



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Arquitectura hospitalaria de emergencia frente
al Covid-19

Emergency hospital architecture in front of
Covid-19

Autor/es

Luis Agustín Pérez Ortas

Director/es

Eduardo Delgado Orusco

Facultad de Arquitectura / Escuela de Ingeniería y Arquitectura de Zaragoza
2020



RESUMEN

Como a todo arquitecto que se precie siempre ha despertado en mí una gran curiosidad el mundo de la Medicina. En mi caso, además, se da la circunstancia de que mi madre se dedica a la misma desde hace muchos años, todos ellos con una vocación decidida y firme. Ver cómo se pueden salvar o mejorar las vidas de las personas por la intervención de otras me parece algo fascinante.

En una actividad tan humana la Arquitectura también tiene un papel nada despreciable. Su tarea es dar forma a los espacios donde todos estos procesos de gran complejidad tienen lugar, de modo que los mismos lleguen a funcionar de la mejor manera posible.

En una situación de pandemia como la que nos encontramos, en que la infraestructura sanitaria se ve colapsada, esta responsabilidad se acrecienta más que nunca. Se necesitan espacios de urgencia que, además de cumplir su función del modo más eficaz posible, se ejecuten en plazos de tiempo muy reducidos. La vida y la salud de muchas personas dependen de ello.

Es en este punto donde entran las Arquitecturas hospitalarias de emergencia. De su estudio y análisis podemos concluir los aspectos positivos y negativos de cada una de ellas, sin olvidarnos que la arquitectura debe ir más allá de lo estrictamente funcional, aportando un plus de calidad sanadora y confortante para el paciente.

ARQUITECTURA HOSPITALARIA DE EMERGENCIA FRENTE AL COVID-19

01. INTRODUCCIÓN, METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO	5
02. ENFERMEDADES INFECCIOSAS Y ARQUITECTURA HOSPITALARIA	9
02.1 Enfermedades infecciosas durante la historia. Respuesta humana	9
02.2 La Gripe Española. La pandemia del siglo XX	13
02.2 Protocolo actual de actuación frente a enfermedades infecciosas. UAAN	15
03. COVID-19 COLAPSO DE LA INFRAESTRUCTURA HOSPITALARIA. ARQUITECTURAS DE EMERGENCIA	19
03.1 COVID-19. Impacto social y sanitario	19
03.2 Hospital Huoshenshan y Leishenshan, Wuhan. Primer acercamiento	20
03.3 IFEMA. Reacondicionamiento de espacios destinados a otros usos. Hospital de campaña	32
04. OTRAS ESTRATEGIAS DE EMERGENCIA. VISTAS DE FUTURO	41
04.1 CURA. UCI portátil	41
04.2 Adapta. Arquitectura computacional	44
04.3 Estructuras inflables. Hospitales de aire	45
04.4 Hospital para pandemias. Opción de futuro	47
05. CONCLUSIONES	51
06. BIBLIOGRAFÍA	55

01. INTRODUCCIÓN, METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

INTRODUCCIÓN

“La arquitectura de emergencia es la respuesta inmediata al lado humanitario de un conflicto, abarcando desde la vivienda hasta las instalaciones necesarias para los afectados” [1]
Para entender y ejecutar este tipo de arquitectura es necesario analizar el contexto en el que se produce y el conflicto al que pretende responder.

En este caso nos centraremos en las situaciones producidas por enfermedades infecciosas, concretamente la reciente pandemia producida por coronavirus (COVID-19), notificada por primera vez en China en diciembre de 2019. Para ello, se estudiarán las diferentes respuestas dadas a este suceso comprobando qué solución/es funcionan mejor en su caso y qué impacto pueden tener de cara al diseño de uno de los edificios más importantes en el ámbito urbano, el hospital.

[1] MAIZTEGUI, B. Architecture for Emergencies. En: *Archdaily*. [en línea] [Consulta: 2 septiembre 2020].

Disponible en:
<https://www.archdaily.com/939936/architecture-for-emergencies-on-site-construction-or-prefabrication>

METODOLOGÍA

El trabajo parte de un estudio general de la catástrofe natural que aquí nos ocupa, las enfermedades infecciosas. Analizar sus características, impactos y estrategias adoptadas a lo largo de la historia frente a este acontecimiento es clave para entender las complejas respuestas que encontramos hoy en día.

El virus Covid-19 ha tenido un gran impacto en el ámbito social. Conceptos ya olvidados como confinamiento, distancia social y cuarentena han aparecido en nuestras vidas, produciendo un gran cambio en nuestra rutina diaria y el colapso del sistema sanitario.

Los protocolos y espacios que se destinan en la Arquitectura hospitalaria se han visto sobrepasados por un nuevo virus, lo que ha llevado a generar diferentes respuestas a nivel de infraestructura para solucionar este problema: son las denominadas Arquitecturas de emergencia. Del análisis y comparación de varias de estas respuestas se pretende concluir su idoneidad, tanto como posible solución al problema, como por su impacto social y medioambiental.

PROCESO

A partir de textos, artículos, estudios y entrevistas a profesionales, se comenzará por un breve repaso histórico de eventos pasados donde se dieron situaciones similares, para ver las respuestas que se llevaron a cabo y entender cómo hemos llegado al sistema actual.

A partir de ahí se explicarán los protocolos vigentes que el sistema sanitario utiliza para enfrentar estos fenómenos y cómo se ha llegado a la situación actual de colapso, lo que ha dado pie al surgimiento del tema principal del trabajo, las Arquitecturas de emergencia.

Contextualizar estos proyectos es clave para entender su estrategia y solución. Desde el primer enfrentamiento dado en el propio foco del virus en Wuhan, China, se pasará a una situación más cercana en nuestro propio país. De ahí se concluirá con una serie de propuestas innovadoras y conceptuales nacidas de la preocupación social, que mucho tienen que aportar al tema.

El objetivo final es poder hacerse una idea de cómo la arquitectura hospitalaria puede verse influida por todo este proceso que desgraciadamente seguimos viviendo hoy en día, imaginarnos el hospital del futuro y ser capaces de afrontar situaciones similares hoy en día impredecibles. Todo ello sin olvidarnos que esta Arquitectura, como todas las demás, debe aportar un extra de calidad y confort.



Figura 01: Un hombre y una mujer protegen sus bocas con una mascarilla en las calles de Londres durante la Gripe Española. Mary Evans. 1918.

Fuente:

https://historia.nationalgeographic.com.es/foto-del-dia/mascarillas-para-otros-tiempos_15173

02. ENFERMEDADES INFECCIOSAS Y ARQUITECTURA HOSPITALARIA

02.1 ENFERMEDADES INFECCIOSAS DURANTE LA HISTORIA. RESPUESTA HUMANA

“Las enfermedades infecciosas son causadas por microorganismos patógenos como las bacterias, los virus, los parásitos o los hongos. Estas enfermedades pueden transmitirse, directa o indirectamente, de una persona a otra.” [2]

Hace unos 11,000 años, coincidiendo con la aparición del fenómeno de la domesticación, los microorganismos pasaron a afectar al ser humano y su salud, llegando a producir en muchos casos enfermedades infecciosas. Este hecho unido a las rápidas migraciones y a la masificación, ha derivado en algunas ocasiones hacia un problema infeccioso local en una forma de epidemia, o lo que es aún peor, llegando a extenderse hasta convertirse en una pandemia.

La sociedad ha pasado por diferentes escenarios microbiológicos y epidemiológicos en formas de enfermedades concretas, llegando en algunos casos a provocar catástrofes que colapsaron sistemas económicos, políticos o incluso hicieron caer naciones enteras. En este aspecto existe un concepto de edificio que ha jugado un papel esencial a la hora de enfrentar estas enfermedades y salvar vidas humanas: el hospital.

Los primeros edificios que podemos denominar como hospital aparecen en las civilizaciones egipcia e hindú, en el siglo III A.C. Lugares donde se daba un trato amable al enfermo, se le proveía de comida y cuidaban su higiene.

Los griegos y romanos hicieron grandes avances. Entre sus médicos se encontraba el ilustre Hipócrates, padre de la medicina, cuyas teorías médicas perduran hasta el día de hoy. La sanación se realizaba en los templos, lugares sagrados, ya que la fe y el misticismo eran las prácticas fundamentales. La creencia era que si el paciente lograba curarse no era sino por el favor divino.

Con la llegada del cristianismo es la Iglesia la que toma las riendas de las instituciones hospitalarias, y en general, de la cultura. Es en los complejos monacales y sus bibliotecas donde se encierra todo el conocimiento y el patrimonio cultural recogido hasta la fecha y, por tanto, de donde surgen todas las nuevas ideas tecnológicas, artísticas y médicas. Estos conocimientos, unidos a la caridad cristiana, dan lugar



Figura 02: Medicina en el antiguo Egipto. Instituto Valenciano de Egiptología

Fuente:

<https://ivde.org/wp-content/uploads/2016/12/foto-6-seminario-garcia.png>



Figura 03: Un niño enfermo en el Templo de Esculapio. Pintura de J. W. Waterhouse. 1877

Fuente:

<https://domus-romana.blogspot.com/2016/06/medicus-romanus-los-medicos-en-epoca.html>

[2] Definición de la OMS. En: *World Health Organization*. [en línea] [Consulta: 10 septiembre 2020].

Disponible en:

https://www.who.int/topics/infectious_diseases/es/



Figura 04: Hôtel Dieu de París. Grabado de Robert Wallis. 1830

Fuente:

https://www.abc.es/historia/abci-funcionaba-edad-media-hospital-mas-antiguo-mundo-curando-desde-hace-1400-anos-202004170103_noticia.html?ref=https:%2F%2Fwww.google.com%2F



Figura 05: Fuente en el hospital Bimaristan Arghun. Bridgeman images, Nasser Rabat. Aga Khan program for islamic architecture, MIT

Fuente:

<https://www.aramcoworld.com/Articles/March-2017/The-Islamic-Roots-of-the-Modern-Hospital>

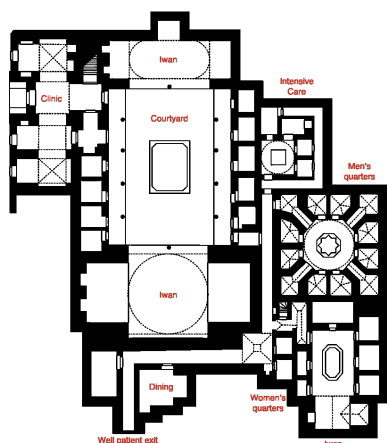


Figura 06: Planta del hospital Bimaristan Arghun, hospital musulmán erigido en el siglo XIV.

Fuente:

<https://www.aramcoworld.com/Articles/March-2017/The-Islamic-Roots-of-the-Modern-Hospital>

a lo que hoy conocemos como la institución hospitalaria.

El hospital Hôtel Dieu, fundado en París en el año 660 D.C. es uno de los mejores hospitales de toda la Edad Media. *“Muchos autores han descrito a este y otros hospitales medievales como un espacio implantado para realizar una labor de caridad pública y gratuita, para aliviar el sufrimiento y disminuir la pobreza de la gente.”* [3] Contaba con 4 salas para pacientes en diversos estadios de la enfermedad, pacientes convalecientes e incluso maternidad. Los servicios se organizaban en departamentos como en los hospitales modernos y contaban con mantas y ropas, que periódicamente se iban limpiando e higienizando en una lavandería situada en un sótano abierto. Incluso las camas eran dotadas de cierta privacidad por medio de pesadas cortinas, aunque esto no hacía más que evitar la ventilación y aumentar los posibles contagios.

Por otro lado, la sociedad musulmana avanzaba con su propia visión de estas instalaciones, generalmente más amplias y lujosas. En el siglo IX D.C. se construye en Egipto el primer hospital documentado que trata tanto enfermedades contagiosas como mentales. Se generan también divisiones entre departamentos según el tipo de afección, e incluso subdivisiones en distintas secciones. La característica fundamental del hospital islámico es su disposición de las habitaciones en torno a patios, en los que siempre aparecía una fuente, una piscina o una lámina de agua. Para los árabes este elemento es divino y el sonido que genera su movimiento sanador y tranquilizador para el ser humano. Su presencia no hace sino poner en evidencia la preocupación por el bienestar de los enfermos.

A finales del siglo XI D.C. se genera un auge en el crecimiento de los hospitales, debido principalmente al desarrollo de una epidemia de peste y enfermedades atribuidas a los enfrentamientos bélicos que se producían en las cruzadas.

El continuo aumento de casos y la propagación de estas enfermedades obligó a tomar medidas radicales en ciertas poblaciones, como la cuarentena o el aislamiento de los enfermos en lazaretos; estructuras toscas donde se aislaba a los pacientes evitando así la expansión de la epidemia, dejándolos en muchas ocasiones condenados a morir. A pesar de ser decisiones muy poco humanitarias cumplieron su objetivo.

“Se define como cuarentena a la separación y restricción de movimientos de personas que estuvieron expuestas a una enfermedad infecciosa, pero que no tienen síntomas, para

observar si desarrollan la enfermedad. Esto se diferencia del aislamiento, que es la separación de personas que padecen una enfermedad contagiosa, de aquellas que están sanas.” [4]

El origen de estos términos viene precisamente de las epidemias de peste negra, concretamente en Italia en el siglo XIV, donde se obligaba a las personas provenientes de Asia a esperar “quaranta giorni”, (cuarenta días en italiano), antes de entrar en las ciudades y comprobando así que no estaban enfermos.

Pasamos directamente al siglo XIX en la sociedad occidental, cuando se produce un gran cambio en la medicina gracias a la creación de la primera escuela de enfermería por parte de la profesional Florence Nightingale. La enfermedad pasa de ser una carga inevitable a algo controlable y eliminable. Aparecen los quirófanos, productos anestésicos y antisépticos, laboratorios y en algunos casos aulas, convirtiéndose el hospital en una institución docente.

Aún así la práctica de la Medicina hacia gente sin recursos siguió siendo ineficiente hasta el siglo XX, donde el avance tecnológico, científico y formativo se unen con una metodología humanista. El paciente pasa a ser el centro de atención, en lugar de la enfermedad que padece. También comienza una exploración tipológica centrada en el bienestar del paciente y el mejor funcionamiento posible para el hospital. Aparecen proyectos basados en sistemas de pabellones de una altura con aberturas en cubierta, frente a los tradicionales proyectos de volúmenes de muchas alturas, mejorando considerablemente la ventilación y la higiene de los espacios interiores. El inconveniente es que requerían mucho más espacio para su implantación por su carácter extensivo.

Todos estos avances hacen crecer una gran confianza del público en el hospital, lo que resulta en un crecimiento exponencial de esta institución. Comienza la era de ayudas diagnósticas y terapéuticas características del hospital de hoy.



En: ABC. [en línea] [Consulta: 20 septiembre 2020].
Disponible en:
https://www.abc.es/historia/abci-funcionaba-edad-media-hospital-mas-antiguo-mundo-curando-desde-hace-1400-anos-202004170103_noticia.html?ref=https:%2F%2Fwww.google.com%2F

[4] Definición de ICIM. En: *Instituto de Ciencias e Innovación en Medicina*. [en línea] [Consulta: 20 septiembre 2020].
Disponible en:
<https://medicina.udd.cl/icim/2020/04/13/cuarentena-origen-del-concepto-que-significa-y-cual-es-su-implicancia-como-medida-sanitaria/>

Figura 07: Una sala de pacientes del Brooklyn Navy Yard Hospital. Alrededor de 1900.
Fuente:
https://farm6.static.flickr.com/5174/5467847911_ebb-8058f1b_o.jpg



Figura 08: Hospital Peter Bent Brigham en Boston, EEUU. Ejemplo de hospital proyectado según el sistema de pabellones de una altura. Proyecto de 1913.

Fuente: https://cms.www.countway.harvard.edu/wp/wp-content/uploads/2014/07/PBBH_campus_1913a.jpg



Figura 09: Hospital Miguel de Servet, Zaragoza. Ejemplo de hospital compacto distribuido en varias alturas. Diseñado por D. Fernando García Mercadal. Proyecto de 1955.

Fuente: http://sectorzaragozados.salud.aragon.es/uploads/imagenes/imagenes_PB205613_1e1a48fe.JPG

02.2 LA GRIPE ESPAÑOLA. LA PANDEMIA DEL SIGLO XX

“Se llama pandemia a la propagación mundial de una nueva enfermedad.” [5]

Catalogada a menudo como la madre de las pandemias, la conocida coloquialmente como Gripe Española llegó a infectar un tercio de la población mundial a principios del siglo XX. Por aquel entonces los tratamientos eran limitados y no existían sistemas públicos de salud, por lo que afectó principalmente a la gente con menos recursos. En general poco se pudo hacer para prevenir la expansión del virus o tratar a los infectados, pero hubo casos en los que se lograron ciertos progresos.

Se tomaron ciertas medidas como el distanciamiento social, demostrando ser una estrategia muy eficaz para frenar el contagio de las enfermedades infecciosas. Así se pudo comprobar en Estados Unidos en 1918, cuando las ciudades de San Luis y Filadelfia organizaron una serie de desfiles con motivo de la guerra. San Luis optó por cancelar el evento, mientras que Filadelfia siguió adelante. Al cabo de un mes las cifras en Filadelfia sobrepasaban con creces a las de San Luis, con 10.000 muertos frente a 700.

Para atender y tratar a tantos pacientes tuvieron que crear nuevos espacios de emergencia, la mayoría de ellos edificios públicos reconvertidos en hospitales de campaña. La característica común de estos edificios eran sus grandes espacios diáfanos que se llenaban de camas y sillas para acoger el máximo número posible de enfermos.

En algunos sitios se decidió optar por generar hospitales “open-air” que, con una combinación de aire fresco, luz solar, estándares estrictos de higiene y mascarillas, lograron reducir notablemente la ratio de muertes en sus pacientes y el contagio del personal sanitario. Los primeros ápices de estas prácticas surgieron ya en el siglo XVIII, cuando se comenzaron a investigar los efectos del aire fresco y la luz solar en los enfermos de tuberculosis. Varios estudios demostraron la eficacia de estos factores naturales como germicidas y desinfectantes naturales, proporcionando una clara mejora de los pacientes, y se comenzó a aplicar en otro tipo de enfermedades, incluida la Gripe Española. Comenzó a ser una práctica común situar a los enfermos en tiendas de campaña, pabellones abiertos especialmente diseñados o directamente al aire libre.

Gracias a este hecho y al éxito de estos tratamientos comenzaron a realizarse estudios de ventilación de espacios, de-

[5] Definición de la OMS. En: *World Health Organization*. [en línea] [Consulta: 14 octubre 2020].

Disponible en:
https://www.who.int/csr/disease/swineflu/frequently_asked_questions/pandemic/es/

[6] COLE, J. Como cambió el mundo hace 100 años con la gripe española, la peor pandemia del siglo XX. En: *BBC News*. [en línea] [Consulta: 18 octubre 2020].

Disponible en:

<https://www.bbc.com/mundo/noticias-52473180>

mostrándose que incluso se podía llegar a los mismos resultados tanto en espacios cerrados como espacios abiertos, siempre que la ventilación fuese suficiente y bien estudiada. Un factor que tuvo gran importancia fue la rapidez con que se erigieron los hospitales e instalaciones temporales al aire libre, acogiendo a los pacientes con sintomatología grave. Tener carpas y salas prefabricadas listas para lidiar con una situación similar puede suponer un factor determinante a la hora de enfrentar una enfermedad pandémica de tal impacto social.

“Las pandemias parecen arrojar luz sobre la sociedad y las sociedades pueden emerger de ellas con un modelo más justo y equitativo.” [6]

Figura 10: Pabellón reconvertido en hospital de emergencia durante la Gripe Española. 1918. Universal History Archive / Universal Images Group / Getty Images.

Fuente:

<https://www.history.com/topics/world-war-i/1918-flu-pandemic#&gid=ci0260fc9f700027ee&pid=1918-spanish-flu-gettyimages-520830329>

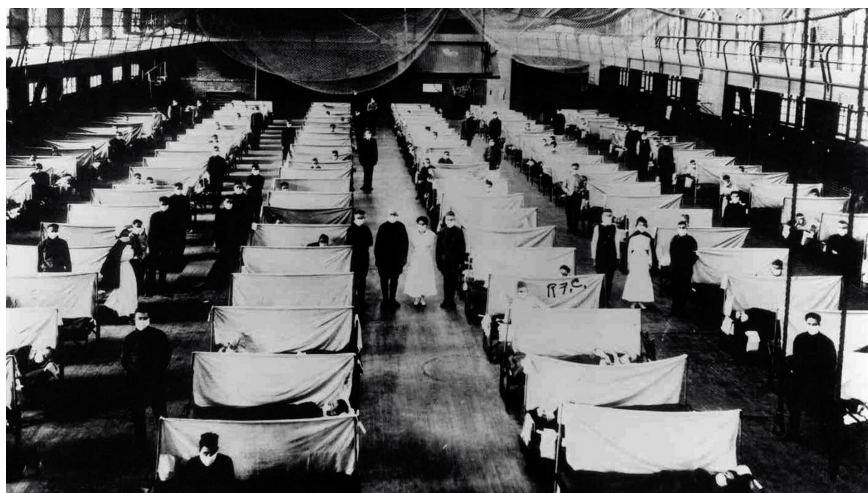


Figura 11: Pacientes de Gripe Española en un hospital de campaña “open-air”. Archivos Nacionales.

Fuente:

<https://medium.com/@ra.hob-day/coronavirus-and-the-sun-a-lesson-from-the-1918-influenza-pandemic-509151dc8065>



02.3 PROTOCOLO ACTUAL DE ACTUACIÓN FRENTE A ENFERMEDADES INFECCIOSAS. UAAN

En 2014 apareció una epidemia por ébola, despertando una gran preocupación en la UE y obligando a los sistemas sanitarios a responder con prácticas muy especializadas de aislamiento y protección de alto nivel. En España, ante la probabilidad de una nueva situación de alerta para la salud pública asociada a enfermedades infecciosas, se crean las Unidades de Aislamiento de Alto Nivel, (UAAN).

A partir de este hecho se crea un número reducido de estas unidades por todo el territorio nacional, siempre dentro de hospitales de cierta categoría. Su objetivo es enfrentar posibles enfermedades contagiosas, concentrando toda la experiencia y el conocimiento hasta la fecha, y dando una adecuada atención al paciente, con un buen control de la enfermedad y cumplimiento de las medidas de seguridad. Cada año se detecta un número variable de casos sospechosos de enfermedades infecciosas de alto riesgo, que hasta el momento de confirmación o descarte, precisan medidas de aislamiento que garanticen la seguridad del personal sanitario y la sociedad.

Las habitaciones suelen ser individuales aunque, si se trata de la misma afección, se pueden poner pacientes juntos. Su característica principal es la creación de una doble puerta de acceso permitiendo generar una antesala, un espacio umbral donde el médico puede cambiarse y observar al paciente sin entrar en contacto con él. En España el centro mejor preparado es el Hospital Central de la Defensa Gómez Ulla, en Madrid.

Los recursos para la creación de estos espacios son muy específicos y concretos:

- Un grupo de trabajo permanente con unos procedimientos normalizados y un organigrama concreto.
- Formación de los miembros del equipo, los cuales deben tener una alta experiencia en la atención de enfermedades infecciosas.
- Equipamiento y áreas específicos.
- Plan de Incendios, de acuerdo a las normas del DB-SI del CTE.



Figura 12: Habitación de la UAAN del Hospital Central de la Defensa Gómez Ulla, Madrid. Fuente:

<https://www.libertaddigital.com/fotos/planta-aislamiento-alto-nivel-gomez-ulla-espana-1011275/hospital-gomez-ulla-planta-aislamiento-nrbq-infecciosos-04.jpg.html>



Figura 13: Área de control de la UAAN del Hospital Central de la Defensa Gómez Ulla, Madrid. Fuente:

<https://www.libertaddigital.com/fotos/planta-aislamiento-alto-nivel-gomez-ulla-espana-1011275/hospital-gomez-ulla-planta-aislamiento-nrbq-infecciosos-04.jpg.html>



Figura 14: Zona de colocación de EPIS de la UAAN del Hospital Central de la Defensa Gómez Ulla, Madrid.

Fuente:

<https://www.libertaddigital.com/fotos/planta-aislamiento-alto-nivel-gomez-ulla-espana-1011275/>



Figura 15: Esclusa de entrada a las habitaciones de la UAAN del Hospital Central de la Defensa Gómez Ulla, Madrid.

Fuente:

<https://www.libertaddigital.com/fotos/planta-aislamiento-alto-nivel-gomez-ulla-espana-1011275/>

EQUIPAMIENTO Y ÁREAS ESPECÍFICAS

Dentro de este punto hay varias especificaciones a nivel de distribución e instalaciones muy importantes para su correcto funcionamiento.

- Unidades adaptadas tanto a adultos como a niños.
- Sistemas con fuentes alternativas de alimentación eléctrica.
- Área de acceso con control de accesos y registro de personal.
- Vestuario y duchas de personal.
- Zona de colocación de EPIS, (Equipo de Protección Individual).
- Control de enfermería con comunicación directa desde cada estancia por medio de esclusas o audiovisual.
- Área de acceso a la habitación. Con control de accesos y sistema de control de la presión diferencial y climatización.
- Habitación del paciente. Cada una cuenta con una esclusa de entrada de, al menos, 9m².
- Baño adaptado con banqueta para ducha e inodoro con descarga automática y vinculada al estado cerrado, evitando la difusión de aerosoles.
- Red específica de agua hipoclorada para el inodoro.
- Alimentación mediante transformador de aislamiento como una UCI o quirófano, siendo el suelo conductivo.
- Sistema de alimentación de emergencia alternativo, SAI.
- Alumbrado ambiente para la consulta, rasante en el cabezera y cenital.
- Tomas de oxígeno, vacío y otros gases.
- Materiales de construcción y acabados resistentes al peróxido de hidrógeno.
- Estanqueidad y contención garantizadas.
- 12 renovaciones de aire por hora de cada habitación.

- Depresiones escalonadas de 15Pa pasillo-esclusa y 15Pa esclusa-habitación.
- Extractor individual y sistema de control de caudal y presión por estancia, con caja de filtros HEPA.
- Paredes y techos no porosos, fácilmente lavables.
- Área de laboratorio, evitando el movimiento de muestras.
- Laboratorio de microbiología integrado.
- Almacenes.
- Zona de desinfección de material.
- Zona de descanso del personal.

PLAN DE INCENDIOS

La UAAN tiene que ser un sector de incendios independiente del resto de la planta y el hospital. Debe tener un sistema de detección de y un sistema de extinción, recomendándose el uso de agua nebulizada, con válvula de descarga independiente por habitación.



Figura 16: Pasillo de distribución de la UAAN del Hospital Central de la Defensa Gómez Ulla, Madrid.

Fuente:
<https://www.libertaddigital.com/fotos/planta-aislamiento-alto-nivel-gomez-ulla-espana-1011275/>

03. COVID-19. DESBORDAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA HOSPITALARIA. ARQUITECTURAS DE EMERGENCIA

03.1 COVID-19. IMPACTO SOCIAL Y SANITARIO

“La COVID-19 es la enfermedad infecciosa causada por un nuevo coronavirus llamado SARS-CoV-2. La OMS descubrió este virus en diciembre de 2019, después de un informe de un grupo de casos de neumonía viral en Wuhan, China.” [7]

Para cuando se consigue identificar, la enfermedad ya se había extendido silenciosamente a Europa, haciendo saltar las alarmas en varios países. Con el tiempo se confirman las características de esta nueva enfermedad: síntomas, transmisión entre humanos, agresividad... Y se advierte la posibilidad de una epidemia internacional. Los nuevos casos de infección y muertes van aumentando hasta que el 11 de marzo de 2020 la enfermedad pasa a tener la consideración de pandemia.

A raíz de la propagación de los casos y el aumento de pacientes se produce un colapso sanitario, un desbordamiento del sistema sobrepasado por la insuficiencia de la infraestructura, personal y los medios necesarios para afrontar una situación pandémica. En los primeros días se pueden observar cadáveres por las calles de Wuhan, excavación de fosas comunes, incineraciones en masa y morgues provisionales.

“No hay pensado a nivel infraestructural y de recursos una situación pandémica en el sistema sanitario. Cada enfermedad es un mundo y es necesario estudiarla y conocerla antes de poder tomar ciertas medidas. La improvisación es inevitable.” [8]

Con el fin de controlar la expansión de la enfermedad y controlar el desbordamiento de los sistemas sanitarios se han tomado medidas drásticas, como la cuarentena o aislamiento, acciones sin precedentes en la medicina contemporánea pero que han tenido su efectividad en tiempos pasados.

Así mismo surgen actuaciones para afrontar la falta de infraestructuras. Una serie de Arquitecturas de emergencia que, con diferentes estrategias y acercamientos, por su contexto y situación, pretender responder al mismo problema.



Figura 17: Fosa común de cadáveres por COVID-19 en Hart Island, EEUU.

Fuente:
<https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-52243771>



Figura 18: Ataúdes de personas fallecidas por COVID-19 en las calles de Ecuador

Fuente:
<https://www.marxist.com/covid-19-deaths-on-the-streets-of-ecuador-the-fatal-result-of-the-capitalist-crisis.htm>

[7] Definición traducida de la OMS. En: *World Health Organization*. [en línea] [Consulta: 4 octubre 2020].

Disponible en:
<https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/question-and-answers-hub/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19>

[8] TOYAS, C. 6 octubre 2020. Entrevista telefónica con la doctora en medicina Carla Toyas.

03.2 HOSPITAL HUOSHENSHAN Y LEISHENSHAN, WUHAN. PRIMER ACERCAMIENTO

El primer caso de estudio se encuentra en el epicentro de contagio del nuevo coronavirus, en la ciudad de Wuhan, China. Para poder tratar a todos los pacientes y aliviar el sistema sanitario, las autoridades chinas decidieron levantar desde cero dos hospitales temporales sobre grandes superficies con unos requisitos claros: unas necesidades funcionales estrictas y un tiempo muy ajustado.

03.2.1 ANTECEDENTES. XIAOTANGSHAN SARS

Para poder explicar ambos proyectos hay que irse hasta 2003, cuando una epidemia de SARS, otro coronavirus, afectó al país asiático.

Muchos trabajadores sanitarios acabaron infectándose por la ineffectividad del aislamiento de los pacientes y la falta de espacios de atención y cuidado en tan poco tiempo. Dicha situación generó preocupaciones en el ámbito social y se inició una búsqueda de nuevas estrategias de planeamiento y diseño para ser capaces de generar una infraestructura que cubriese todos estos aspectos. En términos de investigación, Arquitectura y Medicina tuvieron que colaborar para lograr su objetivo común.

Los hospitales que comenzaron a tratar con el SARS no estaban capacitados para enfrentar una enfermedad así. Los requisitos necesarios eran muy específicos y el aislar al paciente no evitaba la propagación del virus por la ventilación, ropa, mobiliario o el propio personal. Para enfrentar esta situación se construyó el hospital de Xiaotangshan SARS en



Figura 19: Vista aérea del Hospital Xiaotangshan.

Fuente:

<https://www.xataka.com/medicina-y-salud/hospital-diez-dias-asi-quieren-construir-centro-para-tratar-a-infectados-wuhan-no-primera-vez>

Pekín, cuya construcción se ejecutó en tan solo 7 días.

El diseño se pensó como un sistema de acoplamiento de estructuras existentes, combinando una serie de módulos básicos prefabricados y flexibles en cuanto a usos y adaptación al entorno. Al ser prefabricados se iban ensamblando in situ por trabajadores que no requerían especialización, agilizando el proceso de construcción. A su vez, este sistema permitía crecer y multiplicarse según las necesidades.

En el proceso de diseño participaron tanto arquitectos como profesionales sanitarios, resultando en dos enfoques a la hora de resolver el hospital: uno integrado y otro funcional. En Medicina los problemas se resuelven aislándolos uno a uno, tratándolos, investigando posteriormente los posibles efectos secundarios y viendo cómo se puede mejorar la solución. En Arquitectura se comienza con una visión global, basada en la intuición y la experiencia, para llegar a una solución global, donde se van afinando los detalles individuales. Esta diferencia de enfoques dió lugar a algunos problemas de comunicación y, por tanto, afectó al proceso de diseño. El enfoque funcional médico se va olvidando de ciertos aspectos que al final pueden resultar en un resultado global fallido, siendo peligroso para aplicarlo en un edificio. Al final se logró completar el diseño en tan solo 4 meses.

La ventilación fue un punto esencial a tener en cuenta en el proyecto, ya que el virus se transmitía por vías respiratorias. Se hicieron simulaciones CFD, (mecánica de fluidos computacional en inglés), para crear unos patrones de distribución de presión en los pabellones de enfermos y estudiar los flujos de aire, de forma que el aire contaminado pudiera ser evacuado inmediatamente. La distribución de entradas y salidas tuvo también en cuenta las diversas posiciones en las que los pacientes se encuentran durante su estancia: sentados, tumbados, de lado; e incluso los vapores exhalados.

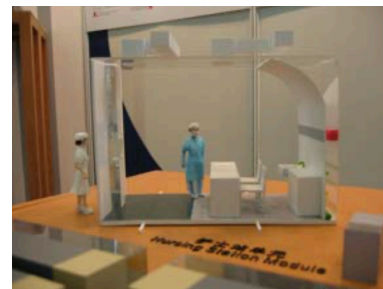
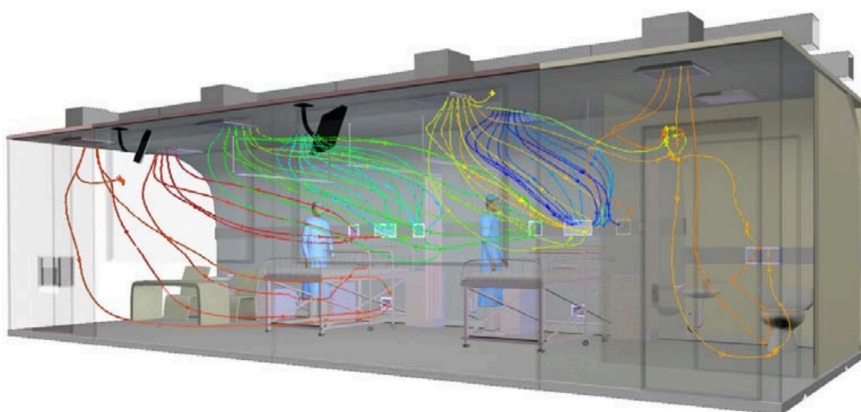


Figura 20: Maqueta de un módulo tipo para la zona de enfermería del hospital Xiaotangshan
Fuente:

https://e-pub.uni-weimar.de/opus4/frontdoor/deliver/index/docId/174/file/icccbe-x_082_pdfa.pdf, pag 4



Figura 21: Maqueta de un módulo tipo para las habitaciones del hospital Xiaotangshan
Fuente:

https://e-pub.uni-weimar.de/opus4/frontdoor/deliver/index/docId/174/file/icccbe-x_082_pdfa.pdf, pag 4

Figura 22: Imagen de la simulación CFD para el cálculo de los flujos de aire para el hospital Xiaotangshan

Fuente:
https://e-pub.uni-weimar.de/opus4/frontdoor/deliver/index/docId/174/file/icccbe-x_082_pdfa.pdf, pag 7



Figura 23: Maqueta de un módulo tipo para los aseos del hospital Xiaotangshan

Fuente:

https://e-pub.uni-weimar.de/opus4/frontdoor/deliver/index/docId/174/file/icccbe-x_082_pdfa.pdf, pag 4

Figura 24: Esquema de relaciones entre los diferentes espacios y funciones dentro del hospital Xiaotangshan

Fuente:

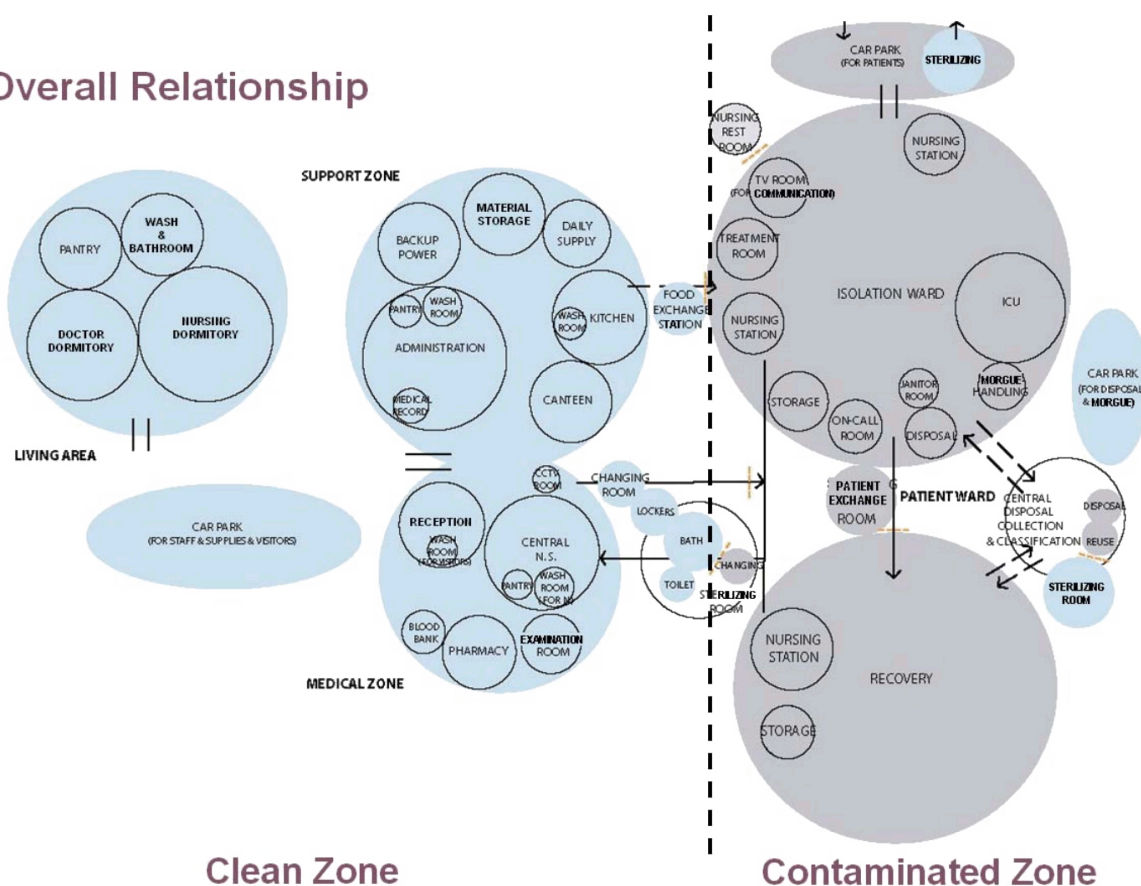
https://e-pub.uni-weimar.de/opus4/frontdoor/deliver/index/docId/174/file/icccbe-x_082_pdfa.pdf, pag 6

Hasta entonces los estándares exigían controlar únicamente el volumen de aire entrante en relación al tamaño de la habitación, sin tener en cuenta factores cruciales como el estancamiento, la turbulencia o el patrón de flujo; los cuales vienen controlados en este complejo por las diferencias de presión generadas.

Durante los 50 días que estuvo de servicio, el hospital Xiaotangshan SARS demostró ser un ejemplo exitoso respecto al control de la enfermedad infecciosa, logrando cero contagios entre el personal sanitario. Gracias a ello se definieron unos puntos clave para generar una estructura médica similar, efectiva y eficiente, cuando se pueda necesitar:

- Entrenamiento de operarios y trabajadores.
- Asociación de la nueva estructura con hospitales existentes.
- Ensamble / construcción de la nueva estructura.
- Distribución entre los diferentes componentes del complejo.
- Maquinaria y preparación del sitio para erigir el complejo.
- Almacenamiento y transporte de los diversos módulos que componen el edificio.

Overall Relationship



03.2.2 PROYECTO Y ESTRATEGIA

Ambos hospitales, Huoshenshan y Leishenshan, replican en gran medida al hospital Xiaotangshan SARS. El primero de ellos, con ocupación para 1000 camas, se levantó en el distrito Caidan, Wuhan; y fue completado en tan solo 10 días. Para su localización se escogieron unos terrenos sin consolidar cercanos a un lago y se urbanizaron desde cero, levantando una superficie total construida de 33,900 m², dividida en dos alturas.

Al igual que su predecesor, la construcción se basa en el acoplamiento de elementos modulares prefabricados, permitiendo reducir en gran medida el tiempo de ejecución. El diseño de estos módulos está basado en los contenedores marítimos; las unidades estancas que se usan como recipiente de grandes cargas para el transporte. Su configuración les permite ser ensamblados fácilmente y adaptarse a diversos usos y funciones, estando tan solo condicionados por el esqueleto estructural perimetral.

El diseño de un hospital es más complicado que otros tipos de edificios. Los estándares de resistencia al fuego, seguridad, control ambiental y funcionamiento interno son muy elevados. *“El objetivo principal de la arquitectura hospitalaria debe ser optimizar el diseño a fin de que el hospital sea lo más seguro, eficiente e inteligente posible.”* [9]

Normalmente todo el proceso de diseño y construcción suele prolongarse por unos 5 años debido a su complejidad, pero en este caso se disponía tan solo de unos días.

[9] PMMT. Arquitectura hospitalaria. En: *pmmtarquitectura*. [en línea] [Consulta: 2 de noviembre 2020].

Disponible en:
<https://www.pmmtarquitectura.es/arquitectura-hospitalaria/>

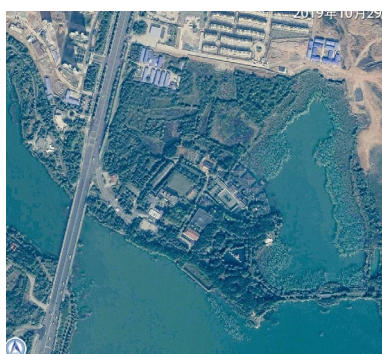


Figura 25: Ortofoto del terreno escogido para levantar el hospital Huoshenshan. China Aerospace Science and Technology Corporation.

Fuente:
<https://www.soundhealthandlastingwealth.com/health-news/satellite-images-of-wuhan-coronavirus-hospital-built-in-10-days/>



Figura 26: Ortofoto del comienzo de las obras. China Aerospace Science and Technology Corporation.

Fuente:
<https://www.soundhealthandlastingwealth.com/health-news/satellite-images-of-wuhan-coronavirus-hospital-built-in-10-days/>



Figura 27: Ortofoto del proyecto terminado. China Aerospace Science and Technology Corporation.

Fuente:
<https://www.soundhealthandlastingwealth.com/health-news/satellite-images-of-wuhan-coronavirus-hospital-built-in-10-days/>

El gran desafío del proyecto fue coordinar en tiempo real todos los procesos de construcción, el personal y el material participantes en la obra. Es interesante ver y entender todo el desarrollo que ha hecho posible llevar a cabo semejante proyecto, y como, a pesar del tiempo tan ajustado, el lugar fue cuidadosamente tratado y nadie llegó a infectarse durante la construcción.

El día 24 de enero de 2020 comienza el proyecto. El primer paso fue preparar el terreno, una vez se eligió el lugar, y ejecutar las instalaciones generales: agua, conexión con vías públicas, electricidad y comunicaciones. Cientos de excavadoras comienzan los trabajos al mismo tiempo para agilizar lo máximo posible este proceso. Mientras tanto el despacho encargado del diseño, CITIC Architectural Design Institute, comienza a definir el hospital. El equipo de 60 personas, formado por especialistas técnicos de todo tipo, empieza a coordinarse trabajando al mismo tiempo en todos los aspectos del proyecto, desde la definición puramente arquitectónica hasta detalles e instalaciones. La tecnología fue clave para este proceso. Usando programas BIM se pudieron integrar todas estas partes y visualizar en conjunto todo el trabajo. En tan solo 60 horas el equipo completó todos los planos.

El segundo día se comienza a nivelar el terreno y ejecutar las zanjas correspondientes para las canalizaciones subterráneas. Al tratarse de un hospital para enfermedades infecciosas y encontrarse cerca de un lago se tuvieron que realizar trabajos para evitar filtraciones que pudiesen contaminar el suelo, recogiendo y tratando todas las aguas residuales.

El 26 de enero llegan los planos. Se empiezan los replanteos de cimentación e instalaciones y se comienza a acopiar todo tipo de materiales y equipamiento en obra. Estos elementos necesarios para construir el hospital son muy específicos y difíciles de conseguir, por lo que muchas empresas se tuvieron que involucrar para proveer y ayudar en este proceso, incluso proveniente de otros ámbitos como el desarrollo espacial y aeronáutico.

En los siguientes días se comienza a verter el hormigón para las cimentaciones y, según va endureciendo, se va levantando la estructura prefabricada de las grandes salas, hecha en acero aligerado. También llegan los módulos base del hospital y se empiezan a colocar, siempre sincronizándose con los trabajos de instalaciones, necesarios para dotar a las habitaciones de los servicios mínimos.

En los dos últimos días se termina de formar el hospital, finalizándose los sistemas de saneamiento y electricidad y

los específicos del proyecto: ventilación, tomas de oxígeno y vacío, filtrado... Las cubiertas se comprueban con pruebas de estanqueidad y se termina de incorporar todo el material sanitario necesario para el funcionamiento del hospital. Los últimos ajustes se llevan a cabo para su apertura a la mañana siguiente, el décimo día del proceso.



Figura 28: Foto aérea del primer día de las obras, mostrando la maquinaria preparando el terreno para el hospital Huoshenshan. Xinhua/Xiao Yijiu.

Fuente:

<http://en.people.cn/n3/2020/0124/c90000-9651671.html>



Figura 29: Foto aérea de la construcción del hospital Leishenshan, con la cimentación ejecutada.

Fuente:

<https://nypost.com/wp-content/uploads/sites/2/2020/02/leishenshan-86.jpg?quality=90&strip=all&w=1324>



Figura 30: Día 5 de construcción del hospital Huoshenshan. Levantamiento de la estructura prefabricada de las grandes salas

Fuente:

<https://www.quora.com/Did-China-build-a-1-000-bed-hospital-for-the-coronavirus-simply-for-show-an-empty-shell-not-designed-for-real-use>

Figura 31: Colocación de los módulos tipo container en la construcción del hospital Lei-shenshan. Xinhua.

Fuente:
http://www.china.org.cn/photos/2020-02/05/content_75674196_15.htm



Figura 32: Primera planta ejecutada e instalaciones en el hospital Huoshenshan. Getty images.

Fuente:
<https://metro.co.uk/2020/02/03/coronavirus-hospital-1500-beds-opens-just-10-days-12171879/>



Figura 33: Trabajos en cubierta e instalaciones en el hospital Huoshenshan. Xinhua, Cheng Min .

Fuente:
<http://spanish.peopledaily.com.cn/n3/2020/0203/c31614-9653538.html>



A partir de la concatenación de rectángulos de 3x6m se van generando todos los espacios y funciones interiores que, gracias a la flexibilidad de las piezas modulares, se van adaptando sin problema a la trama generada. Juntando 3 módulos se generan dos habitaciones con dos camas cada una, dos aseos y un vestíbulo previo común a ambas habitaciones, convirtiéndose en el esquema base que conforma los volúmenes de los pabellones.

<https://pbs.twimg.com/media/EPwf9msX0AETeaf.jpg>

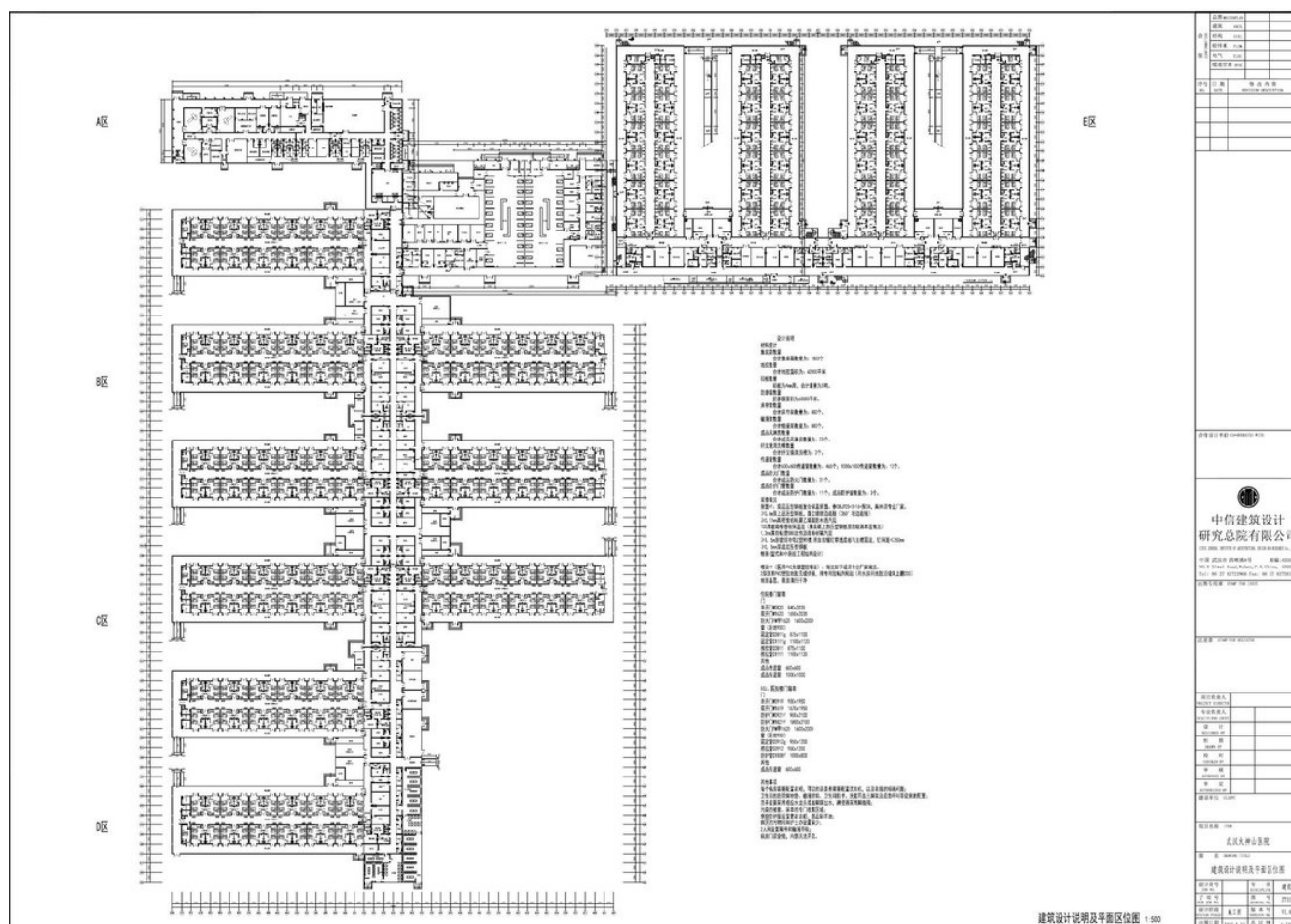
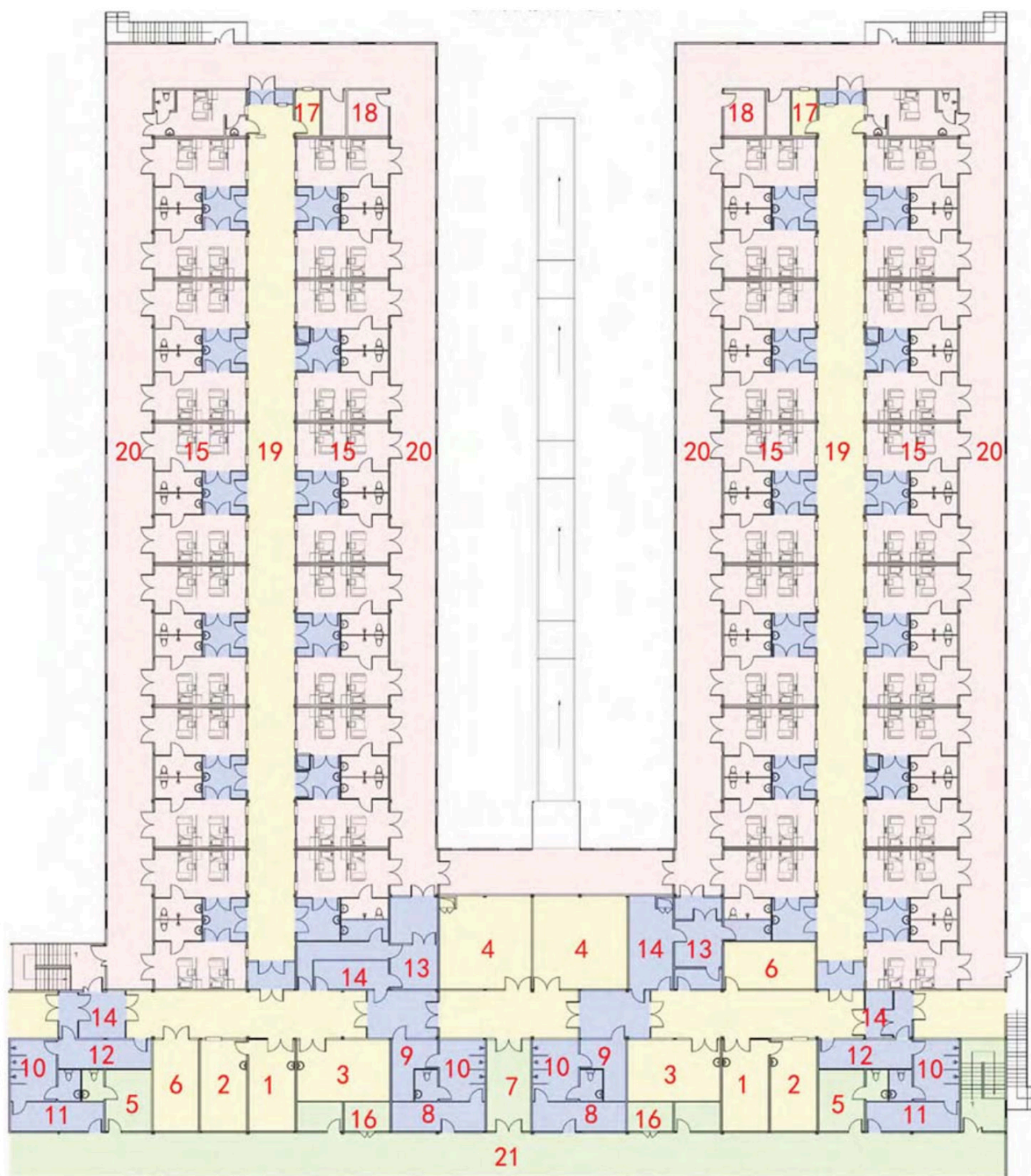


Figura 35: Distribución de los pabellones para pacientes en el hospital Huoshenshan.

Fuente:

<https://content.iospress.com/download/journal-of-intelligent-and-fuzzy-systems/ifs189300?id=journal-of-intelligent-and-fuzzy-systems%2Fifs189300>, pag 5

1. Enfermería. 2. Sala de dispensación. 3. Oficina de salud. 4. Almacén de recursos. 5. Salón de salud. 6. Librería médica. 7. Pasillo de acceso. 8-9. Vestuarios masculinos. 10. Duchas. 11-12. Vestuarios femeninos. 13-14. Salas de EPIS. 15. Habitaciones de pacientes. 16. Sala eléctrica. 17. Oficina de enfermería. 18. Sala de calderas. 19. Pasillo semi-contaminado. 20. Pasillo contaminado. 21. Pasillo limpio.



El espacio está pensado para que exista una cierta movilidad, pese a la necesidad de asilamiento de los pabellones. Se crean tres niveles de recorridos: contaminado, pensado para que los pacientes puedan desplazarse y tener algún contacto visual con el exterior, semi-contaminado, donde se produce la interacción con el personal sanitario, y limpio, libre de virus.

Las pequeñas células de los pacientes carecen de contacto directo con el exterior. Las dos camas se encuentran en un recinto únicamente abierto a un pasillo central por medio de una ventana con barrotes, cuya única función es su observación. Aún así, existe la posibilidad, atravesando una puerta, de acceder a un largo pasillo común abierto a los patios mediante las mismas ventanas, donde el paciente puede disfrutar de luz natural mientras da un breve paseo.

La seguridad parece prevalecer sobre todo, aunque se observa un componente humano en el proyecto que pretende complementar esos requerimientos con un mínimo de calidad espacial.



Figura 36: Pasillo "contaminado" para el movimiento de los pacientes en el hospital Leishenshan. Xinhua. Xiao Yijiu
Fuente:
www.xinhuanet.com/english/2020-02/08/c_138766371_6.htm



Figura 37: Habitación tipo para los pacientes en el hospital Leishenshan. Xinhua. Xiao Yijiu
Fuente:
www.xinhuanet.com/english/2020-02/08/c_138766371_6.htm

03.2.3 CONSTRUCCIÓN

Podemos resumir la construcción del hospital y de los módulos para las habitaciones en una serie de puntos o fases concretos:

- Una vez el terreno está aplanado se echan 20cm de arena gruesa. Sobre esta se asientan dos capas geotextiles de polipropileno y entre ellas una lámina impermeabilizante bituminosa, soldada en caliente. Para rematar se echan otros 20cm de arena. Todo este paquete forma una barrera anti-filtración para evitar que las aguas residuales del hospital contaminen el suelo y se filtren, llegando al lago vecino al solar.

- Se realiza una losa de cimentación vertiendo hormigón sobre el paquete anterior. Sobre esta se colocan una serie de perfiles para separar los módulos del suelo y dejar espacio para las instalaciones de saneamiento.

- Se instala el marco estructural de los módulos.

- Se ejecuta el cerramiento y particiones correspondientes de cada módulo mediante paneles prefabricados colocados entre los perfiles estructurales.

- Las salas pueden tener diferentes configuraciones. Las habitaciones vienen completamente equipadas y a parte, se despresurizan, previniendo así que los microorganismos salgan al resto de zonas. Para evitar el contacto con los enfermos se instalan una serie de cajas metálicas con aberturas en ambos extremos para el paso de comida o medicinas.

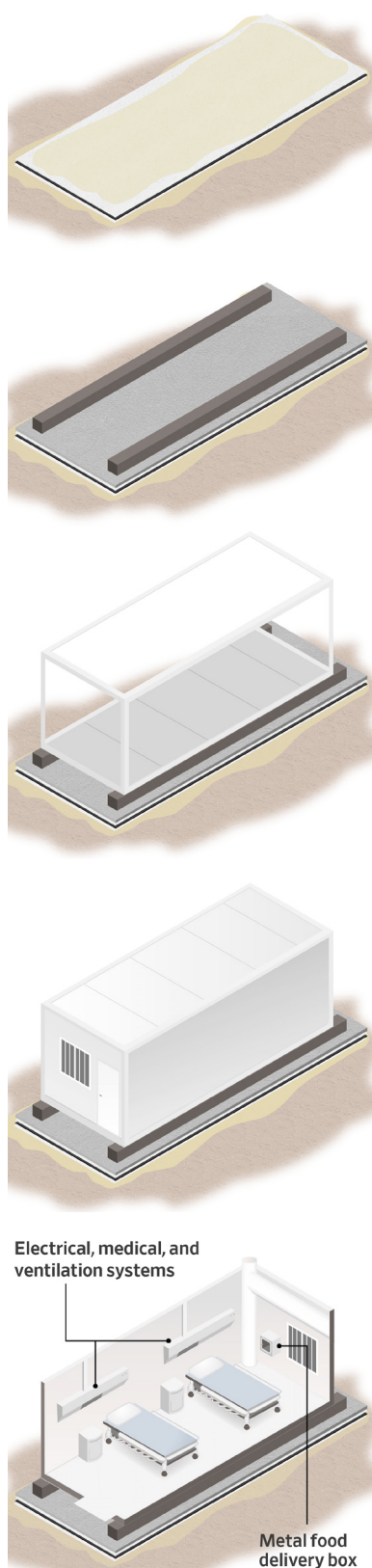


Figura 38: Fases de construcción del hospital Huoshenshan a partir de los módulos tipo container.

Fuente:

<https://www.wsj.com/articles/how-china-can-build-a-coronavirus-hospital-in-10-days-11580397751>

03.2.4 IMPACTO SOCIAL, URBANO Y MEDIOAMBIENTAL

Una vez el virus está bajo control y el sistema sanitario vuelve a poder responder con normalidad, ¿qué sucede con estos complejos? El gobierno chino no tiene claro qué puede ocurrir después de la pandemia, por lo que el 15 de abril de 2020 se opta por cerrar ambas instituciones manteniendo todo su equipamiento, volviendo los trabajadores a sus puestos originales en otros lugares.

Estos hospitales nacieron con el objetivo concreto de enfren-
tar la pandemia de COVID-19 y acoger a pacientes en esta-
dos graves y críticos de forma temporal. No están pensados
para prolongar su uso en el tiempo.

Su predecesor, el hospital Xiaotangshan, fue abandonado
una vez perdió su función de combatir el SARS, y no fue has-
ta 2010 que el gobierno anunció su demolición, aunque nun-
ca se llegó a ejecutar. En enero de 2020 se decide reactivar
para combatir la nueva pandemia y una vez más, tras mes y
medio de actividad, se vuelve a abandonar.

Tras 17 años de abandono surgen preocupaciones. Los edi-
ficios se van deteriorando y si no tienen un cierto manteni-
miento pueden generar un impacto medioambiental debido
a piezas que se desprenden o, en este caso, posibles des-
hechos médicos que contaminen el suelo y las aguas subte-
rráneas.

Desde el punto de vista urbano, el abandono de estos hospi-
tales en los puntos estratégicos donde están contruidos es
una oportunidad perdida de aprovechamiento del lugar con
algo realmente útil y enriquecedor. Surgen dudas de si el
edificio podría ser rehabilitado en vez de derrumbado, pero
no hay que olvidar que se construyó para ser usado de forma
temporal, no para un uso prolongado en el tiempo.

Otro tema sería la viabilidad para realizar este tipo de es-
trategia en otras partes del mundo. Proyectos así necesitan
de grandes extensiones de terreno y para levantarse en tan
poco tiempo los recursos y personal necesarios son enormes
y muy complejos, algo que probablemente solo pueda ser
viable en un país como China. El resto de países afectados
ha preferido optar por otro tipo de acercamientos, decantán-
dose más por hospitales de campaña o el reacondiciona-
miento de edificios existentes. En el siguiente capítulo entra-
remos más en detalle.

03.3 IFEMA. REACONDICIONAMIENTO DE ESPACIOS DESTINADOS A OTROS USOS. HOSPITAL DE CAMPAÑA



Figura 39: Campamento militar Almogaver del siglo XIII, construido con tiendas de campaña. Fuente: <https://www.blogcamping.com/la-tienda-de-campa-na-en-la-antiguedad/>



Figura 40: Quirófano de campaña en la 2ª Guerra Mundial. Fuente: <https://www.elespanol.com/quincemil/articulos/cultura/arquitectura-de-emergencia-como-se-construye-un-hospital-de-campana>

[10] Colaboradores de Wikipedia. Hospital de campaña [en línea]. En: *Wikipedia, la enciclopedia libre*. [Consulta: 14 de octubre]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Hospital_de_campa%C3%B1a

España sufre una de las peores situaciones pandémicas por COVID-19 con multitud de contagios y pacientes, llegando a producir, como en China, un colapso del sistema sanitario. El viernes día 20 de marzo de 2020 se decide que Ifema, la Feria de Madrid, va a adoptar un nuevo uso diferente al que solía tener habitualmente: congresos, desfiles y hasta conciertos. Se anuncia la construcción de lo que se convertiría en el mayor hospital de campaña de todo el país.

El proyecto, promovido por la Comunidad de Madrid junto al Ministerio de Sanidad y la Unidad Militar de Emergencias, (UME), pretendía albergar hasta 5500 camas para pacientes, algunas de ellas UCI, (Unidad de Cuidados Intensivos).

03.3.1 ANTECEDENTES. HOSPITALES DE CAMPAÑA

En las crisis internacionales la arquitectura aparece como una disciplina que se encuentra en simbiosis con el ser humano, integrándose en la naturaleza. El factor principal que determina esta arquitectura es la empatía, el diseño para la emergencia inmediata. Hay muchas situaciones que se pueden denominar de esta manera, pero en este caso se alude a los hospitales de campaña, que deben construirse a contrarreloj y poder trasladarse según se requiera.

“Un hospital de campaña u hospital de campo es una unidad médica móvil instalada en las proximidades de una zona de combate o de un lugar donde se ha producido un desastre, y que atiende de manera provisional a los heridos en el lugar.” [10]

Como la propia definición indica, el origen de estas construcciones se encuentra en el ámbito marcial, donde se instalaban estos hospitales para atender a los soldados heridos que podían fallecer si eran transportados a un lugar lejano para su cuidado. Los primeros ápices de estas estructuras provienen del ejército romano y sus tiendas de campaña militares, que les permitían levantar una guarnición en apenas horas para acampar.

Hoy en día el concepto ha evolucionando. Los hospitales de campaña ya no son solo esas carpas y tiendas pertenecientes al mundo de la arquitectura tensada. Aparecen nuevas tipologías como las estructuras inflables, una de las mejores soluciones a nivel técnico por sus materiales impermeables,

su interior climatizado y su facilidad de montaje y transporte. La industrialización y creación de piezas prefabricadas también supuso una nueva opción, en la que a partir de una serie de módulos de rápido ensamblaje se puede configurar un hospital a la medida necesaria. Esta última estrategia es más complicada para su puesta en marcha en exterior; suele usarse más en ambientes cerrados y protegidos, como el caso que nos disponemos a analizar, el hospital de emergencia Ifema.

03.3.2 PROYECTO Y ESTRATEGIA

El proyecto original para la Feria de Madrid nace en 1985 de las manos de de Estanislao Tanis Pérez Pita y Jerónimo Junquera, ganadores del concurso para los recintos feriales de Madrid. En las bases del concurso se anuncian una serie de requisitos de funcionamiento que acotaban bastante el diseño:

- Disposición de los pabellones de exposiciones en torno a un eje central, enfrentados dos a dos y abriéndose a este. El eje debía estar abierto en los extremos Norte y Sur para generar los accesos principales al recinto.
- Un anillo de circulación rodada circundante al complejo para dar servicio a los pabellones, separados por calles laterales.



Figura 41: Hospital inflable construido en México para combatir el COVID-19.

Fuente:

<https://www.infobae.com/america/mexico/2020/03/13/asi-es-el-hospital-inflable-que-el-gobierno-de-hidalgo-para-enfrentar-el-coronavirus/>

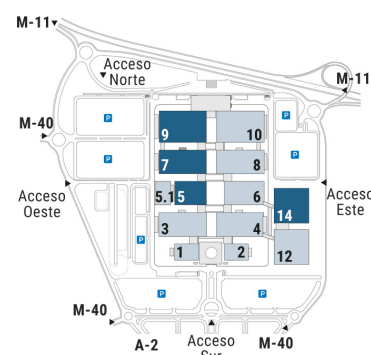


Figura 42: Planta esquema del complejo de Ifema, mostrando los pabellones reacondicionados. A. Matilla. Comunidad de Madrid

Fuente:

<https://www.elmundo.es/madrid/2020/03/23/5e78f308fdddffdcacae8b4573.html>



Figura 43: Vista aérea del complejo de Ifema. Getty Images.

Fuente:

https://elpais.com/elpais/2020/04/07/icon_de-sign/1586251709_794215.html

EL PABELLÓN 9 DE IFEMA

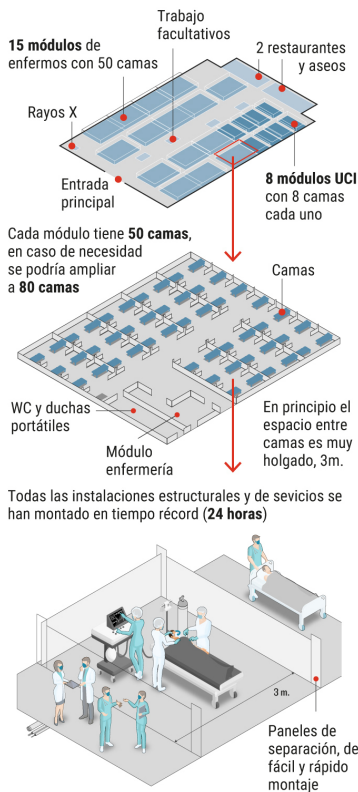


Figura 44: Esquema de distribución del pabellón 9 de Ifema. E. Amade. Ayuntamiento de Madrid.

Fuente:

<https://www.elmundo.es/madrid/2020/03/23/5e78f308fdddffdcacae8b4573.html>

Este esquema da lugar a una pieza invertida de lo que suelen ser los edificios públicos, generándose los espacios servidores en el exterior y los servidos en el interior. Se genera pues un edificio volcado al interior y abstraído referencialmente del mundo exterior, creando una serie de enormes cajas metálicas bien definidas por sus aristas, que acogen los pabellones, los espacios que se reconvierten en el hospital de campaña.

En la primera fase se instalan 1300 camas y 96 de UCI repartidas en 3 de los espacios creados. El modelo de implantación consiste en dividir las salas en módulos, lo que se repite en todos los pabellones intervenidos. El número 9 es el más grande y complejo, contando con 15 módulos de habitaciones y 8 de UCI. El paciente tiene su cama y puede moverse libremente dentro de la sala y satisfacer sus necesidades básicas con los espacios de catering y restauración instalados.

El amplio espacio diáfano de los pabellones se convierte esta vez en un hospital, con todas las necesidades tanto funcionales como de instalaciones que ello requiere. Para su diseño se opta por levantar una serie de módulos iguales separados entre ellos, dividiendo el gran espacio en pequeños bloques más fácilmente controlables para el personal sanitario. Esta estrategia no dista de las situaciones habituales para Ifema, cuando en las ferias y eventos se instalan una serie de stands que no hacen más que ordenar y distribuir un espacio isótropo interior, buscando crear unos recorridos y espacios funcionales que pueden ser conceptualmente infinitos. El módulo en que se divide este hospital temporal representa ese stand, salvo que la función ahora no es la comercial, sino la de acoger y tratar pacientes.

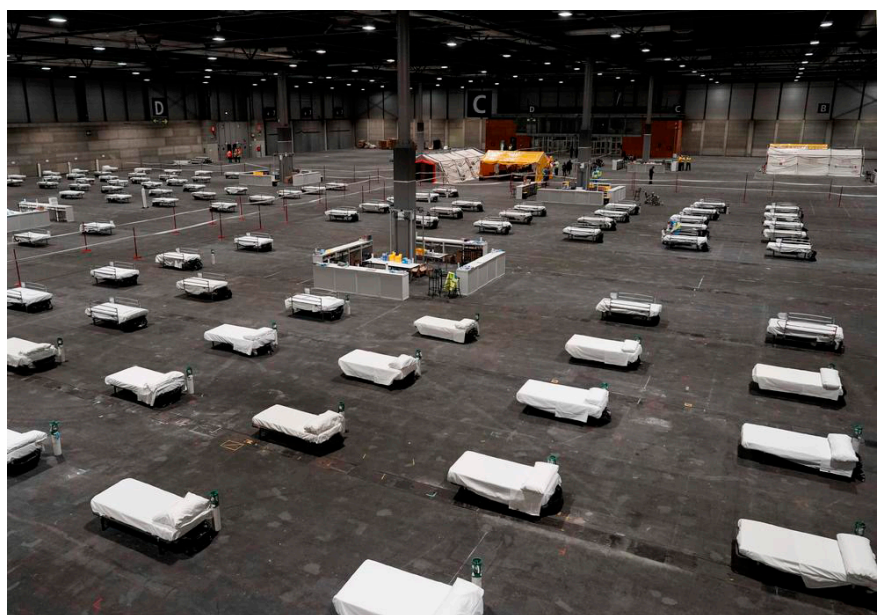


Figura 45: Uno de los pabellones transformados en hospital. En este caso era para enfermos leves, sin necesidad de instalaciones especiales. EFE.

Fuente:

https://www.infolibre.es/noticias/politica/2020/03/26/ifema-mayor_hospital_campana_espana_105290_1012.html

El espacio a acondicionar es un entorno bastante controlado. Las grandes salas están cerradas al exterior, cenitalmente iluminadas y climatizadas; por lo que solo es necesario distribuirlas interiormente y llevar las todas las instalaciones propias de un hospital.

Aún así, el ambiente generado no es el propio de un hospital. Los amplios pabellones se han diseñado para acoger grandes eventos y multitudes; no pueden por tanto ofrecer un trato amable y cercano al paciente. Los altos techos oscuros cierran el paso de la luz natural y ofrecen un paisaje de tubos e instalaciones, donde puntualmente aparecen focos de luz,



PABELLÓN 9

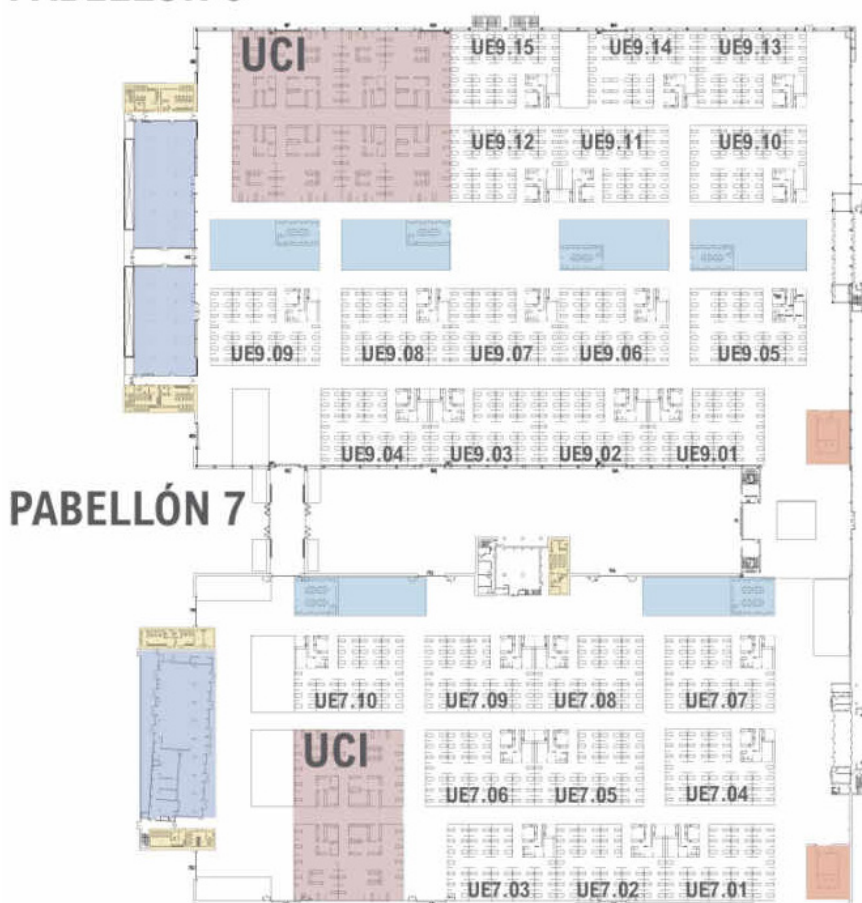


Figura 46: Distribución en planta del hospital de campaña de Ifema. Comunidad de Madrid.

Fuente:

<https://www.elindependiente.com/wp-content/uploads/2020/03/mapa-hospital-en-ifema-elindependiente-2020.jpg>

[11] JUNQUERA, J. El secreto arquitectónico de Ifema, inspirado en Oiza, que permitió transformarlo en pocas horas en un hospital. En: *El País*. [en línea] [Consulta: 20 octubre 2020].

Disponible en:

https://elpais.com/elpais/2020/04/07/icon_design/1586251709_794215.html

representando un mundo industrial. El aire y el viento son inexistentes. Aparecen pobres intentos para generar un ambiente más doméstico, como la reducción del espacio mediante módulos o el tratamiento de los suelos con moquetas y laminados tipo madera; pero son superados por el espacio global. La tan ansiada y sanadora naturaleza que veíamos dialogar con los primeros hospitales de campaña aquí desaparece, se deja fuera, a las puertas de los pabellones.

La ejecución de los módulos y sus particiones interiores se realiza a partir de paneles de separación modulares, montados sobre una subestructura metálica fácilmente desmontable. Este sistema es muy sencillo y no necesita de especialización de la mano de obra, lo que permitió acelerar en gran medida el proceso.

Un aspecto en el diseño del proyecto original ayudó en gran medida a la eficiencia y resultado del hospital improvisado. Los arquitectos añadieron a su propuesta una galería en el subsuelo siguiendo un esquema de espina de pez, de manera que la provisión de suministros al interior de los pabellones se pudiera realizar a través de este sistema. El arquitecto Jerónimo Junquera explicaba el por qué de esta decisión.

“Sáenz de Oiza decía algo así como que un edificio es similar al cuerpo humano, que tiene una estructura ósea para sostenerse, una serie de órganos que deben funcionar y también una piel para hacerlo bello. Nosotros diseñamos el aparato circulatorio, con sus arterias, sus venas y sus pequeños capilares para llevar la sangre hasta los pabellones.” [10]

Esta red de túneles permite también abastecer cualquier punto con desagües, electricidad, datos o cualquier instalación requerida, por lo que el convertir este espacio en un hospital resultó mucho más sencillo. De otra manera se hubieran tenido que construir muchas infraestructuras para proveer todo lo necesario en una habitación de un hospital. Es importante que el edificio que se va a reacondicionar esté bien proyectado y sea versátil, para que su adaptación a la función de hospital de campaña sea lo más rápida y eficaz posible. Tiene que tener una clara respuesta funcional.

También es interesante ver las instalaciones específicas para este uso del edificio. Para las camas de UCI es necesario distribuir una serie de gases medicinales independientes: oxígeno, óxido nítrico y vacío. Para la instalación se usan tuberías de cobre especial. Todas las empresas colaboradoras asumieron todos los costes de material y mano de obra ante la urgencia del momento.

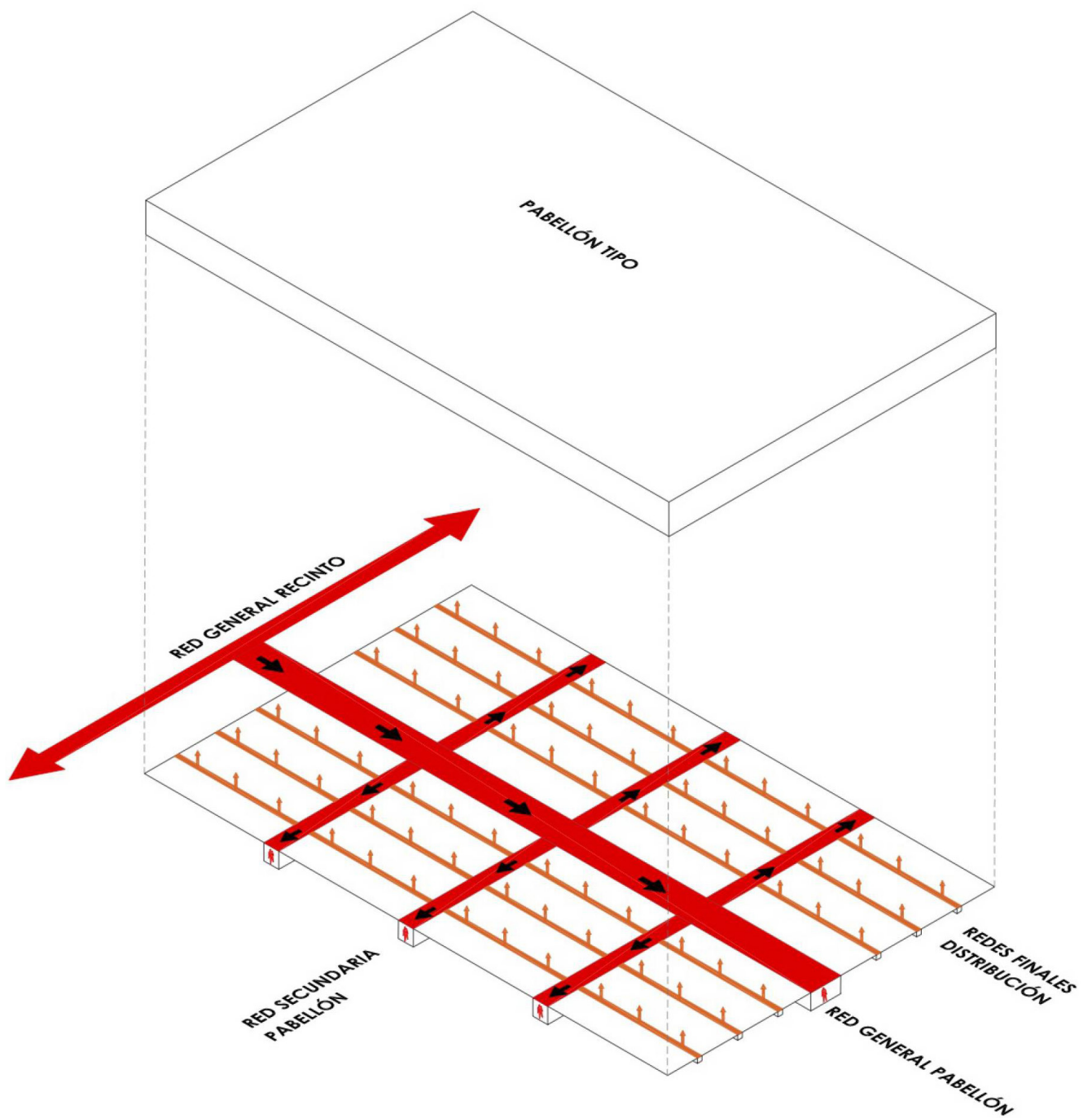


Figura 47: Croquis del sistema de túneles en los pabellones de Ifema. Junquera Arquitectos.

Fuente:

https://elpais.com/elpais/2020/04/07/icon_design/1586251709_794215.html

Figura 48: Foto de la construcción de los módulos estándar para los pacientes en el hospital de Ifema.

Fuente:

<https://gaceticmadrid.com/2020/04/06/las-bibliotecas-municipales-de-madrid-donan-1-000-libros-para-los-pacientes-del-hospital-de-ifema/>



Figura 49: Foto de la construcción de los módulos estándar para los pacientes en el hospital de Ifema. El personal militar de la UME ayudó en los trabajos

Fuente:

<https://www.comunidad.madrid/noticias/2020/03/26/habilitamos-814-camas-hospital-ifema-visitado-hoy-rey>



Figura 50: Un operario especializado instalando las tuberías de cobre para el oxígeno y los gases especiales necesarios en la UCI. Se puede observar el sistema de túneles subterráneos de Ifema.

Fuente:

https://www.lespanol.com/invertia/empresas/20200325/cobra-implementa-sistema-oxigeno-hospital-campana-ifema/477453558_0.html



03.3.3 IMPACTO SOCIAL, URBANO Y MEDIOAMBIENTAL

Tras 6 semanas en funcionamiento el hospital de campaña echa el cierre, habiendo atendido a cerca de 4000 pacientes en total. Aún retirando la actividad, el equipamiento y las instalaciones no se desmantelan, manteniendo todo intacto por si fuera necesario reactivar el centro de emergencia por un posible rebrote y colapso del sistema sanitario madrileño. De las 5500 camas previstas solo se han llegado a usar 1300. Este hospital, sin precedentes en nuestro país, es de tal envergadura que ha llegado a atender al 10% de los pacientes con coronavirus de toda la región.

El 18 de junio se comienza a desmontar y almacenar tanto el material sanitario como los paneles en un contenedor, de manera pueda reactivarse en menos de 48 horas, en caso de ser necesario. Las instalaciones de oxígeno, agua y electricidad se siguen manteniendo.

El impacto generado con esta actuación es mínimo. Estos grandes espacios no tienen un uso definido. Están pensados para acoger eventos temporales y las intervenciones son sencillas y efímeras. Al ser un entorno controlado y cerrado al exterior tampoco se generan preocupaciones ante un posible impacto medioambiental; todo queda dentro de los pabellones. Además, los módulos y equipamiento empleado pueden ser reciclados o usados de nuevo en otros espacios; no hay “obra sucia” que impida al pabellón volver a su estado previo en cuestión de horas.

04. OTRAS ESTRATEGIAS DE EMERGENCIA. VISTAS DE FUTURO

A medida que la pandemia de COVID-19 se esparce internacionalmente, aparecen una serie de proyectos y prototipos de arquitecturas de emergencia, promovidos mayoritariamente por estudios locales. Algunos tienen un carácter utópico o conceptual, buscando generar una preocupación sobre cómo este campo puede enfrentar estas situaciones catastróficas. Otros han llegado a tener un desarrollo completo, poniéndose en marcha y obteniendo ciertos resultados. En este capítulo se pretende estudiar varios de estos casos.

04.1 CURA. UCI PORTÁTIL

En Italia se diseña el primer prototipo para crear unidades de cuidados intensivos, UCI, de forma modular. El proyecto denominado CURA, (Connected Units for Respiratory Aliments), propone una solución rápida para poder ampliar instalaciones médicas y tratar enfermos graves de coronavirus. El prototipo tarda en montarse lo mismo que una tienda de campaña, pero con la ventaja de ser tan seguro como un pabellón de aislamiento convencional, gracias al completo equipo de biocontención incorporado.

Para fabricar las unidades autónomas se aprovechan contenedores marítimos de 20 pies, permitiendo de esta manera su transporte a cualquier otra parte del mundo en barco. Se instala el extractor que crea la presión negativa en el interior para generar el aislamiento y dos grandes ventanales a los lados del contenedor, para observar al paciente y recibir posibles visitas externas de un modo más humano. Cada módulo proporciona espacio para 2 pacientes graves, incluido todo el equipamiento necesario para su tratamiento.



Figura 51: Foto del módulo CURA operativo en un hospital temporal en Turín, Italia. Squint Opera.

Fuente:

<https://www.designboom.com/architecture/cura-shipping-container-icus-turin-covid-19-04-21-2020/>

La conexión al exterior se realiza mediante una estructura hinchable, que a su vez sirve de almacén y de vestuario para el personal sanitario. Este espacio umbral también se puede usar para conectar más de un módulo y crear múltiples configuraciones, pudiendo instalarse incluso como hospital autónomo de campo.

Los contenedores marítimos están diseñados para almacenar y transportar mercancías, pero su escala y proporciones los convierten en espacios habitables válidos. Como veíamos en los hospitales de Wuhan, existen una serie de ventajas e inconvenientes a la hora de realizar este tipo de arquitecturas. En este caso, el módulo se convierte en un refugio aislado para pacientes graves, por lo que la ventilación natural y el movimiento no son opciones posibles. A pesar de tener estas limitaciones en un espacio bastante reducido, se realiza un esfuerzo por abrirse lo máximo posible al mundo exterior por medio de amplios ventanales a ambos lados, rompiendo las rígidas paredes metálicas del contenedor y permitiendo al paciente observar.

El 19 de abril de 2020 se instala el primer prototipo en un hospital temporal levantado en Turín por las autoridades italianas dentro de un complejo industrial. El grupo internacional y multidisciplinar encargado del proyecto, dirigido por el diseñador Carlo Ratti Associati, tardó 4 semanas en diseñarlo y producirlo. Para ello contaron con la colaboración y soporte económico de varios contribuidores.

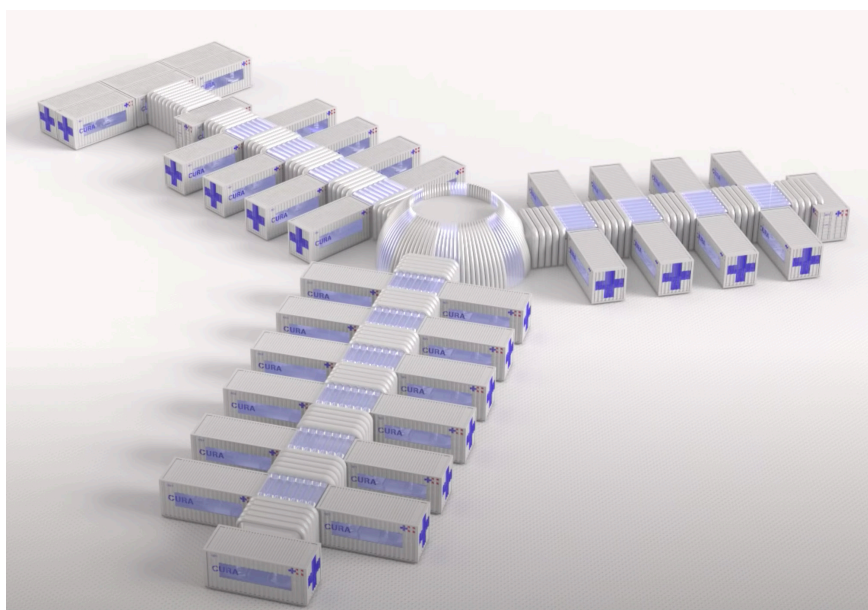


Figura 52: Posibilidad de concatenación de módulos CURA para crear un complejo mayor. Squint Opera.

Fuente:

<https://www.designboom.com/architecture/cura-shipping-containers-emergency-covid-19-hospitals-03-24-2020/>



Figura 53: Vista isométrica exterior del módulo CURA. Squint Opera.

Fuente:
<https://www.designboom.com/architecture/cura-shipping-containers-emergency-covid-19-hospitals-03-24-2020/>

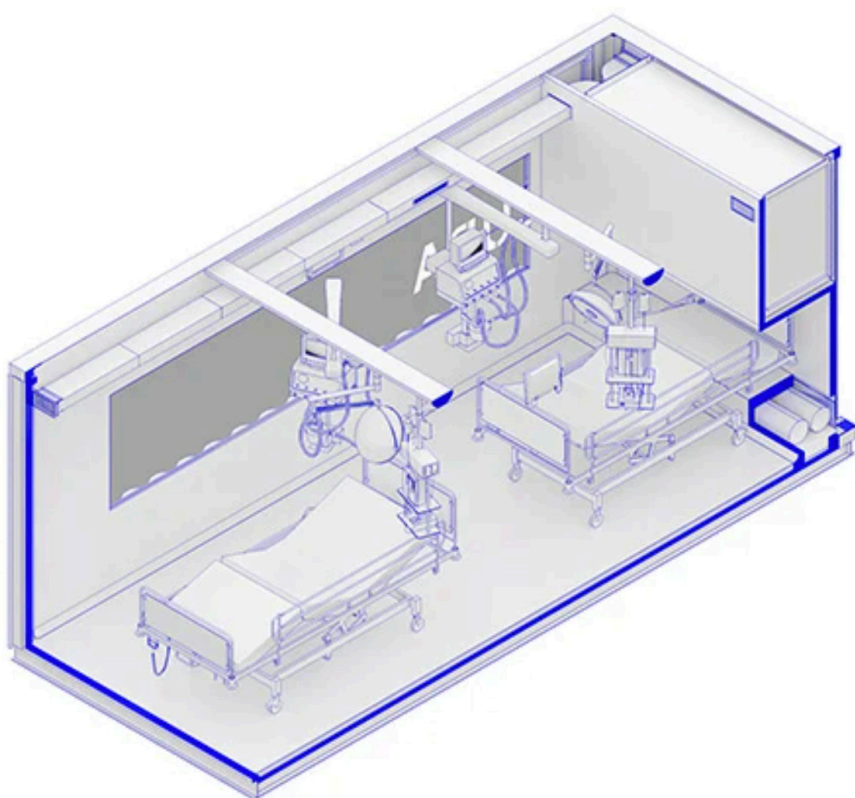


Figura 54: Vista isométrica interior del módulo CURA. Squint Opera.

Fuente:
<https://www.designboom.com/architecture/cura-shipping-containers-emergency-covid-19-hospitals-03-24-2020/>

04.2 ADAPTA. ARQUITECTURA COMPUTACIONAL

En la situación actual de pandemia, donde el factor del tiempo resulta crucial, proyectar teniendo en cuenta todas las partes de un edificio resulta un gran ahorro. Para ello, tres arquitectos de Madrid han diseñado un código que es capaz de diseñar hospitales de campaña instantáneos en una situación de emergencia.

Adapta, como se llama el algoritmo, calcula de forma automática la distribución y áreas necesarias insertando solamente una serie de parámetros, como el tamaño del solar. En el resultado viene ya la infraestructura planeada, incluyendo equipos y piezas necesarias para levantarlo.

El arquitecto pues, queda relevado por un ordenador. En proyectos de emergencia, donde se busca responder a una situación concreta, puede ser una solución válida dejar en manos de una inteligencia artificial el diseño de un hospital temporal, siempre que se asuma que hay aspectos humanos y artísticos que se dejan de lado. No hay máquina capaz de producir Arquitectura con una visión integrada que pueda compilar y procesar conceptos visibles solo al ojo humano, algunos de ellos de carácter abstracto.

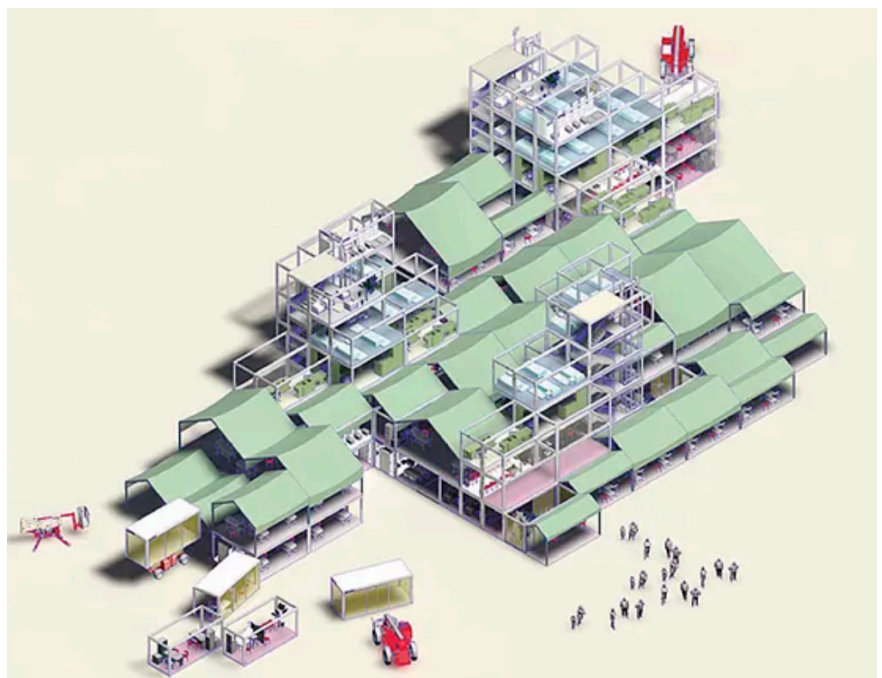


Figura 55: Esquema de un hospital creado por el algoritmo Adapta
Fuente:
<https://www.elmundo.es/papel/futuro/2020/04/14/5e908eabfd-ddffa99b8b465b.html>

04.3 ESTRUCTURAS INFLABLES. HOSPITALES DE AIRE

En algunos lugares del mundo se opta por una estrategia diferente para resolver el problema de falta de espacio en los sistemas sanitarios: estructuras inflables. Esta tipología de Arquitectura, como veíamos anteriormente, surge en la 2ª Guerra Mundial en los campos de batalla.

Estas carpas de burbujas y formas suaves cumplen todas las normativas y especificaciones técnicas de una edificación y, además, son ligeras, ocupando muy poco espacio. Su funcionamiento se basa en el aire, introducido a presión entre las membranas de los tejidos sintéticos de PVC, tensando y alzando sus superficies. Para los quirófanos se instalan membranas independientes, purificando y descontaminando el aire previamente mediante filtros.

La resistencia que tienen estos edificios es bastante elevada. Se pueden añadir cargas en paredes y techos para el paso de cualquier instalación y sus propiedades de aislamiento térmico y acústico son excelentes.

Son muchas las ventajas de estas estructuras: garantías de funcionamiento, bajo coste (unos 300 €/m²), facilidad de transporte y de almacenamiento. La más destacable es la flexibilidad a la hora de diseñar diferentes formas, siempre que la estructura mantenga una estabilidad mínima. También



Figura 56: Vista aérea del hospital hinchable de Pachuga, México. Tecnodimensión

Fuente:

https://elpais.com/elpais/2020/03/20/icon_design/1584698437_069896.html

cabe destacar el poco impacto que tienen sobre el lugar donde se instalan, necesitando únicamente un sistema de anclaje al terreno.

Todas estas características permiten utilizarlas en prácticamente cualquier entorno, teniendo en cuenta que también existen ciertas limitaciones, como el elevado tiempo de fabricación y el acopio de materiales necesarios para ello.

Atendiendo a las imágenes interiores nos encontramos un espacio cálido completamente bañado por una luz natural difusa, filtrada por la textura plástica de la envolvente. Las configuraciones de las salas mucho tienen que ver con esa Arquitectura tensada que veíamos nacer sobre campos de batalla: una serie de telas que ofrecían una sensación de protección, de refugio, y a la vez permitían el paso de luz y aire, elementos sanadores y reconfortantes para el paciente.

En Pachuca, México, la empresa española Tecnodimensión instala una estructura que se expande 1000 m² sobre el terreno, para la cual se necesitaron de 2500 horas de trabajo.

Figura 57: Interior de una de las alas del hospital de Pachuca, México. Tecnodimensión
Fuente:
https://elpais.com/elpais/2020/03/20/icon_design/1584698437_069896.html

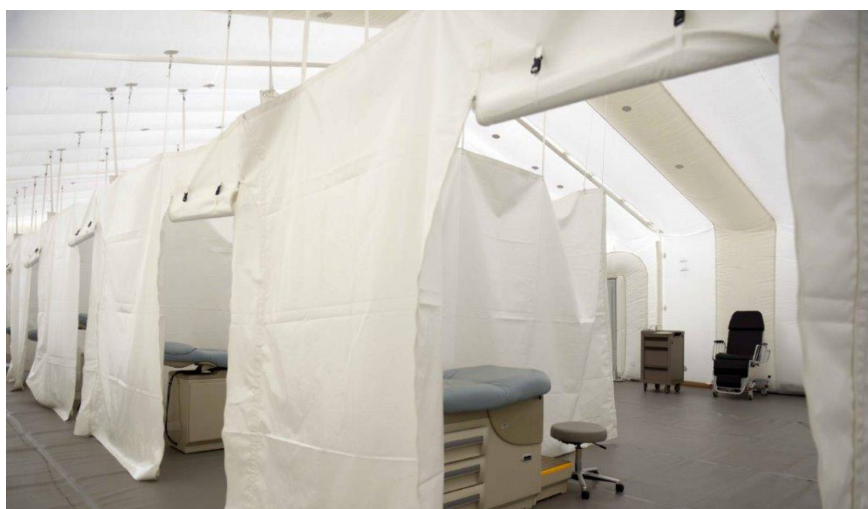
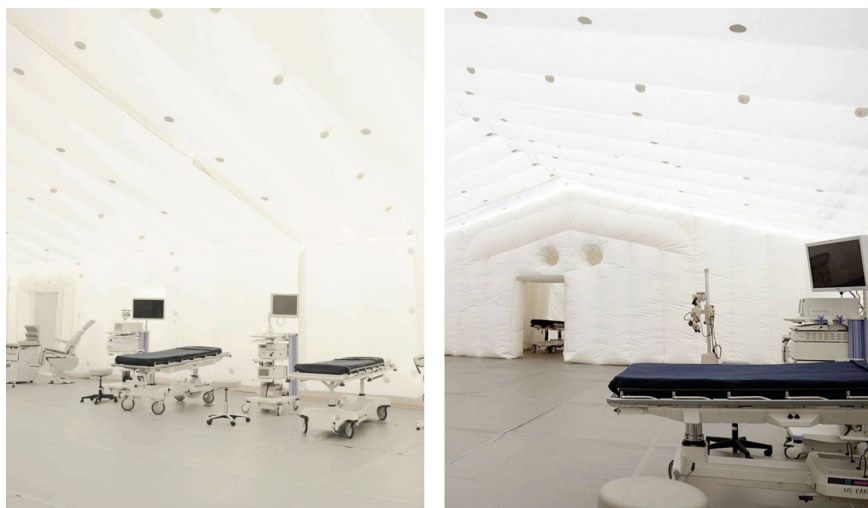


Figura 58: Quirófano y pabellones para pacientes dentro de un hospital hinchable. Tecnodimensión
Fuente:
https://elpais.com/elpais/2020/03/20/icon_design/1584698437_069896.html



04.4 HOSPITAL PARA PANDEMIAS. OPCIÓN DE FUTURO

Vista la situación producida por el COVID-19, la Comunidad de Madrid decide construir un nuevo hospital especializado en pandemias, situado en la Ciudad de la Justicia de Valdebebas, cercano a IFEMA. El objetivo es contar con una instalación permanente para aliviar el sistema sanitario en el caso de un posible rebrote.

Contará con más de 1000 camas y estará completamente equipado, queriendo ser un centro de referencia para enfrentar e investigar enfermedades infecciosas. La composición del centro se ejecutará en 3 pabellones sectorizables con cierta flexibilidad para adaptarse a situaciones impredecibles. Se distribuirá en 40000m² y tendrá todo el equipamiento necesario para conformarse como un hospital independiente, a diferencia de las arquitecturas de emergencia que hemos visto hasta ahora.

El proyecto ha generado mucha controversia. Varios expertos del campo sanitario se sitúan en contra de esta solución, tachándola de ineficiente. El hecho de levantar nuevos edificios para enfrentar posibles situaciones críticas no quiere decir que lleguen a funcionar. Ciertas opiniones defienden que los centros deben dimensionarse en función de varios factores de la población a la que responden, como la frecuencia de los casos clínicos. *“Una pandemia no se puede dimensionar porque la incertidumbre que la rodea es absoluta.”* [11]

Hay varios aspectos importantes a tener en cuenta antes de lanzarse a realizar un proyecto similar, debe haber una planificación bien estudiada. El sistema sanitario se ha visto colapsado no solo por falta de infraestructura; también ha influido la falta de personal, mala gestión y espacios mal aprovechados. A parte, están surgiendo nuevas tecnologías como la telemedicina, una manera de realizar diagnósticos y tratamientos vía online, que pueden ayudar en gran medida a reducir las visitas a los centros de salud, permitiendo enfocarse en casos más graves.

Hay que tener en cuenta que las situaciones de pandemia son algo imprevisible y que muy rara vez se dan, por lo que tener algo permanente estando la mayoría del tiempo vacío parece ser un gasto innecesario.

Las arquitecturas de emergencia parecen una mejor opción para el futuro. Tener un equipamiento preparado, el personal listo y una preinstalación de calidad, pueden ser lo más eficiente para enfrentar una nueva situación de pandemia.

[12] PANIAGUA, J.R. Un hospital para pandemias más mediático que necesario. En: *El País*. [en línea] [Consulta: 2 noviembre 2020].

Disponible en:
<https://elpais.com/espana/madrid/2020-06-12/un-hospital-para-pandemias-mas-mediatico-que-necesario.html>



Figura 59: Maqueta virtual del Nuevo Hospital de Emergencias de la Comunidad de Madrid.
Fuente: <https://elpais.com/espana/madrid/2020-06-12/un-hospital-para-pandemias-mas-mediatico-que-necesario.html>

05. CONCLUSIONES

En estos momentos, donde hay una clara preocupación social por las infraestructuras hospitalarias y la gestión de una pandemia, surgen diversas opiniones y críticas acerca de los proyectos que nacen en respuesta a la situación de emergencia. No existen precedentes de una situación semejante que puedan aportar algo de luz a esta carrera a contrarreloj, donde están en juego vidas humanas. Las diferentes estrategias no pueden más que improvisar en base a experiencias profesionales y personales para intentar dotar de la mejor solución posible a esta catástrofe.

No hay que olvidar el contexto en el que se produce cada una de ellas. Hemos pasado por varios ejemplos que afrontan de diversas maneras el mismo problema, cada uno con sus pros y contras y aportando diferentes puntos de vista.

En Wuhan, China, veíamos la construcción de un gran complejo en tan solo unos días gracias a la eficiencia de trabajo y los recursos con los que el país cuenta, a la vez que un sobre coste elevado que puede no ser factible en otras partes del mundo. El factor humano está presente, con intentos de aportar espacios de movimiento y luz, pero no deja de ser un hospital de aislamiento muy controlado.

En Madrid, España, la preexistencia de la FERIA de Madrid permite realizar un trabajo de reacondicionamiento mucho más sencillo, aunque no tan eficaz y dejando de lado aspectos importantes para llegar a ser una buena arquitectura hospitalaria, encerrándose en un espacio sin relación con el exterior.

Del estudio y análisis de todos estos proyectos no podemos derivar en una sola opción válida. Está claro que lo más importante, como en cualquier hospital, es proporcionar el mejor trato posible al paciente y salvar el mayor número de vidas; pero no hay que olvidar que la arquitectura tiene un impacto y responde a una sociedad. Ámbitos como medioambiente, paisaje o energía están siempre presentes y se están dejando en muchos casos como algo secundario, dejándose incluso de lado.

También es interesante ver como la evolución histórica de estos edificios ha ido derivando en estrategias más abiertas y relacionadas con el mundo natural, mejorando enormemente la calidad de sus espacios; y cómo, en esta situación, se ha llegado a generar una contra evolución en algunos casos. Ello puede deberse al afán y obsesión de generar espacios

[13] CHURCHILL, W. Never let a good crisis go to waste. En: *OECD*. [en línea] [Consulta: 10 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.oecd.org/agriculture/never-waste-a-good-water-crisis/#:~:text=As%20Winston%20Churchill%20was%20working,good%20crisis%20go%20to%20waste%E2%80%9D>.

controlados que, junto al tiempo tan ajustado, llegan a obviar estos aspectos que producen una buena arquitectura.

No se sabe a ciencia cierta qué camino puede tomar la Arquitectura hospitalaria. Sin embargo, es cierto que la pandemia ha sido un detonante para una nueva generación de exploración e ideas que, junto a una postura empática de los profesionales, están abriendo nuevas vías de posibilidad. De las situaciones de crisis y emergencia es donde la sociedad evoluciona y se desarrolla.

"Never let a good crisis go to waste." [13]

06. BIBLIOGRAFÍA

06.1 BIBLIOGRAFÍA

- TSOU, J.Y., LAM, S., WONG, G.W.K. & CHOW, B. Design of Rapidly Assembled Isolation Patient Ward – IT-Supported Collaborative Design Process between Architects and Medical Officers.

Disponible en: https://e-pub.uni-weimar.de/opus4/frontdoor/deliver/index/docId/174/file/icccbex_082_pdfa.pdf

- TURNES, A.L. Historia y evolución de los hospitales en las diferentes culturas. 14 septiembre 2009.

Disponible en: <https://www.smu.org.uy/dpmc/hmed/historia/articulos/origen-y-evolucion.pdf>

- WANG, L. The new bud light steel system and the geometric shape evolution of light steel framework for COVID-19 patients appointed hospital (Huoshenshan hospital). 2020.

Disponible en: <https://content.iospress.com/download/journal-of-intelligent-and-fuzzy-systems/ifs189300?id=journal-of-intelligent-and-fuzzy-systems%2Fifs189300>

- MARADONA HIDALGO, J.A. *Historia de las enfermedades infecciosas*. Oviedo, Universidad de Oviedo. 2010. ISBN: 9788483178355.

Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-enfermedades-infecciosas-microbiologia-clinica-28-articulo-critica-libros-S0213005X11002692>

- MADERA GONZÁLEZ, J.C. *Los hospitales asturianos en la Edad Media* [en línea]. Martes de Salud Pública. DGSP. 20 mayo 2014.

Disponible en: <https://www.astursalud.es/documents/31867/626734/20140520+Los+hospitales+asturianos+en+la+edad+media.pdf/1a9db60a-ecc7-39bc-a7f2-42385035a576>

- MINISTERIO DE SANIDAD. GOBIERNO DE ESPAÑA. *Unidades de aislamiento de alto nivel (UAAN)* [en línea].

Disponible en: <https://www.mscbs.gob.es/profesionales/CentrosDeReferencia/docs/Fesp/Fesp72.pdf>

06.2 WEBGRAFÍA

- TSCHANZ, D.W. The islamic roots of the modern hospital. En: *AramcoWorld* [en línea] [consulta: septiembre 2020]. Disponible en: https://moodle.unizar.es/add/pluginfile.php/2429173/mod_resource/content/6/Estilo%20ISO%20resumen%20con%20RRSS.pdf

- CARRILLO MONTESINOS, J.M. Otra epidemia y otro confinamiento. En: *Sur Historia* [en línea] [consulta: septiembre 2020]. Disponible en: <https://www.diariosur.es/sur-historia/epidemia-confinamiento-lepra-20200520192433-nt.html?ref=https:%2F%2Fwww.diariosur.es%2Fsur-historia%2Fepidemia-confinamiento-lepra-20200520192433-nt.html>

- VIANA, I. Así funcionaba hace 1400 años el hospital que sigue curando en 2020. En: *ABC Historia* [en línea] [consulta: septiembre 2020]. Disponible en: https://www.abc.es/historia/abci-funcionaba-edad-media-hospital-mas-antiguo-mundo-curando-desde-hace-1400-anos-202004170103_noticia.html?ref=https:%2F%2Fwww.google.com%2F

- Colaboradores de Wikipedia. COVID-19. En: *Wikipedia, la enciclopedia libre* [en línea] [consulta: octubre 2020]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/COVID-19>

- MO, M. Una mirada de cerca a los hospitales en China contruidos para controlar la pandemia del COVID-19. En: *ArchDaily* [en línea] [consulta: octubre 2020]. Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/937687/una-mirada-de-cerca-a-los-hospitales-en-china-construidos-para-controlar-la-pandemia-del-covid-19>

- INFOBAE. China: terminó en diez días la construcción del hospital de Wuhan y comenzará a recibir pacientes con coronavirus. En: *Infobae* [en línea] [consulta: octubre 2020]. Disponible en: <https://www.infobae.com/america/mundo/2020/02/02/china-termino-en-10-dias-la-construccion-del-hospital-de-wuhan-y-comenzara-a-recibir-pacientes-con-coronavirus/>

- CAMPILLO, S. Un hospital en diez días: así quieren construir un centro para tratar a los infectados de Wuhan, y no es la primera vez. En: *Xataka* [en línea] [consulta: octubre 2020]. Disponible en: <https://www.xataka.com/medicina-y-salud/hospital-diez-dias-asi-quieren-construir-centro-para-tratar-a-infectados-wuhan-no-primera-vez>

- HUAXIA. Leishenshan Hospital in Wuhan uses modular design based on layout of field hospital. En: *XinhuaNet* [en línea] [consulta: octubre 2020].

Disponible en: http://www.xinhuanet.com/english/2020-02/08/c_138766371_6.htm

- PEOPLE. Wuhan to follow Beijing's SARS treatment model in new coronavirus control. En: *People* [en línea] [consulta: octubre 2020].

Disponible en: <http://en.people.cn/n3/2020/0124/c90000-9651671.html>

- HARTLEY-PARKINSON, R. Coronavirus hospital with 1000 beds opens after just 10 days. En: *Metro* [en línea] [consulta: octubre 2020].

Disponible en: <https://metro.co.uk/2020/02/03/coronavirus-hospital-1500-beds-opens-just-10-days-12171879/>

- LU, J. Whatever happened to ... the instant hospitals built for COVID-19 patients in Wuhan?. En: *NPR* [en línea] [consulta: octubre 2020].

Disponible en: <https://www.npr.org/sections/goatsandsoda/2020/09/10/909688913/whatever-happened-to-the-instant-hospitals-built-in-wuhan-for-covid-19-patients?t=1604962150251>

- YAN, L. Leishenshan hospital ready to receive patients. En: *ECNS* [en línea] [consulta: octubre 2020].

Disponible en: <http://www.ecns.cn/news/2020-02-08/detail-ifztmcih6513964.shtml>

- TIANYI, C. Did China build a 1,000 bed hospital for the coronavirus simply for show, an empty shell not designed for real use? En: *Quora* [en línea] [consulta: octubre 2020].

Disponible en: <https://www.quora.com/Did-China-build-a-1-000-bed-hospital-for-the-coronavirus-simply-for-show-an-empty-shell-not-designed-for-real-use>

- ALDERTON, M. How heroes worldwide built modular and prefab COVID-19 hospitals in mere days. En: *Redshift* [en línea] [consulta: octubre 2020].

Disponible en: <https://redshift.autodesk.com/modular-hospitals/>

- SOUNDHEALTH. Satellite images of Wuhan coronavirus hospital, built in 10 days. En: *Sound Health* [en línea] [consulta: octubre 2020].

Disponible en: <https://www.soundhealthandlastingwealth.com/health-news/satellite-images-of-wuhan-coronavirus-hospital-built-in-10-days/>

- ZHENGYANG, Y. An expert view on the miracle of erecting hospitals at short notice. En: *Shine* [en línea] [consulta: octubre 2020].

Disponible en: <https://www.shine.cn/opinion/2003063565/>

- LÓPEZ, I. El secreto arquitectónico de Ifema, inspirado en Oiza, que permitió transformarlo en pocas horas en un hospital. En: *El País* [en línea] [consulta: octubre 2020].

Disponible en: https://elpais.com/elpais/2020/04/07/icon_design/1586251709_794215.html

- PRIETO, N. Arquitectura de emergencia. Cómo se construye un hospital de campaña. En: *El español* [en línea] [consulta: octubre 2020].

Disponible en: <https://www.elespanol.com/quincemil/articulos/cultura/arquitectura-de-emergencia-como-se-construye-un-hospital-de-campana>

- SOTA, I. Hospitales de campaña: Así se prepara el mundo para combatir el coronavirus. En: *El País* [en línea] [consulta: noviembre 2020].

Disponible en: https://elpais.com/elpais/2020/04/01/album/1585741720_773591.html#foto_gal_1

- *Arquitectura Viva* [en línea] [consulta: octubre 2020].

Disponible en: <http://www.arquitecturaviva.com/es/Info/News/List?ftq=hospital>

- CARRASCO, L. Ifema, de feria de congresos a hospital “Arca de Noé” en el que cada alta se celebra con un aplauso. En: *Info Libre* [en línea] [consulta: octubre 2020].

Disponible en: https://www.infolibre.es/noticias/politica/2020/03/26/ifema_mayor_hospital_campana_espana_105290_1012.html

- LA RAZON. Habilitadas las primeras 1.396 camas hospitalarias y de UCI en el hospital de campaña de Ifema. En: *La Razon* [en línea] [consulta: octubre 2020].

Disponible en: <https://www.larazon.es/madrid/20200321/p5sp2jqvujggzcibj72akonmaq.html>

- BELVER, M. El hospital de Ifema echa el cierre tras atender a 4.000 pacientes con coronavirus entre críticas por el “falso optimismo”. En: *El Mundo* [en línea] [consulta: octubre 2020].

Disponible en: <https://www.elmundo.es/madrid/2020/05/01/5eabe48621efa073688b459d.html>

- Colaboradores de Wikipedia. Hospital de IFEMA. En: *Wikipedia, la enciclopedia libre* [en línea] [consulta: octubre 2020].

Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Hospital_de_IFEMA

- STEVENS, P. CURA shipping container ICUs open in turin to combat COVID-19. En: *Designboom* [en línea] [consulta: septiembre 2020].

Disponible en: <https://www.designboom.com/architecture/cura-shipping-container-ic-us-turin-covid-19-04-21-2020/>

- BENÍTEZ, J. El algoritmo español que diseña un hospital de emergencia en segundos. En: *El Mundo* [en línea] [consulta: octubre 2020].

Disponible en: <https://www.elmundo.es/papel/futuro/2020/04/14/5e908eabfdddfa99b8b465b.html>

- SOTA, I. Los hospitales hinchables españoles para luchar contra el coronavirus en México (y en el mundo). En: *El País* [en línea] [consulta: noviembre 2020].

Disponible en: https://elpais.com/elpais/2020/03/20/icon_design/1584698437_069896.html

- VILSSA. Las estructuras inflables. Un nuevo concepto de edificio. En: *Vilssa* [en línea] [consulta: noviembre 2020].

Disponible en: <https://vilssa.com/las-estructuras-inflables-un-nuevo-concepto-de-edificio>

- VALDÉS, I. Un hospital para pandemias más mediático que necesario. En: *El País* [en línea] [consulta: noviembre 2020].

Disponible en: <https://elpais.com/espana/madrid/2020-06-12/un-hospital-para-pandemias-mas-mediatico-que-necesario.html>

- BÉCARES, R. El hospital para pandemias de Madrid estará listo en otoño en Valdebebas. En: *El Mundo* [en línea] [consulta: noviembre 2020].

Disponible en: <https://www.elmundo.es/madrid/2020/06/08/5ede09f021efa062648b45ae.html>

