

Escuelas contemporáneas

un recorrido a través de la arquitectura industrializada



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR
D'ARQUITECTURA

Sara Mateos Silvestre

Tutores:

Carlos José Gómez Alfonso

Eva María Álvarez Isidro

Trabajo Final de Grado. Septiembre 2018.

Resumen

El diseño de las escuelas contemporáneas, en parte, queda ligado al proceso de industrialización tras la Segunda Guerra Mundial, que surge de la escasez de materiales, la carencia de mano de obra cualificada y la necesidad de responder a una rápida actuación. A su vez, este proceso constituye la colaboración entre constructores, fabricantes, asesores y usuarios.

La finalidad del presente trabajo es analizar la evolución de los sistemas en el campo escolar, a través de la realización de un recorrido por distintas escuelas industrializadas y los diversos sistemas empleados desde el período de Posguerra hasta la actualidad.

A partir de referentes arquitectónicos de los siglos XX y XXI, se establecerán unas pautas y recomendaciones para mejorar las soluciones y disposiciones de los sistemas constructivos industrializados escolares y explorar así, la optimización del sistema.

Palabras clave

Escuelas, industrialización, prefabricado, arquitectura, cooperación, sistemas

Resum

El disseny de les escoles contemporànies, en part, queda lligat al procés d'industrialització després de la Segona Guerra Mundial, que sorgix de l'escassetat de materials, la carència de mà d'obra qualificada i la necessitat de respondre a una ràpida actuació. A més, este procés constituïx la col·laboració entre constructors, fabricants, assessors i usuaris.

La finalitat del present treball és analitzar l'evolució dels sistemes en el camp escolar, a través de la realització d'un recorregut per distintes escoles industrialitzades i els diversos sistemes empleats des del període de Postguerra fins a l'actualitat.

A partir de referents arquitectònics dels segles XX i XXI, s'establiran unes pautes i recomanacions per a millorar les solucions i disposicions dels sistemes constructius industrialitzats escolars i explorar així, l'optimització del sistema.

Paraules clau

Escoles, industrialització, prefabricat, arquitectura, cooperació, sistemes

Abstract

The design of contemporary schools, in part, is linked to the process of industrialization by the Second World War, which appear from the shortage of materials, the lack of skilled labour and the necessity to respond to rapid action. In turn, this process is the collaboration between builders, manufacturers, consultants and users.

The purpose of this paper is to analyse the evolution of the systems in the school field, through a tour of different industrialized schools and the various systems used since the Postwar period to the present.

From the architectural considerations of the 20th and 21st centuries, guidelines and recommendations will be established to improve the solutions and the dispositions of the industrialized construction systems and thus explore the optimization of the system.

Key words

Schools, industrialization, prefabricated, architecture, cooperation, systems

Índice

09

1| Introducción

10 Identificación del tema, interés y contexto

11 Objetivos

12 Metodología

15

2| Línea temporal

77

5| Otros ejemplos de industrialización

78 El caso particularizado en Francia

89

6| Discusión: del barracón al caso personalizado

19

3| La industrialización de las escuelas: hacia Hertfordshire

20 Antecedentes

24 El concurso de News Chronical de 1937

27 Impington y Richmond

32 El caso central: Hertfordshire

47

4| Más allá de Hertfordshire

48 Secuelas: más allá de Hertfordshire

54 Otras escuelas industrializadas en Inglaterra

60 El paso de Inglaterra e EEUU

70 Del S.C.S.D a Norman Foster

95

7| Conclusión

99

8| Bibliografía y relación de figuras

100 Bibliografía

102 Relación de figuras

1 | Introducción

1.1. Identificación del tema, interés y contexto

Durante el presente curso, he trabajado el proyecto educativo junto con mis compañeros y mis profesores en el ámbito proyectual, y fueron mis profesores, y la vez tutores, los que me hablaron sobre las escuelas industrializadas de Hertfordshire y a partir de este punto de inflexión, el trabajo de fin de grado fue desarrollándose.

Como todo proceso, la arquitectura escolar industrializada tuvo un comienzo y un transcurso hasta la actualidad. Su mayor auge, arquitectónicamente, tuvo transcurso después de la Segunda Guerra Mundial, en los que países como Inglaterra, Francia o EEUU habían quedado destrozados, y las políticas de intervención se centraron, entre otros aspectos, en la reconstrucción y construcción de escuelas, recurriendo para ello, a la construcción industrializada mediante la estandarización de componentes.

En España, desafortunadamente, la arquitectura escolar prefabricada suele relacionarse con los polémicos y tan detestados, tanto por la sociedad como sus usuarios, “barracones”. Los barracones huyen de ser una arquitectura realizada para perdurar, se establecen en el lugar para solventar necesidades de crecimiento demográfico y configuran una arquitectura efímera y temporal.

En el siguiente Trabajo Final de Grado (TFG) van a poder conocer una segunda visión sobre la arquitectura escolar industrializada, donde el objetivo de realizar construcciones prefabricadas queda ligado, además de a la necesidad y la emergencia del momento, a perdurar en el tiempo.

10

La industrialización escolar hizo que se estableciera un proceso colaborativo entre arquitectos, constructores, fabricantes, asesores y usuarios, junto con la colaboración de profesores y pedagogos, para realizar escuelas que sean funcionales y duraderas.

A través de diversos sistemas empleados en varios países, se podrá ver como a día de hoy, instalaciones escolares construidas después de la Segunda Guerra Mundial siguen en uso en la actualidad y ofrecen espacios flexibles y que se adaptan a las nuevas metodologías.

1.2. Objetivos

Los objetivos que se pretenden a partir de este trabajo son:

- Establecer las relaciones directas e indirectas entre los distintos sistemas que se emplearon en la construcción y reconstrucción de escuelas después de la Segunda Guerra Mundial.
- Mostrar y ligar la industrialización de la construcción a una arquitectura de calidad y diseño que perdura en el tiempo.
- Elaborar una línea temporal a través la evolución de los sistemas industrializados en el campo escolar.
- Desfocalizar la relación directa de la arquitectura escolar prefabricada con la arquitectura efímera de los barracones.

1.3. Metodología

Para el desarrollo de este Trabajo Final de Grado (TFG), se partió en un primer momento en la arquitectura industrializada escolar que se desarrolló tras la Segunda Guerra Mundial en el condado de Hertfordshire, en Inglaterra, unas escuelas industrializadas que aparecen nombradas por Herman Hertzberger en su libro *Space and Learning. Lessons in Architecture 3*.

La lectura de la primera parte de la tesis realizada en 1983 por Michael Keaton, *The development of school construction systems in Hertfordshire, 1946-1964*, nos hizo comprender su contexto y el porque tuvieron tanta repercusión en Inglaterra. Por una parte, estaba el concurso *News Chronical* de 1937, en el que ya se habían desarrollado escuelas industrializadas como centro social de la población. Además, por parte de la arquitecta Yasmin Shariff se conocía la figura de la arquitecta Mary Crowley, una de las personalidades más importantes en la arquitectura escolar de posguerra en Inglaterra y perteneciente al equipo de arquitectos de Hertfordshire. Con la tesis y a partir del artículo *Mary Crowley: Beginnings of the Career of a Pioneering Modern Movement Architect in Britain before 1945*, elaborado por la propia Yasmin Shariff se pudo elaborar una línea temporal de conexión y antecedentes.

Dada la importancia de las escuelas del condado de Hertfordshire en el Reino Unido y la cantidad de escuelas construidas durante el periodo comprendido entre 1947 y 1966, la proporción de información que nos proporcionaba la tesis de Michael Keaton era excesiva para enfocarla en un TFG. Por tanto, una vez reunidos y repasada la información, se decidió elaborar un TFG más genérico, centrado en diversos casos sobre la arquitectura escolar industrializada.

12

A través de la figura de Mary Crowley, se pudo establecer unos claros antecedentes de lo que luego se reflejaría en el condado de Hertfordshire. Los estudios y diseños sobre arquitectura escolar industrializada para la construcción de guarderías expansivas antes de la Segunda Guerra Mundial de Mary Crowley junto con Ernő Goldfinger y Gerald Flower, presagiaban el desarrollo posterior que se utilizaría en Hertfordshire. Además, a través del *MoMA: Century of the Child* se sabía que Ernő Goldfinger había desarrollado su propio sistema prefabricado de hormigón armado para la construcción de dos escuelas para el *London County Concil*.

Por otra parte, a partir del impacto generado por el desarrollo escolar en Hertfordshire y de las necesidades que surgieron en otros condados, se encontró que se crearon otros sistemas como el sistema CLASP o el sistema SCOLA.

Además, a través de la biografía del arquitecto Norman Foster, *Works*, realizada por David Jenkins, se sabía que Foster había descubierto el sistema californiano S.C.S.D. y a partir de este elaboró y exploró distintos proyectos a través de este sistema. El S.C.S.D era el sistema que se había desarrollado en EEUU para la construcción de escuelas industrializadas. Este sistema había sido exportado directamente del de Hertfordshire por el arquitecto Ezra Ehrenkrant, el cual estuvo trabajando durante dos años en el departamento del condado inglés.

Paralelamente a estas construcciones y a estos sistemas, mayoritariamente desarrollados en acero, se encontró la figura Jean Prouvé, el cual siempre ha estado ligado a la prefabricación. Desde Francia, desarrolló para el Ministerio de Educación un sistema de elementos prefabricados para la construcción de aulas o edificios escolares que no tenían nada que ver con lo que estaba sucediendo en el resto de Europa.

A partir de haber encontrado todos estos sistemas, se ha intentado establecer una clara conexión entre ellos, a través de su historia y su desarrollo.

2| Línea temporal

1930

1934 Diseño de una guardería expansiva para la *Nursery Schools Association* por Ernö Goldfinger, Mary Crowley y Gerald Flower.

1937 Concurso *News Chronical*: la escuela industrializada como centro social de la población. Ganador Denis Clarke Hall

Desarrollo posterior de la guardería expansiva para la empresa *Boulton y Paul*, por Ernö Goldfinger, Mary Crowley y Gerald Flower.

1939 *Impington Village College*, por Walter Gropius y Maxwell Fry.

Girls High School en Richmond, por Denis Clarke Hall, a partir de la propuesta presentada en el concurso *News Chronical*.

Le Corbusier y Jean Prouvé desarrollan el proyecto *École Volante*.

1949 Desarrollo de nuevos sistemas por el grupo de desarrollo *Architects and Building Branch* del *London County Council*.

Jean Prouvé desarrolla para el Ministerio de Educación francés, una serie de productos estandarizados para la construcción de escuelas.

1946 Primera escuela del programa de Hertfordshire: *Burleigh Primary School* en Cheshunt, por Mary Crowley, David Medd y Bruce Martin.

1945 *Hertfordshire County Architects Department* pone en marcha el desarrollo de un programa para la construcción de escuelas industrializadas.

1940

1967 A partir del S.C.S.D. Norman Foster diseña la *Newport School*.

1965 *Fountain Valley*, para el *Huntington Beach Union High School District*, por los arquitectos Neptune y Thomas de Pasadena con el sistema S.C.S.D.

1964 Construcción del primer prototipo del S.C.S.D. en la Universidad de Stanford

1961 Se desarrolla en EEUU el proyecto *School Construction Systems Development (S.C.S.D.)*, bajo la dirección de Ezra D. Ehrenkrantz.

1960

1950

1950 Ernő Goldfinger diseña su propio sistema industrializado de hormigón armado para la *Brandlehow Road* en Wandsworth y la *Westville Road* en Hammersmith.

Alison y Peter Smithson ganan el concurso del *Hustanton Secondary Modern School*.

École Bouqueval y *École Vantoux* por Jean Prouvé a partir de los estándares desarrollados para el Ministerio de Educación francés.

1954 Incorporación de Ezra D. Ehrenkrantz en el *Building Research Establishment (BRE)*, en el condado de Hertfordshire.

1956 Nottinghamshire County Council crea el sistema CLASP a partir de uno de los sistemas desarrollados por London County Council.W

3| La industrialización de las escuelas: hacia Hertfordshire

3.1. Antecedentes

El concepto de prefabricación, en su forma más simplificada, se puede decir que se remonta a la época primitiva¹, en la que el hombre primitivo, era un nómada empedernido por necesidad y se establecía en un lugar durante un período de tiempo muy corto, hasta que se agotaban los recursos y volvían a desplazarse. Para establecerse y protegerse de la intemperie construían pequeños refugios de madera tallada y utilizaban como envoltorio las pieles de los animales curtidas o la combinación de capas de barro y paja. (Fig.1)

En las primeras etapas que se conocen de la prefabricación, se utilizó el hierro como material estructural. En 1800, se encuentran registros en edificios como cuarteles y pequeños hospitales durante la Guerra de Secesión de EEUU, utilizados por la *Union Armies*.² (Fig.2) Pero en realidad, no es hasta 1920 cuando se empieza a desarrollar la prefabricación, llegando a su mayor auge durante la Segunda Guerra Mundial, en la que la necesidad y la urgencia hicieron que la demanda de este tipo de construcción se incrementara, sobre todo en la construcción de viviendas.

20



Figura 1. Simplificación de la prefabricación: la cabaña primitiva.

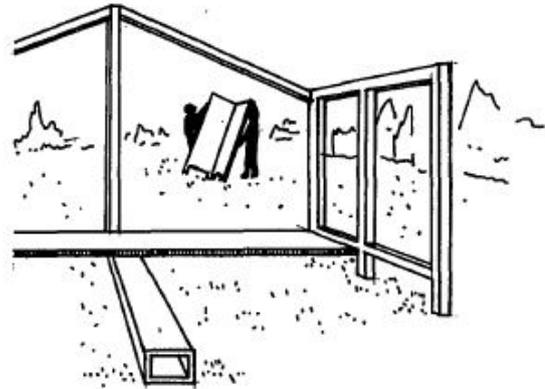


Figura 2. Prefabricación durante la Primera Guerra Mundial.

1.CHANG, CHENG-WONG (1971) Prefabricated Systems in School Buildings. Trabajo Final de Máster. Montreal. p.4.

2.Ibib. p.5.

Las primeras escuelas prefabricadas se remontan al periodo posterior de la Primera Guerra Mundial, en el que la búsqueda de una rápida solución para resolver la necesidad de reconstruir y construir escuelas hizo que solventara mediante unas “cajas simples” transportadas por camiones al lugar, en el que se le adosaban las paredes una vez ensambladas entre ellas. El concepto de prefabricación de hoy en día queda ligado a este sistema para grandes almacenes, estaciones de servicio edificios industriales. Estas construcciones carecen de diseño arquitectónico.³(Fig.3)

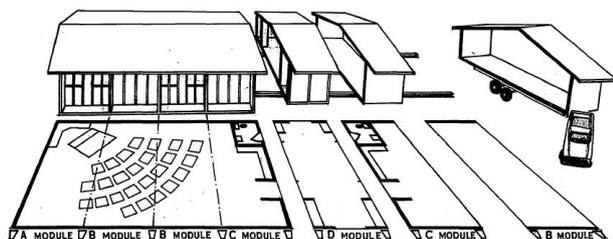


Figura 3. Módulos de cajas transportables.

Durante la década de 1930, en Inglaterra se organiza una campaña para asegurar la educación de los niños entre dos y cinco años, ya que se calculaba que para 1938 se necesitarían cinco mil guarderías nuevas de capacidad para cien niños cada una. Las guarderías fueron llevadas a cabo por arquitectos como Max Fry, Elisabeth Denby y Samuel Harding, que dieron los primeros pasos para superar el obstáculo de la previsión necesaria mediante modelos de construcción convencional.

En 1934, en un intento de abordar el problema económico que suponía la construcción de las escuelas convencionales, la *Nursery Schools Association* encargó a Ernö Goldfinger junto con la colaboración de Mary Crowley y Gerald Flower, el diseño de una escuela barata y estandarizada (Fig.4), que a diferencia de los espacios educativos existentes, sólidamente contruidos y permanentes, fuera ligera, flexible y fácil de extender. Siguiendo la teoría progresiva y la creencia contemporánea de los efectos beneficiosos del aire fresco, el aula podría abrirse por un lado. Este primer esquema, aunque no fue construido, fue uno de los primeros en sugerir que la prefabricación podría ser la clave para la reducción de los costes.⁴

3. Ibid. p.6.

4. ELWALL, ROBERT (1996) Ernö Goldfinger. Reino Unido: John Wiley & Sons. p.44.

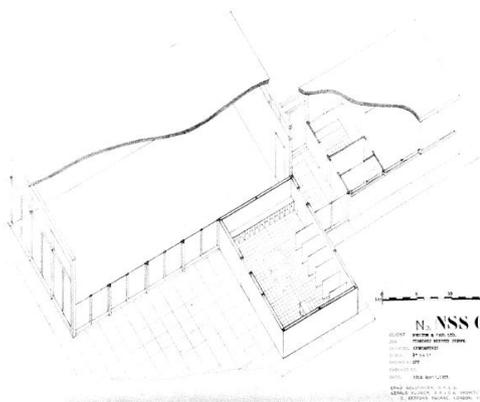
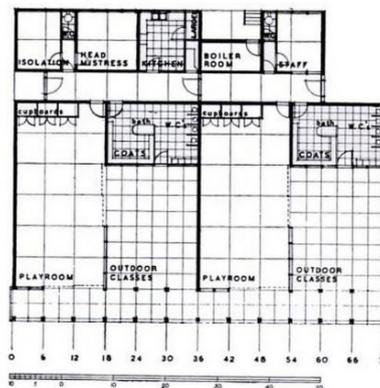
3| La industrialización de las escuelas: hacia Hertfordshire

Figura 4. Diseño de una guardería expansiva para la *Nursery Schools Association*, en 1934.



Entre 1937-1938, Ernő Goldfinger, Mary Crowley y Gerald Flower refinaron las ideas exploradas del diseño de la guardería expansiva de 1934. (Figs.5 y 6). Exploraron el empleo de la madera debido al deseo de los educadores de construir edificios más naturales, utilizando secciones de madera estandarizadas y fácilmente transportables junto con paneles de madera al exterior y contrachapados al interior. El diseño elegante, pero modesto, se basaba en un sistema de unidades cuadriculadas. Aunque *Boulton y Paul*, sus posibles fabricantes, estimaron un coste de 25 libras por niño, nunca se llegó a comercializar.⁵

Mary Crowley, junto con el que fue su marido posteriormente, David Medd, se convirtieron en unos de los principales arquitectos de posguerra en el programa de construcción y reconstrucción de escuelas en el condado de Hertfordshire. En un grado modesto, estos diseños de Goldfinger, Crowley y Flower que empleaban elementos estándar prefabricados presagiaban ese programa, en el cual, la proyección de edificios prefabricados era el resultado entre la colaboración arquitectos, constructores, fabricantes, asesores y usuarios.⁶



5. Ibid. p.56.

6. Ibid. p.70.

Figura 5 (sup.) Planta de un diseño para una guardería estandarizada para *Boulton & Paul Ltd*, en 1937.

Figura 6 (inf.) Volumetría de un diseño para una guardería estandarizada para *Boulton & Paul Ltd*, en 1937.

3.2. El concurso de News Chronical de 1937

En 1936, el periódico de ámbito nacional *News Chronical*, convocó un concurso de arquitectura para diseñar una escuela primaria elemental ideal. Los objetivos del concurso eran dos: la investigación sobre edificios industrializados y la escuela como centro social. Establecieron dos secciones en el concurso en función del tamaño y la situación de la escuela: la sección A, una escuela para 480 niños, situada en entorno urbano y la sección B, una escuela para 160 niños, situada en entorno rural.

El concurso tuvo gran repercusión y recibieron 250 propuestas, en gran parte, debido a la compensación económica que recibirían los premiados. Participaron arquitectos de todo el mundo y entre los más reconocidos se encuentran a Marcel Breuer, Dennis Clarke, Denys Lasdun junto con Wells Coates o Tecton, entre otros.

El 25 de marzo de 1937, se publicaron los resultados del concurso. *The Architects' Journal* le dedicó 33 página en las que recogió el listado de los premiados, junto con un informe detallado del jurado, la valoración de las propuestas por parte del AJ elaboradas antes de la publicación de los resultados, las memorias de los proyectos ganadores de cada una de las dos secciones, y los proyectos seleccionados, finalistas y premiados.

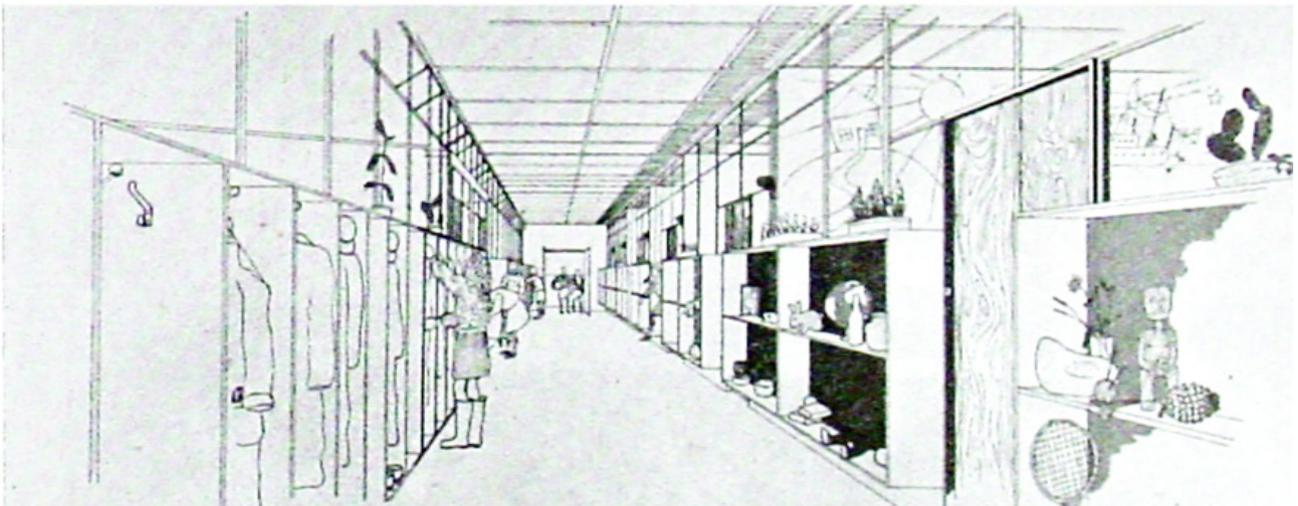
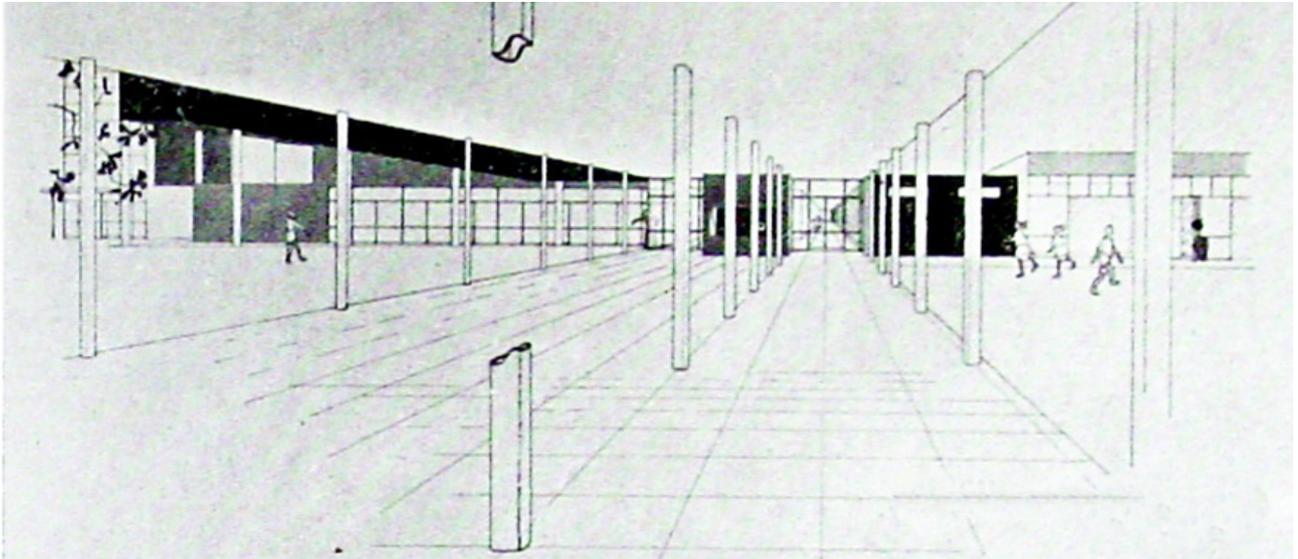
7. GÓMEZ ALFONSO, CARLOS J. (2015) *Construcciones Escolares en Valencia. 1920-1939*. Tomo 1. Tesis doctoral. Valencia: Universitat Politècnica de València. p.234. Traducción propia y resumida del primer párrafo "The Assessors' Report". A.J. The Architects' Journal. Op.cit. Mar 25, p.512.

El informe del jurado afirmaba que:

*"El objeto del concurso ha sido, como estaba en las bases, alcanzar valiosas conclusiones sobre mejores propuestas y diseños para escuelas primarias al tiempo que iniciar nuevas líneas de pensamiento en el campo de la construcción en las escuelas. Y con esa doble finalidad el jurado ha analizado los doscientos cincuenta proyectos"*⁷

Si cabe destacar algo sorprendente de todas las propuestas publicadas en *The Architects' Journal*, entre seleccionados, finalistas y ganadores, es que se adscriben al Movimiento Moderno con el uso de estructuras porticadas, cerramientos y particiones ligeras no necesariamente asociada a la posición de la estructura, aulas con ventilación cruzada, relación interior-exterior de las aulas con sus patios adyacentes, liberación de la planta baja, espacios interiores contemporáneos... También se encuentran novedades como las circulaciones exteriores entre distintos pabellones que presentaron Wells Coates y Denys Lasdun y el uso que le otorgan al corredor. (Fig.7)

Figura 7(der.) Propuesta de Wells Coates y Denys Lasdun. Espacio exterior cubierto y un corredor de aulas. La imagen original del concurso era a color, de acuerdo con los textos del momento.



Además, fruto de las explicaciones y valoraciones de los proyectos seleccionados, extrajeron algunas conclusiones como:

-El diseño del proyecto debe centrarse en la figura y la personalidad del niño. La escuela deberá desarrollar libremente la personalidad del mismo a través de sus hábitos, su punto de vista y sus potencialidades.

-La escuela como centro social y comunitario, distinguiéndose el edificio en el vecindario.

-Empleo de aulas acristaladas por un frente al menos. El tamaño de aula debe de ser flexible y debe adaptarse a las condiciones necesarias.

-Patios ajardinados y zonas tranquilas con presencia de arbolado. Elevación del colegio a primera planta, dejando la planta baja libre y la utilización de esta como patio cubierto.

-Tratamiento de pasillos y escaleras es diverso, según la propuesta.

-Aula magna como centro de vida escolar y uso para actividades externas a la docencia.

-Estructuras ligeras y baratas, que puedan ampliarse y a los cuarenta años desmontarse.⁸

El jurado concluyó, tras la valoración positiva del *News Chronical*, que el resultado debía ser tenido en cuenta por las autoridades educativas y por los arquitectos en la proyección de edificios escolares.

El concurso de *News Chronical* nos da tres razones para considerarlo un excelente instrumento para conocer la arquitectura escolar en Gran Bretaña antes de la Segunda Guerra Mundial. En primer lugar, se trató de un concurso sobre escuelas con centenares de arquitectos inscritos, por otra parte, se trataba de arquitectos vinculados al Movimiento Modernos, y por último, el jurado seleccionó propuestas adscritas a la nueva arquitectura.

El ganador de la Sección A fue Denis Clarke Hall. El impacto del concurso, su gran difusión y la calidad de la propuesta, llevaron a que Clarke recibiera el encargo de diseñar la *Girls High School* en Richmond en 1940.

8. Ibid. p.234-235. Resumen de las conclusiones extraídas.

3.3. Impington y Richmond

Hacia 1930, Henry Morris, secretario del *Cambridgeshire Education Committee*, estuvo buscando un arquitecto internacional para diseñar el nuevo *Village College* en Histon. En un edificio educativo, según Morris, el fundamento más importante para un arquitecto era obvio y debía de querer realizar tres puntos indispensables:

1. Si hay algún lugar donde el arte de la arquitectura es de suprema importancia son los edificios de la educación pública, tanto en su diseño como en cada detalle de su decoración y su mobiliario.

2. La inteligencia arquitectónica de Inglaterra, está totalmente separada de los edificios del *State System of Education*.

3. No ha habitado arquitectura pública en Inglaterra desde que las iglesias parroquiales fueron construidas, es decir, desde la Edad Media.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, y el potencial del *Village College* como institución comunitaria, Morris quería confiar en un arquitecto internacional que satisficiera las necesidades sociales y educativas con actuales posibilidades

arquitectónicas en estructura, diseño, materialidad, decoración e higiene. Para ello, pensó que nadie mejor como Walter Gropius, que se asoció junto con Maxwell Fry para el diseño de la escuela.⁹

La escuela finalmente no se construyó en Histon, si no en Impington. Resultó ser un antecedente tanto desde el punto de vista educativo y social como del arquitectónico,¹⁰ siendo la base inspiradora en el diseño de escuelas de la posguerra.

La escuela estaba diseñada bajo los conceptos del método Dalton,¹¹ en el que se establecía un mayor nivel de responsabilidad de los estudiantes sobre su aprendizaje y que sustituía el currículum habitual en la escuela. Además, supuso un avance social, ya que la escuela funcionaba como un centro de referencia en la comunidad.

El desarrollo del programa se organiza en torno a una planta con diversas alas y accesos diferenciados (Fig.8). Se busca el aprovechamiento del espacio y la mejor orientación solar. En las aulas y en la zona común de adultos se dispuso un sistema de suelo radiante, mientras que el resto de estancias, utilizaron sistema de agua caliente por radiadores.

9. KEATH, MICHAEL. (1983) *The development of school construction systems in Hertfordshire, 1946-1964*. Tesis doctoral. Londres: Thame Polytechnic. p.12.

10. Ibid. p.12.

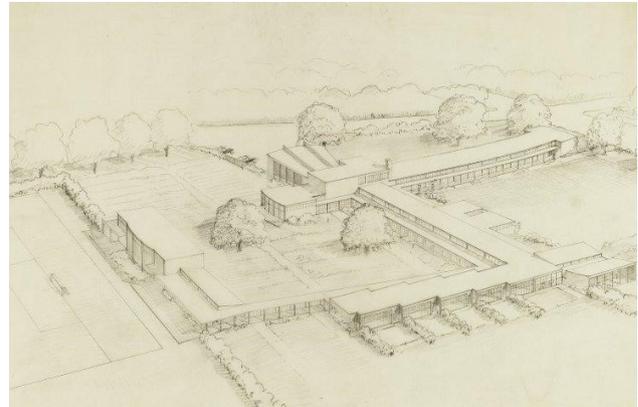
11. GÓMEZ ALFONSO, CARLOS J. (2015) *Construcciones Escolares en Valencia. 1920-1939*. Tomo 1. Tesis doctoral. Valencia: Universitat Politècnica de València. p.187.

El edificio combina diferentes estructuras, según el espacio, empleando el hormigón siempre que fuera necesario. Además, se buscaron acabados sobrios, mediante el empleo de paños de ladrillo, carpinterías metálicas, suelos y acabados de madera, piedra gris, etc. (Fig.9)

Contemporáneo con el *Village College* de Impington, y ya comentado anteriormente, es el *Girls High School*, en Richmond, condado de

Figura 8. Volumetría, *Village College*, Impington. Realizada por Walter Gropius y Maxwell Fry en 1931.

Figura 9. Las aulas, *Village College*, Impington. Construido en 1939.



Yorkshire, construida en 1939. Diseñada por Denis Clarke Hall a partir de su diseño ganador para el concurso organizado por *The News Chronicle*, acogió el pensamiento actual en cuanto al diseño, la iluminación, la ventilación y la acústica del aula.¹²(Fig.10)

Por una parte, el hall de entrada (Fig.11) está situado en el lado suroeste, con el corredor principal en ángulo recto y la escalera principal que conduce a la biblioteca y a la terraza. El corredor principal, se establece como la columna

vertebral del edificio, siendo lo suficientemente ancho para poder hacer frente a la carga de personas en las horas punta y poder proporcionar acceso a las áreas. Los guardarropas se agrupan en el corredor principal.

La necesidad de iluminación y ventilación como el aislamiento acústico se consiguió aislando las aulas pareadas como pabellones separados, con terrazas abiertas entre los pabellones y conectados al corredor central mediante pasillos acristalados.



Figura 10. El interior del aula, *Girls High School*, Richmond. Edificio construido entre 1939-1940.



Figura 11. Entrada principal, *Girls High School*, Richmond. Edificio construido entre 1939-1940.

12. KEATH, MICHAEL. (1983) *The development of school construction systems in Hertfordshire, 1946-1964*. Tesis doctoral. Londres: Thame Polytechnic. p.13.

3| La industrialización de las escuelas: hacia Hertfordshire

Denis Clarke utilizó materiales de construcción locales como la piedra, que se aprecia en los muros compactos y sólidos que no requerían grandes aperturas. (Fig.12)

Figura 12. Aulas, *Girls High School*, Richmond. Edificio construido entre 1939 -1940.



Según M.Keaton,

“[...] Impington and Richmond were exceptional. On the whole very little attention was paid to educational trends in deciding the size, shape or function of teaching spaces as opposed to the physical standards of lighting, ventilation and sound reduction [...]”¹³

Diversos autores consideran que tanto Impington como Richmond establecieron las bases para la liberación de la herencia institucional del pasado y desarrollaron una arquitectura procedente del interior,

“[...] The Richmond design, together with Impington, illustrated that schools were beginning to free themselves from the institutional inheritance of the past and that the need for space, light, colour and a friendly, sympathetic atmosphere was being recognised.[...]”¹⁴

13.KEATH, MICHAEL. (1983) *The development of school construction systems in Hertfordshire, 1946-1964*. Tesis doctoral. Londres: Thame Polytechnic. p.13. Traducción propia: “Impington y Richmod fueron excepcionles. En general, se prestó poca atención a las tendencias educativas en cuanto al tamaño, la forma o función de los espacios de enseñanza en oposición física de estándares de iluminación, ventilación y reducción de sonido.”

14.Ibid. p.13. Traducción propia: “El proyecto de la escuela Richmond, junto con el de Impington, ilustra que las escuelas estaban comenzando a liberarse de la herencia institucional del pasado y que la necesidad de aire, luz, color y una atmosfera amigable y empática comenzaba a ser identificada”.

3.4.El caso central: Hertfordshire

Después de la Segunda Guerra Mundial, Inglaterra, al igual que otros países, quedó destrozada, necesitando de una urgente intervención por parte de las autoridades. El gobierno inglés se centró en la reorganización de la capacidad productiva bélica, adaptándola a una economía de paz. Un segundo objetivo fue la recuperación física de las ciudades, barrios y viviendas, sustituyendo las partes destruidas y reconstruyendo las dañadas. Por último, se centraron fue en el campo escolar surgiendo la obligación de construir y reconstruir rápidamente las escuelas debido a las nuevas necesidades y demandas.¹⁵

La necesidad de construir se vio reflejada en cuanto al empleo de sistemas modulares de edificación, prefabricados y ligeros, que se utilizaron para la construcción de viviendas de emergencia y para la construcción de escuelas. En primer lugar, las viviendas fueron construidas para albergar a la población que había sufrido los bombardeos, y en segundo lugar, se preveía la producción de 2500 escuelas como consecuencia de la aprobación de la *Ley de Educación de 1944*¹⁶, popularmente

conocida como *Ley Butler*, establecida por el *Board of Education*, amplió el alcance del *State Education* :

*“The statutory system of public education shall be organised in three progressive stages to be known as primary education, secondary education, and further education; and it shall be the duty of the local education authority for every area, so far as their powers extend, to contribute towards the spiritual, moral, mental, and physical development of the community by securing that efficient education throughout those stages shall be, available to meet the needs of the population of their area”.*¹⁷

15. OSUNA REDONDO, ROBERTO (2000). *“Las escuelas de Hertfordshire. ¿Un arte de construir en equipo?”* en Cuaderno de Notas 8. p.114.

16. FRAMPTON, KENNETH (2012). *“Notas sobre cultura arquitectónica británica 1945-1965”*. p.108.

17. *Education Act 1944*, sección 7, p.4. Traducción propia: “El sistema legal de educación pública se organizará en tres etapas progresivas que se conocerán como educación primaria, educación secundaria y educación superior; y será el deber de la autoridad educativa local para cada área, en la medida en que sus poderes se extiendan, para contribuir a lo espiritual, moral, desarrollo mental y físico de la comunidad asegurando esa que la educación disponible sea eficiente en todas estas etapas para satisfacer las necesidades de la población de su área.”

Por una parte, la necesidad de construcción debido a la aprobación de la *Ley de vivienda (alojamiento temporal) de 1944*, fue resuelta por las *Portal Houses* (Fig.13). Se trataba de casas prefabricadas minimalistas, de una sola planta y construidas sobre solares vacíos en las principales ciudades, al finalizar la guerra.¹⁸ Estas casas eran construcciones temporales con una vida útil planificada para diez años y aunque en un principio se planeó la construcción de 300.000 viviendas, finalmente, se construyeron poco más de 150.000 viviendas.



Figura 13. Programa de viviendas prefabricadas en 1944, conocido como *Portal Houses*.

Por otra parte, a las necesidades de reconstrucción de las escuelas dañadas durante la guerra, se añadieron los problemas resultantes de la aplicación de la *Ley de Educación de 1944*, con la posterior elevación de la edad de escolarización hasta los quince años, en 1947.¹⁹ Estas condiciones junto con el incremento de la natalidad, llevaron al ministerio a crear el programa *HORSA*²⁰, destinado a proporcionar unos barracones que cumplieran la función de escuelas con los que aliviar las necesidades de escolarización. (Fig.14)



Figura 14. Cabañas *HORSA*, *Machanhill Primary School*, Lanarkshire.

18. FRAMPTON, KENNETH (2012). "Notas sobre cultura arquitectónica británica 1945-1965". p.108.

19. OSUNA REDONDO, ROBERTO (2000). "Las escuelas de Hertfordshire. ¿Un arte de construir en equipo?" en Cuaderno de Notas 8. p.115.

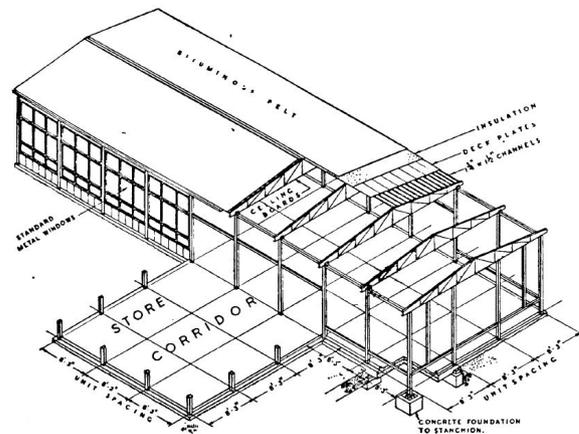
20. *HORSA: Hutting Operation for Raising the School Leaving Age* (plan de barracones para elevar la edad de finalización escolar).

Además, la Ley de Educación se vio complementada por el informe *Post-War Building Studies No.2*, comúnmente conocido como, *Wood Report*. Se trataba de un informe técnico publicado por el *Ministry of Works* en el que se establecieron las consideraciones fundamentales para la estandarización de un modelo prefabricado con minuciosidad y claridad para la construcción de escuelas.

El *Wood Report* observó los problemas de la construcción de posguerra con una precisión notable, reconociendo la carencia de materiales habituales en la construcción permanente, como era el empleo del ladrillo, acompañado de la escasez de mano de obra especializada para la construcción. El informe estableció la recomendación del uso de la “construcción ligera”. Se concretaron las pautas a seguir, mediante el rechazo de plantas preestablecidas y se recomendó la utilización de un módulo de 8'3” (2,51 m), así como el empleo de una estructura ligera de acero de dos alturas como máximo, observando que la industria del acero ya tenía antes de la guerra exitosas producciones de unidades estandarizadas. El arquitecto tendría total libertad en cuanto a la elección del resto de acabados.²¹(Fig.15)

34

Figura 15. Isométrica del sistema propuesto por el *Post-War Building Studies No.2* en 1944.



21. KEATH, MICHAEL. (1983) *The development of school construction systems in Hertfordshire, 1946-1964*. Tesis doctoral. Londres: Thame Polytechnic. p.37.

El informe mostró las ventajas del método propuesto. Se pueden resumir en:

1. Los elementos estructurales del marco de acero podrán ser producidos en grandes cantidades. Los montantes, aunque difieran en su longitud, tendrán todos el mismo ancho entre ellos para permitir, generalmente, el uso del mismo panel de relleno entre unidades. Para la construcción de dos plantas, el diseño de los pilares debe modificarse, pero hay que pretender la utilización de las mismas unidades de muros que el edificio de una planta.

2. El establecimiento de una misma unidad básica de dimensión en cualquier dirección permitirá proyectar el diseño de la escuela en cualquier dirección.

3. El uso del marco permitirá colocar el techo previo a las paredes, cuando estas estén en proceso de secado.

4. El marco contemplado podrá ser utilizado para bloques separados de aulas o sala, donde se requieren adiciones a los alojamientos existentes, o donde los niveles del sitio son tales que no permiten un marco continuo.²²

El condado de Hertfordshire rechazó el programa *HORSA* y puso en marcha un programa para el desarrollo, proyecto y construcción de escuelas debido a la necesidad de reconstruir y construir escuelas²³, mediante un sistema prefabricado de paneles de acero, ligeros, desprovisto de cualquier representación reconocible más allá del uso de colores primarios en sus interiores y el empleo de mobiliario apilable. El *County Council of Hertfordshire*, junto con el resto de las autoridades locales competentes de la educación, estableció un *Development Plan*²⁴ según las necesidades del programa educativo inmediato, según la estimación del futuro y para satisfacer las necesidades del *Wood Report*.

En 1945, se predijo que la población de la escuela primaria de Hertfordshire aumentaría aproximadamente en 7000 alumnos, en los siguientes seis años, y en el verano de 1952, llegarían a los 10000 alumnos. Esto significaba que se necesitaría unas 50 escuelas primarias nuevas en un periodo de 7 años. Mirando hacia el futuro, el requisito aumentaría a 175 nuevas escuelas primarias en los siguientes 15 años.²⁵

22. M.O.V., *Post-war building studies, Preamble to No. 1, House Construction, 1944*, p.5-6.

23. OSUNA REDONDO, ROBERTO (2000). "Las escuelas de Hertfordshire. ¿Un arte de construir en equipo?" p.117.

24. KEATH, MICHAEL. (1983) *The development of school construction systems in Hertfordshire, 1946-1964*. Tesis doctoral. Londres: Thame Polytechnic. p.60.

25. C.H.Aslin, *School building in Hertfordshire. Education, 27 April 1951, p.631. See also E518A, Education Survey 1945*.

El *Hertfordshire County Architects Department* estaba bajo la dirección de Charles Herbert Aslin (Fig.16), quien fue nombrado el primer arquitecto del departamento y posteriormente, en 1958, llegó a convertirse en el presidente de la prestigiosa institución del *Royal Institute of British Architects*. La figura de Aslin es conocida por su implicación en la construcción de escuelas en la década de 1940. A su alrededor, formó un departamento con un equipo lleno de talento y profesionalidad, con arquitectos como Stirrat Johnson-Marshall, Bruce Martin y el matrimonio David Medd y Mary Crowley.²⁶

36

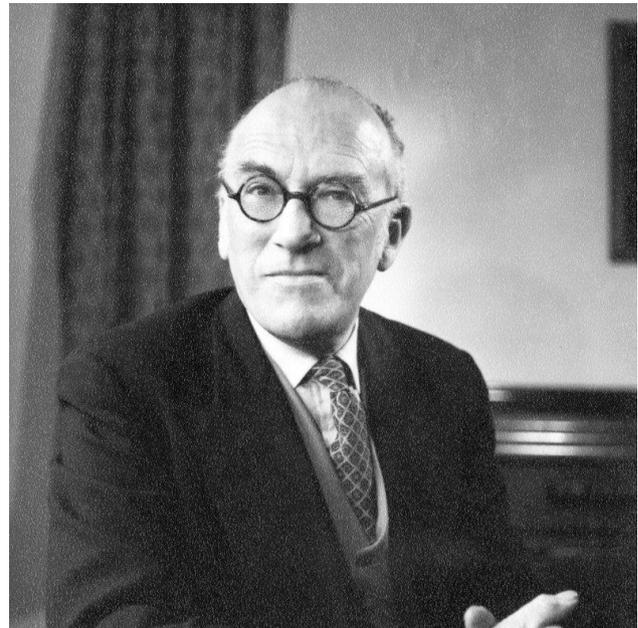
Las escuelas de Hertfordshire fueron el despegue de un nuevo enfoque arquitectónico. El empleo de una malla, basada en el módulo de ocho pies por tres pulgadas, permitió no solo prefabricar aulas, sino la escuela en su conjunto, introduciendo un alto grado de flexibilidad que permitía la adaptación de soluciones específicas según su implantación y las necesidades del lugar.

El primer paso se tomó en noviembre de 1945 cuando se inició un programa de investigación preliminar que continuó hasta julio del año siguiente.²⁷ Esta investigación se realizó bajo los requisitos espaciales, encuestas dimensionales,

26. KEATH, MICHAEL. (1983) *The development of school construction systems in Hertfordshire, 1946-1964*. Tesis doctoral. Londres: Thame Polytechnic. p.69-70.

27. Ibid. p.70.

Figura 16. Charles Herbert Aslin, director y primer arquitecto del *Hertfordshire County Architects Department*.



iluminación, calefacción y la disponibilidad de materiales y mano de obra. Como estableció el *Wood Report*, los métodos existentes no podían hacer frente a un programa de este tipo y era necesario un nuevo método. Se dieron cuenta de que necesitaban un prototipo antes de tomar decisiones a largo plazo, por lo tanto, el objeto principal de la investigación preliminar fue la selección de un método prototipo, mediante la definición del diseño y los requisitos de construcción del programa.

Las recomendaciones establecidas en el *Wood Report* de utilizar la construcción ligera como alternativa a los medios tradicionales era la única salida. El acero estaba disponible en un suministro limitado y el cemento era una alternativa al ladrillo, especialmente si estos se podían convertir en componentes fácilmente manejables, reduciendo así el trabajo en el sitio.²⁸

Durante la investigación preliminar, localizaron a la empresa de fabricación de acero *Hills Patent Glazing Company Limited*, la cual, tenía la base de un prototipo de unidad de aula experimental. La compañía, había adquirido cierta experiencia durante la guerra mediante la producción de estructuras ligeras con armazón de acero, y previendo un agotamiento de recursos después de la guerra, había diseñado una unidad de aula

escolar en una retícula de 8'3" (2,51 m); el módulo derivado del tamaño del aula y recomendado en el *Informe Wood*. *Hills* había empleado su viga *Presweld* como base para el armazón de acero y había formado una compañía asociada, llamada *Hilcon*, para la fabricación de componentes prefabricados de hormigón para la construcción de techos, suelos y paredes que encajaran en el marco de acero.²⁹ (Fig.17)

Figura 17. Modelo experimental del sistema 8'3" en la fábrica de *Hills & Co.*



28. Ibid. p.74.

29. Ibid. p.76.

Dan Lacey y Henry Swain, miembros del *Hertfordshire County Architects Department*, (Fig.18) recomendaron la empresa Hills para la construcción del prototipo, puesto que cumplía dos condiciones importantes: era un sistema existente que satisfacía la recomendación del *Wood Report* del empleo del módulo de 8'3", facilitando la aprobación por parte del Ministerio, y por otra parte, consistía en una estructura ligera de acero, más ventajosa que la prefabricación en hormigón armado.

Figura 18. Grupo de arquitectos del *Hertfordshire County Architects Department*, entre ellos C.H. Aslin, Dan Lacey y Henry Swain.



El sistema se definió como un conjunto flexible de partes intercambiables que podían ensamblarse según las necesidades del programa. R.Llewelyn Davies y J.R.Weeks señalaron:

*"The essence of the Hertfordshire system consists of a set of standardized and interchangeable parts that can be assembled in several different ways."*³⁰

En cuanto a la metodología empleada, destaca el programa, que fue modélico en base al trabajo en equipo, mediante la colaboración entre arquitectos, constructores, fabricantes, asesores y usuarios, como el diálogo con profesores, psicólogos y pedagogos. Todos los años, un único arquitecto estaba a cargo de desarrollar el componente principal, encargado de la relación con el fabricante y de estudiar su integración con el resto de elementos. Además, cada arquitecto era responsable del proyecto y de la construcción de la escuela completa.³¹

Para el desarrollo de un componente, el arquitecto tenía la libertad de localizar al fabricante y de establecer una colaboración continua con él.

Estas relaciones dieron colaboraciones como la de la firma *Adamsez Limited* de Newcastle, dedicadas a la fabricación de sanitarios, que junto con los arquitectos David Medd y Oliver Cox crearon una serie de sanitarios adaptados al tamaño de los niños.³² (Fig. 19)



Figura 19. Lavabos fabricados por *Adamsez Limited*.

30. Architectural Review. Vol. 11 junio 1.952. p.368. Traducción propia: La esencia del sistema de Hertfordshire consistió en un conjunto de partes normalizadas e intercambiables que podían ensamblarse de muchos modos diferentes.

31. OSUNA REDONDO, ROBERTO (2000). "Las escuelas de Hertfordshire. ¿Un arte de construir en equipo?" en Cuaderno de Notas 8. p.118.

32. Ibid. p.119.

Por otra parte, fruto de la colaboración con *Building Research Station (BRS)*, se utilizó un sistema de calefacción mixto, en el que parte de la calefacción se conseguía mediante un sistema convencional de agua caliente y radiadores, con el que se calefactaban los pasillos y despachos, y por otra parte, se empleaba el aire caliente para climatizar las aulas. El resultado fue el desarrollo del sistema *Weatherfoil*. Este sistema todavía sigue activo en las escuelas del condado.

Además, se introdujeron por primera vez los colores primarios, mediante las recomendaciones de BRS. El color se aplicaba en los paneles que se colocaban entre los pilares de la estructura, dejando la estructura de color gris claro. En las aulas se emplearon colores neutros y luminosos, y los más brillantes y fuertes, como son el rojo, amarillo y azul, se reservaron para los corredores y los vestíbulos.³³ (Fig.20) El empleo de los colores primarios otorgó un aspecto alegre, moderno y desconocido hasta ese momento. Los cambios introducidos por las escuelas de Hertfordshire hicieron que en 1952, Walter Gropius afirmara que:

*“Las escuelas de Hertfordshire eran las más avanzadas del mundo.”*³⁴

33.Ibid. p.121.

34. ELWALL, Robert: *Building a better tomorrow*. Wiley-Academy. Londres. 2000. p.30.

35.OSUNA REDONDO, ROBERTO (2000). *“Las escuelas de Hertfordshire. ¿Un arte de construir en equipo?”* en Cuaderno de Notas 8. p.11

Los elementos principales eran una estructura metálica ligera formada por unos soportes de sección cuadrada y vigas de celosía, sobre las que apoyaban las placas de hormigón prefabricadas. Los cerramientos exteriores eran paneles de hormigón combinados con ventanas de distintas dimensiones.³⁵(Fig.21)

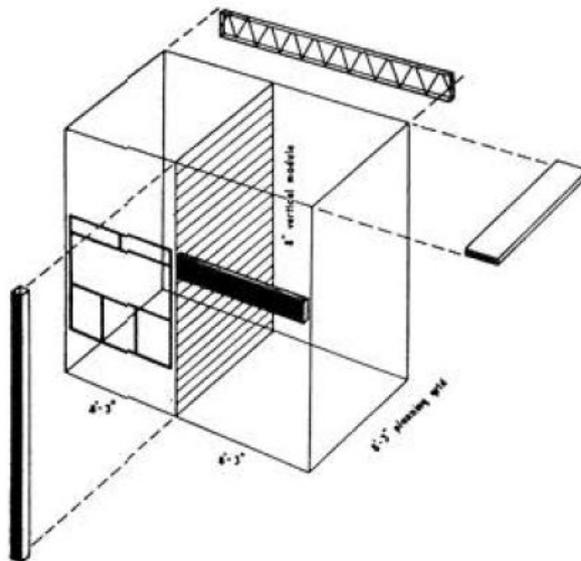


Figura 21. Esquema de la malla horizontal de 8'3" y el modulo vertical de 8".

Figura 20. Hall del *Cheshunt Junior and Mixed Infants' School*, College Road, Cheshunt. Edificio construido en 1946.



Las escuelas de Hertfordshire eran edificios resueltos en una sola planta, proyectados según su localización y su relación con el emplazamiento, de modo que su forma no estuviera preconcebida y fuera capaz de adaptarse a las condiciones del lugar y concebir un programa específico y acorde a las necesidades del proyecto. Además, se empleaban cuerpos de diferentes alturas según las actividades que albergara cada pabellón.³⁶

Las dos primeras escuelas se construyeron entre 1946 y 1949 en Cheshunt (Fig.22) y Essendon (Fig.23), dos pequeñas poblaciones de Hertfordshire. Estos proyectos estuvieron a cargo del matrimonio de arquitectos Mary Crowley y David Medd junto con Bruce Martin. Aunque fueron edificios experimentales, en ellos se aprecian muchas de las características generales de las escuelas posteriores.³⁷

42

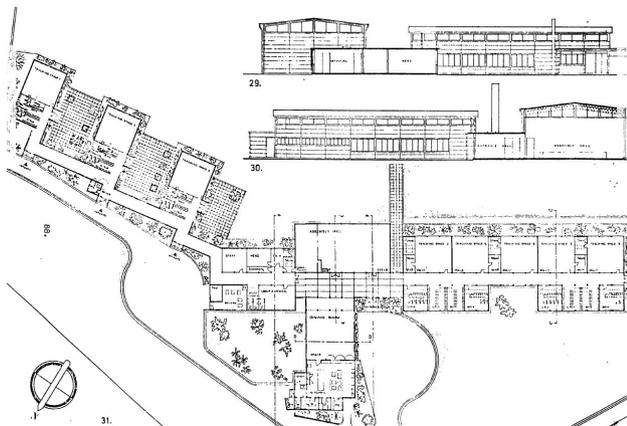


Figura 22. Planta y alzados de *Burleigh Primary School*, Cheshunt. Edificio proyectado en 1946.

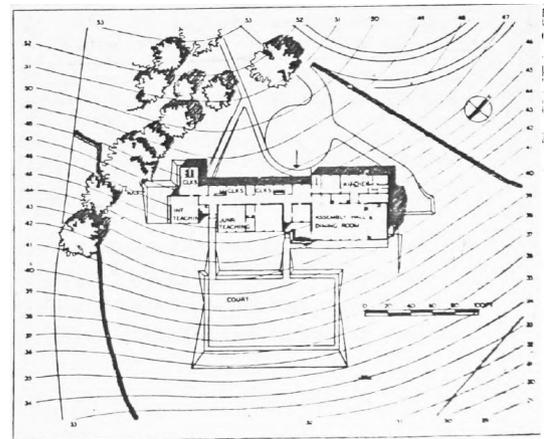


Figura 23. Planta de *Essendon Primary School*, Welwyn. Edificio proyectado en 1946.

36.Ibid. p.113.

37.Ibid. p.121.

Estas dos escuelas ofrecen un aire escandinavo, en parte, debido al momento en que se construyen y también, por la relación con Escandinavia de Mary Crowley. Contribuye a esta apariencia, el empleo de cubiertas a dos aguas, ligeramente inclinadas, en el comedor y el salón de actos, y a una, en el resto.³⁸(Figs.24 y 25)

El modelo inicial empleó el sistema original de Hills, posteriormente se eliminaron las crujías y quedó integrado por una estructura ligera de

vigas y pilares soldados entre sí, que formaban una malla modulada verticalmente a 8" (0,20 m). Los pilares se situaban cada 8'3" (2,51 m) en los muros exteriores y a diferentes distancias en el interior, aunque siempre en múltiplos del módulo. Los pilares eran de sección cuadrada de forma que las vigas de celosía con luces variables, podían acoplarse por las cuatro caras del pilar. Sobre las vigas apoyaban losas de hormigón armado prefabricados. Entre las vigas, se fijaban los tableros de acabado del techo.



Figura 24. Hall, *Burleigh Primary School*, Cheshunt. Edificio construido en 1948.



Figura 25. Hall, Planta de *Essendon Primary School*, Welwyn. Edificio construido en 1948.

38.Ibid. p.121.

Los cerramientos exteriores también eran paneles de hormigón armado, de un ancho de 1'4" (0,40 m) dispuestos horizontalmente de pilar a pilar (en algunos casos, los paneles se colocaron verticalmente, recurriendo a elementos adicionales de acero para su sujeción). Los paneles se combinaban con ventanas metálicas. Tanto las particiones de las ventanas y los anchos de las puertas tenían dimensiones proporcionales a uno o dos tercios del módulo.³⁹(Fig.26)

En el interior se utiliza el vidrio para la compartimentación para tener vistas a través de los espacios, y el corredor nunca aparece como un tubo cerrado. Las paredes se organizan mediante paneles separados entre sí por los pilares y el efecto quedaba remarcado por el uso del color, que se utilizó para destacar la articulación intrínseca del sistema.⁴⁰(Fig.27)

Por otra parte, el techo tiene diferentes alturas según los espacios, con la presencia de las vigas de celosía que soportan la cubierta. El efecto unificador de la malla no se aprecia a simple vista, debido al uso de diferentes luces estructurales, pero esto no significa un desorden visual.⁴¹(Fig.28)

Las escuelas eran lo más pequeñas posibles, evitando así la atmósfera de institución y facilitando la movilidad de los niños por su interior. En consecuencia, las plantas eran compactas y flexibles, divididas en distintos bloques según su funcionalidad. Ofrecieron muchas variantes, pero la mayoría, descentralizaban los aseos y los guardarropas situándolos próximos a las aulas. Esta disposición permitía incorporar el corredor como espacio de enseñanza.⁴²

Cheshunt y Essendon fueron los prototipos de prueba, y presentaron dificultades debido al carácter particular de cada escuela y el desarrollo flexible de los edificios, que plantearon problemas como la resolución de las cubiertas, que presentaban unas ligeras pendientes, necesitando elementos especiales de estructura y cerramiento, o los paneles de fachada con acabados poco cuidados y colores distintos a los conseguidos posteriormente. Estos problemas se tuvieron en cuenta en las siguientes escuelas, y se sustituyeron las cubiertas inclinadas por cubiertas planas con alero y paneles de alta calidad con mejora del acabado.

Figura 26 (sup.der.) Estructura *Burleigh Primary School*, Cheshunt, Hertfordshire. Edificio construido en 1948.

Figura 27 (inf.izq.) Corredor con las clases a la izquierda y los guardarropas a la derecha, *Essendon Primary School*, Welwyn. Edificio construido en 1948.

Figura 28 (inf.der.) Hall interior, *Burleigh Primary School*, Cheshunt, Hertfordshire. Edificio construido en 1948.

39.Ibid. p.121-122.

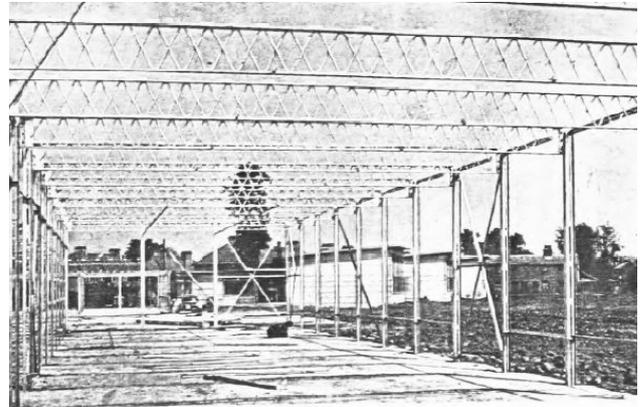
40.Ibid. p.123.

41.Ibid. p.123.

42.Ibid. p.122.

Cabe destacar que, a pesar de las dificultades y problemas que presentaron, en el momento de su construcción, siempre parecieron piezas bien cuidadas junto con el gran esfuerzo de colaboración entre arquitectos y constructores por la resolución de los detalles particulares de cada edificio.

Las escuelas de Hertfordshire, en pleno Movimiento Moderno, donde todo era de hormigón y de grandes dimensiones, ofrecían una arquitectura ligera y delicada.



4| Más allá de Hertfordshire

4.1.Secuelas : más allá de Hertfordshire

Como reconocimiento del éxito alcanzado con el programa de Hertfordshire, el *Ministerio de Educación del London County Council* creó un departamento especial, *Architects and Building Branch*, para extender la experiencia de Hertfordshire a todo el Reino Unido. Stirrat Johnson-Marshall fue nombrado arquitecto jefe del nuevo departamento en 1948, llevándose con él a buena parte de su equipo en Hertfordshire.⁴³

Johnson-Marshall aceptó el puesto con la condición de pudiera involucrarse en la construcción de las escuelas. Dividió el departamento en dos áreas, una dedicada a la supervisión de los programas anuales y de cada una de las escuelas, y otra, en un grupo de desarrollo dedicado a la investigación, experimentación y construcción de nuevos prototipos.⁴⁴

48 Por una parte, investigaron el coste real de las escuelas realizadas, para poder establecer los costes del proyecto y la construcción de nuevas escuelas. Por otra parte, publicaron una serie de boletines *Building Bulletins*, en los que se dieron a conocer como recomendación general las escuelas de Hertfordshire, mediante

las experiencias obtenidas, la metodología empleada, la organización o la utilización del color en sus interiores.⁴⁵

El grupo de desarrollo se centró en el desarrollo de escuelas secundarias, para las que no existían modelos adecuados, ya que la mayoría de sistemas prefabricados solo se adaptaban a edificios de una sola planta. Entre 1949 y 1957, los arquitectos del grupo de desarrollo idearon diferentes sistemas completos de los que se construyó un prototipo de cada uno, para poder adaptar el modelo a escuelas secundarias. De este modo, se desarrollaron cinco sistemas completos y los proyectos de desarrollo sirvieron como prototipos. Los cinco sistemas fueron: un sistema de acero y aluminio desarrollado por *Bristol Airplane Company*; un sistema de acero laminado en caliente en una malla de 3'4" por *Hills*; el sistema de hormigón pretensado Intergrid fabricado por *Gilbert-Ash Limited*; otro uso de acero laminado en frío, desarrollado por *John Brockhouse and Company* en *The Parks Secondary Modern School*, Belphey, y por último, *Laingspan*, un segundo sistema de hormigón producido por *Laings*.⁴⁶

43.OSUNA REDONDO, ROBERTO (2000). "Las escuelas de Hertfordshire. ¿Un arte de construir en equipo?" en Cuaderno de Notas 8. p.125.

44.Ibid. p.125.

45.Ibid. p.125.

46.FRANKLIN, GERAIN ; HARWOOD, ELAIN; TAYLOR, SIMON; WHITFIELD, MATTHEW (2012) England's Schools 1962-88. A thematic study. p.104.

Entre 1949 y 1950, Mary Crowled, David Medd y Michael Ventris, que formaron parte del *Hertfordshire County Architects Department*, diseñaron en colaboración de *Hills and Company* la *St.Crispin's Secondary Modern School*, en Wokingham, en el condado de Berkshire, mediante la utilización de acero. Era una profundización del modelo utilizado en Hertfordshire, al que se le aplicó una malla estructura de 3'4" (0,92 metros), y que permitía un ajuste de las dimensiones más flexible que el módulo original. Se experimentó la máxima altura que podían conseguir con el nuevo sistema estructural en el bloque central.⁴⁷(Fig.29)

Wokingham fue una de las pocas escuelas que se publicó en los boletines del ministerio. Además, la revista *The Architects' Journal*, le dedicó cinco artículos, destacándola en el panorama arquitectónico de la época.⁴⁸

A partir de uno de los prototipos desarrollados por el *Architects and Building Branch*, se desarrolló un enfoque completamente nuevo para la construcción de escuelas. Entre 1955-56, el *Nottinghamshire County Council*, estando al frente Donald Gibson, desarrolló el sistema *Brockhouse* junto la colaboración de *Coventry City*

Architect's Department, un sistema prefabricado ligero, articulado y flexible, que era económico y adecuado para el desarrollo de tres plantas y que podía resistir el hundimiento de las zonas mineras de carbón.⁴⁹



Figura 29. *St.Crispin's Secondary Modern School*, en Wokingham, Berkshire. Edificio construido en 1953.

47.OSUNA REDONDO, ROBERTO (2000). "Las escuelas de Hertfordshire. ¿Un arte de construir en equipo?" en Cuaderno de Notas 8. p.125.

48.Ibid. p.126.

49.FRANKLIN, GERAINT ; HARWOOD, ELAIN; TAYLOR, SIMON; WHITFIELD, MATTHEW (2012) England's Schools 1962-88. A thematic study. p.104.

El desafío al que se enfrentaron fue desarrollar un sistema rentable, adecuado para edificios de varias plantas y que pudiera acoger instalaciones de escuelas secundarias.

Brockhouse Steel Structures era una firma de ingeniería de *Wast Midlands* que se había expandido a vehículos militares en la guerra, después de hacerse cargo de los fabricantes de motores de *Southport Vulcan*. Bajo F.W. Lister Heathcote, un ingeniero mecánico, desarrolló su propio sistema de construcción basado en un marco de acero laminado en frío que se utilizó para tres escuelas primarias y una escuela secundaria en Coventry. La laminación en frío supuso un ahorro en acero, suponiendo así más fácilmente la obtención de la licencia. Este sistema fue la base del *Consortium of Local Authorities Special Programme (CLASP)*.⁵⁰

50

Para desarrollar este programa, Gibson contó en su equipo con Dan Lacey y Henry Swain, dos de los arquitectos que habían desarrollado el programa de Hertfordshire.

Se preparó un conjunto de dibujos estándar para los componentes que se utilizarían. Se pensó que era importante que el contratista de la construcción quisiera participar y colaborar, otra lección aprendida del Ministerio. La primera

50.Ibid. p.127.

51.Ibid. p.129.

escuela fue la *Bancroft Lane Infant School* en Mansfield, rápidamente rebautizada como *Intake Farm*.(Fig.30) Su diseño fue de la mano de Simms, Sons y Cooke.

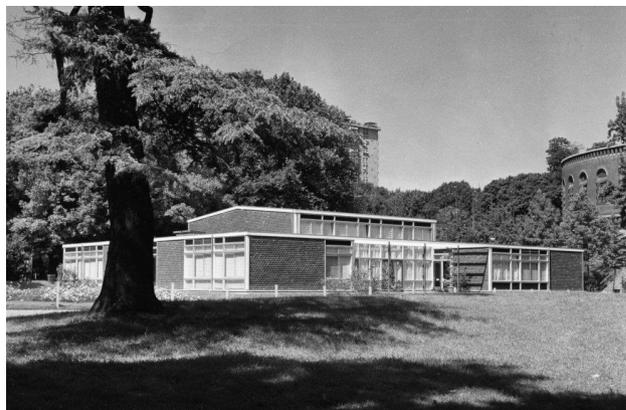
Los diseños y costes de *Bancroft Lane* formaron la base para las siguientes diez escuelas del programa entre 1957 y 1958, junto con otros dos edificios, la sede central de bomberos y los depósitos en *Kiddier Avenue*, Arnold.⁵¹

Figura 30. *Intake Farm School*, Mansfield. Edificio construido entre 1956-1957.



El programa para Nottinghamshire era demasiado pequeño para que pudiera desarrollar el sistema de la forma más económica posible. Para que funcionara, tenían que buscar la forma de ahorrar en la producción y construcción, y para ello hacía falta que la producción fuera masiva, por tanto, Gibson se encargó de reunir a distintos condados: Coventry, Derbyshire, County Durham, Glamorgan, Leicester y West Riding of Yorkshire junto con el de Nottinghamshire se unieron para crear el programa *Consortium of Local Authorities Special Programme (CLASP)* lo que representó la retirada del *Architects and Building Branch* de la vanguardia de la prefabricación de las escuelas.

El éxito del programa se vio acrecentado gracias a la construcción de una escuela CLASP en la *Triennale di Milano* de 1960, donde recibió el Gran Premio Especial.(Fig.31 y 32) Ideada por Trevor Prosser en Nottinghamshire, con Dan Lacey, tenía fuertes similitudes con su escuela de 1958 en Barnby Road, Newark (ahora demolida). Las tres aulas y el salón de actos, construidas en nueve semanas dentro de los límites normales de coste, con muebles del Ministerio y CLASP, fueron embellecidas por el diseñador de la exposición James Gardner para demostrar técnicas creativas de aprendizaje y estimulación visual para un grupo imaginario de niños.⁵²



Figuras 31 y 32. *CLASP School*, Trienal de Milán, 1960.

52.FRANKLIN, GERAIN ; HARWOOD, ELAIN; TAYLOR, SIMON; WHITFIELD, MATTHEW (2012) *England's Schools 1962-88. A thematic study.* p.104.

CLASP demostró ser popular por otras razones además de por su capacidad para resistir el hundimiento, su economía y su flexibilidad, así como la idoneidad para aprovechar cualquier condición de terreno. La producción masiva junto con los grandes pedidos de componentes y la contratación en serie para el programa de construcción, hicieron que se mantuvieran bajas las ofertas y que se necesitara menos mano de obra en el lugar.⁵³

Del programa constructivo CLASP surgieron algunos temas que iban a modificar la forma de levantar los edificios, mediante la colaboración entre proyectistas y fabricantes. Además, la mejora de la situación económica, el aumento de la producción y el perfeccionamiento del sistema contribuyeron a que los fabricantes se comprometieran con el desarrollo de los componentes y los edificios fueran más abiertos e intercambiables.

A mediados de los años 60, los fabricantes tenían un amplio catálogo de componentes intercambiables, permitiendo a los proyectistas tener más flexibilidad para dar respuesta a las necesidades específicas de cada proyecto.

Además, del programa se puede destacar que los propios arquitectos consideraron que CLASP no era arquitectura, si no que el centro del programa era los niños. Lacey y Swain insistieron en:

*"We don't want aesthetics - you look after the children and the components, and the aesthetics will look after themselves"*⁵⁴

Mary Crowley y David Medd, pioneros del programa de Hertfordshire, también afirmaban:

*"My starting point is the children"*⁵⁵

El éxito del programa, y la reticencia de los miembros de CLASP a incorporar otros condados llevaron a que otros condados se unieran y desarrollaran otros sistemas como SCOLA (Second Consortium of Local Authorities). (Fig.33)

53.Ibid. p.131.

54.Ibid. p.132. Traducción propia: "No queremos estética: cuidamos de los niños y los componentes, la estética ya se cuidará a sí misma".

55.Ibid. p.132. Traducción propia: "Mi punto de partida son los niños"

Figura 33. St. Leonards School, en Bridgnorth, construida con el sistema SCOLA en 1960.



4.2.Otras escuelas industrializadas en Inglaterra

En 1949, paralelamente al grupo de desarrollo creado por el Ministerio de Educación, bajo el encargo del *London County Council*, Ernő Goldfinger fue el encargado de diseñar las escuelas de *Brandlehow Road* en Wandsworth (Fig.34) y *Westville Road*, en Hammersmith (Fig.35).

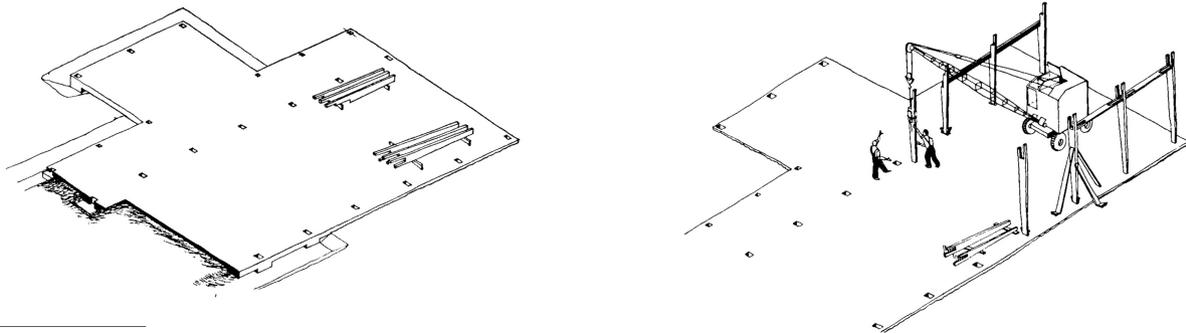
Para ello, Goldfinger ideó su propio sistema mediante la utilización de hormigón prefabricado. La principal ventaja de este sistema, era la velocidad de montaje, ya que se construía en tan solo veinticuatro días, con la ayuda de cuatro hombres y una grúa móvil para colocar los marcos de hormigón. El uso de la grúa, permitió utilizar un número menor de unidades más pesadas y económicas.

Figura 36. Pasos del sistema prefabricado de hormigón por Goldfinger, en 1950.

En el modelo de Goldfinger, se colocaba una plataforma de hormigón reforzado por la que la grúa se desplazaba, colocando las columnas en los huecos realizados en la plataforma. Sobre las columnas, la grúa colocaba las vigas en las repisas de la columna, y posteriormente, se fijaban en las ranuras.⁵⁶ (Fig.36)

Ambas escuelas se parecen tanto en planta, por su idéntico programa y por su estética exterior. Los planes para estas escuelas incluían seis aulas, oficinas de personal, un salón de actos, una cocina y una torre de agua. Para cada escuela, Goldfinger también diseñó la casa para un cuidador escolar. Ambas escuelas se construyeron entre 1950-1951 y se inauguraron en 1952.⁵⁷

54



56.ELWALL, ROBERT (1996) Ernő Goldfinger. Reino Unido: John Wiley & Sons. p.70.

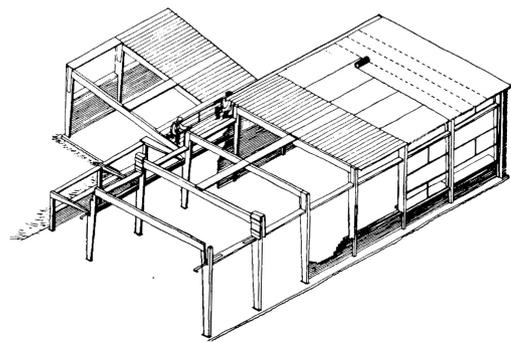
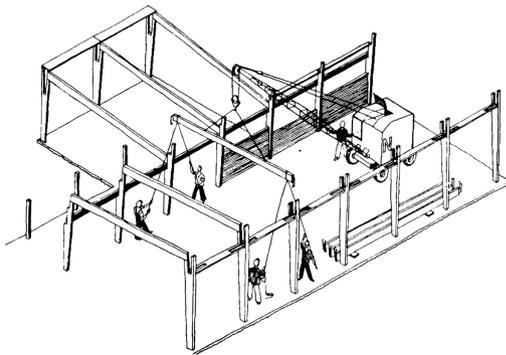
57.DUNNET, J. (1983) Ernő Goldfinger. Reino Unido: London Architectural Association.p.92.



Figura 34. Bloque de las aulas, Brandlehow Road en Wandsworth. Edificio construido en 1950.



Figura 35. La torre de agua y el bloque norte de las aulas, Westville Road, en Hammersmith. Edificio construido en 1950.



Paralelamente al desarrollo de sistemas por parte del ministerio y de Goldfinger, en 1950, el matrimonio de arquitectos Alison y Peter Smithson (Fig.37), ganaron el concurso para una escuela secundaria de 480 alumnos en Hunstanton, condado de Norfolk, organizado por el *Norfolk Education Committee Council*. El jurado había estado compuesto por una sola persona, Denis Clarke Hall. La *Hunstanton Secondary Modern School* o *Smithson High School* (Fig.38) es conocida localmente como “el invernadero” y fue altamente destacada dentro del panorama arquitectónico de la época.

Hunstanton fue la primera obra proyectada y construida por los Smithson, convirtiéndose además en un edificio relevante en su trayectoria profesional.

- 56 El edificio fue descrito como *Nuevo Brutalismo*, siendo la primera vez que se adoptó este término para definir los edificios de este género, e influyó en el diseño de las escuelas y los edificios públicos posteriores.

Se trata de un gran paralelepípedo de 89 x 32 metros, sobre un terreno llano, con su eje mayor dispuesto en dirección este-oeste. Sobre él se sitúan dos patios y un gran hall central de doble altura, con grandes lucernarios. El hall, según

Peter Smithson, actúa como “corazón y expresión de la comunidad escolástica y su relación con la ciudad”. La estructura está formada por pórticos de acero a doble altura con interejes a 7 metros. Los forjados están resueltos con losas prefabricadas de hormigón y para los pavimentos se emplean distintos materiales: baldosas de plásticos en aulas y talleres, terrazo en las circunvalaciones y madera en el hall y en el gimnasio. Las fachadas ciegas están realizadas mediante paños de ladrillos y los marcos de carpintería se encuentran fijados a la estructura principal y modulados en elementos de 1 x 0,5 metros, sobre los que descansan diferentes tipos de ventanas: fijas, basculantes o de guillotina.

Los Smithson declararon su intención de renunciar al sistema de componentes estandarizados que se estaba desarrollando en Inglaterra, decantándose por el uso de componentes industrializados, distanciándose de las recomendaciones de los directores de *The architectural Review* - J.M.Richards y Nikolaus Pevsner - los cuales se habían decantado por promulgar el modelo escolar nórdico, mediante el uso de cubiertas inclinadas, muros de ladrillo y carpinterías de madera. Los Smithson expresaron una cierta preocupación por la búsqueda de una relación apropiada entre cultura, industria y sociedad.⁵⁸

58. CLIMENT MONDÉJAR, MARÍA JOSÉ (2015) Escuela en Hunstanton de A+P Smithson: El Nuevo Brutalismo en Inglaterra. Tesis doctoral. Madrid. p.3-25.



Figura 37 (izq.) Alison y Peter Smitshon con una fotografía de fondo de la Hunstanton Secondary Modern School, Hustanton, Norfolk.

Figura 38 (inf.) Patio de la cocina, torre de agua y la chimenea, Hunstanton Secondary Modern School, Hustanton, Norfolk. Edificio construido en 1954.



La arquitectura de los Smitshon quedaba ligada al collage entre distintas piezas ya existentes, lo que se conoce como “objetos encontrados”. Reunían distintas piezas estandarizadas en el mercado y las unían. Con Hunstanton representaron el espacio escolar como una fábrica industrial, de diseño arquitectónico más fuerte.

En cambio, como Hertzberguer dice en su libro *Space and Learning*, las escuelas de Hertfordshire destacaron por el despliegue y atención que tuvo el gobierno con su construcción y se lograron mediante componentes de acero livianos y estandarizados. La flexibilidad que ofrecía el sistema en planta permitía generar espacios de corredor sorprendentemente útiles. Si algo cabe criticar, según Hertzberguer, era que su apariencia resultaba industrial.

- 58 En contraposición a la opinión de Hertzberguer, los Smitshon criticaron las escuelas de Hertfordshire, afirmando en 1953 que además de:

“ *there must also be “a secret life of pure space, the permanent built Form... which will continue to exist as idea”*⁵⁹

59. HERTZBERGER, HERMAN (2008) *Space and Learning. Lessons in Architecture 3*. Rotterdam: 010 Publishers. p.20. Traducción propia: “una vida cotidiana de enseñar a los niños” también debe haber “una vida secreta de espacio puro, la Forma permanente construida ... que continuará existiendo como idea”.

60. Ibid.

61. OSUNA REDONDO, ROBERTO (2000). “Las escuelas de Hertfordshire. ¿Un arte de construir en equipo?” en Cuaderno de Notas 8. p.14.

Esta afirmación generó una gran discusión, en la que los jóvenes socialistas fabianos en su folleto *Architecture: Art or Service* (1963), criticaban a Hunstanton “por no ser nada más que arte”, mientras que las escuelas de Hertfordshire eran “edificios de enseñanza, no monumentos arquitectónicos”.⁶⁰

Esta crítica también fue aclamada por Colin Boyne, editor de *The Architects' Journal*, condenando el formalismo que satisfacía solo a sus arquitectos y a un pequeño círculo, en vez de buscar una arquitectura funcional y humanista”.⁶¹

Se pueden reafirmar estas críticas a partir de las fotografías elaboradas en la época. Mientras que en Hertfordshire (Figs.39 y 40) aparecen alumnos con frecuencia, en Hunstanton (Figs.41 y 42), voluntariamente, aparecen vacías de personas e incluso de muebles.

Estas dobles posturas exponen la discusión del camino que debe tomar el diseño de escuelas. Por una parte, el predominio de la educación, por otra, la arquitectura, como si se tratara de elegir entre las dos alternativas. Sin embargo, Hertzberguer afirma que solo hay un tipo de arquitectura: una

arquitectura que debe dar lugar a la educación, la unión entre arquitectura y enseñanza.⁶²

62.HERTZBERGER, HERMAN (2008) *Space and Learning. Lessons in Architecture 3*. Rotterdam: 010 Publishers. p.21.



Figura 39 (sup.izq.) Interior de la *Western Way Infants School*, Baldock, Hertfordshire. Edificio construido en 1949.

Figura 40 (inf.izq.) Exterior de la *Cadmere Lane Junior School*, Cheshunt, Hertfordshire. Edificio construido en 1959.

Figura 41 (sup.der.) Típica clase de la *Hustanton Secondary Modern School*, Hustanton, Norfolk. Edificio construido en 1954.

Figura 42 (inf.der.) Exterior de la *Hustanton Secondary Modern School*, Hustanton, Norfolk. Edificio construido en 1954



4.3.El paso de Inglaterra a EEUU

Tras la Segunda Guerra Mundial, como se ha visto, tuvo lugar un notable crecimiento de la tasa de natalidad y una ampliación de la edad escolar obligatoria, provocando así la mayor expansión de construcción de escuelas en Gran Bretaña desde mediados del siglo XIX. La revisión de los procedimientos de construcción y una estrecha colaboración entre los arquitectos y las autoridades locales fueron las piezas claves para la renovación de la arquitectura escolar en aquel momento.

En 1954, Ezra D. Ehrenkrantz, se desplaza a Hertfordshire con una beca *Fullbright* para trabajar durante dos años en el *Building Research Establishment (BRE)*, en el condado de Hertfordshire. Allí, el *Hertfordshire County Architects Department* había estado desarrollando desde 1946, un sistema de componentes constructivos prefabricados para dar solución a las nuevas necesidades escolares. Tomando como referencia el programa de Hertfordshire, Ezra Ehrenkrantz pensó que este sistema podría aplicarse a la construcción de escuelas en EEUU, pero las condiciones diferían con respecto a las de Inglaterra, ya que ninguna entidad educativa era tan grande como para permitir el desarrollo de un sistema en el que la industria asumiera la fabricación de componentes.⁶³

En 1960, el gobierno Rockefeller inicia en el estado de Nueva York tres planes directores para la construcción de escuelas de enseñanza elemental, media y superior. Estos planes conllevaron la reacción de la profesión.

Una conferencia en 1961, organizada por la revista *Architectural Forum* y por *EFL (Educational Facilities Laboratories)*, una corporación de la *Ford Foundation*, fue el punto de inflexión, en la que Ezra Ehrenkrantz y EFL plantean la producción en masa y componentes estandarizados, como la mejor alternativa ante la variedad de soluciones y la flexibilidad requerida por los arquitectos y educadores para las nuevas escuelas en EEUU en aquel momento.⁶⁴ (Fig.43)

Se establece el proyecto *School Construction Systems Development (S.C.S.D.)* para desarrollar un grupo normalizado de componentes para satisfacer la construcción de escuelas, de formas más económica y más rápidamente.

El S.C.S.D. contempló 13 distritos escolares de California, 10 estudios de arquitectura y 22 proyectos de construcción separados. La construcción de las escuelas de los 13 distritos ofrecería un mercado bastante amplio, unos, 1,4 millones de pies cuadrados, para atraer a

63. JAÉN CAPARRÓS, PAULA. (2015) "La escuela prêt-à- monter. El proyecto S.C.S.D. (Patrimonio 22/25)" en Youtube.

64. Ibid.



Figura 43. El arquitecto Ezra Ehrenkrantz, a la derecha, y un compañero no identificado ponderan un modelo del edificio SCSD en 1963.

la industria. Al frente del equipo profesional del S.C.S.D. estaría Ezra Ehrenkrantz.⁶⁵

El proyecto se desarrollaría en varias fases. En primer lugar, se establecen una serie de requerimientos, que se agruparían en cuatro sistemas principales: estructura, iluminación, climatización y particiones. En segundo lugar, se determinaron una serie de especificaciones técnicas en la que se revisaría los criterios técnicos y se buscarían la adaptación de los productos

convencionales. En tercer lugar, se fabricarían los componentes, sacándose a concurso público.

En 1963, la comisión del proyecto S.C.S.D. convoca en la Universidad de Stanford, una conferencia previa a la licitación, en la que los fabricantes buscarían la máxima compatibilidad de los sistemas, siendo más de cien firmas manufactureras de todo el país las que respondieron a la oferta. Este fue un esfuerzo especial para producir el contacto y la compatibilidad entre los distintos sistemas, ya que la Comisión sabía que solo podían mandar las especificaciones por correo, pero temían que los creadores de varios componentes no pudieran organizarse entre sí. Según Vernon C. Bryant, miembro de la comisión del proyecto S.C.S.D:

*"It was an attempt to arrange some marriages"*⁶⁶

Las ofertas solo serían aceptadas, si se reunían grupos de fabricantes que hubieran establecido la compatibilidad de sus sistemas, de este modo, se presentaría una única oferta para el sistema estructural, otra para el de climatización y otra para la iluminación. El resto de componentes tendrían que adaptarse y ser compatibles con los anteriores.

65. AZPIAZU, JUAN IGNACIO (-). "SCSD: un informe preliminar". p.3.

66. BENET, JAMES (1967). "SCSD: The Project and the Schools. A Report from Educational Facilities Laboratories.". p. 19. Traducción propia: "Fue un intento de organizar algunos matrimonios".

Las propuestas recibidas quedaron por debajo del presupuesto que determinaba la ayuda estatal para la construcción de colegios. Además, mejoraba las especificaciones requeridas, con una mayor flexibilidad y unas mejores exigencias energéticas, tanto en climatización como en iluminación.

En enero de 1964, se designaron 6 fabricantes para producir los distintos componentes del sistema por la comisión del proyecto S.C.S.D. Una vez designado el equipo, se empieza a realizar, durante nueve meses, las pruebas mediante un prototipo con ensayos a escala real (Fig.44 y 45), en relación a los cuatro sistemas: estructura, iluminación, acondicionamientos térmicos y acústicos y particiones en el campus de la universidad de Stanford en Pampas Drive.⁶⁷

62 El prototipo debía abarcar unos 3,600 pies cuadrados (334,45 m²) y se tenía que construir para probar la integración y el rendimiento de todo el sistema antes de que comenzara la construcción de las escuelas. Este pequeño edificio fue ampliamente publicado en la prensa arquitectónica y se produjo una película promocional.(Fig.46) Actualmente, el edificio se utiliza como una sucursal de la *Stanford Federal Credit Union* desde 1970.



Figura 46. QR: Video del montaje del prototipo del sistema S.C.S.D.



Figura 44. Prototipo para el *School Construction Systems Development*, campus de la Universidad de Stanford, en 1964.

67. JAÉN CAPARRÓS, PAULA (2016). "La escuela prêt-à-monter. El proyecto S.C.S.D." en "'Cadenas de Montaje' La Utopía de la arquitectura como producto industrializado. II Seminario Internacional G+L_PAI." pág. 509.

Figura 45. Montaje del prototipo para el *School Construction Systems Development*, campus de la Universidad de Stanford, en 1964.



Poco después de su finalización, el edificio brindó una demostración dramática de la flexibilidad de sus componentes. En 10 de diciembre de 1964, el *Board of Educational Facilities Laboratories* se reunió en un edificio del campus. A la mañana siguiente, al entrar al edificio se encontraron una gran sala con paredes acristaladas que el día anterior no existía. Los cambios que sucedieron en el edificio constituyeron el primer ensayo verdadero de que el sistema SCSD realmente blindaba la flexibilidad del diseño. Durante esa noche:

1. Se retiraron 120 pies lineales (36 m) de particiones de doble pared, se instalaron 25 (7,5 m), y se retiraron y reemplazaron 80 pies (24 m) de frente de partición.

64 2. Se cambiaron de lugar 300 pies cuadrados (28 m²) de falso techo e iluminación.

3. Siete sectores de aire acondicionado se redujeron a cinco, se retiraron dos termostatos del edificio y se cambió otro de lugar.⁶⁸

En conjunto una renovación significativa, pero sólo requirió 59 horas hombre; 48 para cambiar de lugar las particiones, 6 para los cielos rasos e iluminación, 2 para los ajustes de aire acondicionado, y 3 para limpieza.

Según Ezra Ehrenkrantz:

“Todas las escuelas quieren cambiar el espacio de alguna manera todos los años... si el proyecto no aportara ninguna cosa, un sistema de particiones desmontables (diseñado específicamente para escuelas) ya sería un paso importante”⁶⁹

Una vez finalizado el periodo de pruebas, habiendo introducido las mejoras necesarias en cada sistema, los componentes estaban listos para ser utilizados. Los arquitectos de cada escuela incorporaron en sus diseños el sistema de componentes definido, particularizando las necesidades propias de cada distrito. Aproximadamente, el 50% del coste final de la construcción de la escuela correspondía a los componentes del sistema: estructura, iluminación, climatización y particiones interiores.

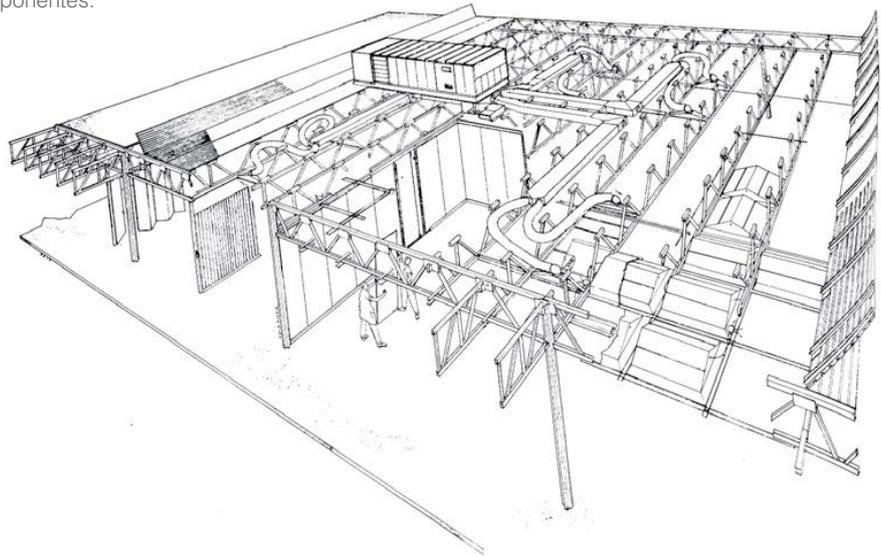
68. AZPIAZU, JUAN IGNACIO (-). “SCSD: un informe preliminar”. p.3

69. Ibid. p.3.

El primer componente y el más importante, era la estructura. La oferta ganadora resultó para la empresa *Inland Steel Product Company*, la cual cumplía los requisitos indispensables de trabajar con grandes luces permitiendo la máxima flexibilidad al interior con un bajo coste. Además, el sistema permitía la configuración particularizada a cada edificio: aberturas de techo, voladizos, varias plantas, desniveles... Desarrollaron la estructura básica mediante un sistema de entramado de acero, diseñado por el arquitecto Robertson Ward y *The Engineers Collaborative*.⁷⁰

La estructura constaba de un sistema de soportes cruciformes que se unían mediante cerchas que actuaban como vigas principales. Entre estas se colocaban, unidades de cerchas de cubierta diseñadas especialmente. Las cerchas no disponían de cordón superior, sino que, la propia cubierta ejercía de elemento superior de la armadura. Llevando consigo un ahorro tanto en acero y peso, como económico. Fue la primera vez que se utilizó en arquitectura un sistema estructural ortotrópico para la construcción convencional, aunque esta técnica ya había sido utilizada en la construcción de puentes. (Fig.47)

Figura 47. S.C.S.D. Coordinación de componentes.



⁷⁰.Ibid. p.10.

El sistema fue pensado para su fácil manipulación, manejo y traslado, por ello, las cerchas se podían plegar completamente bajo el tablero de cubierta, de modo que cada sección estructural de 10 pies (3 m) de ancho y 33 pulgadas (84 cm) de altura, se pliega completamente plana, pudiendo ser así apilados todos los elementos estructurales de la cubierta del edificio prototipo de 80 por 80 pies (24 x 24 m) y transportados en un único vagón de tren.⁷¹ (Fig.48)

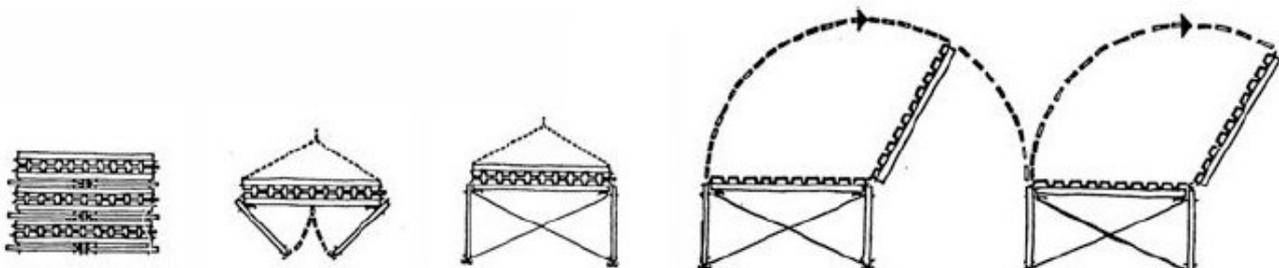
Una vez en el lugar de construcción, cada unidad se levantaba mediante una grúa, permitiendo que las cerchas pivotasen hacia abajo recuperando su posición original. Posteriormente, cada unidad estructural se colocaba en su lugar, uniéndose a las cerchas primarias y desdoblando el tablero superior de cubierta en dos. Por último, las

uniones entre tableros de cubiertas se soldaban. Las columnas se proporcionaban en diferentes espesores de acero para adaptarse a diferentes condiciones de carga. Los arriostramientos ante sismo y viento no salieron a licitación y se dejaron a cargo del arquitecto o ingeniero de cada distrito escolar.

La mayoría de los esfuerzos para la coordinación entre los distintos componentes se centraron en el espacio que se genera entre el falso techo y el tablero de cubierta, conocido como “sándwich integrado”. Este espacio se utilizó para organizar las instalaciones en distintas líneas libres. Se colocaban las instalaciones de fontanería, electricidad y otros conductos, intentando reducir así los conflictos de los subcontratistas durante la construcción.

66

Figura 48. Desplegado de unidades de cubierta.



71.Ibid. p.11.

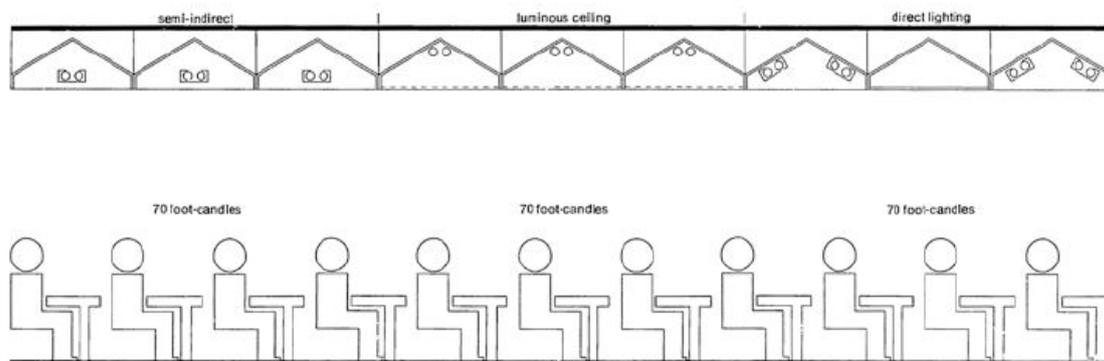
En segundo lugar, el sistema de techo e iluminación también fue llevado a cargo de *Inland Steel Product Company* bajo el diseño de Robertson Ward. Era el componente más versátil que ofrecía el sistema, ya que consistía en una malla metálica horizontal de 5 pies por 5 pies (1,52 m x 1,52m) suspendida por la estructura, con pantallas planas que formaban el techo y casetones de iluminación que sustituían a los paneles de techo donde precisaban de su uso.

Los casetones disponían de tres tipos de iluminación: directa, semi-directa o luminosos, mediante una luminaria de dos tubos fluorescentes con tres difusores de plástico opcionales. El casetón de metal podía recibir de una a tres luminarias, y la sección superior del casetón, se podría utilizar invertida. (Fig.49)

Los paneles de falso techo e iluminación eran de chapa metálica prepintada de blanco mate y revestidos al interior de lana mineral, para mejorar la protección contra al fuego y la absorción acústica.⁷²

En tercer lugar, el sistema de climatización, debía servir a espacios de 450 pies cuadrados (42 m²), independientemente de la forma o disposición, adaptándose a la redistribución de las salas. El sistema ganador fue *Lennox Industries* que ofrecía un sistema de aire acondicionado completo, con o sin enfriamiento mecánico, mediante una combinación de conductos de fibra de vidrio, fijos y flexibles, que llevaban el aire caliente o enfriado a los difusores ajustados al falso techo. El aire de retorno circulaba a través del plenum entre el falso techo y el tablero de cubierta. El intercambiador

Figura 49. Sistema de techo e iluminación.

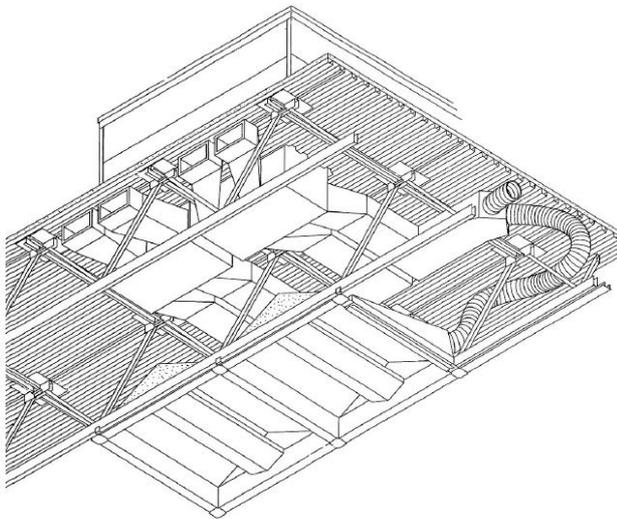


72.Ibid. p.18-20.

de calor podía ser de gas, eléctrico o mediante agua caliente, siendo el más utilizado el primero de estos.⁷³ (Fig.50)

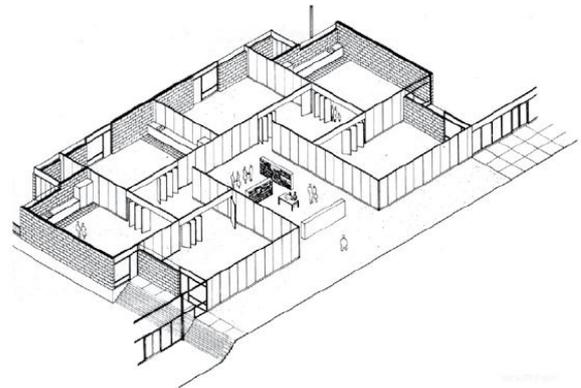
Por último, el cuarto sistema eran las particiones interiores, que fueron divididas en cuatro grupos: las particiones fijas, que conformaban los interiores de las escuelas, las particiones desmontables, que deberían ser movibles mediante el mínimo esfuerzo, y dos tipos de particiones manejables por los docentes, practicables formadas por paneles y otras tipo acordeón. (Fig.51)

Figura 50. Sistema de climatización.



El sistema de particiones fijas y desmontables, conocido como *Hauseman Double Wall*, fue desarrollado por *E.F. Hauseman Co.* mediante un único producto, una pared que se fijaba cuando algo en su interior, como una tubería, lo hacía necesario. La pared constaba de dos paneles de yeso de 40 pulgadas (1,016 m) de ancho con revestimiento de acero, y se acoplaba a un montante de metal. Los montantes, se sujetaban a los canales de suelo y techo, y en la parte superior del montante, se disponía de una sección telescópica que permitía el ajuste a la estructura.

Figura 51. Sistema de particiones.



73.Ibid. p.16-17.

Además, se utilizaban diversos colores y acabados, incluyendo superficies de pizarra de suelo a techo y cintas magnéticas para la exposición de trabajos académicos.

Las particiones practicables tenían su propia estructura de soporte. En la de tipo acordeón, diseñada por *Hough Manufacturing Comany*, la estructura del soporte se elevaba mediante una manivela con el fin de liberar el cierre acústico y permitir el desplazamiento de la partición. La partición de paneles, diseñada por *Western Sky Industries*, y posteriormente vendida a *Hough Manufacturing Company*, tenía una junta superior e inferior retráctil que desempeñaba la misma función.⁷⁴

La primera escuela que se llevó a cabo en el otoño de 1966 fue la *Fountain Valley*, una escuela para 3000 estudiantes, para el *Huntington Beach Union High School District*, por los arquitectos Neptune y Thomas de Pasadena.

Fountain Valley ofreció la oportunidad de comparar el sistema SCSD con la construcción convencional, ya que sólo tres años antes, los mismos arquitectos, habían completado otra escuela secundaria del mismo tamaño y un plan casi idéntico, para el rápido crecimiento de la

zona suburbana de Los Ángeles, la *Marina High School*.

Fountain Valley presentó la flexibilidad que incorporan los sistemas SCSD. La mayoría de sus particiones son desmontables, de modo que el tamaño de las aulas y los arreglos, pueden modificarse de forma económica, y los sistemas de iluminación y aire acondicionado pueden reorganizarse fácilmente. Los armarios también se reorganizan fácilmente, y sus estantes, cajones y puertas son intercambiables. Las particiones desplazables, tanto las plegables como las de tipo acordeón, también son desmontables. Este sistema de pliegues permitió la conexión entre las distintas aulas, pudiendo disponer de aulas más extensas.

La estructura de la escuela está claramente presente, las columnas se destacan mediante la presencia de baldosas cerámicas, a diferencia del resto de la pared que es de ladrillos. La fachada consta de paneles de aluminio esmaltados en blanco y en negro.⁷⁵

74. Ibid. p.20-23.

75. BENET, JAMES (1967). "SCSD: The Project and the Schools. A Report from Educational Facilities Laboratories.". p. 13.

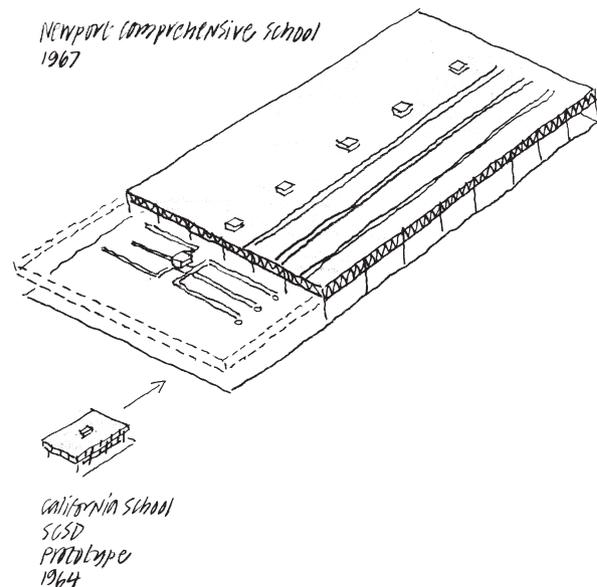
4.4. Del S.C.S.D a Norman Foster

Bajo las influencias del sistema escolar californiano S.C.S.D, Norman Foster introdujo un concepto que exploró ampliamente en su obra, a lo largo de los años 70 y 80, conocido como *the serviced umbrella roof* o *umbrella buildings*. Surgieron como una investigación sobre construcciones de grandes luces libres retomando la idea de “sándwich integrado” del sistema estadounidense SCSD. Diseñadas para crear recintos universales, infinitamente flexibles, que podrían reconfigurarse fácilmente para adaptarse a los usos cambiantes y a las necesidades del momento, bajo la misma cubierta. Este concepto se empezó a estudiar con la *Newport School*.⁷⁶

70

La *Newport School* consiste en una gran cubierta con estructura reticulada de 137 m x 80 metros en planta y 1,2 metros de canto, que se apoya sobre pilares de acero y sirve de abrigo a una multitud de espacios educativos flexibles. La escuela no fue construida, puesto que no ganó el concurso para el que fue diseñada, pero influyó mucho en los trabajos posteriores de Foster. Aunque fue una decepción completa para el estudio, decidieron seguir dibujando y desarrollando el proyecto tiempo después de la competición. En muchos sentidos, resultó ser finalmente un modelo para el proyecto de *IBM Pilot Head Office* en Cosham.

Figura 52. Diseño de la *Newport School* a partir del sistema S.C.S.D. en 1967.



76. JENKINS, DAVID (2003) Norman Foster: Works 1. Munich: Prestel Publishing. p.128.

Según Norman Foster en una conversación con Graham Vickers en 1989:

The intention at Newport was to show that a generous roof umbrella could accommodate not only the requirements of the brief – which were absolutely traditional – but other approaches to education as well. If there had been a will to explore these other approaches –which were to do with newer technologies and the breaking down of the more rigid educational patterns associated with repetitive classroom units – then this scheme would have been very sensitive to such uses. It was more an educational tool than a fixed building.⁷⁷

Foster utilizó la escuela como un vehículo para explorar un enfoque de sistemas para un edificio multiuso. Se propusieron y se alentaron usos alternativos para el edificio en su conjunto. Se configuraron espacios flexibles sin módulos y nuevas posibilidades educativas fueron habilitadas.

Asumió una proporción de espacios de enseñanza según el programa, y podría introducir patios de luz internos y al aire libre cuando conviniera. La sala principal de circulación fue un enfoque social, promoviendo la participación de los espectadores en una amplia gama de actividades.

Gran parte del trabajo inicial de Foster, fue influenciado por el modelo S.C.S.D. (Fig.52) Además de ofrecer ventajas económicas y facilidad de prefabricación, este concepto estructural y de planificación altamente flexible, se adecuaba a los objetivos funcionales y sociales de Foster, en cuanto a proporcionar cambios de usos y mejorar el lugar de trabajo, combinando recursos y fomentando el uso de un mismo espacio para diferentes actividades.

77.JENKINS, DAVID (2003) Norman Foster: Works 1. Munich: Prestel Publishing. p.131. Traducción propia: "La intención en Newport era mostrar que una sombrilla generosa podría acomodar no solo los requisitos del resumen, que eran absolutamente tradicionales, sino también otros enfoques de la educación. Si hubiera existido la voluntad de explorar estos otros enfoques, que tenían que ver con las nuevas tecnologías y la descomposición de los patrones educativos más rígidos asociados con las unidades de aula repetitivas, entonces este esquema habría sido muy sensible a tales usos. Era más una herramienta educativa que un edificio fijo."

Según Graham Vickers:

*Foster's Newport School seen in retrospect, ratins its radical idealism. Less easy to assess, but not less important, is the extra inspirational edge that Newport was to give to later Foster buildings.*⁷⁸

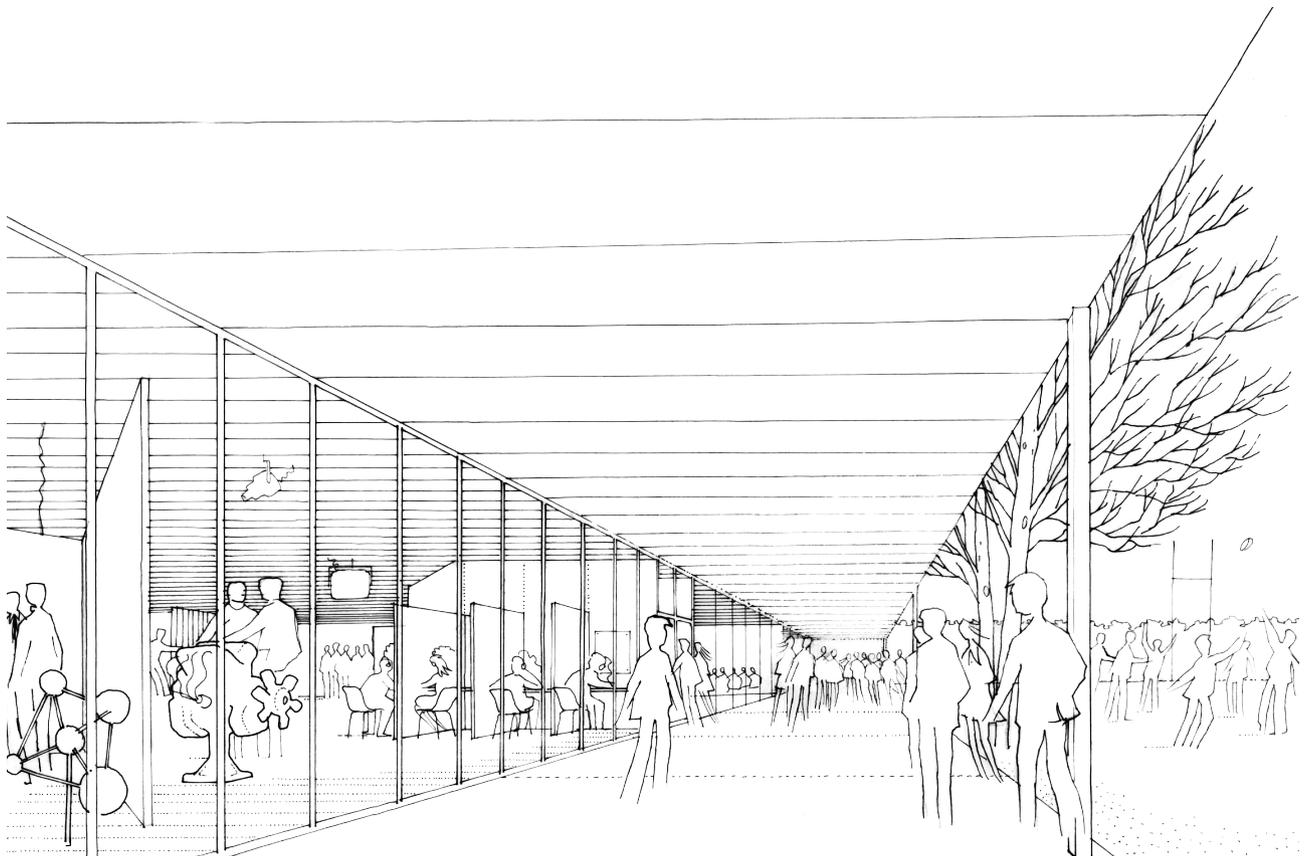
La cubierta del edificio estaba formada por una estructura de celosía quedaba vista en el perímetro del edificio, dando lugar a un voladizo que permitía la circulación por bajo de este, mediante el retranqueo del vidrio. (Figs.53 y 54)

El trabajo colaborativo con varios fabricantes y consultores hizo que en la práctica se pudiera reducir a un solo elemento, el acero, la construcción del edificio, mediante componentes ampliamente disponibles y un alto grado de prefabricación. Este enfoque sistemático, combinado con la decisión de un interior sofisticado y flexible de bajo coste, le permitió a Foster fijar el precio del sistema dentro de unos límites estipulados.

El diseño también contemplaba, en el interior de la cubierta, la instalación de un sistema de calefacción y refrigeración flexible que pudiera responder a los cambios en el diseño mediante un control de zonificación preciso. (Fig.55)

78. JENKINS, DAVID (2003) Norman Foster: Works 1. Munich: Prestel Publishing. p.131. Traducción propia: "La *Newport School* de Foster, vista retrospectivamente, refleja su idealismo radical. Menos fácil de evaluar, pero no menos importante, es la ventaja adicional que Newport le dio a los edificios Foster posteriores.

Figura 53. Boceto *Newport School*. Zona de paso por debajo del voladizo. Proyecto elaborado en 1967.

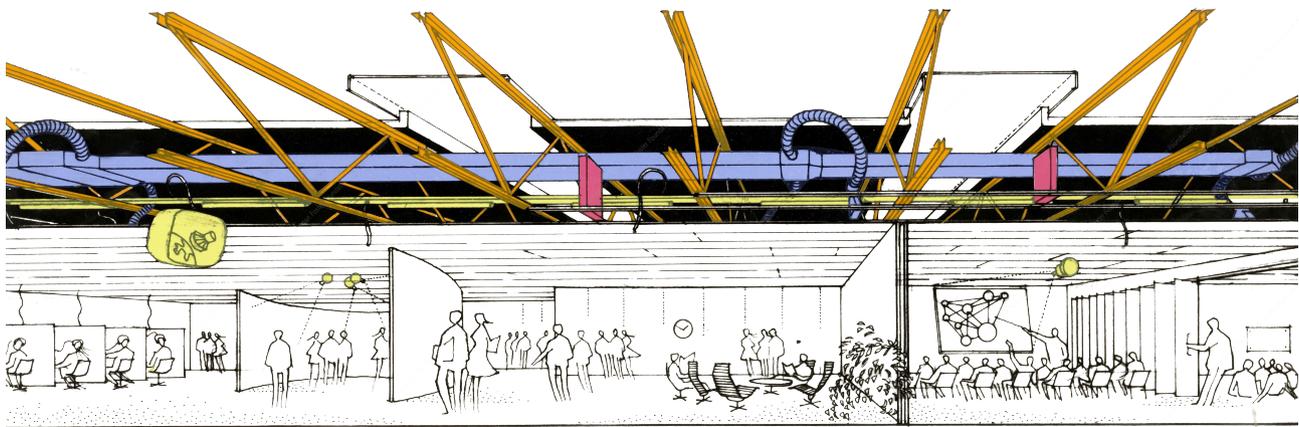


Por otra parte, se contemplaron tres niveles de flexibilidad en el edificio. Un grado inmediato de la reorganización de particiones de acero con revestimiento de PVC, asientos en graderíos y muebles desplazables. La flexibilidad a corto plazo, para el uso alternativo en fines de semana o vacaciones, se podría lograr mediante la reorganización de las particiones desmontables. La flexibilidad a largo plazo, mediante la variedad de medios, capaces de alterar lo que normalmente podría tratarse como características inamovibles: las puertas exteriores podían reubicarse, los

retretes podían ser reubicados y el propio edificio podía extenderse. Tales disposiciones, relevaban el serio compromiso con la práctica de la noción de flexibilidad.(Fig.56)

Figura 55. Instalaciones en cubierta. *Newport School*. Proyecto elaborado en 1967.

74



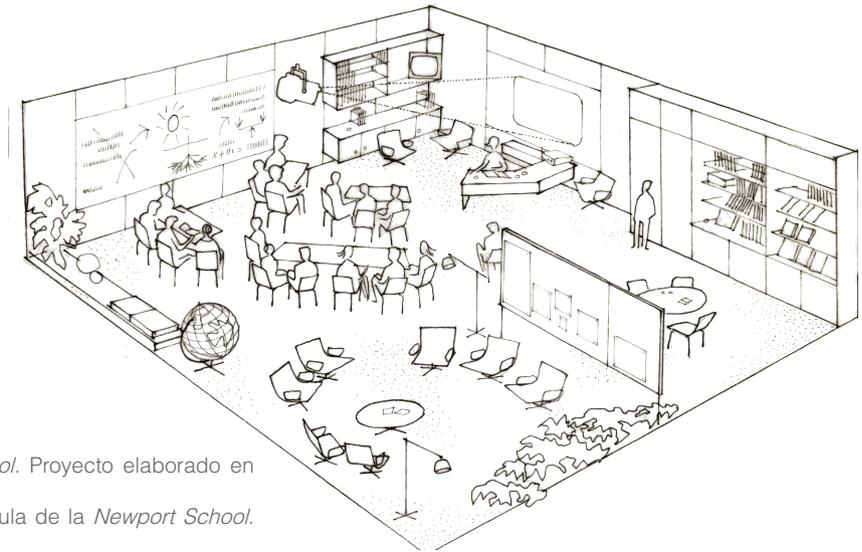
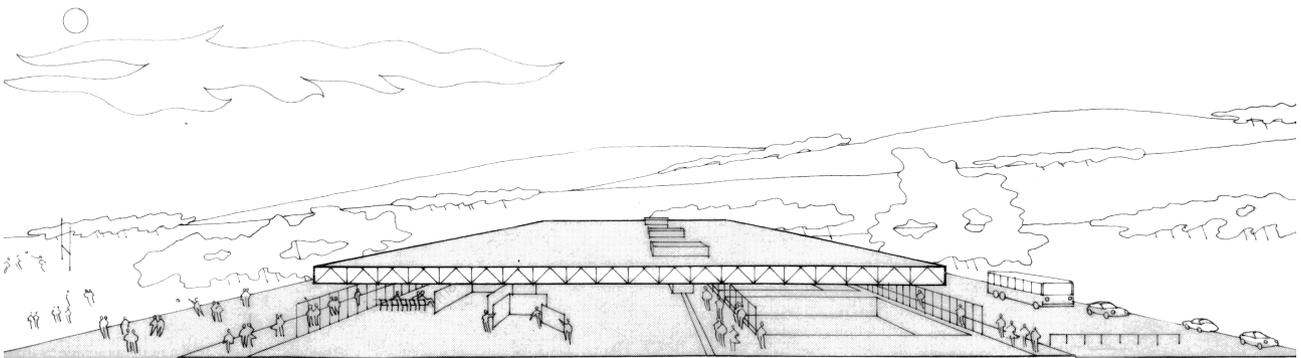


Figura 54 (inf.) Vista exterior *Newport School*. Proyecto elaborado en 1967.

Figura 56 (der.) Distribución interior de un aula de la *Newport School*. Proyecto elaborado en 1967.



5| Otros ejemplos de industrialización

5.1. El caso particularizado en Francia

Durante la Segunda Guerra Mundial, en Francia también surge la necesidad de buscar nuevos sistemas de construcción rápida, eficiente y económica de la mano de arquitectos como Jean Prouvé o Le Corbusier.

En el año 1931, Jean Prouvé (Fig.57) fundaba el *Atelier Jean Prouvé*, en el cual, se dedicaron en parte, al diseño de mobiliario metálico y colaboraban con arquitectos como Le Corbusier o Charlotte Perriand. La producción de muebles se convirtió en la parte central de su negocio.⁷⁹

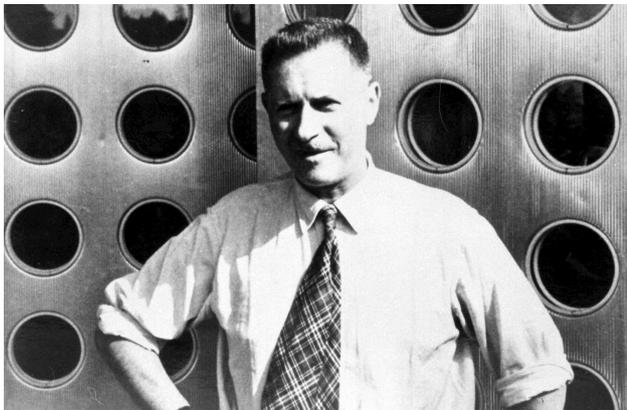


Figura 57. Jean Prouvé. De fondo, un módulo de sus paneles de chapa plegada en su casa de Bonn, 1955.

A partir de este punto, y debido a su implicación con el mobiliario escolar se solicita su colaboración para el diseño de escuelas prefabricadas de estructura ligera metálica y de fácil montaje.

En 1932, Prouvé se encarga del esquema general de la estructura de la *Escuela al aire libre* en Suresnes, de los arquitectos Eugène Baudoin y Marcel Lods. Además, también se ocupó del mobiliario diseñado para que se adaptara a las necesidades especiales de los niños según su edad.⁸⁰ (Fig.58)



Figura 58. Escuela al aire libre en Suresnes, construida entre 1932-1935.

79. GALERIE PATRICK SEGUIN. *Jean Prouvé Architecture Elements*.

80. JADEGOSSERY (2018). "Écoles Volantes, 1939-40. Le Corbusier & Jean Prouvé" en Aula Taller F – Proyectos arquitectónicos – Etsa Sevilla

En 1936, el *Atelier Jean Prouvé* desarrolló un catálogo de modelos para la construcción rápida de hospitales, oficinas y escuelas, dejando una considerable libertad de planificación para los arquitectos. El potencial de producción hizo que desarrollaran y patentaran productos industriales mediante la utilización de la chapa plegada para la construcción de edificios. Estos diseños incluían divisiones móviles, puertas metálicas y contraventanas multi-posición y jaulas elevadoras.⁸¹

En 1938, Prouvé crea y patenta una estructura de metal de marcos desmontable, en un módulo de 8 metros de ancho. El tamaño se basaba en la capacidad de la prensa de doblado que disponían en el taller, que mecanizaba hojas de acero de 4 metros. Este módulo permitía la construcción de una superficie mínima de 64 metros cuadrados, un espacio habitable satisfactorio, tanto para el usuario como para el constructor, preocupado por el bienestar de este último.⁸² (Fig.59)

A principios de la Segunda Guerra Mundial, en 1939, Prouvé solicita a Le Corbusier que propusiera nuevas soluciones para escuelas temporales. Este proyecto, forma parte de una de las ideas más ambiciosas de Le Corbusier, puesto que se centra en la ocupación de las escuelas en

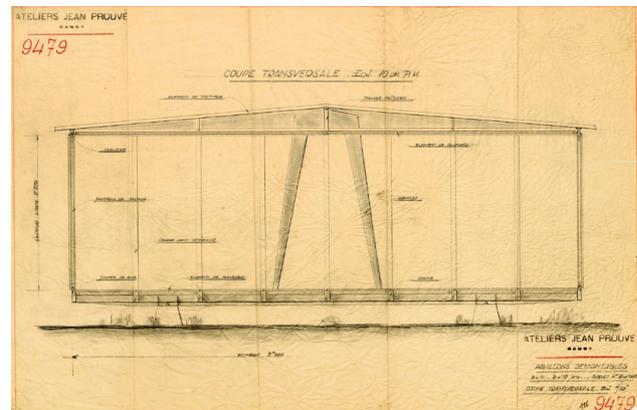


Figura 59. Diseño estructura metálica desmontable 8 x 8, en 1938.

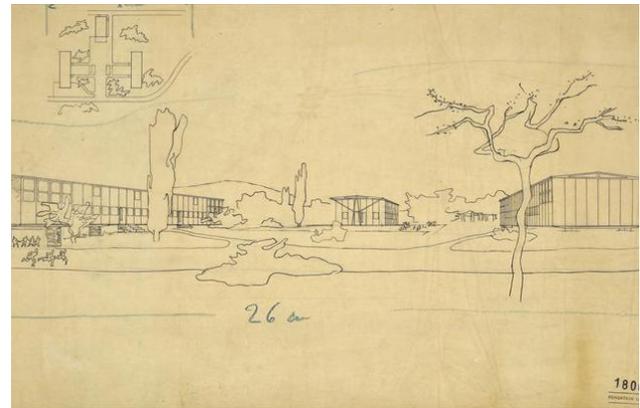
81. GALERIE PATRICK SEGUIN. *Jean Prouvé Architecture Elements*.
82. Ibid.

el pueblo, respondiendo primero a la planificación urbana, mediante complejos escolares a las afueras de los pueblos compuestos por la escuela, el huerto y un jardín, un taller para jóvenes, un taller de trabajo, un campo de deportes y una piscina.⁸³ (Fig.60)

La escuela se diseña para poderse desmontar y volver a montar fácilmente, siendo adaptable a cualquier terreno. Los distintos edificios tienen planta rectangular de dos plantas. Por una parte, el edificio escolar dispone en planta baja las aulas, algunas parcialmente en doble altura y en los extremos, se encuentran los vestuarios y las duchas, quedando en el centro los espacios de circulación. Por otra parte, la planta primera, alberga los dormitorios. En el otro edificio, en planta baja se encuentra el refectorio en doble altura, al que se accede desde un lateral, a través de un porche al aire libre sostenido por un pórtico axial. En el otro extremo, se encuentran las cocinas y los espacios sanitarios. En planta primera se disponen los dormitorios, los aseos y otras dependencias. El complejo escolar se completa con otros pabellones destinados a viviendas del personal.

Ambos edificios principales tienen 8 m de ancho por 19 m de largos para el refectorio y 28 m para las aulas; la altura del techo es variable entre 2,20 m y 4,50 m. Estos volúmenes se deben a la estructura diseñada por Jean Prouvé. Se trata de un pórtico axial colocado en el centro del edificio que se encarga de soportar la viga de cumbrera, diseño patentado por Prouvé en 1938.⁸⁴ (Fig.61)

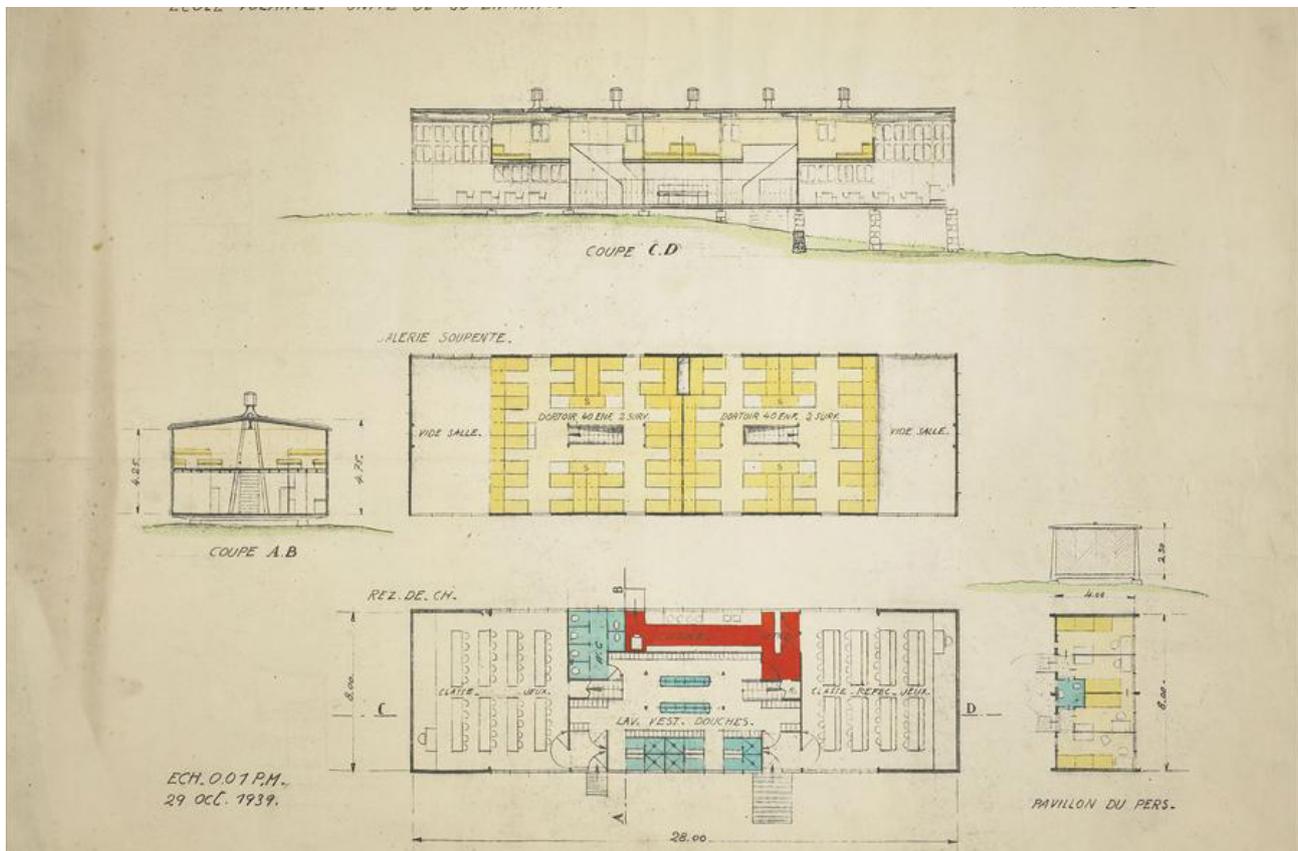
Figura 60. Dibujo del complejo escolar *École Volante*, en 1939.



83.JADEGOSSERY (2018). "Écoles Volantes, 1939-40. Le Corbusier & Jean Prouvé" en Aula Taller F – Proyectos arquitectónicos – Etsa Sevilla

84.Ibid.

Figura 61. Planos del edificio escolar de las aulas del *École Volante*, en 1939.



Entre 1941 y 1943, junto la colaboración del arquitecto Pierre Jeanneret, desarrolla el principio constructivo únicamente mediante madera, debido al bloqueo progresivo del transporte y del aumento de la cuota de los materiales como el acero. Elaboran edificios temporales para refugiados de guerra, mediante un extenso programa de construcción de emergencia, destinado a acomodar a los empleados y gerentes de la SCAL, en Issorie. Tomando diversas propuestas de Le Corbusier, Jeanneret organiza la vida familiar alrededor de un “fuego

de esquina” generado por el pórtico central. Las divisiones perforadas deslizantes modulan el espacio interior que se extiende al exterior mediante la terraza cubierta.⁸⁵ (Fig.62)

En 1945, consigue desarrollar la *Maison 8x8*, la cual patentó en 1938, con algunas mejoras para lograr hogares confortables. La estructura del soporte la realiza completamente con chapa plegada, así como las vigas del suelo y la cubierta, excepcionalmente realizada de cajas de acero.⁸⁶ (Figs.63 y 64)

82



Figura 62. Interior de la *Casa F 8 x 8 BCC*, diseñada en 1941. Réplica del proyecto realizada por la *Galerie Patrick Seguin*.



Figura 63. Exterior de la *Maison démontable 8x8*, diseñada en 1945. Réplica del proyecto realizada por la *Galerie Patrick Seguin* en 2013.

85.GALERIE PATRICK SEGUIN. *Jean Prouvé Architecture. F 8x8 BCC Demountable House, 1941 (with Pierre Jeanneret)*.

86.GALERIE PATRICK SEGUIN. *Jean Prouvé Architecture. 8x8 Demountable House, 1945..*

Figura 64. Interior de la *Maison démontable 8x8*, diseñada en 1945. Réplica del proyecto realizada por la *Galerie Patrick Seguin* en 2013.



En 1947, el *Atelier Jean Prouvé* abandona la Rue des Jardiniers y se mudan a una fábrica a Maxéville, a las afueras de Nancy. Después de la construcción de casas temporales y desmontables para las víctimas de la Segunda Guerra Mundial, el Atelier se comprometió con el programa de reconstrucción del gobierno francés, involucrándose no solo en las viviendas, sino también en las infraestructuras, especialmente, las escuelas. Se centraron en la investigación, desarrollo de prototipos y producción para una industria mecanizada, perfeccionando el sistema que había patentado en 1938 y luego había mejorado durante la guerra.⁸⁷

El *Ministerio de Educación Nacional* realiza una competencia en 1949 en la que exigían edificios que pudieran ser fácilmente producidos en masa, con un montaje fácil y rápido en cualquier lugar. Resultan galardonados, los hermanos Prouvé, citando Jean Prouvé:

“*Le montage d’une classe se fait en deux semaines*”⁸⁸

Los conceptos del Atelier fueron adoptados por como *Los estándares del Ministerio Nacional*

87. GALERIE PATRICK SEGUIN. *Jean Prouvé Architecture Elements*.

88. CAUE (-). “L’École Prouvé. 1952 – Martigues – École Martenelle Ferrières”. En n°257 de FICHAFFICHE. Traducción propia: “El montaje de una clase se realiza en dos semanas.”

de Educación Francés, dándolos a conocer en diversas publicaciones en periódicos de tirada nacional.

En 1950 les encargan dos prototipos, uno para el municipio de Bouqueval, cerca de París, y otro para el pueblo de Vantoux, cerca de Mezt. Prouvé utiliza el aula 24 x 8 metros, con aspecto de escuela al aire libre, mediante el empleo de grandes puertas de vidrio, la disposición de un área de juegos techada y un acceso cubierto.

La *École Vantoux* fue construida en tan solo dos semanas debido a su ensamblaje completamente seco mediante pernos y clips. Tanto la escuela como su mobiliario fueron clasificados en 2001 como *Monumentos Históricos*.(Fig.65)

La *Galerie Patrick Seguin* con motivo de la *FIAC (Foire Internationale d’Art Contemporain)* de 2016, pidió al *Atelier Jean Nouvel / HW Architecture* que restaurara la calidad desmontable de la *École Bouqueval*, que se instaló en el *Jardín de Las Tullerías*, París, permitiendo una apreciación completa del sistema estructural de Jean Prouvé. (Figs. 66,67 y 68)

Figura 65. (sup. izq.) *École Vantoux*. Construido en 1950.

Figura 66 (sup. der.) *École Bouqueval*. Réplica realizada por la *Galerie Patrick Seguin* en 2016.

Figura 67 (inf.) Interior de la *École Bouqueval*. Réplica realizada por la *Galerie Patrick Seguin* en 2016.

Figura 68. QR: Montaje de la *École Bouqueval*.



Uno de los ejemplos que se encuentra en uso hoy en día, es la *École Maternelle de Ferrières*, en Les Crayons, diseñada por el Atelier Jean Prouvé junto los arquitectos Alphonse Arati, Marius Boyer y Charles Lestrade. Se trata de un edificio de 40 metros de longitud con 4 clases dispuestas en línea y un salón de juegos dispuesto en medio. Con una gran fachada libre con vistas al patio, compuesta por puertas acristaladas dobles en toda su altura de 3,50 metros. En la parte posterior, perpendicular a las aulas, dos bloques albergan las oficinas y el área de recepción. El acceso

queda definido mediante una marquesina. (Figs.69 y 70)

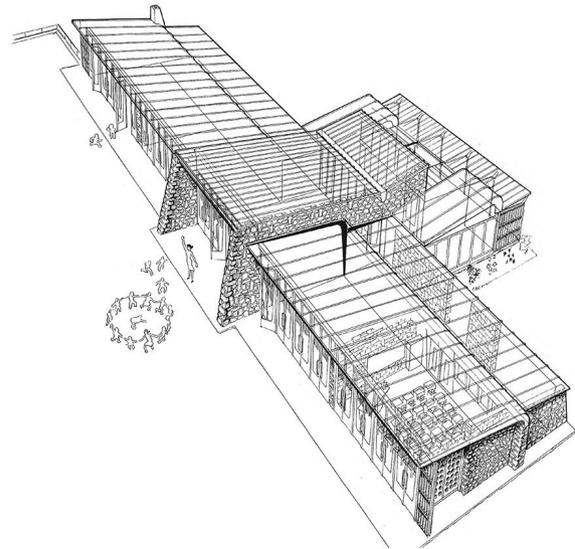
La *École Maternelle de Ferrières*, al igual que la *École Vantoux*, fue declarada Monumento Histórico.

Figura 69 (inf.izq.) Fachada principal de la *École Maternelle de Ferrières*, Les Crayons. Construida en 1951.

Figura 70 (inf. der.) Volumetría de la *École Maternelle de Ferrières*, Les Crayons. Construida en 1951.

Figura 71. QR: Montaje de la *École provisoire de Villejuif*.

Figuras 72 y 73 (der.) Exterior e interior de la *École provisoire de Villejuif*. Réplica realizada por la Galerie Patrick Seguin.





En 1957, Jean Prouvé se había establecido como una de las figuras principales en la arquitectura temporal de emergencia. En este contexto, recibe el encargo de la *École provisoire en Villejuif*. El proyecto requería ser de ejecución rápida, ligera y capaz de soportar cualquier desmontaje y montaje. Realizada de elementos prefabricados, la estructura asimétrica consiste en una serie de soportes de chapa de acero que sostienen un techo de madera curvado y en voladizo, con una fachada completamente acristalada y con elementos de acero de refuerzo y ventilación.⁸⁹ (Figs. 71, 72 y 73)

Diseñada como arquitectura temporal, fue desmantelada en su momento y sus componentes fueron reutilizados en otros edificios. Posteriormente, entre 1990 y 2000, se exhibió una copia en el *Centro Georges Pompidou*, en París., donde se ha convertido en una de las piezas permanentes de la colección.

Como se ha podido ver, Jean Prouvé dejó tras su legado, una multitud de sistemas estructurales de arquitectura industrializada que pueden aplicarse a diversos edificios, y en nuestro caso, a la arquitectura escolar. Sus sistemas han sido ampliamente estudiados y a día de hoy, son reconocibles en todo el mundo.



89. GALERIE PATRICK SEGUIN. *Jean Prouvé Architecture. Temporary School of Villejuif, 1957.*

6|Discusión: del barracón al caso personalizado

La arquitectura escolar se puede decir que siempre se encuentra en desarrollo constante, adaptándose a las nuevas pedagogías y al progreso tecnológico. Desde la arquitectura de los barracones, la cual se trataba de simples habitáculos, donde se refugiaban los escolares apiñados en torno a la figura del profesor, se ha evolucionado a otro tipo de aula, la cual debe de tener todas las condiciones de seguridad e higiene, y ser capaz de adaptarse a las nuevas pedagogías.

Como se ha podido ver a través de este TFG, los distintos sistemas que nos ofrece la arquitectura industrializada escolar empezó a desarrollarse en el concurso del *News Chronical* de 1937, en el que los objetivos del concurso eran la investigación sobre los edificios industrializados y la escuela como centro social. El concurso es una clara señal de un cambio técnico y de visión social, si este no tuvo más repercusión fue debido a la proximidad de la Segunda Guerra Mundial. Es así que el auge de la arquitectura industrializada escolar se desarrolló sobre todo en la etapa posterior a la Segunda Guerra Mundial, entre 1945-1960, llegando a disminuir su empleo a los inicios de 1980.

Su uso surge de la necesidad generada tras la guerra, una época de destrucción, pero también de crecimiento demográfico. En ese momento

se piensa que la búsqueda de soluciones que permitan construir con menor mano de obra y en tiempos menores, podía solucionar la demanda. Además, en algunos casos, como el de Hertfordshire, la urgencia se ligó junto con el pensamiento de obtener una arquitectura industrializada que pudiera perdurar en el tiempo.

Como se ha visto, la arquitectura industrializada puede desarrollarse mediante diversos sistemas como: el acero, la madera, el hormigón y el aluminio.

Los principios en 1934 con Mary Crowley, Ernő Goldfinger y Gerald Flower con un modelo industrializado de madera para una guardería expansiva, que posteriormente desarrollarían en 1937 para la empresa *Boulton&Paul*.

Paralelamente, el concurso *News Chronical*, del que se destaca que en el que las bases del concurso se establecía el desarrollo de una escuela industrializada, que a su vez, cumpliera la función de centro multiusos y social de la población. Esta idea de gran valor social, en ese momento, se adelanta casi 20 años a las propuestas post mayo del 68 de Hertzberger, le cual defiende el colegio como ciudad y el patio escolar como la plaza del pueblo, lo que el concibe como la escuela como una micro-ciudad. De este concurso salieron muchas ideas, y resultó ganador Denis Clark Hall,

que posteriormente desarrollaría la propuesta para la *Girls High School*, en Richmond en 1939.

También, en 1939, Le Corbusier y Jean Prouvé plantearon el proyecto *École Volante*, en el cual ya se avistaban algunos rasgos para el desarrollo de componentes estandarizados que posteriormente Prouvé pondría en marcha y que en 1949 desarrollaría una serie de componentes industrializados de diseño, que permitían una producción en masa de rápido montaje en cualquier lugar, conocidos como *Los estándares del Ministerio Nacional de Educación Francés*, y que actualmente pueden conseguirse a través de la *Galerie Patrick Seguin*.

Por otra parte, el caso central de este trabajo, el sistema desarrollado en Hertfordshire, en el que principalmente utilizaron estructuras de acero livianas (Fig.74), pero también se emplearon estructuras de madera y estructuras de hormigón. Allí, Mary Crowley, David Medd y Bruce Martín desarrollaron el primer prototipo en 1946, en la ciudad de Cheshunt.

Posteriormente, en 1950, Ernö Goldfinger bajo el encargo del *London County Concil*, desarrolló su propio sistema mediante la utilización de hormigón prefabricado, para la construcción de dos escuelas. Paralelamente, los Smithson, con Hunstanton, en cambio, fueron partidarios de la arquitectura collage, en la que para

su construcción emplearon componentes estandarizados ya existentes en el mercado.

El sistema de Hertfordshire, evolucionó y fue exportado a otros condados como Nottinghamshire, en el cual se desarrolló el sistema CLASP e incluso a otros países, como EEUU, por el arquitecto Ezra D. Ehrenkrantz, donde se estableció el sistema CLASP. El desarrollo de este sistema llegó al interés incluso de arquitectos como Norman Foster, que basó la idea de sus *umbrella buildings* en el SCSD.

Hoy en día, se puede decir que la mayoría de estas soluciones, cumplen los requisitos que buscaron en su día y siguen en funcionamiento. Las escuelas de Hertfordshire, junto con los sistemas que evolucionaron de este, como CLASP o SCOLA, las construcciones industrializadas de Jean Prouvé, Ernö Goldfinger y los Smithson, han demostrado que la arquitectura industrializada puede servir de solución para emergencias, pero también para un uso temporal. Además, se puede afirmar que se crearon buenas escuelas públicas para todo el mundo, siendo un claro ejemplo de integración social.

Por otra parte, si cabe destacar, la base del éxito de las escuelas de Hertfordshire se debe a la colaboración entre constructores, fabricantes, asesores y usuarios, que juntos lograron crear un sistema de coordinación entre componentes, en el

Figura 74. Estructura de la Primary school, Leavesden.



que cada empresa o cada trabajador aportaba su grano de arena en la construcción y combinación de los distintos elementos que constituían el proyecto.

Las escuelas de Hertfordshire fueron capaces de ofrecer el conjunto entre arquitectura y educación. Por una parte, buscaron optimizar el sistema, mediante la colaboración entre diversos grupos y por otra, establecieron el contacto con trabajadores de la educación, tanto maestros como pedagogos, para lograr la adaptación de todos los espacios a la figura del niño. Las escuelas fueron edificios de pequeña escala, proyectados para los niños, en los que el aula era un lugar íntimo de trabajo, donde los niños podían guardar sus cosas, fijar dibujos, y contribuir a la creación de su propio ambiente.

Además, se puede afirmar que su éxito fue innegable. Por una parte, se trataba de un sistema capaz de evolucionar, adaptándose a nuevos cambios, y de cada sistema evolucionado, aparecía otro. Pero por otra, la capacidad que tuvo para implantarse en diversos condados de Inglaterra y para exportarlo a otros países, como fue el caso de CLASP, SCOLA, CLAW, SEAC en la propia Inglaterra, el SCSD en EEUU, el sistema SEF en Canadá, e incluso en España, con el sistema Modulteu, la adaptación del sistema CLASP.

El desarrollo de estos sistemas con la capacidad de colaboración entre componentes y su capacidad de adaptación y flexibilidad, ofrecieron escuelas diseñadas por y para cada lugar, con sus especificaciones y requisitos proyectuales, en el que mediante un sistema general se llegaba a la solución particularizada capaz de dar solución a la urgencia y establecerse para perdurar en el tiempo.

Debería haber sido este el camino elegido cuando la necesidad llama a la construcción, sin embargo, se suele recurrir a los llamados barracones, de los que se puede decir que se tratan de simples cajas construidas y ensambladas que se llevan al lugar, sin tener en cuenta su entorno, su integración en el paisaje, que no ofrecen flexibilidad en el proyecto y sobre todo, desmerecen la educación y el desarrollo del niño. Esta arquitectura es la que hace que parte de esa imagen despectiva que se tiene de la idea del prefabricado es por este tipo de construcciones temporales. Al final se asocia lo prefabricado o industrializado a estas construcciones temporales y no se debe caer en este error, porque como se ha visto, existen diversos sistemas capaces de dar solución a la urgencia, desarrollando una arquitectura duradera.

7| Conclusión

Tras realizar el presente trabajo, en el que se ha podido estudiar los diversos sistemas que han sido empleados en distintos países para el desarrollo de una arquitectura escolar industrializada, se han extraído las siguientes conclusiones:

- La evolución de los sistemas constructivos industrializados fue un constante signo de prosperidad en la arquitectura de urgencia. En el caso que se ha observado en Hertfordshire, su sistema partía de una malla de 8'3" formada por una estructura metálica ligera de soportes de sección cuadrada y vigas de celosía sobre las que se apoyaban las placas de hormigón, con el que se desarrollaban escuelas en planta baja. La evolución de este, el sistema CLASP, permitió desarrollar mejores edificios escolares, para ello redujeron el módulo de la malla estructural a 3'4", permitiendo una mayor flexibilidad y modulación en el proyecto, adaptándose a cualquier tipo terreno y pudiendo construir más de una altura.

- Los sistemas estandarizados pueden ser exportados, y a su vez también pueden seguir evolucionando. Es el caso del SCSD en EEUU, que fue exportado directamente del sistema de Hertfordshire por Ezra Ehrenkrantz, basándose en la utilización de una malla de estructural de 5'. Además, aquí se estableció un único grupo de fabricantes para el desarrollo de un sistema compatible formado por componentes: estructura, iluminación, climatización y particiones interiores. Posteriormente, el sistema SCSD fue estudiado por Norman Foster para desarrollar los *umbrella buildings*.

96

- La colaboración entre diversos grupos como: constructores, fabricantes, asesores y usuarios permitió obtener edificios pensados en todas sus partes, tanto para la optimización de la construcción como para satisfacer a los usuarios. A esta colaboración se le sumó también la participación incluso de políticos y legisladores.

- La arquitectura escolar estuvo ligada a un proceso de adaptación, que permitía el cambio si era necesario debido a la incorporación de las nuevas metodologías pedagógicas que se ponían en práctica.

- El empleo de la modulación en los sistemas industrializados, permitió la flexibilidad deseada en las escuelas, favoreciendo la polivalencia de los espacios mediante el uso de los componentes estandarizados, como las particiones desplazables. Además, la capacidad de ser montado y

desmontado también permitía la adaptación necesaria. Es el caso de los componentes desarrollados para el *Ministerio de Educación Nacional Francés*, por Jean Prouvé, los cuales permitieron el diseño en masa, diseños modulados según las necesidades del proyecto, y a su vez, demostraron su capacidad de ser montados y desmontados rápidamente, como se muestra en los vídeos de la *Galerie Patrick Seguin*.

- Cada escuela debía ser única y diferente, según sus necesidades y requisitos. Se debía contemplar su implantación e integración en el entorno, la escuela como centro social junto con la flexibilidad según el programa que fuera a establecerse, y sobre todo, se debía profundizar en el desarrollo y la educación de su usuario más importante: el niño. Era necesario buscar la belleza del proyecto, no como obra de arte, sino en la satisfacción del usuario. Las escuelas de Hertfordshire resultaban, con su pequeña escala, una obra pintoresca en el paisaje, pero a su vez, todo su programa y desarrollo constructivo estaba pensado en el desarrollo del niño.

- Es importante desfocalizar la relación entre arquitectura industrializada y el caso particular de la prefabricación de los barracones. La urgencia y necesidad no debe quedar ligada a la arquitectura efímera, puede desarrollarse para establecerse en el lugar y perdurar en el tiempo. Esta es quizás, la conclusión más importante, lo urgente no debe ser efímero, ya que la experiencia como es el caso de las escuelas de Hertfordshire, aún en uso hoy en día, evidencia que la preocupación de la sociedad por tener sistemas edificios y altos niveles de confort para atender la urgencias y catástrofes luego perduró en el tiempo. El caso de Hertfordshire nos demostró que el proyecto debe ser previsto y cuidado en todos los sentidos.

97

En definitiva, como se ha visto, la arquitectura industrializada en su aplicación escolar nos permite desarrollar espacios verdaderamente flexibles, capaces de transformarse según su necesidad, desde centro escolar a centro social para el vecindarios, dando respuesta a la urgencia y necesidad, y estableciéndose como una arquitectura que puede perdurar en contraposición a la arquitectura temporal de los barracones, y permitiendo el desarrollo del programa particular y de los requisitos que ofrece cada lugar junto. Además, se destaca el sentido colectivo colaborativo en el diseño y construcción de las escuelas, como también, la estrategia social y política.

8| Bibliografía y relación de figuras

8.1. Bibliografía

- AJBL. *Richmond School*. Disponible en: <<https://www.ajbuildingslibrary.co.uk/projects/display/id/2899>> [Consulta: 6 de junio de 2018]
- ALLEN DOUGLAS, J. (1965) “SCSD School Construction Systems Development” en Youtube. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=6B_QETj5hsg> [Consulta: 24 de abril de 2018]
- AZPIAZU, JUAN IGNACIO (-). “SCSD: un informe preliminar”. Disponible en: <<http://www.ignacioazpiazu.com/ignacioazpiazu/cas/textos/SCSD-Ehrenkrantz.pdf>> [Consulta: 24 de abril de 2018]
- BENET, JAMES (1967). “SCSD: The Project and the Schools. A Report from Educational Facilities Laboratories.” Disponible en: <<https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED035180.pdf>> [Consulta: 24 de abril de 2018]
- CAUE (-). “L'École Prouvé. 1952 – Martigues – École martenelle Ferrières”. En nº257 de FICHAFFICHE. Disponible en: <http://www.caue13.fr/sites/default/files/fichaffiche_02_ecoleprouve_rv_0.pdf> [Consulta: 7 de mayo 2018]
- CHANG, CHENG-WONG (1971) *Prefabricated Systems in School Buildings*. Trabajo Final de Máster. Montreal. Disponible en: <http://digitool.library.mcgill.ca/webclient/StreamGate?folder_id=0&dvs=1530604667803~593> [Consulta: 21 de diciembre de 2017]
- CLIMENT MONDÉJAR, MARÍA JOSÉ (2015) *Escuela en Hunstanton de A+P Smithson: El Nuevo Brutalismo en Inglaterra*. Tesis doctoral. Madrid. Disponible en: <http://oa.upm.es/40098/1/MARIA_JOSE_CLIMENT_MONDEJAR_01.pdf> [Consulta: 24 de julio de 2018]
- DUDEK, MARK (1996) *Kindergarten Architecture: Space for the Imagination*. Reino Unido: Spon Press.
- DUNNET, J. (1983) *Ernö Goldfinger*. Reino Unido: London Architectural Association.
- ELWALL, ROBERT (1996) *Ernö Goldfinger*. Reino Unido: John Wiley & Sons.
- FONDATION LE CORBUSIER. *École volante (with Jean Prouvé), Not located, 1940*. Disponible es: <http://www.fondationlecorbusier.fr/corbueweb/morpheus.aspx?sysId=13&IrisObjectId=5698&sysLanguage=en-en&itemPos=37&itemSort=en-en_sort_string1%20&itemCount=215&sysParentName=&sysParentId=65> [Consulta: 30 de abril de 2018]
- FRAMPTON, KENNETH (2012). “Notas sobre cultura arquitectónica británica 1945-1965”. 1ª edición del Premio Javier Carvajal. pág.108. Disponible en: <<https://www.unav.edu/publicaciones/revistas/index.php/revista-de-arquitectura/article/view/2019>> [Consulta: 3 de julio de 2018]
- FRANKLIN, GERAINT ; HARWOOD, ELAIN; TAYLOR, SIMON; WHITFIELD, MATTHEW (2012) *England's Schools 1962-88. A thematic study*. Reino Unido: English Heritage.
- GALERIE PATRICK SEGUIN. *Jean Prouvé Architecture Elements*. Disponible en: <<https://www.patrickseguin.com/en/designers/architecture-elements-jean-prouve-designers/available-pieces-architecture-elements-jean-prouve/>> [Consulta: 30 de abril de 2018]
- GALERIE PATRICK SEGUIN. *Jean Prouvé Architecture Inventaire*. Disponible en: <<https://www.patrickseguin.com/fr/designers/jean-prouve-architecte/inventaire-maison-jean-prouve/>> [Consulta: 30 de abril de 2018]
- GÓMEZ ALFONSO, CARLOS J. (2015) *Construcciones Escolares en Valencia. 1920-1939. Tomo 1*. Tesis doctoral. Valencia: Universitat Politècnica de València. Disponible en: <<https://riunet.upv.es/handle/10251/62170>> [Consulta: 20 de junio de 2018]
- HARWOOD, ELAIN. (2010) *England's Schools. History, architecture and adaptation*. Reino Unido: English Heritage.
- HERTZBERGER, HERMAN (2008) *Space and Learning. Lessons in Architecture 3*. Rotterdam: 010 Publishers.
- JADEGOSSERY (2018). “Écoles Volantes, 1939-40. Le Corbusier & Jean Prouvé” en Aula Taller F – Proyectos arquitectónicos – Etsa Sevilla . Disponible en: <<https://proyectos4etsa.wordpress.com/2018/03/07/ecoles-volantes-1939-40-le-corbusier-jean-prouve/>> [Consulta: 29 de junio de 2018]

JAÉN CAPARRÓS, PAULA (2016). "La escuela prêt-à-monter. El proyecto S.C.S.D." en ""Cadenas de Montaje" La Utopía de la arquitectura como producto industrializado. II Seminario Internacional G+L_PAI." págs.499 – 520. Disponible en: < https://issuu.com/aulagi_pai/docs/actas_ii_seminario_gi_pai_cadenas_d>[Consulta: 3 de julio de 2018]

JAÉN CAPARRÓS, PAULA. (2015) "La escuela prêt-à-monter. El proyecto S.C.S.D. (Patrimonio 22/25)" en Youtube. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=luWHqBbs1_0> [Consulta: 24 de abril de 2018]

JENKINS, DAVID (2003) *Norman Foster: Works 1*. Munich: Prestel Publishing.

KEATH, MICHAEL (1983) *The development of school construction systems in Hertfordshire, 1946-1964*. Tesis doctoral. Londres: Thame Polytechnic. Disponible en: <http://gala.gre.ac.uk/8740/1/Michael_P._K._Keath_1983.pdf> [Consulta: 21 de diciembre de 2017]

MID CENTURY MAGAZINE. *Mary Medd: A female focer in British modernism*. Disponible en: <<http://midcenturymagazine.com/architecture/mary-medd-british-modernism/>>[Consulta: 24 de marzo de 2018]

OSUNA REDONDO, ROBERTO (2000). "Las escuelas de Hertfordshire. ¿Un arte de construir en equipo?" en Cuaderno de Notas 8. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/277127185_Las_escuelas_de_Hertfordshire_Un_arte_de_construir_en_equipo/fulltext/559cd10a08ae898ed6520ba8/277127185_Las_escuelas_de_Hertfordshire_Un_arte_de_construir_en_equipo.pdf?origin=publication_detail> [Consulta: 22 de diciembre de 2017]

SHARIFF, YASMIN (2017). "Mary Crowley: Beginnings of the Career of a Pioneering Modern Movement Architect in Britain before 1945" en MoMoWo: Women Designers, Craftswomen, Architects and Engineers between 1918 and 1945, págs.290-303. Disponible en: <<https://omp.zrc-sazu.si/zalozba-zrc/catalog/download/2/1/83-1?inline=1>> [Consulta: 24 de marzo de 2018]

7.2. Relación de figuras

Portada

Figura 01 [Eveline Lowe primary school, Marlborough Road, Camberwell, Southwark, London]

GRANT, HENRY (1966), RIBA IMAGES en <https://www.architecture.com/image-library/ribapix/image-information/poster/eveline-lowe-primary-school-marlborough-road-camberwell-southwark-london-children-at-play-in-the-cou/posterid/RIBA41376.html>

Figura 02 [Margaret Wix Primary School, St Albans, Hertfordshire]

PITT, PETER (1956), RIBA IMAGES en <https://www.architecture.com/image-library/ribapix/image-information/poster/margaret-wix-primary-school-st-albans-hertfordshire-the-hall-and-play-area/posterid/RIBA15822.html>

Figura 03 [Eveline Lowe primary school, Marlborough Road, Camberwell, Southwark]

GRANT, HENRY (1966), RIBA IMAGES en <https://www.architecture.com/image-library/ribapix/image-information/poster/eveline-lowe-primary-school-marlborough-road-camberwell-southwark-london/posterid/RIBA41375.html>

Desarrollo

Figura 1 [Simplificación de la prefabricación: la cabaña primitiva]

CHANG, CHENG-WONG (1971) Prefabricated Systems in School Buildings. p.4

Figura 2 [Prefabricación durante la Primera Guerra Mundial]

CHANG, CHENG-WONG (1971) Prefabricated Systems in School Buildings. p.5

Figura 3 [Módulos de cajas transportables]

CHANG, CHENG-WONG (1971) Prefabricated Systems in School Buildings. p.5

Figura 4 [Diseño de una guardería expansiva para la Nursery Schools Association, en 1934]

102 ELWALL, ROBERT (1996). "Ernö Goldfinger", p. 44.

Figura 5 [Planta de un diseño para una guardería estandarizada para Boulton & Paul Ltd, en 1937]

AEC, en <http://www.architectureofearlychildhood.com/2011/05/modern-vision-and-early-childhood.html>

Figura 6 [Volumetría de un diseño para una guardería estandarizada para Boulton & Paul Ltd, en 1937]

ELWALL, ROBERT (1996). "Ernö Goldfinger", p. 56.

Figura 7 [Propuesta de Wells Coates y Denys Lasdun. Espacio exterior cubierto y un corredor de aulas. La imagen original del concurso era a color, de acuerdo con los textos del momento]

GÓMEZ ALFONSO, CARLOS J. (2015) *Construcciones Escolares en Valencia. 1920-1939. Tomo 1*. Tesis doctoral. Valencia: Universitat Politècnica de València. p.250.

Figura 8 [Volumetría, Village College, Impington. Realizada por Walter Gropius y Maxwell Fry en 1931]

GROPIUS, WALTER & FRY, MAXWELL (1931), RIBA IMAGES, en <https://www.architecture.com/image-library/ribapix/image-information/poster/village-college-impington-aerial-perspective-of-the-school-buildings-and-grounds/posterid/RIBA36304.html>

Figura 9 [Las aulas, Village College, Impington. Construido en 1939]

DELL & WAINWRIGHT (1940), RIBA IMAGES, en <https://www.architecture.com/image-library/ribapix/image-information/poster/village-college-impington-view-of-the-end-of-the-classroom-wing/posterid/RIBA11174.html>

Figura 10 [El interior del aula, Girls High School, Richmond. Edificio construido entre 1939-1940]

DELL & WAINWRIGHT (1940), RIBA IMAGES, en <https://www.architecture.com/image-library/ribapix/image-information/poster/girls-high-school-richmond-north-yorkshire-a-classroom/posterid/RIBA52210.html>

Figura 11 [Entrada principal, Girls High School, Richmond. Edificio construido entre 1939-1940]

DELL & WAINWRIGHT (1940), RIBA IMAGES, en <https://www.architecture.com/image-library/ribapix/image-information/poster/girls-high-school-richmond-north-yorkshire-the-main-entrance/posterid/RIBA52201.html>

Figura 12 [Aulas, Girls High School, Richmond. Edificio construido entre 1939-1940]

DELL & WAINWRIGHT (1940), RIBA IMAGES, en <https://www.architecture.com/image-library/ribapix/image-information/poster/girls-high-school-richmond-north-yorkshire-detail-of-one-of-the-classroom-wings/posterid/RIBA52203.html>

Figura 13 [Programa de viviendas prefabricadas en 1944, conocido como Portal Houses]

<http://mattersofdesigns.blogspot.com/2014/01/housing-history-and-future-topic-of-my.html?m=1>

Figura 14 [Cabañas HORSÁ, Machanhill Primary School, Lanarkshire]

NARDONE, PAUL (2007), GEOGRAPH, en <https://www.geograph.org.uk/photo/1281710>

Figura 15 [Isométrica del sistema propuesto por el Post-War Building Studies No.2 en 1944]

KEATH, MICHAEL (1983) The development of school construction systems in Hertfordshire, 1946-1964. p.48

Figura 16 [Charles Herbert Aslin, director y primer arquitecto del Hertfordshire County Architects Department]

LAURIE, PAT (1950), RIBA IMAGES en <https://www.architecture.com/image-library/ribapix/image-information/poster/charles-aslin/posterid/RIBA44979.html?>

Figura 17 [Modelo experimental del sistema 8'3" en la fábrica de Hills & Co]

OSUNA REDONDO, ROBERTO (2000). "Las escuelas de Hertfordshire. ¿Un arte de construir en equipo?" en Cuaderno de Notas 8. p.118

Figura 18 [Grupo de arquitectos del Hertfordshire County Architects Department, entre ellos Charles Herbert Aslin, Dan Lacey y Henry Swain]

PANTLIN, JOHN (1952), RIBA IMAGES en <https://www.architecture.com/image-library/ribapix/image-information/poster/hertfordshire-primary-schools-group-discussing-the-paving-layout-and-landscaping-of-a-mixed-junior-a/posterid/RIBA44064.html>

Figura 19 [Lavabos fabricados por Adamsez Limited]

OSUNA REDONDO, ROBERTO (2000). "Las escuelas de Hertfordshire. ¿Un arte de construir en equipo?" en Cuaderno de Notas 8. p.119

Figura 20 [Hall del Cheshunt Junior and Mixed Infants' School, College Road, Cheshunt. Edificio construido en 1946]

RIBA IMAGES (1949) en <https://www.architecture.com/image-library/ribapix/image-information/poster/cheshunt-junior-and-mixed-infants-school-college-road-cheshunt-hertfordshire-interior-view-of-hallwa/posterid/RIBA45419.html>

Figura 21 [Esquema de la malla horizontal de 8'3" y el modulo vertical de 8"]

OSUNA REDONDO, ROBERTO (2000). "Las escuelas de Hertfordshire. ¿Un arte de construir en equipo?" en Cuaderno de Notas 8. p.115

Figura 22 [Planta y alzados de Burleigh Primary School, Cheshunt. Edificio proyectado en 1946]

KEATH, MICHAEL. (1983) The development of school construction systems in Hertfordshire, 1946-1964. p.88

Figura 23 [Planta de Essendon Primary School, Welwyn. Edificio proyectado en 1946]

KEATH, MICHAEL. (1983) The development of school construction systems in Hertfordshire, 1946-1964. p.90

Figura 24 [Hall, Burleigh Primary School, Cheshunt. Edificio construido en 1948]

TOOMEY, BILL (1950), RIBA IMAGES, en <https://www.architecture.com/image-library/ribapix/image-information/poster/burleigh-primary-school-cheshunt-hertfordshire-the-hall-of-the-junior-school/posterid/RIBA44131.html>

Figura 25 [Hall, Planta de Essendon Primary School, Welwyn. Edificio construido en 1948]

MALTBY, JOHN (1949), RIBA IMAGES, en <https://www.architecture.com/image-library/ribapix/image-information/poster/essendon-primary-school-hertfordshire-the-main-entrance-with-the-hall-on-the-right/posterid/RIBA44177.html>

Figura 26 [Estructura Burleigh Primary School, Cheshunt, Hertfordshire. Edificio construido en 1948]

KEATH, MICHAEL. (1983) The development of school construction systems in Hertfordshire, 1946-1964. p.87

Figura 27 [Corredor con las clases a la izquierda y los guardarropas a la derecha, Essendon Primary School, Welwyn. Edificio construido en 1948]

MALTBY, JOHN (1949), RIBA IMAGES, en <https://www.architecture.com/image-library/ribapix/image-information/poster/essendon-primary-school-hertfordshire-corridor-with-the-cloakrooms-on-the-right-and-classrooms-on-th/posterid/RIBA44180.html>

Figura 28 [Hall interior, Burleigh Primary School, Cheshunt, Hertfordshire. Edificio construido en 1948]

GALWEL, REGINALD HUGO DE BURGH (1955), RIBA IMAGES en <https://www.architecture.com/image-library/ribapix/image-information/poster/burleigh-primary-school-cheshunt-hertfordshire-the-junior-school-hall/posterid/RIBA44133.html>

Figura 29 [Crispin's Secondary Modern School, en Wokingham, Berkshire. Edificio construido en 1953]

104 OSUNA REDONDO, ROBERTO (2000). "Las escuelas de Hertfordshire. ¿Un arte de construir en equipo?" en Cuaderno de Notas 8. p.127

Figura 30 [Intake Farm School, Mansfield. Edificio construido entre 1956-1957]

HENWOOD, MICHAEL (2017) en <https://historicengland.org.uk/listing/the-list/list-entry/1213660>

Figura 31 [CLASP School, Trienal de Milán, 1960]

BROWNE, KENNETH (1960), RIBA IMAGES en <https://www.architecture.com/image-library/ribapix/image-information/poster/clasp-school-xii-triennale-milan/posterid/RIBA42833.html>

Figura 32 [CLASP School, Trienal de Milán, 1960]

BROWNE, KENNETH (1960), RIBA IMAGES en <https://www.architecture.com/image-library/ribapix/image-information/poster/clasp-school-xii-triennale-milan/posterid/RIBA42834.html>

Figura 33 [St. Leonards School, en Bridgnorth, construida con el sistema SCOLA en 1960]

HAMLIN, GEOFFREY W. (1965), RIBA IMAGES en <https://www.architecture.com/image-library/ribapix/image-information/poster/st-leonards-school-bridgnorth-built-using-the-scola-system-of-prefabrication/posterid/RIBA9626.html>

Figura 34 [Bloque de las aulas, Brandlehow Road en Wandsworth. Edificio construido en 1950]

GALWEL, REGINALD HUGO DE BURGH (1952), RIBA IMAGES en <https://www.architecture.com/image-library/ribapix/image-information/poster/brandlehow-primary-school-putney-london-the-infants-classroom-block-with-separate-play-area/posterid/RIBA44242.html>

Figura 35 [La torre de agua y el bloque norte de las aulas, Westville Road, en Hammersmith. Edificio construido en 1950]

GALWEL, REGINALD HUGO DE BURGH (1952), RIBA IMAGES en <https://www.architecture.com/image-library/ribapix/image-information/poster/westville-road-primary-school-hammersmith-london-the-tank-tower-and-the-northern-end-of-the-classroom/posterid/RIBA44230.html>

Figura 36 [Pasos del sistema prefabricado de hormigón por Goldfinger, en 1950]

DUNNET, J. (1983) Ernő Goldfinger. p. 92

Figura 37 [Alison y Peter Smitshon con una fotografía de fondo de la Hustanton Secondary Modern School, Hustanton, Norfolk]

LAMBERT, SAM (1950), RIBA IMAGES en <https://www.architecture.com/image-library/ribapix/image-information/poster/alison-and-peter-smithson/posterid/RIBA2808-21.html>

Figura 38 [Patio de la cocina, torre de agua y la chimenea, Hustanton Secondary Modern School, Hustanton, Norfolk. Edificio construido en 1954]

MALTBY, JOHN (1954), RIBA IMAGES en <https://www.architecture.com/image-library/ribapix/image-information/poster/secondary-modern-school-hunstanton-the-kitchen-court-with-the-water-tower-and-chimney-stack/posterid/RIBA2788-21.html>

Figura 39 [Interior de la Western Way Infants School, Baldock, Hertfordshire. Edificio construido en 1949]

RIBA IMAGES (1949) en <https://www.architecture.com/image-library/ribapix/image-information/poster/western-way-infants-school-baldock-hertfordshire/posterid/RIBA11133.html>

Figura 40 [Exterior de la Cadmore Lane Junior School, Cheshunt, Hertfordshire. Edificio construido en 1959]

PANTLIN, JOHN (1959), RIBA IMAGES en <https://www.architecture.com/image-library/ribapix/image-information/poster/cadmore-lane-junior-school-cheshunt-hertfordshire/posterid/RIBA11420.html>

Figura 41 [Típica clase de la Hustanton Secondary Modern School, Hustanton, Norfolk. Edificio construido en 1954]

GALWEL, REGINALD HUGO DE BURGH (1954), RIBA IMAGES en <https://www.architecture.com/image-library/ribapix/image-information/poster/secondary-modern-school-hunstanton-a-typical-teaching-space/posterid/RIBA18328.html>

Figura 42 [Exterior de la Hustanton Secondary Modern School, Hustanton, Norfolk. Edificio construido en 1954]

GALWEL, REGINALD HUGO DE BURGH (1954), RIBA IMAGES en <https://www.architecture.com/image-library/ribapix/image-information/poster/secondary-modern-school-hunstanton-view-along-north-front-looking-towards-the-bicycle-sheds/posterid/RIBA18326.html>

Figura 43 [El arquitecto Ezra Ehrenkrantz, a la derecha, y un compañero no identificado ponderan un modelo del edificio SCSD en 1963]

Disponible en: <https://gse100.stanford.edu/stories/a-gleaming-pavilion-for-teaching-and-learning?src=more>

Figura 44 [Prototipo para el School Construction Systems Development, campus de la Universidad de Stanford, en 1964]

FOSTER, NORMAN. Disponible en: https://issuu.com/dearq/docs/dearq_15_colaboradores_de_le_corbus/244

Figura 45 [40. Montaje del prototipo para el School Construction Systems Development, campus de la Universidad de Stanford, en 1964]

Disponible en: <https://gse100.stanford.edu/stories/a-gleaming-pavilion-for-teaching-and-learning?src=more>

Figura 46 [Vídeo del montaje del prototipo del sistema S.C.S.D]

Código QR. Elaboración propia.

Figura 47 [S.C.S.D. Coordinación de componentes.]

EHRENKRANTZ, EZRA (1989) Architectural systems.

Figura 48 [Desplegado de unidades de cubierta]

BENET, JAMES (1967). "SCSD: The Project and the Schools. A Report from Educational Facilities Laboratories."

Figura 49 [Sistema de techo e iluminación]

BENET, JAMES (1967). "SCSD: The Project and the Schools. A Report from Educational Facilities Laboratories." p.49.

Figura 50 [Sistema de climatización]

BENET, JAMES (1967). "SCSD: The Project and the Schools. A Report from Educational Facilities Laboratories." p.62.

Figura 51 [Sistema de particiones]

BENET, JAMES (1967). "SCSD: The Project and the Schools. A Report from Educational Facilities Laboratories."

Figura 52 [Diseño de la Newport School a partir del sistema S.C.S.D. en 1967]

JENKINS, DAVID (2003) Norman Foster: Works 1. Munich: Prestel Publishing. p.128.

Figura 53 [Boceto Newport School. Zona de paso por debajo del voladizo. Proyecto elaborado en 1967]

JENKINS, DAVID (2003) Norman Foster: Works 1. Munich: Prestel Publishing. p.134.

Figura 54 [Vista exterior Newport School. Proyecto elaborado en 1967]

JENKINS, DAVID (2003) Norman Foster: Works 1. Munich: Prestel Publishing. p.131.

Figura 55 [Instalaciones en cubierta. Newport School. Proyecto elaborado en 1967]

106 JENKINS, DAVID (2003) Norman Foster: Works 1. Munich: Prestel Publishing. p.130.

Figura 56 [Distribución interior de un aula de la Newport School. Proyecto elaborado en 1967]

JENKINS, DAVID (2003) Norman Foster: Works 1. Munich: Prestel Publishing. p.130.

Figura 57 [Jean Prouvé. De fondo, Jean Prouvé. De fondo, un módulo de sus paneles de chapa plegada en su casa de Bonn, 1955]

<https://www.vitra.com/es-es/corporation/designer/details/jean-prouve>

Figura 58 [Escuela al aire libre en Suresnes, construida entre 1932-1935]

<https://i.pinimg.com/originals/03/13/66/0313661585fd574bb075f2045d11f554.jpg>

Figura 59 [Diseño estructura metálica desmontable 8 x 8, en 1938]

<http://www.maisonbrisset.com/blog/wp-content/uploads/2013/12/maison-demontable-8-x-8-by-jean-prouve-designboom-26.jpg>

Figura 60 [Dibujo del complejo escolar Ecôle Volante, en 1939]

http://fondationlecorbusier.fr/corbuweb/morpheus.aspx?sysId=13&IrisObjectId=5698&sysLanguage=fr-fr&itemPos=1&itemSort=fr-fr_sort_string1&itemCount=1&sysParentName=Home&sysParentId=11

Figura 61 [Planos del edificio escolar de las aulas del Ecôle Volante, en 1939]

http://fondationlecorbusier.fr/corbuweb/morpheus.aspx?sysId=13&IrisObjectId=5698&sysLanguage=fr-fr&itemPos=1&itemSort=fr-fr_sort_string1&itemCount=1&sysParentName=Home&sysParentId=11

Figura 62 [Interior de la Casa F 8 x 8 BCC, diseñada en 1941. Réplica del proyecto realizada por la Galerie Patrick Seguin.]

<https://www.patrickseguin.com/fr/wp-content/uploads/2014/07/BCC-house-41.jpg>

Figura 63 [Exterior de la Maison démontable 8x8, diseñada en 1945. Réplica del proyecto realizada por la Galerie Patrick Seguin en 2013]

<https://www.patrickseguin.com/fr/designers/jean-prouve-architecte/inventaire-maison-jean-prouve/maison-demontable-8x8-1945/>

Figura 64 [Interior de la Maison démontable 8x8, diseñada en 1945. Réplica del proyecto realizada por la Galerie Patrick Seguin en 2013]

<https://www.patrickseguin.com/fr/designers/jean-prouve-architecte/inventaire-maison-jean-prouve/maison-demontable-8x8-1945/>

Figura 65 [École Vantoux. Construido en 1950]

<http://bloggerslorrainsengages.l.b.f.unblog.fr/files/2013/09/ecole-prouve-vantoux-1.jpg>

Figura 66 [École Bouqueval. Réplica realizada por la Galerie Patrick Seguin en 2016]

<https://www.patrickseguin.com/en/designers/architect-jean-prouve/available-houses-jean-prouve/bouqueval-school-1949/>

Figura 67 [Interior de la École Bouqueval. Réplica realizada por la Galerie Patrick Seguin en 2016]

<https://www.patrickseguin.com/en/designers/architect-jean-prouve/available-houses-jean-prouve/bouqueval-school-1949/>

Figura 68 [QR: Montaje de la École Bouqueval]

Código QR. Elaboración propia.

Figura 69 [Fachada principal de la École Maternelle de Ferrières, Les Crayons. Construida en 1951]

<http://lasnier.me/archi/s2/wiki/Ecole%20maternelle%20Ferri%C3%A8res>

Figura 70 [Volumetría de la École Maternelle de Ferrières, Les Crayons. Construida en 1951]

<http://lasnier.me/archi/s2/wiki/Ecole%20maternelle%20Ferri%C3%A8res>

Figura 71 [QR: Montaje de la École provisoire de Villejuif]

Código QR. Elaboración propia.

Figura 72 [Exterior de la École provisoire de Villejuif. Réplica realizada por la Galerie Patrick Seguin.]

<https://www.patrickseguin.com/en/designers/architect-jean-prouve/available-houses-jean-prouve/crutch-1956/>

Figura 73 [Interior de la École provisoire de Villejuif. Réplica realizada por la Galerie Patrick Seguin.]

<https://www.patrickseguin.com/en/designers/architect-jean-prouve/available-houses-jean-prouve/crutch-1956/>

Figura 74 [Estructura de la Primary school, Leavesden]

MALTBY, JOHN (1949), RIBA IMAGES en <https://www.architecture.com/image-library/ribapix/image-information/poster/primary-school-leavesden-under-construction/posterid/RIBA34919.html?>

