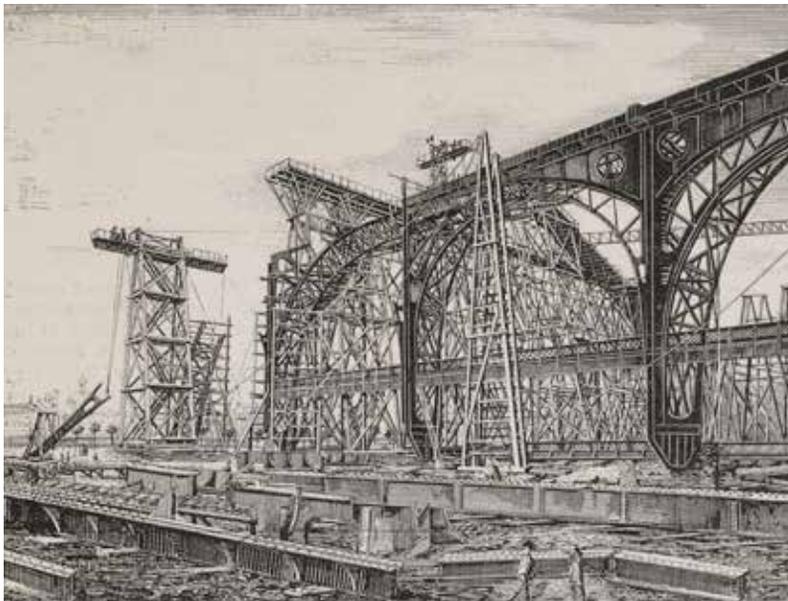
[Library of Congress]

<b>REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA PAÍS-NÚCLEOS</b>	<b>PARADIGMA TECNOECONÓMICO PRINCIPIOS DE “SENTIDO COMÚN” PARA LA INNOVACIÓN</b>
<p><b>Tercera:</b> Desde 1875 Era del acero, la electricidad y la ingeniería pesada EUA y Alemania sobrepasando a Inglaterra</p>	<p><b>Estructuras gigantescas (acero).</b> Economías de escala en planta / Integración vertical. Distribución de energía para la industria (electricidad). <b>La ciencia como fuerza productiva.</b> Redes e imperios mundiales (incluyendo cárteles). <b>Estandarización universal.</b> Contabilidad de costos para control y eficiencia. Grandes escalas para dominar el mercado mundial / Lo “pequeño” es exitoso si es local.</p>
1876	Alexander Graham Bell patenta su teléfono y con el objetivo de comercializarlo, funda la Bell Telephone Company. (Estados Unidos)
1877	<b>Gustave Eiffel construye el puente María Pía sobre le río Douro en Portugal, primer puente metálico de media luna.</b>
1878	La L.M. Ericsson Company (fundada en 1876), empieza a fabricar teléfonos según un diseño de Graham Bell, y poco después fabrican teléfonos de diseño propio. (Suecia)
1881	Georges Eastman, con Henry A. Strong, fundó la Eastman Dry Plate Company. (Estados Unidos)
1883	Inicia la reglamentación para proteger a los obreros de mutilaciones físicas, con la adaptación de carcasas en la maquinaria. (Austria)
1886	George Westinghouse presenta un nuevo tipo de transformador eléctrico que “no producía olor ni calor ni podía provocar incendios”. Con este transformador Westinghouse inaugura “la edad de oro de la electricidad” y funda su compañía Westinghouse Electric Company.
	Robert Bosch inició su empresa produciendo bujías Low-Voltage Magneto y un teléfono de mesa. En 1898 abrió una filial en Londres y en 1899 en París y Budapest, con el nombre de Compagnie des Magnétos Simas-Bosch. En 1902 Lucian Bernhard crea una poderosa identidad corporativa.
1889	<b>Exposición Universal de París. Construcción de la Torre de Gustave Eiffel y el Palacio de las Máquinas de Louis Ferdinand Dutert y Victor Contamin. (París, Francia)</b>

#### **d) Galería de las Máquinas,**

*Gran Exposición Universal de París, 1889.*

Las exposiciones universales fueron una buena ocasión para experimentar y romper marcas utilizando la arquitectura metálica en el diseño de sus pabellones. Este material parece ser ideal para las grandes construcciones que requieren montarse y desmontarse con rapidez. El carácter provisorio de las ferias es una oportunidad para experimentar nuevas técnicas de construcción. Sin embargo, después del Palacio de Cristal, la Exposición Universal que le siguió en 1855 en París, fue casi su réplica. Hasta el fin de siglo las exposiciones universales se suceden entre Londres y París y cada una tiene sus pequeñas innovaciones para la arquitectura, pero la más importante, que renueva los estándares y simboliza “la apoteosis de la arquitectura metálica con la torre Eiffel”,<sup>71</sup> es la Gran Exposición Universal de París en 1889. Otra de las construcciones que formó parte de esta exposición fue la Galería de las Máquinas, que parece fue opacada por la magnificencia de la Torre Eiffel, pero que no fue menor en ningún



**23** Galería de las máquinas en construcción, Gran Exposición Internacional de París, 1889.  
[Wikimedia Commons]

.....  
<sup>71</sup> Michel Ragon, *op. cit.*, t. I, p. 171.



24 Vista exterior e interior de la  
Galería de las Máquinas, 1889.  
[Wikimedia Commons]



sentido, “las dimensiones de la Galería superaban todo lo hasta entonces conocido”.<sup>72</sup>

La Galería de las Máquinas fue construida por el arquitecto Louis Dutert (1845-1906) y el ingeniero Contamin (1840-1893). Aunque de menor tamaño que el Palacio de Cristal (420 m de largo por 115 de ancho), supera la superficie que cubre sin puntos de apoyo intermedios (la altura de la bóveda era de 43 metros y cubría cuatro y media hectáreas de superficie), gracias a la utilización de arcos de hierro que no requerían de pilares intermedios. Este logro fue notable, ya que incluso se instalaron pasos mecanizados que permitían trasladar a los visitantes por un nivel intermedio, tipo mezzanine, y que brindaban una vista de pájaro a las grandes máquinas que se exhibían. Los entusiastas le llamaron Palacio de las Máquinas. La economía que implicaba jugó un papel decisivo en su construcción: el costo del metro cuadrado de este edificio gigante fue de 99,51 francos, contra quinientos a mil francos para las construcciones tradicionales en piedra de la época.<sup>73</sup>

#### **e) Torre Eiffel,**

*Gran Exposición Universal de París, 1889*

La Torre Eiffel, antes de ser símbolo de París, lo fue de su época. Materialización del superlativo. Del poder de la ciencia y la técnica. Del sueño de lo imposible hecho realidad. La utopía. Fue concebida con el propósito de superar un reto, ¿sería posible construir una torre de 300 metros de altura? En voz de Gustave Eiffel sería “la realización más completa de todos los progresos que ha hecho durante estos últimos años, la construcción metálica [...]”.<sup>74</sup>

Tras la caída del segundo Imperio con la derrota de Napoleón III por Prusia en 1870, se habla mucho en Francia de la torre de 300 m como de un desafío. La exposición de 1889 debe festejar también el primer centenario de la Revolución de 1789, lo que la presenta como una ocasión de recuperar algo del orgullo nacional.

.....  
<sup>72</sup> Siegfried Giedion, *op. cit.*, p. 276-277.

<sup>73</sup> Michel Ragon, *op. cit.*, t. I, p. 179.

<sup>74</sup> Gustave Eiffel, *op. cit.*, p..

Hasta esos días el Obelisco de Washington con 169 m de altura, era la construcción más alta.

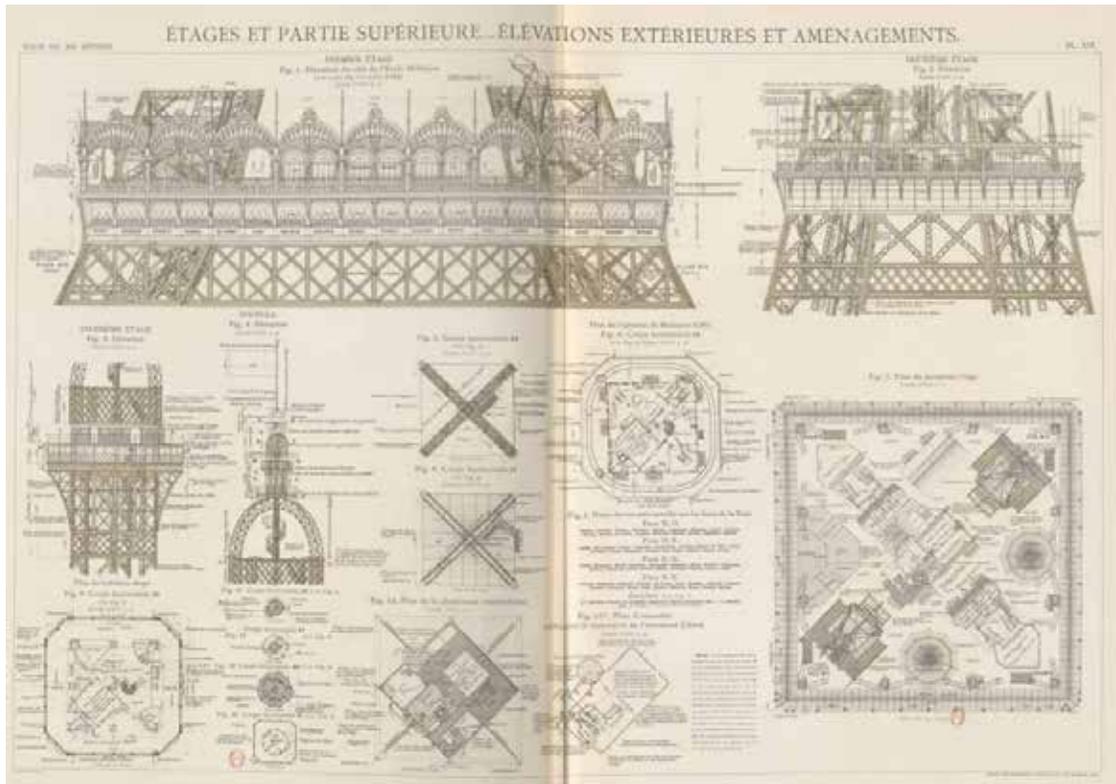
A principios de la década de 1880, Eiffel se ha colocado ya entre los 5 o 6 mejores constructores de Francia, gracias a la precisión matemática que maneja su empresa, su capacidad de invención en los procedimientos de montaje y por la organización rigurosa de la que hacía prueba.<sup>75</sup> Con este proyecto, la compañía de Eiffel presentaría toda una síntesis de sus trabajos.

Son sus colaboradores, Émile Nouguier y Maurice Koechlin, quienes elaboran el proyecto y convencen a Gustave Eiffel de participar en el concurso del monumento que celebraría el centenario

25 La Torre Eiffel a medio camino entre la primera y segunda plataforma.  
15 de mayo de 1888.  
[Wikimedia Commons]



.....  
75 Bertrand Lemoine, *La tour de Monsieur Eiffel*, p. 19.



de la Revolución. Su gran experiencia le permitirá materializar este ambicioso proyecto; “su genialidad no es haber inventado la Torre, es de haberla realizado y haberle puesto su nombre”.<sup>76</sup>

Su construcción se lleva a cabo en 24 meses.

Todas las piezas calculadas, trazadas, recortadas, perforadas a una decena de milímetro [...] llegan al sitio ya pre-ensambladas en elementos de aproximadamente cinco metros. Si presentan algún defecto son inmediatamente enviadas a los talleres, nunca corregidas en la obra.<sup>77</sup>

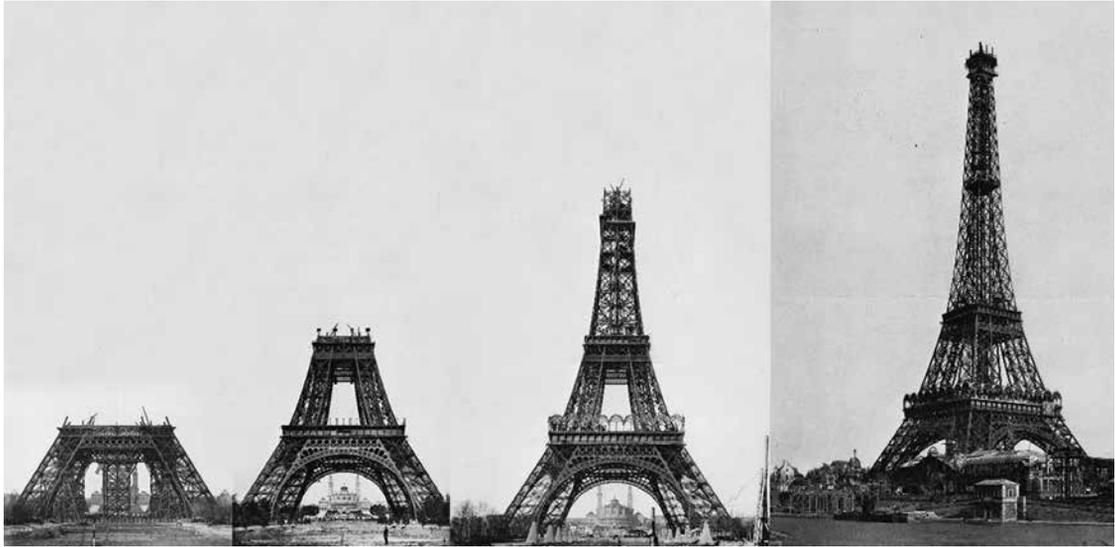
La gran Torre es construida como un modelo para armar a gran escala. Siguiendo el mismo principio que utiliza Eiffel para la

<sup>76</sup> Bertrand Lemoine, *op. cit.*, pp. 23-33.

<sup>77</sup> Bertrand Lemoine, *op. cit.*, p. 38.

**26** Plano XIX, de los niveles superiores de la Torre Eiffel con habilitación de espacios y decoraciones.

[gallica.bnf.fr]



27 Construcción de la Torre Eiffel como se vio el 7 de diciembre de 1887, el 21 de agosto y 26 de diciembre de 1888; y el 15 de marzo de 1889.

[Wikimedia Commons]

construcción de los puentes, la torre se eleva a partir de las cuatro esquinas donde se ubican los cimientos, los “pies”, de donde se va elevando la construcción en cada uno de los cuatro lados para encontrarse al centro, a la altura del primer nivel. En el lugar de la obra el trabajo consiste en la unión de las piezas, que han sido fabricadas en los talleres, por medio de remaches especiales. Eiffel y su equipo logran con una precisión inusitada, terminar la construcción de la Torre en el tiempo estimado y sin mayor contratiempo. Solamente le quedaría luchar contra los detractores de la Torre, que criticaba su estética “industrial”.

### 3. Arquitectura metálica en México

La arquitectura en hierro llega a México a finales del siglo XIX durante el porfiriato, momento en que impera una gran influencia francesa y una fuerte relación con ese país que es visto como modelo de modernidad. Gustave Eiffel, después de la construcción de la Gran Torre, afirma su fama mundial y su obra es vista también como símbolo del progreso industrial, por lo que muchas naciones que van tras ese modelo buscan tener alguna.

Gracias al uso del metal y a la prefabricación de piezas, los talleres de Eiffel pueden exportar puentes e inmuebles. A México llegarán algunas: un puente peatonal que se encuentra en Ecatepec, Estado de México, en 1870; el Palacio de Hierro de Orizaba, en 1894; y se le atribuye la iglesia de Santa Bárbara en Santa Rosalía, Baja California (1884 y 1887).<sup>78</sup>

Sin embargo el que puede ser el icono de la arquitectura metálica en México, no fue creado por Eiffel. Se trata del edificio que albergó en 1902 la Exposición de Arte e Industria Textil en Düsseldorf, Alemania y fue adquirido por el empresario mexicano José Landero y Coss para armarlo en la ciudad de México. Fue diseñado por Bruno Möhring al estilo Jugendstil (versión alemana del Art nouveau), originalmente destinado a ser el cuarto de máquinas de la metalúrgica Gutehoffnungshütte, en México fue durante los festejos del Primer Centenario de la Independencia el Pabellón Japonés, y más tarde el Museo Nacional de Historia Natural. Desde 1929 es propiedad de la Universidad Nacional Autónoma de México, y a partir de 1973 alberga al Museo del Chopo.<sup>79</sup>



28 El Museo del Chopo conocido a principios del siglo XX como El Palacio de Cristal, en referencia al Crystal Palace londinense.

[Wikimedia Commons]

78 Juan Romero y Manuel Gil, *El Boleo: Un Pueblo que se negó a morir*, p. 28.

79 Coordinación de Difusión Cultural de la UNAM, *Museo Universitario del Chopo 1973-1988*, p. 22.

randosse  
Aluminium

anneau de fixation  
vertical  
ø 18/8 - 8x10/12  
12 mm

joint horizontal  
d'étanchéité

joint horizontal  
duplex à insérer  
entre les supports  
pour renforcer le joint  
d'étanchéité (out)

Support de glace  
posé sur la  
randosse  
(réglable)

joint vertical



## VI. SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

### 1. Del Palacio de Cristal a los domos geodésicos

Al empezar el siglo XX la industrialización permea ya todos los campos, la búsqueda de economizar recursos lleva al desarrollo de sistemas de eficiencia en la producción. La arquitectura, a pesar de las dimensiones que puede implicar, no escapa a la industrialización; una forma de introducirla en este campo, como se ha visto es la prefabricación, se producen en la industria las piezas que posteriormente se unirán y formarán tanto las cubiertas como los interiores. La prefabricación en la arquitectura se ha abordado de muy distintas formas, aunque en general se recurra a la disección, el estudio de las partes, la modulación y la simplificación de los procesos, las soluciones que se logran son completamente diferentes.

En la historia de la arquitectura moderna existen proyectos que encontraron posibilidades avanzadas para su época —casas que por medio de piezas prefabricadas podían ser armadas en horas o en pocos días—, pero que por distintos factores no tuvieron éxito comercial en su momento.

El hombre, a lo largo del tiempo, ha utilizado diversos materiales para construir sus refugios; en un principio aquellos que le brindaba la naturaleza como piel, ramas, piedra; más adelante fueron los materiales que el hombre —ya sedentario— fue descubriendo o creando, como textiles, madera, metal y cemento. El inventario de materiales no ha cejado de ampliarse en lo que va del siglo XIX al XXI. Hoy en día, incluso podemos encontrar cubiertas en textiles plásticos que en vez usar estructuras rígidas se elevan con columnas inflables. En todos estos tipos de arquitectura la prefabricación y búsqueda por economizar han tenido un

**29** Boceto técnico de la Sede del Partido Comunista Francés, 1969-1971. Proyecto realizado. [©Centre Pompidou, MNAM-CCI, Dist. RMN-Grand Palais / Philippe Migeat]

papel fundamental. En la arquitectura moderna se inicia la búsqueda de *sistemas* que ayuden a simplificar la producción en serie de las piezas que conformarán el inmueble; que se puedan unir, armar o ensamblar en el lugar.

Los sistemas constructivos son el resultado del estudio de los elementos que conforman tal o cual tipo de construcción; por medio de la división se desarrollan una serie de piezas normalizadas que es posible producir industrialmente y que funcionarán como elementos modulares para construir algún tipo de inmueble. Existen numerosos sistemas constructivos, según el tipo de material con el que se trabaje y las dimensiones de las cubiertas.

En la arquitectura metálica, tema de este capítulo, se encuentra que hay una búsqueda permanente por crear sistemas constructivos que logren cubrir mayor superficie con menos puntos de apoyo y con menor uso de material. Más con menos. Otro factor que se añade con este tipo de arquitectura es la ligereza. En comparación con la arquitectura dominante en Europa como las masivas construcciones de los siglos XVII al XIX, es algo que contrasta y abre nuevos caminos.

El Palacio de Cristal —como se menciona en el capítulo anterior—, es el primer ejemplo de sistema constructivo, y piedra de toque en la arquitectura moderna. Esta construcción fue concebida con la idea de ser desmontada para reubicarse en otro lugar al terminar la feria, lo cual fue posible gracias al desarrollo de un sistema de piezas estandarizadas. Es la primera vez que un edificio de tales magnitudes se concibe bajo este principio, por lo que sienta el precedente para futuras exposiciones internacionales. Se puede trazar una clara línea entre el Palacio de Cristal y los sistemas constructivos de arquitectura ligera en metal.

El desarrollo de la arquitectura prefabricada a partir del segundo tercio del siglo XX es basta. La industrialización se afianza y se instala en todos los sectores. Gracias a la prefabricación Sears, Roebuck & Co. vendió por correo 70 mil kits de casas de madera entre 1908 y 1940. La idea de simplificar los sistemas de construcción logrando bajar costos, atrae a numerosos arquitectos, y no arquitectos también. Los personajes que destacan en la búsqueda

de nuevas formas de construir son muchos, sin embargo no son tantos los que intentan hallar la solución al problema de refugio y vivienda con un sistema de construcción prefabricado, conformado por piezas fáciles de instalar, ligero —tomando en cuenta el traslado—, y desmontables para brindar refugio temporal. Durante y al término de la Segunda Guerra Mundial se da el problema concreto de brindar abrigo, ya fuera para las tropas militares en permanente traslado, o para las personas sin casa a causa de algún bombardeo. Esto genera propuestas por pioneros de la construcción prefabricada y ligera que surgen en muchos países.

La necesidad de abrigo, sin embargo, es una realidad permanente por la cual se interesan algunos de los constructores en todos los tiempos. De las propuestas y soluciones de la época, se han seleccionado cinco casos ubicados a partir de los años 1930, que abren un camino hacia la simplificación buscando un sistema constructivo para la arquitectura en metal, que “marcan otros caminos del Modernismo”,<sup>80</sup> y que tienen una clara relación con los *Sistemas constructivos flexibles y abiertos para mobiliario armable en metal*, porque buscan el desarrollo de un sistema, de piezas modulares o porque se enfocan a diseñar una pieza de unión universal, elemento clave para un sistema desmontable y que trabaje con un mínimo de piezas.



30 Página del catálogo de 1916 para la venta por correo de Sears, Roebuck & Co., mostrando uno de los kits de Casa moderna.

[Wikimedia Commons]

80 “Buckminster Fuller, Max Mengerinhausen, Konrad Wachsmann and Fritz Haller [tres de los creadores de sistemas constructivos fundamentales para el tema de esta tesis] formed the core nuclei of these ‘other roots of the Modernism’”, Heinrich Klotz [*Vision der Modern – Das Prinzip Konstruktion*, 1986, p. 21] citado por Georg Vrachliotis en “Flusser’s Leap: Simulation and Technical Thought in Architecture” en *Simulation. Presentation Technique and Cognitive Method*, p. 69.

REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA PAÍS-NÚCLEOS	PARADIGMA TECNOECONÓMICO PRINCIPIOS DE “SENTIDO COMÚN” PARA LA INNOVACIÓN
1891	Gerard Philips fundó la compañía que llevaría su apellido, para fabricar bombillas incandescentes y otros productos eléctricos. (Países Bajos)
1892	Se funda la General Electric Company, con la fusión de la Edison General Electric Company (de Thomas Alva Edison) y la Thomson-Houston Electric Co. Desde 1895 implementan un laboratorio de investigación en ingeniería avanzada e instrumentación. (Estados Unidos)
1893	<b>Se funda en Chicago Sears, Roebuck &amp; Co. y se publica su primer catálogo de ventas por correo.</b> (Estados Unidos)
1898	Tras construir su primer automóvil en el taller de una pequeña finca, Luis Renault fundó la Société Renault Frères. (Francia)
1900	George Eastman lanza al mercado la cámara fotográfica Kodak Brownie. (Estados Unidos)
	Singer Manufacturing Company, lanza las primeras máquinas de coser eléctricas, producidas en serie. (Estados Unidos)
1901	<p>King Camp Gillette funda en Massachussets, la American Safety Razor Company. En 1903, fabrica por primera vez una “maquinilla de rasurar de seguridad” con cuchilla desechable, y la patenta en 1904. [En 1967 compra la Braun AG. En los años de 1980 y 1990 adquiere compañías como Oral-B, Waterman, Parker Pen, y Duracell, que la llevara, en el año 2000, a ser la segunda marca mundial con mayores beneficios, después de Coca-Cola].</p> <p>Frank Hornby patenta el diseño de un juguete de construcciones, que hiciera para sus hijos, como “Mechanics Made Easy” y junto con un tal Mr. Elliot inicia su producción y comercialización. (Inglaterra) En 1907 rebautiza la empresa como <b>Meccano</b>. [En los años setenta la compañía americana de productos empacados, General Mills adquiere Meccano. En 1979, la compañía entra en liquidación, y sólo permanece la filial francesa que ha formado Miró-Meccano, con la producción en Calais, Francia, único lugar donde se continúa produciendo este juguete. En el año 2000, la firma Meccano es transferida al grupo japonés Nikko.]</p>
1904	<b>El físico Alexander Graham Bell (mejor conocido por sus contribuciones al invento del teléfono) patenta el primer sistema de tetraedros prefabricados en acero que pueden ser ensamblados para construir estructuras metálicas.</b>

REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA PAÍS-NÚCLEOS	PARADIGMA TECNOECONÓMICO PRINCIPIOS DE “SENTIDO COMÚN” PARA LA INNOVACIÓN
<p><b>Cuarta:</b> Desde 1908 Era del petróleo, el automóvil y la producción en masa EUA (con Alemania rivalizando por el liderazgo mundial) Difusión hacia Europa</p>	<p><b>Producción en masa</b> / Mercados masivos. Economías de escala (volumen de producción y mercado) / Integración horizontal. <b>Estandarización de productos.</b> Uso intensivo de la energía (con base en el petróleo). Materiales sintéticos. Especialización funcional / Pirámides jerárquicas. Centralización / Centros metropolitanos-suburbanización. Poderes nacionales, acuerdos y confrontaciones mundiales.</p>
1907	<p>Fundación de la Deutscher Werkbund. Asociación creada para mejorar la calidad de los productos industriales, integrada por fabricantes, arquitectos, artistas, diseñadores y comerciantes. Entre sus integrantes se encontraron, Herman Muthesius, Peter Behrens y Henry Van de Velde. (Alemania). Asociaciones similares se fundarían posteriormente en Europa: 1910, en Austria; 1913, en Suiza; 1910/1917 en Suecia; y 1915, en Inglaterra.</p> <p><b>Peter Behrens es nombrado asesor artístico de la AEG</b> (Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft), donde introduce un nuevo concepto de producción industrial al diseñar con partes intercambiables, logrando multiplicar el número de productos ofrecidos al consumidor. Creador de la primera Imagen corporativa totalmente integrada de una empresa. (Alemania)</p>
1908	<p>Fundación oficial de la General Motors, sin embargo siete años ya había fabricado el primer coche en grandes cantidades. (Estados Unidos)</p> <p>Fundación de la Electric Suction Sweeper Company, que en 1910 cambia a Hoover Suction Sweeper Company, y en 1922 a The Hoover Company. Desde los años treinta hasta los cincuenta, Henry Dreyfuss diseñó varios modelos aerodinámicos para esta compañía. (Estados Unidos)</p>
1908	<p>El italiano Samuel David Camillo Olivetti funda en su pueblo natal, Ivrea, la primera fábrica de máquinas de escribir de Italia. En 1909, la Ing. C. Olivetti &amp; C. SpA presentó su primera máquina de escribir producida de forma industrial. A partir de 1933 generan una imagen verdaderamente moderna, con el apoyo de importantes diseñadores como Marcello Nizzoli, Giovanni Pintori, Ettore Sottsass y Mario Bellini, entre otros.</p>

REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA PAÍS-NÚCLEOS	PARADIGMA TECNOECONÓMICO PRINCIPIOS DE “SENTIDO COMÚN” PARA LA INNOVACIÓN
1910	<p>August Horch funda en Alemania la marca Audi. En 1932 se fortalece integrando la Auto Union AG de Chemnitz, creando el logo de los cuatro anillos. [En 1965, pasaron a ser una filial de Volkswagen].</p>
1912	<p>Corning Glass Works desarrolla el Pirex.</p>
1914	<p>Estalla la Primera Guerra Mundial</p>
1917	<p>Los tres ópticos más importantes de Japón se unen para formar la compañía Nipón Kogaku. En 1932 adoptan el nombre de marca Nikkor para sus objetivos de cámaras. A partir de 1946 comercializan sus cámaras de 35 mm bajo el nombre de Nikon. (Japón)</p> <p>Fundación del grupo De Stijl. Sus principales integrantes fueron Theo van Doesburg, Pieter C. Mondrian y Gerrit T. Rietveld. Defendían una “estética mecánica”, con elementos geométricos simples.</p>
1918	<p>Termina la Primera Guerra Mundial</p>
1919	<p>La Société des Engrenages Citroën (fundada en París por André-Gustave Citroën en 1913) comercializa el primer coche europeo fabricado en serie, el Type A. En 1934 esta firma es absorbida por Michelin, y en 1975 es adquirida por Peugeot.</p> <p>Se funda la compañía Takachiho Seisakusho, que en 1920 produjera el primer microscopio japonés y un año más tarde tomará la marca Olympus. (Japón)</p>
1919	<p><b>Fundación de la Escuela Oficial de la Bauhaus de Weimar</b>, con Walter Gropius como principal responsable. Entre sus profesores estaba representantes de la escuela cubista y abstracta, como Wassily Kandinsky, Paul Klee, Lyonel Feininger, Oskar Schlemmer, Johannes Itten, Georg Muche y László Moholy-Nagy. En esta fase, se fomentaban “paralelamente las habilidades manuales y artísticas de los estudiantes. [...] [pero] después de todo, el centro de atención de la Bauhaus también acabó siendo el artista autónomo. En esta fase se confeccionaron ejemplares únicos que representan los primeros intentos en busca de una estética específica del producto.”<sup>11</sup></p> <p>Se fusionan Elektromekanista y AB Lux, compañías suecas, para formar Electrolux. Tres años más tarde, inventan un refrigerador que convertía el calor en frío y que funcionaba con electricidad, queroseno o gas. En la década de los treinta, encargaron a Raymond Loewy la creación de varios productos aerodinámicos.</p>

REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA PAÍS-NÚCLEOS	PARADIGMA TECNOECONÓMICO PRINCIPIOS DE “SENTIDO COMÚN” PARA LA INNOVACIÓN
1920	Ekco Products Company empieza a fabricar en serie utensilios de cocina económicos de durabilidad limitada. Sólo a partir de 1950 cuentan con la colaboración de diseñadores. (Estados Unidos)
1921	<b>El ingeniero Max Braun funda en Frankfurt, Alemania, la empresa que lleva su nombre</b> , iniciando su producción con piezas de transmisión y aparatos científicos.
1925	<p>En 1914 Oskar Barnack perfecciona la primera cámara de 35 mm del mundo, pero como consecuencia de la Primera Guerra Mundial, se comercializa hasta 1925, como la Leica I. Leica (Alemania)</p> <p>Fundación de Bang &amp; Olufsen en Dinamarca. A partir de 1950, colabora con importantes diseñadores y arquitectos daneses. En 1980, ante problemas financieros arregla una alianza con Philips.</p> <p>Traslado de la <b>Bauhaus a Dessau</b>, con <b>Marcel Breuer como director</b>. Con el objetivo de “crear productos que poseyeran un alto grado de funcionalidad y que fueran asequibles económicamente para la mayor parte de la sociedad”.<sup>2</sup> Hannes Mayer, como director del departamento de arquitectura, fue responsable del giro hacia la búsqueda como directrices del trabajo, de “la tipificación, la normalización, la fabricación en serie y la producción en masa.”<sup>3</sup></p> <p>Se funda la Chrysler Corporation en Delaware, Estados Unidos, sucesora de Maxwell Motor Car Company, con Walter Chrysler como presidente.</p>
1926	<p>Tras la fusión de Benz &amp; Co. (fundada en 1883) y la Daimler-Motoren-Gesellschaft (fundada en 1890) se crea Daimler-Benz, mejor conocida por su marca de coches de lujo, Mercedes-Benz. (Alemania)</p> <p>En 1997 se fusiona con la compañía americana, Chrysler y se convierten en DaimlerChrysler.</p>
1927	<p>General Motors lanza al mercado el primer automóvil fabricado en serie con un diseño estilista, creado por Harley Earl. A partir de este modelo, GM creó cambios de estilo anuales para incrementar las ventas.</p> <p>Diez mil <b>Frankfurt Kitchens</b> (como fueron conocidas), diseñadas por Margarete Schütte-Lihotzky bajo la dirección de Ernst May, se instalaron en departamentos de dicha ciudad alemana.</p>

REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA PAÍS-NÚCLEOS	PARADIGMA TECNOECONÓMICO PRINCIPIOS DE “SENTIDO COMÚN” PARA LA INNOVACIÓN
1928	Hannes Meyer es nombrado director de la Bauhaus, quien le da un giro más social, donde predominan la arquitectura y el diseño. Artistas como Paul Klee y y László Moholy-Nagy, dejan la escuela.
1929	<b>Buckminster Fuller presenta su proyecto de la Dymaxion House.</b>
1932	<p>Ole Kira Christiansen crea una taller de fabricación de escaleras, tablas de planchar y juguetes de madera. Dos años más tarde lo bautizaría como <b>Legó</b>; contracción de las palabras danesas “leg godt”, “jugar bien”. (Dinamarca)</p> <p><b>Soluciones modulares para cocinas, por la marca belga Cubex.</b></p> <p><b>Tras el cierre de la Bauhaus, algunos de sus profesores emigraron a Estados Unidos</b>, donde se incorporan a distintas instituciones educativas, como son el caso de Moholy-Nagy, al Instituto de Diseño de Illinois, Josef Albers, en la Escuela Black Mountain, de Carolina del Norte y posteriormente en la Escuela de Arte de la Universidad de Yale, <b>Walter Gropius, fue director del departamento de Arquitectura de Harvard</b>, y Gyorgy Kepes se incorporó como docente al Massachussets Institute of Technology (MIT).</p>
1934	<p>Lanzamiento de los remolques Airstream construidos con formas aerodinámicas, en aluminio remachado. (Estados Unidos)</p> <p>Nissan Motor Company se funda, con el plan de producir en serie entre 10 000 y 15 000 coches anuales, de la segunda generación de vehículos Datsun. (Japón)</p>
1935	<p>IBM (International Business Machines, fundada en 1911), “presenta sus primeras máquinas de escribir eléctricas y, un año más tarde, suministró calculadoras para el Programa de Seguridad Social de Estados Unidos, considerado ‘la mayor operación financiera de la historia’. En los años sesenta desarrolló una poderosa identidad corporativa, coordinada por Eliot Fette Noyes, quien pidió a Paul Rand diseños gráficos, y a importantes arquitectos como Marcel Breuer, la construcción de sus edificios. (Estados Unidos)</p> <p>Fratelli Alessi Omega (FAO, fundada en 1921) productora de servicios de vajilla domésticos y de hostelería de latón chapado en níquel o plata, cambia sus métodos de producción artesanal por los industriales, y se vuelve líder en el mercado. En 1945, lanzan al mercado el servicios de café y té con marcada estética industrial, y como consecuencia de las restricciones impuestas por la Segunda Guerra Mundial, introducen el uso del acero inoxidable prensado. (Italia)</p>

REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA PAÍS-NÚCLEOS	PARADIGMA TECNOECONÓMICO PRINCIPIOS DE “SENTIDO COMÚN” PARA LA INNOVACIÓN
1935	<b>Jean Prouvé, en colaboración con los arquitectos Eugène Beaudouin y Marcel Lods, construye el Club de aviación Roland Garros, una de las primeras construcciones en metal, ligeras y desmontables.</b>
1938	<p>Earl Tupper, ex trabajador de DuPont, funda su empresa, en un principio trabajó para DuPont. En la posguerra, Tupper introdujo el diseño de productos de plástico de consumo doméstico, que regalaban como artículos promocionales. Cerca de 1948, inicia su sistema de ventas a través de distribuidores locales.</p> <p>Lanzamiento del Escarabajo de Volkswagen. (Alemania) En 1972 este modelo se convirtió en el automóvil de mayor fabricación del mundo. Actualmente el Grupo Volkswagen es propietario de Audi, Bugatti, Lamborghini, Seat y Skoda.</p>
1939	Estalla la Segunda Guerra Mundial
1943	<b>Ingvar Kamprad, con sólo 17 años de edad, funda IKEA.</b> (Suecia)
1945	<p>Termina la Segunda Guerra Mundial</p> <p>La revista <i>Life</i> publica en portada el sistema <b>Storagewall de George Nelson</b>, medio por el cual se da a conocer este sistema que comercializa la marca Herman Miller.</p>
1946	<p>El ingeniero Maseru Ibuka y el físico Akio Morita, fundan la Tokio Tsushin Kogyo Kabushiki Kaisha (Sociedad de Ingeniería de Telecomunicaciones de Tokio). En 1950 crearon la primera cinta magnética de Japón, la Soni-Tape, y comercializan la primera grabadora de bobina japonesa, la G-Type. En 1958, con intenciones de comercializar sus productos fuera de la isla, cambian su nombre por Sony Corporation. (Japón)</p> <p><b>Buckminster Fuller trabaja sobre la producción de la Wichita Dymaxion House.</b></p>
1947	<p>El Laboratorio de Instrumentos Ópticos de Precisión, se rebautiza como Canon Camera Company, después de obtener gran éxito con la producción de la cámara Canon SII. (Japón)</p> <p>Se crea una fundación para crear la <b>Escuela Superior de Diseño de Ulm</b> (Hochschule für Gestaltung). Colaboraron para este proyecto Inge y Otl Aicher, Max Hill y Walter Zeischegg.</p>

## 2. Sistemas constructivos de Jean Prouvé (1931-1949)

Jean Prouvé (Francia, 1901-1984) es mencionado por Helmut C. Schullitz en su monografía sobre la construcción en metal, como el primer maestro y pionero de la construcción ligera en este material. Incluso asevera que casi todos los arquitectos que han dedicado parte de su obra a los sistemas constructivos en metal están en deuda con el trabajo de este pionero.<sup>81</sup> Ni arquitecto ni ingeniero, Prouvé se consideraba a sí mismo como un “industrial de la construcción”.<sup>82</sup>

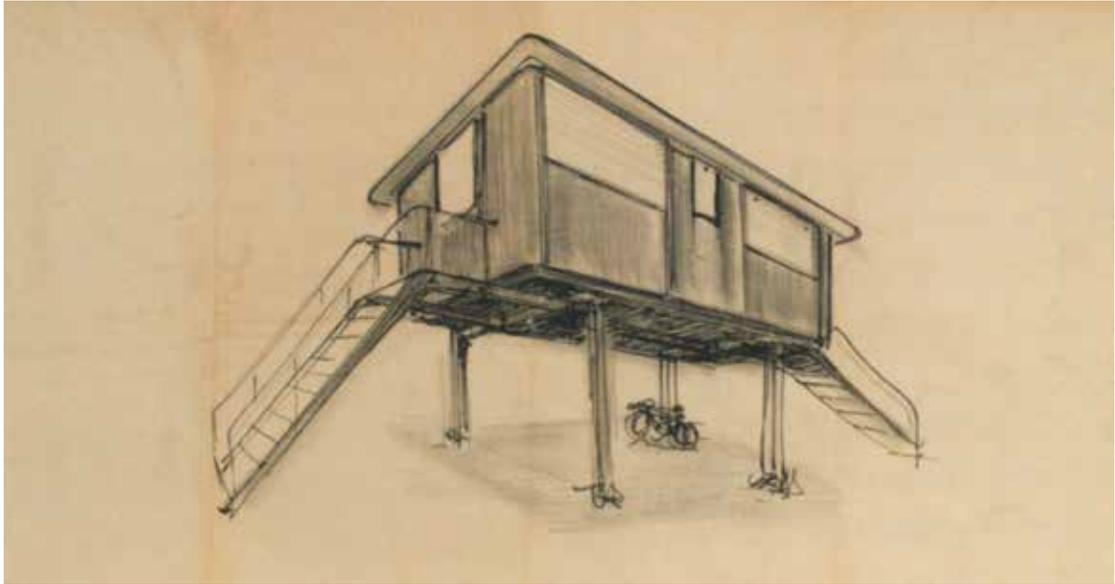
Creció en una familia relacionada con las artes aplicadas. Su abuelo, Émile Gallé, y su padre, Victor Prouvé, formaron parte de la Escuela de Nancy, punta de lanza del movimiento Art Nouveau en Francia. Prouvé mismo fue discípulo tardío de esta escuela. Debido a dificultades económicas familiares a consecuencia de la Primera Guerra Mundial se ve forzado a interrumpir sus estudios de ingeniero y entra de aprendiz de herrero en un taller en París.

Después de su periodo de aprendiz, en 1924, se instala en la ciudad de Nancy para dirigir su primer taller dedicado a trabajos de forja y herrería. Siete años más tarde funda los Los Talleres Jean Prouvé donde contempla dedicarse específicamente al estudio de los elementos metálicos industrializables para la construcción. Al principio se dedica al diseño de muebles y a desarrollar un proyecto de vivienda industrializable, ya que en su opinión “no hay diferencia entre la construcción de un mueble y de una casa”; trata de aplicar los mismos principios a la producción del mobiliario como a la arquitectura; desde los años 1930 produce en pequeñas series estructuras que se ensamblan y articulan por mecanismos audaces que permiten tanto a los muebles como a las construcciones de edificios ser modificadas, desmontadas y reubicarse con facilidad.

En 1931 registra una patente de un “sistema modular desmontable” con láminas de metal. La primera materialización a gran escala de sus proyectos para la construcción ligera en metal es

81 Helmut C. Schullitz, *Steel construction manual*, p. 68.

82 Michel Ragon, *op. cit.*, t. 2, p. 227.



el Club de Aviación Roland Garros, construido en 1935 en la ciudad francesa de Buc, en colaboración con los arquitectos Eugène Beaudouin y Marcel Lods. Se trata de un hangar desarrollado totalmente con láminas de acero, que es transportado en camión y montado en el lugar en dos semanas.

En este periodo Prouvé realiza varios proyectos inspirados en las casas de campaña, pensando en mejorar su diseño para lograr un lugar de abrigo temporal que fuera fácil de transportar, de instalar y que brindara mayor confort. Desarrolla un prototipo de casa de fin de semana en colaboración con los arquitectos Beaudouin y Lods, la *Maison de vacances et de Week-ends BLPS-B*,<sup>83</sup> que será armada en público en pocas horas [volumen: 30 m<sup>2</sup>, superficie construida: 11 m<sup>2</sup>, superficie habitable: 8 m<sup>2</sup>, tiempo de armado: 5 horas, tiempo de desmontar: 2 horas, peso: 1,420 kg]. Este proyecto no pasa del prototipo.<sup>84</sup>

Al inicio de la Segunda Guerra Mundial, Prouvé recibe una solicitud para diseñar barracas desmontables para dar refugio a

83 B y L, por Beaudouin y Lods arquitectos, P, por los Talleres Jean Prouvé, y S, por Forges de Strasbourg, constructores.

84 Olivier Cinqualbre, *Jean Prouvé. La Maison tropicale*, pp. 18-19.

31 Estudio para casa de vacaciones sobre pilotes, 1939.

[Tomado de Jean Prouvé.  
*La Maison tropicale*]



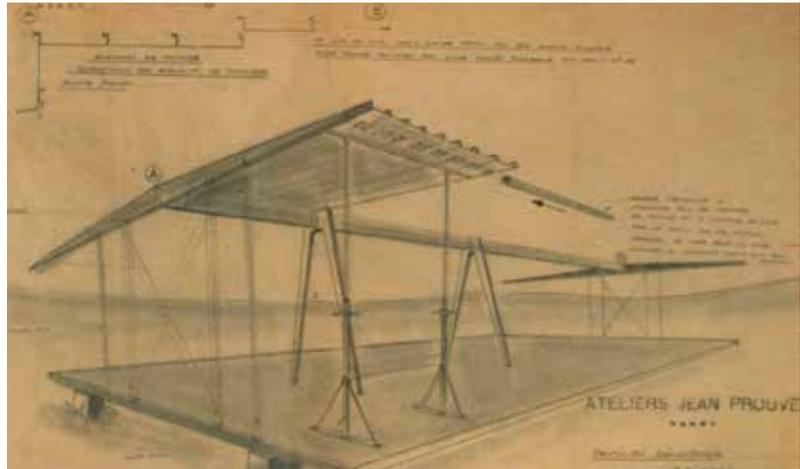
32 Escuela en Villejuif, 1956 (izquierda).

[patrickseguin.com]

33 Casa desmontable, posicionamiento de la estructura central, 1947-1952 (derecha).

[Tomado de Jean Prouvé.

*La Maison tropicale*]



los grupos militares en constante desplazamiento. En los talleres Prouvé se trabaja sobre dos tipos de soluciones: una con estructura exterior (muy similar a las casa de campaña tradicionales) y otra con estructura central al interior, que será adoptada con frecuencia en obras posteriores, ya que la simplicidad de la construcción y la utilización de elementos modulares permitieron su adaptación a diferentes tamaños: 4 x 4 m, 4 x 6 m, y 4 x 12 m.

Jean Prouvé va instaurando en su obra una práctica de la modularidad que permite la utilización de piezas estándar. Para cubrir las estructuras crea una serie de paneles que pueden ser de distintos materiales, como metal, madera, o vidrio. Esto gesta el concepto de *Casa estándar*. “La casa aparece a partir de entonces como la combinación de elementos preexistentes, el resultado de un proceso de construcción por el ensamblado”.<sup>85</sup>

Entre 1949 y 1951, Prouvé fue comisionado para producir dos prototipos de casa prefabricada destinadas a las colonias francesas del Este de África. Crea la *Maison tropicale* que puede ser considerada como su obra maestra. En 1951 fueron instaladas dos en el Congo, en un lugar llamado Brazzaville. Este proyecto conjugaba los requerimientos de una casa desmontable, ligera y transportable. Los prototipos fueron transportados en avión de carga

85 Olivier Cinqualbre, *op. cit.*, p. 28.

y armados en el lugar a la espera de pedidos que nunca llegaron. La Maison tropicale fue un símbolo de la producción de casas prefabricadas que no lograron acogida en el mercado, como muchos de los proyectos de casa prefabricada de este industrial de la construcción. Sin embargo en su búsqueda fue precursor de muchos de los modelos de prefabricación industrial que se usan posteriormente, como la creación de paneles para fachadas y ventanas que podrían ser producidos con distintos materiales, de acuerdo a los gustos o necesidades.

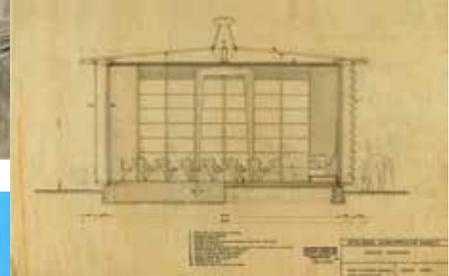


**34** Casa Tropical. Estudio de un prototipo en aluminio, 1948-1949 (izquierda).

**35** Plano con corte transversal, salón de clases, 1949 (abajo).

[Tomado de Jean Prouvé.

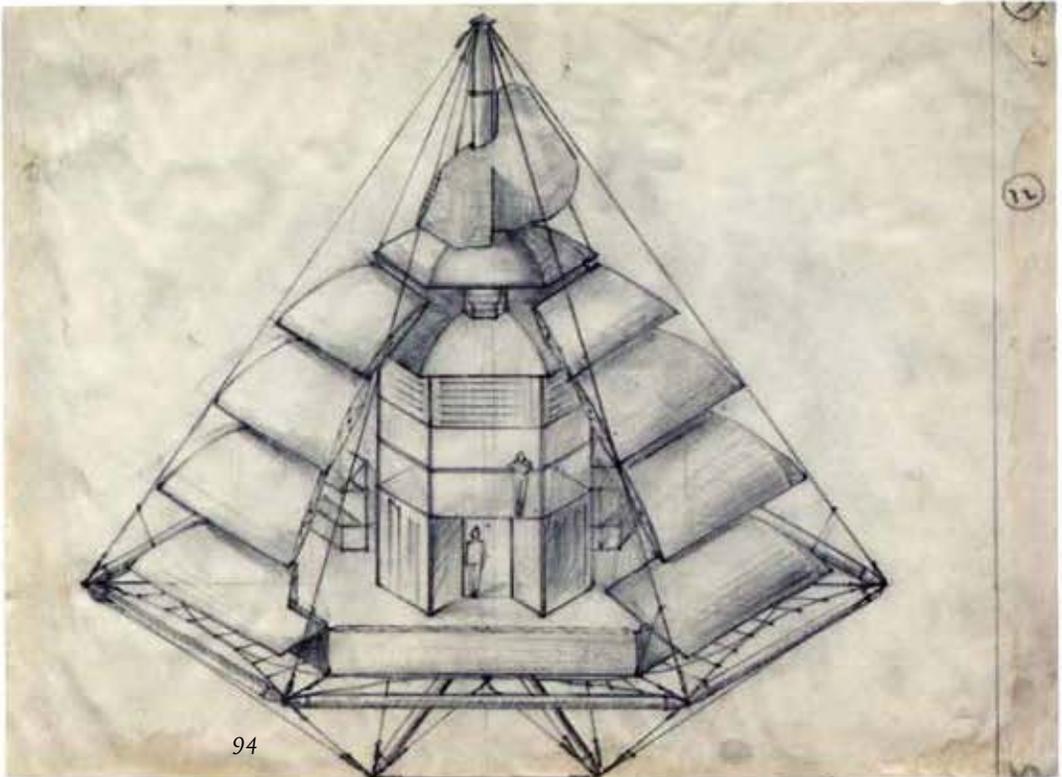
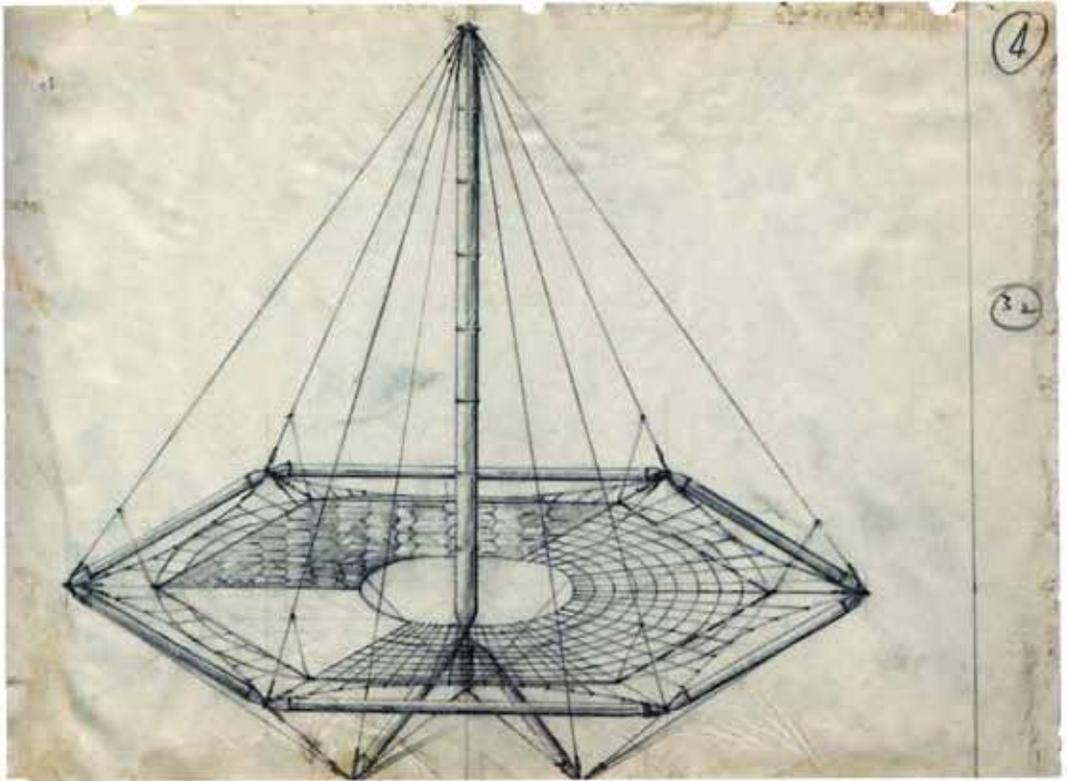
*La Maison tropicale*]



**36** La Maison Tropicale en proceso de construcción para su exhibición en la Tate Modern Gallery. Londres, 2008. El Centro Georges Pompidou ha instalado en su sede en París uno de los prototipos en exhibición permanente.

[[dezeen.com/2008/01/28/](http://dezeen.com/2008/01/28/)

[jean-prouves-maison-tropicale-in-london](http://jean-prouves-maison-tropicale-in-london)]



### 3. Richard Buckminster Fuller

La obra de Richard Buckminster Fuller (Massachusetts, 1895-1983) es muy amplia y diversa. Este visionario —con frecuencia tachado de utópico— cuestionó muchos de los supuestos que regían el modo de pensar y hacer de su época (y que aún hoy en día predominan). Para él la ciencia y el arte no tenían línea divisoria, su pensamiento fue una de las primeras formas de lo que ahora llamamos “transdisciplina” o “pensamiento complejo”<sup>86</sup> aplicados al diseño, con su “comprehensive design science”. Fue diseñador, arquitecto, filósofo, inventor y un prolífico escritor. El arquitecto Norman Foster opina que “Bucky era un verdadero maestro de la tecnología, en la línea de héroes como Eiffel y Paxton. Sus innovaciones —desde la Dymaxion House hasta el domo geodésico— aún lo sorprenden a uno con la audacia de su pensamiento”.<sup>87</sup> Entre otras cosas, se considera a “Bucky” como precursor de las ciencias del diseño y uno de los pioneros del diseño sustentable. Su basta obra y pensamiento son imprescindibles en la historia del diseño, sin embargo para los propósitos de este estudio nos detendremos solo en la línea de las construcciones fabricadas industrialmente, racionales y económicas:<sup>88</sup> de la Wichita House a los Domos geodésicos.

Un punto de partida de la obra y pensamiento de Buckminster Fuller se atribuye a su inquietud por encontrar orden en el universo, convencido de que la aproximación científica regida por la ortogonalidad cartesiana era imprecisa. “Su búsqueda por, como él lo expresa, ‘un sistemas de coordenadas propio de la naturaleza’ lo coloca en un viaje de toda la vida de exploración de las estructuras y procesos, uno de sus caminos lo lleva a su desarrollo de la red esférica de tres direcciones y la invención del domo geodésico”.<sup>89</sup>

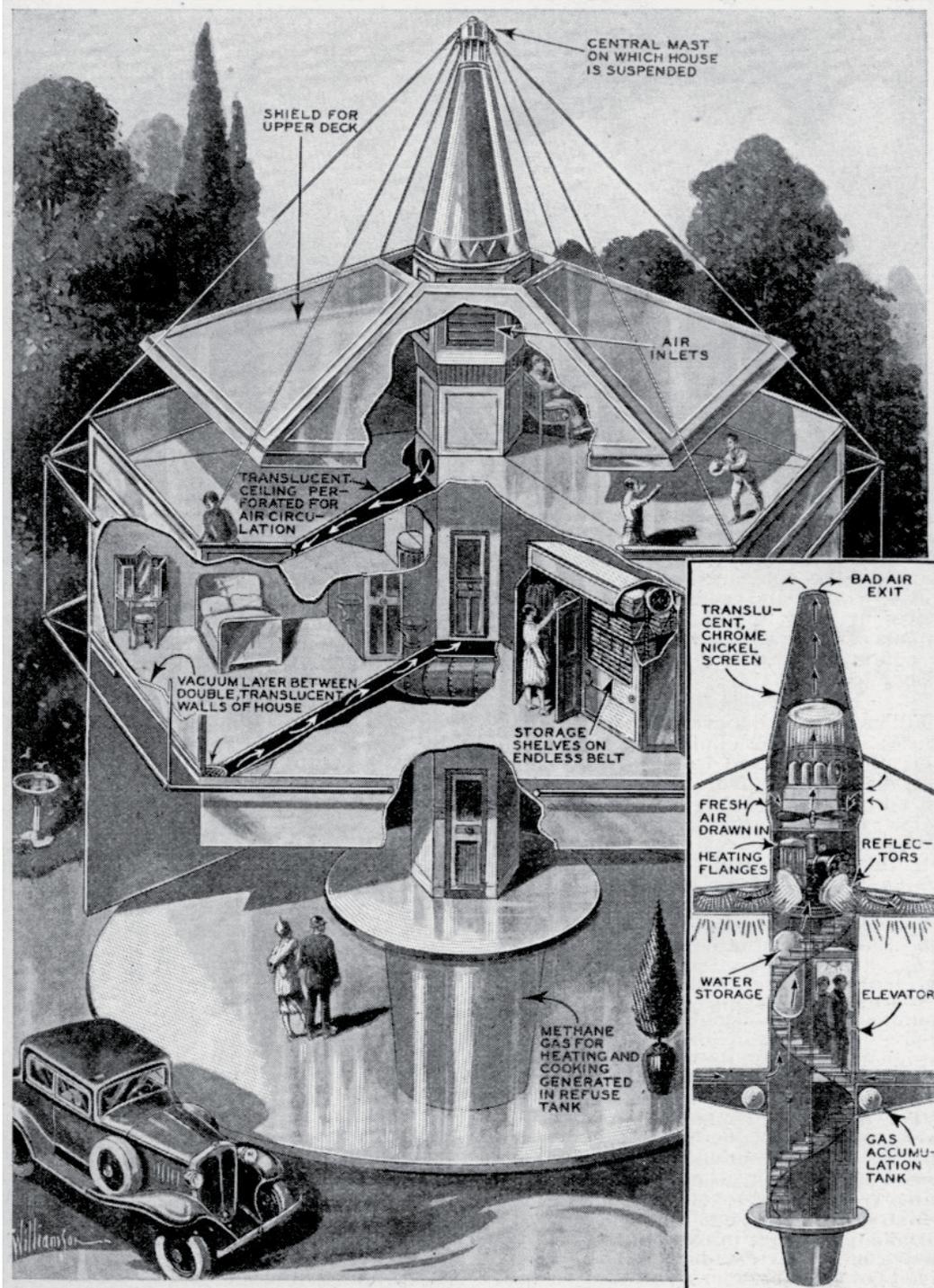
37 Dibujos de estudios estructurales asociados al proyecto Dymaxion 20-Worker Shelter, para una cooperativa rusa de granjeros, 1931-1932. [Tomado de *Your Private Sky...*]

.....  
86 Véase Edgar Morin y el Pensamiento Complejo.

87 Norman Foster en T. K. Zung, *Buckminster Fuller...*, p. 2.

88 A pesar de la importancia de Fuller no se encuentra su obra en castellano. Se recomiendan los libros sobre él en bibliografía.

89 Shoji Sadao, “A Brief History of the Geodesic Domes” en T. K. Zung, *op. cit.*, p. 19.



Convencido del error al buscar solucionar problemas de construcción con los métodos tradicionales, Fuller se embarca desde 1927 al encuentro de soluciones a partir de un análisis más racional de las fuerzas de la naturaleza, “Don’t fight forces, use them”, decía.<sup>90</sup> Desde este enfoque se plantea un riguroso —y podríamos añadir, ambicioso— esquema a seguir para el diseño de su “Scientific Dwelling Facility”; para Fuller el objetivo era encontrar un sistema a partir de un estudio científico, con el cual se pudieran construir viviendas y estructuras “envolventes del espacio” que utilizaran los recursos de la naturaleza de una manera racional, mínima, y que en su construcción no se luchara contra las fuerzas de la naturaleza, sino que se utilizaran; Fuller decía: “El diseño científico de la vivienda está relacionado más directamente con las estrellas, que con la Tierra. [...] es esencial acentuar el recurso real de energía y cambiar en contraste el énfasis que siempre se ha puesto en mantener al hombre ‘plantado en la Tierra’”.<sup>91</sup>

La Dymaxion House (1929), su primer proyecto puesto a la luz pública, una estructura suspendida de un mástil, era bastante radical y espectacular en apariencia, con muchas aplicaciones revolucionarias. “La estructura debía ser de aluminio; el mástil debía contener lentillas que concentraran el calor del Sol para dirigirlo donde fuese necesario; los elementos del baño debían de ser manufacturados y simplemente colocados y fijados en el lugar (prefabricados); la plataforma del piso estaría conformada por dos capas de cables pre-tensados, al interior, en sándwich, unos colchones neumáticos, con cubiertas sólidas al exterior”.<sup>92</sup>

*Dy(namic)max(imum)ion=Dymaxion*. Este término, contracción de *dinámico*, *máximo* y la partícula *ion* para añadir el concepto de *nuevo* resume gran parte de los preceptos de Buckminster Fuller, que utilizará como una especie de marca para todos

38 La 4D Dymaxion Home, en la revista *Modern Mekanix*, 1932. [design-voyager.tumblr.com]

90 [Shelter 5, 1932] en Lars Müller Publishers, *op. cit.*, pp. 402-403.

91 Joachim Krausse y Claude Lichtenstein, *op. cit.*, p. 6. “Scientific shelter design is linked to the stars far more directly than to the earth. [...] it is essential to accentuate the real source of energy and change in contrast to the emphasis that has always been placed on keeping man ‘down to earth’.”

92 Shoji Sadao, *op. cit.*, p. 20.

sus inventos: Dymaxion Car, Dymaxion Bathroom, Dymaxion Deployment Unit, Wichita Dymaxion House, Dymaxion World Map. *Dymaxion* representa una síntesis de su filosofía: utilizar las fuerzas de la naturaleza, no combatirlas; hacer uso de los materiales y de la energía al máximo: *más con menos*; cambiar los parámetros desde los cuales se piensa: romper la inercia en las líneas de pensamiento; pensar de una forma global para actuar localmente; diseñar para el bien de la humanidad: resolver problemas, de una forma dinámica.

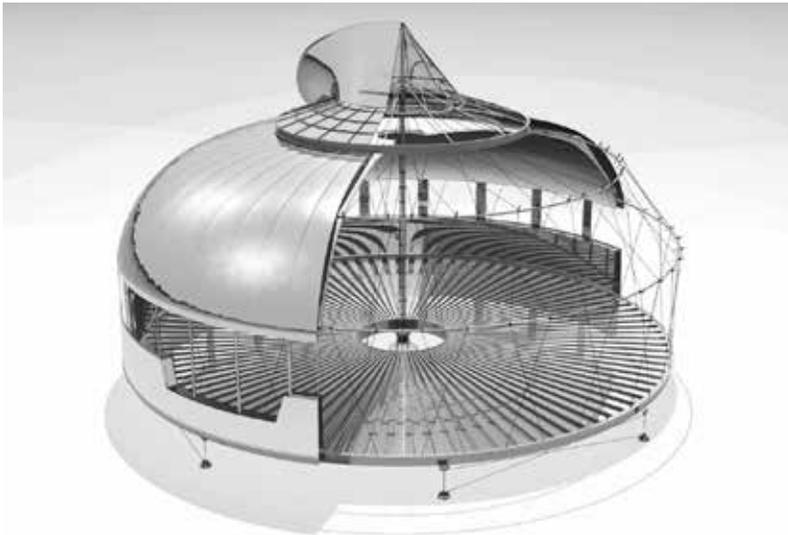
En 1940 Fuller fue requerido por el gobierno británico para construir refugios de emergencia ante la amenaza de bombardeos a las ciudades. Fuller les propone la Dymaxion Deployment Unit, una construcción de bajo costo producida en serie donde se aprovechan los recursos al máximo. Es una casa desarmable y ligera construida con acero galvanizado, diseñada para ser fácilmente instalada y desmontada, sin embargo al gobierno británico no le fue posible concretizar este proyecto ya que el metal era más necesario en las trincheras, y no fue posible destinarlo para estas construcciones.<sup>93</sup>

Al fin de la Segunda Guerra Mundial, Fuller reafirma su convicción por encontrar un sistema de vivienda económico y racional dando otro paso en sus invenciones con la Wichita Dymaxion House, también conocida como Wichita Dwelling Machine. Su concepción y prototipos se resuelven entre los años 1944 y 1946. Desde su primera propuesta, la tecnología de los materiales ha mejorado notablemente, por lo que, usando los mismo principios, toma otra forma su “máquina para vivir”. A pesar de que las ventas por medio del prototipo fueron muy positivas, este proyecto nunca llegó a la realidad porque Fuller insistió en la necesidad de perfeccionar el sistema para la fabricación masiva y sus accionistas no lo soportaron y claudicaron; el inicio de la guerra fría puso un rápido fin a este revolucionario invento.<sup>94</sup>

Fuller construye su primer domo geodésico entre los años 1947-1948 con la ayuda de estudiantes del Black Mountain College,

93 Joachim Krausse y Claude Lichtenstein, *op. cit.*, p. 212.

94 *Ídem*, p. 228.



**39** Dymaxion Deployment Unit, ca. 1930 (arriba).

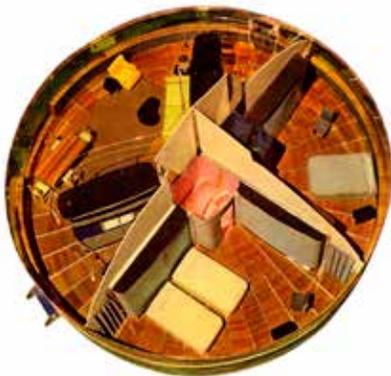
[Wikimedia Commons/foto: Daderot]

**40** Proyecto de la Wichita House, 1946 (izquierda).

[setri.sk/prvy-moderny-ekologicky-dom-na-svete-dymaxion-house-1929]

**41** Prototipo de la Wichita House que se encuentra en el Museo Henry Ford, Michigan, EUA (abajo).

[Tomado de *Your Private Sky...*]





42 Biosfera de Montreal, el pabellón de los Estados Unidos para la Exposición Mundial de 1967. [www.archdaily.mx]

donde impartía clases. Su concepción tiene raíces en el Dymaxion World Map, una deconstrucción de la interpretación de la superficie del globo terráqueo basada en la concepción cartesiana. Para la aplicación en el domo geodésico toma como elemento estructural el triángulo por su estabilidad independientemente del tamaño, y a partir de ahí utiliza con mayor frecuencia un patrón formado por icosaedros (poliedro de veinte caras), que tendría mucho mayor

resistencia como estructura que el cuadrado. “El domo geodésico del Ford Rotunda en 1953 fue la primera comisión a gran escala para Fuller y compañía, con un diámetro de 28 metros, ocho y media toneladas de aluminio para la estructura. Estructuralmente fue una impresionante demostración de construcción ligera”.<sup>95</sup>

Con toda una vida de exploración y búsqueda, con los domos geodésicos, Fuller encuentra una construcción que recalca en lo mínimo: las piezas para su construcción son sorprendentemente pocas, su peso, también es poco, y se construye en tiempos récord. Thomas Zung, en su recopilación de textos sobre Buckminster Fuller, relata:

En 1956 el Departamento de Comercio de los Estados Unidos, le encargó a R. B. Fuller un domo geodésico para utilizarlo como pabellón para la Feria Internacional de Kabul, Afganistán. La estructura de este domo geodésico era de 304 metros de diámetro y tenía una altura de 106.6 m al centro. Proveía un área libre de aproximadamente 744 m<sup>2</sup>. La estructura del domo se armaba con 480 tubos de aluminio de 7.62 cm de diámetro. La estructura pesaba 4,176 kg, y la cubierta de nylon, 590 kg. Todo esto fue

.....  
95 Thomas Zung, *op. cit.*, p. 28.



43 R. Buckminster Fuller  
frente al domo del pabellón de  
Estados Unidos en la American  
Exchange Exhibit, Moscú, 1959.  
[global.britannica.com]

transportado en un aeroplano DC4. El domo viajó en compañía de un sólo ingeniero, y en Afganistán, los ayudantes sólo tuvieron que unir las piezas pintadas de rojo entre sí, y lo mismo para las piezas azules, de tal manera que el domo estuvo levantado en 48 horas.<sup>96</sup>

Probablemente el domo geodésico más conocido es el que Fuller construyera para el pabellón de Estados Unidos en Montreal, Canadá, en la Expo '67. Esta estructura de 76 metros de diámetro, sin mayores puntos de apoyo al interior, marcó otro hito en la historia de la arquitectura, como lo hicieron Joseph Paxton un poco más cien años atrás, y Gustave Eiffel, en 1889.

.....  
96 *Ídem*, p. 35.

#### 4. Konrad Wachsmann

La General Panel Corporation fue fundada en 1941 en Estados Unidos por los emigrantes alemanes Konrad Wachsmann (1901-1980) y Walter Gropius (1883-1969). Ambos desarrollaron un sistema de casas prefabricadas en madera que bautizaron “The Package House System” (PHS). La idea básica de este sistema era construir varios tipos de viviendas con componentes estándar fáciles de ensamblar que aceptaran más módulos para crecer de acuerdo a las necesidades de una familia al paso de los años. Una de las preocupaciones recurrentes en Walter Gropius para el diseño de viviendas era la facilidad de transporte y adaptación a diferentes localizaciones o climas; lograr por medio de la modularidad, la adaptabilidad o la capacidad de generar muchos tipos de viviendas y variaciones según la combinación de componentes estandarizados; lograr además versatilidad con la posibilidad de crecer o ampliar la vivienda añadiendo habitaciones de forma

horizontal o vertical. Wachsmann desarrolló el mecanismo de ensamble básico para brindar estas posibilidades.

Una de las características constructivas más significativas del sistema con el cual estaba formado “The Package House”, era que sus elementos estandarizados podían ensamblarse en más de dos direcciones. Los mismos paneles podían unirse vertical y horizontalmente para formar paredes, suelos y techos. Esto era posible gracias a un sistema de conexión que permitía uniones en cuatro ejes.

Konrad Wachsmann, continuó el desarrollo de este sistema y tras hacer experimentos en Long Island, Nueva York, inició su producción a gran escala en California; sin embargo, este producto no tuvo gran aceptación a nivel comercial porque se

44 The Packaged House System (1941-1952) Konrad Wachsmann, Walter Gropius y Michael Tower.

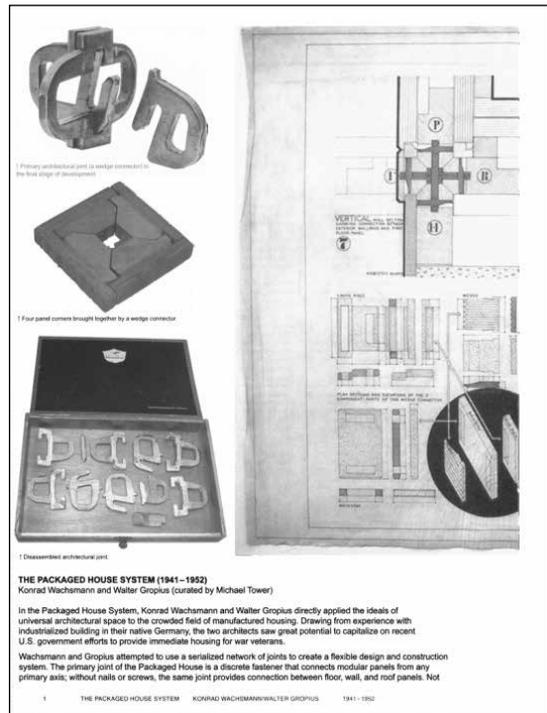
[*Perspecta*, vol. 34, (2003), publicada por *The MIT Press* on behalf of *Perspecta*].



enfrentó una contradicción: el sistema de diseño era flexible pero el sistema de fabricación no, ya que estaba compuesto por una serie de piezas hechas exclusivamente para estos módulos, que podían elaborarse sólo en una fábrica; era imposible utilizar componentes estándar que existían en el mercado como puertas y ventanas, ya que sus unidades no eran compatibles.<sup>97</sup>

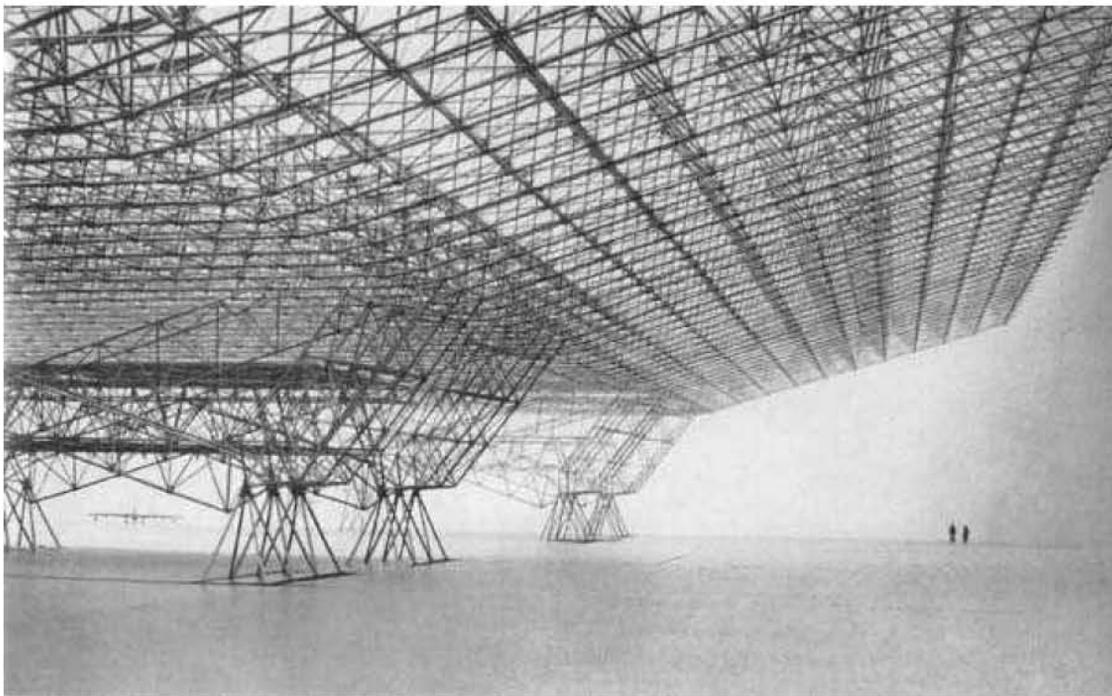
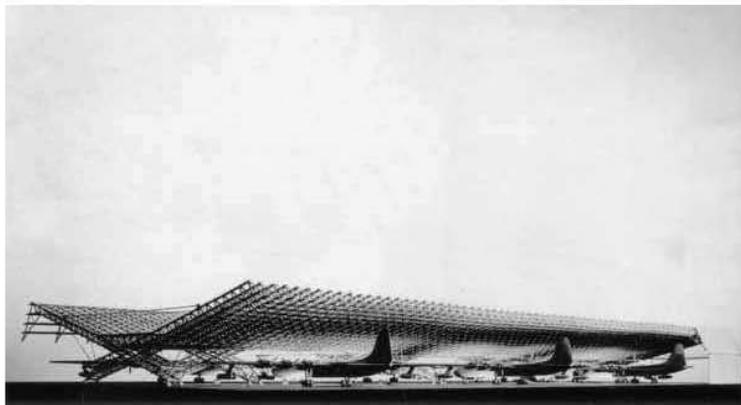
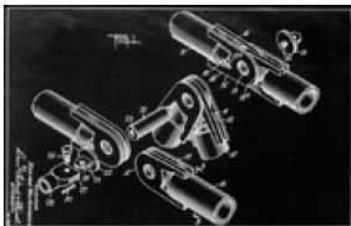
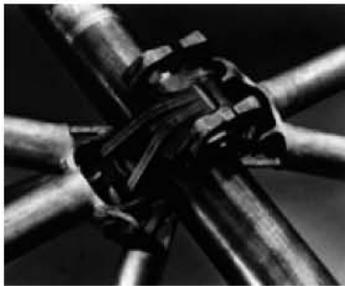
En 1951 Wachsmann recibió una solicitud de las Fuerzas Aéreas estadounidenses para diseñar un hangar aéreo con la premisa de no desperdiciar material y que fuera posible desmontarlo para su reubicación y se requería especialmente que fuera una gran cubierta sin puntos de apoyo al interior. El hangar aéreo resultó un espacio cubierto por un sistema de tetraedros que usaba un conector relativamente complicado, que podía unir veinte elementos tubulares. En su libro *The Turning Point of Building: Structure and Design* (1959), Wachsmann expone la idea crucial de su trabajo: el diseño de un **nodo** con piezas estandarizadas para formar construcciones de mayor tamaño. Este concepto es básico en el desarrollo de un sistema mínimo de piezas estándar para la construcción, una pieza de unión universal que permite uniones en varias direcciones gracias a lo cual se puede crecer casi sin límites.<sup>98</sup>

Es importante conocer la relación entre Konrad Wachsmann y el arquitecto suizo Fritz Haller (Solothurn, 1924-2012). Konrad Wachsmann es pionero en el desarrollo de un Sistema de arquitectura prefabricada con la creación de un nodo. Ese nodo es la



97 <http://proyectos4etsa.wordpress.com/2011/12/26/the-packaged-house-system-konrad-wachsmann-y-walter-gropius-general-panel-corporation-new-york-1942/>

98 Agradezco a Steeve Sabatto haberme compartido la interesante investigación sobre la obra de Konrad Wachsmann que realizó para la École des Hautes Etudes en Sciences Sociales. [www.academia.edu]



base del sistema y gracias a él logra que sea abierto, flexible y simplificado.

Fritz Haller es un arquitecto que continúa esa línea de investigaciones y desarrolla su propio sistema arquitectónico que aplica también al mobiliario armable en metal. Fritz Haller estudia arquitectura y establece un estudio con su padre Bruno (también arquitecto), y durante dos décadas realizan numerosos proyectos en Suiza, formando la “escuela de Solothurn”, importante movimiento modernista en ese país. Entre 1961 y 1965 diseña los hangares industriales para una fábrica de herrajes con la marca USM, para ese complejo diseña un sistema constructivo que utilizó para otras construcciones industriales y posteriormente adaptó para mobiliario, que es uno de los dos casos de *Sistemas constructivos flexibles y abiertos para mobiliario armable en metal* que se tratarán más adelante.

Haller viaja a Estados Unidos en 1968 como profesor invitado al Institute for Building Research que Konrad Wachsmann dirige en la Universidad de Sud California en Los Ángeles. Es decir, que durante nueve años colaboró con Wachsmann, con quien compartía el interés por el desarrollo de un conector universal. En 1977 regresa como profesor del Institute for Industrial Production en la Universidad de Karlsruhe.<sup>99</sup> Fritz Haller fue “uno de los más radicales representantes de la arquitectura concebida como sistema (constructivo)”.<sup>100</sup>

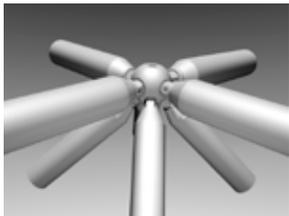
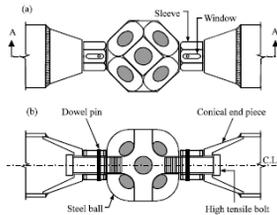
99 A propósito de una exposición sobre la obra de este arquitecto que tiene lugar en el Swiss Architecture Museum Basel de mayo a agosto de 2014. <https://www.smow.com/blog/2014/05/fritz-haller-architect-and-researcher-at-the-swiss-architecture-museum-basel/> [consultado en 10/02/2015].

100 Laurent Stalder (Prof. Dr.) y Georg Vrachliotis (Prof. Dr.), *Fritz Haller. A history of architecture of the abstraction*, Proyecto de investigación en el Institute for the History and Theory of Architecture, gta, ETH Zurich, gta Archives. [<http://www.archiv.gta.arch.ethz.ch/researchprojects/fritz-haller-as-a-researcher>].

45 Imágenes del desarrollo de un nodo universal de Wachsmann (arriba).

46 Hangar para la fuerza aérea americana, 1950-1953 (centro y abajo).

[<http://www.axxio.net/waxman/>]



## 5. MERO System

Otro sistema constructivo en metal que tiene como pieza clave un conector universal, es el Mero System. Su creador es el doctor en ingeniería Max Mengerlinghausen Rohrbauweise (1903-1988), quien al final de la década de los años 30 del siglo pasado desarrolla un innovador sistema constructivo basado en la idea ofrecer soluciones económicas y de alta calidad para construcciones individuales, conformado por dos elementos: nodo y tubos. En 1949 fundó la compañía Mero System en Berlín (**M**engerlinghausen **R**ohrbauweise).<sup>101</sup> Mengerlinghausen llega a este sistema con la filosofía de transferir leyes naturales a la construcción tecnológica.

A lo largo de los años el Sistema MERO demuestra amplias posibilidades y se usa en distintas aplicaciones. En los años setenta inician la construcción de estructuras con el uso temprano de la computación. En esos años también se abre una división para sistemas de exhibición en ferias comerciales, con un sistema compuesto de piezas distintas, pero con el mismo principio de nodos de unión.

.....  
<sup>101</sup> Company profile. MERO GmbH & Co. KG, PDF en la página [www.mero.de](http://www.mero.de) [nov. 2005]



**47** Nodo de del Sistema MERO (columna izquierda).

**48** Exterior y un detalle del interior de Centro Comercial en Singapur, 2009 (izquierda y derecha arriba).

**49** El Eden Project fue construido en Cornwall, GB, en el año 2000, como lugar de estudio de atmósfera artificial y para su exhibición. Los domos varían entre 38 y 125 m de diámetro (abajo).

[mero-structures.co]

En 1988 construyen el Globe Arena de Estocolmo que es laureado con el Premio Europeo al diseño en acero; en su momento la estructura geodésica más grande del mundo con 85 metros de altura y 110 metros de ancho. En el año 2000 construyen el invernadero más grande del mundo con un conjunto de domos que abarcan una superficie de 30 mil metros, y en 2008 merecen el Red Dot Award para el sistema de exhibiciones.



Una de las particularidades de la versatilidad de este sistema es que se pueden realizar construcciones que tienen formas más “orgánicas”, gracias al conector universal que permite obtener uniones casi en cualquier dirección (acepta conectar 18 tubos en distintas inclinaciones).



## 6. Diseño sistema

50 A la izquierda, Max Bill exalumno de la Bauhaus, y primer director de la Hochschule für Gestaltung d'Ulm.

[*Le Design... op. cit.*]

51 A la derecha, Buckminster Fuller con modelos de "Transegrity" en la Universidad de Suothern Illinois, 1958.

[*Your Private Sky... op. cit.*]

En la imagen que se muestra arriba a la izquierda, aparece Max Bill (1908-1994), quien fuera alumno de la Bauhaus y primer director de la Hochschule für Gestaltung d'Ulm. La Escuela de Ulm fue la institución alemana de diseño más importante de la posguerra. Es inaugurada en 1955, con un cuerpo de profesores del más alto nivel internacional, compuesto entre otros por el pintor argentino Tomás Maldonado (1922- ) y el arquitecto holandés Hans Gugelot (1920-1965). Hans Gugelot juega un importante papel al vincular la escuela con la sociedad Braun, y defender un concepto de enseñanza para la producción, que se opone y rompe con las ideas más próximas a la artesanía de la Bauhaus. "Los jóvenes colaboradores de Max Bill preconizan una orientación hacia las ciencias y las tecnologías modernas de la producción en serie, y se oponen radicalmente a las teorías de la Bauhaus cercanas al

artesanado representadas por el mismo Max Bill, quien decide dejar Ulm en 1957”.<sup>102</sup> En el siguiente periodo de la escuela, dirigido por Maldonado a partir de 1958, intentan establecer una relación más estrecha entre el diseño, la ciencia y la tecnología. En ese contexto, otro concepto fundamental que nace en la Escuela de Ulm, formulado y aplicado por Hans Gugelot, es el de “diseño sistema”. Bürdek expone que la Escuela de Ulm “se situaba así claramente en la tradición del racionalismo alemán, empleando sobre todo métodos matemáticos para poder así demostrar su carácter científico”<sup>103</sup> y añade que “los sistemas modulares adquirieron un gran protagonismo a la hora de proyectar”.<sup>104</sup> Bürdek, nos da otro dato importante: la mayoría de los arquitectos de la Escuela de Ulm, se fueron a Suiza.<sup>105</sup>

Los sistemas modulares flexibles para mobiliario son ejemplo y materialización de esta concepción del diseño. A pesar de no haber surgido directamente de diseñadores de la Escuela de Ulm, se puede pensar que Fritz Haller tuvo influencia, si no directamente de esta escuela, sí de la forma de pensar que predicaba; que era también una respuesta a las necesidades de la Alemania de la Posguerra.

La segunda mitad del siglo XX se ve permeada por el ideal del progreso, hay una gran esperanza por lo que la ciencia y la tecnología pueden hacer por el hombre. Richard Buckminster Fuller es fiel representante de este periodo, proponiéndose a sí mismo como conejillo de indias, para ver lo que un hombre puede hacer por cambiar el mundo y contribuir a mejorar la sociedad; y con “su ambición de crear una ‘ciencia del diseño’ que aportara las mejores soluciones con el mínimo gasto de energía y material. [...] de sacar lo máximo de lo mínimo”.<sup>106</sup>

En el intento de hacer del diseño una ciencia, y en la línea racionalista alemana —como expresa Bürdek—, la Escuela de

.....  
102 Anne Bony, *Le Design. Histoire, principaux courants, grandes figures*, Larousse, París, 2006, pp. 237, p. 106.

103 Bernhard E. Bürdek, *op. cit.*, p. 41.

104 *Ibidem.*

105 *Ídem*, p. 47.

106 Charlotte y Peter Fiell, *op. cit.*, p. 234.

Ulm se apoyó en la aplicación de las disciplinas matemáticas al diseño, en su programa de estudios se contempló el estudio de:

- la combinatoria (para los sistemas modulares y los problemas de combinación de medidas);
- la teoría de conjuntos (en forma de una teoría de simetría para la construcción de redes y rejas);
- la teoría de curvas (para el tratamiento matemático de transiciones y de transformaciones);
- la geometría de poliedros (para la construcción de cuerpos);
- la topología (para problemas de orden, continuidad y vecindad)<sup>107</sup>

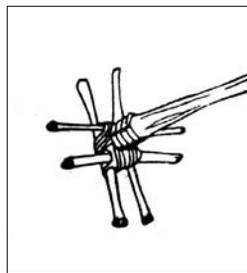
La búsqueda de Sistemas mínimos, sin duda tiene que ver con este enfoque racional y matemático del diseño.

.....  
<sup>107</sup> Bernhard E. Bürdek, *op. cit.*, pp. 43-44.



REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA PAÍS-NÚCLEOS	PARADIGMA TECNOECONÓMICO PRINCIPIOS DE “SENTIDO COMÚN” PARA LA INNOVACIÓN
1947	<p>Desarrollo de “The Package House System” (PHS), por Konrad Wachsmann y Walter Gropius.</p> <p>Buckminster Fuller construye su primer domo geodésico con estudiantes del Black Mountain College.</p>
1948	<p>Jean Prouvé diseña el prototipo de la casa prefabricada, la Maison Tropicale.</p> <p>Se funda en Berlín la compañía MERO System, para comercializar el sistema de construcción creado por Max Mengeringhausen, que utiliza por primera vez un nodo universal.</p> <p>En Marsella, Francia se construye la Cité Radieuse, por Le Corbusier, para su amueblamiento se diseñan muebles especiales por Charlotte Perriand y Jean Prouvé, además de cocinas modulares.</p> <p>Lego lanza al mercado sus Automatic Binding Bricks, después de destacarse como pioneros en Dinamarca en la investigación y desarrollo de producción en moldeado de inyección de plástico. El sistema de acoplamiento de ladrillos se inventó y patentó en 1958.</p>
1951	<p>Max Braun muere y la empresa que fundara en 1932, queda a cargo de sus hijos, quienes inician un programa de diseño radical, racional y sistemático, invitando a colaborar a varios diseñadores de la Escuela de Ulm. (Alemania)</p> <p>Konrad Wachsmann diseña el Hangar para las Fuerzas Aéreas Americanas con un sistema de construcción de retículas con un nodo universal.</p>
1952	<p>La compañía Airstream resurge después de la Guerra y se convierte en el “símbolo del sueño americano; [...] estas futuristas balas plateadas alentaban el espíritu de libertad y aventura.”<sup>5</sup> (Estados Unidos)</p> <p>La compañía americana Herman Miller comercializa los Eames Storage Units.</p>
1953	<p>Inicia actividades la Escuela Superior de Diseño de Ulm. Antiguos alumnos de la Bauhaus, como Helene Nonné-Schmidt, Walter Peterhans, Josef Albers y Johannes Itten, se contaron entre los primeros profesores de la escuela.</p>
1955	<p>Henry Dreyfuss publica <i>Designing for people</i>, y en 1960, <i>The Measure of Man</i>. (Estados Unidos)</p>

REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA PAÍS-NÚCLEOS	PARADIGMA TECNOECONÓMICO PRINCIPIOS DE “SENTIDO COMÚN” PARA LA INNOVACIÓN
1957	Se funda Casio Computer Co., y comercializan el modelo de calculadora 14-A, completamente eléctrico. (Japón)
1958	<b>La Escuela Superior de Diseño de Ulm incorpora nuevas disciplinas científicas en su programa.</b> Asignaturas como ergonomía, técnicas matemáticas, economía, física, politología, psicología, semiótica, sociología, teoría de la ciencia, entre otras, cobraron mayor importancia. Max Bill abandona la escuela.
1960	<b>La tienda sueca IKEA produce y distribuye muebles modulares y para ensamblar “en casa”.</b>
1961	<b>Fritz Haller diseña los hangares industriales para la compañía suiza USM.</b>
1962	Lawrence Herbert adquiere Pantone Inc, y al año siguiente lanza el primer sistema de igualación de colores.
1964	El diseñador Terence Conran abre la primera tienda Habitat.
1964	Christopher Alexander publica <i>Ensayo sobre la síntesis de la forma</i> .
1966	Inician actividades en el Superstudio. Este grupo, en 1969, “describió su obra bajo el lema ‘el diseño como invención – El diseño como evasión’. Todo objeto tiene además de una función práctica, una contemplativa.” (Italia)
1967	<b>Buckminster Fuller construye el Domo geodésico</b> para albergar el pabellón de Estados Unidos en la Expo’67 (Montreal, Canadá).
1968	La Escuela Superior de Diseño de Ulm es cerrada por órdenes del gobierno.  <b>Fritz Haller</b> es profesor invitado del Institute for Building Research, de la Universidad de Sud California, dirigido por Konrad Wachsmann.
1969	Jean Baudrillard publica <i>El sistema de los objetos</i> , y en 1974 <i>La crítica de la economía política del signo</i> .  <b>Inicia la producción en serie de el sistema Haller USM para mobiliario.</b>  Herbert Simon publica <i>The Science of the Artificial</i> .



## VII. MOBILIARIO

### 1. Breve historia de la evolución del mobiliario

Sobre antecedentes del mobiliario armable y del modo de unir sus piezas hay poca información relevante en los textos sobre historia del mueble, ya que predomina un enfoque estilista, donde tiene mayor importancia la forma y las corrientes estéticas en que están inscritos los productos. Pocas veces se describe cómo fueron hechos los objetos y cuál era la función de las piezas, por esto la fuente de información más recurrente en esta sección es la historia de la tecnología y no la del diseño. Dos libros que han sido fundamentales para este apartado son *La mecanización toma el mando*,<sup>108</sup> de Siegfried Giedion, y los cinco volúmenes de la *Historia de la tecnología* de Williams Trevor.<sup>109</sup>

Los primeros ejemplos de mobiliario que se registran en la historia, se ubican en la etapa del surgimiento de la civilización, que se relaciona con el inicio del sedentarismo. Sin embargo, la estabilidad en un mismo lugar aún es relativa, y como se verá el concepto de mobiliario tiene que ver con esta transición entre la vida nómada y la vida sedentaria. Siegfried Giedion, escribe sobre el origen de la palabra “mobiliario”:

En francés, la palabra mueble y la colectiva *mobilier* significaban originariamente “móviles”, géneros transportables. Los artículos no transportables eran los inmuebles, nuestros inmuebles, término con el que todavía hoy se designa a casas y edificios. “Móvil” o mueble no había de ser entendido en su angosto sentido actual de artículos propios para ser llevados de una habitación a otra, o de una vivienda a otra. Estos muebles, se admite en general, eran así llamados porque solían acompañar a su propietario allí

52 Cama portátil y amarres que utilizan tribus nómadas de Níger.

[tomado de Carol Beckwith, *Nomads of Niger...*]

108 Siegfried Giedion, *op. cit.*

109 Williams Trevor, *op. cit.*

donde fuera éste. A finales del siglo XIV, el mobiliario seguía a su dueño en sus cambios temporales de residencia, y le seguía en sus viajes.<sup>110</sup>



53 Cama plegable de campo de Toutankhamon (1336-1327), dividida gracias a una técnica novedosa de bisagras (arriba).

[Foto: ©CULTNAT, Dist. RMN-Grand Palais

/Ayman Houry]

54 Taburetes pertenecientes a Sennefer, periodo del Rey Thoutmosis III, 1479-1425 (abajo).

[Foto: ©RMN-Grand Palais (Musée du Louvre)/Franck Raux]



En la cultura egipcia se encuentran, entre otros, la silla de tijera y la cama plegable que se extienden cuando se usan, se doblan y guardan cuando no se ocupan. Como la mayoría de los muebles de esa época, están realizados con piezas de madera, fibras y pieles. Para unir las partes se usan clavos de madera o se tallan para formar espigas, también se encuentra una técnica de bisagras para la cama plegable.

.....  
110 Siegfried Giedion, *op. cit.*, p. 285.

El mobiliario plegable se puede transportar y también responde a la necesidad de cambio de función de un mismo espacio; ya que aún no aparece el hábito de destinar cada habitación para un uso determinado. Una pieza podía ser el dormitorio, comedor y aún la cocina. De acuerdo a Giedion, aún en la Edad Media no existía la costumbre de utilizar el espacio de las habitaciones comunes con mobiliario permanente, se buscaba dejar espacios libres por lo que los muebles era “guardados” cuando no se usaban. Esto genera mesas que se doblan, cofres que sirven para sentarse, y mesas que se abaten cuando no están en uso.

Cambiando de continente, respecto al mobiliario, en el México prehispánico se cuenta principalmente con el petate que tiene usos diversos, como tapete, mesa, asiento, cortina o incluso ataúd. Como asiento se usa la estera o el *icpalli*, conocido hoy como equipal. Estos varían según el estrato social, pero la mayoría se elabora con tule tejido y se unen con el mismo tejido o con amarres.

Los tejedores de tule y palma hacían los asientos pequeños llamados *icpalli* y los *Tepotzoicpalli*, o asientos con respaldo, privilegio de los señores y jueces: “Hace también y vende, unos asientos con espadar, y otros para sentarse que son cuadrados, y otros para cabeceras que son cuadrados y largos, unos pintados y otros llanos, sin labor” (Sahagún, III, 149).<sup>111</sup>

De la época del romántico [1000 al 1250 n.e.] se conservan pocos ejemplares de mobiliario. En Europa, provienen principalmente de iglesias y monasterios, así como de castillos y palacios de la nobleza. Los muebles de esa época eran sencillos, se cuentan banquillos, bancos, mesas, sillas, camas y arcas; y también armarios simples para el servicio de iglesias. Estos muebles los hacían los maestros torneros y carpinteros, con herramientas sencillas. Los ebanistas no existían por aquel tiempo. Como material para los muebles se empleaban las maderas de que se disponía en el lugar. Las toscas tablas y tablones que se sacaban o separaban de los



55 Escena doméstica en el Códice Florentino, libro 7.

111 Secretaría de Hacienda y Crédito Público, *Matrícula de Tributos...*, p. 128.



56 Cofre en nogal, ca. 1450.

[© Victoria and Albert Museum, London]

troncos redondos a golpes de hacha se colocaban unos con otros a tope y se fijaban conjuntamente mediante flejes de hierro asegurados con clavos. Más tarde se emplearon también para la unión conjunta de las distintas partes de los muebles los clavos y clavijas de madera. No fue hasta finales del período romántico que se desarrollaron las uniones con espigas [en Europa de acuerdo a Wolfgang Nutsch].<sup>112</sup> En Japón, país con una fuerte cultura del trabajo de la madera, hay registro de un puente elaborado con este material donde ya se unen los tablones con lengüetas a mediados del siglo VII.<sup>113</sup>

En Europa, en la alta Edad Media, cuando se empieza a gozar de mayor estabilidad, es que se desarrolla el mobiliario pensado para permanecer en un mismo sitio. A partir de ese periodo se inicia la construcción de mobiliario como parte de la decoración de las viviendas y que sigue un estilo según la época.

Desde sus inicios hasta la Edad Media, el mobiliario fue hecho primordialmente de madera, fibras y pieles. Su realización es por medio de la unión de varias piezas, con el desarrollo de los ensamblados se empieza a trabajar con marcos o bastidores. La mayoría de las uniones o ensamblados con que se trabaja hoy en día la madera

<sup>112</sup> Wolfgang Nutsch, *Tecnología de la madera y del mueble*, p. 373.

<sup>113</sup> Christoph Henrichsen, *Japan – Culture of Wood...*, p. 32.



57 Sillón realizado con madera de roble entre 1630-1680 en Cheshire, Inglaterra (izquierda).  
58 Silla realizada con madera de nogal y haya, cubierta con lino bordado, ca. 1725-1735 (derecha).

[© Victoria and Albert Museum, London]

maciza, como las ranuras, los dientes, los renvalsos, y lengüetas, las mortajas, las acanaladuras y los ensambles de madera tienen todos su origen en la época del Gótico (1250 a 1500 n.e.).<sup>114</sup>

Durante los periodos siguientes se va perfeccionando y enriqueciendo el trabajo de la madera. Una de las características entre periodo y periodo es el cambio de material, en cada uno se introduce el trabajo de un nuevo tipo de madera, como son el nogal y la haya, en el Barroco, y el palo de rosa, la caoba y el palisandro, en el Rococó. En el Renacimiento no se produjeron nuevos tipos de muebles, pero se introdujeron sillas más cómodas y se desarrolló especialmente la ornamentación por medio de la talla o la incrustación de piezas de colores (taracea). Durante el Barroco (1600-1750), se evidencia una mayor libertad en las técnicas que proporcionan la posibilidad de la incorporación de estructuras curvadas. Como recubrimiento de la madera, se importaron las técnicas de laqueado del extremo Oriente, también se empiezan a usar piezas fundidas que se añaden como adorno y protección a ciertas partes de los muebles. De Europa, también llegan a México, donde los hábiles artesanos lo adaptan y enriquecen con la mezcla de culturas. Durante el Clasicismo (1750-1850) se utilizan los herrajes como parte de los adornos,

.....  
<sup>114</sup> Wolfgang Nutsch, *op. cit.*, p. 376.

fabricados de metales como el bronce, latón o plata, y algunas veces se aplican dorados.

A partir de la Revolución Industrial aumenta el uso de metal en la producción de mobiliario. Una de las primeras piezas de mobiliario en la que se sustituye la madera por el metal, es la cama, esta sustitución brinda la ventaja de aportar más higiene, en una época de serios problemas en ese tema. La cama se produce industrialmente con las piezas que armarán la estructura; la unión de las piezas se hará por medio de tornillos.

A finales del siglo XIX, surge un entusiasmo casi general y utópico hacia el poder de la tecnología y, con esto la creación de un sinnúmero de inventos que buscan introducir la mecanización en todas las áreas del quehacer humano. Para el mobiliario se conciben propuestas exóticas de muebles que se transforman y que conjugan distintas funciones; como camas que se convierten en mesas y cómodas; desde el sofá-cama hasta un piano-cama. Otros menos excéntricos que perduran como son los muebles a los que se les incorporan mecanismos, por ejemplo, los sillones de barbero o la silla de escritorio, con ruedas y muelles.

**59** Cama de campo portátil en latón de Napoleón I, ca. 1820.

[Foto: ©RMN-Grand Palais (Musée des Châteaux de Malmaison et de Bois-Préau)

/Daniel Arnaudet]



Los muebles producidos industrialmente requieren de la *estandarización* y la *normalización*:

La estandarización es un aspecto crucial de la fabricación en serie. El uso de piezas estándar [de una medida o diseño uniforme y constante], que puedan ensamblarse con pocos ajustes o ninguno e intercambiarse de un producto a otro, aumenta la eficacia y la producción.<sup>115</sup>

Para el diseño de partes uniformadas se requiere del estudio de los objetos en relación a las necesidades de la producción en serie, y de la planificación para lograr una producción eficiente sin desperdicios y bajo una norma, es decir unidades comunes, aceptadas y adoptadas por los involucrados en la producción.

En la primera mitad del siglo XX, los productos industriales ya son comunes en casi todos los ámbitos de la vida. En la concepción del mobiliario industrial, además de la utilización de nuevos materiales, aparece los conceptos “racional” y “funcional”. Un icono de la época, la silla tubular de Marcel Breuer diseñada a mediados de los años veinte es un ejemplo de esto: en ella se plasma la búsqueda por la simplicidad, ligereza, y el aprovechamiento de las posibilidades de un nuevo material. Sin embargo, la aceptación de este tipo de mobiliario no es inmediato como se ha subrayado en capítulos anteriores, lo nuevo tarda en ser aceptado por la sociedad. La producción industrializada, con la estandarización, y la introducción del estudio científico en todos los ámbitos, incluyendo el de los ambientes, provocan cambios radicales en los entornos del ser humano.

**60** Silla de acero tubular cromado, diseñada por Marcel Breuer entre 1926 y 1927, en Alemania.

[Wikimedia Commons/ CC BY-SA 3.0]



.....  
115 Charlotte y Peter Fiell, *op. cit.*, p. 665.

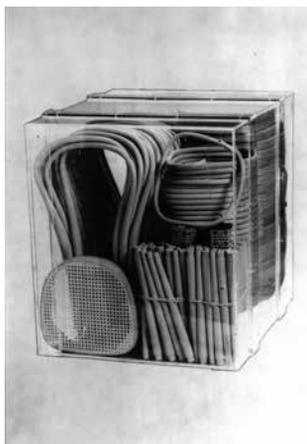
## 2. Disección y sistematización

Con la producción industrial surgen varias tendencias que van modificando la forma de pensar y organizar la industria. Una consecuencia inmediata fue la producción en serie. Para mejorar el rendimiento y aprovechar las posibilidades industriales, se estudian y analizan los productos así como de las posibles partes, y se introducen las piezas intercambiables. Para lograr un sistema eficiente de piezas intercambiables, hubo necesidad de producir de acuerdo a un patrón determinado, es decir, introducir normas que guiaran la producción. Como primer paso se adoptaron sistemas de medidas para controlar la precisión de la fabricación de piezas que formarían un producto.

A mediados del siglo XIX, Joseph Whitworth se burlaba de los ingenieros que trabajaban con tolerancias tales como “una treintaydosava de pulgada”, y para normalizar los equipos de su propio taller había construido un aparato capaz de medir hasta una millonésima de pulgada. Un control tan preciso de la magnitud hacía posible la producción de piezas para mecanismos complejos completamente intercambiables. Esto quedó ejemplificado en la fabricación por Samuel Colt de su famoso revólver en 1849-54, y en la adopción de sus métodos en Gran Bretaña para la fabricación de rifles en Enfield, donde se hacían 2,000 rifles por semana con todas las piezas totalmente intercambiables.<sup>116</sup>

En las primeras etapas de la industrialización, cada empresa dictaba sus normas, pero poco a poco fue evidente la falta de un sistema generalizado de pautas, y en poco tiempo se fueron acordando normas comunes, primero por ramas de la industria, y posteriormente, a nivel de naciones. La necesidad de normas, marcó el surgimiento de organismos dedicados a la regulación de estos sistemas. En la actualidad cada país cuenta con instituciones dedicadas a verificar y dictar las normas aceptadas en la

.....  
<sup>116</sup> Williams Trevor, *op. cit.*, pp. 266-267.



industria. A nivel internacional también se han creado organismos que regulan y dictan las pautas aceptadas, como es el caso del Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas. En México, la Secretaría de Economía es la encargada de registrar, supervisar y comunicar las normas aceptadas por medio de la Dirección General de Normas.

La adopción de los principios racionales para la producción en serie, brindó grandes ventajas al hacer más eficiente la producción y lograr abaratar el precio de los productos. En 1853, la compañía vienesa Gebrüder Thonet, perfeccionó el proceso del curvado de madera y

empezó a fabricar sillas totalmente en serie caracterizadas por una reducción de piezas y la eliminación de toda decoración superflua. [...] El notable éxito de [la empresa] Gebrüder Thonet se debía a su adhesión a los métodos de producción mecanizados, que le permitían vender sus productos a precios muy competitivos. En 1860, por ejemplo, el modelo más conocido de la empresa, la silla N° 14, costaba menos que una botella de vino, y hacia 1891 se habían vendido nada menos que 7'300,000 unidades de estas ubicuas sillas de café.<sup>117</sup>

61 Silla n° 14, también conocida como silla de café, diseñada por Michael Thonet en 1859. Fue su mayor éxito comercial, se dice que entre 1859 y 1896 se vendieron 50 millones de estas sillas.

[© Victoria and Albert Museum, London]

117 Charlotte y Peter Fiell, *op. cit.*, p. 518-519.



62 Teteras eléctricas, diseño de Peter Behrens, 1909.  
[Wikimedia Commons]

Otro caso que encuentra una manera de ampliar las posibilidades de la producción industrial es la empresa alemana AEG (Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft) con Peter Behrens como su asesor artístico, a principios del siglo XX, al trabajar piezas intercambiables con una nueva perspectiva:

Behrens diseñó sus hervidores de agua a partir de elementos normalizados que podían combinarse para crear más de ochenta variaciones (aunque de hecho sólo treinta se pusieron a la venta). Había tres formas básicas, y dos clases de basa, tapadera y asa para cada una. Se ofrecían tres tipos de materiales: latón, chapado en níquel y chapado en cobre, cada uno con tres acabados diferentes: liso, amartillado y ondulado. Podía elegirse entre tres tamaños. Los enchufes y resistencias eran comunes a todos los modelos. *Lo innovador del trabajo de Behrens fue que supo explotar las posibilidades ofrecidas por la combinación de un número limitado de elementos normalizados para crear un amplio surtido*, y esto lo distingue como uno de los primeros diseñadores industriales en el sentido moderno.<sup>118</sup>

.....  
118 John Heskett, *Breve Historia del diseño industrial*, p. 72 [el subrayado es mío].

En la primera mitad del siglo veinte la normalización para la producción en serie y la elaboración de productos con piezas intercambiables se amplía. En todas las ramas se tiende a estandarizar medidas y productos, buscando mayor eficiencia en la producción. La normalización en el papel y aumento en el volumen de papeleo en las empresas, por ejemplo, crea la necesidad de estandarizar también los muebles para contener dichos documentos. Así, en Europa se introducen las hojas de “formato 4” —en México se trabaja con la norma americana (carta, oficio, legal)—, y la idea de una papelería normalizada, con la intención de no desperdiciar nada de material en la producción industrial del papel,<sup>119</sup> a partir de lo cual se trabaja con múltiplos y derivados de esas medidas, en todos los productos que utilizan papel o cartón: cajas de productos, publicaciones e impresos. Otro caso similar es la producción industrial de madera, al crear las hojas de madera contrachapada, conglomerado o de madera prensada; grandes hojas de madera creadas industrialmente cuyas medidas marcan una unidad que rige sus derivados.

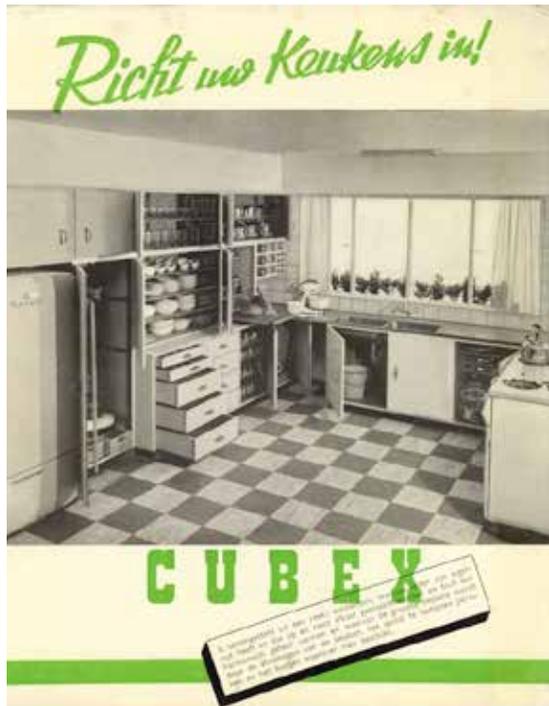
Los organismos nacionales de normas definían especificaciones dimensionales que regulaban los diferentes tamaños en que se fabricaban estos materiales, de acuerdo con formatos normalizados, así como especificaciones de calidad que definían su constitución, dureza y su conveniencia para diversos fines. Este proceso también se hizo extensible al producto manufacturado, ampliándose el concepto de normalización para abarcar la forma tridimensional mediante la creación de una unidad de área: *el módulo*.<sup>120</sup>

### 3. Módulos y sistemas

Los cambios en la producción afectan la vida cotidiana. En el hogar se introdujeron aparatos y utensilios que cambiaron hábitos y costumbres de los usuarios; pero el espacio habitable también se

119 John Heskett, *op. cit.*, p. 77.

120 *Ídem*, p. 74. El subrayado es mío.



transformó con la industrialización de la construcción. El arquitecto necesita tomar en cuenta también las medidas de los productos estándar: puertas, ventanas y accesorios. Se empieza a usar el módulo como consecuencia y aplicación de la estandarización.

Tradicionalmente los muebles se habían construido como piezas independientes. Un aparador y un armario podían ser similares en cuanto a su estilo o decoración, pero se diseñaban y utilizaban como unidades autónomas. En cambio, un sistema modular de muebles está formado por una serie de unidades aplicables a diversos usos que, al estar diseñados a base de múltiplos de las dimensiones norma, son compatibles y pueden disponerse de una manera flexible de acuerdo con el espacio disponible y las necesidades del usuario.<sup>121</sup>

Los muebles modulares en su interacción pueden generar sistemas flexibles, que logran superar la rigidez de la producción

.....  
121 *Idem*, p. 76.



normalizada. Por medio de la combinación de módulos, se logra resolver las necesidades de amueblar espacios diferentes, usando elementos producidos en serie. “El objetivo es explotar la yuxtaposición de diferenciación y coincidencia para ofrecer soluciones específicas mediante un sistema de producción rentable y eficaz”.<sup>122</sup>

En los años veinte varias compañías alemanas y norteamericanas empiezan a vender muebles modulares, sin embargo, es hasta los años treinta que inicia la comercialización de combinaciones de módulos que desarrollan sistemas.<sup>123</sup> Los muebles modulares tienen su primera aplicación en la cocina. La marca Cubex,<sup>124</sup> que aparece en Bélgica en 1932, es una de las primeras compañías

63 Catálogo elementos estandarizados Cubex para el equipamiento de cocinas, inventada por el arquitecto L.-H. De Koninck a finales de 1920 y producidos por la compañía belga Van de Ven, ca. 1935.

[atom-a.com]

122 John Heskett, *El diseño en la vida cotidiana*, p. 159.

123 John Heskett, *Breve Historia del diseño industrial*, pp. 76-77.

124 “The Rational Kitchen in the Interwar Period in Belgium: Discourses and Realities”, Anke van Caudenberg y Hilde Heynen, en *Home Culture*, vol. 1, pp. 23-50 y Boletín de prensa para la exposición *La Cuisine, Mode de Vie. Un siècle d'évolution*.



Vista de la Cocina  
Frankfurt, ca. 1924.  
[Wikimedia Commons]

que ofrece soluciones flexibles para organizar “cualquier cocina”. Con el movimiento Modernista en la arquitectura se estudió la cocina como un espacio de trabajo y con el fin de aprovecharlo al máximo, se desarrollaron diversos sistemas de mobiliario modular, para hacer uso de esta zona lo más eficientemente posible. Como primer ejemplo se cuenta las llamadas cocinas Frankfurt, diseñadas por Schütte-Lihotzky, en 1924 en Alemania; la cocina Bruynzeel<sup>125</sup> diseñada por Piet Zwart, lanzada al mercado holandés en 1938; en Francia, Le Corbusier y Charlotte Perriand, proponen modelos para la fabricación en serie de 326 cocinas en los multifamiliares de la Cité Radieuse de Marsella, en 1949.

Con la evolución de la producción industrial el concepto de modulación se fue ampliando y se encuentran muebles modulares en cada vez más ámbitos del hogar. Sin embargo habrá de

.....  
<sup>125</sup> John Heskett, *op. cit.*, p. 77



**64** Cocina para la Cité Radieuse por Le Corbusier y Charlotte Perriand. Marsella, 1949. El diseño de estas cocinas aportó innovaciones que serían seguidas por numerosos arquitectos.

distinguir entre la modulación y el desarrollo de sistemas modulares. En los sistemas se usan los módulos como unidades tridimensionales, que en sus combinaciones logran ocupar espacios de una manera flexible, contribuyendo así a optimizar la producción, haciéndola más rentable y al mismo tiempo evitando la rigidez del uso de un solo elemento. John Heskett define que un sistema:

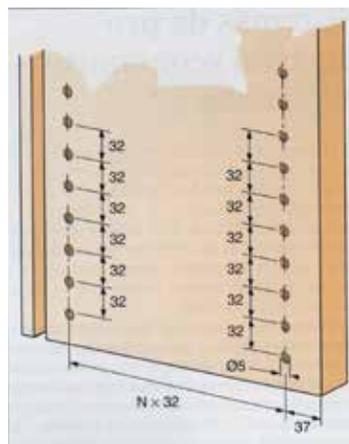
[...] puede verse como un conjunto de elementos interrelacionados, interactuantes o interdependientes que forman, o puede considerarse que forman, una entidad colectiva. La cualidad colectiva con relación al diseño se manifiesta de diversas formas. Distintos elementos pueden combinarse en formas funcionalmente relacionadas, como en los sistemas de transporte; en una red común de estructuras o canales, como en los sistemas bancarios o de telecomunicaciones; o en una estructura coherente de

elementos compatibles *capaces de organización flexible*, como los sistemas de productos modulares.<sup>126</sup>

Los sistemas modulares se van transformando con la adaptación de nuevos materiales y de nuevos sistemas de producción. En el mobiliario, en sus inicios, se trata de unidades tridimensionales fabricadas, en su mayoría, con madera. Se van incorporando a la producción nuevos metales y nuevos procesos para transformarlos. Posteriormente encontramos elementos fabricados en plástico. A la par de estos cambios, el concepto de unidad mínima va evolucionando y la flexibilidad de los sistemas va ampliándose.

La disección de los productos y el estudio de sus funciones, junto con la normalización y modulación se introducen paulatinamente, generado cada vez mayores posibilidades de intercambiabilidad en las piezas, de colaboración entre distintas empresas y flexibilidad en los servicios que brindan al usuario. Con estos principios se crean sistemas que tienen un “lenguaje común” para interactuar y aumentar el alcance de la especialización, como es el caso de los herrajes y mobiliario con el Sistema 32.

El Sistema 32, introducido a principios de la década de 1970, es un sistema de medidas estándar para la producción de herraje de mobiliario. Es un patrón de medidas que determina la ubicación



65 Medidas del Sistema 32.  
[Cornelia Hackenbruch, *Sistemas de herrajes para muebles*]

.....  
126 John Heskett, *El diseño en la vida cotidiana*, p. 145 [el subrayado es mío].

de los herrajes, sin necesidad de buscarla, con una distancia entre los orificios de una hilera vertical de 32 mm; la distancia entre el canto del mueble y las perforaciones de 37 mm; así como el diámetro de cada perforación de 5 mm, generando un gran ahorro de tiempo y de costos de producción. La adopción de este sistema brinda la posibilidad de diseccionar la producción de los muebles y especializar las tareas: con la adopción de este sistema, surgen empresas que producen, investigan y perfeccionan los sistemas de herrajes, como las compañías alemanas Häfele y Hettich. “En la actualidad, todos los fabricantes de herrajes se orientan según este sistema de medición uniforme, sentando las bases necesarias para que los fabricantes de muebles puedan lograr una producción rentable.”<sup>127</sup>

#### 4. Sistemas modulares para mobiliario

El primer antecedente directo de los *Sistemas constructivos flexibles y abiertos para mobiliario armable en metal* se encuentra en 1952. Los diseñadores Charles y Ray Eames crean para la compañía Herman Miller un sistema modular ligero de piezas que podrían combinarse entre sí para lograr una amplia gama de gabinetes y una mesa: un nuevo concepto en mobiliario que lanzan al mercado con el nombre de Eames Storage Units (ESU).

[...] las partes estandarizadas del ESU eran completamente intercambiables y podían ser adaptadas fácilmente a una variedad de usos en la oficina o en la vivienda, para las necesidades de almacenamiento en las salas de estar, comedores y dormitorios. Incluso éstos podían apilarse, y servir como divisores entre los cuartos.<sup>128</sup>

La idea original era vender el conjunto de piezas para que el comprador armara el producto final, que constaba de un marco

127 Cornelia Hackenbruch, *Sistemas de herrajes para muebles...*, pp. 83-84.

128 John Neuhart, *et. al.*, *Eames design...*, p. 127.



66 ESU, Eames Storage Units.  
Charles y Ray Eames, 1952.

de aluminio con perforaciones, para la estructura, y piezas de madera contrachapada laminada o plástico, para los entrepaños, divisiones y puertas; sin embargo al usuario le pareció muy laborioso y las ventas no fueron muy buenas, así que Herman Miller cambió de estrategia y comercializó sólo tres modelos ya armados, que duraron en el mercado hasta 1955.<sup>129</sup>

En las décadas de 1960 y 1970 se encuentra una amplia variedad de modelos de sistemas modulares en los catálogos de tiendas como Ikea en Suecia (1960), Habitat en Inglaterra (1964). Entre estas tiendas el concepto de IKEA es el más importante.

## 5. IKEA: modularidad y más

En 1943, en la ciudad de Älmhult, Suecia, Ingvar Kamprad con tan solo 17 años de edad, funda IKEA. En un principio vendía diversos artículos por correo y en la década de 1950 empezó a vender también muebles por medio de catálogos, a precio de fábrica. “Tras observar que ‘los productos mejor diseñados eran muy, muy caros’, Kamprad decidió fabricar productos prácticos bien diseñados que estuvieran al alcance de la mayoría de la población”.<sup>130</sup>

129 John Neuhart, *et. al.*, *op. cit.*, p. 129.

130 Charlotte y Peter Fiell, *op. cit.*, p. 292.

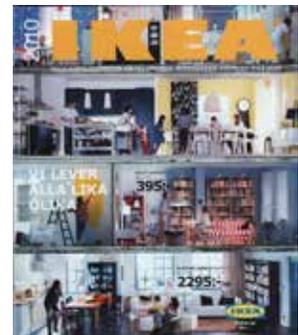
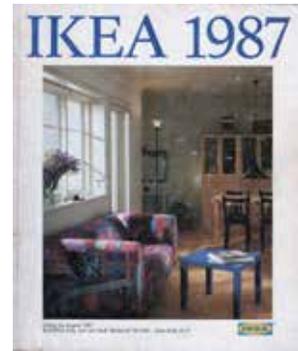
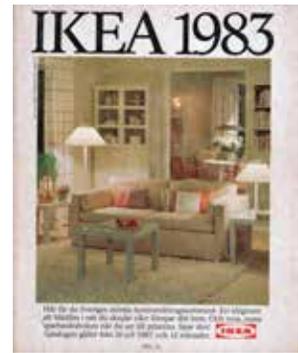


Tres principios están detrás del éxito de IKEA: forma, función y precio. Para mantener los buenos precios han incorporado otro concepto: “hágalo usted mismo”. El usuario participa para bajar los costos. Muebles modulares que se venden en cajas planas que el comprador llevará a casa y armará por sí mismo. Los diseñadores trabajan con esta línea. La mayoría de los productos, además de atractivos, deben de estar planeados para venderse en cajas, no ser muy pesados y con sistemas de ensamblaje simplificados. *Simplificar, gracias a la planeación: al diseño.*

A finales de los años cincuenta Kamprad contrató a sus primeros diseñadores: Gillis Lundgren, Bengt Ruda y Erik Wörts, e iniciaron este concepto revolucionario en la concepción y venta de mobiliario. Con la introducción de la madera aglomerada, en los años setenta, se amplió la gama de productos y permitió la fabricación de muebles más baratos. En 1979 Lundgren diseñó uno de los productos que han tenido más éxito en la historia de IKEA: el librero Billy.

Fabricado con madera aglomerada, Billy se vende en una variedad de tamaños y acabados, con y sin puertas. Para el año 2009 se habían vendido 42 millones de piezas y su precio había bajado dos tercios de su precio original.<sup>131</sup> Este librero es un ejemplo, como

131 Staffan Bengtsson, *IKEA the Book*, p. 46.



67 Catálogos de la tienda sueca IKEA (1983, 1987 y 2010). En la edición de 2010 se muestra al diseñador Gillis Lundgren con su exitosa creación, los libreros Billy.

[Col. Mtro. Angel Grosó]

las teteras de Peter Behrens, de que gracias a las piezas intercambiables, la estandarización no está peleada con la variedad.

IKEA en números: 300 tiendas, en 36 países; 42 centros de distribución; más de 1,000 proveedores; 19 mil productos. Cada día se producen 130 mil libreros Billy; y se venden 250 millones de metros cúbicos de productos al año.<sup>132</sup> IKEA no solo vende muebles, es un concepto de marketing muy exitoso, que incluye la experiencia como parte de las compras.

Las tiendas de esta marca se encuentra en toda Europa, en Asia, los países Árabes y América del Norte, siempre cabe la pregunta de la razón por la cual en México no han llegado a vender su buen diseño a buen precio.

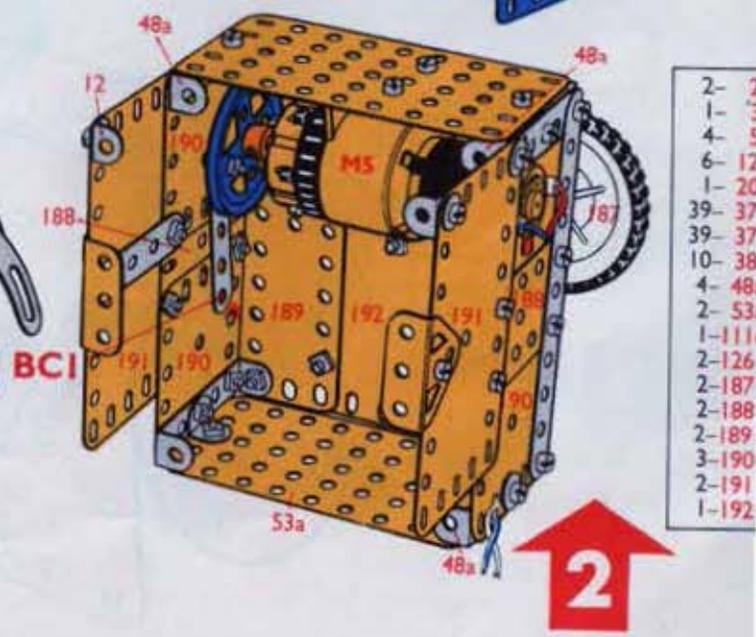
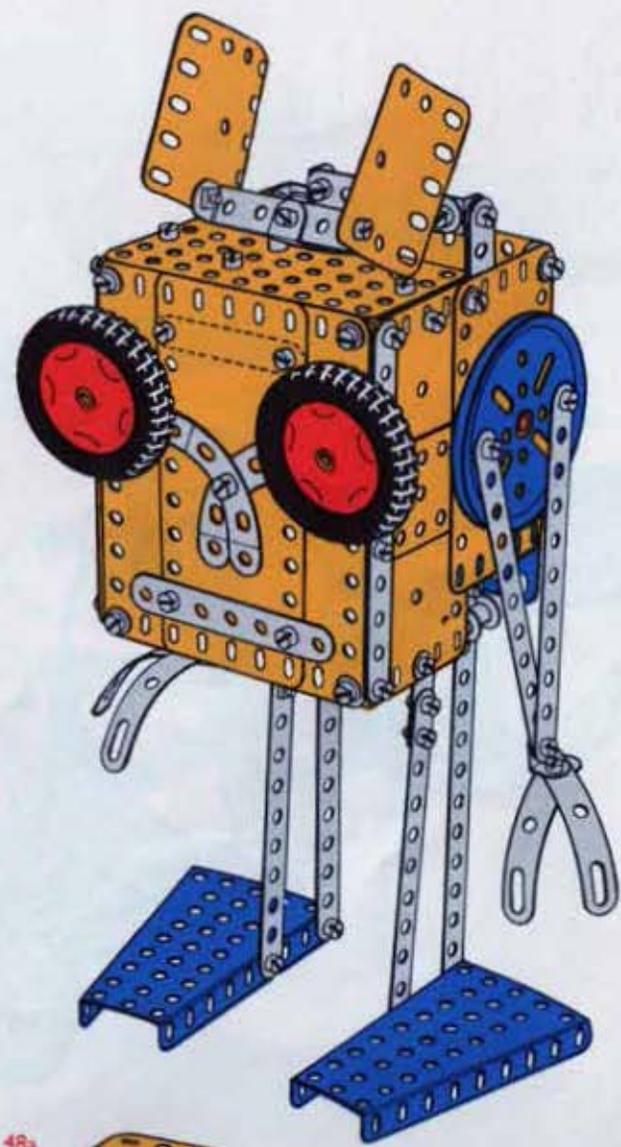
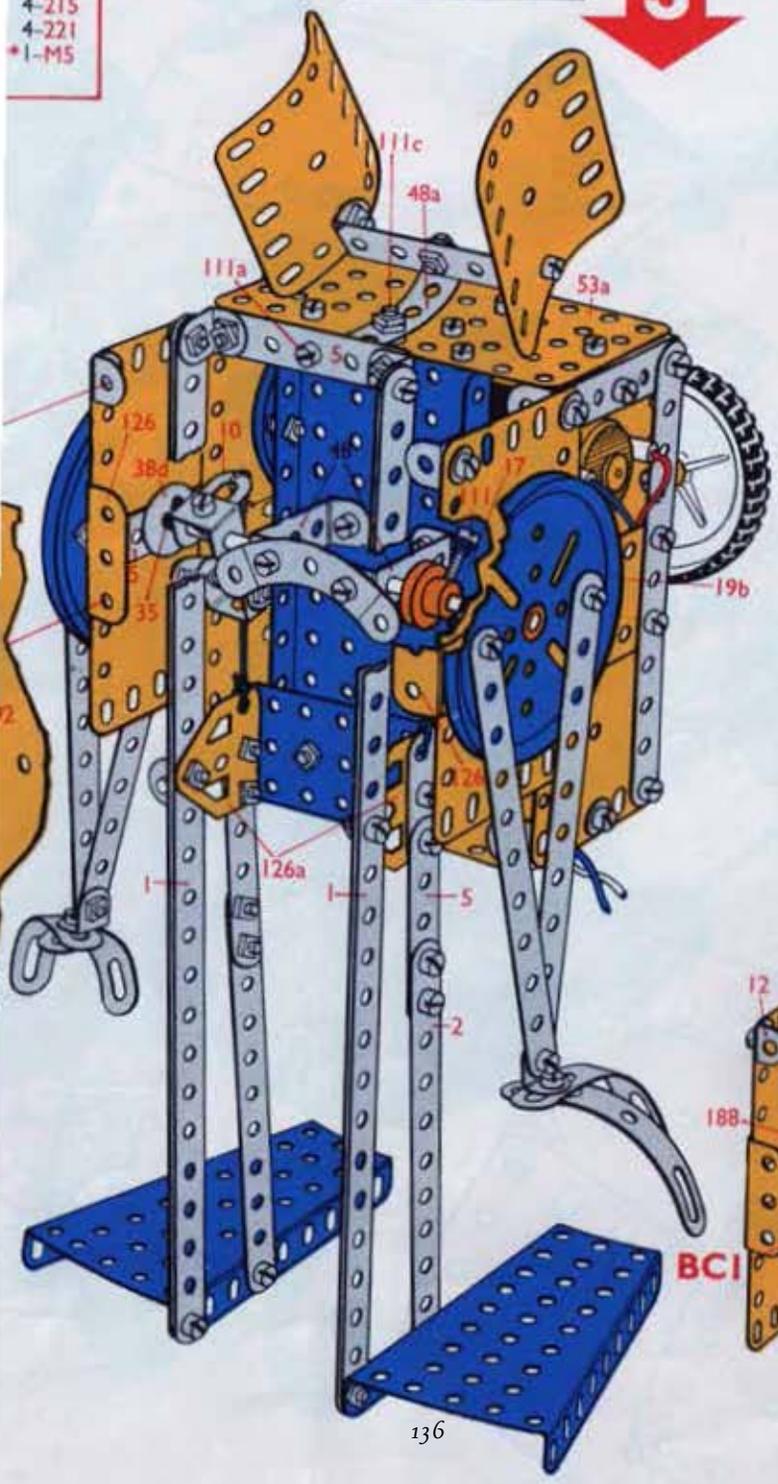
La modularidad, la intercambiabilidad de partes, y la fabricación flexible, son soluciones que se han ido encontrando como medio de enriquecer la producción industrial, que por la dinámica del libre mercado motiva formas de producción más competitivas. El concepto de modularidad ha ido cambiando haciéndose cada vez más flexible y sutil. John Heskett opina que en la actualidad este principio se incluye en la producción y comercialización de muchos productos pero, al ampliarse sus alcances, resulta menos evidente. La producción industrial ha desarrollado una nueva etapa, donde le ofrece al consumidor *productos personalizados*, que se desarrollan gracias a estos nuevos métodos de *fabricación flexible e intercambiabilidad de partes*.

.....  
<sup>132</sup> Datos tomados del video *Megafábricas: Porsche, Ikea, Harley Davidson*. National Geographic.

REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA PAÍS-NÚCLEOS	PARADIGMA TECNOECONÓMICO PRINCIPIOS DE “SENTIDO COMÚN” PARA LA INNOVACIÓN
<p>Quinta: Desde 1971 Era de la informática y las telecomunicaciones EUA (difundiéndose hacia Europa y Asia)</p>	<p>Uso intensivo de la información (con base en la microelectrónica TIC). Integración descentralizada / Estructuras de red. El conocimiento como capital (valor añadido intangible). <b>Heterogeneidad, diversidad, adaptabilidad.</b> <b>Segmentación de mercados / Proliferación de nichos.</b> <b>Economías de cobertura y de especialización combinadas con escala.</b> Globalización / Interacción entre lo global y lo local. Cooperación hacia adentro y hacia fuera / Clusters. Contacto y acción instantáneas / Comunicación global instantánea.</p>
1972	Victor Papanek publica su libro <i>Diseñar para un mundo real. Ecología humana y cambio social.</i> (Estados Unidos)
1975	<b>Inicia la distribución a nivel mundial de la marca Haller USM.</b>
1976	Fundación de Apple Computer, Inc. (Estados Unidos)
1980	Ettore Sottsass, Barbara Radice, Michele de Lucchi y Matteo Thun se unieron como el Grupo Memphis, que como primer proyecto tuvieron el diseño de una serie nueva de muebles, lámparas objetos de cristal y productos cerámicos, para ser producidos por modestos talleres artesanales. (Italia)
1980	Alessi crea Alessi Officina para comercializar los productos de diseño experimental que estaban al margen de las limitaciones que imponía la producción industrial. Inicia el proyecto Tea and Coffee, que los lanzaría a la fama internacional. (Italia)
1980	La compañía alemana AEG sufre una crisis financiera y es absorbida por Daimler-Benz, y en 1994 por la compañía sueca Electrolux.
1984	Lanzamiento del Apple Macintosh. Diseñado por Frogdesign. (Estados Unidos)
1994	Entra en vigor el Tratado de Libre Comercio de América del Norte.
1996	<b>Inicia la distribución en México de la marca Haller USM.</b>
1998	Introducción de la iMac, con diseño de Jonathan Ive. (Estados Unidos)
2015	<b>La marca Haller USM cumple 50 años, como parte de la celebración organizan seminarios donde se cuestiona e intenta replantear el concepto de modularidad.</b>

- 2-189
- 4-190
- 2-191
- 2-192
- 2-194a
- 1-200
- 1-212a
- 2-214
- 4-215
- 4-221
- 1-M5

4- 2	2- 38d
1- 3	2-111c
2-12	1-192
2-17	2-194a
2-19b	2-214
2- 35	4-215
21-37a	4-221
19-37b	



- 2- 2
- 1- 3
- 4- 5
- 6-12
- 1-20
- 39-37
- 39-37
- 10-38
- 4-48
- 2-53
- 1-111
- 2-126
- 2-187
- 2-188
- 2-189
- 3-190
- 2-191
- 1-192

## VIII. SISTEMAS MODULARES FLEXIBLES A ESCALA

Entre los sistemas industriales y arquitectónicos, existe una versión de sistemas que se han desarrollado con un propósito diferente a los que se han revisado en los capítulos anteriores, son los sistemas, que bajo los mismos principios se han creado como un medio creativo para los niños o jóvenes. Los ejemplos más conocidos son el Meccano y el Lego. El Meccano está estrechamente relacionado en sus principios con los sistemas constructivos arquitectónicos o de ingeniería; el Lego es un ejemplo del encuentro de una unidad mínima con un principio constructivo, que gracias a la intercambiabilidad de partes logra un infinito de posibilidades. En varios de ellos, el creador es un padre que busca brindarles a sus hijos una forma de entretenimiento diferente, que ve la posibilidad de ir más lejos con su creación, y decide comercializarla con éxito.

**68** Detalle de una página del instructivo de construcción 3a, Meccano, ca. 1960.  
[Col. particular]

**MATADOR „Großformat“**  
Die größten Bestandteile des Matador-Großformats sind das Besteck für Buben und Mädchen im Alter von 2-5 Jahren. Spielend lernen sie damit.

Matador „Großformat“ Nr. 1  
Matador „Großformat“ Nr. 2  
Matador „Großformat“ Nr. 3

**MATADOR „kleinformat“**  
Matador „kleinformat“ Nr. 1  
Matador „kleinformat“ Nr. 2  
Matador „kleinformat“ Nr. 3  
Matador bei ihrem Spielwettbewerb.

*Selbst gebaut!*

**MATADOR** ist immer das richtige

**MATADOR**

Der gute alte Matador erhebt seit über 60 Jahren die Herzen aller Kinder. Er ist heute noch so zeitgemäß wie am Tage seiner Erfindung. Matador entspricht dem kindlichen Schaffensdrange, gibt dem Kinde die Möglichkeit, Handfertigkeit zu entwickeln und sich mit technischen Dingen im Spiel vertraut zu machen. „Do it yourself“ (Mach's Dir selbst) beginnt mit Matador.

Für die Berufswahl des Kindes kann Matador richtunggebend sein. Im Spiel mit Matador zeigt es seine Fähigkeiten. So erhalten Eltern wertvolle Hinweise über dessen Begabung.

Im Alter von zwei bis drei Jahren kann sich Kind mit Matador (Großformat) schon begreifen. Ab sechs bis sieben Jahren kommt die allbekannte Ausführung des Matador (Matador normal) in Betracht.

**Matador „normal“**

Grundkästen	30	0	1
	26	4790	7810
2	3		
120	145	235	336
alle Basisteile sind aus Buchholz			
Ergänzungskästen, normal			
1A	2A	3A	4A
5A	6A	7A	8A
54	56	78	119
225	315	315	315

Die Grundkästen von Ab. 1 bis No. 3 können durch Ergänzungskästen erweitert werden. Zum Beispiel können im Grundkasten No. 1 eine Ergänzung in der Grundkasten No. 2 sein.

**Matador bleibt immer so gut wie neu** wenn man Spielzeile und Achsen nachkauft.

**Verbindungsstücke (Einzelstücke):**  
St 1" Preis 5,- 2" 8,-  
St 1 1/2" mit Gabel und Verbindungsstück Preis 10,-  
St 2" Preis 5,- 10" Preis 10,-  
St 1 1/2" mit Gabel und Verbindungsstück Preis 10,-  
St 2" mit Gabel und Verbindungsstück Preis 10,-

**Matador „Großformat“**

Grundkästen	Ki 1	Ki 2	Ki 3
	7910	11910	22510
Ergänzungskästen, Großformat			
Ki 1A	ergänzt Ki 1 auf Ki 2	Preis 43,-	
Ki 2A	ergänzt Ki 2 auf Ki 3	Preis 186,-	
Ersatzteile St 10			
Preis 11,-			

Beste Ersatzteile für alle Matador-Größenformate

**Matador elektrisch durch den Batterie-Motor!**

**Matador Elektr. Fahrzeugkasten Nr. 232** 5 195,-  
mit Batteriemotor, 100 cm Schnellweiser

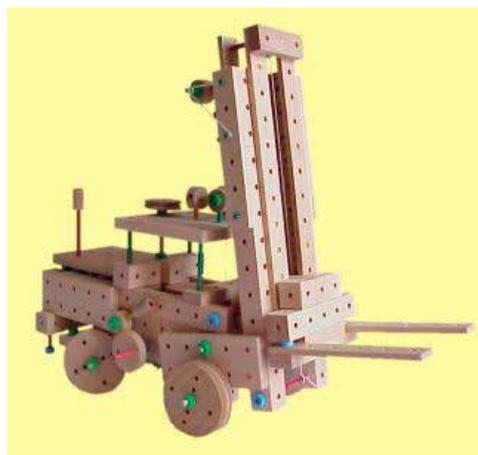
**Matador Batterie-Motor (5 Volt)** 5 99,-  
drehbar mit nur einer handverstellbaren Federkraft. Einmal umgedreht kann das Motorchen bis zu 10 Minuten im Stillstand bleiben. Die Federkraft wird durch einen Federmechanismus wieder zum Laufen gebracht. Das gibt ein besonderes Spiel für das Spielzeugkind. Auch Tiere wird das gut gefallen.

**Federmotor** 5 99,-  
Zum Umräumen der Last. Richtige des Motors eines zum Ein- und Ausschalten. Nicht kann sich ein Stück weg- und rückwärts laufen lassen.

**Weniger Feder-Motor** 5 29,-  
Für kleine Matador-Modelle zu verwenden. Kann bei dem Matador angebracht werden. Für Veranschaulichung mit Abmessungen von Federmotor-Motoren liegt bei.

**Einmal umgedreht** 5 99,-  
Einmal umgedreht wird das Motorchen wieder zum Laufen gebracht. Das gibt ein besonderes Spiel für das Spielzeugkind. Auch Tiere wird das gut gefallen.

**Jeder Bestandteil** von Matador ist einzeln zu haben. Man verlangt die Einzelteile.



69 Folleto de época de las colecciones Matador. [matador.at]

## 1. Matador

El sistema de Matador está formado por una serie de piezas de madera con uniones utilizables de manera abierta, para crear construcciones según la imaginación del niño. Su creador, Johann Korbuly (Austria, 1860-1919) inventó Matador en 1899, como un regalo de Navidad para sus hijos. Para asegurar las construcciones, Korbuly pensó perforar los bloques de madera y utilizar palitos para unirlos. Estandarizó y construyó las piezas con madera de haya, logrando un sistema de piezas en el cual todas se pueden unir entre ellas, incorporando bloques y ruedas. Este sencillo juego, que parece, fue el primero en su tipo, se patentó en 1901, y se vendió a partir de 1903, con la marca con la que se conoce hasta nuestros días, “Matador”. Este juego, muy popular en Viena, es poco conocido fuera de sus fronteras, se ha comercializado también en Alemania, Italia y Suiza, y en la actualidad se vende en algunos países más por medio del Internet. Se proponen diversas colecciones de piezas, para niños de un año y medio; mayores de 3 años; y, mayores de 5 años; y también se venden las piezas sueltas.<sup>133</sup> A más de 100 años de su creación, parece ser una marca que tiene aún futuro.

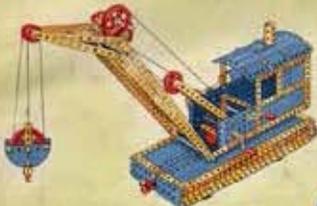
En la página Internet, expresan:

[...] Matador sigue produciendo “kits” de construcción en Austria, usando madera nativa de bosques sustentables. Hoy en día, sin embargo, usa las máquinas para trabajar la madera más actuales, algunas de las cuales han sido especialmente desarrolladas para realizarlo con una precisión de rangos menores a una centésima de milímetro.

.....  
<sup>133</sup> Información tomada de la página Internet: <http://www.matador.at/history.html>  
[consultado en 2015].



UN CHOIX DE BEAUX MODÈLES DÉCRITS DANS LES MANUELS D'INSTRUCTIONS



La boîte 7 contient toutes les pièces nécessaires à la construction de cette grue de déchargement de Chantiers de Fer.



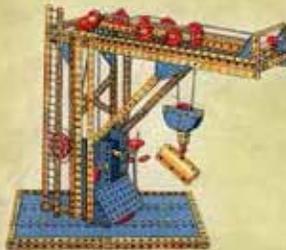
Un hélicoptère construit avec la boîte 5.



Les pièces qui servent à réaliser ce chariot élévateur sont incluses dans la boîte 6.

COMMENT CONTINUER

Quand vous aurez construit tous les modèles présentés dans votre Manuel, vous voudrez en réaliser d'autres, plus grands et plus perfectionnés. Achetez alors la boîte complémentaire qui fera de votre boîte Meccano actuelle une boîte supérieure. Si vous le préférez, vous pouvez aussi augmenter votre Meccano en achetant des pièces détachées de temps en temps. Les possibilités du système Meccano sont illimitées : plus vous aurez de pièces Meccano, plus vous pourrez construire des modèles merveilleux et variés.



Cette grue pour usage métallurgique est l'un des beaux modèles réalisables avec la boîte 8.



Ce tank est un des modèles intéressants que peut construire le possesseur de la boîte 8.



Une belle pelleteuse extensible réalisée avec la boîte 10.

## 2. MECCANO

En 1899, con la idea de construir una grúa para sus dos pequeños hijos, el inglés Frank Hornby (1863-1936) —ante la imposibilidad de encontrar las piezas necesarias—, decide hacerlas él mismo. Relatan que vio “que la situación sólo se resolvería con *piezas intercambiables*, lo que requería un principio nuevo de *estandarización* que permitiera *ensamblar las piezas de múltiples formas*. Entonces, afortunadamente, me di cuenta de que lo que hacía falta era perforar las piezas con un pequeño agujero del mismo diámetro a intervalos regulares”.<sup>134</sup> Con este principio desarrolla el sistema que brinda muchas más posibilidades de construcción que la grúa original, y en 1901 patenta “Mechanics Made Easy” e inicia su producción para comercializarlo ayudado con el capital de un señor Elliot. “Los primeros juegos incluían 15 piezas, tuercas y tornillos de hojalata en una caja. [...] A lo largo de los años, se crearon *sets* de diferentes tamaños y se incluyeron otras piezas, como engranajes y ruedas de latón. [...] En 1907 se construyó una nueva fábrica en Duke Street, en Liverpool, y un año después Hornby adquirió la parte de su socio y rebautizó la empresa con el nombre de Meccano”.<sup>135</sup> A partir de entonces la compañía exportó a Canadá, Nueva Zelanda, Australia, India y otros países. A pesar de los problemas económicos que conllevó la Primera Guerra Mundial, en 1914 Meccano se trasladó a una fábrica más grande en la que permaneció durante los siguientes 66 años. Meccano ofrecía la posibilidad de construir modelos móviles ya que se fueron introduciendo nuevas piezas; por ejemplo, Meccano *Inventor's Outfit* (1920) disponía de manivelas, ruedas, ruedas dentadas para engranajes y bisagras. Debido a la escasez de material, la producción se detuvo durante la Segunda Guerra Mundial y disminuyó durante la Guerra con Corea. Durante las décadas de 1960 y 1970, Meccano tuvo que hacer frente a la competencia de fabricantes de juguetes como Lego, y en 1979 la compañía entró en liquidación. No obstante, la filial de la compañía en Francia

70 Portada y contraportada del instructivo de construcción 3a, Meccano, ca. 1960. [Col. particular]

<sup>134</sup> Citado en Charlotte y Peter Fiell, *op. cit.* [Los subrayados son míos].

<sup>135</sup> *Ibidem*, pp. 366-367.

continúa<sup>136</sup> fabricando este juguete. “Con un bonito diseño y una bella fabricación, las piezas Meccano siguen ofreciendo interminables horas de diversión y reflejan los principios básicos de la producción en serie: *racionalismo, estandarización, prefabricación y adaptabilidad*”.<sup>137</sup>

71 Página del instructivo de construcción para realizar un vehículo lunar, ca. 1960.  
[Col. particular]



.....  
136 En los años 50, la filial francesa Meccano SA se asocia con la compañía MIRO, formando Miro-Meccano. A finales de los años 70, será comprada por el grupo americano de alimentos General Mills. Lo que marca el fin de la producción inglesa, pasando a ser sólo la fábrica de Calais, Francia, la que resiste la desatención del grupo alimentario, ante la fuerte competencia en el mercado de juguetes armables. En 1994 la sociedad francesa lanza una nueva marca para niños menores de 4 años: Meccano Junior, con piezas de plástico. En mayo del 2000, el grupo japonés de autos de juguete radiocomandados Nikko compra la sociedad francesa para formar Meccano SN. A partir de este cambio Meccano SN lanza al mercado diversos juguetes que ya no tienen que ver con el original Meccano, aunque por otro lado idean la línea Meccano Design donde lanzan nuevas piezas para el original Meccano, con nuevos materiales como el acero flexible y el acero con memoria de forma. Actualmente existe una sola fábrica, construida en 1959 al norte de Francia, en la ciudad de Calais, es donde se producen las piezas de Meccano que se distribuyen en el mundo entero.

137 Charlotte y Peter Fiell, *op. cit.*, pp. 367.

### 3. Lego

En 1958 se inventó y patentó el sistema de acoplamiento de los ladrillos Lego, aunque la marca existía desde 1934. El danés Olek Kirk Christiansen, su creador, le dio este nombre a los juguetes de madera que producía en su taller. Lego es la contracción de las palabras danesas “leg godt” que significa “jugar bien”.

Con la Segunda Guerra Mundial, se vio forzado a investigar en nuevos materiales y métodos de producción, como el moldeado de inyección de plástico, y en 1949 inició la comercialización de los *Automatic Binding Bricks*, precursores de los actuales ladrillos, que solo se vendieron en Dinamarca. Con estos nuevos ladrillos se mejoró el sistema de acoplamiento que es la base del sistema. A lo largo de los años se ha añadido, poco a poco, elementos y diversificando la producción.

Hoy en día las posibilidades que se han encontrado para este sencillo sistema de acoplamiento son infinitas, lanzando por temporada a la venta kits de construcción con personajes de films de moda en mancuerna con Disney, Warner Bros o Marvel.

72 Captura de pantalla de la página Lego.com en la sección de Lego City.

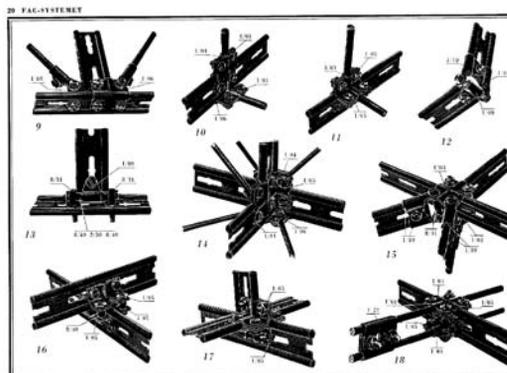
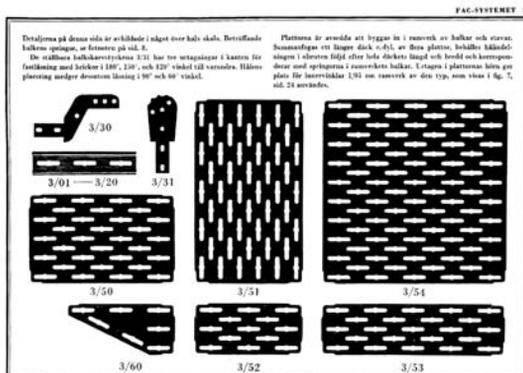
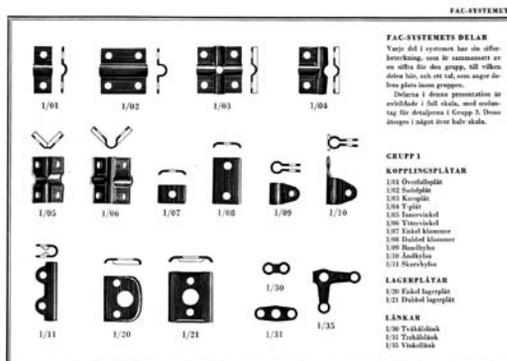
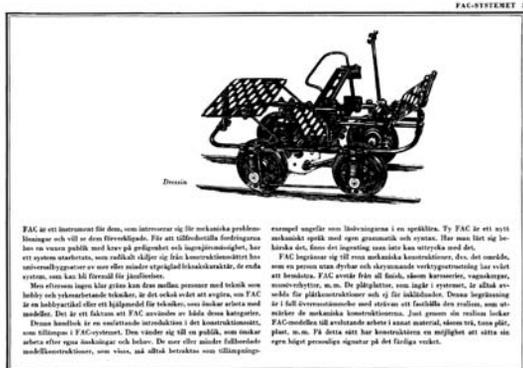


## 4. FAC System

Inventado por el artista sueco, Mark Sylwan (1914-1993) a principios de la década de 1950 y se presentó por primera vez en el museo Tekniska de Estocolmo en 1952, y patentado en 1953. Los primeros *sets* fueron lanzados al mercado como un juguete, pero en 1955 se produjeron mecanismos más complejos dirigidos a ingenieros. La presentación de este sistema lo define como “un conjunto universal de piezas de construcción, un sistema de partes estándar que pueden ser combinadas en una serie de ilimitadas dimensiones, dependiendo del módulo de construcción”.<sup>138</sup>

73 Manual de kits de construcción Fac-System, ca. 1955. [fischertechnik.de]

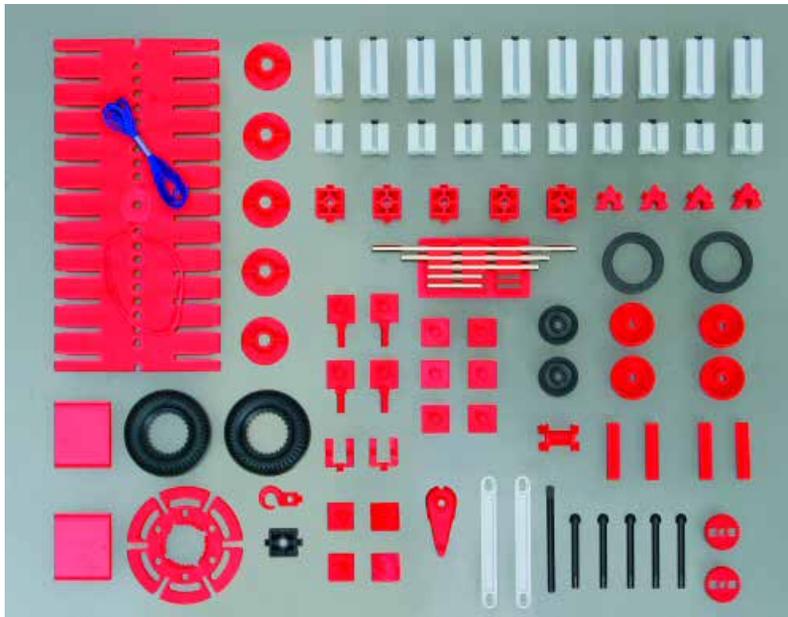
Se venden en piezas sueltas o en cuatro grupos: Accesorios de entrenamiento; Accesorios estándar; Accesorios de engranes; y, Accesorios estructurales.



<sup>138</sup> Información tomada de: [www.facsyste.ms.se](http://www.facsyste.ms.se) [consultado en 2007].

## 5. Fischertechnik

Con la idea de regalar un juguete novedoso y exclusivo a sus clientes, el inventor alemán Artur Fischer,<sup>139</sup> ideó este sistema formado con piezas de plástico, en 1965. La empresa que lo produce forma parte de un grupo industrial llamado Fischerwerke, cuyo giro principal es la manufactura de componentes para la industria de la construcción y la industria automotriz. En el surgimiento de Fischertechnik, Artur Fischer trasladó su experiencia en ingeniería y materiales de su compañía con el fin de crear un sistema de modelaje de alta capacidad y calidad, que sirviera como enlace entre la industria y la educación. En la actualidad incluyen conceptos tecnológicos y de ingeniería, promoviendo la asimilación progresiva de conceptos de mecánica, estática, electrónica, robótica, neumática y hasta programación. Ofrece productos para niños desde 5 años hasta personas adultas.



74 Piezas y un modelo construido con las piezas Fischertechnik.

[fischertechnik.de]



.....  
<sup>139</sup> Artur Fischer, nacido en 1919, tiene, entre más de mil patentes, el invento del taquete plástico.

## 6. Zometool

Zoometool esta formado por un conjunto de piezas (básicamente dos: un nodo y travesaños). Su creador, el americano Steve Baer (1938), se describe como matemático, ex hippie y autodidacta. Baer formó parte de Drop City, una comunidad hippie que inspirados por Buckminster Fuller vivía en domos geodésicos en una región de Colorado. En la práctica Baer encontró que los domos tenían sus limitaciones y desarrolló su propio sistema.

En 1969 se registra la compañía ZomeWorks para desarrollar trepadores para niños, estructuras y los juguetes que son estructuras a escala con una esfera en plástico y palillos en madera, que fuera mostrado al público por primera vez en la Toy Fair de Nueva York en 1971, pero sin fondos para producirlo. En 1979 se unieron los talentos de Marc Pelletier –geómetra y admirador del trabajo de Baer– y Paul Hildebrandt –interesado en el desarrollo de casas con estructuras alternativas–, para perfeccionar el sistema en busca del nodo ideal, y hacerlo accesible a niños menores de 6 años; lo que les tomó diez años. La realización del nodo que tenían en mente era un trabajo difícil de realizar con la tecnología de inyección de plástico del momento, debían crear una máquina especial para materializarlo. Ahí entra en escena un tercer entusiasta de la idea, Bob Nickerson, que estaba convencido de poder desarrollar el equipo necesario, lo que logró el 1 de abril de 1992.

75 Casas geodésicas en la comuna alternativa Drop City, cerca de Trinidad, Colorado, 1965.  
[tomado de *Your Private Sky...*]



Zomeworks continuó como empresa pero ahora se dedican a producción de celdas fotovoltaicas. Zometools comercializa este sistema en varios *kits*, unos para niños y otros para usos profesionales en universidades, ya que es una excelente herramienta en la modelación de problemas geométricos de alta complejidad.<sup>140</sup>



76 Piezas del catálogo de Zome y estudiantes usando esta herramienta.  
[zometool.com]

140 Información tomada de la página Web: <http://www.zometool.com/about-us/>



## IX. SISTEMAS CONSTRUCTIVOS FLEXIBLES PARA MOBILIARIO

En este capítulo se verán dos casos de *Sistemas constructivos flexibles y abiertos para mobiliario armable en metal* que tienen como antecedente un sistema de construcción arquitectónica prefabricada en metal. Estos dos sistemas cumplen con las características que se han buscado a lo largo de esta investigación: son sistemas constructivos flexibles y abiertos para mobiliario armable en metal. Sistemas constructivos, porque están conformados por dos piezas básicas, a partir de las cuales se puede armar una gran cantidad de versiones de mobiliario; flexibles y abiertos, ya que con esas dos piezas básicas se pueden generar construcciones sin límite de tamaño y de acuerdo a las necesidades del usuario. Ambos sistemas surgen a partir de un sistema constructivo de arquitectura prefabricada en metal.

Las piezas básicas que lo conforman son un nodo especialmente diseñado para el sistema y travesaños, aunque para ampliar sus posibilidades de uso en mobiliario se han implementado diversos tipos de superficies y múltiples accesorios. Estos sistemas son un ejemplo de cómo *la reducción puede ser un medio de multiplicación*.

En su concepción se logra encontrar, por medio de la abstracción, un conjunto mínimo de piezas que en su asociación conforman un *sistema abierto y flexible*. Gracias a lo cual, la propuesta de diseño es racional, tanto en los recursos para su producción, distribución, transporte, almacenamiento, y porque están concebidos con la idea de permanencia y contra la mentalidad del desecho.

77 Comprehensive Storage System (CSS) de George Nelson. Producido por Herman Miller de 1957 a 1973. [georgenelsonfoundation.org]

78 Storgewall creado por George Nelson, aparece en la portada de la revista *Life* el 22 de enero de 1945. [georgenelsonfoundation.org]

79 Página 18 del libro *Tomorrow's House* de George Nelson.



## 1. Sistemas modulares para mobiliario

En el ámbito doméstico o de oficina, se encuentran dos casos que coinciden en varios principios con los Sistemas tema de este estudio.

George Nelson publica en 1945 el libro *Tomorrow's House*<sup>141</sup> donde hace un estudio de las necesidades de la “vida moderna”, para definir los parámetros con los que debía trabajar un arquitecto al diseñar una vivienda. Un capítulo está dedicado al problema del almacenamiento, ahí propone el *Storagewall*, un sistema modular formado por unidades de madera que podría ser utilizado de dos lados, de modo que sirviera también como muro divisorio entre piezas. En 1950 diseña el OMNI System, un tipo de librero con perfiles metálicos que se empotran a la pared, a los cuales se le pueden incorporar cajones, puertas, e incluso repisas que sirvan de mesa. Esta propuesta tuvo una distribución y éxitos limitados, pero bajo el mismo principio realiza para Herman Miller su Comprehensive Storage System (CSS) que será comercializado a partir de 1957, antecedente de los sistemas de almacenamiento contemporáneos, es el primer caso de *Sistema constructivo flexible y abierto para mobiliario armable en metal* que se encuentra en la historia del mobiliario. La obra de Nelson sienta un precedente también en la forma de enfrentar un problema de diseño, al tipo de análisis que se hace un diseñador al enfrentarse a un problema que debe brindar una solución a una necesidad determinada.

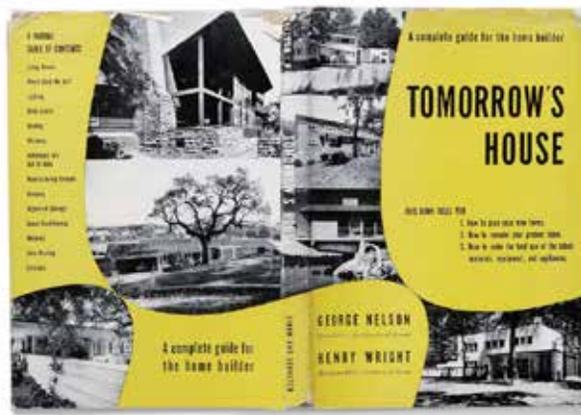
Relacionados con George Nelson, la pareja de Charles y Ray Eames diseña para la compañía Herman Miller los *Eames Storage Units*, con los cuales pretendían ofrecer un sistema de mobiliario modular, ligero, versátil y desmontable.

.....  
<sup>141</sup> George Nelson, *Tomorrow's House...*, Simon and Schuster, p. 216. En el capítulo 12 “Organized Storage” (pp. 135-142), expone su “teoría del almacenamiento” en una casa moderna.

**80** Comprehensive Storage System (CSS). Carriles de aluminio extruido con componentes de madera. (izquierda abajo).

**81** Portada y contraportada del libro *Tomorrow's House*. *A complete guide for the home builder*. Escrito por George Nelson en colaboración con Henry Wright (abajo).

[georgenelsonfoundation.org]





82 Eames Unites Storage (EUS), creado por la pareja Eames, producido y distribuido por Herman Miller en 1950. [eamesoffice.com]

Este caso se relaciona también con los sistemas constructivos arquitectónicos, ya que esta pareja había construido en ese año su casa bajo los principios de la arquitectura prefabricada, formalmente muy similar a estos muebles. En un su concepción, este sistema se podría adquirir en piezas para que los usuarios lo armaran al recibirlos en sus hogares (u oficinas), pero parece que esa idea era anticipada para la época, ya que no fue bien recibida, y la compañía decidió comercializarlo armado, ofreciendo sólo tres modelos.

Más adelante en el tiempo, encontramos otro tipo de sistema que formalmente se relaciona bastante con la arquitectura prefabricada, diseño de Bruno Munari y llamado Abitácolo (en español Habitáculo).<sup>142</sup> Este caso está documentado por su autor en el libro *¿Cómo nacen los objetos?*, por lo cual sabemos que Munari planteó como problema encontrar un espacio mínimo en la casa familiar donde se pudiera brindar el mayor número de servicios para un niño mayor de 8 años, un espacio *transformable* y *personalizable* por quien lo usara; la solución responde al máximo de funcionalidad, “Habitáculo es el espacio habitable reducido a lo esencial”, escribe Munari en el folleto de venta,<sup>143</sup> donde también lo describe como una estructura de acero plastificado, resultante de la combinación de un módulo de 20 cm, que se monta fácilmente, y

142 Bruno Munari, *¿Cómo nacen los objetos? Apuntes para una metodología proyectual*, pp. 188-203.

143 Bruno Munari, *op. cit.*, p. 198.



**83** Abitácolo, diseño de Bruno Munari, producido por Robots en 1971. Recibió el Compasso D'Oro en 1979. "Pesa 51 Kg., y puede soportar el peso de 20 personas"

se sostiene por medio de solo ocho palomillas de roscas. En esta estructura se pueden fijar una mesa, una cama, libreros, repisas y una lámpara, como elementos esenciales para lograr un espacio mínimo habitable. Pensando en el proceso de producción y distribución, también se consideró que ocupara el mínimo de espacio desarmado, y un peso que no implicara mayor problema para su transportación.

Este caso es un ejemplo de *Sistema constructivo flexible y abierto para mobiliario armable en metal*. Llama la atención que en

ninguno de los tres casos se ha realizado un tipo de pieza especial para facilitar el trabajo de ensamblado, tanto en los ESU, como en el Habitáculo se siguen empleando tornillos y tuercas, lo que los mantiene en cierto grado limitados. El desarrollo de una pieza especial de unión, un nodo, como el que se ha desarrollado para algunos sistemas de arquitectura prefabricada brinda una nueva posibilidad para los *Sistemas modulares flexibles para mobiliario*.

A lo largo de este estudio se han revisado diversos casos de construcciones como ejemplo de los cambios en la arquitectura prefabricada, a partir de esta revisión se puede decir que existen dos tipos de desarrollos en los *Sistemas constructivos flexibles y abiertos para mobiliario armable en metal*, aquéllos que trabajan con piezas estándar prefabricadas y que se mantienen unidas por medio soldadura, por tornillos o remaches; y otros donde se ha desarrollado una pieza de unión, un nodo especialmente diseñado para el sistema en cuestión. Esta pieza es clave para que el sistema esté formado por un mínimo de piezas, que sea desmontable, versátil y ligero. Es de llamar la atención que este tipo de sistemas no abundan en la historia del diseño o de la arquitectura. Los casos ubicados son han sido desarrollados por europeos, en Alemania y en Suiza.

Una pregunta que queda en el aire es si la Escuela de Bauhaus tiene algún papel en estos desarrollos. A continuación revisaremos estos dos casos de Sistemas modulares flexibles y abiertos para mobiliario desarmable en metal, el Sistema USM creado en la década de 1960 en Suiza y el Sistema 180 patentado en 1990 en Alemania.

## 2. Sistema USM

### a) Historia

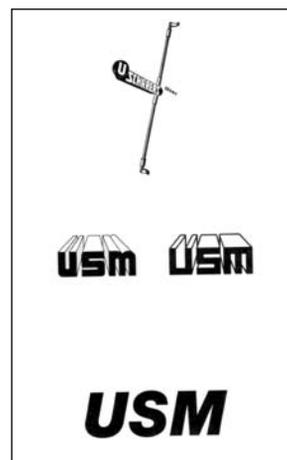
Esta sociedad lleva las siglas del nombre de su fundador: Ulrich Schärer Münsingen.<sup>144</sup> En 1885 Ulrich Schärer establece un taller de forja en Münsingen, cerca de Berna (Suiza). Al crecer sus hijos se integran al negocio familiar y ayudan a ampliar la gama de productos. En 1929 traspasa el negocio a sus hijos Robert, Paul y Hans Schärer y se transforma en sociedad colectiva, se trabaja principalmente sobre la producción de cerraduras para ventanas. En los años de la posguerra viven una etapa de crecimiento y expansión. En 1963 crean el sistema modular Haller de USM, en colaboración con Fritz Haller, arquitecto que se había hecho cargo del proyecto arquitectónico para nuevas naves de la empresa, un par de años antes.<sup>145</sup> En 1969 se inicia la producción en serie y venta del sistema modular Haller de USM, con un primer gran pedido, el amueblar el Banco Rothschild en París.

Paul Schärer, tercera generación de la familia en la empresa, cuenta<sup>146</sup> que él buscó a Fritz Haller para la construcción de nuevas naves de la empresa, seducido por su trabajo de tipo modernista. Haller diseñó una construcción flexible, que pudiera responder a las necesidades de crecimiento futuras. El nuevo edificio fue bien recibido en el medio arquitectónico y publicado en numerosas revistas. Pero el hecho decisivo fue su aparición en *Bauen+Wohnen*, influyente revista germano-suiza de la época: “es a este evento que debemos la evolución de la sociedad” —subraya Paul Schärer—. A partir de su

144 Información tomada del folleto *USM – la marque, les produits*, editado por USM U. Schärer Söhne AG, Münsingen, Suiza en junio de 2003.

145 En el apartado sobre Konrad Wachsmann se encuentra la información biográfica de este arquitecto.

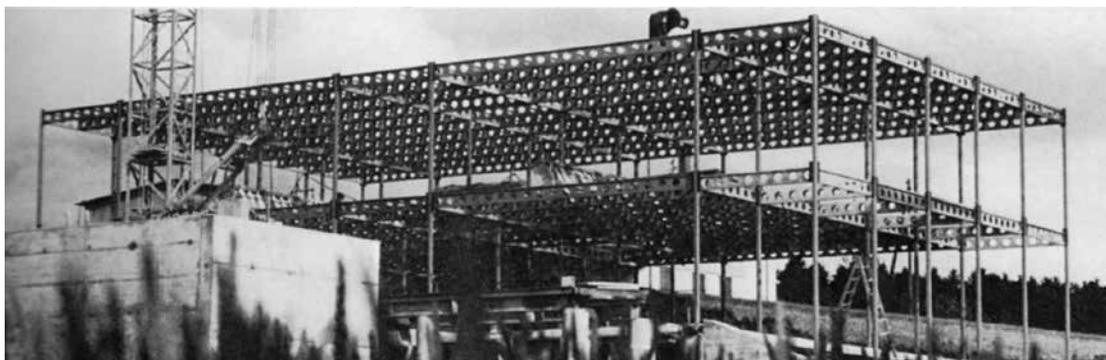
146 Extracto de un discurso de Paul Schärer en el Deutsches Architekturzentrum DAZ, Berlín, publicado en el folleto *USM – la marque, les produit*, editado por USM U. Schärer Söhne AG, Münsingen, Suiza en junio de 2003, pp. 11-13.



84 Transformación de la marca USM en su historia.

85 Obreros trabajando en la producción de herrajes en las instalaciones de la fábrica USM, ca. 1929.

[tomado de publicación promocional de la marca]



86 Casa privada en Suiza  
construida con el Sistema  
“Mini” de USM Haller en 1967.  
[tomado de Spaces-USM, núm. 3/2008]

difusión por ese medio, se dieron numerosos pedidos y decidieron comercializarlo bajo el nombre de Sistema de construcción en acero USM, dirigido, en un principio, a la construcción industrial. Inmediatamente se encontraron ante el problema de amueblar estas construcciones ya que no encontraban muebles apropiados. Entonces, surgió la idea de tomar el concepto modular del sistema de las construcciones industriales, “es decir pasar del dominio macro de los inmuebles, al dominio micro de los muebles”. El resultado fue otra vez publicado en *Bauen+Wohnen*: USM, y como consecuencia de su difusión surge una proposición para amueblar el Banco Rothschild en París y Bob Blaich (vicepresidente de diseño de la sociedad Hermann Miller en Estados Unidos) pedía ir a ver sus muebles. En Rothschild se instalaron 600 puestos de trabajo y, por el otro frente, se logró un acuerdo de distribución internacional con la empresa estadounidense Herman Miller.

El acercamiento a la empresa Herman Miller los contactó con gente como Charles Eames, Probs y George Nelson, quienes trabajaban en direcciones similares. El lanzamiento de USM Haller en Estados Unidos, coincide con el lanzamiento de “Action Office 2” de George Nelson y Robert Propst.

En 1975 USM crea una filial en Alemania, y así comienza un prolífero camino. En 2001 el Museo de Arte Moderno de Nueva York lo incluyó entre su colección. Actualmente la sociedad USM está bajo el mando de la cuarta generación de la familia Schärer, y tiene filiales en todo el mundo.



**87** Montaje de estructuras en las instalaciones de USM Münsingen, Suiza.

[tomado de publicación promocional de la marca]

### **b) Fritz Haller creador del sistema USM**

El diseñador del sistema USM-Haller es el arquitecto suizo Fritz Haller (Solothurn 1924-2012), hijo de Bruno Haller, quien fuera también arquitecto. Realizó aprendizajes en varios despachos de arquitectura, dentro de los cuales se cuenta la Oficina Rotterdam van Tijen (1948/1949), como especialmente influyente. Las cabezas de ese estudio eran Willem van Tijen (1894-1974) y Jacob Berend Bakema (1914-1981), unos de los representantes más importantes del funcionalismo alemán de la posguerra. Willem van Tijen, a su vez influenciado por Ernst May, arquitecto, urbanista y diseñador alemán (1886-1979), adopta la idea de una arquitectura que abarca todas las áreas de la vida: desde la construcción a gran escala de complejos habitacionales, hasta el diseño y equipamiento de las cocinas, poniendo el acento en la producción masiva y la factibilidad económica de la realización de los proyectos y productos. Esta “actitud de diseño económicamente-funcionalista [...] seguramente tuvo un efecto en el joven Fritz Haller”.<sup>147</sup>

<sup>147</sup> Klaus Klemp. *The USM Haller Furniture System*, (Design Classics), Art Books Intl Ltd, 1998, 48 pp. (página sin número). [Consultado en: <http://www.amazon.com/>]

Posteriormente, Haller estableció un estudio con su padre y durante dos décadas realizaron numerosos proyectos en su país, formando lo que se llamó la “escuela de Solothurn”,<sup>148</sup> importante movimiento modernista en Suiza. Durante el periodo de 1962 a 1971 trabajó con el Institute for Building Research que Konrad Wachsmann dirigía en la Universidad de Sud California en Los Ángeles, con una estancia como profesor invitado de 1968 a 1971. Es decir, que durante nueve años colaboró con Wachsmann, con quien compartía el interés por la arquitectura considerada como sistema y el desarrollo de un conector universal.<sup>149</sup>

Durante ese periodo realiza los hangares industriales de USM (1963-1965), en colaboración con Paul Schärer (nieto del fundador de USM). Para su diseño se vale ya del uso de un sistema constructivo flexible con estructura en metal, que permite realizar sus aplicaciones de una forma abierta, muy útil y práctico para las naves industriales —como se ha mencionado líneas arriba—, este sistema que fue utilizado primero para construcciones industriales y posteriormente se adecuó para la construcción de mobiliario armable USM-Haller.

Fritz Haller fue profesor honorario en la Universidad de Stuttgart en 1974, profesor de la Universidad de Karlsruhe, Alemania (Karlsruhe Institute of Technology) de 1977 a 1990; fue miembro de la Federación de Arquitectos Suizos y de la Academia de Bellas Artes de Berlín; recibió un doctorado Honoris Causa de la Universidad de Dortmund en 1992.<sup>150</sup>

.....  
Haller-Furniture-System-Design-Classics/dp/3931317439/ref=sr\_1\_2?ie=UTF8&qid=1425830465&sr=8-2&keywords=fritz+haller, en marzo de 2015]

148 A propósito de una exposición sobre la obra de este arquitecto que tiene lugar en el Swiss Architecture Museum Basel de mayo a agosto de 2014. <https://www.smow.com/blog/2014/05/fritz-haller-architect-and-researcher-at-the-swiss-architecture-museum-basel/> [consultado en 10/02/2015].

149 A propósito de una exposición sobre la obra de este arquitecto que tiene lugar en el Swiss Architecture Museum Basel de mayo a agosto de 2014. <https://www.smow.com/blog/2014/05/fritz-haller-architect-and-researcher-at-the-swiss-architecture-museum-basel/> [consultado en 10/02/2015].

150 Dictionnaire historique de la Suisse. [<http://www.hls-dhs-dss.ch/textes/f/F27355.php>, consultado en marzo de 2015]

En enero de 2010 la Universidad ETH Zurich (gta-Institute for the History and Theory of Architecture) recibió los archivos de este arquitecto y como parte de este acontecimiento se han organizado una serie de eventos en torno al trabajo e influencia de Fritz Haller: un simposio internacional (marzo de 2012),<sup>151</sup> una magna publicación y una exhibición en el Swiss Architecture Museum (SAM) en Basel (mayo-agosto, 2014). Los organizadores del simposiun declaran que Haller de fue “uno de los más radicales representantes de la arquitectura concebida como sistema (constructivo)”.<sup>152</sup>

### **c) USM, Sistema modular flexible para mobiliario**

Este sistema de acero cromado está formado tres piezas básicas: un nodo con seis perforaciones, una pieza-tornillo y tubulares; el nodo funciona como tuerca y punto convergente, que recibe seis conexiones; la pieza-tornillo que se introduce en los tubulares, se expande para fijar los ejes. Así se forma una estructura que puede crecer en todos los ejes; hacia arriba, hacia los lados, e incluso hacia atrás; brindando un sistema de formas rectangulares.

El sistema USM-Haller cuenta por un lado con mobiliario realizado con las piezas base, pero se complementa con mesas y accesorios, con lo cual se conforma una opción muy adecuada para estaciones de trabajo en oficinas. Para las necesidades de una empresa resulta muy útil este sistema, ya que se puede ir adecuando a los cambios constantes en la misma, ya sea por crecimiento, mudanza o reubicación de los puestos de trabajo.

Los sistemas de muebles USM se basan sobre el principio de un sistema abierto. Prácticamente modificable hasta el infinito, los muebles permiten un gran adaptación a las necesidades individuales al nivel de organización y de la configuración de puestos de trabajo y contribuyen así a la promoción y a la obtención de



**88** Nodo y construcción básica del Sistema USM-Haller.

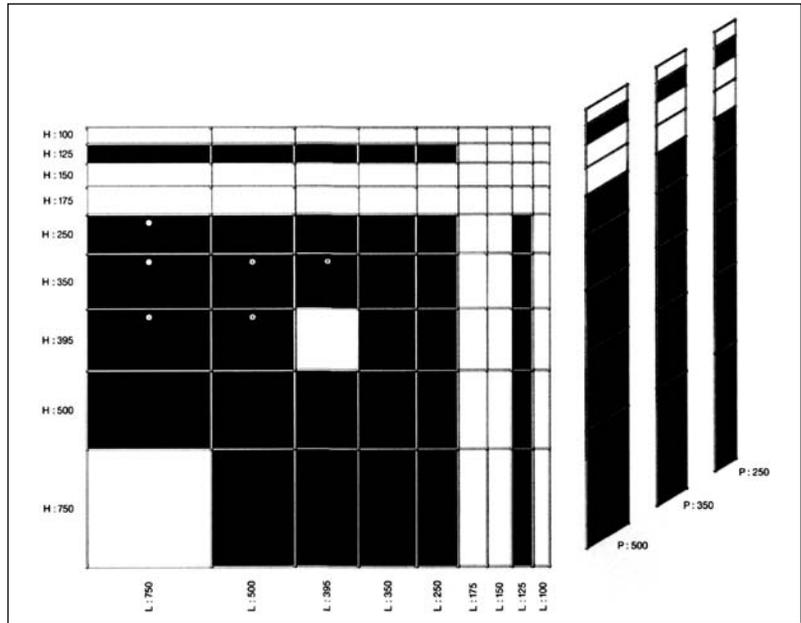
.....  
<sup>151</sup> <http://www.gta.arch.ethz.ch/events/fritzhalter-eng>, consultado en 03/2015.

<sup>152</sup> Laurent Stalder (Prof. Dr.) y Georg Vrachliotis (Prof. Dr.), *Fritz Haller. A history of architecture of the abstraction*, Proyecto de investigación en el Institute for the History and Theory of Architecture, gta, ETH Zurich, gta Archives. [<http://www.archiv.gta.arch.ethz.ch/researchprojects/fritz-haller-as-a-researcher>].

89 Las tres piezas básicas del Sistema USM.



90 Sistema de medidas para conformar los muebles de USM-Haller.



un clima de empresa creativo. Reducidos a lo esencial, todas las líneas de productos son una declaración de simplicidad estética y de precisión funcional.<sup>153</sup>

El sistema modular USM Haller cumple 50 años de su creación en el 2015, y la compañía lo celebra con la organización de un evento donde varios profesores y estudiantes de prestigiosas escuelas de diseño a nivel mundial hacen talleres donde se cuestiona y replantea el concepto de modularidad, tema que trataremos más adelante.<sup>154</sup>

.....  
153 Información tomada del folleto *USM – la marque, les produit... op. cit.*, p. 25.

154 Detalles de estos eventos en: <http://project50.USM.com> [consultado en 11/ 2014 - 02/2015].

#### **d) USM en México**

Los productos USM se distribuyen en México por medio de la compañía Alter Spatio, S.A. de C.V., desde 1996. En entrevista Alejandro Contreras, dueño de Alter Spatio, nos cuenta que es él quien se acerca en 1995 a USM con la propuesta de ser su distribuidor en México, al conocerlos por casualidad, en una Feria de Chicago.<sup>155</sup> Dice que con su visión de arquitecto le parecieron muy atractivos los espacios laborales que se desarrollan con el Sistema Haller USM, ya que al ser espacios abiertos, podía ser un concepto más adecuado para la cultura mexicana; mientras que en ese momento dominaban los espacios divididos con paneles. En un principio se enfocó a los espacios de alta dirección de empresas, por cuestión de precios. Por ser un sistema de mobiliario, lo que se ofrece es la planeación de los espacios, y su aplicación principal es el de acondicionamiento para espacios laborales en grandes corporaciones. Sus clientes en el caso corporativo, alrededor de 80 por ciento son empresas europeas; en el caso residencial es a través del arquitecto, que conoce la marca y la propone a sus clientes. En relación a su mercado, dice Contreras, que están en la punta de la pirámide el nicho de mercado es bastante reducido porque el costo es elevado en relación con otros sistemas, pero por su calidad se considera que es una inversión redituable. En general son los inversionistas de los corporativos los que aceptan pagar más porque saben que lo harán una sola vez ya que esto muebles pueden durar décadas. Alter Spatio brinda atención post compra y comenta Contreras que sólo una vez ha tenido que cambiar un entrepaño, debido a un accidente con el mueble al que le dejaron caer encima algo de mucho peso. En relación con el mercado mexicano, su competencia son Herman Miller (EUA) y Vitra (Suiza).

.....  
<sup>155</sup> Información tomada de la entrevista realizada a Alejandro Contreras el jueves 29 de enero de 2015 en las oficinas de Alter Spatio en la ciudad de México.



**91** Algunos de los modelos de la línea USM-Haller, en folleto promocional.

[tomado de publicación promocional de la marca]



92 Ejemplos de uso.  
[usm.com]

Ante la pregunta sobre algún concepto mexicano similar, Alejandro Contreras responde que no hay ninguno, a su parecer porque en México no se invierte en tecnología, y eso provoca que no haya desarrollos de alta calidad con diseño y planeación. Sin embargo, comenta que en fechas recientes ha visto firmas mexicanas participando en ferias internacionales que le han llamado la atención, primero por participar y competir a nivel internacional, y segundo por mostrar un concepto donde confluyen un diseño que se identifica como mexicano, y al mismo tiempo “modernos”.<sup>156</sup>

.....  
156 Específicamente mencionó la marca pirwi. Posteriormente se investigó sobre esta firma y se encontró que actualmente, además de las líneas de mobiliario en madera que comercializan a nivel internacional; han impulsado un proyecto donde se pretende realizar prototipos de sistemas de construcción prefabricada para viviendas, inspirados por Jean Prouvé. Los despachos participantes son: atio3, Dellekamp Arquitectos y CC Arquitectos, las premisas para estos diseños son “respetar el compromiso con el ambiente, el uso de materiales sustentables, el diseño sencillo y funcional y los procesos constructivos que caracterizan a Pirwi” [madera contrachapada conformada en bloques por medio de adhesivos] . [Información proporcionada por Alberto Shueke en el Showroom de la firma en la ciudad de México, 01/2015]

### e) USM, ciclo de vida

Aún los sistemas de muebles construidos hace más de un cuarto de siglo son útiles todavía porque son atemporales y no cesan de adaptarse fácilmente a las necesidades cambiantes de sus usuarios.<sup>157</sup>

#### Productos USM en el ciclo de vida<sup>158</sup>



El factor más importante para considerar los productos USM de bajo impacto ecológico, es la durabilidad, entre más larga sea la vida de un producto, menos contribuye a la contaminación del ambiente. Otros factores pueden ser: el material del que están hechos (acero cromado); la posibilidad de usar los mismos elementos para un nuevo modelo; y que el diseño de los muebles no tiene tiempo, por lo que no pasan de moda. La ventaja de un sistema abierto es que gracias a su configuración permite ser adaptado a condiciones distintas, alargando así, la vida del producto. Como se muestra en el cuadro, el sistema tiene tres fases de reciclaje antes de optar por la eliminación, ya que un primer término

<sup>157</sup> Tomado del folleto *USM. Systèmes d'aménagement. Développement durable*, con un estudio llevado a cabo en el otoño de 2004. Material incluido en el material promocional de la marca, p. 9.

<sup>158</sup> Información y tablas tomados de *USM. Systèmes d'aménagement. Développement durable*, sin datos de edición, folleto editado posiblemente con motivo de la obtención de certificación por el instituto Greenguard en 2007 por la calidad del aire, con bajo nivel de productos químicos y de partículas, es decir de contaminación interior, signo de un ambiente sano. Estudio llevado a cabo en colaboración con ETHags Zurich.

se puede cambiar cada elemento en caso de daño, en segundo término, puede cambiar su función al reacomodarse para un nuevo modelo; y, la tercera posibilidad es hacer reuso del material que se recicla en un 100%.

SYSTEM  180



### 3. System 180

Dentro de los libros de historia de la arquitectura o construcción en metal no se encontró referencia alguna al System 180, pero en la publicación *the eco-design handbook*, que publica Thames & Hudson en 2004, aparece calificado como una propuesta de mobiliario “ecológico”. Este sistema parece muy similar en sus principios al USM-Haller, ya que consta de estructuras rectangulares que se arman con travesaños tubulares y una pieza de unión desarrollada ex profeso, y como su creación es posterior y geográficamente muy cercanos, se puede suponer que su creación está inspirada en el sistema suizo. A pesar de ser el mismo principio, en esta marca desarrollan más conformaciones de mobiliario y espaciales, que en el USM-Haller, logrando un sistema verdaderamente versátil, provocando irremediamente la comparación con el Meccano.

Este sistema se presenta como “un sistema modular de barras de acero inoxidable, ideal para equipamiento de mobiliario en el ámbito de la oficina y del hogar, así como para construcciones de tipo arquitectónico”.<sup>159</sup> Para su desarrollo se ha tomado como base

159 Material promocional distribuido directamente por correo electrónico. [enero de 2015]



**93** Piezas tubulares del Sistema 180 en aplicaciones arquitectónicas.

[Tomado de folleto promocional].

la longitud de 180 mm —unidad base del módulo—, bajo la premisa de que esta medida se encuentra de manera recurrente en el ámbito del ser humano. En su página internet explican que, por ejemplo, 1 x 180 mm, es la medida de un escalón; 2 x 180 mm, de un archivador; y, 4 x 180 mm, es la medida de una mesa. El sistema está compuesto por dos piezas básicas: barras de acero inoxidable de 20 mm de diámetro con terminaciones aplanadas con una perforación central, y un nodo de unión, que es una especie de arandela con una perforación central y troquelada marcando cuatro puntos a 90°. Este nodo brinda la posibilidad de incorporar elementos en ángulos variables. Otra particularidad es la utilización de elementos diagonales para reforzar su estabilidad.

Fue concebido por el arquitecto, comisario de exposiciones, especialista en técnicas de iluminación y catedrático Jürg Steiner



94 La pieza base del System 180. Distintos tamaños según su aplicación. [system180.com]

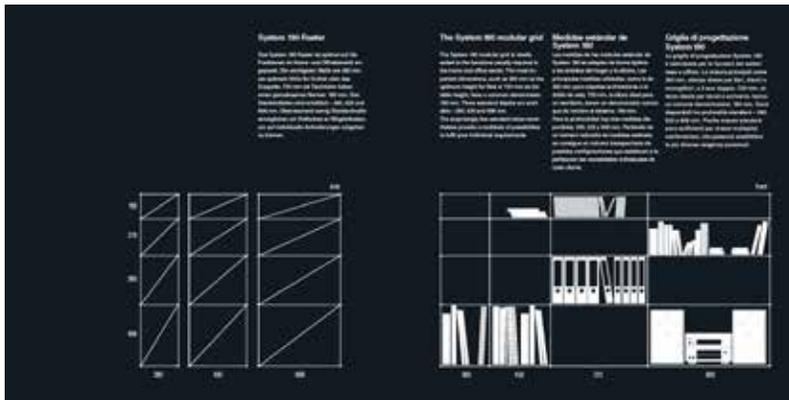
(Zürich, 1950),<sup>160</sup> en la década de 1980, como un “sistema de construcción espacial”. Al principio fue nombrado System Steiner y su objetivo era la construcción de espacios en ferias temporales y equipamiento de museos. Se patenta en 1990 como System 180, sistema modular de muebles de acero inoxidable; y al año siguiente se conforma la sociedad System 180, GmbH para su producción y distribución.

Después de ocho años abren su primer showroom en Berlín y es cuando empiezan a crecer. Su diseño ha sido reconocido con numerosos premios, como el iF Design Award (2000/2001), el Reddot Award (2011), nominaciones al German Design Award (2011/2013), al Premio Federal Ecodesign (2012); y al premio Focus Open Silver (2013).<sup>161</sup> Esta marca se produce en Berlín y comercializa principalmente en Alemania, y actualmente cuenta con Showrooms en Roma y Madrid.

En todo el material explicativo y promocional de la marca se encuentran los mismos conceptos que en USM: simpleza, versatilidad, estética atemporal, uso tanto en hogar como en oficina, montaje sencillo y con la posibilidad de modificar el mobiliario adquirido con anterioridad; gracias a su modularidad se pueden configurar a la medida y necesidades del usuario; se presenta como un bien sustentable, con el uso del acero se asocia con la permanencia y contra la mentalidad del desecho. También cuentan con certificaciones de respeto al ambiente (ISO 9001: 2008 y 14001: 2004). En 2008 introduce una línea de accesorios con puertas, cajones y paneles que amplían las posibilidades de uso.

160 Jürg Steiner. *System 180*. Bauwelten, Wasmuth Ernst Verlag, 2010, pp. 201. [consultado en <https://www.jpc.de/jpcng/books/detail/-/art/J%FCrg-Steiner-System-180-Bauwelten/hnum/7844983, 03/2015>]. Jürg Steiner es profesor de la Universidad de Wuppertal, en el área Diseño de exhibiciones y ferias, y maneja una empresa de servicios de arquitectura, exposiciones y diseño de interiores; vive entre Berlín Wuppertal [<http://www.red-dot-21.com/Steiner>, consultado en 03/2015].

161 Información tomada de la página de la empresa (<http://www2.system180.com>), consultada el enero de 2015, y del material promocional de la empresa recibido por quien escribe, en junio de 2009.



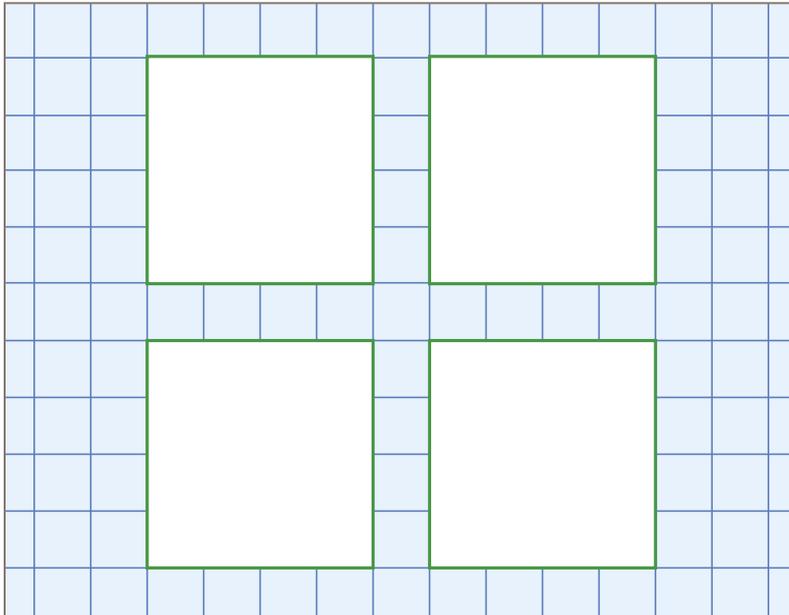
95 Páginas del folleto promocional donde se muestran distintos modos de uso.





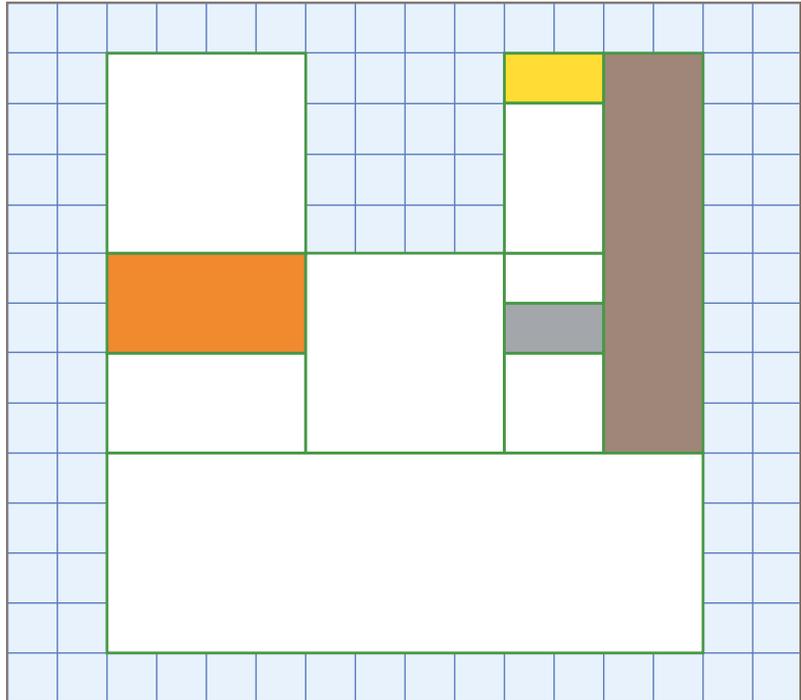
## X. CONCLUSIONES

En esta investigación se ha visto que la simplificación es una premisa de la producción industrial y cómo a lo largo de la historia han sido distintas las formas de buscarla. En un principio se temía que implicara el empobrecimiento de los productos que parecía una tendencia que marcaba la producción en serie. Pronto surgieron maneras de evitarlo. Las limitaciones de trabajar con moldes, por ejemplo, se podían superar con la intercambiabilidad de piezas, multiplicando así las presentaciones de un solo modelo. Posteriormente, la aplicación de un *concepto modular* permitió que los productos se complementaran: trabajando con unidades mínimas, con un lenguaje en común, se podrían sumar los elementos y así *armar* sin límites: se introduce el *Sistema modular*. La adopción de los principios anteriores, Sistema modular con intercambiabilidad de partes conforma un *Sistema modular versátil*.

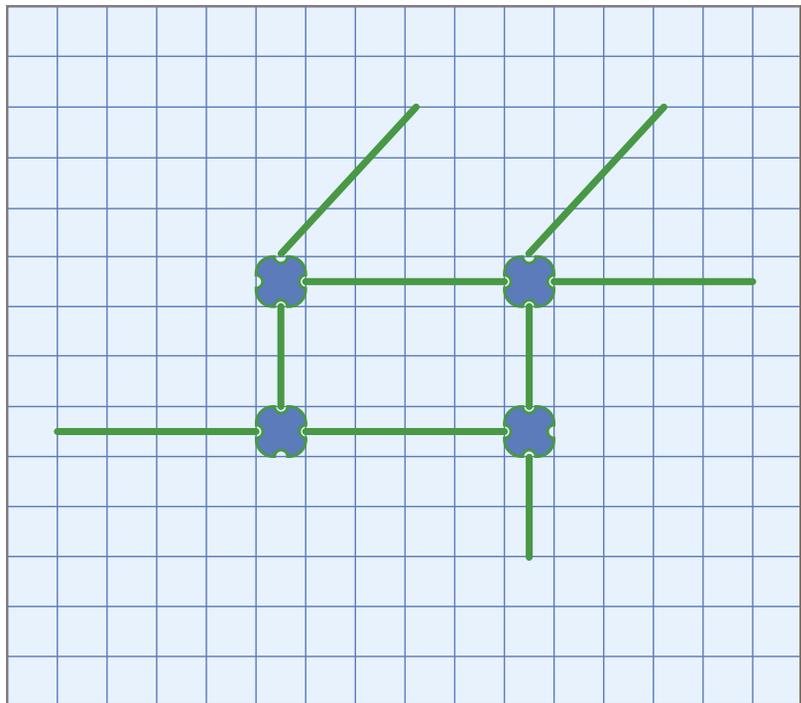


96 Módulo.

97 Sistema modular con partes intercambiables.



98 Sistema constructivo flexible y abierto.



Tomando los principios anteriores, ¿qué tan lejos se puede llegar? Depende del diseño del sistema. Los sistemas modulares pueden ser también *Sistemas constructivos*. Un sistema modular puede derivar en un sistema constructivo, un sistema constructivo no es siempre un sistema modular.

Un *Sistema constructivo* está formado por una serie de piezas que al asociarlas articulan un desarrollo mayor; se construye. Cuando un Sistema constructivo trabaja con piezas estandarizadas adquiere mayores posibilidades de intercambiabilidad.

Cuando un Sistema constructivo es modular trabaja con unidades mínimas comunes. Si la unidad mínima permite asociaciones múltiples, se podrá construir casi sin límites y podrá ser un *Sistema constructivo flexible y abierto*. Flexible porque las piezas asociadas pueden variar, abierto porque permite la posibilidad de crecer o cambiar.

En la historia de la construcción prefabricada en metal, en busca de los antecedentes de los *Sistemas constructivos flexibles y abiertos para mobiliario armable en metal*, revisados en los capítulos anteriores, los primeros casos relacionados que se encuentran surgen en la segunda mitad del siglo XIX: el Palacio de Cristal, como primer *Sistema constructivo* que utiliza piezas prefabricadas en metal, que nace con la idea de ser *armable* o *desmontable*; los puentes metálicos, invernaderos y mercados cubiertos son del mismo tipo pero no *desmontables*. El Sistema de los Puentes portátiles económicos desmontables de Gustave Eiffel (ca. 1880), es el primer caso de un *Sistemas constructivo abierto armable en metal*. A principios del siglo XX, con los Sistemas constructivos a escala, surgen los *Sistemas constructivos abiertos con piezas intercambiables*: Matador (1899), con piezas de madera, y Meccano (1901), con piezas metálicas.

Los *Sistemas modulares aplicados en mobiliario* se desarrollan en el segundo tercio del siglo pasado y su primera aplicación es en las cocinas. En 1944, George Nelson propone el Storage Wall Sistem, un sistema modular para almacenamiento con posibilidad de ser también muro divisorio entre piezas. En el mismo periodo Jean Prouvé inicia su búsqueda por producir casas prefabricadas con

*Sistemas constructivos modulares desmontables* con elementos metálicos; en el mismo periodo y con los mismos principios Walter Gropius y Konrad Wachsmann diseñan el Package House System.

En 1950 se introduce el primer *Sistema constructivo abierto armable en metal para mobiliario* con el Omni System de George Nelson, pero no fue muy popular, es casi una década después con el Comprehensive Storage System (CSS) comercializado por Herman Miller que inicia su aceptación y marca una ruta fundamental para el posterior desarrollo de Sistemas de almacenamiento y de espacios de oficinas. Los Eames Storage Units (1952), se puede considerar el primer ejemplo de aplicación de este tipo de sistemas para armar mobiliario que contenía piezas enteramente intercambiables.

Los *Sistemas constructivos abiertos y flexibles armables en metal basados en un nodo* surgen alrededor de 1950, como sistemas arquitectónicos: Mero System (1949), Domos geodésicos (1948-1949), Hangar aéreo de Wachsmann (1951), y Cobertizos industriales USM (1961-1965).

Los *Sistemas constructivos flexibles y abiertos para mobiliario armable en metal* son una derivación de los sistemas arquitectónicos

99 Relación entre los sistemas modulares y constructivos con los paradigmas tecnológicos.

MOBILIARIO Tipo de sistema / primer caso	Año de introducción en el mercado	Paradigma tecnoeconómico Principios de 'sentido común' para la innovación
Sistema modular <i>Cocinas Cubex</i>	1932	<ul style="list-style-type: none"> <li>Partes estandarizadas</li> </ul>
Sistema constructivo abierto <i>Comprehensive Storage System</i>	1950/1959	<ul style="list-style-type: none"> <li>Producción en masa / Mercados masivos</li> <li>Economías de escala</li> <li>Estandarización de productos</li> </ul>
Sistemas constructivos flexibles y abiertos basados en un nodo <i>USM-Haller</i>	1969	<ul style="list-style-type: none"> <li>Heterogeneidad, diversidad, adaptabilidad</li> <li>Segmentación de mercados / Proliferación de nichos</li> </ul>

y su primer ejemplo es el Sistema USM-Haller que se comercializa en 1969, el segundo caso, el System 180, aparece diez años más tarde como un sistema constructivo para exposiciones y se aplica y vende como mobiliario a partir de los años 1990.

La forma de combinar las unidades mínimas para traspasar las limitaciones de la producción en serie van evolucionando. Hay un binomio formado por la reducción de costos y el desarrollo de formas de producción más competitivas —principios implícitos en la dinámica de libre mercado—, con la innovación.

Los *Sistemas constructivos abiertos y flexibles armables basados en un nodo* son un caso de Sistema constructivo de unidades mínimas: la estructura se forma con un nodo y perfiles. Es llegar a la esencia: punto y raya. Probablemente esa es la ventaja de adoptar como material el metal, se puede trabajar con un elemento muy resistente que permite literalmente construir con puntos y rayas.

¿Cómo y cuándo *Less is more*? La multiplicación de lo mínimo es un ejercicio de deconstrucción que requiere de estudio, análisis y abstracción con búsqueda de la esencia que permita entender y superar los límites. Las interpretaciones y soluciones pueden ser diversas. Eso es lo interesante de los *Sistemas constructivos abiertos y flexibles armables en metal*, el Sistema USM-Haller es un ejemplo de asociación de unidades mínimas con las cuales se logran desarrollos de límites indefinidos. El sistema podría brindar más posibilidades de las que sus fabricantes han querido comercializar, probablemente es una decisión de mercado. El System 180, trabaja con los mismos principios pero comercializa el Sistema de manera que sus desarrollos son más abiertos, con más posibilidades de aplicación. Cada uno de estos Sistemas tiene un nivel de personalización, ambos disponen de una página web donde el interesado puede hacer las combinaciones de elementos a su gusto, y a partir de ahí hacer su pedido. Pero es limitado, el sistema da para más, podrían ponerse a disposición del usuario de modo que resulte un juego creativo también para el usuario, a manera de Meccano.

¿Por qué los *Sistemas constructivos abiertos y flexibles armables para mobiliario en metal* son una respuesta de diseño racional y

adecuada para nuestro tiempo? Haciendo un análisis de acuerdo al libro *The eco-design handbook*,<sup>162</sup> donde se enuncian principios de diseño que ayudan que un producto sea racional y amigable con el ambiente, se puede calificar de la siguiente manera:

En la fase de preproducción:

- Anti-moda - un diseño que evita la temporalidad y estilos perenes
- Anti-obsolescencia - un diseño que se repara, mantiene, y actualiza fácilmente.
- Diseño clásico - un diseño que será socio-culturalmente durable.
- Reusable - un diseño que puede reciclarse al final de su periodo útil para un uso idéntico, similar o nuevo.

Preproducción, selección de materiales:

- Metal - un material abundante en la litosfera y ecosfera
- Extremadamente durable - sobrevivirá a la vida del producto
- Mono material - un material puro facilita el reciclaje

Fase de producción:

- Diseñado por ensambles - método racional con partes estandarizadas facilitan el proceso de montaje durante el montaje
- Diseñado para desarmarse - facilita el reciclaje y reuso
- Construcciones reusables - construcciones modulares demontables pueden ser transportadas y ensambladas en el lugar.
- Aunto ensamblajes - el ensamblado final es hecho por el consumidor ahorrando energía en el proceso de fabricación.
- Diseñado para reciclar - facilitando el desmontaje, reuso, y mantenimiento sin afectar el funcionamiento del producto durante su vida útil.

.....  
<sup>162</sup> Alastair Fyad-Luke, *op. cit.*

Reuso:

- Remanufactura - reuso de material sin cambiar su estado
- Reuso de material - incorporación del desecho
- Reuso de componentes - los componentes se pueden usar en un nuevo producto
- Componentes de un solo material
- Uso de componentes que se pueden re-colocar - componentes hechos para un producto se pueden reusar para un nuevo o diferente tipo de producto

Fase de distribución y transporte:

- Productos que se pueden almacenar en empaque plano y compacto maximizan el uso de transporte y espacio de almacenamiento
- Autoensamblaje - ahorra espacio en el transporte

Fase funcional y de uso:

- Diseño para la necesidad - no por crear un “estilo de vida”
- Personalizable - el usuario puede cambiarlo de acuerdo a sus necesidades
- Diseño modular - diseño que puede adaptarse a otras configuraciones y necesidades
- Portabilidad - un producto que se puede transportar fácilmente
- Actualizable - un producto que se puede actualizar reemplazando componentes viejos por nuevos
- Durabilidad - materiales resistentes y alta calidad de manufactura
- Fácil de reparar - productos que se arman y desarman fácilmente para reparar o cambiar partes dañadas

Fase de desecho o de fin de vida útil:

- Remanufactura - reincorporación como partes
- Reuso - reincorporación, como materia prima o partes

Los *Sistemas constructivos abiertos y flexibles armables para mobiliario en metal* son una propuesta que cumple con muchas de las pautas de un diseño racional y amigable con el ambiente. Sin embargo, si lo comparamos con otros diseños tiene sus limitaciones en la aceptación por el usuario. El uso al que se le destina de manera preponderante es para ambientes de trabajo y en mucho menor medida en ambientes habitacionales. ¿Cuáles son los factores que determinan esta ubicación? Una de las ventajas de su adaptabilidad es muy adecuada para los ambientes de oficina que tienen mayor necesidad de estar abiertos al cambio constante. Una pequeña empresa, puede iniciar con dos o tres puestos de trabajo y a los pocos meses requerir adecuar el mismo espacio para tres empleados más; a los seis meses, la compañía ante el buen rumbo de sus negocios, decide cambiarse a un lugar más amplio... La ventaja de recurrir a un Sistema para el mobiliario, es que se puede responder a todos estos cambios de una manera que estaba ya prevista. Hay varios factores de los que depende la aceptación de un diseño en la vida cotidiana, que no se deben dejar de lado. Uno muy importante, es el factor psicológico: los gustos; otro es la labor de marketing, los precios; la relación calidad-precio.

La marca USM celebra 50 años de existir en 2015, y lo celebra con una serie de eventos que tienen como tema “repensar la modularidad”. Como primer evento se reunieron en un Simposio-taller de una semana varios académicos y estudiantes de prestigiosas escuelas de diseño donde reflexionan y hacen ejercicios prácticos en busca de nuevos caminos del concepto modular. Uno de los participantes, Thomas Lommée,<sup>163</sup> maestro de la École National Supérieur de Création Industrielle (ENSCI), hace una propuesta interesante: partir de un pensamiento del *Open design*: no pensar el diseño como creador de objetos terminados, sino pensarlo como proveedor de inacabados que puedan completarse por la interacción. Aplicado a la modularidad, experimentan con dejar abiertas posibilidades de interactuar. Es interesante. A partir de .....

<sup>163</sup> <http://project50.usm.com/rethink-the-modular/usm-masterclasses/ensci/> [consultado en enero de 2015]

esa idea —tomando en cuenta las limitaciones de los Sistemas revisados—, podría ser la propuesta para el siguiente paso en la evolución de los Sistemas modulares. Anteriormente se mencionó que el “abierto” de los Sistemas revisados era por su posibilidad de crecer y cambiar. El nuevo concepto “abierto” será porque están dispuestos a interactuar con nuevos elementos. Las unidades deben de tener elementos que acepten la interacción con otros sistemas, formar un *Sistema de sistemas*, para aumentar aún más los alcances del diseño.



## XI. BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, Manuel (editor), *El Chopo año por año: 1975-2010*, México, Coordinación de Difusión Cultural UNAM, 2011.
- Baltanás, José, *Diseño e Historia. Invariantes*, Barcelona, Gustavo Gili, 2004.
- Banhan, Reyner, *Teoría y diseño en la primera era de la máquina*, Barcelona, Buenos Aires, México, (1960) 1985.
- Baudrillard, Jean, *El sistema de los objetos*, México, Buenos Aires, Siglo XXI editores, (1968) 2004.
- Beckwith, Carol, *Nomads of Niger*, Nueva York, H. N. Abrahams, 1993.
- Bengtsson, Staffan, *IKEA the Book. Designers, products and other stuff*, Suecia, Titel Books AB- IKEA Family, 2012.
- Boletín de prensa para la exposición *La Cuisine, Mode de Vie. Un siècle d'évolution*, Bruselas, Fondation pour l'Architecture / Archives d'Architecture Moderne, 21/11/2006-25/03/2007 [[http://www.civa.be/doc/01/pdf/presse\\_cuisines.pdf](http://www.civa.be/doc/01/pdf/presse_cuisines.pdf)].
- Bony, Anne, *Le Design. Histoire, principaux courants, grandes figures*, París, Larousse, 2006.
- Buch, Tomás, *El tecnoscopio*, Argentina, Aique, 1990.
- Bürdek, Bernhard E., *Diseño. Historia, teoría y práctica del diseño industrial*, Barcelona, México, Gustavo Gili - Diseño, 2002.
- Caporioni, Garlatti, Tencamontini, *La coordinación modular*, Barcelona, Gustavo Gili, 1971.
- Caudenberg, Anke van y Heynen, Hilde, "The Rational Kitchen in the Interwar Period in Belgium: Discourses and Realities" en *Home Culture*, Oxford, Berg Publishers, vol. 1, núm. 1, marzo, 2004.
- Chemetov, Paul, et. al., *Architectures à Paris, 1848-1914*, París, Dunod, 1980.
- Cherkasky, Todd, "Design Style: Changing Dominant Design Practice" en *Design Issues*, Massachussets Institute of Technology, vol. 20, núm. 3, verano, 2004.
- Cinquembre, Olivier, *Jean Prouvé. La maison tropicale, The Tropical House*, París, Éditions du Centre Pompidou, 2009.

- Decker, Julie y Chiei, Chris, *Quonset Hut. Metal Living for a Modern Age*, Nueva York, Princeton Architectural Press, 2005.
- De Fusco, Renato, *Historia de la arquitectura contemporánea*, Madrid, H. Blume Ediciones, (1975) 1981.
- Edgerton, David, *Innovación y tradición: historia de la tecnología moderna*, Barcelona, Crítica, 2007.
- Efland, Arthur D., *Una historia de la educación del arte. Tendencias intelectuales y sociales en la enseñanza de las artes visuales*, Barcelona, Buenos Aires, México, Paidós, (1990) 2002.
- Eiffel, Gustave, "Les constructions métalliques" en *Culture Technique*, Neuilly-sur-Seine, Hauts-de-Seine, Centre de Recherche sur la Culture Technique, núm. 5, 1981.
- Engel, Heino, *Sistemas de estructuras*, Barcelona, Gustavo Gili, 2001.
- Fiell, Charlotte y Peter (eds.), *Designing the 21st Century*, Colonia, Taschen, 2003.
- Fiell, Peter y Charlotte, *El diseño industrial de la A a la Z*, Colonia, Londres, Madrid, Nueva York, París, Tokio, Taschen, 2001.
- Francastel, Pierre, *Arte y técnica en los siglos XIX y XX*, Valencia, Fomento de Cultura Ediciones, 1961.
- Fuad-Luke, Alastair, *The eco-design handbook. A complete sourcebook for the home and office*, Londres, Thames & Hudson, (2004) 2007.
- Galvany, Llorente, Julio (coord.), *Matrícula de Tributos. Nuevos estudios*, México, Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 1991.
- Garlatti, Caporioni, Tenca-Montini, *La coordinación modular*, Barcelona, Gustavo Gili, 1971.
- Giedion, Siegfried, *Espacio, tiempo y arquitectura: el futuro de una tradición*, Madrid, Dossat, 1979.
- , *La mecanización toma el mando*, Barcelona, México, Gustavo Gili, 1978.
- Gil, Romero y Manuel, Juan, *El Boleo: Un Pueblo que se negó a morir*, México, Centro de estudios mexicanos y centroamericanos, 1989.
- Gleiniger, Andrea, *Simulation. Presentation Technique and Cognitive Method*, Basel, Boston, Berlín, Birkhäuser Architecture, 2008.
- Guidot, Raymond (ed.), *Design. Techniques et Matériaux*, Flammarion, París, 2006.

- Heck, J. G., *The Complete Encyclopedia of Illustration*, Nueva York, Park Lane, (1851) 1979.
- Hackenbruch, Cornelia, *Sistemas de herrajes para muebles. Montaje profesional, equipamiento creativo*, Augsburg, Verlag Moderne Industrie-Hettich Internacional, 2004.
- Henrichsen, Christoph, *Japan – Culture of Wood. Buildings, Objects, Techniques*, Basel, Berlín, Boston, Birkhäuser-Publishers for Architecture, 2004.
- Heskett, John, *Breve Historia del diseño industrial*, Barcelona, Ediciones del Serbal, 1985.
- , *El diseño en la vida cotidiana*, Barcelona, México, Gustavo Gili, 2005.
- Klemp, Klaus, *The USM Haller Furniture System*, Art Books Intl Ltd, 1998.
- Kohlmaier, Georg y Sartory, Barna von, *Houses of Glass. A Nineteenth-Century Building Type*, Massachusetts, Londres, MIT Press, (1981) 1991.
- Kranzberg, Melvin y Pursell, Carroll W. Jr., *Historia de la Tecnología. La técnica en Occidente de la Prehistoria a 1900*, vol. 2, Barcelona, Gustavo Gili, 1981.
- Krause, Joachim y Lichtenstein, Claude (eds.), *Your Private Sky. R. Buckminster Fuller. Discourse*, Zurich, Lars Müller Publisher-Zurich Museum of Design, 2001.
- , *Your Private Sky. R. Buckminster Fuller. The art of Design Science*, Zurich, Lars Müller Publisher-Zurich Museum of Design, 2001.
- Lemoine, Bertrand, *La tour de Monsieur Eiffel*, París, Gallimard (Découvertes Gallimard Culture et Société), 1989.
- Lesko, Jim, *Diseño Industrial: Guía de materiales y procesos de manufactura*, México, Limusa, 2004.
- Loyrette, Henri, *Gustave Eiffel*, París, Payot, 1986.
- Maeda, John, *The Laws of Simplicity. Design, Technology, Bussines, Life*, Cambridge, The MIT Press, 2006.
- Maldonado, Tomás (comp.), *Técnica y cultura. El debate alemán entre Bismarck y Weimar*, Buenos Aires, Ed. Infinito, 2002.
- Megafábricas: Porsche, Ikea, Harley Davidson*, National Geographic, (video).

- Messler, Robert W., Jr., *Joining of Materials and Structures. From Pragmatic Process to Enabling Technology*, Oxford, Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004.
- Michel, Carmona, *Gustave Eiffel*, París, Fayard, 2002.
- Munari, Bruno, *¿Cómo nacen los objetos? Apuntes para una metodología proyectual*, Barcelona, México, Gustavo Gili, (1983) 2004.
- Muttoni, Aurelio, *L'art des structures. Une introduction au fonctionnement des structures en architecture*, Suiza, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, 2004.
- Nelson, George *Tomorrow's House. A Complete Guide for the Home-Builder*, Nueva York, Simon and Schuster, 1945.
- Neuhart John, Neuhart Marilyn y Eames Ray, *Eames Design. The Work of the Office of Charles and Ray Eames*, Nueva York, Harry N. Abrams, Inc., Publishers, 1994.
- Nutsch, Wolfgang, *Tecnología de la madera y del mueble*, Barcelona, Reverté, 1992.
- Obregón, Caridad, et. al., *Manual de sistemas de unión y ensamble de materiales*, México, Trillas, 1993.
- Pacey, Arnold, *El laberinto del ingenio. Ideas e idealismo en el desarrollo de la tecnología*, Barcelona, Gustavo Gili, 1980.
- Papanek, Victor, *Diseñar para el mundo real. Ecología humana y cambio social*, Madrid, H. Blume Ediciones, (1977) 1977.
- Pawley, Martin, *Buckminster Fuller*, Nueva York, Taplinger, 1990.
- Pérez, Carlota, *Revoluciones tecnológicas y capital financiero. La dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza*, México, Siglo XXI editores, (2002) 2004.
- Pettit, T., *Woodwork made simple (Made simple books)*, Londres, W. H. Allen, 1977.
- Picard, Alfred, *Exposition Universelle Internationale de 1889 à Paris. Rapport Général, T. I, Historique des expositions universelles – Préliminaires de l'Exposition universelle de 1889*, Paris, Ministère du Commerce, de l'Industrie et des Colonies, 1891.
- Ragon, Michel, *Histoire de l'architecture et de l'urbanisme modernes, t. 1: Idéologies et pionniers 1800-1910*, París, Casterman, 1971.
- , *Histoire de l'architecture et de l'urbanisme modernes, t. 2: Pratiques et méthodes 1911-1971*, París, Casterman, 1972.

- , *Histoire de l'architecture et de l'urbanisme modernes, vol. 2: Naissance de la cité moderne, 1900-1940*, París, Edition Point Essais Seuil, (1986) 1991.
- Rohm, Walter, *La prefabricación*, México, Blume, 1977.
- Scharer Sauberli, Ulrich, *Ingeniería de manufactura*, México, CECSA, 1984.
- , *Procesos Industriales. Extrusión de metales*, México, Colección CIDI, Tecnología 2, UNAM, 2003.
- Schulitz, Helmut C., *Steel construction manual*, Suiza, Birkhauser, 2000.
- Steiner, Jürg, *System 180. Bauwelten*, Wasmuth Ernst Verlag, 2010. [consultado en <https://www.jpc.de/jpcng/books/detail/-/art/J%FCrg-Steiner-System-180-Bauwelten/hnum/7844983, 03/2015>].
- Steeve, Sabatto, *Conception technique et production en serie dans l'œuvre architecturales de Konrad Wachsmann (1901-1980)*, tesis del Diplôme d'Etudes Approfondies, para la École des Hautes Études en Sciences Sociales, París, 2003-2004.
- Taylos, Victor, J., *Modern Furniture Construction*, Londres, Evans Brothers Limited, 1977.
- Timings, R. L., *Tecnología de la fabricación 1*, México, Representaciones y Servicios de Ingeniería, SA, (1979) 1985.
- Trevor, Williams y T. K. Derry, *Historia de la tecnología. Desde la antigüedad hasta 1750*, México, Buenos Aires, Siglo XXI editores, vol. 1 de la colección (1960) 2004.
- , *Historia de la tecnología. Desde 1750 hasta 1900, vol. I*, México, Buenos Aires, Siglo XXI editores, vol. 2 de la colección, (1960) 2004.
- , *Historia de la tecnología. Desde 1750 hasta 1900, vol. II*, México, Buenos Aires, Siglo XXI editores, vol. 3 de la colección, (1960) 2004.
- Trevor, Williams, *Historia de la tecnología. Desde 1900 hasta 1950, vol. I*, México, Buenos Aires, Siglo XXI editores, vol. 4 de la colección, (1982) 2000.
- , *Historia de la tecnología. Desde 1900 hasta 1950, vol. II*, México, Buenos Aires, Siglo XXI editores, vol. 5 de la colección, (1982) 2000.

- Turgan, Julien, *Constructions métalliques et travaux publics G. Eiffel* en “Les grandes usines de France. Études Industrielles en France et a l'étranger”, vol. 18, entrega 353, París, Calmann Lévy ed., 1882 [posiblemente 1886], en Conservatorio Nacional de Artes y Oficios, Francia. [<http://cnum.cnam.fr/CGI>].
- USM – *la marque, les produits*, editado por USM U. Schärer Söhne AG, Münsingen, Suiza, junio 2003.
- Walsh, Vivien, “Design, Innovation and the boundaries of the Firm” en *Design Management Journal*, Boston, Academia Review, The Design Management Institute, 2000.
- Weill, Laurent, “Travaux publics et colonisation: l'entreprise Eiffel et la mise en valeur de l'Indochine (1889-1965)”, en *Histoire, économie et société*, volumen 14, número 14-2, 1995.
- Zung, Thomas T. K. (ed.), *Buckminster Fuller. Anthology for a New Millenium*, Nueva York, St. Martin's Griffin, 2002.

#### FUENTES DE CONSULTA ELECTRÓNICA

<http://cnum.cnam.fr/CGI>

<http://collections.vam.ac.uk>

<http://issuu.com/patrickseguin>

<http://project50.usm.com>

[www.fischertechnik.de](http://www.fischertechnik.de)

[www.archiv.gta.arch.ethz.ch/researchprojects/fritz-haller-as-a-researcher](http://www.archiv.gta.arch.ethz.ch/researchprojects/fritz-haller-as-a-researcher)

[www.archivesnationales.culture.gouv.fr](http://www.archivesnationales.culture.gouv.fr)

[www.bfi.org](http://www.bfi.org)

[www.cecilimages.com](http://www.cecilimages.com)

[www.civa.be](http://www.civa.be)

[www.eamesfoundation.org](http://www.eamesfoundation.org)

[www.facsytem.se](http://www.facsytem.se)

[www.fr.structurae.de](http://www.fr.structurae.de)

[www.georgenelsonfoundation.org](http://www.georgenelsonfoundation.org)

[www.gta.arch.ethz.ch/events/fritzhaller-eng](http://www.gta.arch.ethz.ch/events/fritzhaller-eng)

[www.hermanmiller.com](http://www.hermanmiller.com)

[www.lego.com](http://www.lego.com)  
[www.loc.gov](http://www.loc.gov)  
[www.matador.at/history.html](http://www.matador.at/history.html)  
[www.meccano.com](http://www.meccano.com)  
[www.mero.de](http://www.mero.de)  
[www.novumstructures.com/novum/](http://www.novumstructures.com/novum/) : “o2 about / History / Timeline /  
1851/Introduction  
[www.octanorm.com](http://www.octanorm.com),  
[www.patrickseguin.com](http://www.patrickseguin.com)  
[www.pirwi.com](http://www.pirwi.com)  
[www.photo.rmn.fr](http://www.photo.rmn.fr)  
[www.red-dot-21.com/Steiner](http://www.red-dot-21.com/Steiner)  
[www.smow.com/blog/2014/05/fritz-haller-architect-and-researcher-at-  
the-swiss-architecture-museum-basel](http://www.smow.com/blog/2014/05/fritz-haller-architect-and-researcher-at-the-swiss-architecture-museum-basel)  
[www.sunderland.gov.uk/libraries](http://www.sunderland.gov.uk/libraries)  
[www.system180.com](http://www.system180.com)  
[www.usm.com](http://www.usm.com)  
[www.vitra.com](http://www.vitra.com)  
[www.zometool.com/about-us/](http://www.zometool.com/about-us/)

