

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author

**¿ILUMINACIÓN O VENTILACIÓN?
POSIBILIDADES DE ADAPTACIÓN DE LAS PAUTAS DE DISEÑO DE
LOS HOSPITALES DE LA RED SARAH (BRASIL) AL
CLIMA MEDITERRANEO DE CATALUÑA**

ELOISA PIZARRO FERNANDES

**¿ILUMINACIÓN O VENTILACIÓN?
POSIBILIDADES DE ADAPTACIÓN DE LAS PAUTAS DE DISEÑO DE
LOS HOSPITALES DE LA RED SARAH (BRASIL) AL
CLIMA MEDITERRANEO DE CATALUÑA**

Autor:

ELOISA PIZARRO FERNANDES

Director y tutor:

HELENA COCH ROURA

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona
Departamento de Construcciones Arquitectónicas I

Programa de Doctorado:

Ámbitos de Investigación en la Energía y el Medio Ambiente en la Arquitectura

**Tesis presentada para obtener el título de Doctora
Por la Universitat Politècnica de Catalunya**

Barcelona, 2014

DEDICATORIA

Dedico esta obra a mi padre.

AGRADECIMIENTOS

El meu agraïment a Helena Coch - Professora Doctora de la UPC, directora d'aquesta tesi, per la seva capacitat i competència, la seva paciència per esperar el meu millor moment, per pressionar en la justa mesura, i, finalment, per encoratjar-me a seguir i conduir-me fins aquí. També als professors doctors de la UPC Rafael Serra (in memorian), Antonio Isalgue i Jaume Roset pel seu suport i per haver-me estimulat a seguir avançant.

Al querido amigo y compañero Rodrigo Vásquez – Máster en Arquitectura, Energía y Medio Ambiente y Doctor en Tecnología de la Arquitectura, por su amistad, incentivo, por las charlas constructivas y observaciones acertadas. También mi gratitud al compañero y ahora amigo Luis Barajas – Máster en arquitectura, estudiante de doctorado en Tecnología de la Arquitectura y experto en el software Design Builder, por su dedicación y paciencia en enseñarme a utilizar el software y por apoyarme hasta el final de esta jornada.

A mi familia, especialmente a los que me han acompañado más de cerca: Mi querido padre Milton Fernandes por su amor, apoyo, paciencia y sabios consejos; a mi querida tia Lucinha Fernandes por su amor e incentivo y a mi querida hermana Camila Amorós, compañera de todas las horas, por su amor y soporte. También a todos mis queridos amigos, de cerca y de lejos, que han estado apoyándome con palabras de confort, de ánimos, con cariño y amistad.

A los arquitectos brasileños que han participado para la realización de esta obra: João Filgueiras Lima – Lelé (in memorian) - arquitecto de la Red Sarah de hospitales, por ser la fuente de inspiración de este trabajo, por su disponibilidad en recibirme, brindarme con su conocimiento y posibilitarme el contacto con su equipo técnico; André Borem, Ana Amélia Monteiro - arquitectos del antiguo equipo de Lelé en el Centro de Tecnología de la Rede Sarah (CTRS), por dedicaren su tiempo, facilitaren información y material de trabajo; y a Neuton Bacelar - arquitecto jefe de mantenimiento del hospital Sarah Salvador, por acompañarme en la visita y por sus explicaciones.

A los arquitectos entrevistados de los hospitales catalanes estudiados: Mario Corea, Jordi Paris, Roger Parareda, Josep Maria Gil por dedicaren su tiempo, conocimiento e información. A los directores de infraestructura de los hospitales catalanes: Rubén Moragues, José Vicente Gomez, Joan Gene, David Barrachina por acompañarme en las visitas técnicas y por facilitaren información.

A M. Gabriel por concederme fuerza y luz para alcanzar este objetivo.

RESUMEN

FERNANDES, Eloisa Pizarro **¿Iluminación o Ventilación? Posibilidades de adaptación de las pautas de diseño de los hospitales de la Red Sarah (Brasil) al Clima Mediterráneo de Cataluña.** 2014. 276 p. Tesis (Doctorado) – Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 2014.

A través de esta tesis se investiga las soluciones utilizadas por el arquitecto Joao Filgueiras Lima - Lelé en los hospitales de la Red Sarah, situados en ciudades brasileñas. Sus proyectos cumplen con las exigencias climáticas y aprovechan la iluminación y ventilación natural con el objetivo de convertir sus obras en espacios de cura, apoyados por la arquitectura. También se investiga la arquitectura hospitalaria contemporánea construida en Cataluña. Y se analiza la posibilidad de que las pautas de diseño aplicadas a los climas de Brasil puedan ser compatibles al clima mediterráneo. El elemento arquitectónico más destacado en las obras del arquitecto Lelé y especialmente en la Red Sarah es el “shed”, utilizado en las cubiertas de los hospitales con el principal objetivo de permitir el paso de iluminación cenital y ventilación natural. La investigación está desarrollada bajo las siguientes premisas: la primera es que la utilización del shed es muy adecuada a ámbitos hospitalarios; la segunda es que es muy pertinente para climas cálidos y húmedos, incluso para situaciones de temperaturas extremas; la tercera es que el clima mediterráneo se caracteriza por temperaturas bajas en invierno, pero también, amenas en varios meses del año, permitiendo el aprovechamiento de los recursos naturales de sol y viento; la cuarta premisa es que en Cataluña también se están desarrollando arquitectura hospitalaria con aplicación de ventilación e iluminación natural. Por todo eso se ha suscitado la hipótesis de que sería posible adaptar algunas pautas de diseño de los hospitales de la Red Sarah para el clima mediterráneo de Cataluña. Como procedimiento metodológico, esta investigación empieza, en la primera parte, con la caracterización de los climas estudiados y con la definición de conceptos teóricos según varios autores. En la segunda parte, se hace un repaso en los antecedentes históricos de la arquitectura hospitalaria europea, en Cataluña y Brasil. A continuación, se explica que es la Red Sarah de hospitales en Brasil y en seguida se hace un análisis cualitativo identificando los elementos claves utilizados en tres edificios de la Red y los criterios de diseño de tres hospitales catalanes. Finalmente, en la tercera parte, se hace un análisis cuantitativo, con base en simulaciones computacionales, donde se demuestra el comportamiento de dos edificios a nivel de funcionamiento térmico, lumínico y de ventilación. Todo eso nos permite hacer una serie de análisis y concluir que sí, es posible aplicar las pautas de diseños de la Red al clima mediterráneo, haciendo adaptaciones al sistema constructivo local y apoyándose en sistemas de climatización artificial para garantizar el confort en determinadas épocas del año.

Palabras Clave: Shed, Red Sarah, arquitectura hospitalaria, ventilación natural, iluminación natural, hospitales en Cataluña.

ABSTRACT

FERNANDES, Eloisa Pizarro. **Lighting or ventilation? Adaptation possibilities for design patterns of the Red Sarah hospitals (Brazil) to the Mediterranean climate of Catalonia.** 2014. 276 p. Thesis (Ph.D.) - Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona [Barcelona's Architecture Technical College], Universitat Politècnica de Catalunya [Catalonia's Technical College], Barcelona, 2014.

This doctoral thesis researches into the solutions used by the architect Joao Filgueiras Lima - Lelé in the hospitals of the Red Sarah (Sarah network), located in Brazilian cities. His projects fulfill the climate requirements and they take advantage of the daylighting and natural ventilation with the aim of turning his works into healing spaces supported by architecture. This thesis also researches into the contemporary hospital architecture built in Catalonia and it analyses the possibility of applying in the Mediterranean climate the design patterns used for the Brazilian climates. The most remarked architectural feature in Lelé's works and especially in the Sarah Network is the so called "shed", used in the hospital roofs with the main aim of letting the zenithal lighting and natural ventilation pass through. This research is carried out considering the following premises: the first one is that the utilization of the "shed" is very appropriate for hospital areas; the second one is that it is very appropriate for warm and humid climates, even for the case of extreme temperatures; the third one is that the Mediterranean climate is characterized by low temperatures in Winter, but also mild in several months of the year, which allows taking advantage of natural resources like sun and wind; the fourth premise is that hospital architecture with application of daylighting and natural ventilation is also being developed in Catalonia. Due to all of these reasons it has been considered that it would be possible to adapt some of the Red Sarah (Sarah Network) hospital design patterns for the Mediterranean climate of Catalonia. As methodological procedure this research starts in its first part with the description of the studied climates and with the definition of the theoretical concepts according to several authors. In the second part, this thesis reviews the historical background of the hospital architecture in Europe, Catalonia and Brazil. Following this, it is explained what Brasil's Red Sarah (Sarah Network) is and immediately after there's a qualitative analysis that identifies the key features deployed in three buildings of the Network and the design criteria of three Catalan hospitals. Lastly, in the third part a quantitative analysis is done based on computer simulations, which shows the performance of two buildings in terms of thermal, lighting and ventilation functioning. All of this allows us to do a series of analysis and finally come to the conclusion that it is indeed possible to apply the design patterns of the Sarah Network to the Mediterranean climate, making adjustments to the local building system and relying on artificial air conditioning in order to guarantee the required comfort in certain times of the year.

Key words: Shed, Rede Sarah, hospital architecture, natural ventilation, daylighting, hospitals in Catalonia.

ÍNDICE

RESUMEN	i
ABSTRACT	iii
PREFACIO	15
Contexto y motivaciones.....	15
Preguntas e hipótesis.....	17
Objetivos.....	17
Estructura del documento.....	17
Trabajos anteriores relacionados al tema.....	18
1ª PARTE – EL AMBIENTE	21
1. CLIMAS ESTUDIADOS	22
1.1 Climas en Brasil	22
1.1.1 Datos climáticos de Salvador.....	23
1.1.2 Datos climáticos de Fortaleza.....	26
1.1.3 Datos climáticos de Rio de Janeiro.....	29
1.2 Climas en Cataluña.....	32
1.2.1 Datos climáticos de Barcelona.....	33
1.2.2 Datos climáticos de Mollet del Vallès.....	36
1.2.3 Datos climáticos de Reus.....	37
1.3 Comparación entre climas.....	38
2. ILUMINACIÓN NATURAL	41
2.1 Iluminación Cenital.....	42
2.2 Shed.....	53
3. VENTILACIÓN NATURAL	54

2º PARTE – LOS HOSPITALES	63
4. EDIFICIO HOSPITALARIO	64
4.1 Antecedentes históricos.....	64
4.1.1 Sistema de Nave y Claustro.....	65
4.1.2 Sistema de Naves Cruzadas (Cruciforme – Radial)	70
4.1.3 Sistema de Pabellón.....	73
4.2 Hospitales del siglo XX y XXI	86
4.2.1 Hospital en bloque (mono bloque).....	87
4.2.2 Hospital antituberculoso (sanatorio).....	88
4.2.3 Hospital de torre y base (tipología mixta).....	93
4.2.4 Hospital contemporáneo.....	99
5. RED SARAH DE HOSPITALES EN BRASIL	102
5.1 Antecedentes históricos a la Red Sarah.....	102
5.2 Arquitecto João Filgueiras Lima – Lelé	103
5.3 Hospital Distrital de Taguatinga	105
5.4 Hospital Sarah Brasília	106
5.5 Red Sarah de Hospitales del Aparato Locomotor	108
5.6 Evolución de las soluciones de la Red Sarah	114-115
6. PARALELISMO ENTRE BRASIL Y CATALUÑA	117
6.1 Hospital Sarah Salvador	118
6.2 Hospital Sarah Fortaleza	128
6.3 Hospital Sarah Rio de Janeiro	137
6.4 Hospital de la Santa Creu i Sant Pau (nuevo)	148
6.5 Hospital de Mollet (nuevo)	157
6.6 Hospital Universitari Sant Joan de Reus (nuevo)	167
6.7 Análisis de la observación de los edificios hospitalarios.....	178
3ª PARTE – EL AMBIENTE EN LOS HOSPITALES	181
7. SIMULACIONES COMPUTACIONALES	182
7.1 Metodología de las simulaciones.....	182
7.1.1 Modelo Sarah Salvador	184
7.1.2 Modelo Sarah Rio de Janeiro	188
7.2 Funcionamiento lumínico	192
7.2.1 Modelo Sarah Salvador	192
7.2.2 Modelo Sarah Rio de Janeiro	196

7.3	Funcionamiento térmico.....	200
7.3.1	Modelo Sarah Salvador.....	200
7.3.2	Modelo Sarah Rio de Janeiro.....	202
7.4	Funcionamiento para ventilación.....	204
7.4.1	Modelo Sarah Salvador.....	204
7.4.2	Modelo Sarah Rio de Janeiro.....	212
8.	ANÁLISIS Y CONCLUSIONES.....	218
8.1	Resultados de simulación lumínica.....	218
8.1.1	Modelo Sarah Salvador.....	218
8.1.2	Modelo Sarah Rio de Janeiro.....	226
8.2	Resultados de simulación térmica.....	234
8.2.1	Modelo Sarah Salvador.....	234
8.2.2	Modelo Sarah Rio de Janeiro.....	238
8.3	Resultados de simulación de ventilación.....	243
8.3.1	Modelo Sarah Salvador.....	243
8.3.2	Modelo Sarah Rio de Janeiro.....	250
8.4	Conclusiones generales y comprobación de la hipótesis.....	258
8.5	Recomendaciones para futuras investigaciones.....	259
	LISTADO DE FIGURAS.....	261
	LISTADO DE GRÁFICAS.....	267
	LISTADO DE TABLAS.....	268
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	269
	ANNEXOS.....	1
	Annexo A - Entrevista – Arq. João Filgueiras Lima - Lelé – Red Sarah.....	2
	Annexo B- Entrevista – Arq. Josep Maria Gil – Hospital de la Santa Creu i Sant Pau.....	4
	Annexo C - Entrevista – Arq. Mario Corea – Hospital de Mollet.....	13
	Annexo D - Entrevista – Arq. Jordi Paris – Hospital Universitario Sant Joan de Reus.....	28
	Annexo E - Resultados completos de simulación para funcionamiento lumínico.....	43
	Annexo F - Resultados completos de simulación para funcionamiento térmico.....	126
	Annexo G - Resultados completos de simulación para funcionamiento de ventilación.....	151
	Annexo H- Datos de mediciones <i>in loco</i> en el Hospital Sarah Salvador.....	170
	LISTADO DE FIGURAS.....	191
	LISTADO DE GRÁFICAS.....	193
	LISTADO DE TABLAS.....	194

PREFACIO

CONTEXTO Y MOTIVACIONES

En la actualidad, la arquitectura contemporánea refleja el desarrollo tecnológico a través del uso de materiales innovadores y de sistemas estructurales que permiten construcciones más atrevidas y sorprendentes. Esto ha permitido que hayan surgido edificios que simbolizan el poder económico de una sociedad, pero que a su vez demandan un enorme consumo energético, que empieza en su construcción y que sigue principalmente a lo largo de toda su vida. La mayoría de ellos son constituidos de ambientes cerrados, dependientes de sistemas artificiales utilizados de forma desmedida para iluminar, ventilar, refrigerar o calentar, imposibilitando el contacto del usuario con la atmósfera exterior y con los beneficios provenientes del sol, de la ventilación y la luz naturales.

Al mismo tiempo, se percibe el creciente temor generado por la realidad del cambio climático – cuyas manifestaciones nos recuerdan el gran poder de la Naturaleza – y del calentamiento global, donde el hombre se descubre responsable del impacto de lo que consume, elimina, destruye y construye. Lentamente empieza a surgir una conciencia entre la sociedad y los arquitectos de que los principios usados en la edificación pueden tener un fuerte efecto sobre la salud del planeta.

Como respuesta a estas inquietudes, inicialmente surgió el concepto de eficiencia energética. Concepto que, en ciertos casos, podía no prestar la atención debida a ciertos aspectos del bienestar humano, por privilegiar soluciones más comprometidas con la eficiencia que con el confort. Ahora podemos ver que a partir de este compromiso de la arquitectura con la sostenibilidad, surge un movimiento con intención de equilibrar eficiencia energética con salud humana. “La salud supone un cierto grado de confort, pero el confort por sí solo no garantiza un ambiente saludable para vivir o trabajar. Un ambiente saludable es siempre: confortable, libre de contaminación, estimulante y sensible a las necesidades humanas” (EDWARDS, 2004, p.75)

Centrándose en el ámbito hospitalario, este tema tiene una importancia aún mayor, por tratarse de un tipo de edificio que demanda condiciones especiales de confort ambiental y que alberga usuarios en un estado especialmente sensible. Los sistemas artificiales son importantes, pero no pueden ser utilizados como si fueran la única y más sana manera de climatizar estos ambientes.

Al revisar la historia de la arquitectura hospitalaria, se puede observar que, en varios momentos, la ventilación y la iluminación naturales han jugado un papel importante en el acto de concebir los espacios sanitarios. Sin embargo, a lo largo de la segunda mitad del siglo XX, estos conceptos fueron perdiendo protagonismo a medida que se hacían nuevos descubrimientos en el campo de la microbiología y grandes avances tecnológicos. A partir de los años 90, poco a poco, se ha vuelto a recuperar la idea de que la

arquitectura y la salud pueden y deben caminar juntas y que, a través del diseño adecuado de los espacios, se pueden curar y prevenir enfermedades.

Con esta idea de proyectar una arquitectura hospitalaria diferenciada, algunos arquitectos se han destacado a nivel mundial, trayendo técnicas y soluciones innovadoras adaptadas al clima local, aprovechando las condiciones existentes de manera creativa e inteligente, trayendo más bienestar a los usuarios y generando espacios más humanos, eficientes, saludables y confortables.

En esta tesis se investigan las soluciones utilizadas por el arquitecto Joao Filgueiras Lima (conocido por Lelé) en los hospitales de la Red Sarah, ubicados en ciudades brasileñas, donde la arquitectura está pensada para atender a las exigencias climáticas de cada localidad, a través del aprovechamiento de la iluminación y ventilación naturales, con el objetivo de generar una arquitectura hecha para curar. También se investiga la arquitectura hospitalaria actual construida en Cataluña, con sus pautas de diseño que representan cada vez más este concepto de que la arquitectura es parte fundamental en el proceso de sanación. Y se analiza la posibilidad de que las soluciones aplicadas para los climas de Brasil puedan ser factibles también en el clima mediterráneo

El elemento arquitectónico que más se destaca en las obras del arquitecto Lelé y especialmente en la Red Sarah es el *shed*, que es utilizado en las cubiertas de los hospitales con el objetivo de promover la iluminación cenital, la ventilación natural, la sensación de bienestar, la asepsia y el ahorro de energía.

Siendo así, esta investigación se desarrolla bajo las siguientes premisas: la primera es que la utilización del *shed* es muy adecuada en ámbitos hospitalarios; la segunda es que es muy pertinente para climas cálidos y húmedos, incluso para situaciones de temperaturas extremas; la tercera es que el clima mediterráneo se caracteriza por temperaturas bajas en invierno, pero también, suaves en varios meses del año, permitiendo el aprovechamiento de los recursos naturales de sol y viento; la cuarta premisa es que en Cataluña también se está desarrollando arquitectura hospitalaria que aplica ventilación e iluminación naturales.

Conviene, por otra parte, que el arquitecto conozca la ciencia de la medicina para tener en cuenta la inclinación del cielo –que los griegos denominan *Klímata* –, las propiedades del aire y, además, las de los lugares –cuáles son saludables o nocivos –y las de las aguas. Sin estos requisitos, desde luego, es imposible que se construya una vivienda saludable. (VITRUVIO, 2008, p.143-144)

PREGUNTAS

¿Cómo se comportan los hospitales estudiados de la Red Sarah en su funcionamiento lumínico, térmico y de ventilación?

¿Qué edificio estudiado de la Red Sarah funciona mejor en cuanto a la ventilación y la iluminación naturales?

¿Cómo se comportaría un edificio de la Red Sarah en el clima mediterráneo de Cataluña?

HIPÓTESIS

Es posible adaptar algunas pautas de diseño de aprovechamiento de ventilación e iluminación naturales de los hospitales de la Red Sarah al clima mediterráneo de Cataluña.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Verificar la posibilidad de que algunas soluciones aplicadas en los hospitales de la Red Sarah en Brasil pudieran ser aplicadas al clima mediterráneo de Cataluña.

Objetivos Específicos:

- Hacer un análisis cualitativo de las soluciones aplicadas en los edificios hospitalarios de la Red Sarah en Brasil;
- Hacer un análisis cualitativo de la arquitectura hospitalaria en Cataluña, destacando ejemplos actuales que utilizan las herramientas de la ventilación e iluminación naturales;
- Hacer análisis cuantitativo, a través de simulaciones computacionales, de edificios hospitalarios de la Red Sarah situados en algunas ciudades brasileñas y situarlos hipotéticamente en el clima mediterráneo de Barcelona

ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

Esta tesis consta de tres partes. La 1ª, denominada: El Ambiente, empieza en el capítulo 1, caracterizando los tipos climáticos de Brasil y de Cataluña. Los climas brasileños estudiados son los de Salvador, Rio de Janeiro y Fortaleza, que corresponden a las zonas donde están situados los edificios de la Red Sarah destacados en este documento; también se identifica el clima mediterráneo de Barcelona, donde se pretende validar la hipótesis, a través de la experimentación hipotética de las simulaciones computacionales.

A continuación, en los capítulos 2 y 3, se hace un recorrido por la bibliografía especializada que aborda el campo de la iluminación cenital y la ventilación natural, reuniendo información publicada por diversos autores sobre distintos aspectos de estos temas.

La 2ª parte, denominada: Los Hospitales, empieza en el capítulo 4 que está orientado a hacer un repaso histórico sobre el concepto del edificio hospitalario en Brasil y en Europa, en especial en Cataluña, desde sus antecedentes de la época medieval hasta los hospitales de la actualidad. El capítulo 5 se dedica a describir la Red Sarah de hospitales en Brasil, da unos apuntes sobre la figura del arquitecto Joao Filgueiras Lima, explica cuáles son los principios de diseño de la Red así como la evolución que ha habido en sus edificios.

En el capítulo 6, se hace un análisis cualitativo, en el que se identifican los elementos clave utilizados en algunos edificios hospitalarios. Se establece un paralelismo entre Brasil y Cataluña, a través de la caracterización de tres hospitales de la Red Sarah y de tres hospitales contemporáneos catalanes que contemplan aspectos de ventilación e iluminación naturales.

La 3ª parte, denominada: El Ambiente en los Hospitales, empieza en el capítulo 7, donde se hace un análisis cuantitativo, en base a simulaciones computacionales, del comportamiento del edificio en su funcionamiento lumínico, térmico y de ventilación. Se eligen dos ejemplos de la Red Sarah para este estudio, situados en las ciudades de Salvador y Rio de Janeiro, y se analiza el caso hipotético de que estos edificios estuvieran en el clima mediterráneo de Barcelona, con el objetivo de obtener una aproximación de su comportamiento.

Finalmente en el capítulo 8, se hace un análisis de los resultados encontrados para el modelo Sarah Salvador y Sarah Rio de Janeiro, en las distintas simulaciones. Se sacan conclusiones generales, se valida la hipótesis y se hacen recomendaciones para futuras investigaciones.

TRABAJOS ANTERIORES RELACIONADOS AL TEMA

Las obras de la Red Sarah de hospitales de Brasil, así como otras obras del arquitecto Lelé, están cada día siendo más investigadas, desde distintos ángulos, debido a su importancia en el panorama de la arquitectura actual. Por este motivo, existen diversos trabajos académicos en Brasil tales como disertaciones de maestría y tesis doctorales que versan sobre estos temas. A continuación se citan algunos de los más destacados:

La disertación de Luiz Toledo, publicada por la UFRJ, Rio de Janeiro, 2002, trata de proyectos de arquitectura hospitalaria en Brasil, ejemplificando obras que están hechas para curar a través de la arquitectura. Uno de los ejemplos presentados son las obras de la Red Sarah. Se hacen entrevistas a Lelé y a otros arquitectos, además de análisis de normativas.

La disertación de Renata Vasconcelos, publicada por la UFSC, Santa Catarina, 2004, trata de la humanización de ambientes hospitalarios a través de la integración entre el espacio interior y exterior. Se han analizado algunos edificios, entre ellos, los de la Red Sarah, para identificar las características arquitectónicas que están presentes en esta humanización. Se han hecho planillas de evaluación de los espacios físicos, además de entrevistas a personal sanitario.

La disertación de Isaac Perén, publicada por la USP, Sao Carlos, 2006, trata sobre la ventilación e iluminación naturales en las obras de Lelé, con enfoque en el Sarah Fortaleza y Sarah Rio de Janeiro. Han sido realizadas comparaciones entre los edificios de la Red para demostrar la evolución de las estrategias de diseño, entrevistas con Lelé, mediciones *in loco* de parámetros ambientales, además se ha presentado una simulación, hecha a través de la herramienta CFD (*Computational Fluid Dynamics*), de dos prototipos de edificios, para analizar el funcionamiento de la ventilación natural.

La disertación de Eduardo Westphal, publicada por UFRGS, Porto Alegre, 2007, trata de un análisis teórico sobre el lenguaje formal de la arquitectura hospitalaria de Lelé. Se hace una descripción e identificación de los elementos formales de algunos hospitales de la Red Sarah.

La disertación de Marieli Azoia publicada por la USP, Sao Paulo, 2010, trata de la evolución de las estrategias para el confort térmico y la ventilación natural en las obras de Lelé, con enfoque en los hospitales Sarah Salvador y Sarah Rio de Janeiro. En este trabajo se han realizado mediciones *in loco* de parámetros ambientales, simulaciones en túnel de viento, análisis de normativas, comparativas entre edificios, además de entrevistas a Lelé y a varios arquitectos e ingenieros que han trabajado en sus proyectos y obras.

La disertación de Ricardo Ciaco, publicada por la USP, Sao Carlos, 2010, hace un análisis de la humanización de la arquitectura hospitalaria de carácter público en Brasil. Se ha realizado el estudio de algunas obras, entre ellas, la Red Sarah, la comparación entre algunos edificios a través de identificación visual y con base a la literatura especializada, además de un análisis de la normativa.

La disertación de Renata Martinho, publicada por la Unicamp, Sao Paulo, 2011, hace un estudio sobre la eficiencia de los sheds para la ventilación natural en los hospitales de la Red Sarah. En este trabajo se ha

realizado una comparación entre los edificios, se han hecho recomendaciones de criterios de diseño, y se han presentado los resultados de las simulaciones hechas con CFD y con túnel de viento.

1ª PARTE

EL AMBIENTE

1. CLIMAS ESTUDIADOS

1.1 Climas en Brasil

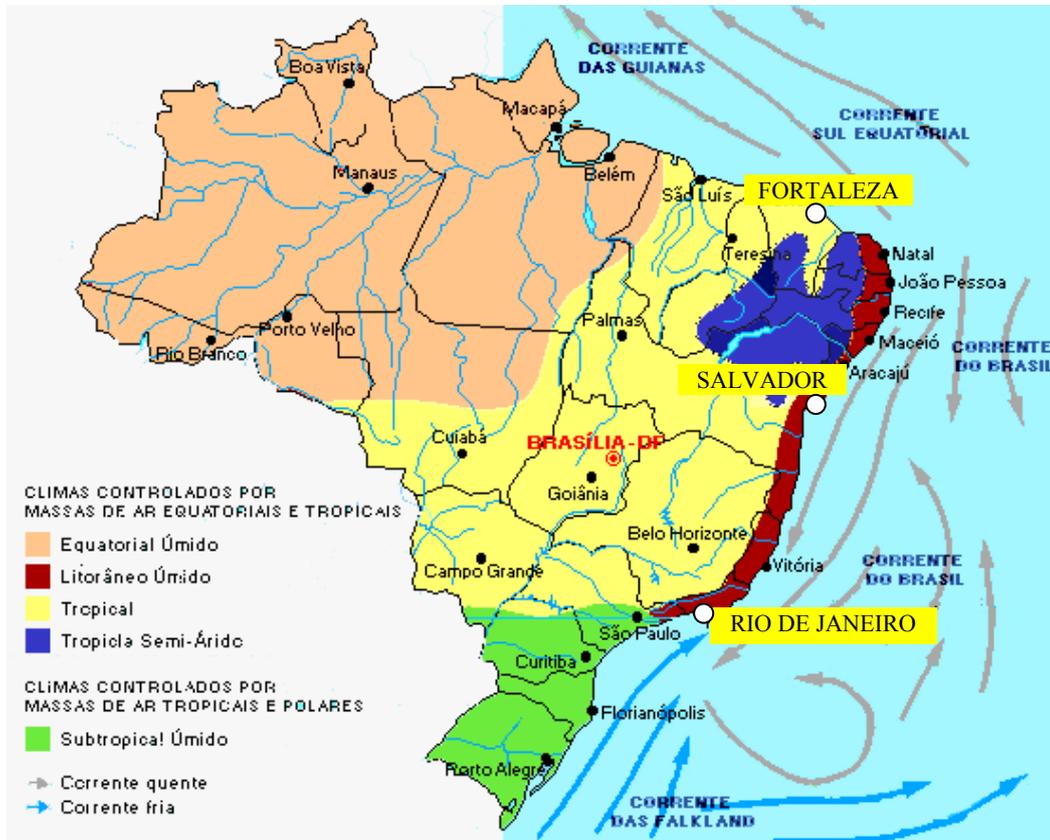


Figura 1.1 – Mapa de climas de Brasil (www.padogeo.com)

Brasil está situado en la zona sur del continente americano y está rodeado, por su cara este, por el Océano Atlántico. Se trata de un país de dimensiones continentales con cinco grandes tipos climáticos, según el geógrafo Arthur Strahler: Ecuatorial húmedo, Litoráneo Húmedo, Tropical, Tropical Semi-árido y Subtropical Húmedo. La Línea del Ecuador cruza el norte del país, por la región amazónica y el Trópico de Capricornio cruza la región sur, por el estado de Sao Paulo. Estos climas comprendidos entre el Ecuador y el Trópico son caracterizados como cálidos, mientras la región sur tiene un clima templado. Estos son parámetros generales y cada región tiene sus particularidades debido a su geografía.

Para caracterizar el clima de las ciudades brasileñas donde se ha estudiado los edificios de la Red Sarah, se ha presentado el Diagrama Psicométrico propuesto por Givoni, en 1992, con sus límites ampliados para adaptarla a países de clima cálido y en desarrollo. A esta, le han incorporado los datos climáticos de un año típico – TRY (*Test Reference Year*). Estas cartas están presentadas en un estudio sobre 14 ciudades brasileñas publicadas por autores brasileños en 1998.

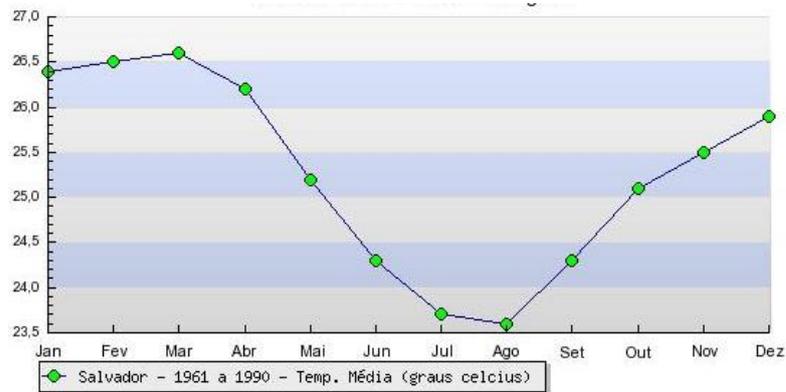
1.1.1 Datos climáticos de Salvador

La ciudad de Salvador, es la capital del estado de Bahia. Está situada en la región noreste de Brasil, a una latitud: 13° 00`Sur, longitud: 38° 30` Oeste y altitud: 47m. Su clima está clasificado como Litoráneo Húmedo, o también llamado Tropical Litoráneo, y tiene como característica principal ser cálido y húmedo, siendo su temperatura media: 25,2°C y su humedad relativa anual: 80,8%. Los vientos predominantes son provenientes de sureste en invierno y este, sureste y noreste en verano.

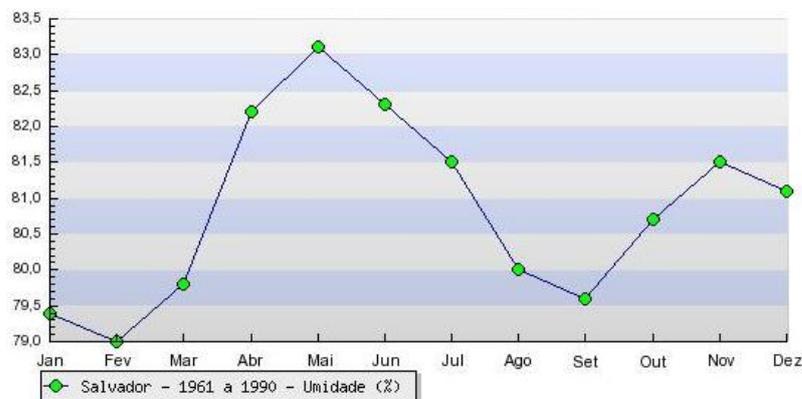
Tabla 1.1 – Tabla de datos climatológicos de Salvador (1961 – 1990) (INMET –adaptado por la autora)

SALVADOR (1961 - 1990)													
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	AÑO
Temp. Mín. (°C)	23,7	23,9	24,1	22,9	23,0	22,1	21,4	21,3	21,8	22,5	22,9	23,2	22,7
Temp. Med.(°C)	26,5	26,6	26,7	25,2	25,2	24,3	23,6	23,7	24,2	25,0	25,5	26,0	25,2
Temp. Máx.(°C)	29,9	30,0	30,0	28,6	27,7	26,5	26,2	26,4	27,2	28,1	28,9	29,0	28,2
Precipitac. (mm)	110,9	121,2	144,6	321,6	324,8	251,4	203,6	135,9	112,2	122,2	118,5	132,0	2098,7
Humed.Relat.(%)	79,4	79,0	79,8	82,2	83,1	82,3	81,5	80,0	79,6	80,7	81,5	81,1	80,8
Asoleam.(hs)	245,6	226,4	231,1	189,7	174,3	167,2	181,2	202,6	211,4	228,0	213,6	224,7	2495,8

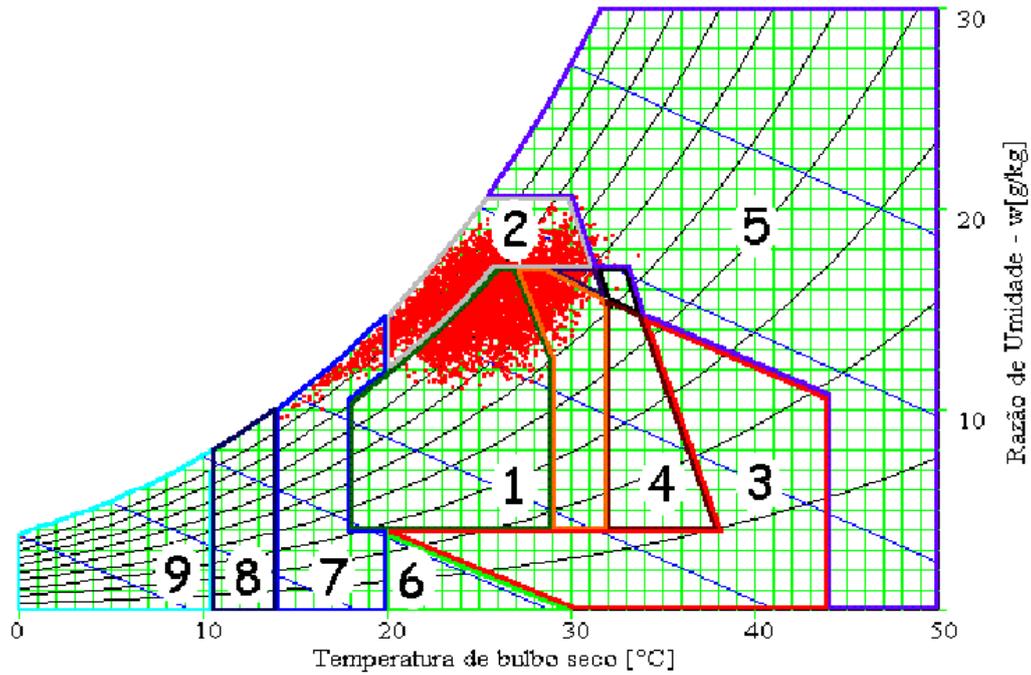
Fuente: INMET - Instituto Nacional de Meteorología – Estación: 83229



Gráfica 1.1 – Gráfica de temperatura - Salvador (1961 – 1990) (INMET)



Gráfica 1.2 – Gráfica de humedad - Salvador (1961 – 1990) (INMET)



Gráfica 1.3 – Ábaco Psicométrico para Salvador (GOULART; LAMBERTS; FIRMINO, 1998, p.256)

1 - Zona de confort, 2 - Zona de ventilación, 3 - Zona de enfriamiento evaporativo, 4 - Zona de masa térmica de enfriamiento, 5 - Zona de aire acondicionado, 6 - Zona de humidificación, 7 - Zona de masa térmica y calentamiento solar pasivo. 8 - Zona de calentamiento solar pasivo, 9 - Zona de calentamiento artificial.

Tabla 1.2 –Tabla de estrategias bioclimáticas para Salvador (%) (GOULART; LAMBERTS; FIRMINO, 1998, p.257)

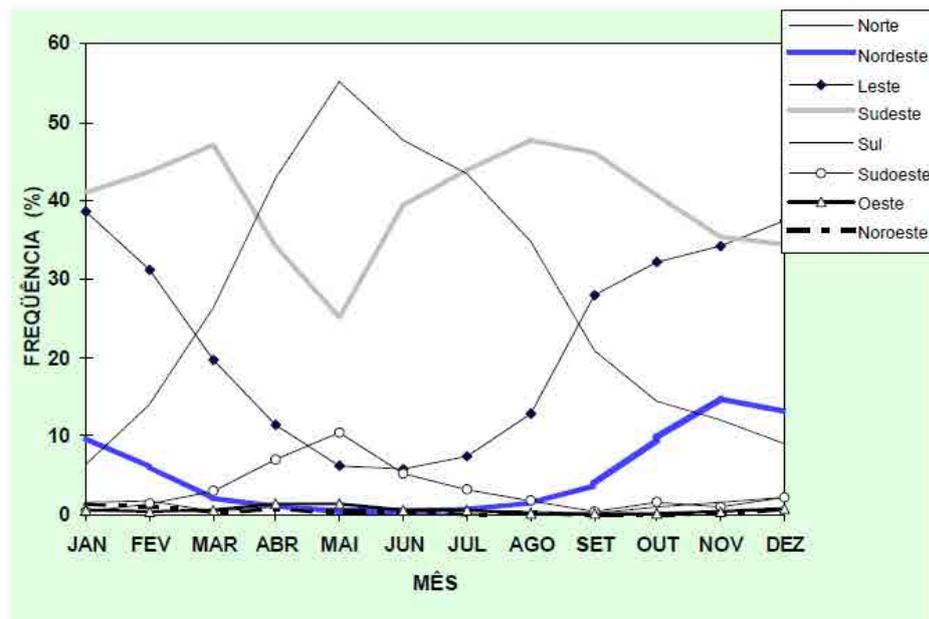
CONFORTO			37,8
DESCONFORTO	Calor	V	58,0
		RE	11,6
		MR	12,5
	Frio	AC	0,3
		MA/AS	3,0
		AS	0
		AA	0,5

V – Ventilación, RE – Enfriamiento Evaporativo, MR – Masa Térmica para Enfriamiento, AC – Aire Acondicionado, MA/AS – Masa Térmica para Calentamiento / Calentamiento Solar, AS – Calentamiento Solar, AA – Calentamiento Artificial.

En Salvador se observa que las temperaturas varían entre 21°C y 30°C, con ciertos días de invierno con algunos grados menos, además, las tasas de humedad relativa se encuentran principalmente por encima de los 79%. Por la tabla anterior presentada, queda claro que la estrategia de ventilación natural (58%) es la más recomendada para corregir y garantizar confort térmico en los días calurosos. Y la estrategia de aire acondicionado es apenas recomendada para días de temperatura extrema, que son 0,3% de las horas del año

Tabla 1.3 –Tabla de velocidad de viento para Salvador (m/s) (GOULART; LAMBERTS; FIRMINO, 1998, p.266)

	MÁX	99%	95%	90%	MÉD	10%
ANO	18,0	9,2	7,2	6,2	3,4	0,0
JAN	12,3	9,2	7,2	6,2	3,4	0,0
FEV	11,3	8,2	6,2	5,1	3,1	0,0
MAR	11,3	8,2	6,2	5,1	3,0	0,0
ABR	18,0	8,2	6,2	5,1	2,7	0,0
MAI	13,9	10,3	7,7	6,2	3,2	0,0
JUN	13,9	9,2	7,2	6,2	3,3	0,0
JUL	11,3	8,7	7,2	6,2	3,4	0,0
AGO	10,3	8,2	6,2	5,1	3,3	0,0
SET	12,3	9,2	7,2	6,2	3,9	0,0
OUT	12,9	9,2	7,7	6,7	3,9	0,0
NOV	12,3	9,2	7,7	6,7	3,7	0,0
DEZ	12,3	9,2	7,7	6,2	3,4	0,0



Gráfica 1.4 –Gráfica de frecuencia mensual de dirección de viento para Salvador (m/s) (GOULART; LAMBERTS; FIRMINO, 1998, p.266)

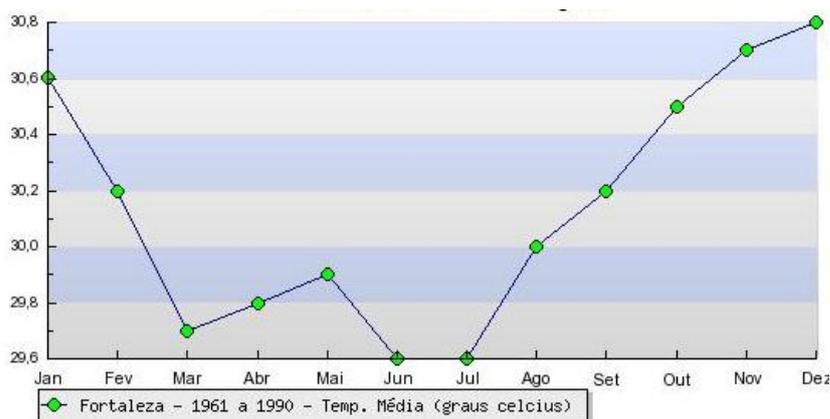
1.1.2 Datos climáticos de Fortaleza

La ciudad de Fortaleza es la capital del estado de Ceará. Está situada en la región noreste de Brasil, a una latitud: 3° 46' Sur, longitud: 38° 33' Oeste y altitud: 27m. Su clima está clasificado como Tropical y tiene como característica principal ser cálido y húmedo, siendo su temperatura media: 26,6°C y su humedad relativa anual: 78,3%. Los vientos predominantes son provenientes de sureste en invierno y sureste y este en verano.

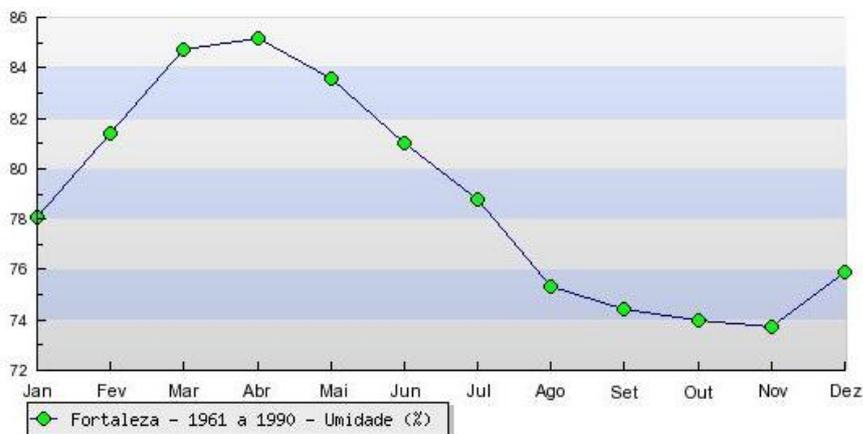
Tabla 1.4 – Tabla de datos climatológicos de Fortaleza (1961 – 1990) (INMET – adaptado por la autora)

FORTALEZA (1961 - 1990)													
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	AÑO
Temp. Mín. (°C)	24,7	23,2	23,8	23,4	23,4	22,1	21,8	22,6	23,4	24,5	24,4	24,6	23,5
Temp. Med.(°C)	27,3	26,7	26,3	26,5	26,3	25,9	25,7	26,1	26,6	27,0	27,2	27,3	26,6
Temp. Máx.(°C)	30,5	30,1	29,7	29,7	29,1	29,6	29,5	29,1	29,2	30,5	30,7	30,7	29,9
Precipitac.(mm)	129,6	215,6	338,6	348,1	226,1	160,1	91,4	31,2	22,8	15,6	13,4	49,8	1642,3
Humed.Relat.(%)	78,0	79,0	84,0	85,0	82,0	80,0	80,0	75,0	74,0	73,0	74,0	76,0	78,3
Asoleam.(hs)	216,2	175,8	148,9	152,8	209,1	239,6	263,4	168,9	282,9	296,1	283,2	257,4	2694,3

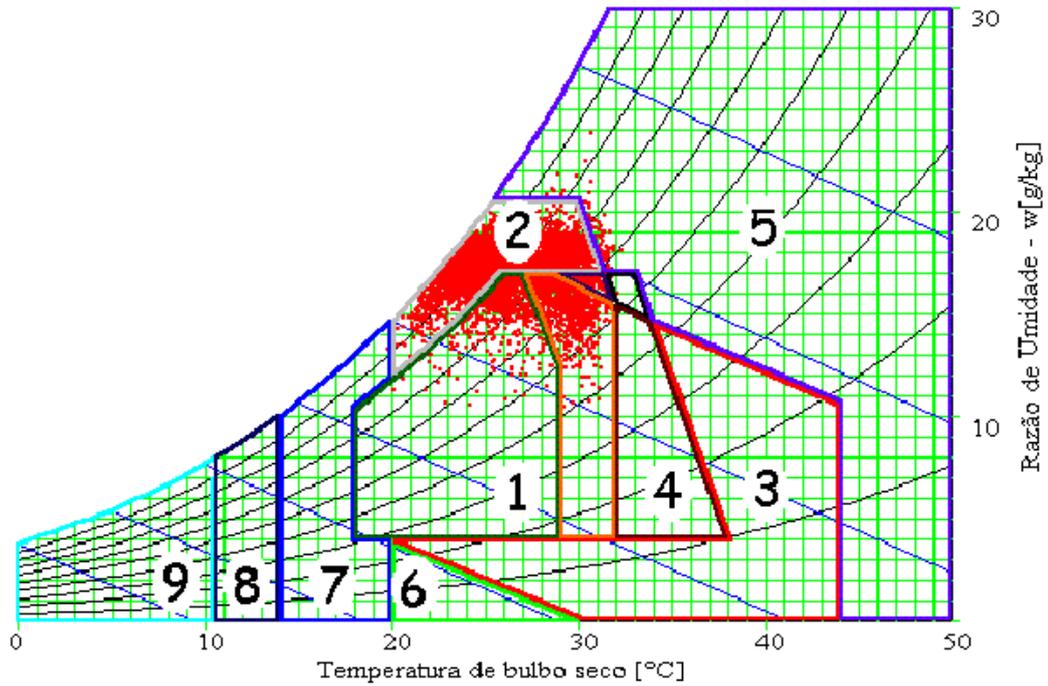
Fuente: INMET - Instituto Nacional de Meteorología - Estación 82397



Gráfica 1.5 – Gráfica de temperatura - Fortaleza (1961 – 1990) (INMET)



Gráfica 1.6 – Gráfica de humedad - Fortaleza (1961 – 1990) (INMET)



Gráfica 1.7 – Ábaco Psicométrico para Fortaleza (GOULART; LAMBERTS; FIRMINO, 1998, p.118)

1 - Zona de confort, 2 - Zona de ventilación, 3 - Zona de enfriamiento evaporativo, 4 - Zona de masa térmica de enfriamiento, 5 - Zona de aire acondicionado, 6 - Zona de humidificación, 7 - Zona de masa térmica y calentamiento solar pasivo. 8 - Zona de calentamiento solar pasivo, 9 - Zona de calentamiento artificial.

Tabla 1.5 –Tabla de estrategias bioclimáticas para Fortaleza (%) (GOULART; LAMBERTS; FIRMINO, 1998, p.119)

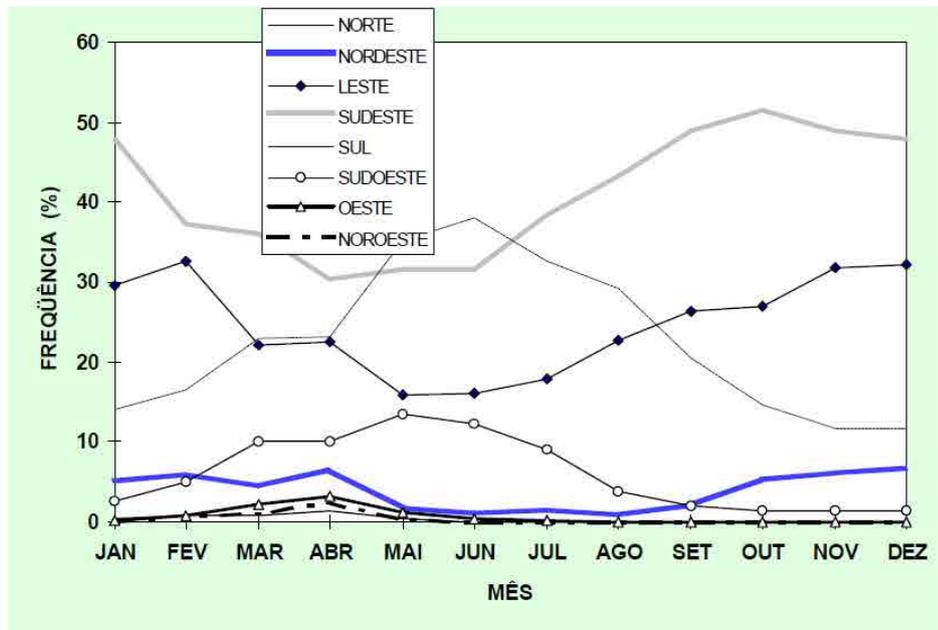
CONFORTO			12,9
DESCONFORTO	Calor	V	85,8
		RE	15,8
		MR	17,3
	Frio	AC	1,1
		MA/AS	0
		AS	0
		AA	0

V – Ventilación, RE – Enfriamiento Evaporativo, MR – Masa Térmica para Enfriamiento, AC – Aire Acondicionado, MA/AS – Masa Térmica para Calentamiento / Calentamiento Solar, AS – Calentamiento Solar, AA – Calentamiento Artificial.

En Fortaleza, se observa que las temperaturas varían entre 21°C y 30°C y las tasas de humedad están por encima de los 73%. Por la tabla anterior presentada, queda claro que la estrategia de ventilación natural (85,8%) es la más recomendada para corregir y garantizar confort térmico en los días calurosos. Y la estrategia de aire acondicionado es apenas recomendada en 1,1% de las horas del año, para días de temperatura extrema.

Tabla 1.6 –Tabla de velocidad de viento para Fortaleza (m/s) (GOULART; LAMBERTS; FIRMINO, 1998, p.266)

	MÁX	99%	95%	90%	MÉD	10%	5%	1%
ANO	15,4	10,3	7,7	7,2	3,8	0,0	0,0	0,0
JAN	11,3	8,2	7,2	6,2	3,7	0,0	0,0	0,0
FEV	10,3	8,2	7,2	6,2	3,1	0,0	0,0	0,0
MAR	11,3	8,2	6,2	5,1	2,4	0,0	0,0	0,0
ABR	10,3	7,7	6,1	5,1	2,1	0,0	0,0	0,0
MAI	10,3	8,2	6,7	6,2	2,6	0,0	0,0	0,0
JUN	10,3	8,2	7,2	6,2	3,2	0,0	0,0	0,0
JUL	12,9	9,2	7,7	7,2	3,8	0,0	0,0	0,0
AGO	12,9	10,3	9,2	7,7	4,8	2,1	0,0	0,0
SET	14,4	10,3	9,2	8,2	5,5	2,6	2,1	0,0
OUT	15,4	10,3	9,2	7,7	5,3	2,6	2,1	0,0
NOV	12,9	10,3	8,2	7,7	4,9	2,6	1,5	0,0
DEZ	12,9	9,2	7,7	7,2	4,5	2,1	0,0	0,0



Gráfica 1.8 –Gráfica de frecuencia mensual de dirección de viento para Fortaleza (m/s)

(GOULART; LAMBERTS; FIRMINO, 1998, p.266)

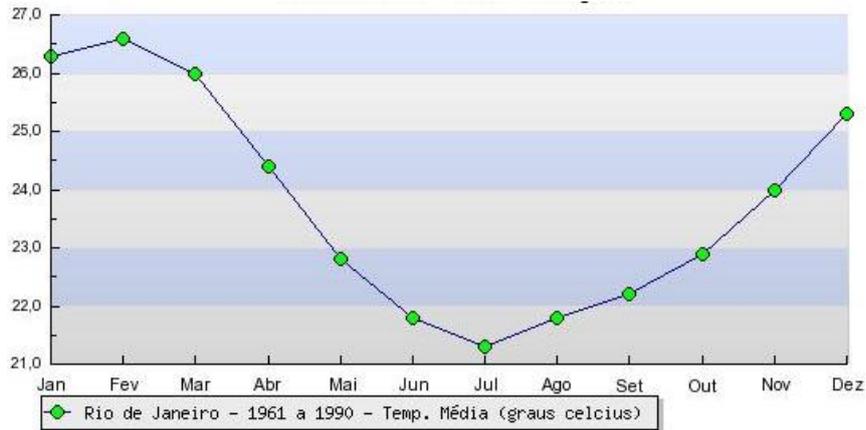
1.1.3 Datos climáticos de Rio de Janeiro

La ciudad de Rio de Janeiro es la capital del estado de Rio de Janeiro. Está situada en la región sureste de Brasil, a una latitud: 22° 09`Sur, longitud: 43° 17` Oeste y altitud: 3m. Su clima está clasificado como Litoráneo Húmedo, o también llamado Tropical Litoráneo, y tiene como característica principal ser cálido y húmedo, siendo su temperatura media: 23,7°C y su humedad relativa anual: 79%. Los vientos predominantes son provenientes de sureste y norte en invierno y en verano.

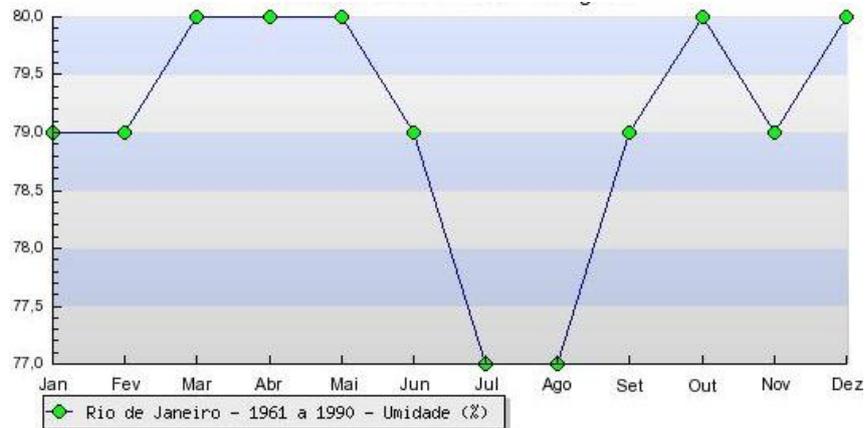
Tabla 1.7 – Tabla de datos climatológicos de Rio de Janeiro (1961 – 1990) (INMET – adaptado por la autora)

RIO DE JANEIRO (1961 - 1990)													
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	AÑO
Temp. Mín. (°C)	23,3	23,5	23,3	21,9	20,4	18,7	18,4	18,9	19,2	20,2	21,4	22,4	21,0
Temp. Med.(°C)	26,2	26,5	26,0	24,5	23,0	21,5	21,3	21,8	21,8	22,8	24,2	25,2	23,7
Temp. Máx.(°C)	29,4	30,2	29,4	27,8	26,4	25,2	25,3	25,6	25,0	26,0	27,4	28,6	27,2
Precipitac. (mm)	114,1	105,3	103,3	137,4	85,6	80,4	56,4	50,5	87,1	88,2	95,6	169,0	1172,9
Humed.Relat.(%)	79,0	79,0	80,0	80,0	80,0	79,0	77,0	77,0	79,0	80,0	79,0	80,0	79,0
Asoleam.(hs)	196,2	207,0	195,6	166,0	171,4	157,2	182,5	178,4	136,9	158,5	166,7	160,1	2078,5

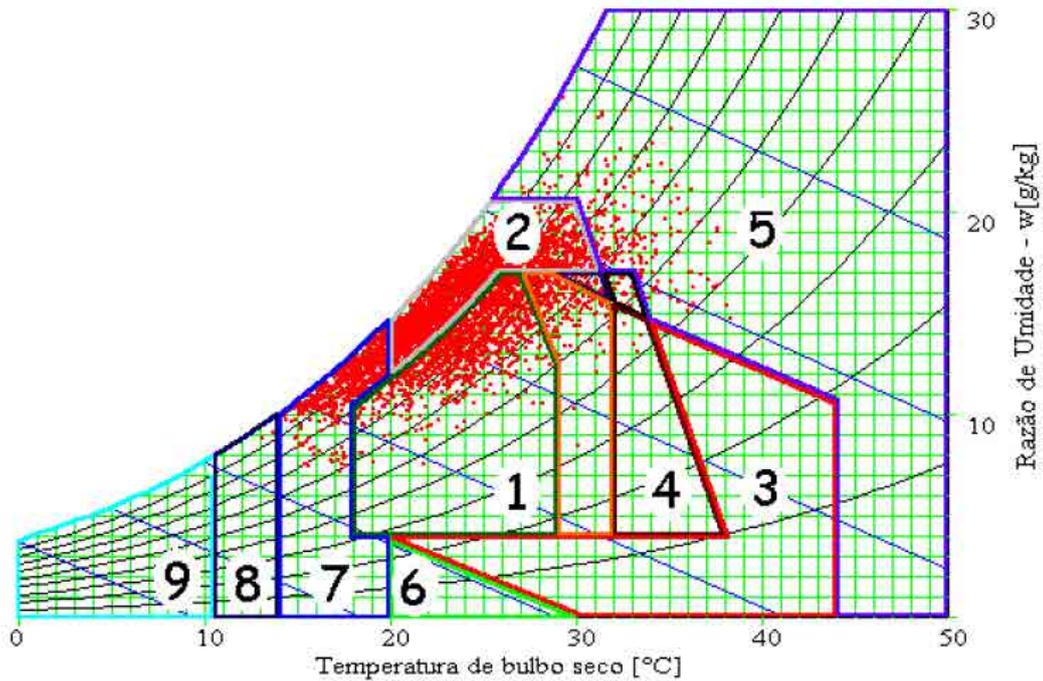
Fuente: INMET - Instituto Nacional de Meteorologia - Estación 83743



Gráfica 1.9 – Gráfica de temperatura - Rio de Janeiro (1961 – 1990) (INMET)



Gráfica 1.10 – Gráfica de humedad - Rio de Janeiro (1961 – 1990) (INMET)



Gráfica 1.11 – Ábaco Psicométrico para Rio de Janeiro (GOULART; LAMBERTS; FIRMINO, 1998, p.231)

1 - Zona de confort, 2 - Zona de ventilación, 3 - Zona de enfriamiento evaporativo, 4 - Zona de masa térmica de enfriamiento, 5 - Zona de aire acondicionado, 6 - Zona de humidificación, 7 - Zona de masa térmica y calentamiento solar pasivo, 8 - Zona de calentamiento solar pasivo, 9 - Zona de calentamiento artificial.

Tabla 1.8 –Tabla de estrategias bioclimáticas para Rio de Janeiro (%) (GOULART; LAMBERTS; FIRMINO, 1998, p.232)

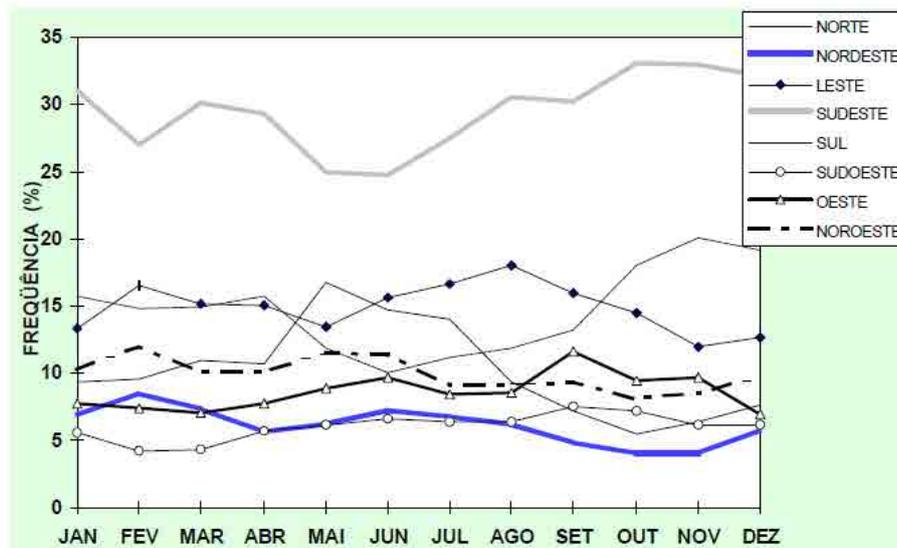
CONFORTO			20,3
DESCONFORTO	Calor	V	61,0
		RE	3,7
		MR	4,2
		AC	3,0
	Frio	MA/AS	14,8
		AS	0
		AA	0,2

V – Ventilación, RE – Enfriamiento Evaporativo, MR – Masa Térmica para Enfriamiento, AC – Aire Acondicionado, MA/AS – Masa Térmica para Calentamiento / Calentamiento Solar, AS – Calentamiento Solar, AA – Calentamiento Artificial.

En Rio de Janeiro, las temperaturas varían entre 18°C y 30°C, pero con días que se acercan a los 15°C por un lado y a los 35°C por otro, además de tasas de humedad por encima de los 77%. Por la tabla anterior presentada, queda claro que la estrategia de ventilación natural (61%) es la más recomendada para corregir y garantizar confort térmico en los días calurosos. Y la estrategia de aire acondicionado es apenas recomendada para días de temperatura extrema (3%). En períodos fríos, la estrategia de masa térmica para calentamiento y calentamiento solar es lo más recomendado en 14,8% de las horas del año.

Tabla 1.9 –Tabla de velocidad de viento para Rio de Janeiro (m/s) (GOULART; LAMBERTS; FIRMINO, 1998, p.245)

	MÁX	99%	95%	90%	MÉD	10%
ANO	18,0	8,7	6,7	5,6	2,6	0,0
JAN	13,8	9,2	7,7	6,1	2,8	0,0
FEV	16,5	9,2	7,7	6,2	2,7	0,0
MAR	12,3	8,7	6,7	6,2	2,6	0,0
ABR	12,9	8,2	6,7	5,1	2,5	0,0
MAI	15,4	7,7	6,2	5,1	2,2	0,0
JUN	12,9	7,7	5,6	5,1	2,1	0,0
JUL	18,0	8,2	6,2	5,1	2,2	0,0
AGO	15,4	8,7	6,7	5,1	2,5	0,0
SET	15,4	9,2	7,2	6,2	2,9	0,0
OUT	18,0	8,7	7,2	6,2	3,0	0,0
NOV	15,4	9,2	7,7	6,2	2,9	0,0
DEZ	18,0	10,3	7,7	6,2	2,9	0,0



Gráfica 1.12 –Gráfica de frecuencia mensual de dirección de viento para Rio de Janeiro (m/s) (GOULART; LAMBERTS; FIRMINO, 1998, p.245)

1.2 Climas en Cataluña

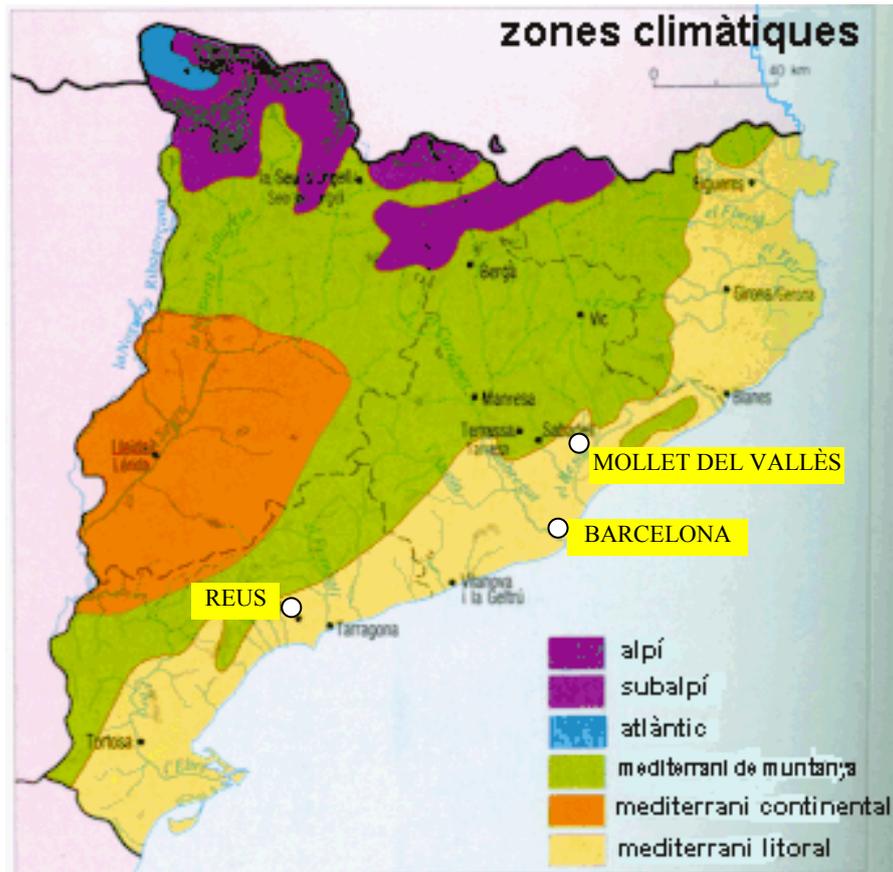


Figura 1.2 – Mapa de climas de Cataluña (www.meteoelpito.blogspot.com.es)

Cataluña está situada en la región noreste de España, hace frontera con Francia a norte y con el Mar Mediterráneo a este-sureste. Tiene una situación geográfica variada, entre zona alpina, de montaña, continente y litoral, que le confiere grande diversidad climática. De modo general, es posible clasificarlos en: Alpino, Subalpino, Atlántico, Mediterráneo de Montaña, Mediterráneo Continental y Mediterráneo Litoral.

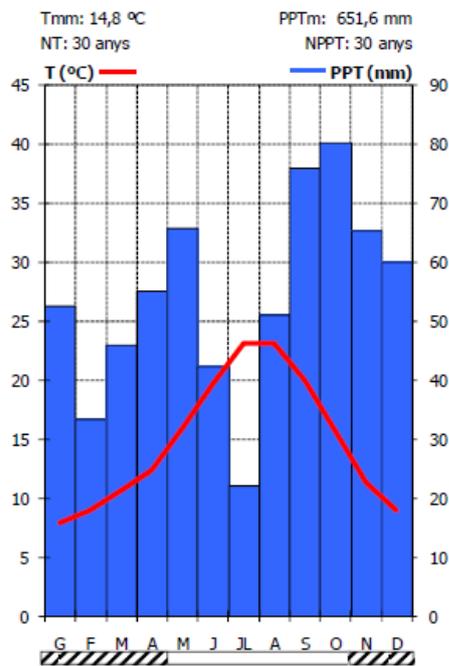
1.2.1 Datos climáticos de Barcelona

Barcelona es la capital de la provincia de Barcelona y de la comunidad autónoma de Cataluña, está situada a una latitud: 41° 28' norte, longitud: 2° 07' este y altitud: 6m. Su clima está clasificado como Mediterráneo Litoral. Las temperaturas de invierno son suaves, con medias entre 9°C y 11°C y los veranos calurosos, con medias entre 23°C y 24°C, su temperatura media anual es de 14,8°C (según Meteo.cat). Las precipitaciones son más frecuentes en otoño, seguida de primavera y la época más seca es en verano, especialmente julio. Su humedad relativa anual es 74% y los vientos predominantes son provenientes de norte en invierno y del norte, este y suroeste en verano.

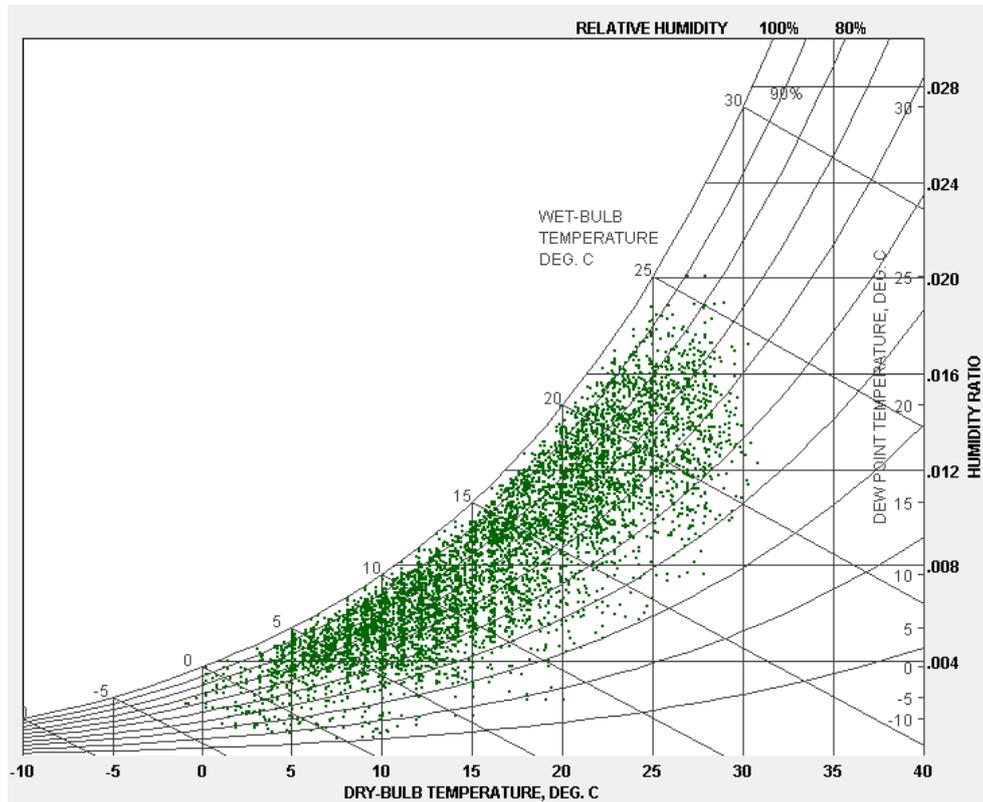
Tabla 1.10 – Tabla de datos climatológicos del Barcelonès (1971 – 2000) (METEO.CAT – adaptado por la autora)

EL BARCELONÈS (1971 - 2000)													
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	AÑO
Temp. Mín. (°C)	5,1	5,7	7,0	8,3	11,7	15,3	18,6	18,7	16,2	12,6	8,4	6,3	11,2
Temp. Med.(°C)	7,9	8,9	10,7	12,4	15,9	19,7	23,2	23,1	20,0	15,8	11,3	9,0	14,8
Temp. Máx.(°C)	10,7	12,1	14,3	16,4	20,1	24,0	27,7	27,4	23,8	19,0	14,2	11,6	18,4
Precipitac. (mm)	52,7	33,6	46,0	55,2	66,0	42,5	22,1	51,3	76,2	80,4	65,4	60,1	651,6

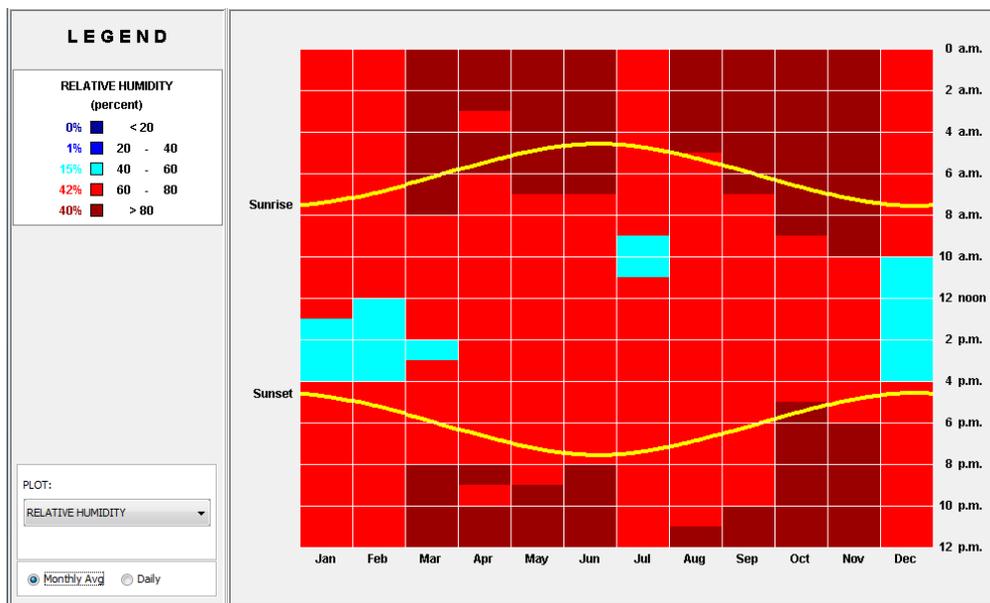
Fuente: METEO.CAT - Servei Meteorològic de Catalunya - Observatori Fabra



Gráfica 1.13 – Climatología - El Barcelonès (www.meteo.cat)



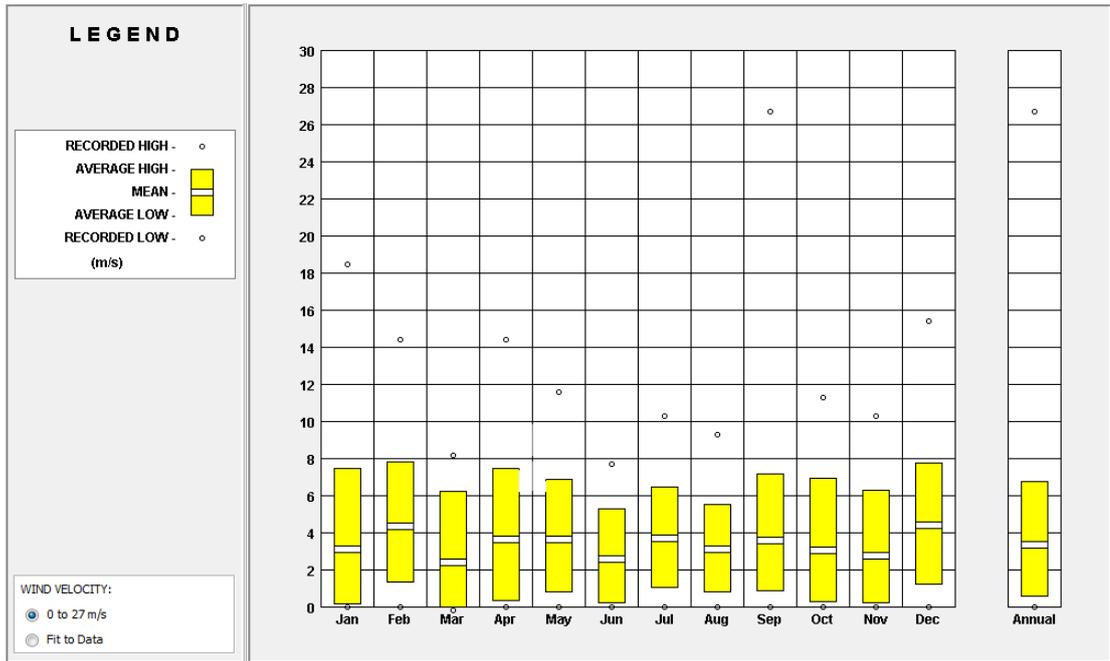
Gráfica 1.14 – Ábaco Psicrométrico para Barcelona (Climate Consultant 5.4)



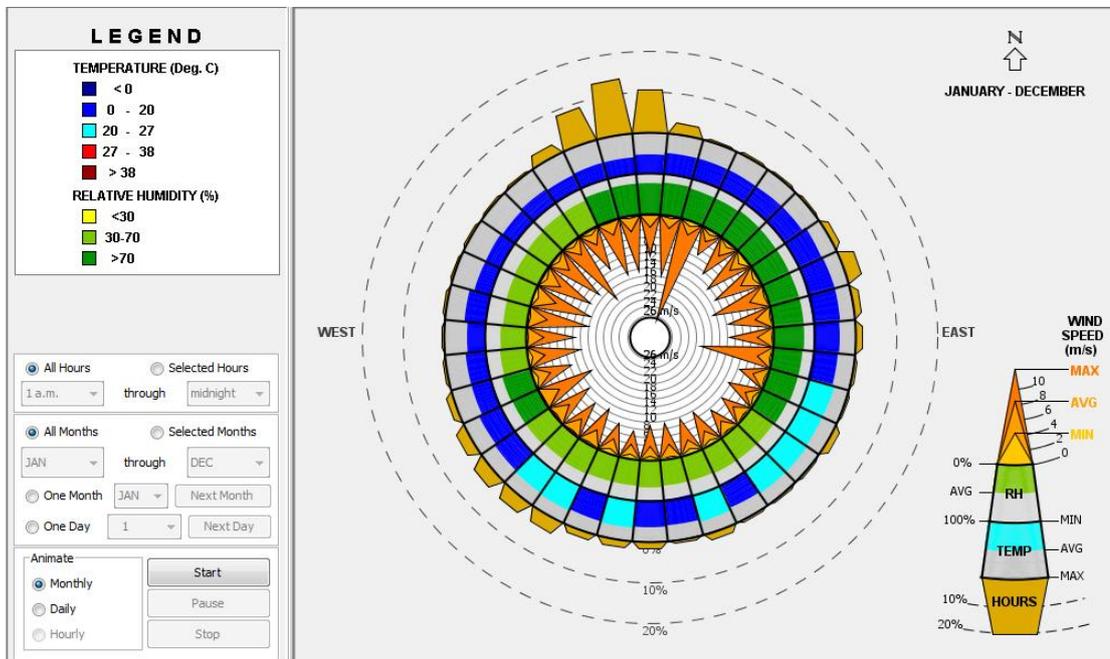
Gráfica 1.15 – Diagrama de Humedad Relativa para Barcelona (Climate Consultant 5.4)

En Barcelona, se puede observar que al largo del año las temperaturas se encuentran cercanas a 0°C y 30°C, con humedades que varían entre casi 10% y 100%. La falta de confort tanto puede ser por las altas temperatura y altas tasas de humedad, como por las bajas. Esta variedad de condiciones es característica del clima mediterráneo, de modo que las estrategias de corrección son muy amplias. De modo general, se

recomienda protección solar y ventilación natural en verano, calentamiento solar y masa térmica en las épocas intermedias de primavera y otoño, además de calentamiento artificial en invierno.



Gráfica 1.16 – Diagrama de velocidad media de vientos para Barcelona (Climate Consultant 5.4)



Gráfica 1.17 – Rueda de viento para Barcelona (Climate Consultant 5.4)

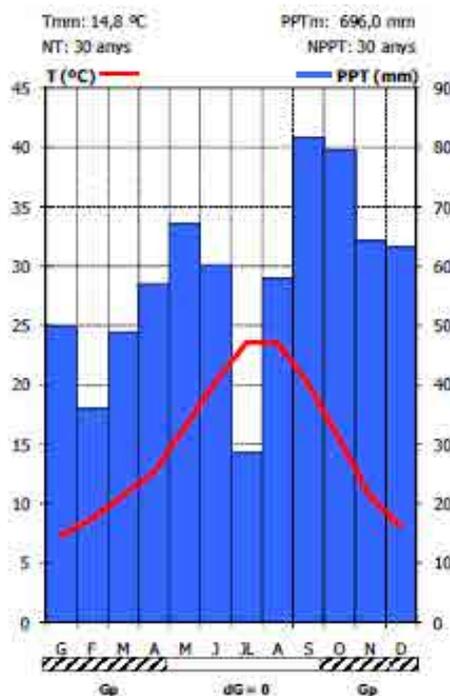
1.2.2 Datos climáticos de Mollet del Vallès

Mollet del Vallès está situado en la región del Vallés Oriental, provincia de Barcelona, distante 17km de la capital. Se encuentra a una latitud: 41° 32' Norte, longitud: 2° 12' este y altitud: 64m. Su clima está clasificado como Mediterráneo Litoral (o Prelitoral) y se caracteriza por veranos calurosos e inviernos moderados, siendo su temperatura media anual: 14,8°C (según Meteo.cat). El régimen de precipitaciones es irregular, siendo otoño la época más lluviosa. Hay frecuentes inversiones térmicas principalmente en el invierno, debido a la depresión del Vallés.

Tabla 1.11 – Tabla de datos climatológicos del Vallès Oriental (1971 – 2000) (METEO.CAT – adaptado por la autora)

VALLÈS ORIENTAL (1971 - 2000)													
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	AÑO
Temp. Mín. (°C)	1,9	2,9	4,6	6,6	10,5	14,3	17,2	17,6	14,7	10,4	5,6	3,1	9,2
Temp. Med.(°C)	7,2	8,7	10,7	12,6	16,4	20,2	23,6	23,5	20,2	15,6	10,6	8,0	14,8
Temp. Máx.(°C)	12,5	14,4	16,7	18,5	22,2	26,0	29,9	29,5	25,7	20,8	15,6	12,9	20,4
Precipitac.(mm)	49,9	36,1	49,1	57,2	67,4	60,3	28,6	58,0	81,9	79,7	64,3	63,4	696,0

Fuente: METEOCAT - Servei Meteorològic de Catalunya - Observatori Fabra



Gráfica 1.18 – Climatología - El Vallès Oriental (www.meteo.cat)

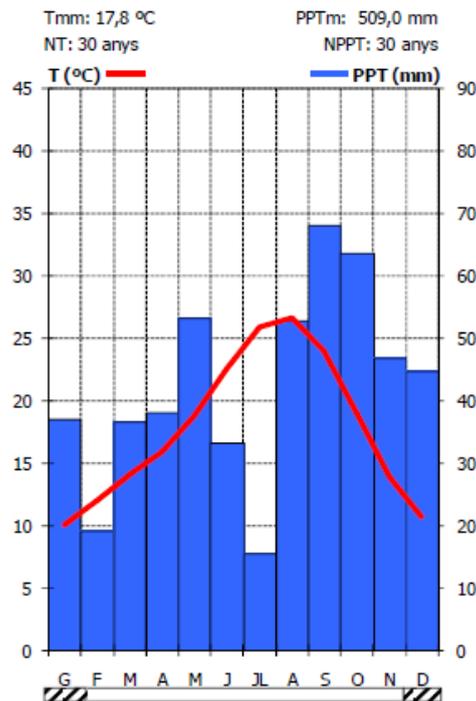
1.2.3 Datos climáticos de Reus

Reus se situa en la provincia de Tarragona, distante 13km de la capital y 93km de Barcelona. Se encuentra a una latitud: 41° 9' norte, longitud: 1° 6' este y altitud: 117m. Su clima está clasificado como Mediterráneo Litoral y se caracteriza por veranos calurosos e inviernos moderados, siendo su temperatura media anual: 17,8°C (según Meteo.cat). El régimen de precipitaciones es irregular, siendo otoño la época más lluviosa.

Tabla 1.12 – Tabla de datos climatológicos del Tarragonès (1971 – 2000) (METEO.CAT – adaptado por la autora)

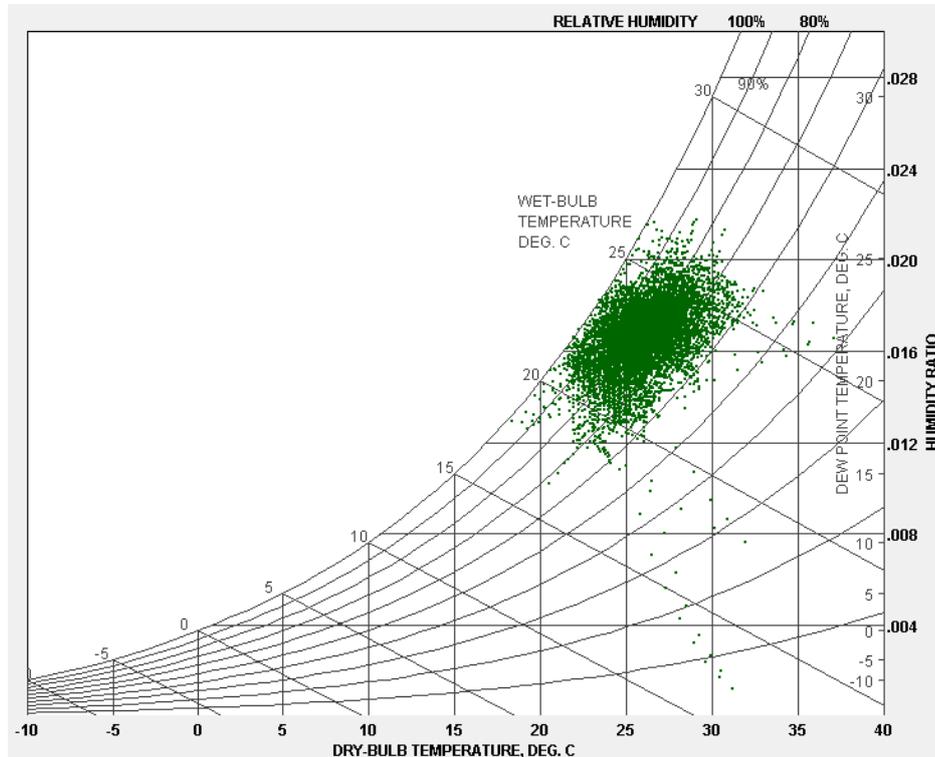
EL TARRAGONÈS (1971 - 2000)													
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	AÑO
Temp. Mín. (°C)	7,5	8,7	10,4	12,2	15,5	19,4	22,5	23,2	20,3	15,8	11,3	8,7	14,7
Temp. Med.(°C)	10,0	11,9	14,1	15,9	18,8	22,5	25,9	26,7	24,0	19,1	13,9	10,7	17,8
Temp. Máx.(°C)	12,4	15,2	17,8	19,5	22,1	25,6	29,3	30,2	27,6	22,4	16,4	12,7	21,0
Precipitac. (mm)	37,2	19,1	36,6	38,2	53,2	33,3	15,7	52,8	68,2	63,7	46,9	44,7	509,0

Fuente: METEOCAT - Servei Meteorològic de Catalunya - Observatori Fabra

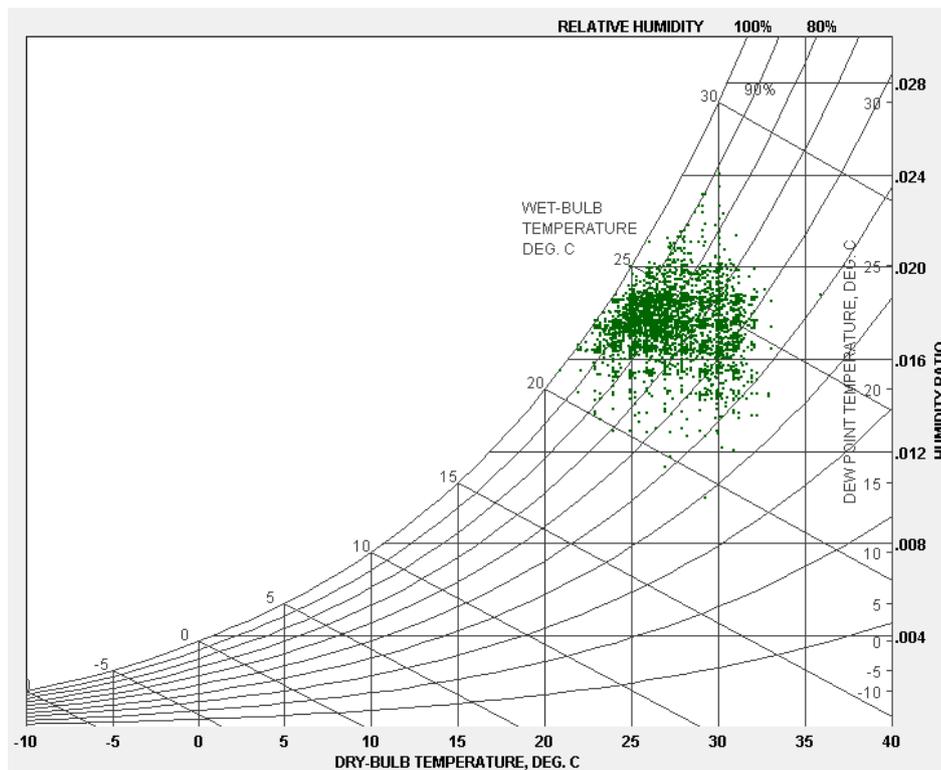


Gráfica 1.19 – Climatología – El Tarragonès (www.meteo.cat)

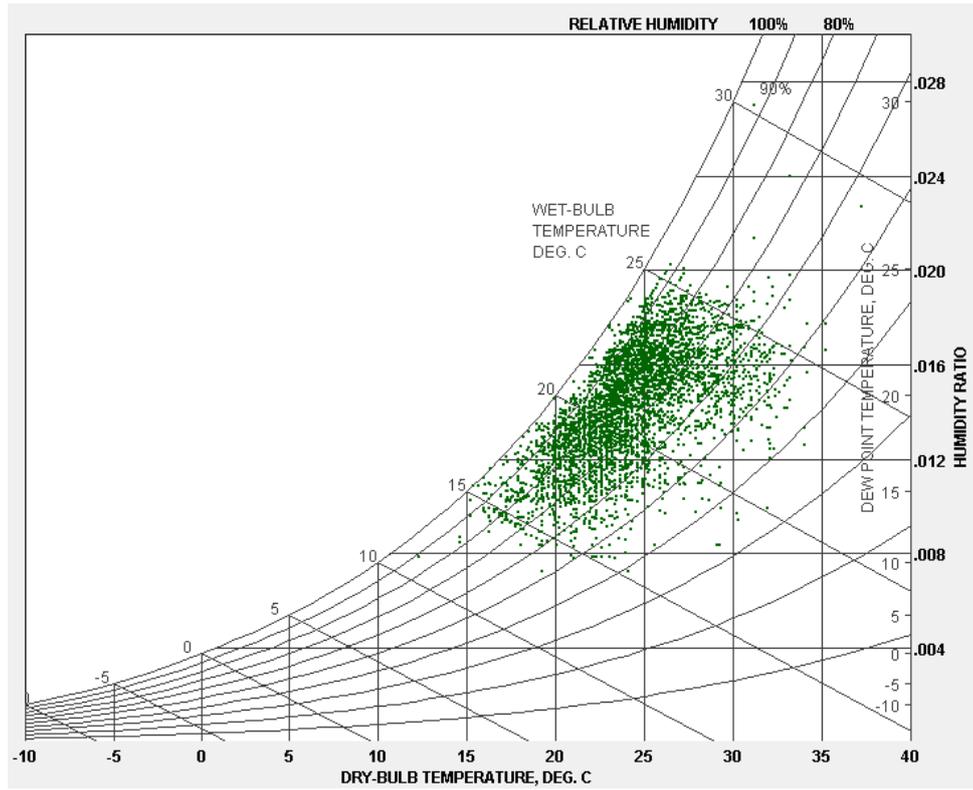
1.3 Comparación entre climas



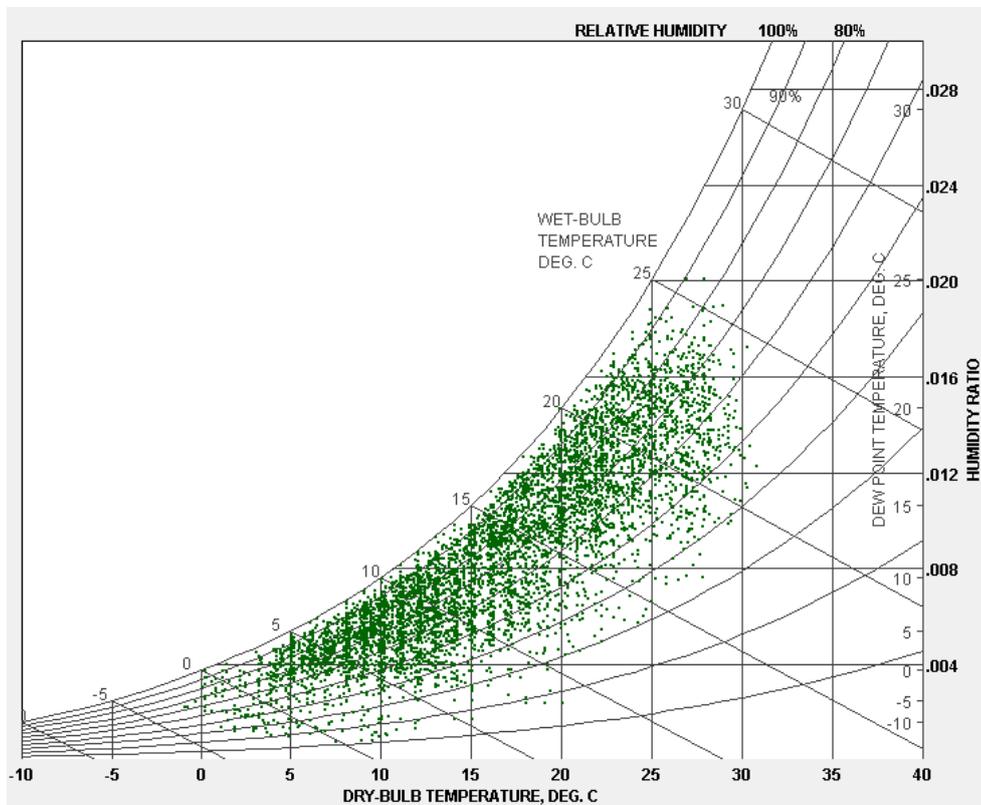
Gráfica 1.20 – Ábaco Psicométrico para Salvador (Climate Consultant 5.4)



Gráfica 1.21 – Ábaco Psicométrico para Fortaleza (Climate Consultant 5.4)



Gráfica 1.22 – Ábaco Psicrométrico para Rio de Janeiro (Climate Consultant 5.4)



Gráfica 1.23 – Ábaco Psicrométrico para Barcelona (Climate Consultant 5.4)

Comparando los ábacos psicométricos de Salvador, Fortaleza, Rio de Janeiro y Barcelona, se percibe que hay importantes diferencias climáticas entre estas cuatro ciudades. En Salvador y Fortaleza, el problema de falta de confort ambiental es generado por las temperaturas, que se concentran principalmente entre los 21°C y 30°C y las elevadas tasas de humedad, que se encuentran normalmente por encima de los 70%. En Rio, la incomodidad en verano puede ser aún más grande debido a que las temperaturas pueden acercarse a los 35°C. Además, puede existir falta de confort en invierno, cuando las temperaturas se acercan a los 15°C.

Observando el ábaco de Barcelona, se percibe que las temperaturas ocupan un rango aún más extendido que en las ciudades anteriores, acercándose a 0°C por un lado y a los 30°C por otro, además de tasas de humedad principalmente por encima de los 60%, en verano, pero que puede bajar a casi 10% en invierno. Esto demuestra la complejidad del clima mediterráneo, que tanto puede tener épocas de confort, como de incomodidad, principalmente en momentos extremos de verano e invierno.

2. ILUMINACIÓN NATURAL

La luz natural es la que tiene el Sol como fuente primaria. Su espectro de energía varía de ondas cortas a ondas largas, siendo apenas una franja la visible al ojo humano. La incidencia de esta radiación varía conforme la situación geográfica, la época del año, la hora del día, el clima, etc.

Según Mascaró (1983, pg. 35) “Llamamos luz natural a la luz proveniente del sol, sea en forma directa a través de los rayos solares, o indirecta debida a la reflexión de la atmósfera con o sin nubes (luz difusa), de la vegetación, de los edificios o de otros objetos existentes en la superficie de la tierra (luz reflejada)”.

Siendo así, la luz natural es la luz diurna que permite la visión de los colores y de las formas, que varía en cantidad, calidad e intensidad. La cantidad de luz es la iluminación y la luz reflejada por las superficies hacia el ojo es la luminancia, que se mide en lux, pudiendo encontrarse en valores que varían entre 0 y más de 100.000 lux; la variación de su calidad se puede percibir en su espectro de colores, que son las ondas visibles, franja entre 380 y 760 nanómetros de longitud de onda, que se presentan en colores entre el violeta y el rojo; y la intensidad se puede percibir a través de la dinámica entre claridad y sombra.

La luz del sol es la más adecuada para iluminar los ambientes interiores donde se produce la actividad humana. Su presencia o ausencia afecta directamente sobre las condiciones anímicas de las personas e, incluso, en sus estados de salud. “El organismo humano, preparado para unos ciclos luz-oscuridad determinados, se acopla con dificultad a estas condiciones artificiales de nuestra cultura, con excesos de luz en horas nocturnas y escasez y poca adecuación en las diurnas” (SERRA, 2004, p.32)

Porque el alumbrado artificial, primero con gas y después eléctrico, nos permitió conquistar la noche, para el trabajo o para el recreo. Pero esta conquista nos llevó, infantilmente, a sobrevalorar las posibilidades de esta luz artificial y con ello a proyectar arquitecturas sólo habitables, de día y de noche, con la ayuda de este alumbrado. La moderna paradoja arquitectónica de edificios totalmente revestidos por vidrio y con el alumbrado artificial interior en funcionamiento durante todo el día, no es más que la consecuencia de esta ingenua fe en la artificialidad. (SERRA, 2004, p.30)

Al iluminar un ambiente, uno de los temas que hay que saber manejar es como controlar la penetración de la radiación directa. Es una energía que se transforma en calor, al ser absorbida por las superficies y que afecta el bienestar térmico de los usuarios. En las altas latitudes, es muy deseada en el interior de los ambientes, pero en las bajas latitudes, es normalmente evitada, por generar el sobre calentamiento. De esta manera, la luz difusa o reflejada, es la mejor forma de iluminar los espacios situados en zonas de clima cálido.

2.1 Iluminación cenital

La cubierta arquitectónica separa el hombre del mundo exterior, lo protege de las intemperies y muchas veces puede ser entendido como la representación de la bóveda celeste. La abertura ubicada en el techo o en la parte superior de un ambiente cumple una función distinta de la que se ubica en el plano vertical (a la altura de los ojos), porque puede traer para el interior la visión celestial, el azul del firmamento, el sol; una luz más directa, otras veces difusa y uniforme. Puede también tener un carácter místico y religioso. La iluminación cenital fue utilizada en la arquitectura de muchas culturas como una manera de traer la luz de Dios, del Astro Rey hacia la oscuridad de la tierra.



Figura 1.3 - Casa Batlló (www.canonistas.com)



Figura 1.4 - Sagrada Família (archivo de la autora)

Torres (2003) explica la diferencia encontrada entre las ventanas convencionales y las del tipo cenital. Las primeras proporcionan una visión al exterior que permite que se vea el plano horizontal, paralelo al suelo. Su tamaño y posición establece un grado de comunicación real entre el interior y exterior, porque permite ver hacia fuera y ser visto hacia dentro, y también iluminar hacia el exterior y hacia el interior. Los ambientes que poseen aberturas que están situadas en el alto establecen otro nivel de comunicación, de visión e iluminación.

El espacio interior sin aberturas en los muros verticales, e iluminado desde lo alto, convierte al exterior en una realidad ajena. Es entonces cuando se pasa de una relación de visión-iluminación a una de solamente iluminación, en la que, además, a veces se oculta la fuente luminosa. Las aberturas en la cubierta proponen una relación con el exterior abstracta, casi irreal. Su autonomía va acompañada de una luz íntima, enigmática, secreta, protegida ajena a la realidad circundante y, a veces algo clandestina (TORRES, 2003, p.17-18)

El autor considera esta luz como un fluido inmaterial que ocupa y llena el ambiente arquitectónico. Él explica que el espacio visto de este modo es esencialmente distinto del espacio objetivo que determinan los planos del proyecto. “La luz cenital es, en este tipo de espacios, un componente fundamental, tanto de la obra como del proyecto que establece un diálogo continuo y variable entre la luz y la oscuridad” (TORRES, 2003, p.48)

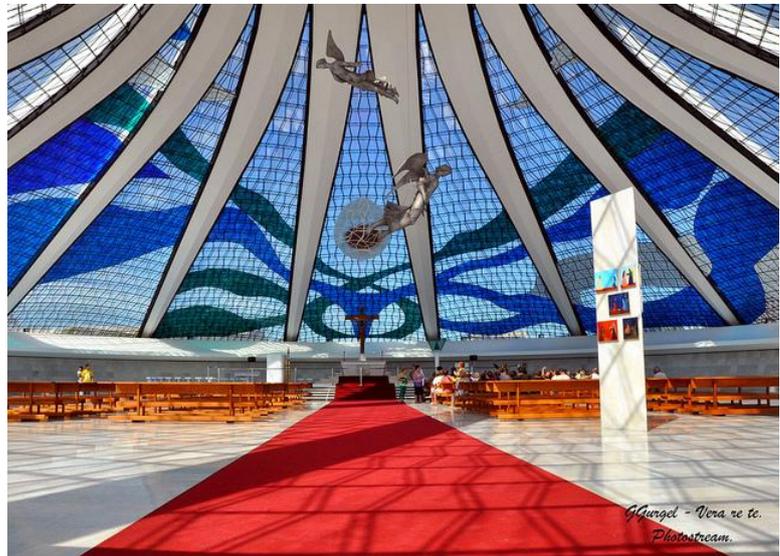
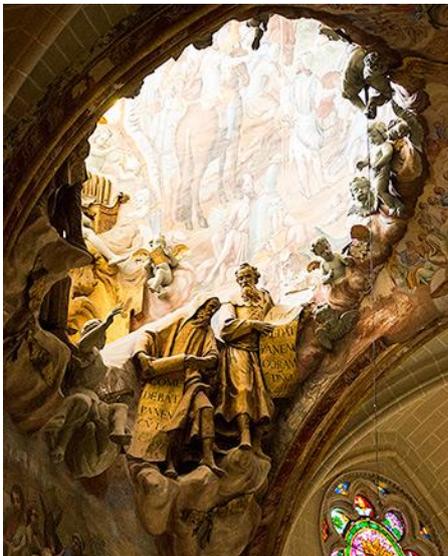


Figura 1.5 - Catedral de Toledo (www.juancarlosramos.net) **Figura 1.6** - Catedral de Brasilia (www.flickr.com)

Mascaró (1983) habla de las fuentes de luz y explica que la luz solar es la principal fuente de luz diurna, de gran intensidad, puntual y dinámica, y que esta energía radiante produce calor cuando absorbida, lo que muchas veces genera situaciones de malestar. Por este motivo, en regiones de climas tropicales, donde esta radiación es más intensa, ella considera que la luz difusa proveniente de la bóveda celeste es la más adecuada forma de iluminación natural, proporcionando una iluminación más tenue, y de área visible mayor.

La autora comenta que “De acuerdo con la región geográfica, la bóveda celeste puede ser cubierta, parcialmente cubierta o descubierta (clara). (MASCARÓ, 1983, p.37)

Bóveda clara: al contrario de la bóveda cubierta, aquí la luminosidad es mayor en el horizonte que en el cénit, excepto en las inmediaciones del sol. Para alturas angulares superiores a 0°, la luminosidad depende también de su azimut, donde las zonas inmediatas al sol son más luminosas, variando las características de la bóveda celeste a través del año en las regiones templadas húmedas, y manteniéndose casi siempre constantes en las regiones tropicales caliente y secas (sol más alto y permanentemente presente). (MASCARÓ, 1983, p.37)

Rogora (1997) habla que la superficie horizontal recibe mucha energía y muchas veces resulta difícil el control de la penetración de la radiación solar directa, en épocas en que no se necesita, como por ejemplo en verano, cuando puede generar un sobre calentamiento del ambiente. Él recomienda que se utilice superficies horizontales con sistemas de captación que sean verticales, como el shed o el lanternin, que pueden ser auto regulables, recibir la radiación directa en el invierno, y estar protegido de la misma en las demás épocas.

El autor explica que los dispositivos cenitales proporcionan una iluminación uniforme, pero a veces puede causar deslumbramiento en los usuarios, generando cierto tipo de incomodidad. Para evitar eso, recomienda el uso de este dispositivo con elementos de control de entrada de luz. Él identifica siete componentes que hacen parte de este grupo. “sono stati individuati 7 componenti appartenenti a questo gruppo: lucernario, copertura rialzata, shed a luce diffusa, soffitto traslucido, lucernario orizzontale, cupola, lanterna” (ROGORA, 1997, p.184)

El “shed a luce diffusa” corresponde al dispositivo equivalente a la cubierta diente de sierra, que será explicado más adelante.

Puppo (1971) explica que la iluminación cenital tiene la ventaja de proporcionar una iluminación uniforme, dejando libres las paredes del local, pero que las aberturas en posición horizontal disminuyen el poder de transmisión de la luz a lo largo del tiempo debido a la acumulación de polvo generado por la dificultad de mantenimiento de este tipo de apertura.

El autor utiliza un ejemplo de iluminación en locales industriales para clasificar el nivel de eficiencia de los tipos de apertura, comprobando que el lucernario en posición vertical es el que mejor funciona por acumular menos polvo y por proporcionar al ambiente un índice de transmisión de iluminación que él lo considera buena y muy buena. La siguiente figura ilustra esta explicación.

Clasificación de iluminación de locales industriales, según Puppo (1971, p.106):

I = Iluminación insuficiente; S = Iluminación suficiente,
B = Iluminación buena; BB = Iluminación muy buena

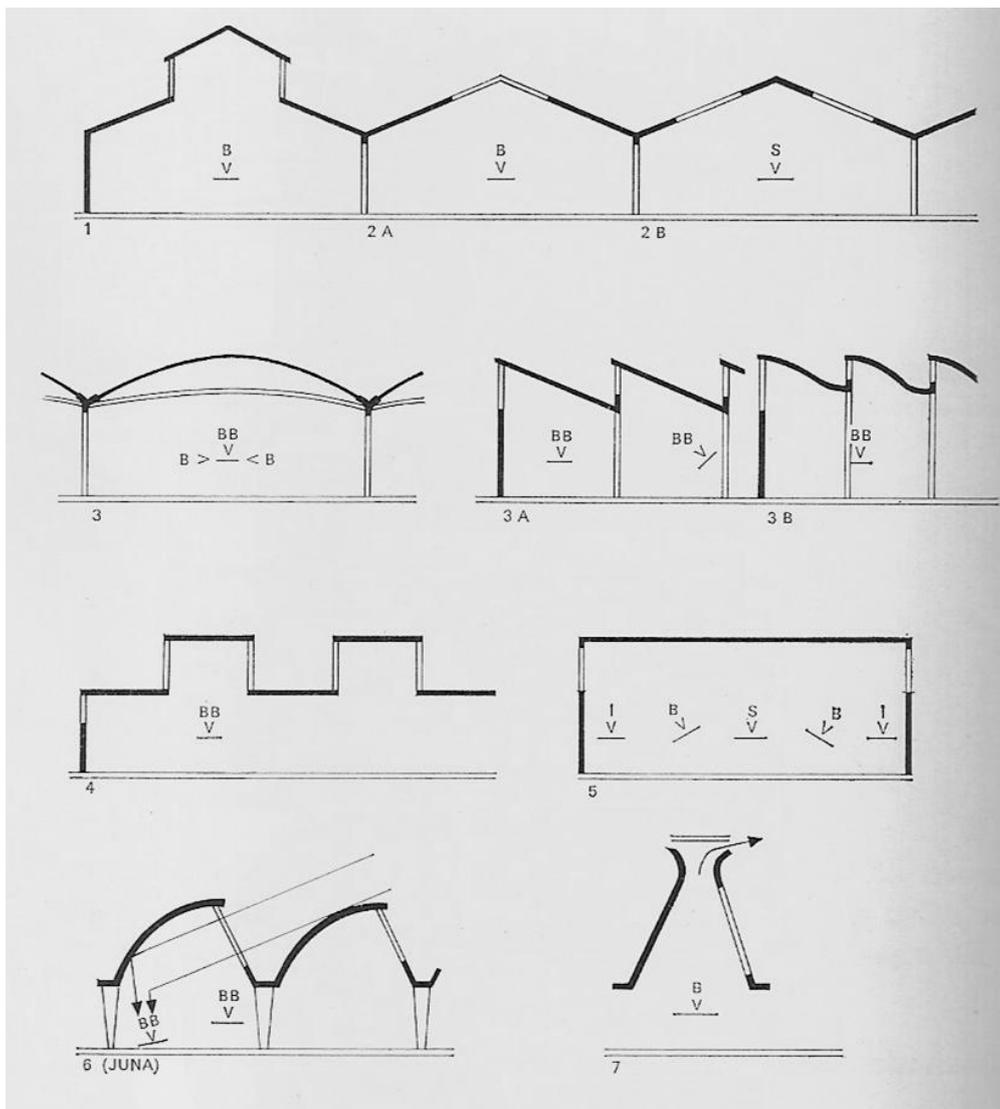


Figura 1.7 - Clasificación de iluminación de locales industriales (PUPPO, 1971, p.106)



Figura 1.8 - Fábrica de máquinas fotográficas. Alemania, Arq. Kraemer (PUPPO, 1971, p.119)

La figura anterior, de una fábrica de máquinas fotográficas, representa lo que Puppo (1971) considera uno de los mejores ejemplos de “shed”, para obtención del máximo aprovechamiento de la luz natural, a través de una distribución uniforme.

Sobre componentes de paso cenital, Serra y Coch (2001) y Baker (1993) definen los lucernarios (clerestory) como:

(...) son elevaciones sobre el plano de la cubierta de un espacio, con aberturas verticales o inclinadas en uno de los laterales Permiten la entrada de la luz que proviene de la bóveda celeste y protegen o redirigen la radiación solar directa hacia el espacio inferior. Pueden permitir la ventilación natural sin visión exterior y crean niveles altos de iluminación en el ambiente interior, con luz normalmente difusa. (SERRA; COCH, 2001, p. 335)

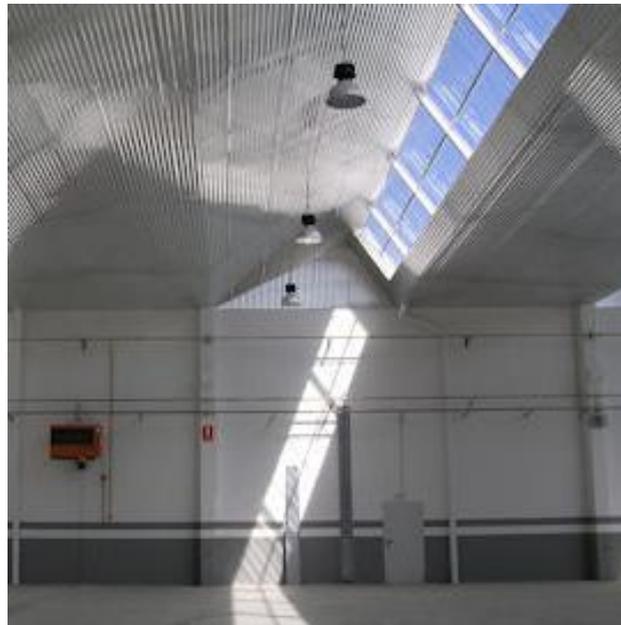


Figura 1.9 - Lucernario (www.reformas-y-rehabilitaciones.es)

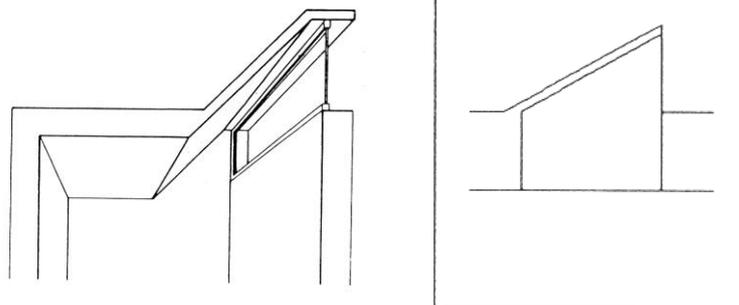


Figura 1.10 - Croquis de lucernario (SERRA, 1989, p.48)

Figura 1.11 - Croquis de lucernario (BAKER, 1993, p.5.14)

Serra y Coch (2001) y Baker (1993) identifican otro componente que permite la iluminación cenital: la cubierta monitor (monitor roof), que se refiere al sector de la cubierta que incluye la cumbrera, que se eleva y permite el paso de la luz natural, pudiendo permitir también la ventilación, en el caso de que el cerramiento sea practicable.



Figura 1.12 - Cubierta monitor (BAKER, 1993, p.5.15)

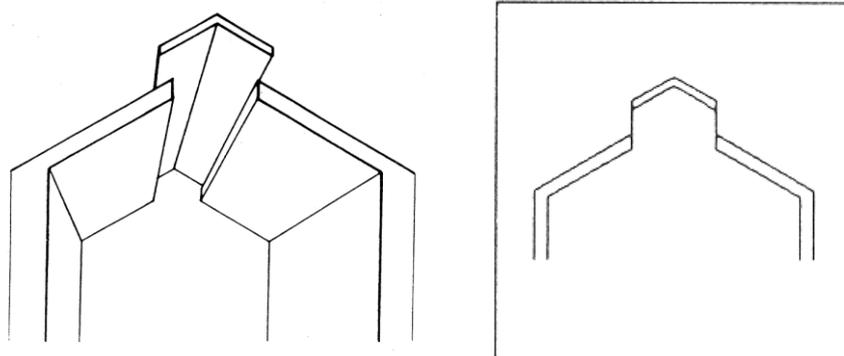


Figura 1.13 - Croquis de cubierta monitor (SERRA, 1989, p.48)

Figura 1.14 - Croquis de cubierta monitor (BAKER, 1993, p.5.15)

Otro componente de paso cenital, según Serra y Coch (2001) y Baker (1993) es el forjado translúcido (translucent ceiling) que está definido como un cerramiento horizontal transitable, construido parcialmente con material translúcido, que separa dos espacios interiores superpuestos, o uno de estos espacios respecto al exterior.



Figura 1.15 - Forjado translúcido (www.construnario.com)

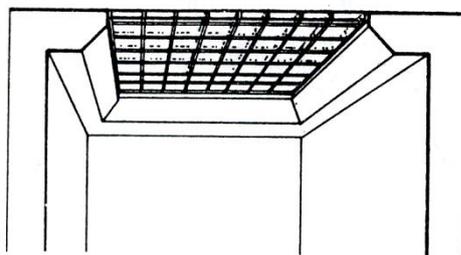


Figura 1.16 - Croquis de forjado translúcido (SERRA, 1989, p.49)

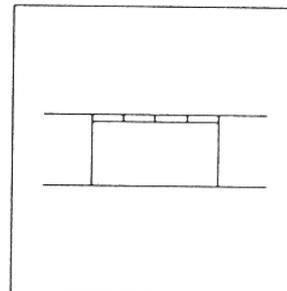


Figura 1.17 - Croquis de forjado translúcido (BAKER, 1993, p.5.16)

Existe también el componente denominado claraboya por Serra y Coch (2001) y skylight por Baker (1993), una abertura situada en la cubierta de un espacio habitable que permite la iluminación cenital de las zonas que están bajo la misma, pudiendo permitir el paso de la ventilación en el caso de ser practicable.

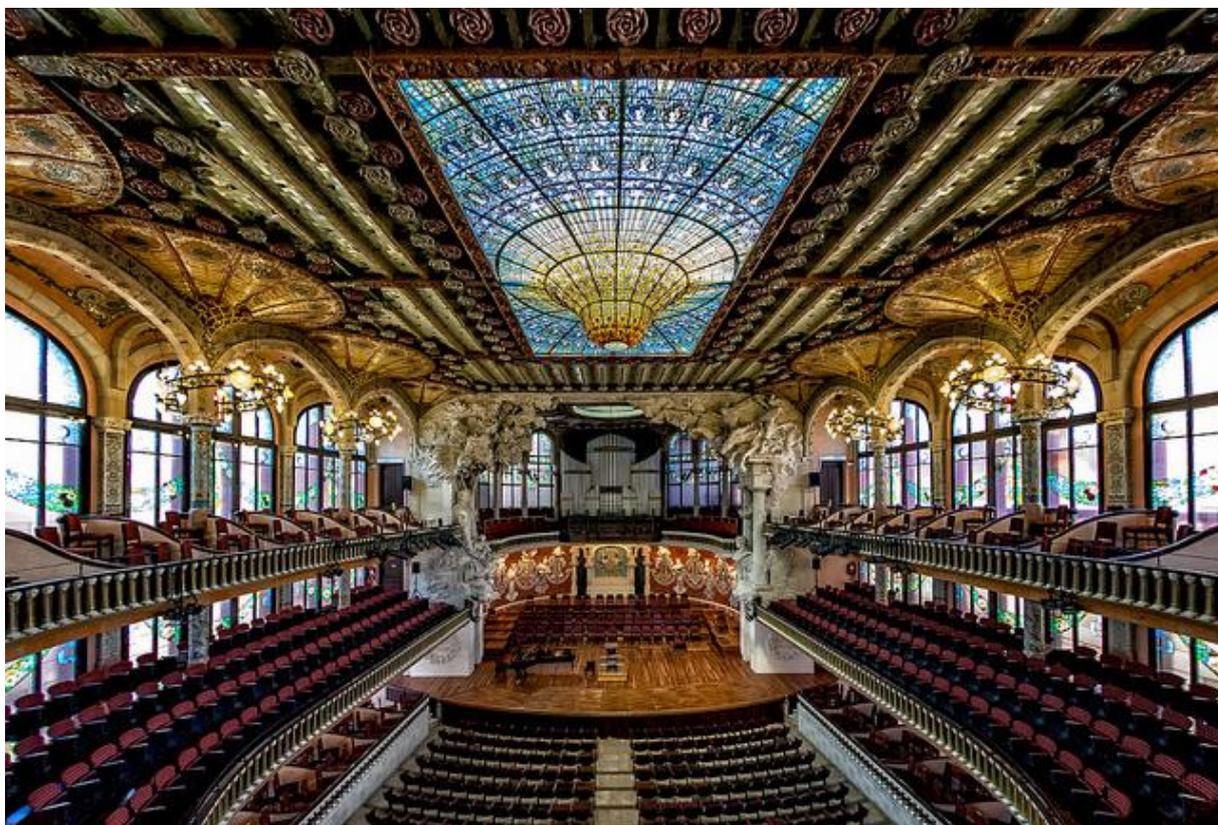


Figura 1.18 - Claraboya – Palau de la Música Catalana (www-flickr.com)

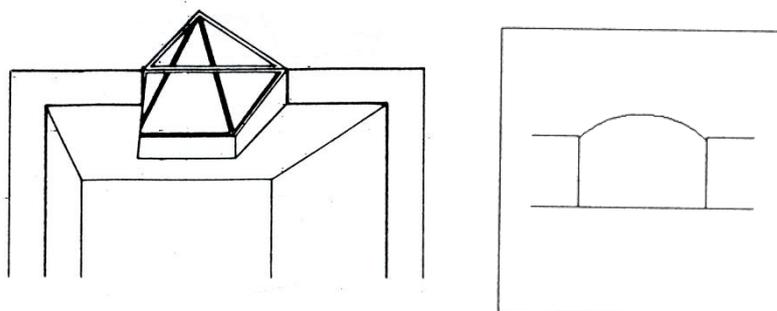


Figura 1.19 - Croquis de claraboya (SERRA, 1989, p.49)

Figura 1.20 - Croquis de claraboya (BAKER, 1993, p.5.16)

Serra y Coch (2001) y Baker (1993) definen todavía otro componente de paso cenital denominado cúpula (dome), como una cubierta semiesférica con perforaciones para permitir la entrada puntual de la luz o construida globalmente con material translúcido.

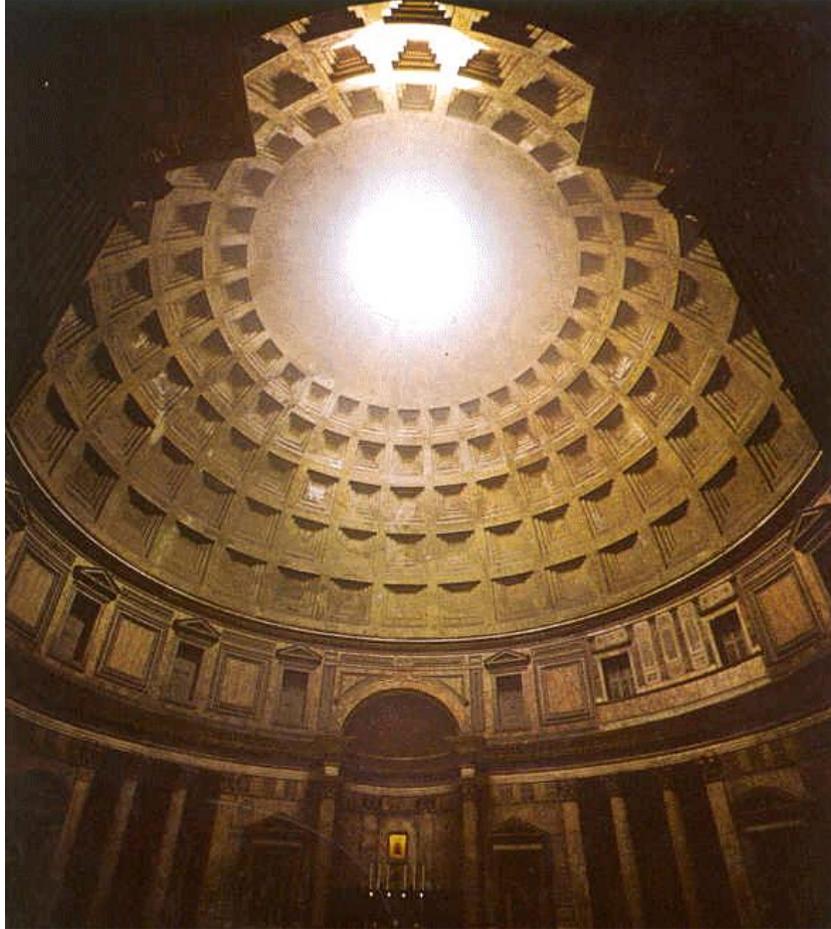


Figura 1.21 - Cúpula – Panteón (www.cv.uoc.edu)

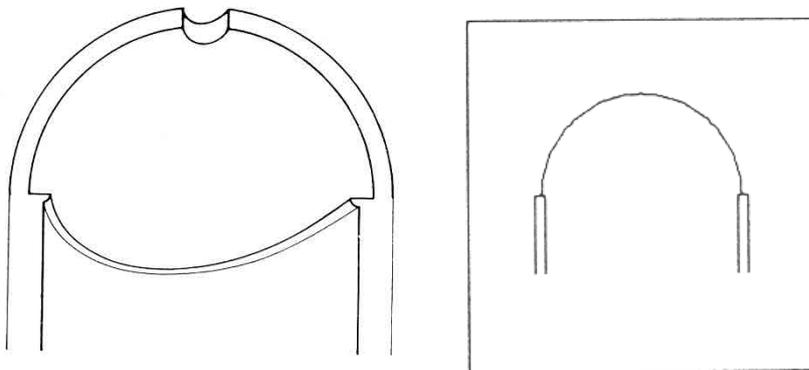


Figura 1.22 - Croquis de cúpula (SERRA, 1989, p.50)

Figura 1.23 - Croquis de cúpula (BAKER, 1993, p.5.17)

Otro componente de paso cenital, según Serra y Coch (2001) y Baker (1993) es la linterna (lantern), que se denomina a las “aberturas situadas en el punto más alto de una cúpula, protegidas por una pequeña cubierta levantada por encima del plano superior de aquella” (SERRA; COCH, 2001, p.338). Además de permitir la entrada de luz cenital difusa, puede ventilar la parte alta del ambiente, evitando así la estratificación del aire caliente.

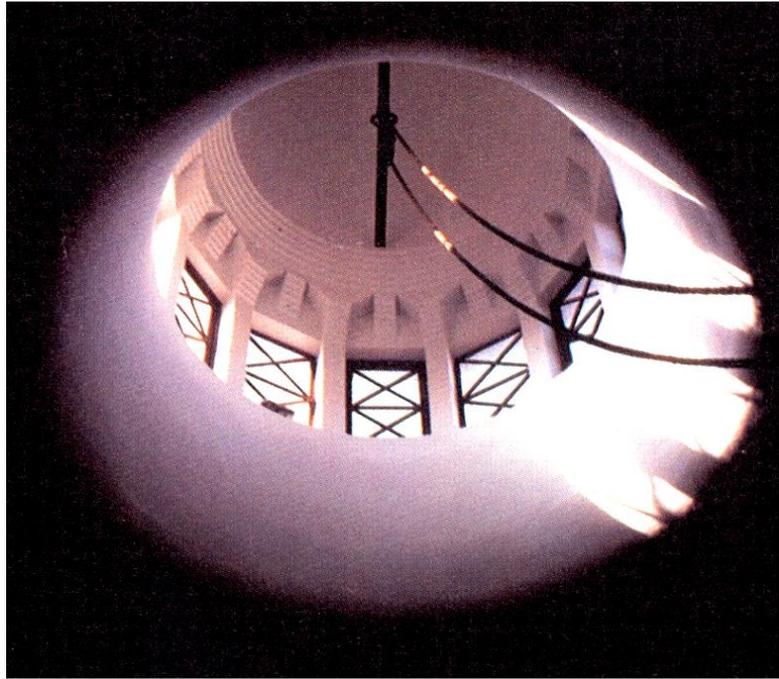


Figura 1.24 - Linterna – Caballerizas Güell (BAKER, 1993, p.5.17)

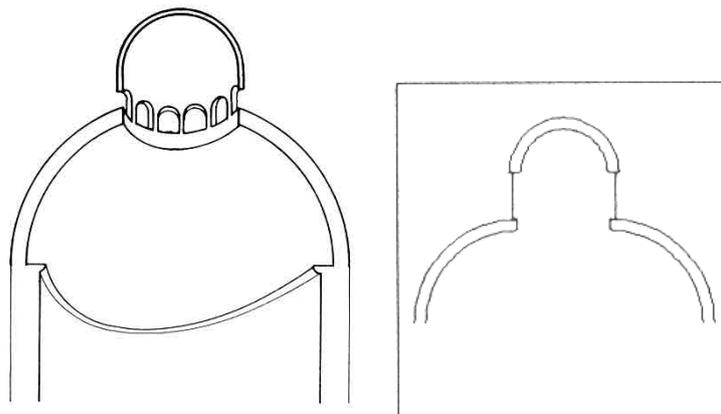


Figura 1.25 - Croquis de linterna (SERRA, 1989, p.50)

Figura 1.26 - Croquis de linterna (BAKER, 1993, p.5.17)

Serra y Coch (2001) y Baker (1993) presentan un componente más de paso cenital: las cubiertas en diente de sierra (north – light roof).

[...] conjunto de planos de cubierta con cumbreras paralelas, que dejan entre ellas una serie de aberturas lineales, verticales o ligeramente inclinadas, por donde penetra la luz del cielo, directamente o por reflexión en los otros planos opacos de la cubierta. Permiten la entrada de luz cenital difusa y uniforme y evitan contrastes lumínicos en el espacio inferior, favoreciendo la ventilación si las aberturas tienen elementos practicables. (SERRA; COCH, 2001, p.336).



Figura 1.27 - Cubierta en diente de sierra – nave industrial (www.archdaily.mx)

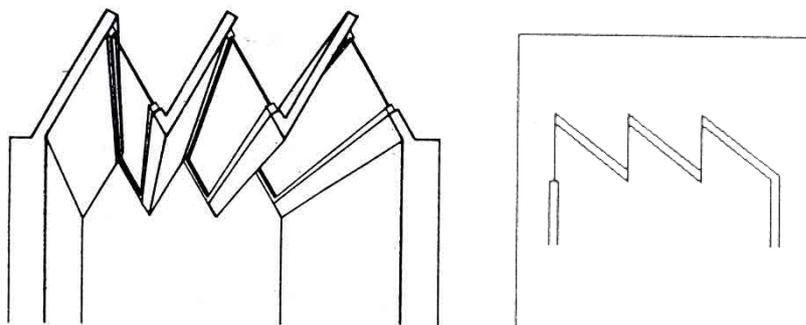


Figura 1.28 - Croquis de cubierta en diente de sierra (SERRA, 1989, p.49)

Figura 1.29 - Croquis de cubierta en diente de sierra (BAKER, 1993, p.5.15)

2.2 Shed

En términos lingüísticos la palabra shed, de origen inglesa, denomina lo que se puede llamar de cobertizo, hangar, nave. Si se busca en la historia, en el siglo XIX, en pleno crecimiento industrial, cuando surgen las grandes naves industriales en Europa, ya se percibe la aparición de este elemento que se presenta en forma de cubiertas en diente de sierra, posibilitando el ingreso de luz natural para estos grandes galpones. Se puede notar también en la arquitectura catalana, representada por las cubiertas en diente de sierra, capaces de captar la iluminación natural y promocionar más salubridad para estos ambientes.



Figura 1.30 - Shed - cubierta en diente de sierra – MNACTEC (www.interempresas.net)

Figura 1.31 - Shed - cubierta en diente de sierra – MNACTEC (www.fgc.cat)

En las obras del arquitecto Lelé, este componente de paso cenital es denominado Shed. Este será el nombre utilizado al largo de la escritura de este documento. Es utilizado con la doble función de promover la iluminación cenital y la ventilación natural en el interior del edificio.

Los sistemas de sheds tratados en este documento son muy pertinentes para climas cálidos y húmedos y una solución muy adecuada para ámbitos hospitalarios por favorecer la constante renovación del aire interior. También promueve la percepción del dinamismo del día, a través de los cambios de luminosidad, lo que favorece un efecto psicológico benéfico a los enfermos y personal sanitario. Además del confort térmico que puede generar, el shed puede favorecer el ahorro energético, al disminuir la demanda de energía utilizada para refrigerar, ventilar e iluminar artificialmente.

3. VENTILACIÓN NATURAL

La ventilación es un tema bastante estudiado por diversos autores, debido a su gran importancia e influencia en la salud y bienestar del ser humano

El arquitecto, en el ejercicio de proyectar los espacios, debe conocer las características del aire exterior en su estado de pureza o contaminación, su temperatura, humedad y movimiento al largo del año; como también debe saber qué condiciones de aire interior quiere proporcionar, cómo garantizar su calidad; y el control de su temperatura y humedad, para que se pueda generar condiciones de confort y salubridad a los usuarios.

El clima es uno de los factores que influyen en las necesidades de ventilación de un ambiente: en climas fríos, hace falta una ventilación higiénica que garantice las renovaciones de aire mínimas necesarias, de acuerdo a la actividad ejercida en el ambiente, la temperatura y número de personas ocupantes, con el objetivo de proporcionar una buena calidad del aire.

En climas calurosos, que pueden estar secos o cargados de humedad, se necesita una ventilación térmica que proporcione un cambio de sensación para garantizar el confort. Eso se puede conseguir a través del cambio de aire en la comunicación con el exterior, capaz de rebajar la temperatura interior; o por el movimiento del aire, que trae la sensación de refrescamiento y que puede o no significar cambio de temperatura.

Con este pensamiento, varios autores registran sus propias definiciones o explicaciones de cómo captar, controlar y hacer circular este aire en el interior de los ambientes, pautando recomendaciones y cuidados que les parecen necesarios para alcanzar el máximo de beneficios que puede traer este elemento vital para el ser humano.

Olgyay (1998) explica que el origen del viento se da por la desigual distribución de calor proveniente del sol en la Tierra, que genera variaciones en la densidad de la masa atmosférica. Asociado a la rotación del planeta, al eje terrestre, a la distinta distribución de los continentes y océanos, y a las características geográficas de cada sitio, se producen los vientos dominantes.

Dependiendo de las características climáticas de cada local, la arquitectura se presenta de una manera receptiva al viento, con elementos que favorecen la captación y su aprovechamiento, pero también puede ser una arquitectura que refleje la necesidad de protegerse del mismo, buscando el mínimo de exposición posible.

Olgyay (1998, p.102) considera que las dos fuerzas que proporcionan la ventilación natural en una edificación son: “[...] 1, movimientos del aire producidos por diferencia de presión; 2, intercambios del aire por diferencia de temperatura [...]” y explica que estas fuerzas pueden actuar en separado, en conjunto o en oposición, dependiendo de las condiciones atmosféricas del sitio y del diseño arquitectónico del edificio en donde se aplica este flujo.

En el primero caso, el propio volumen del edificio, expuesto a una corriente de aire que lo rodea, favorece el surgimiento de fachadas en diferentes estados de presión, siendo que las que reciben el viento directamente son las de alta presión y las zonas que estén a la sombra del viento, a sotavento, son las de baja presión. Estas diferencias contribuyen en el movimiento del aire en el interior del edificio. Así como también es fundamental para este fenómeno la ubicación, sistema y dimensiones de las aberturas, que generan la entrada y salida de este viento.

El autor recuerda que en el verano, más importante que la cantidad de aire intercambiado con el exterior, está la velocidad con que circula este aire por el interior de un recinto, favoreciendo una sensación térmica más baja y, así, mayor confort al usuario. “un índice relativamente alto entre el tamaño de las aberturas (de entrada y salida), asegura una velocidad adecuada del viento y, por lo tanto, el mayor flujo de aire refrescante en el interior de un edificio [...]” (OLGYAY, 1998, p.108)

El segundo tipo de ventilación, según el autor, es generado a partir de una diferencia de temperatura entre el aire interior y exterior que produce un efecto ascendente del aire más caliente, que está también influenciado por el tamaño y diferencia de altura entre las aberturas de entrada y salida. Por este motivo, Olgyay (1998) explica que en sitios de clima cálido, se acostumbra utilizar techos altos en ciertas zonas de la edificación, para favorecer este fenómeno, y generar ambientes más frescos y confortables. Aunque, muchas veces, el viento no circula con la velocidad que se desea, haciendo con que se necesite utilizar otros recursos capaces de aumentar su fuerza y movimiento.

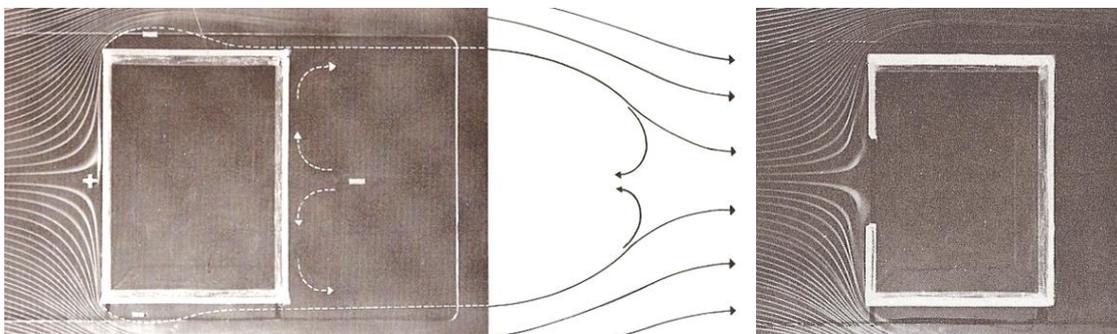


Figura 1.32 - Modelo de movimiento del aire alrededor de un edificio (OLGYAY, 1998, p.103)

Figura 1.33 - El aire no circula en el interior por falta de una 2ª ventana (OLGYAY, 1998, p.104)

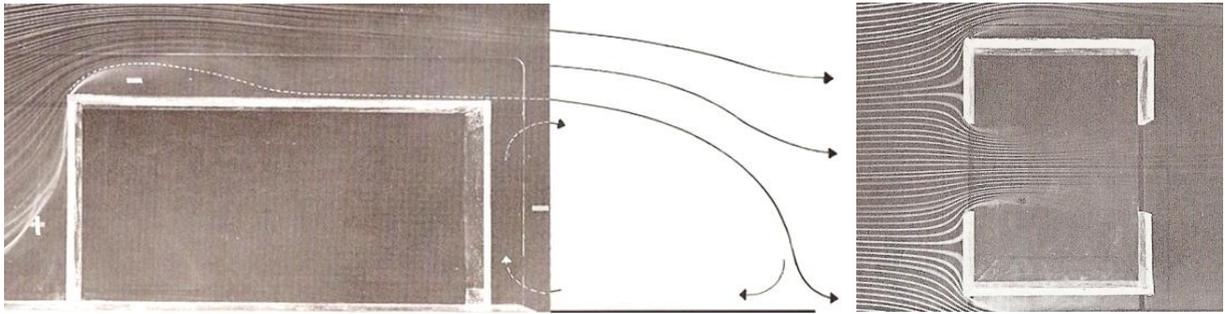


Figura 1.34 - Modelo de movimiento del aire en la sección de un edificio (OLGYAY, 1998, p.103)

Figura 1.35 - El aire circula en el interior por existir dos ventanas opuestas (OLGYAY, 1998, p.105)

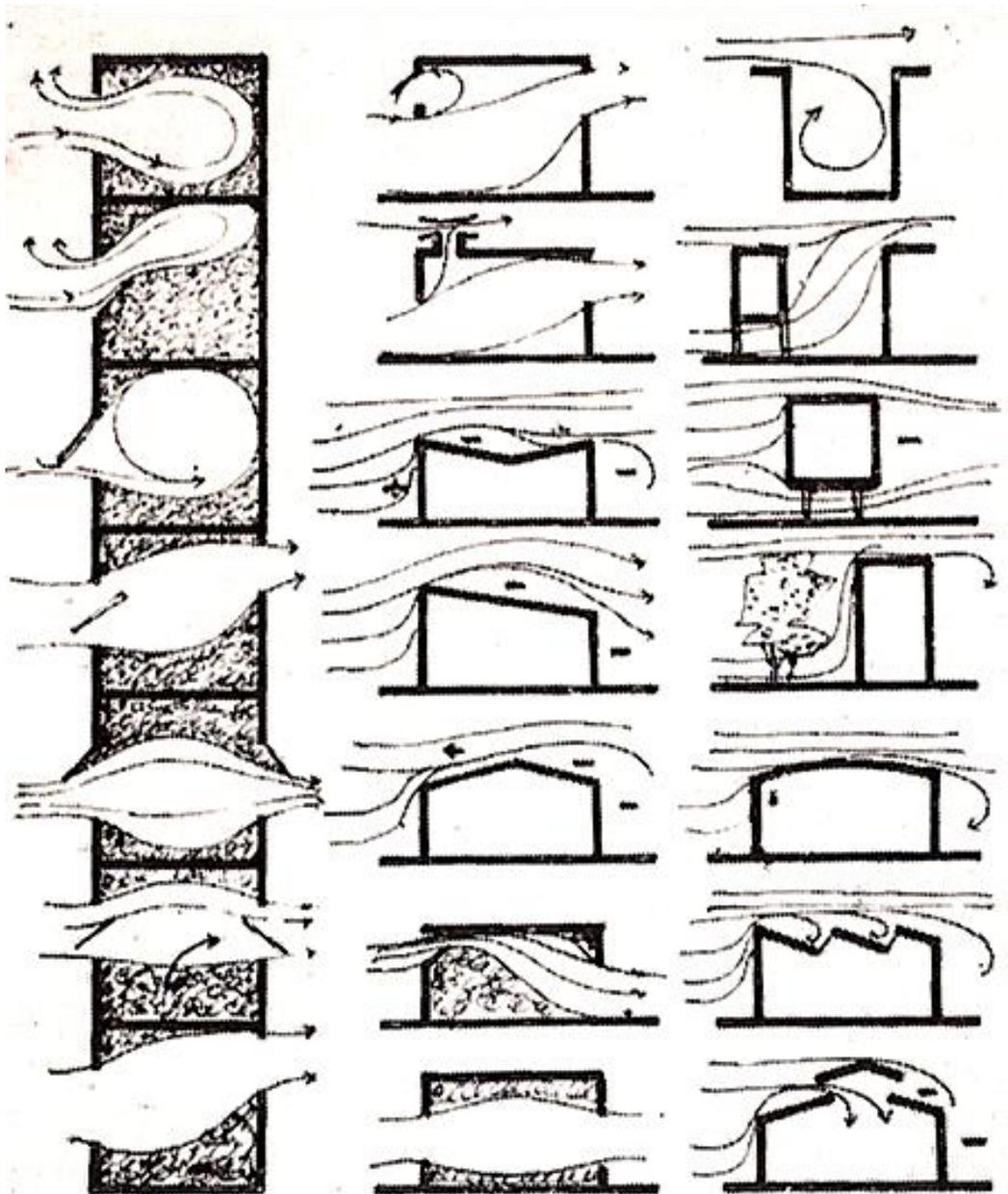


Figura 1.36 - Acción del viento en interiores y exteriores (PUPPO, 1971, p.132)

Según Puppó (1971), existen tres tipos de ventilación:

- Ventilación natural permanente – que proporciona la renovación del aire por filtración a través de fisuras de puertas y ventanas, poros de las paredes y cubiertas. Depende de valores fijos como las características constructivas del edificio, orientación y posición del local, posición y dimensión de las aberturas. Y también de valores variables como la dirección y velocidad del viento, y diferencia de temperatura entre interior y exterior.
- Ventilación natural regulable – producida por intermedio de aberturas pensadas para esta finalidad, con superficie variable, que permiten su regulación. La cantidad de aire que circula en el ambiente es proporcional a la velocidad del viento y a la superficie de abertura.
- Ventilación artificial – elementos que pueden complementar y auxiliar en el desempeño de los sistemas de ventilación natural, como ventiladores y extractores de aire, capaces de permitir una rápida evacuación del aire contaminado de un local.

Puppó (1971) explica que un ambiente que posee las aberturas de entrada ubicadas en zona baja y de salida ubicadas en zonas altas puede tener una buena ventilación natural; que el rendimiento máximo se obtiene con aberturas de entrada iguales a las aberturas de salida, y sugiere que se coloque las aberturas de entrada en las zonas de presión de los vientos, distribuyendo proporcionalmente las mismas, caso los vientos dominantes soplen de distintas direcciones.

En sitios de climas cálidos húmedos, como es el caso de muchos de los lugares en que están ubicados los hospitales de la Red Sarah, la ventilación es fundamental para disipar el calor y reducir la humedad de los ambientes interiores. Debido a esta importancia, Serra (2001) recomienda que la arquitectura favorezca este movimiento del aire, a través de aberturas totales de los paramentos de entrada y salida del viento, protegiéndolos de la radiación y las vistas con celosías, persianas, etc. Serra explica que una persona sometida a una corriente de aire puede tener la sensación térmica rebajada lo equivalente a 1° C a cada 0,3 m/s de velocidad de este aire.

El autor define la existencia de sistemas generadores de movimiento de aire. Siendo unos de ellos la ventilación cruzada, generada por aberturas ubicadas en fachadas que estén en contacto con espacios exteriores en distintas condiciones de radiación y presión de viento, favoreciendo así el paso del aire, de un espacio a otro. “Los valores típicos generados por una ventilación transversal son de 8 a 20 renovaciones horarias (rh), en presencia de un viento débil en el exterior” (SERRA, 2001, p.311)

El segundo sistema generador de movimiento de aire, explicado por Serra (2001) es el efecto chimenea. Se trata de una extracción vertical a través de una abertura en la parte superior del espacio conectada a un conducto, como se fuera una chimenea. Además de la existencia de una abertura inferior, que permite la entrada del aire más frío, promocionando así el movimiento del aire interior. “La ventilación que genera

este sistema no es muy alta, ya que las renovaciones horarias (rh) a las que se puede llegar no acostumbra a superar valores de 4 a 6.” (SERRA, 2001, p.312) Para que sea realmente eficiente, es necesario que exista una diferencia de temperatura entre el aire que sube y el aire exterior, lo que torna un sistema poco eficaz en situaciones de alta temperatura exterior.

Serra presenta otros sistemas generadores de movimiento de aire, pero estos dos son los que más ocurren en los hospitales estudiados en este documento.

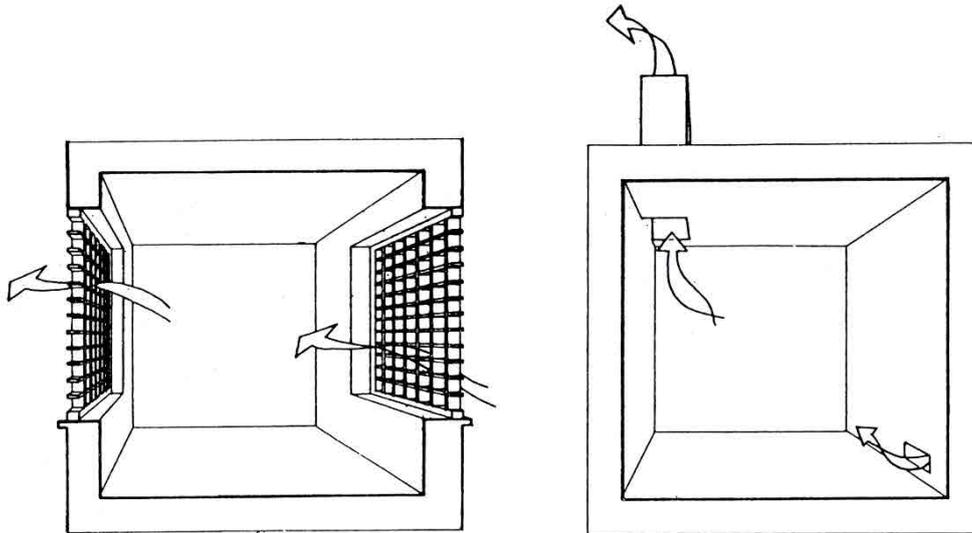


Figura 1.37 - Ventilación cruzada (SERRA, 1989, p.34) **Figura 1.38** - Efecto chimenea (SERRA, 1989, p.35)

Según Ramón (1976, p.3), la ventilación cuando asociada a alojamiento, “está cargada de significados salutíferos”, por tratarse de las principales medidas utilizadas en el combate a las enfermedades del siglo XIX. “El aire de fuera es aire puro; el de dentro contaminado; expulsando este último, se expulsaba con él, al temido bacilo” (RAMÓN, 1976, p.3), en este caso, refiriéndose al bacilo de Koch, causador de la tuberculosis.

El autor clasifica la ventilación en varios tipos. La primera sería la infiltración, cuando se trata del aire que pasa a través de las juntas, intersticios de puertas y ventanas, a veces no deseado, pero inevitable. Puede ser considerado perjudicial desde el punto de vista de un ingeniero de la calefacción por representar pérdida calorífica, pero tiene una función beneficiosa si este fenómeno alcanza renovar el aire interior de un ambiente. “La intensidad de la *infiltración* depende de las diferencias de presión del aire sobre el edificio y de la resistencia al paso del aire de los intersticios y aberturas en su cerramiento” (RAMÓN, 1976, p.5).

Otro tipo de ventilación definido por el autor se trata de la aireación. Es el movimiento del aire por un ambiente, generado por la intervención intencionada del usuario al abrir una ventana; por ejemplo, en la

búsqueda de aprovechar las condiciones atmosféricas externas favorables capaces de cambiar los índices de temperatura y humedad interior.

Ramón (1976) clasifica la aireación de la siguiente manera:

- Aireación cruzada, que ocurre cuando existen dos ventanas en fachadas opuestas por donde el aire entra y sale del ambiente generando así una corriente de aire.
- Aireación por tiro natural, que ocurre cuando hay diferencias de presión del aire, causadas por la diferencia de temperatura interior e exterior.
- Aireación cruzada entubada, sistema propuesto por el autor que consiste en “[...] comunicar con la fachada opuesta *cada cuarto independiente*, por un conducto individual; alojado, por ejemplo, en el cielo raso” (RAMÓN, 1976, p.13)

Ramón (1976), también trata de la ventilación mecánica, por aire natural, a través de ventiladores–extractores y también ventilación mecánica por aire acondicionado.

Grosso (2008) afirma que el movimiento del aire alrededor del cuerpo de una persona influencia en la sensación de confort térmico, al favorecer el intercambio de calor por convección entre el cuerpo y el aire y por la evaporación del sudor de la piel, calor cedido por la transpiración. Cuanto mayor la velocidad del aire en movimiento en contacto con el cuerpo, mayor la sensación de refrescamiento, minimizando los efectos incómodos generados por altas tasas de humedad en el aire.

“La ventilazione è un parametro importante poiché agisce direttamente sul comfort degli individui e può causare, se non valutato attentamente (ad esempio consentendo velocità eccessive) situazioni di discomfort. Inoltre, essa influisce sulla qualità dell’aria interna e, quindi, sulle condizioni di salute degli occupanti” (GROSSO, 2008, p.109)

El autor habla también del efecto de la presión del viento sobre la fachada del edificio. Este coeficiente de presión depende de varios parámetros: rugosidad del terreno, densidad urbana del área inmediatamente circundante al edificio, altura del edificio y de los que son sus vecinos, forma del edificio, ángulo de incidencia del viento sobre la fachada que se estudia y posición del elemento que se examina.

Sobre el efecto de la diferencia de temperatura, Grosso (2008) comenta que esta diferencia entre el interior y el exterior de un ambiente determina una diferencia de densidad del aire y una consecuente diferencia de presión, que genera un movimiento vertical del aire – efecto camino. Y complementa que la ventilación natural se percibirá en un ambiente si existen dos ventanas, una ubicada en la fachada que sopla el viento y la otra a sotavento. Si no cumple esta condición, existirá un movimiento de aire deficiente que puede contribuir muy poco al refrescamiento del ambiente y de los usuarios.

Buono (1998) considera la ventilación natural una estrategia simple e idónea a ser adoptada en climas calientes-húmedos para obtener el confort ambiental. Considera que a una velocidad de 1.5 m/s a 2.0 m/s en el área interna, se consigue comodidad por el refrescamiento, sobre todo en las regiones donde a lo largo del verano no se supera temperaturas entre 28° y 32°C (dependiendo de la aclimatación de la población) y cuando la variación térmica diurna es menor de 10°C.

[...] la ventilazione naturale può essere ottenuta a partire dalle “forze” naturali del vento e della temperatura. Si ha una differenza di pressione tra interno ed esterno degli edifici prodotta dalla differenza del vento e dalla differenza di temperatura. La pressione del vento che si ottiene su un edificio dipende dalla direzione e dalla velocità del vento e dalla forma dell'edificio. La differenza di temperatura tra interno ed esterno, genera una differenza della densità dell'aria che a sua volta produce differenze di pressione (BUONO, 1998, p.26-27)

El autor explica que la ventilación por efecto de la diferencia de temperatura es conocida como “ventilazione di accumulo” y “ventilazione termica in abbondanza” Y define algunas estrategias fundamentales para el refrescamiento pasivo garantizado por la ventilación natural:

- Cuando la apertura que conecta el interno y externo es única, ocurre una coincidencia entre el flujo que entra y sale del ambiente y las características de los flujos son determinadas por la combinación de la diferencia entre viento y temperatura.
- En el caso que las aberturas estén ubicadas en lados opuestos de un ambiente, se puede producir la ventilación cruzada, y para que sea más efectiva, hay que tener en cuenta la disposición interna del mobiliario y de los ocupantes.
- El refrescamiento nocturno es una buena estrategia de retirada del calor del interior del edificio para que se reduzca la necesidad del refrescamiento diurno.

Según Allard (1998), el comportamiento térmico de un edificio está totalmente unido a la ventilación y al aire de infiltración. A la vez, el flujo de aire depende de los niveles de diferencia térmica en la zona construida. En ausencia de viento, estas diferencias son las únicas fuerzas impulsoras para la ventilación.

El autor define tres objetivos para la ventilación diurna: enfriamiento del aire interior como al aire exterior siempre y cuando las temperaturas sean más bajas que las temperaturas interiores, refrescamiento de la estructura del edificio y efectos directos de refrescamiento sobre el cuerpo humano a través de la convección y evaporación. Sobre la ventilación nocturna, aplicable a edificio de oficinas donde no se utiliza por las noches, se recomienda la ventilación natural con el objetivo de utilizar la masa térmica del edificio como un soporte de almacenamiento intermedio, que permite el uso del frescor generado por la noche anterior.

Edwards (2005) hace distinción entre el término “ventilación pasiva” y “ventilación natural”. Él considera que el primer nombre se refiere a estrategias de ventilación que se apoyan en el viento y en las diferencias de temperatura. El segundo término se refiere a la solución en que se extrae el aire interior de los espacios a través de las corrientes producidas por el viento inducida por diferencias de presión y el llamado efecto chimenea, concepto que Edwards (2005) denomina “Passive Stack Ventilation – PSV”

Esta solución es muy útil para ambientes en que las aberturas se encuentran en la parte superior del muro, o en la cubierta, como en baños, cocinas y habitaciones utilitarias. Este sistema puede ser considerado como el refinamiento de la chimenea, que es utilizada desde hace muchos años para extraer el humo producido por el fuego. Pero el concepto de extracción de aire viciado en los hospitales a través del PSV se puede encontrar en Reino Unido desde hace mucho tiempo. “The concept of the use of ducts for extraction of stale air within hospitals is encountered in the UK at least as early as Victorian times” (EDWARDS, 2005, p.118)

2ªPARTE

LOS HOSPITALES

4. EDIFICIO HOSPITALARIO

4.1 Antecedentes históricos

Se debe resaltar que las diferentes maneras de tratar la salud humana no presentan evolución lineal, en el sentido de superioridad de esta o de aquella forma - las más diversas visiones conviven hasta los días de hoy. Solo se puede hablar de predominancia de una explicación y forma de tratamiento en determinado grupo social, en determinado momento. (CARVALHO, 2009, p.15)

En Cataluña, las primeras instituciones asistenciales surgen en la época del Imperio Romano para atender a los viajeros que transitaban por los caminos públicos. Cuando el Estado deja de cumplir con esta función, pequeños grupos monásticos pasan a ocupar estos edificios y a ofrecer hospitalidad a los peregrinos pero también a los pobres (no necesariamente enfermos), dándoles abrigo, comida y bebida. Con el tiempo, estas instituciones se organizan mejor y pasan a estar asociadas a un edificio parroquial que recibe donaciones de la sociedad civil, que mantiene la práctica cristiana de ayudar a los necesitados. (RIU I RIU, 2001)

La caridad es la virtud suprema, y el cuidado de los enfermos es una de las principales manifestaciones del amor a Dios. Para el cristiano, obsesionado con el hecho de que Dios tuvo que nacer en un establo porque nadie dio alojamiento a sus padres, el huésped es mucho más: es la representación de Cristo. (PICAZO, 2011, p.25)

A partir del siglo X, además de la Iglesia, los ciudadanos también pasan a ejercer la hospitalidad prestando asistencia a los viajeros, pobres, enfermos y huérfanos. Así, empiezan a surgir los primeros hospitales.

En Barcelona, se puede considerar que el primer hospital ha surgido entre los años 971 y 985, denominado Hospital de la Seu i Santa Eulàlia, o d'en Guitard, por haber sido fundado por el vizconde Guitard, o también Hospital de la Canonja, por estar situado en la Baixada de la Canonja (RIU I RIU, 2001)

Durante el siglo XII pasa a ser frecuente la construcción de hospitales en las afueras de la ciudad, a partir de siglo XIII también empiezan a surgir centros asistenciales en los núcleos urbanos, aunque se trataban de alojamientos de pequeña capacidad, de un mínimo de 4 y un máximo de 18 camas. En el siglo XIV, el surgimiento de nuevas instituciones hospitalarias se multiplica, algunas mantenidas por gremios y confradías fundadas por profesionales y artesanos, y otras mantenidas por donaciones de nobles y burgueses. Según Picazo (2011, p.30), el acto de ayudar al prójimo tenía también otras intenciones: “Aparecen hospitales promovidos por particulares que han acumulado en vida riquezas y poder, y que se aprovechan del prestigio de la caridad para conseguir fama y recuerdo eterno”

Desde la época medieval hasta finales del siglo XIX es posible identificar algunos sistemas de arquitectura hospitalaria predominantes en la sociedad occidental europea: el de nave y claustro, el radial o cruciforme y el pabellón. Ellos son el reflejo de la manera como se entendía el fenómeno de la enfermedad y de la cura. Este modelo evolucionó de uno a otro a medida en que se presentaron más enfermos, necesidad de más espacio, nuevos procedimientos, evolución científica, reconocimiento de las personas capacitadas en orientar y auxiliar la convalecencia, hasta llegar a los modelos complejos de arquitectura hospitalaria que se puede encontrar en los días actuales.

4.1.1 Sistema de Nave y Claustro

Se puede considerar que durante el periodo de Edad Media, el proceso de enfermedad era como una especie de castigo divino y la curación era más bien entendida como una manifestación del sagrado o casi un milagro. Era más importante orar y buscar una cura espiritual que encontrar una forma de sanar el paciente. En este período, los templos religiosos o edificios asociados a la Iglesia eran utilizados como espacios de acogida y aislamiento del sujeto de la sociedad, se practicaba el abrigo y la caridad.

La enfermería estaba aislada y tenía al lado de la capilla para que los enfermos pudieran ver el altar y los oficios. No se debe olvidar nunca que el tratamiento médico era inadecuado y que la comunicación con Dios era más urgente que con la de un médico o un monje practicante. (PEVSNER, 1979, p.168)

Vigoraba el sistema de nave que era como un gran salón rectangular y que podía estar anejo a un claustro, por eso también denominado nave y claustro. En su interior siempre estaba presente un altar religioso y la gente era amontonada sin cualquier cuidado para “pagar sus pecados”. Como podía haber más de una persona por cama, apenas se cuidaba para que hubiera separación por sexo. No había un procedimiento de tratamiento establecido, ni la figura del médico o enfermero reconocidos y esta manera en tratar el enfermo se reflejaba en la arquitectura de estos espacios.

Uno de los ejemplos europeos más conocidos de hospital de esta época es el Hôtel-Dieu de Paris, con construcción iniciada a finales del siglo XII y concluida en el siglo XIII. Con sistema de naves, planta extendida en el siglo XVII y que se mantuvo en su sitio original hasta el siglo XVIII. Según Pevsner (1979, p.168): “El número total de camas estimado a finales de la Edad Media es de aproximadamente 450; el número calculado de pacientes alrededor de 1280, lo que quiere decir tres pacientes por cama, sin discriminación de enfermedad” Algunos autores incluso hablan de seis, hasta ocho personas por cama. Esta situación sumada a una precaria ventilación se reflejaba en altas cifras de mortalidad.

En la figura a seguir, se encuentra un ejemplo de hospital de la época medieval en forma de nave ubicado en Francia. Se trata del Hôtel-Dieu de Tonnerre (Figura 2.1), fundado cerca del año 1293.

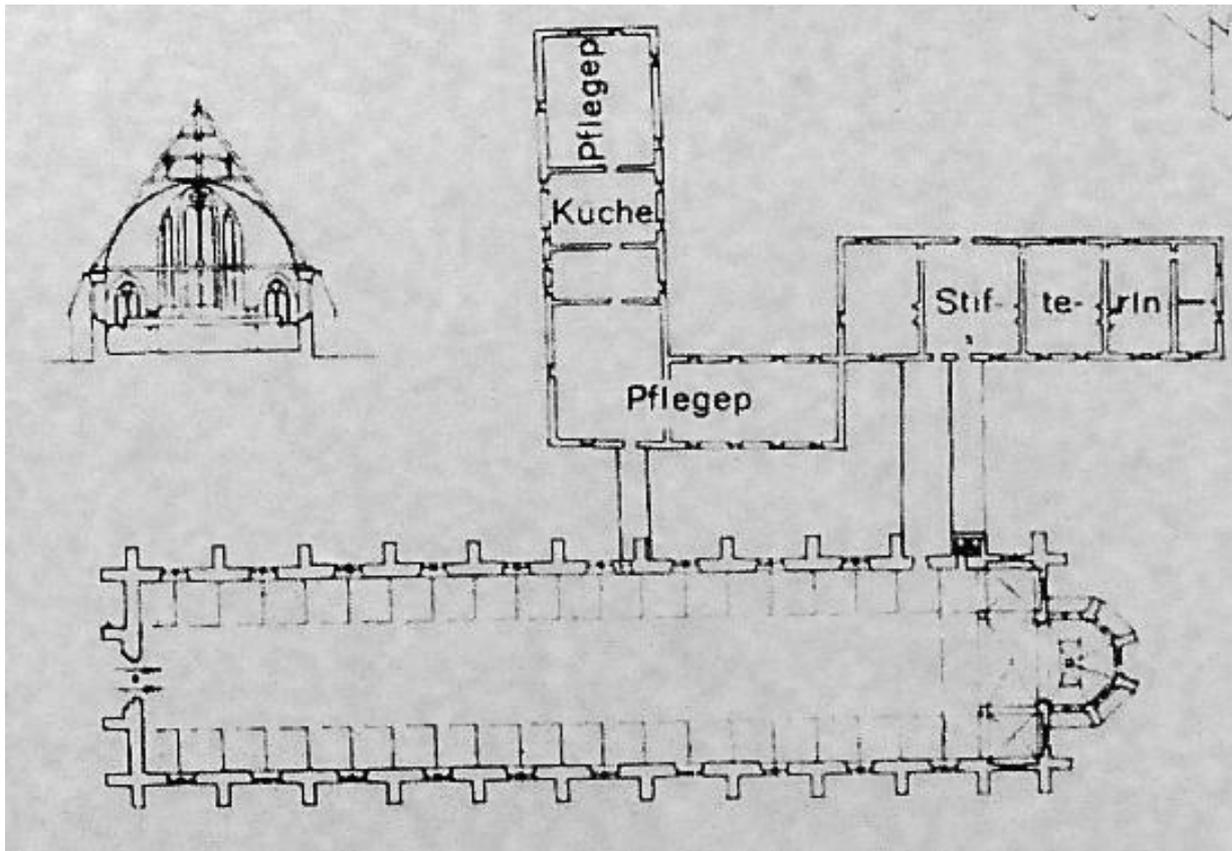


Figura 2.1 - Hôtel-Dieu de Tonnerre, enfermería. (PERVSNER, 1979, p.166)

En Cataluña, las primeras instituciones empiezan a surgir a partir del siglo X, fundados por ciudadanos o por grupos monásticos que atendían a enfermos y huérfanos como forma de caridad. Pero al final del siglo XIV las instituciones existentes ya estaban en manos de la Iglesia o de la Burguesía, bajo fiscalización de la administración pública. En esta época el médico ya empieza a ser reconocido, necesitado y autorizado a trabajar en los pequeños hospitales existentes.

En esta época, con los cambios que pasan a existir en la forma de tratamiento, debido a la presencia del médico; con el objetivo de mejorar la administración de los gastos destinados a los hospitales y con la tendencia del poder público de centralizar las acciones, se pasa a aspirar la idea de crear hospitales generales, donde se fusionarían las pequeñas instituciones en una sola. (PICAZO, 2011)

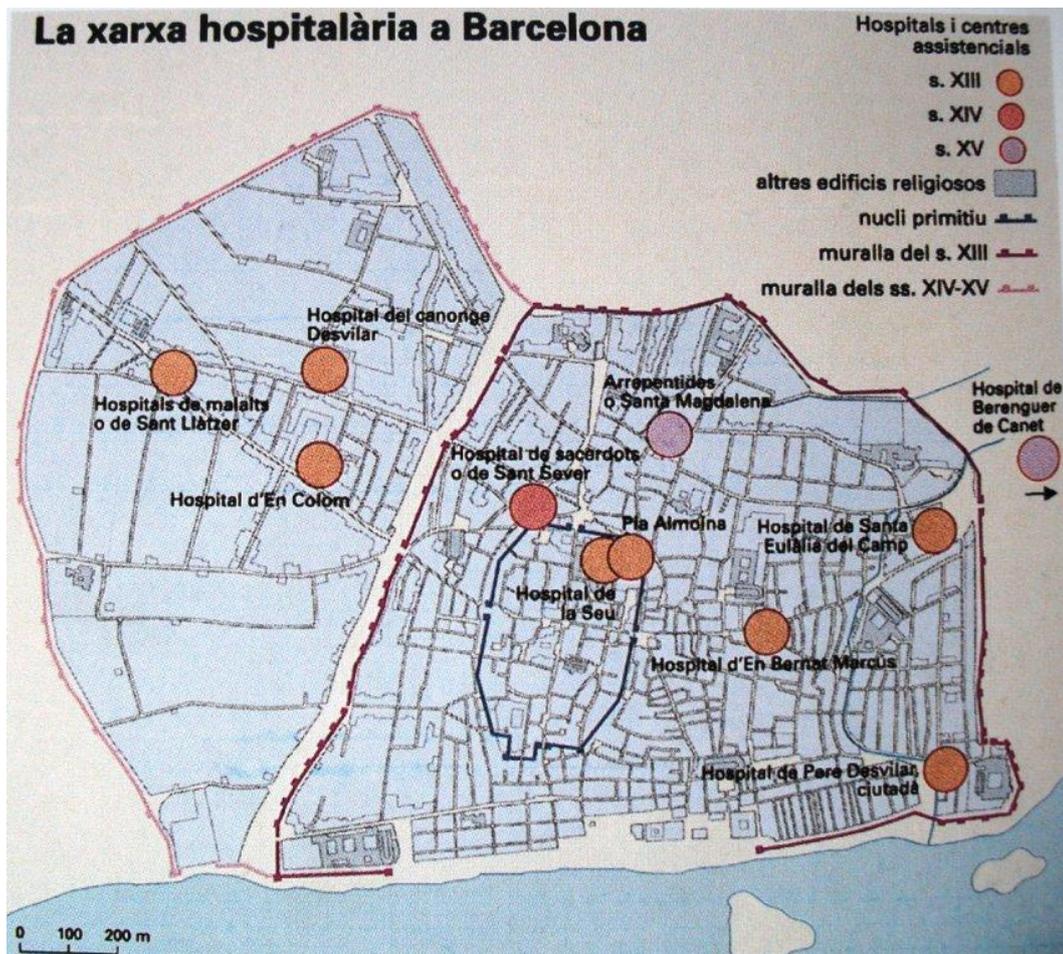


Figura 2.2 - La red hospitalaria de Barcelona (RIU I RIU, 2001, p.19)

El Hospital General de la Santa Creu

Es en 1401 cuando se dan inicio las obras del Hospital General de la Santa Creu de Barcelona, considerado el más importante edificio hospitalario de Cataluña. El edificio se ha ubicado en la calle Hospital, aprovechando las instalaciones del antiguo Hospital d'En Colom. Su construcción tuvo por objetivo unir en un solo edificio las instituciones más representativas que prestaban el servicio de caridad y, de esta manera, administrar mejor los gastos económicos que esto representaba.

Este centro asistencial ha sido construido y mantenido por la fuerza conjunta de la administración del hospital con la sociedad civil, a través de generosas donaciones, tanto públicas cuanto privadas en forma de casas, terrenos, dinero y de todo tipo de material de construcción; además del interés y apoyo de las autoridades eclesiásticas y real. (DOMÈNECH, 2001)

La forma arquitectónica sigue el estilo de la época, siendo utilizado el sistema de naves alrededor de claustro. Y el espacio destinado a la capilla es lo que se ha aprovechado de las instalaciones del antiguo hospital existente en el local.

Las obras se iniciaron en el solar interior del Hospital d'En Colom y su plan, siguiendo el modelo medieval, disponía naves de dos plantas alrededor de un claustro rectangular; la nave inferior cubierta por bóvedas de crucería con nervios y plementería de piedra y la superior con arcos diafragmáticos también de piedra, envigado de madera y cubierta de tejas cerámicas. (HERNANDEZ-CROS et al, 1990, p.99)



Figura 2.3 - Hospital de la Santa Creu. Interior de una nave - sala para mujeres
(DANON I BRETOS, 2001, p.41)



Figura 2.4 - Claustro Norte y patio interior del Hospital de la Santa Creu
(DOMÈNECH, 2001, p.30)

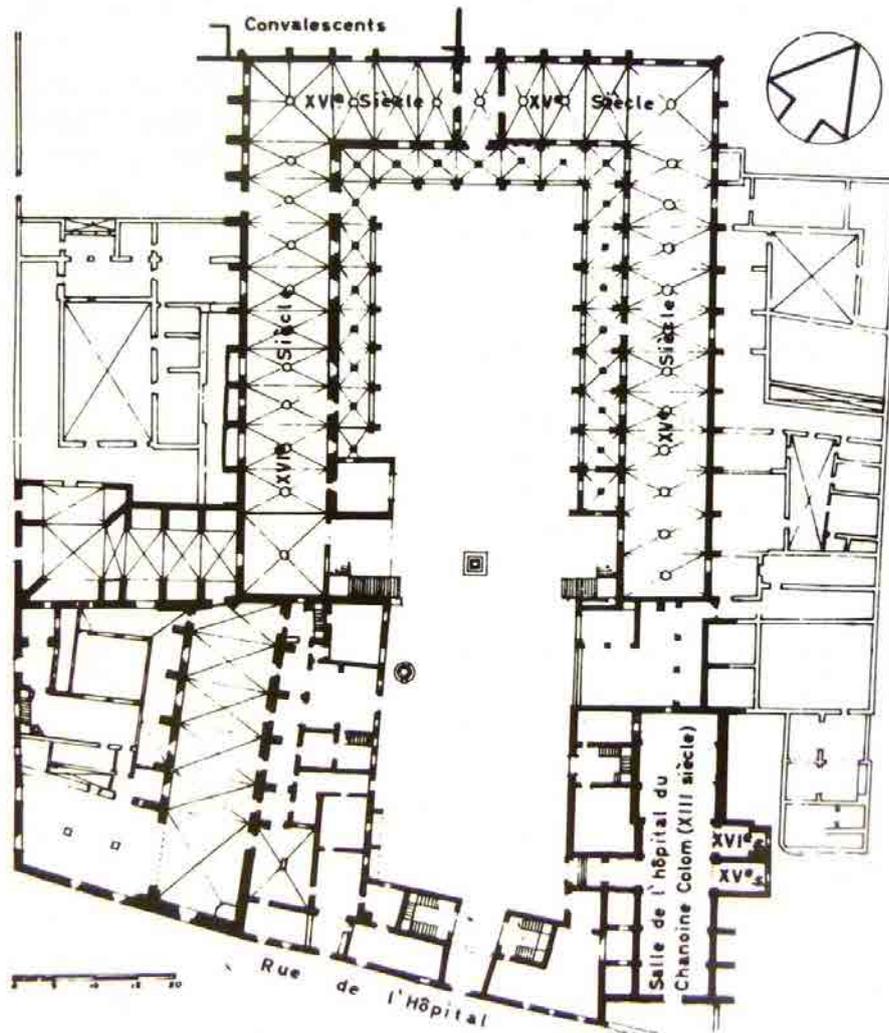


Figura 2.5 - Planta del Hospital de la Santa Creu en 1585
(HERNANDEZ-CROS; MORA; POUPLANA, 1990, p.101)

Las obras se dieron al largo de varios años, con la participación de varios maestros de obra, siendo Guillem Abiell el que estuvo encargado de la edificación del claustro, en lo cual ha participado entre los años 1406 y 1414. Esta fase corresponde al período de la primera etapa de construcción, cuando se ha puesto de pie la nave de levante, el claustro, la iglesia, la farmacia y algunas instalaciones menores.

La construcción del Hospital de la Santa Creu sigue hasta mediados del siglo XV, retoma sus actividades en el siglo XVI, cerrando el claustro por la parte norte con la construcción de la nave de poniente; se complementa con obras realizadas en el siglo XVIII y finaliza el edificio en el siglo XIX. (HERNANDEZ-CROS; MORA; POUPLANA, 1990).

Durante 400 años ha sido el hospital más importante de Barcelona, llegando a disponer de 950 plazas hospitalarias en el año 1740. Ha sido un centro asistencial que ha recibido enfermos procedentes de otras regiones de Cataluña, de Aragón, de Castilla, de Francia y además de otras ciudades mediterráneas, con lo cual los pacientes llegaban por vía marítima a recibir los cuidados. (DANÓN I BRETOS, 2001)

4.1.2 Sistema de Naves Cruzadas (Cruciforme - Radial)

Regresando a la explicación de los sistemas arquitectónicos de hospitales, retornamos al siglo XV. Al final de la época medieval, se nota un aumento en el número de enfermos, por el incremento de la población en las ciudades y por las frecuentes epidemias, que eran muchas veces generadas por las aglomeraciones. Esta creciente demanda por atendimento, sumada a la necesidad de sistematizar la vigilancia de los mismos, posiblemente es lo que da lugar a una nueva tipología arquitectónica, un nuevo sistema que se trataba de naves en forma de cruz alrededor de claustros. Este cruce generaba un espacio ideal para instalar los altares y era estratégico para que estuviera personal de vigilia. Además, los patios de luz que estaban circundados por los claustros servían tanto para iluminar las naves, cuanto para el paso del personal.

Durante el período del Renacimiento, empiezan a surgir las primeras teorías sobre el origen de las enfermedades y epidemias, pero se sigue con el paradigma de la influencia del sagrado en el proceso de curación, reflejado por la existencia de altares e iconos religiosos en los espacios destinados a esta función. Entretanto, con el surgimiento de este nuevo modelo, se empieza a establecer algunos procedimientos de cura y separación de los afectados por patologías.

Aunque este sistema se popularizó en Europa apenas en el siglo XV y XVI, se sabe que en Florencia, Italia, en 1286, se ha empezado a construir el primer ejemplo - Santa Maria Nuova, que ha servido de referencia para los demás proyectos desarrollados más adelante.

En el siglo XV, el ejemplo más importante es el proyecto propuesto por Filarete para el Ospedale Maggiore de Milán. (Figura 2.6) Está dibujado en esquema cruciforme, compuesto por un patio central donde se ubica una capilla, con cuatro naves cruzadas por cada lado y con un altar en el cruce entre ellas. Además se ha propuesto que en este cruce se construyera una cúpula octogonal para promocionar ventilación. Y para purificación del aire, dos chimeneas deberían estar siempre encendidas. (PICAZO, 2011). El autor tenía la preocupación de que el espacio estuviera siempre limpio y ha también propuesto un sistema de canales para que el agua de lluvia fuera captado, almacenado, conducido por canales hasta las estancias y finalmente conducido hasta el río. (PEVSNER, 1979)

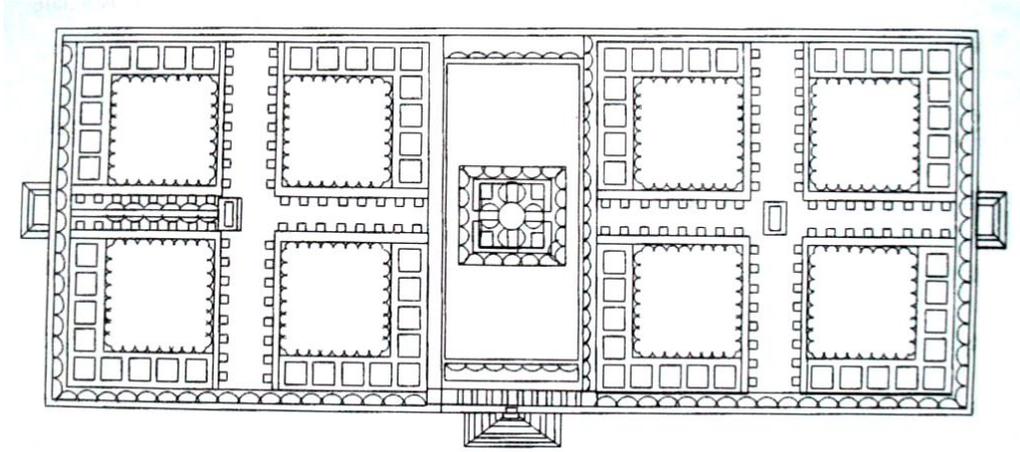


Figura 2.6 - Planta de Filarete para el Ospedale Maggiore. (PICAZO, 2011, p.32)

A principios del siglo XVI, empiezan a surgir en España los primeros ejemplos de hospitales con planta en forma de cruz, diseñados por el arquitecto Enrique Egas. “[...] el Hospital Real de Santiago de Compostela, del año 1501-1511, el hospital de la Santa Cruz de Toledo, del año 1504-1514 (Figura 2.7) y (Figura 2.8) y el hospital Real de Granada, que empezó a construirse también en 1504, pero de una manera lenta”. (PEVSNER, 1979, p.170).

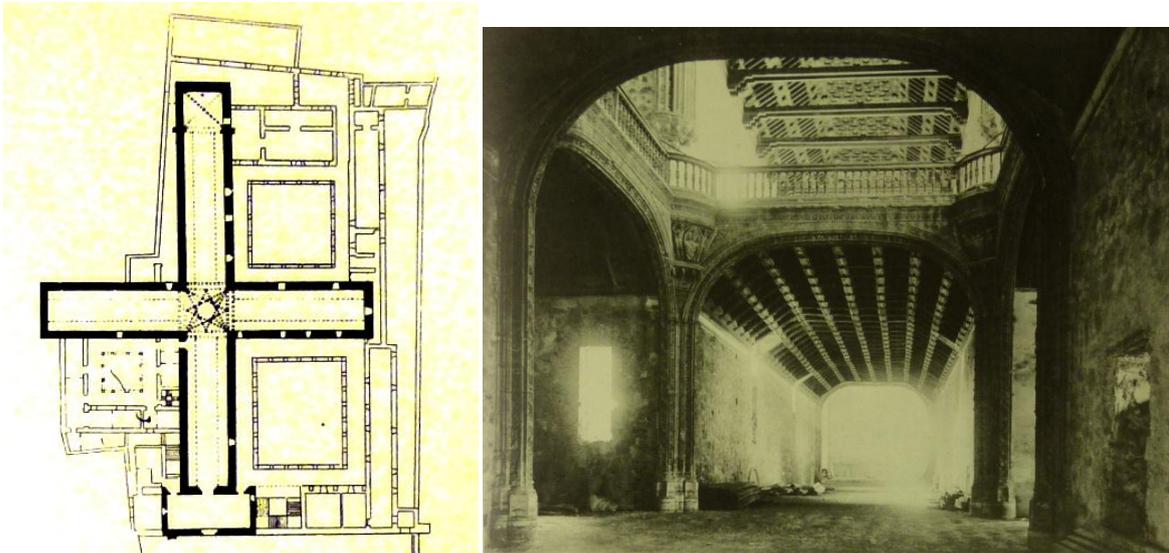


Figura 2.7 - Planta del Hospital de la Santa Cruz, Toledo (PEVSNER, 1979, p.173)

Figura 2.8 - Imagen del cruce de naves (PEVSNER, 1979, p.173)

Gradualmente, con la necesidad de generar más espacios separados para los enfermos, esta tipología se va incrementando, incorporando más radios y así más naves cruzadas, hasta llegar a ser un sistema radial, con el altar en el centro.

El primer ejemplo de esta tipología lo ha proyectado el arquitecto Antoine Desgodets, a finales del siglo XVII. “Su proyecto [...] tenía un centro octágono y dieciséis salas radiales. En el centro debía haber una cúpula por donde salía el aire viciado”. (PEVSNER, 1979, p.174). Otro ejemplo es el proyecto del arquitecto Leonhard Christoph Sturm, que en 1720 ha proyectado un hospital con una capilla octogonal en el centro, rodeada por ocho naves.

A partir del primer incendio que destruye parte del famoso Hôtel-Dieu de París, en 1772, el tema de la necesidad de ventilación empieza a ganar fuerza a través de la publicación de varios manifiestos y de proyectos, porque se pensaba que la alta tasa de mortalidad de este hospital era debido, principalmente a la falta de ventilación.

[...] este episodio que podría haber dado lugar a un mero proyecto de reconstrucción, cosa que también hizo, abrió uno de los más importantes debates en la historia de la asistencia social, ocupando lo que quedaba de siglo con una multitud de manifiestos, tratados, reuniones y proyectos al respecto. (PIELTAIN, 2000, p.12)

Una de las propuestas para el nuevo hospital ha sido del cirujano Antoine Petit, que ha presentado en 1774 un proyecto en forma radial para 1824 enfermos, con una cúpula central que debería permitir la renovación del aire. (Figura 2.9), descrito por Picazo (2011, p.51) como: “[...] el gran cono central, verdadero mecanismo de purificación del aire y de paso de extracción de enfermedades”

.En la misma línea de raciocinio, Bernart Poyet y Claude-Philippe Coquéau han presentado en 1785 un proyecto para el mismo hospital también en sistema radial, pero aun más ambicioso, con capacidad de 5000 plazas y con una capilla central ubicada en un patio descubierto que serviría para ventilar todas las naves a través de las galerías abiertas (Figura 2.10).

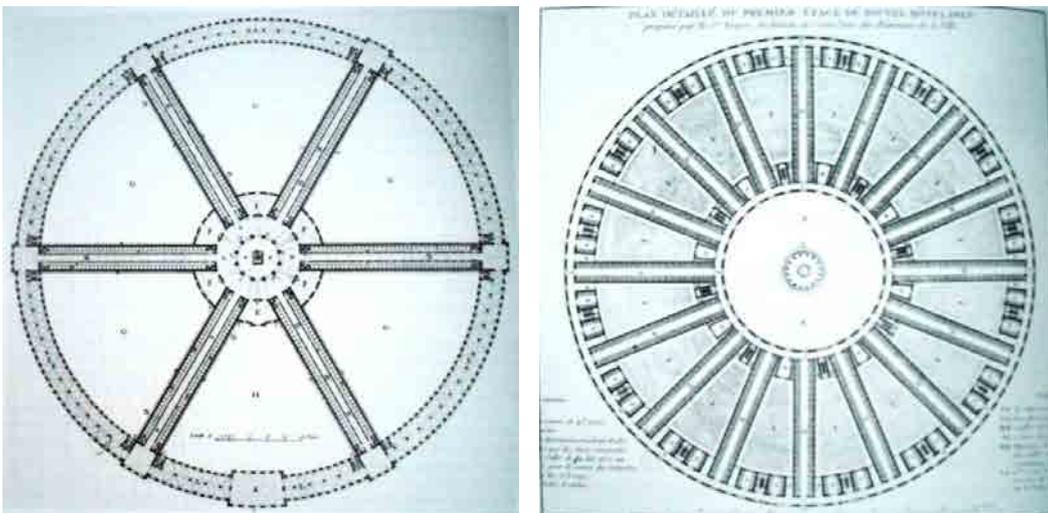


Figura 2.9 - Proyecto de Antoine Petit, 1774

Figura 2.10 - Proyecto de Bernart Poyet, 1785. (PICAZO, 2011, p.50, p.54)

También el primer proyecto presentado para este hospital, por el científico Jean Baptiste Le Roy en 1773, con la colaboración del arquitecto Charles-François Viel, previa grandes conductos de ventilación en la cubierta, pero con una tipología distinta de las anteriores. Él consideraba que el hospital debería ser una máquina de curar enfermos.

Estas enfermerías tienen una altura imponente (doce metros), que garantiza un gran volumen de aire por enfermo, y diez cúpulas provistas de chimeneas se encargan de garantizar la ventilación. De esta manera cada enfermo puede disponer de suficiente aire puro, libre de miasmas y emanaciones, y en constante renovación. (PICAZO, 2011, p.45)

4.1.3 Sistema de Pabellón

El proyecto descrito anteriormente para el nuevo Hôtel-Dieu de Paris ya revela lo que serían algunas de las claves de la arquitectura hospitalaria de los años siguientes. En el siglo XIX, la evolución científica en el campo de la sanidad conduce a un cambio significativo en los procedimientos con los enfermos y eso se ha reflejado en la arquitectura, con la adopción del sistema de pabellón y la defensa del uso de la iluminación y ventilación natural. “En esta nueva edad de la Razón la higiene y la ciencia fueron ganando terreno a la oración” (PIELTAIN, 2000, p.18)

Este sistema hospitalario se caracterizaba por tener naves destacadas del cuerpo principal del edificio, conectadas en sus laterales con áreas descubiertas, de modo que se permitiera ventilar a través de ventanas opuestas ubicadas en las fachadas más largas. Eso, asociado a altos techos, a una separación mínima entre camas y a limitación de número de pacientes por bloques garantizaba una cantidad de renovación de aire que favorecía el proceso curativo.

Otra característica muy importante era la debida clasificación y separación de los enfermos, de modo a favorecer el mejor tratamiento y evitar que la persona tuviera contacto con otras enfermedades. Todo eso dentro de altas condiciones de higiene.

A seguir, un ejemplo destacado de sistema de pabellón en Paris. El Hospital Lariboisière. (Figura 2.11). Ha sido proyectado en 1839 por Gauthier y construido entre 1846 y 1854. Un proyecto admirado por críticos de la época y que ha servido de referencia para los demás. Se trata de un gran patio central con administración, capilla y salas en los extremos; y pabellones paralelos entre sí dispuestos por un lado y por otro, separados por patios con jardines que permitían la entrada de los rayos del sol y la ventilación.

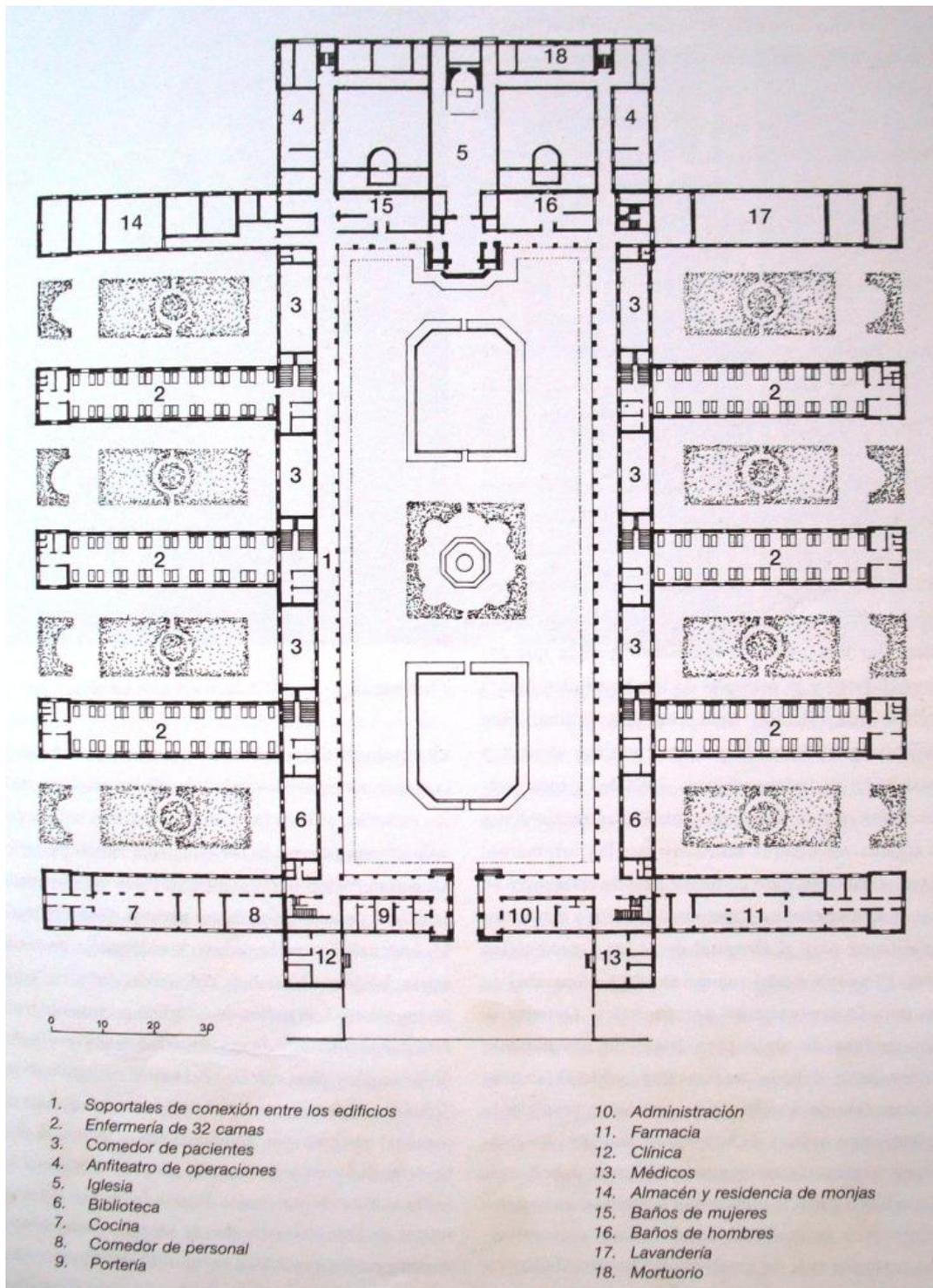


Figura 2.11 - Planta del Hospital Lariboisière, Paris. (PIELTAIN, 2000, p.21)

Este sistema de arquitectura hospitalaria estaba también influenciado por la teoría miasmática, que creía que las enfermedades eran originadas por los gases tóxicos emanados por la sangre, combinados con el aire contaminado generado por los procesos de putrefacción de aguas y suelos. Se creía que estos gases, también denominados miasmas, estarían muy presentes en los espacios confinados de gente en precarias

condiciones, locales sucios y mal olientes. Y que ese podría ser el origen de las pestes y epidemias, tan comunes en las sociedades europeas aglomeradas en ciudades amuralladas.

Además de la preocupación ambiental, también es un período en que la figura del médico y del cirujano pasa a ser más reconocida en el proceso curativo. La Facultad de Medicina en Francia y la Real Academia de Cirugía tuvieron un gran progreso científico e influenciaron a muchos países europeos. De modo que la formación médica pasó a ser valorada y cada vez más necesitada.

En esta época, el profesional de enfermería también empieza a surgir y a ganar importancia, principalmente en los países con órdenes protestantes. “[...] pues carecían del sostén caritativo de las órdenes religiosas y se veían obligados a contratar un personal sustituto que cuidase de sus enfermos” (PIELTAIN, 2000, p.22).

Una de las defensoras del sistema de pabellón es Florence Nightingale, que ha declarado en 1863 que el primer requerimiento de un hospital es no causar daño a los enfermos. Se trata de una enfermera inglesa que se hizo conocida por sus cuidados con la higiene y la asepsia en el Cuartel-hospital de Scutari en Turquía, donde ha conseguido reducir el índice de mortalidad por cólera de los heridos de guerra de un 42% a un 2,2%. Sus ideas también han dado origen al diseño denominado enfermería Nightingale, que ha servido de modelo para varios hospitales en sistema de Pabellón.

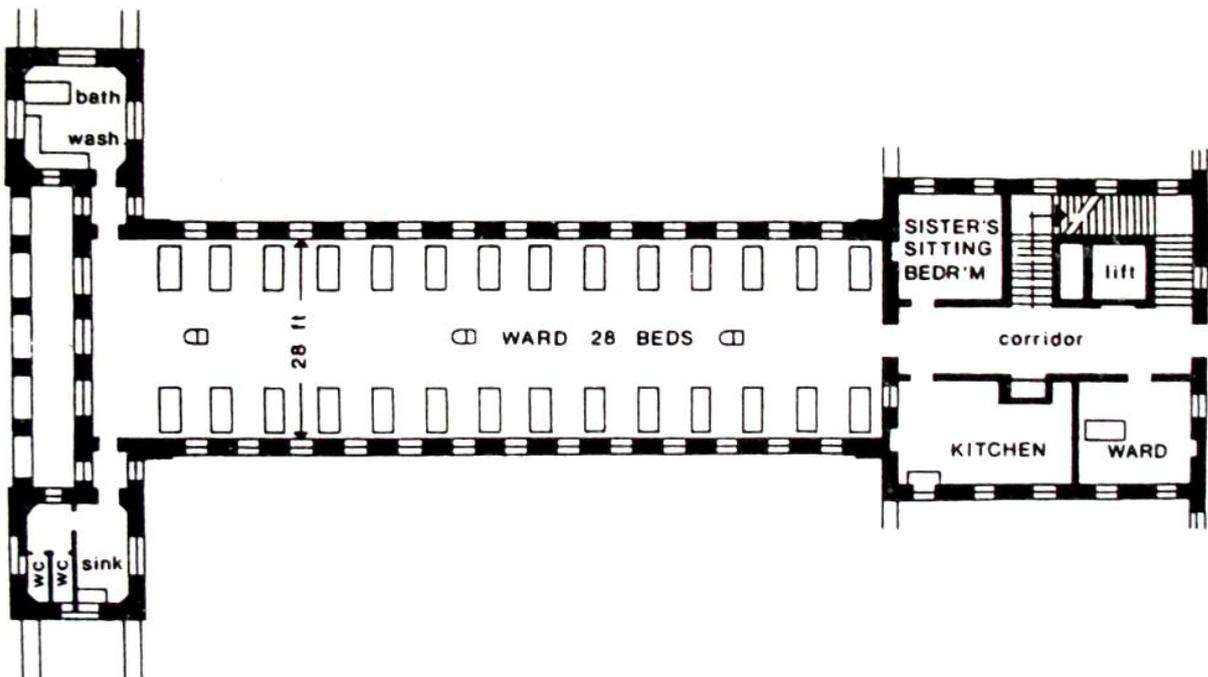


Figura 2.12 - Planta de un modelo de enfermería Nightingale (PIELTAIN, 2000, p.27)

Todo este proceso evolutivo de los descubrimientos científicos y los avances con el tema de la higiene, asepsia, aireamiento y asoleo de los espacios son determinantes en el uso y expansión del sistema hospitalario de pabellón.

En Catalunya, en pleno siglo XIX, el Hospital de la Santa Creu seguía siendo una institución de referencia en la región, pero las instalaciones ya no eran suficientes para atender a la crecida población, tenía serios problemas de higiene y la falta de espacio para ampliación ha generado la degradación por hacinamiento.

Barcelona era una ciudad amurallada que sufría con la presión de la gran densidad demográfica. La población vivía confinada en calles estrechas, con mala ventilación e iluminación y en precarias condiciones sanitarias. Todo eso se reflejaba en brutales epidemias, como las de fiebre amarilla y de cólera que fueron responsables por la muerte de miles de personas en las décadas de 20, 30 y 50. Este panorama ha sido decisivo para la tomada de decisión del Gobierno en derribar las antiguas murallas.

Desde entonces, a partir de mediados del siglo XIX, la expansión de la ciudad se dio bajo las premisas del proyecto del ingeniero Ildelfonso Cerdà, que tenía como prioridad dar mejores condiciones sanitarias a la población a través de espacios amplios, abiertos, ventilados y bien iluminados a través de un nuevo trazado de calles y de manzanas de viviendas.

Con la expansión de la ciudad, nuevos hospitales fueron construidos, de modo que gradualmente ciertas funciones, que antes estaban concentradas en el Hospital de la Santa Creu, se fueron trasladando a instituciones especializadas. Hasta que en 1926, se hubo que trasladar sus funciones al nuevo Hospital de la Santa Creu i de Sant Pau, siendo este finalmente inaugurado en 1930.

Este proceso tuvo inicio con la creación de la Casa Provincial de Maternidad, 1853 y del Hospital San Joan de Deus, en el área de la Obstetricia y Pediatría. Se seguirían los diversos Centros de Salud Mental, con destaque para el Manicomio de la Santa Creu. La función de enseñanza fue retirada con la fundación del Hospital Clínico y Provincial. El Hospital del Mar representó la salida de las enfermedades infecciosas y leprosería. Por último, fue transferido el propio Hospital de la Santa Creu, con desactivación de sus antiguas instalaciones (CARVALHO, 2009, p.49)

La mayoría de los nuevos hospitales fueron construidos siguiendo el modelo de la época, que era de sistema de pabellón, que representaba lo que había de más avanzado en tema de arquitectura hospitalaria.

Los edificios construidos a finales del siglo XIX y principios del siglo XX también estuvieron influenciados por el importante movimiento artístico - cultural denominado Modernismo Catalán.

Casa Provincial de Maternidad - Obstetricia

Figura 2.13 - Casa de Maternidad. (COMAS I COMA; MIRALLES, 1994, p. 53)

El proceso de especialización de los hospitales ha sido posible por la Ley de Beneficencia de 1849. La primera institución creada ha sido La Casa Provincial de Maternidad destinada al área de obstetricia y pediatría. Ha sido constituida en el año 1853, inicialmente en un espacio agregado a la Casa de la Misericordia en la calle de Ramelleres. Al principio, los principales objetivos de esta institución eran abrigar niños abandonados y realizar el parto de madres solteras.

En 1884 se hace el traslado de algunas actividades a un solar en Travesera de Les Corts de Sarrià. En 1890 se inician las obras, en la misma ubicación, dirigidas por el arquitecto Camil Oliveras i Gensana. En 1892 se hace el traslado del departamento de maternidad a las primeras instalaciones finalizadas. En 1998 el arquitecto Josep Bori i Gensana asume la dirección de la obra y finaliza la primera etapa de las construcciones. (COMAS I COMA; MIRALLES, 1994)

Se trata de un conjunto de pabellones con fachadas al estilo modernista. Este proyecto ha sido de los primeros a expresar esta nueva estética arquitectónica, con sus elementos decorativos, motivos florales y mosaicos cerámicos de colores.

Hospital San Joan de Deus – Pediatría

Figura 2.14 - Hospital San Joan de Deus (COMAS I COMA; MIRALLES, 1994, p. 127)

Esta obra ha sido fundada en 1867 por el sacerdote milanés Benedetto Menni, a través del Orden hospitalaria de Sant Joan de Deu. Inicialmente se ha llamado Hospital de la Puríssima Concepció, se ha situado entre las calles Muntaner y Rosselló y tenía como objetivo atender a los niños enfermos, raquíticos o con disminución física. Ha sido considerado así el primer Hospital infantil de España. (COMAS I COMA; MIRALLES, 1994)

Con los años, ha crecido la demanda y el hospital se ha expandido en número de camas, además han surgido nuevos espacios y servicios de atendimento. En 1881, se hace necesario el traslado a otra localidad. El nuevo recinto pasa a estar en el barrio de Les Corts y se convierte en Asilo de la Puríssima Concepció de Les Corts. A partir de 1912 se convierte en hospital especializado en pediatría, ginecología y obstetricia. Hasta que finalmente en 1972, se traslada a Esplugues de Llobregat, donde está ubicado el edificio actual. (CARVALHO, 2009)

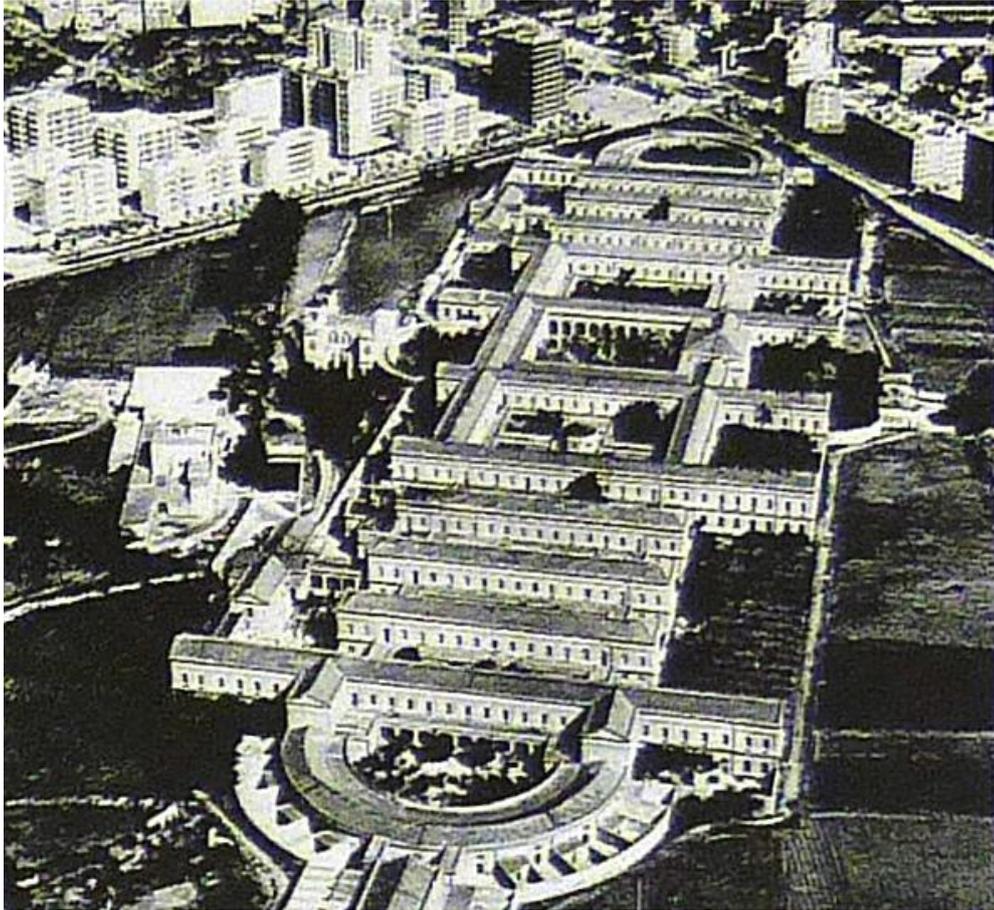
Manicomio de la Santa Creu – Salud Mental

Figura 2.15 - Manicomio de la Santa Creu (COMAS I COMA; MIRALLES, 1994, p. 27)

En 1854 la MIA (Molt Il.lustre Administració) del Hospital de la Santa Creu encarga un estudio sobre un nuevo centro de salud mental. Se solicita un proyecto al arquitecto Josep Oriol i Bernadet, pero este no se queda autorizado a iniciar las obras hasta 1878. Finalmente, en 1892 se inaugura el Instituto Mental de la Santa Creu. (COMAS I COMA; MIRALLES, 1994)

El hospital ha sido instalado en una localidad que estaba en las afueras de la ciudad. Se trataba de una obra en sistema de pabellones cruzados, que generaban especies de claustros con jardines que daban cierto aislamiento a los pacientes de distintos niveles de atención. Ocupaba un solar de 120 hectáreas que posibilitaba el desarrollo de actividad agrícola de los enfermos capaces para esto. Había atendimento diferenciado para pacientes del sector privado y público. (CARVALHO, 2009)

Después de muchas crisis, períodos de guerra y presión de la ciudad que se expandía, el edificio empieza a ser demolido a partir de 1972, finalizando sus actividades en 1986.

Hospital Clínico y Provincial – Enseñanza

Figura 2.16 - Hospital Clínico y Provincial (COMAS I COMA; MIRALLES, 1994, p. 79)

Un edificio para enseñanza ha sido solicitado por la comunidad médica en 1868. Apenas se ha puesto la piedra fundamental durante la Exposición Universal en Barcelona en 1888. Las obras han empezado realmente en 1895, pero el edificio ha entrado en funcionamiento apenas en 1906, después de cinco años que había sido entregado. (CARVALHO, 2009)

El proyecto ha tenido la participación de varias personas, siendo el plano final de autoría de Josep Domènech i Estapà. Se ha probado distintos modelos arquitectónicos hasta que se ha decidido por un sistema de pabellones paralelos alrededor de circulación, con la capilla y el edificio de la Facultad de Medicina en el centro del conjunto.

Se ha hecho un hospital con capacidad para 1000 camas y eso ha sido motivo de críticas y discusiones por representar altos costes de mantenimiento.

Hospital del Mar – Enfermedades Infecciosas

Figura 2.17 - Hospital del Mar (COMAS I COMA; MIRALLES, 1994, p. 85)

Este hospital ha empezado como lazareto, utilizando provisionalmente instalaciones que habían sido hechas para la Exposición Universal de 1888 en Can Tunis. En 1899, el Ayuntamiento se apropia de un terreno delante del mar, que era parte del Parque de la Ciudadela, de modo que lo ha utilizado en 1905 durante una epidemia de peste bubónica. Epidemias se han repetido otras veces, hasta que en 1914, se ha formalizado la creación del Hospital Municipal Marítimo de Infecciosos.

Este Hospital no tenía instalaciones muy apropiadas porque se había aprovechado de edificaciones existentes, de modo que en 1929 se construyen nuevas instalaciones proyectadas por el arquitecto Josep Plantada i Artigas. Se trataban de edificios de pabellones conectados por pasillos, con lazareto de aislamiento. Después se construye otro edificio dedicado a los enfermos incurables. (COMAS I COMA; MIRALLES, 1994)

En 1948 se inaugura el pabellón de Medicina Tropical, dos años después se levanta un edificio para cirugía. Entre los años 60 y 70, nuevas instalaciones son incorporadas y el acceso principal pasa a ser de cara al mar. Se siguen otras transformaciones al largo de los años 70 y 80, con proyectos de los arquitectos Manuel Brullet y Albert de Pineda, hasta convertirlo en Hospital General y de Emergencias de apoyo a los Juegos Olímpicos de 1992.

Hospital de la Santa Creu i Sant Pau

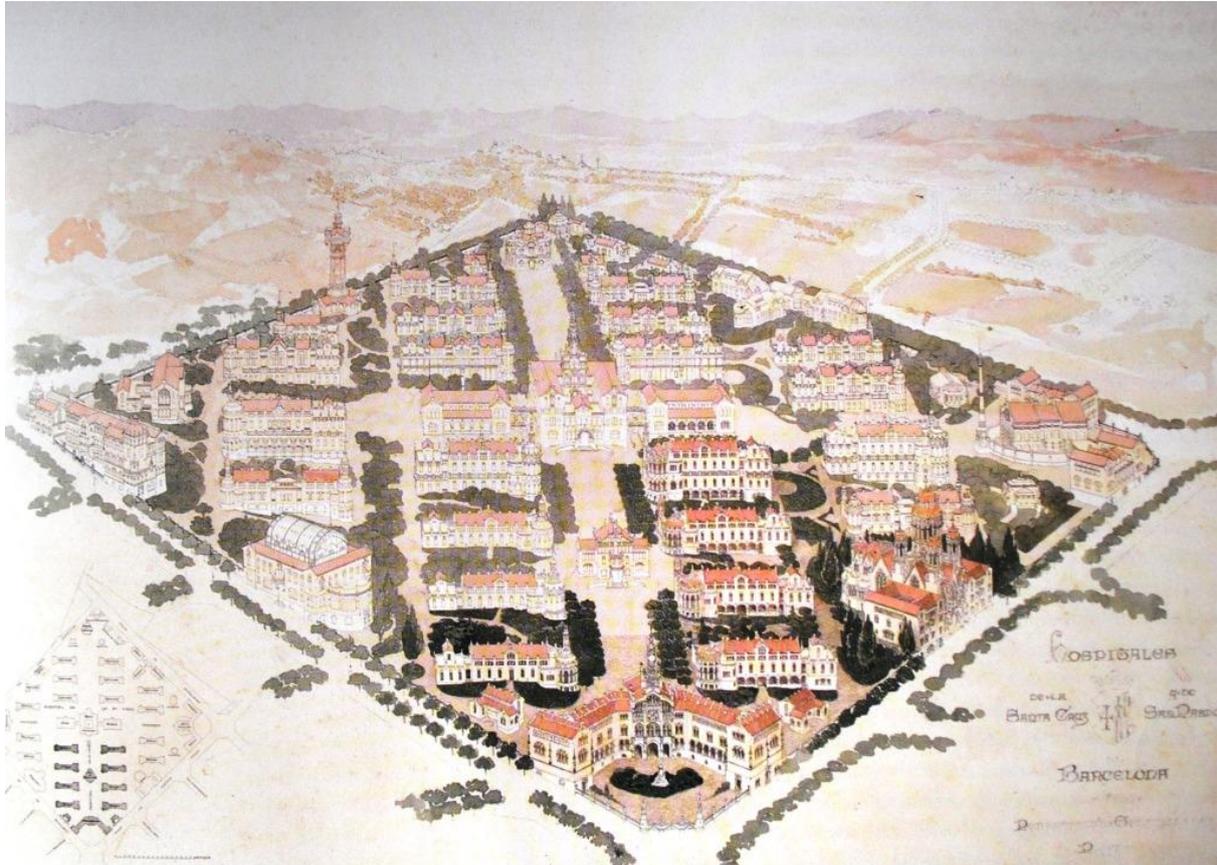


Figura 2.18 - Hospital de la Santa Creu i Sant Pau. Perspectiva. (FIGUERAS, 2001, p. 127)

El Hospital de Sant Pau es inicialmente idealizado por el banquero catalán Pau Gil, que deja de legado una importante cuantía en dinero para que se construya un hospital modélico en Barcelona. Sus ejecutores deciden reunir esfuerzos para esta misión y se unen al antiguo Hospital de la Santa Creu, que ya se encontraba en estado lamentable, para que juntos se hiciera un solo edificio con base en los principios de higiene hospitalaria. (GIL I NEBOT, 2001)

El programa establecido por la Comisión técnica daba especial importancia al emplazamiento de la obra. Consideraba que el hospital no debería quedarse dentro de la aglomeración urbana, pero no debería estar tan alejado para que no perdiera su utilidad; además consideraba que el terreno debería ser amplio y tener pequeño declive que facilitara el desagüe de los excrementos y también para permitir una mejor circulación y renovación del aire. (GIL I NEBOT, 2001)

En 1902 se pone la piedra fundamental de esta obra, proyectada por el arquitecto Lluís Domènech i Montaner, gran representante del movimiento modernista catalán y reconocido por su talento y prestigio.

El solar elegido, cuando sumado con el del Hospital de la Santa Creu, tiene un total de 145.470m² y debe abrigar como máximo 1000 enfermos, de modo que la proporción es de 145,47m² por persona. El proyecto es de un conjunto de pabellones aislados, orientados en el sentido Norte – Sur, con separación de 30m de ancho y comunicados entre sí por galerías subterráneas. Esto ha permitido que el espacio en la superficie estuviera ocupado por jardines y amplios patios libres para circulación. Los pabellones de enfermerías siguen el modelo tipo Nightingale, que era lo que había de más actual en arquitectura hospitalaria por aquél momento.

El tema de la ventilación e iluminación naturales tienen especial importancia en el proyecto. Las enfermerías tienen ventanas altas para favorecer la renovación del aire y para permitir la entrada de la luz solar directa o difusa al ambiente, cuidando para evitar excesos o corrientes directas sobre los enfermos. Además se debe conseguir que las ventanas permitan luz moderada y vistas al exterior a la altura de los pacientes. Para sacar el mejor provecho de este elemento, en conformidad con el clima de Barcelona, Domènech ha dado la siguiente explicación:

[...] se han dividido las ventanas en dos órdenes; un friso superior de ellas completamente rasgado de luz y aire a la parte alta de las salas; sus vidrieras que se abren en báscula sobre su arista horizontal inferior y proporcionan el cambio de aire a distancia y sin peligro o molestia para los enfermos y unas persianas de tablas anchas y gradúan su luz y aun la cierran casi por completo en caso necesario, y otro sistema de ventanas de forma ordinaria situadas entre las camas y poco más altas que éstas dan vistas al exterior y luz a los enfermos. (GIL I NEBOT, 2001, p.103)

Además, estas ventanas pueden ser controladas por el enfermo, de modo a encontrar la condición más cómoda según el momento. Para iluminar el interior de las galerías subterráneas, se ha utilizado lucernarios y para las cocinas y demás servicios que no deben tener ventanas hacia la fachada, se han incorporado patios lucernario.

Otro sistema utilizado para mejorar la renovación del aire interior es la utilización de conductos subterráneos para el paso de aire, combinados con salidas ubicadas en las bóvedas de la cubierta, de modo que al abrirlo, se produce una ventilación vertical.

[...] en el grueso de los pisos abovedados de las salas hay unos espaciosos canales o conductos transversales de aire que se abren por los dos extremos en los paramentos de las fachadas en forma de rosetones lobulados, estos conductos tienen aberturas enrejadas en el suelo de la sala que se pueden abrir a voluntad ya entre las camas, ya apartadas de ellas en el centro de la sala y por ellas entra el aire fresco exterior. Correspondiendo con estas aberturas hay en lo más alto de las bóvedas de la sala otras graduadas también por sus cerramientos de mariposa que se abren en una chimenea de tiro y que van a parar en la cumbrera de la cubierta por lo que sale naturalmente el aire vidriado de las salas. (GIL I NEBOT, 2001, p.103)



Figura 2.19 - Hospital de la Santa Creu i Sant Pau. Pabellones. (COMAS I COMA; MIRALLES, 1994, p. 40)

Las obras fueron dirigidas por Domènech i Montaner entre los años 1902 y 1912, cuando se ha finalizado el pabellón de la administración, de reconocimiento, el pabellón central de operaciones y de seis enfermerías. Es considerada la primera fase de la obra. En este año, se hace una pausa por falta de recursos, ya que el legado dejado por Pau Gil se había agotado. Las obras retoman, y entre los años 1913 y 1923, Domènech pasa a ser acompañado por su hijo, el arquitecto Pere Domènech i Roura. A partir de 1923, con el fallecimiento de Domènech i Montaner, el hijo sigue como director responsable de las obras hasta 1930, teniendo el difícil trabajo de finalizar los edificios idealizados por su padre. (HERNANDEZ-CROS; MORA; POUPLANA, 1990, p.353)

La unión entre el legado dejado por Pau Gil para el Hospital de Sant Pau con los recursos del Hospital de la Santa Creu, a través de la venta de sus terrenos, hace con que el nuevo edificio pase a llamarse Hospital de la Santa Creu i Sant Pau. Las obras también han sido apoyadas económicamente por donaciones particulares y otros legados, que han permitido su conclusión.

Durante el período de la primera fase, se ha utilizado bastante las técnicas tradicionales, aplicadas tanto a la estructura cuanto a los elementos decorativos. Son características del modernismo el uso de bóvedas de

ladrillo, adornos escultóricos de motivos florales y mosaicos de cerámica, que fueron ejecutados por varios artesanos y artistas que acompañaron las obras.

Cuando Pere Domènech i Roura tuvo que llevar la obra bajo su responsabilidad, ha tenido dificultad, por falta de medios, en mantener fidelidad al proyecto original dejado por su padre. Además, ha sido una época en que el modernismo ya se encontraba en declino y la arquitectura se orientaba por otros intereses. Este periodo se puede denominar como la segunda fase de la obra, cuando ha sido inevitable la introducción de algunos elementos decorativos al estilo ecléctico barroco, al gusto de Pere. (HERNANDEZ-CROS; MORA; POUPLANA, 1990)

En 1926, se ha podido hacer el traslado de las instalaciones del antiguo Hospital de la Santa Creu al nuevo edificio, siendo este finalmente inaugurado en 1930. A partir de este momento, el problema estaba en conseguir adaptar las actividades al nuevo espacio. Cómo ya no había aprecio por el modernismo y casi tres décadas se habían pasado, una serie de agresiones al patrimonio han sido realizadas, a través de fraccionamiento y ampliaciones del edificio original. De todos modos, su valor ha sido reconocido y en 1997 el Hospital de la Santa Creu i Sant Pau ha sido declarado Patrimonio de la Humanidad por la Unesco.



Figura 2.20 - Hospital de la Santa Creu i Sant Pau – Entrada principal (COMAS I COMA; MIRALLES, 1994, p. 36)

Figura 2.21 - Hospital de la Santa Creu i Sant Pau - Vestibulo de entrada. (COMAS I COMA; MIRALLES, 1994, p.43)

4.2 Hospitales del siglo XX y XXI

En la segunda mitad del siglo XIX, todavía se creía en la teoría miasmática, de modo que lo más importante en la arquitectura hospitalaria era generar espacios que pudieran ser bien higienizados y ventilados para que las enfermedades no tuvieran oportunidad de propagarse. El sistema de pabellón empleado hasta el momento contemplaba la renovación del aire por ventilación cruzada o vertical y el asoleo de los recintos.

En el año 1881 se realiza el Congreso Internacional de Medicina en Londres, donde importantes científicos participan y presentan sus descubrimientos. Es, en aquél momento, donde se declara la existencia de las bacterias y que estas serían las verdaderas fuentes transmisoras de enfermedades. Esta revelación hace con que la teoría miasmática empiece a perder fuerza. A partir de entonces, se origina la teoría microbiana y con ella, el inicio de la medicina moderna. Esta nueva teoría hace con que se empiece a cambiar la forma de dibujar los hospitales. Desde este momento, la enfermería deja de ser la única protagonista para dar lugar a nuevos espacios como la zona de investigación bacteriológica, la sala de cirugía y de radiología. (PIELTAIN, 2000).

A finales del siglo XIX y principios del XX empiezan a surgir instituciones especializadas en determinadas enfermedades o para tratar algún órgano en particular. Son denominadas institutos o clínicas, fundadas, muchas veces por iniciativa privada y financiadas por donaciones voluntarias. Han sido procuradas por enfermos que buscaban las prácticas más modernas y novedosas. También se han incorporado los pacientes que podían pagar y que demandaban espacios con más intimidad y confort. Estas nuevas solicitudes hacen con que las enfermerías tengan que ser redibujadas según los criterios de privacidad hotelera.

Uno de los primeros ejemplos de esa nueva compartimentación se dio en el Rigshospital de Copenhague, en 1910: La enfermería se subdividió con mamparas en grupos de tres o cuatro camas, se incorporaron lavabos en las habitaciones y se giraron las camas 90° para que los pacientes pudieran distraerse con las vistas. (PIELTAIN, 2000, p.30).

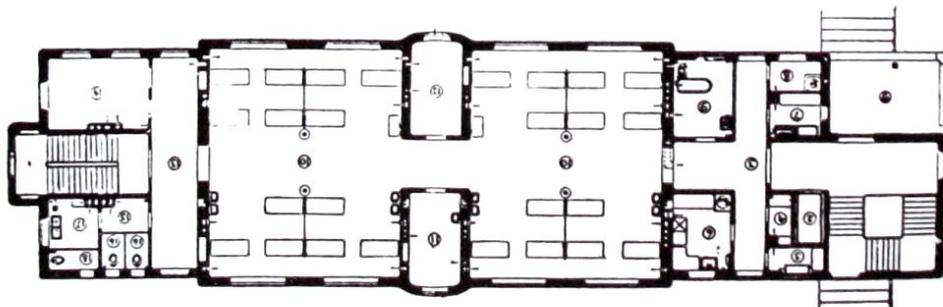


Figura 2.22 - Rigshospital. Copenhague, 1910. Planta de enfermería. (PIELTAIN, 2000, p.29).

4.2.1 Hospital en bloque (mono bloque)

A finales de la década de 20 y principio de 30, ya se pudo percibir los cambios producidos por la teoría bacteriana en la arquitectura hospitalaria. Los pabellones existentes habían empezado a deformarse por los espacios anejos que fueron siendo introducidos por la necesidad de generar nuevos sectores y ambientes asepticos, haciendo surgir verdaderos labirintos. Además, este modelo de edificio ya no daba cabida, de forma ordenada y cómoda, a la cantidad y variedad de ocupantes, incrementada con la presencia de médicos especialistas, estudiantes, personal de apoyo y enfermeros.

El invento del ascensor y el uso de nuevos materiales de construcción como el acero y el hormigón armado fueron claves para impulsar la idea de un edificio en bloque, porque permitieron la construcción de un edificio con plantas superpuestas, más compacto, con menos recorridos horizontales y que posibilitaba ocupar menos espacio en el terreno.

La posibilidad de mantener un ambiente aséptico se unió al desarrollo de las estructuras de acero y hormigón armado, y también el invento del ascensor, que permitía una superposición virtual de los pabellones de enfermería o de su descendiente, la unidad de enfermería con habitaciones privadas.[...] Las plantas de los nuevos hospitales adoptaron las formas de T, H o Y, con los apéndices dedicados a la zona clínica mirando generalmente al norte, y el ala de hospitalización, al sur. (PIELTAIN, 2000, p.32).

Los primeros edificios en este modelo han surgido en Estados Unidos. En Europa, el primer ejemplo ha sido construido en Clichy, zona metropolitana de París. Se trata del Hospital Beaujon, diseñado por Walter, Poulsey y Cassan en 1932. Una torre de doce pisos, con terrazas semicirculares y con las plantas superiores aterrazadas destinadas a los pacientes tuberculosos, con trazado influenciado por el Medical Center de Nueva York.

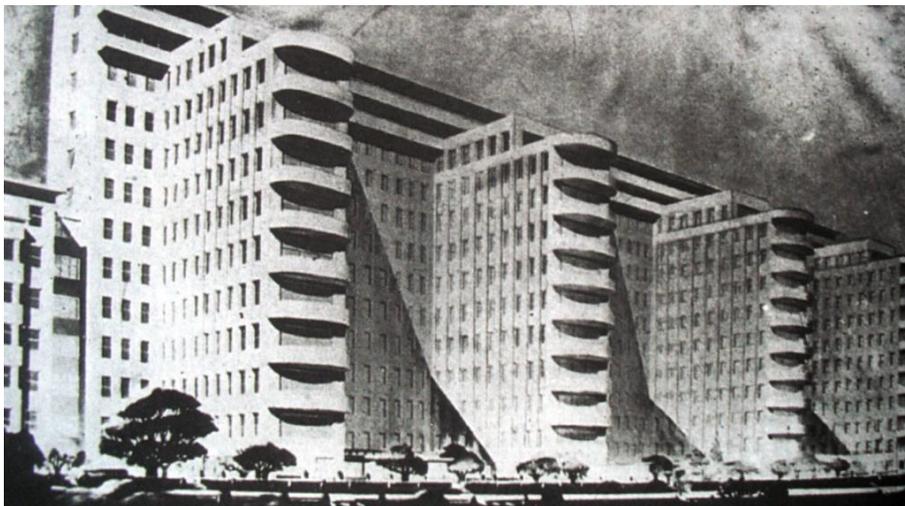


Figura 2.23 - Hospital de Beaujon, Clichy, 1932-1935 (PIELTAIN, 2000, p.32).

4.2.2 Hospital antituberculoso (sanatorio)

La tuberculosis ha sido una enfermedad infecciosa que ha impactado la sociedad occidental durante varias décadas. Desde la segunda mitad del siglo XIX ya se buscaba una terapia que fuera eficaz. El método que utilizaba el aire puro ha sido iniciada en 1854 en Görbersdorf, Alemania por el Dr. Hermann Brehmer, seguida y ampliada por su alumno, el Dr. Dettweiler, en 1876, que ha idealizado el espacio denominado de galería de cura destinado al reposo del enfermo. En paralelo a eso, en Davos, Suiza, el Dr. Alexander Spengler idealizaba una terapia que buscaba la cura a través de la ubicación de hospitales en zonas de altitud, además del reposo, aire puro, alimentación abundante y ejercicio físico. (BITTENCOURT, 1998)

Cuando se inició la utilización de esta técnica, todavía se construía edificios por sistema de pabellón, que era el modelo aplicado para todo tipo de enfermedad, y se utilizaba la segregación de los enfermos a través de edificios aislados. En 1893, el médico alemán Karl Turban hace la publicación de normativas para la construcción de edificios terapéuticos para enfermos pulmonares. A partir de entonces, la elección del local y el modelo de los nuevos sanatorios pasan a estar bajo estos criterios. La exposición al sol empieza a ser recomendada. Finalmente en 1899, el Dr. Oscar Bernhard defiende el método terapéutico de exposición al sol (helioterapia) como el procedimiento de cura de la tuberculosis ósea. (BITTENCOURT, 1998)

Hasta que a finales de los años 20 y principios de los años 30 se ha difundido una cantidad de sanatorios antituberculosos por varios países de Europa. Muchos ya seguían la tendencia del sistema de bloque vertical, debido a la propagación de los nuevos conceptos de arquitectura moderna, pero otros seguían modelos más tradicionales, de edificios de poca altura y más bien horizontales.

La mayoría se trataba de edificios ubicados apartados de los centros urbanos, en zonas montañosas o cercanas a ambientes marinos, donde hubiera vegetación y aire puro. La aplicación del método de helioterapia hizo con que los edificios fuesen dibujados con grandes terrazas orientadas hacia el sur, para que los pacientes tuvieran sus controlados baños de sol y, muchas veces, en formato casi lineal para que la luz pudiera penetrar hasta el interior de las instalaciones. Además de soleado, el edificio debería ser totalmente aireado. Sin olvidar de la aplicación del máximo de higiene y salubridad.

Seguían en marcha los principios higienistas de los años anteriores, pero en este momento, el dibujo de todo el edificio estaba orientado a combatir una sola enfermedad de forma concreta y directa. Estos tratamientos han dado buenos resultados, hasta que, después de la Segunda Guerra Mundial, se empezó a comercializar fármacos para combatir la tuberculosis. A partir de este momento, los sanatorios se fueron devaluando, hasta que tuvieron que ser reconvertidos para otra función. (PIELTAIN, 2000).

Un ejemplo conocido de sanatorio para enfermos tuberculosos es el Sanatorio de Zonnestraal, ubicado en Hilversum, Holanda y dibujado por los arquitectos holandeses Johannes Duiker y Bernard Bijvoet. El

proyecto ha sido encargado por una asociación fundada por un grupo de trabajadores del diamante. Después de varias propuestas, finalmente en 1926 se tiene el proyecto definitivo que sería construido.

Se trataba de un edificio de estructura horizontal, con apenas dos plantas, en formato linear, con habitaciones individuales y terrazas orientadas a sur y sureste, para permitir los baños de sol. Además de salones de estar para que los pacientes tuvieran vida social. Un sanatorio ubicado en una zona de bosque rodeada de vegetación y aire puro, con unidades despejadas por el terreno, de modo que una no impidiera el paso del sol a la otra.



Figura 2.24 - Sanatorio de Zonnestraal, Holanda. Vista aérea (PIELTAIN, 2000, p.34)

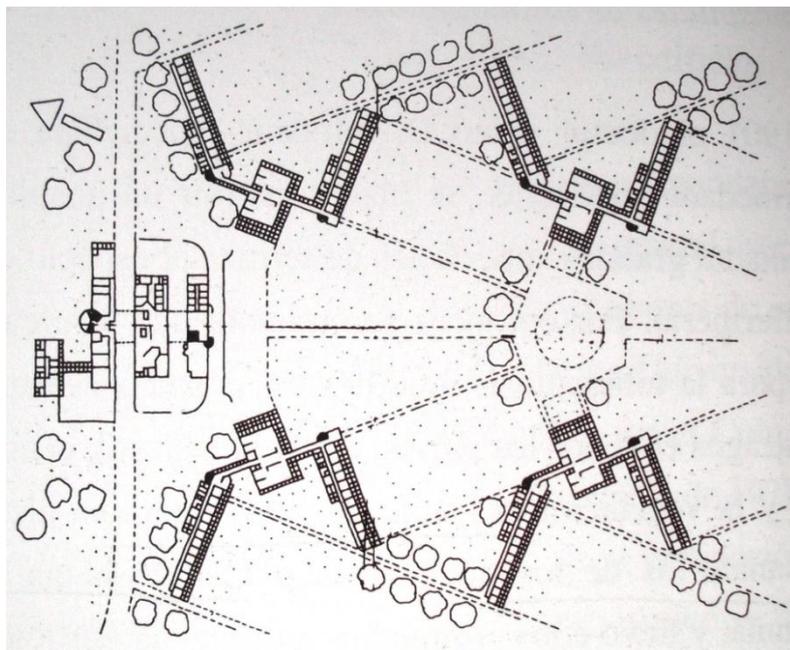


Figura 2.25 - Sanatorio de Zonnestraal, Holanda. Planta general (PIELTAIN, 2000, p.34)

Otro ejemplo destacado es el Sanatorio de Paimio (1929-1932), en Finlandia, dibujado por el arquitecto finlandés Alvar Aalto. El edificio ha sido ubicado en una zona de bosque, donde se podía respirar tranquilidad, además de aire puro. Se convirtió en un prestigioso centro de curación gracias, en parte, a su arquitectura. “Su particular forma de interpretar el cuidado de los pacientes se basaba en la estricta colaboración entre médicos y arquitectos, que debían trabajar en una misma dirección para sanar a los enfermos” (AALTO, 2002, p.8).

[...] se consideró la posición del paciente para el emplazamiento de las puertas y ventanas. Para evitar los ruidos, una pared de la habitación era absorbente de sonido, y los lavabos [...] se diseñaron especialmente para que el chorro de agua incidiera en la porcelana en ángulo agudo, evitando el ruido de este modo. (AALTO, 1977, p.31-32)

Esta concepción de la sanidad se refleja en este edificio a través de la correcta orientación solar y diseño de las ventanas que favorece el ingreso de la luz en todas las habitaciones, por las mañanas, y menos por las tardes, promoviendo hasta a los ambientes más al norte del edificio el aporte de la radiación proveniente del cuadrante Sur. Se percibe una atención con los marcos de las aberturas y las persianas exteriores a fin de evitar el exceso de calor; hay un cuidado con la radiación emitida por la calefacción y con la acústica de los ambientes. Hay además espacios comunes, estratégicamente ubicados, de manera a que el paciente pueda apreciar de las diferentes vistas exteriores y así recibir variedad de estímulos psíquicos que auxilian en su convalecencia. Este edificio ya seguía el modelo de la verticalidad de plantas.



Figura 2.26 - Sanatorio de Paimio, Finlandia. Vista interior (AALTO, 1977, p.41)



Figura 2.27 - Sanatorio de Paimio, Finlandia. Vista exterior (AALTO, 1977, p.42)

En Alemania y Suiza, se denominaba *Terrassenbau* a la especialidad de proyectar edificios hospitalarios con terrazas y balcones escalonados para recibir los beneficios del sol y promocionar al enfermo en contacto con el aire fresco todo el día.

“La confianza en el poder curativo del sol en Alemania es tal que muchos hospitales generales tienen terrazas de helioterapia. No se trata de los balcones del hospital de Beaujon sino de auténticos lugares de tratamiento de enfermos con capacidad para atender en ellos a todos los pacientes hospitalizados al mismo tiempo” (PICAZO, 2011, p.177)

Como ejemplo está el pequeño hospital del distrito de Waiblingen, Alemania, dibujado por el arquitecto Richard Döcker. Ha sido demolido en 1960.

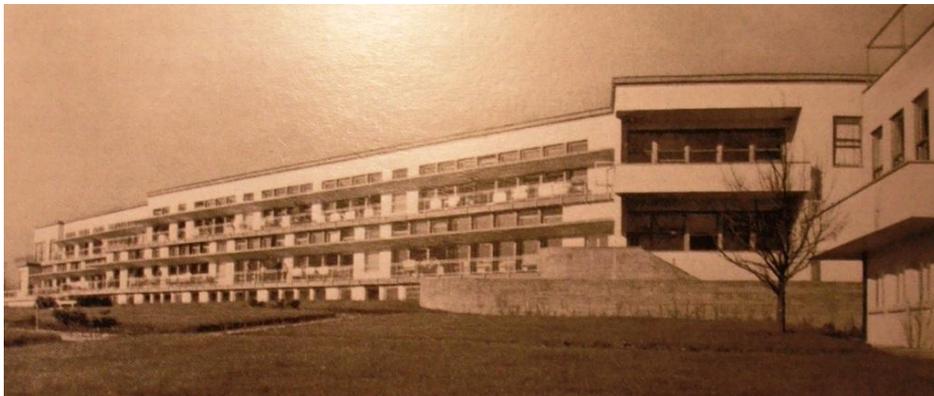


Figura 2.28 - Hospital del distrito de Waiblingen. Vista exterior (PICAZO, 2011, p.178)



Figura 2.29 - Hospital del distrito de Waiblingen. Vista exterior (PICAZO, 2011, p.178)

En España el problema de la tuberculosis estaba asociado directamente con el hacinamiento de las ciudades. La industrialización y el rápido crecimiento de la población en las zonas urbanas han sido asociados a las malas condiciones de las viviendas o locales de trabajo, que se mantenían mal iluminados, sin ventilación o sin el mínimo de higiene. La población con menos recursos económicos, además de que se veían obligadas a vivir en zonas insalubres, tampoco tenían posibilidad de alimentarse bien.

Ha sido en Madrid, una de las ciudades que más problemas tenía con esta enfermedad, donde se ha construido el primero dispensario antituberculoso del país, en 1908, el Real Dispensario antituberculoso María Cristina. En 1917 se ha construido en primero dispensario para personas sin recursos, mantenidas por el Gobierno, el Dispensario de Valdelatas, en la Comunidad de Madrid. Se han construido más hospitales de este tipo en otras regiones del país, pero el número de plazas era insuficiente para la cantidad de enfermos y había dificultades en mantener las instalaciones.

En Barcelona, entre los años 1933 y 1938, se ha construido el Dispensario Central Antituberculoso, obra de los arquitectos José Torres Clavé, José Luis Sert y Joan Baptista Subirana, componentes del GATCPAC (Grupo de Arquitectos y Técnicos Catalanes para el Progreso de la Arquitectura Contemporánea). Se trató de hacer un edificio que estuviera bien integrado a su contexto urbano, en conformidad con las necesidades propias de un centro de salud, y que cumpliera bien con sus principales funciones que eran las de promover higiene, asepsia, ventilación y el máximo de soleamiento posible.

Este edificio se construye en un momento en que se busca poner en práctica una eficiente política de higienización, capaz de combatir la tuberculosis, que se difundía en los espacios húmedos e insalubres de la ciudad vieja.

Para llevar a cabo la higienización de las viviendas infectadas de la Barcelona vieja es preciso devolver a los habitantes de esta zona el sol, el aire y la luz, los árboles, la visión del espacio y el contacto con la naturaleza, todo aquello de lo cual la codicia y la especulación les ha ido privando, tan injustamente (ROCA ROSELL, 1975, p.17)



Figura 2.30 - Dispensario Central Antituberculoso– vista exterior. (www.urbipedia.org)

4.2.3 Hospital de torre y base (tipología mixta)

En los años 30, todavía había un conflicto entre los arquitectos europeos si seguir por la tendencia de los edificios en bloque, compactos y verticales como se estaba construyendo en Estados Unidos o si seguir con modelos más tradicionales al estilo similar al pabellón, mas horizontales y con reducido número de plantas. El escritor italiano Moretti há sido una de las personas que ha cuestionado esta influencia.

Las condiciones económicas y de mantenimiento aconsejan organizar los hospitales en construcciones centralizadas desarrolladas en altura con pasillo central, pero Moretti se asusta de tanta innovación y previene de los peligros del contagio en construcciones tan masivas: el coste de los ascensores, de la estructura, el funcionamiento más rígido, etcétara. (PICAZO, 2011, p. 175)

A principios del siglo XX, Ochsner y Sturm ya habían declarado que con el descubrimiento de las bacterias, ya no había motivos para seguir construyendo en sistema de pabellón. En la década de 30, los que se inclinaban por la nueva tendencia, consideraban que el modelo americano podría ofrecer ahorro en las instalaciones de calefacción e iluminación, además de facilitar la limpieza y el mantenimiento, debido a la centralización de servicios y disminución de los recorridos.

El primer edificio en bloque vertical construido en Europa, mencionado anteriormente, ha sido el Hospital Beaujon en Clichy, ubicado en la zona metropolitana de Paris, que constaba de doce pisos y que ha sido elevado entre los años 1932 y 1935. Otro proyecto destacado es el de la Ciudad Hospitalaria de Lille, dibujado por el arquitecto Paul Nelson en 1932, que ya propone una torre de 27 pisos. Este no ha llegado a ser construido. Pevsner también destaca obras en Suecia, Suiza y Reino Unido, construidos en las décadas de 30, 40 y 50, como siendo las que han marcado la transición al nuevo sistema de arquitectura hospitalaria. (PEVSNER, 1979)

En España, algunos edificios se destacan por esta época. Un ejemplo es el proyecto para el concurso del Hospital de San Sebastián, de los arquitectos José Manuel Aizpúrua, Manuel Sánchez Arcas, Joaquín Labayen y Eduardo Lagarde. Publicado en el año 1932 e influenciado por el Medical Center de Nueva York, tal como ocurrió al Hospital de Beaujon de Francia.

Sánchez Arcas y sus compañeros modelan libremente el edificio para obtener las mejores condiciones de proximidad entre los distintos servicio con un estudio minucioso de las comunicaciones, a fin de que no se produzcan cruces indeseados entre enfermos y visitantes con el material sucio, garantizando una buena iluminación natural y la necesaria privacidad y soleamiento de las enfermerías. No pretende producir un tipo repetible sino dar lugar a un sistema adaptable a los cada vez más diferentes programas de los hospitales modernos. (PICAZO, 2011, p. 225)

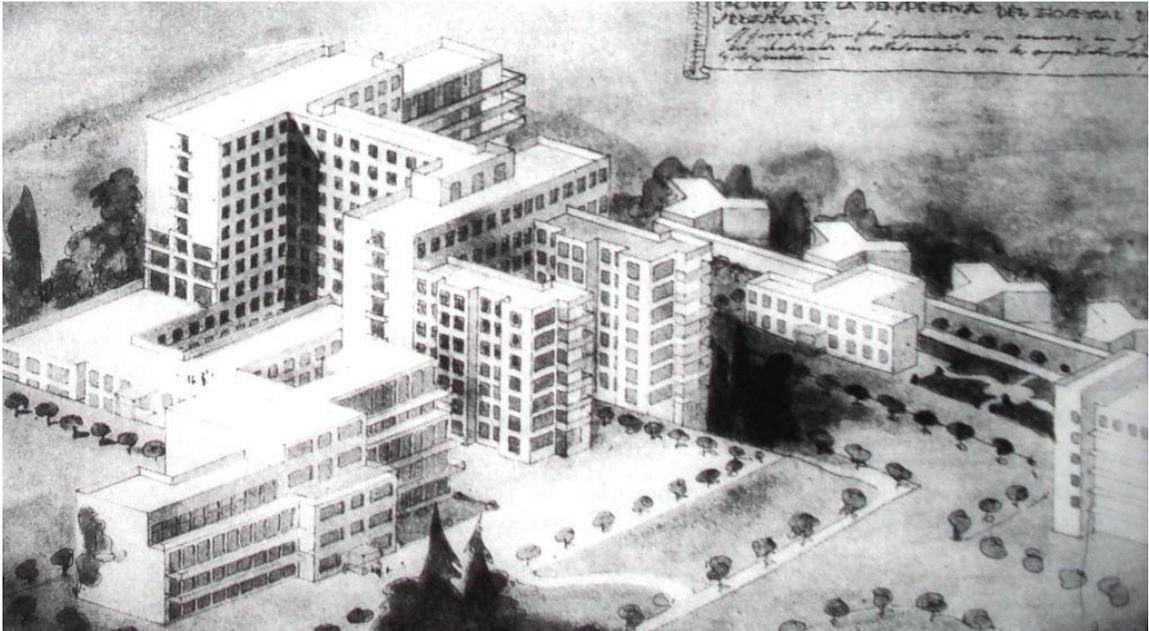


Figura 2.31 - Hospital de San Sebastián, 1932, croquis de la perspectiva. (PICAZO, 2011, p.224)

En este proyecto ya había una preocupación por corresponder los espacios a las distintas actividades, considerando la existencia de pacientes de ambulatorio y de hospitalización, facilitando el acceso del público a radiodiagnósticos y análisis de laboratorio, sin olvidar las necesidades de servicios y áreas para gestionar las más distintas instalaciones.

Este ha sido el modelo de edificio que ha inspirado a la mayoría de los arquitectos en sus dibujos de hospitales en la segunda mitad del siglo XX, con ciertas características claves, tal como lo define Picazo (2011, p.227) “[...] el hospital en torre y basamento, que sitúa extensos servicios ambulatorios en un cuerpo bajo de dos o tres pisos, y hospitalizaciones y áreas de trabajo interno en un edificio en altura situado sobre el anterior.” Los arquitectos que lo han proyectado veían inúmeras ventajas y entendían que se trataba de un modelo que podía acompañar los avances científicos y tecnológicos que eran propios de la medicina moderna.

Aunque esta solución parecía ser la que mejor atendía a todas las demandas del edificio hospitalario moderno, luego también ya se pudo percibir que generaba otros problemas no previstos, tal como lo describe Pieltain (2000, p.40)

El ritmo de crecimiento de los diferentes servicios no coincidía, y la organización rígida de este tipo edificatorio obligaba a dispersarlos por varias plantas o a construir edificios anexos que enmarañaban los flujos circulatorios y complicaban la gestión del hospital. Además, la independencia funcional que imponía esa configuración vertical y sus añadidos dificultaba la relación imprescindible entre las diversas especialidades clínicas.

A partir del momento en que se empezó a aplicar a la planificación hospitalera los mismos principios que deberían ser utilizados para la organización de las ciudades contemporáneas, entonces se pudo repensar y reorganizar todas las zonas del hospital. Se pudo con esto concentrar en la base los servicios administrativos, los de tratamiento (bloque quirúrgico), de diagnóstico (radiología) y los demás que hubieran necesidad de tener contacto con el público externo; al largo de la torre se mantuvieron las zonas de hospitalización; y los servicios de cocina, lavandería, residencia de personal e centrales de energía han sido puestas soterradas o apartadas del edificio principal. (PIELTAIN, 2000)

Esto ha simplificado la organización y gestión del hospital. El primero ejemplo Europeo que ha aplicado lo que sería este modelo con torre y base más definidos ha sido el Hospital Franco Americano de Saint-Lô, ubicado en Normandía, proyectado por el arquitecto Paul Nelson y construido entre 1946 y 1956. En este dibujo se han aplicado criterios de modulación a todo el conjunto, con la finalidad de que fuera más fácil y económica la construcción. Se trataba de los principios de los sistemas de prefabricación industrial.

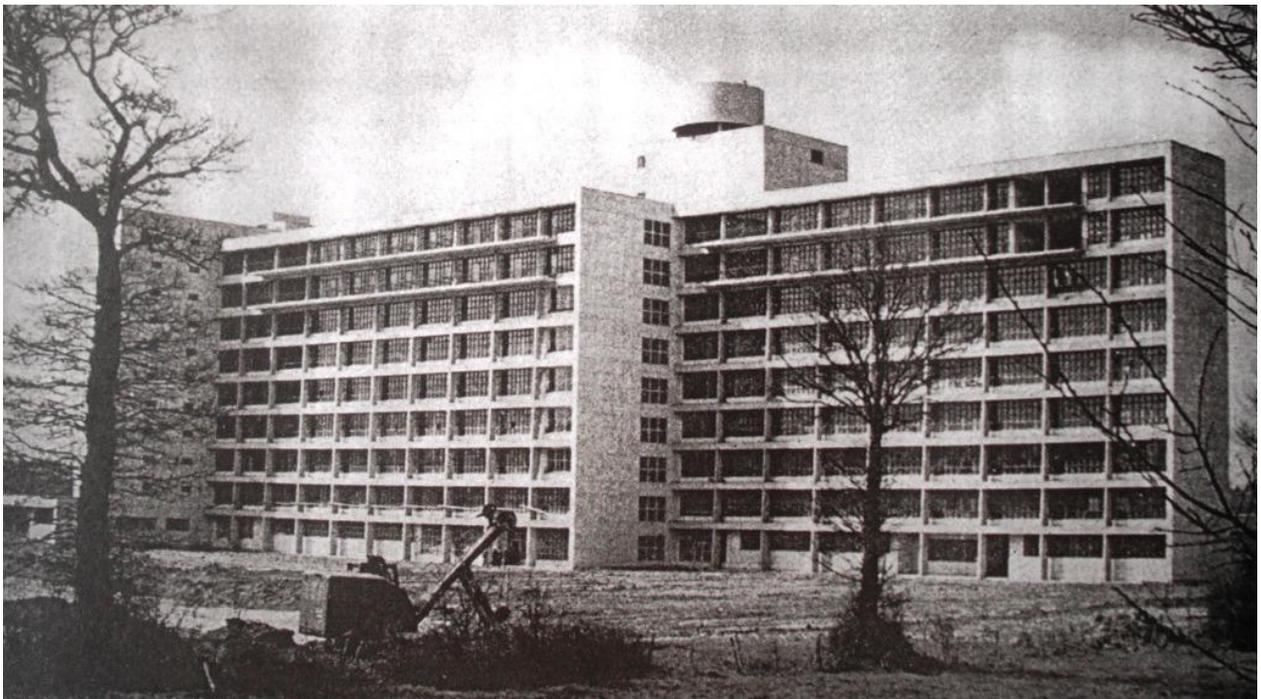


Figura 2.32 - Hospital Franco Americano de Saint-Lô, Normandía, 1946-1956. (PIELTAIN, 2000, p.44)

En España, en 1942 se implanta el Seguro Obligatorio de Enfermedad, en 1945 se da inicio al Plan Nacional de Instalaciones Sanitarias, gestionado por el INP (Instituto Nacional de Previsión) y en 1946 se convoca un concurso para el anteproyecto de nuevas instalaciones. Aunque ya se conociera los principios aplicados en el Hospital Saint-Lô, se ha exigido de los concursantes que las propuestas siguieran el sistema en bloque de los años 30.

En 1947, el gobierno británico ha puesto en marcha el modelo nacional de sistema de salud, presionado por las reivindicaciones obreras. A partir de entonces se tuvo que reorganizar todo el sistema sanitario. Se ha utilizado el modelo de torre y base para los nuevos hospitales, que era considerado como el más aceptado por los usuarios. Algunos ajustes han sido realizados al largo del tiempo, principalmente en la zona de hospitalización, a través de experimentación de diferentes formas de organizar la enfermería.

En los años 50 se ha iniciado un nuevo análisis de los modelos existentes y empiezan a surgir cursos especializados en arquitectura hospitalaria, lo que hizo con que el dibujo evolucionara rápidamente. “Del estudio funcional de cada una de las áreas pasaron a debatirse cuestiones generales, y comenzaron a surgir propuestas novedosas que rompieron con la tónica del hospital de torre y base” (PIELTAIN, 2000, p.48)

El Hospital de Wexham Park, en Inglaterra, ha sido el primero donde se han experimentado las nuevas ideas. Ha sido proyectado por Powell y Moya, Llewelyn-Davies, Weeks y construido entre 1962 y 1966. Se ha hecho un conjunto de edificios independientes, horizontales, conectados entre sí, donde cada uno atendía a una función. Lo único vertical ha sido la torre de administración. Este dibujo ha permitido volver a aprovechar las ventajas de la iluminación y ventilación naturales, pero ahora utilizando patios y claraboyas. Además, ha sido un modelo flexible capaz de permitir la incorporación de módulos anejos, y así poder acompañar el crecimiento de la población, la innovación tecnológica y los nuevos procedimientos médicos.

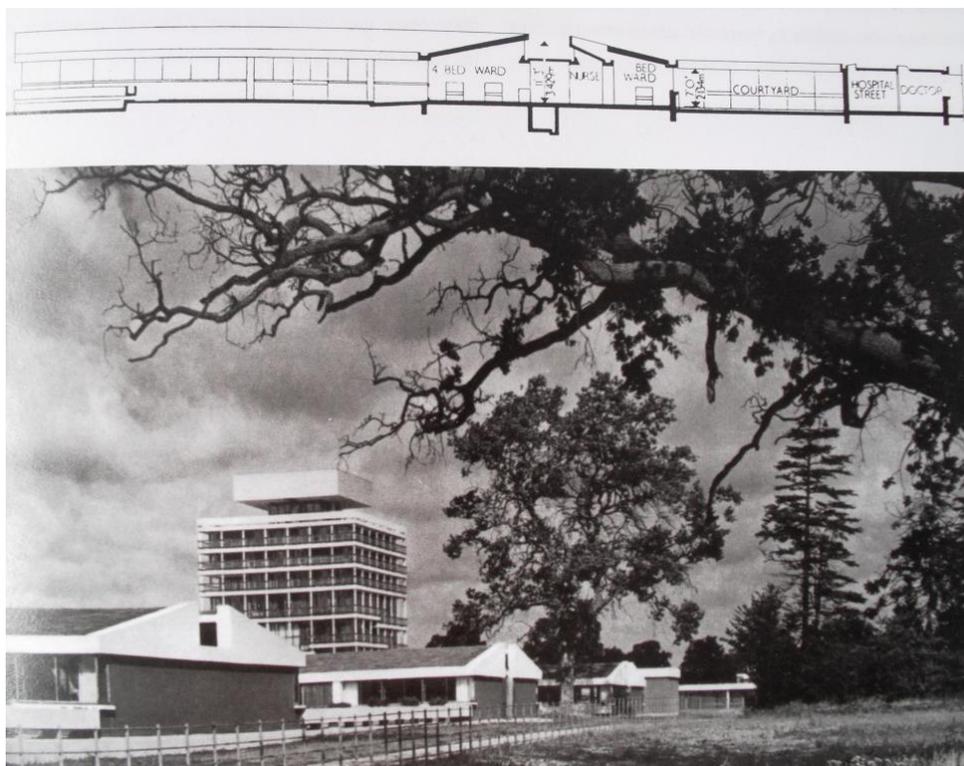


Figura 2.33 - Hospital de Wexham Park, en Inglaterra, 1962-1966. Planta y vista (PIELTAIN, 2000, p.49)

En los años 60, se ha puesto en marcha el plan de los grades hospitales generales universitarios para poder concentrar todos los servicios especializados, de investigación, docencia, residencias médicas, administración y poder ofrecer los nuevos y caros equipamientos clínicos. Esto ha generado dificultades en la gestión de los servicios, además de problemas en la urbanización de las ciudades, ya que esta solución demandaba una gran superficie y normalmente no estaba contemplada en los planos urbanísticos.

Un ejemplo es el Hospital de Northwick Park de Londres, de los arquitectos Llewelyn-Davies y Weeks, con la primera fase proyectada y construida entre 1962–1970. Ha sido una solución extendida, con edificios dispersos y que demandaba mucho espacio.

Otro ejemplo es el Hospital General de Greenwith, en Londres, (1962-1971) proyectado por William Tatton-Brown. Se trataba de una solución más compacta, con plantas libres y flexibles generadas por estructuras en cerchas. Pero que su funcionamiento demandaba mucha energía.

En España, en los años 60, el INP siguió proyectando y construyendo nuevas instalaciones sanitarias para todo el país, experimentando nuevas soluciones y corrigiendo otras. En esta época, con los trabajos dirigidos por Martín José Marcide, se han proyectado hospitales en formato cilíndrico, influenciado por lo que ocurría en EUA y en otros lugares de Europa. En 1964, se empieza a construir los grandes centros, denominados por algunos autores como Ciudades Sanitarias, con edificios agrupados en un mismo sitio, que compartían instalaciones y servicios, pero que estaban aislados a nivel funcional. La falta de tiempo para desarrollar los proyectos y el nivel de complejidad que implicaba esta nueva demanda, ha generado soluciones poco resueltas. (PIELTAIN, 2000)

En 1967, en Inglaterra, después de realizar evaluaciones sobre el plan de hospitales que se encontraba en marcha, el gobierno ha decidido hacer la implantación del sistema Best Buy. Se trataba de un experimento para disminuir el coste de la inversión en la sanidad pública. Entre varias medidas, una de ellas ha sido dibujar hospitales de tamaño reducido, de máximo dos plantas comunicadas a través de rampas, para no necesitar de ascensor y así disminuir gastos con mantenimiento. Se ha construido apenas los espacios mínimos necesarios, sin posibilidad de expansión. También se ha instalado climatización artificial apenas en los recintos indispensables, iluminando y ventilando los demás espacios de modo natural, a través de patios de luz y también por la cubierta.

Un ejemplo de hospital construido por este sistema es el Hospital Bury St. Edmunds en West Suffolk, Inglaterra. Proyectado por los arquitectos Paul James, J. Ward y Building Design en 1967, utilizando una malla modular horizontal de 15x15m.

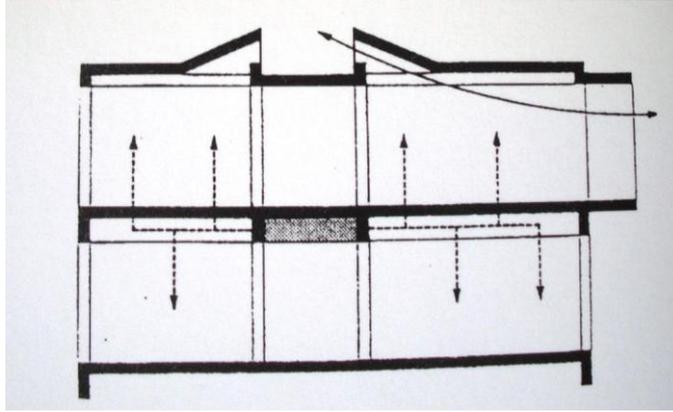


Figura 2.34 - Hospital Bury St. Edmunds. Sección. (PIELTAIN, 2000, p.60)



Figura 2.35 - Hospital Bury St. Edmunds. Patio interior. (PIELTAIN, 2000, p.58)

Todavía en Inglaterra, en los años 70, se ha experimentado nuevas propuestas utilizando el sistema modular y también algunas soluciones del Best Buy, con el objetivo de no tornar el hospital prematuramente obsoleto. Este nuevo sistema ha sido denominado Harnés y ha sido utilizado en algunas ciudades del país.

En 1975, con la finalidad de reducir todavía más los costes con las construcciones sanitarias, se ha decidido por utilizar módulos complementares en formato cruciforme, que han servido tanto para remodelar y ampliar los antiguos hospitales en sistema de pabellón, cuanto para construcciones nuevas.

Este sistema se ha denominado Nucleus y su estrategia estaba orientada a permitir la ventilación e iluminación natural. Ha sido implantado hasta los años 80 en Inglaterra.

En España, hasta los años 70, se ha tratado de proyectar y construir a la máxima velocidad para cumplir con el plan de expansión de la red hospitalaria, pero el proceso apresurado y concentrado en las manos de pocas personas ha permitido fallos, construcción de edificios poco resueltos y a veces incluso con sistemas obsoletos. A partir de esta nueva década, jóvenes arquitectos han sido incorporados al INP y poco a poco han ido actualizando las bases de los proyectos a las nuevas tendencias internacionales.

Al largo de los 70, se puso en marcha un plan de construcción de nuevos ambulatorios para atención primaria, iniciado en los años 50, para así poder también acompañar más de cerca la convalecencia de los pacientes. En los años 80, se hace un cambio de responsabilidad, que implica el Estado en este proceso. Hasta los años 90, nuevas construcciones son realizadas.

4.2.4 Hospital contemporáneo

El siglo XX es considerado por algunos autores como el tiempo del hospital tecnológico. Cuando la arquitectura se ve invadida por una serie de maquinarias innovadoras, por nuevos procedimientos antisépticos y por las medicinas salvadoras, disminuyendo así su función terapéutica.

El paradigma curativo se consolida con la expansión de la medicina occidental a partir de la Segunda Guerra Mundial, constituyendo el principal agente de una atención a la salud exclusiva y comprometida con los intereses de la industria farmacéutica y de equipamientos médicos. Una medicina hecha para pocos, basadas en tratamientos carísimos y en una profusión de exámenes y medicamentos, no siempre necesarios e, incluso, poco recomendables. [...] La medicina se deshumaniza, en la medida en que la clínica médica, hasta entonces soberana, cede lugar a las especializaciones y a la parafernalia tecnológica que las acompañan. (TOLEDO, 2008, p.8 y 9)¹

A finales de los años 90 y principios del nuevo siglo, todavía se siguen utilizando los sistemas experimentados y desarrollados en la segunda mitad del siglo pasado, pero a partir de aquél momento, ya se puede percibir el rescate de la importancia del diseño del edificio en el proceso de curación. Se vive de una nueva fase en la medicina, donde surgen nuevas enfermedades, la población se vuelve con más expectativa de vida, predominan las enfermedades crónicas y es cuando el acto de cuidar pasa a ser tan importante cuanto el de curar.

“[...] El uso de terapias complementarias con la cromoterapia, la música, la lectura de historias, los masajes, la meditación e, incluso, la oración, exigen del arquitecto la creación de ambientes hospitalarios diferenciados, hasta entonces inexistentes en el hospital tecnológico” (TOLEDO, 2008, p.10)¹ La

¹ TOLEDO, Luiz Carlos. *Las Transformaciones del Edificio Hospitalario y los Arquitectos*, Capitulo de la Revista Arquitectura Ibérica, nº28, Salud. Publicada en septiembre 2008.

arquitectura hospitalaria retira el enfoque en la enfermedad y vuelve a centrarse en el individuo. Se suma el conocimiento de los profesionales de salud a de los arquitectos en pro de una rehumanización de las instalaciones sanitarias.

Un ejemplo de arquitectura hospitalaria implicada con estos conceptos de confort y cuidado con el usuario es el REHAB, Centro para lesiones medulares y cerebrales, de la dupla Jacques Herzog y Pierre de Meuron, en Basilea, Suiza, año 1998 - 2002. Se trata de un centro de rehabilitación, un edificio horizontal, de dos plantas, bajo y superior, diseñado de manera a proporcionar facilidad de desplazamiento y autonomía a las personas con dificultad de locomoción. Está constituido por diversos patios interiores, compuestos por agua, vegetación y jardines, que traen la naturaleza existente en el alrededor para dentro de los espacio de convivencia. La penetración de la luz natural se da a través de estos patios, de los muros y ventanas transparentes, y por las claraboyas en formato esférico, que además captan la radiación solar que llega de diversas direcciones. La madera, material reciclable, se destaca como siendo el material predominante de las fachadas y de los espacios interiores, proporcionando belleza y confort.



Figura 2.36 - REHAB - Vista exterior. (www.flickriver.com) y **Figura 2.37** - REHAB – Patio interior (www.mimoo.eu)



Figura 2.38 - REHAB - Vista exterior con claraboyas. (www.staedte-fotos.de) y **Figura 2.39** - REHAB - Habitación con claraboya (www.cabrer-albert.blogspot.com.es)

De los mismos arquitectos, Herzog y Pierre de Meuron, sigue otro ejemplo en Suiza. Se trata del proyecto del Hospital Infantil en Zurich, que contiene área de docencia, investigación científica y que está adaptado a la escala de los niños y adolescentes, con patios de luz y vegetación, espacios amplios e iluminados donde los pacientes, personal sanitario y familiares pueden circular libremente. El edificio está distribuido en tres plantas con una geometría que proporciona ambientes flexibles. La madera es utilizada tanto en el exterior cuanto en el interior, proporcionando calidez y generando un ambiente casi doméstico.



Figura 2.40 - Hospital Infantil en Zurich. Vista exterior (www.dezeen.com)



Figura 2.41 - Hospital Infantil en Zurich. Vista interior del pátio de luz (www.dezeen.com)

5. RED SARAH DE HOSPITALES EN BRASIL

5.1 Antecedentes históricos a la Red Sarah

O sistema nacional de saúde britânico, criado no fim da década de 40, tem servido até hoje como uma referencia para planejamento de saúde no mundo todo [...] Os sistemas de saúde propostos no Brasil no decorrer das ultimas quatro décadas, inegavelmente, inspiraram-se, em maior ou menor grau no modelo britânico, ou em variações desse modelo implantadas em outros países (MIQUELIN, 1992, apud PERÉN, 2006, pg.138)¹

En Brasil, durante las primeras décadas del siglo XX, se ve una impulsión del Gobierno en acciones orientadas a la salud pública, a través de nominación de médicos higienistas a cargos públicos para que actuaran en fiscalización sanitaria, higiene para combatir enfermedades y apoyo a la reforma urbanística de las grandes ciudades. (BERTOLLI, 1996, apud BITTENCOURT, 1998, pg. 48)² Han sido acciones muy controvertidas, que estuvieron enfocadas en algunas regiones más prósperas del país y que estaban orientadas a combatir algunas enfermedades específicas, en detrimento a otras.

Durante este período, la epidemia de tuberculosis estuvo presente en muchas ciudades brasileñas y entre los años 20 y 60, algo peculiar ha ocurrido en una zona montañosa de la región de Sao Paulo. Se trata de una ciudad denominada Sao José dos Campos, donde se ha visto invadida por la construcción de una gran cantidad de sanatorios para enfermos tuberculosos, siendo la gran mayoría por iniciativa privada. Constatase, a través de estudios, que la tipología de estos sanatorios era de sistema de pabellón. Casi todos eran edificios sencillos y discretos, que tenían como foco la funcionalidad para combatir la enfermedad. (BITTENCOURT, 1998).

La tendencia del hospital tecnológico, que ha dominado Europa y EUA, principalmente después de la Segunda Guerra Mundial, también ha llegado a Brasil en la segunda mitad del siglo. Los edificios de tipología mista, de torre y base, climatizados e iluminados artificialmente han sido sinónimos de innovación, eficiencia y tecnología de punta. Un modelo repetido por décadas.

Gradualmente, empiezan a surgir los movimientos por la humanización de la arquitectura hospitalaria. Esta tendencia reaparece cuando se empieza a repensar el espacio sanitario como un local que tiene que estar orientado a las necesidades de los usuarios y no apenas a las necesidades impuestas por las nuevas tecnologías.

¹ MIQUELIM, L. C.(1992). Anatomia dos Edifícios Hospitalares. São Carlos: Cedas, 1992

² BERTOLLI FILHO, C. (1996) – Historia da Saúde Pública no Brasil. São Paulo: Ática, 1996.

5.2 Arquitecto João Filgueiras Lima – Lelé

[...] Então eu acho que a relação do arquiteto com os compromissos que ele deve ter, vamos dizer, com a parte artística e humana do prédio, é muito maior que a relação tecnológica que ele tem com o equipamento. É claro que o equipamento é um instrumento que vai ser usado ali, mas o fundamental é você criar um espaço em que o paciente se sinta bem, em que ele realmente esteja psicologicamente preparado para ser curado, senão não vai ser curado. Me parece que houve uma distorção enorme, na década de cinquenta, no espaço hospitalar. Foi quando começou o *boom* da tecnologia do pós-guerra e todas as grandes empresas que trabalhavam na produção de armamento passaram a trabalhar na produção de equipamentos hospitalares. Foi quando surgiu a radioterapia, a bomba de cobalto. A guerra sempre propicia esse desenvolvimento tecnológico, ate porque todo mundo fica machucado. Mas, a partir de então, os hospitais passaram a só dar importância a essa parte, vamos dizer, tecnológica do tratamento. (LELÉ, apud LATORRACA, 1999, pg.20)

João Filgueiras Lima, conocido por el apodo Lelé, ha sido un reconocido arquitecto brasileño, que consideraba que había entrado en la arquitectura por pura casualidad. La construcción de Brasilia ha sido su gran escuela. Ha ido a trabajar en las obras de la nueva capital en 1957, cuando llevaba apenas dos años como arquitecto graduado. En esta experiencia, ha tenido que aprender mucho sobre ingeniería, técnicas constructivas y ha significado la oportunidad de aplicar en la práctica todo lo que apenas conocía en su teoría.

En 1962, con la capital ya inaugurada y dando continuidad a sus trabajos en la construcción de la nueva Universidad, Lelé ha realizado un viaje a países del Este Europeo, en aquella época: Unión Soviética, Polonia, Alemania Oriental, Checoslovaquia. Estos países se recuperaban de la destrucción causada por la Segunda Guerra Mundial y estaban construyendo con la técnica del hormigón prefabricado, utilizado para levantar habitaciones, escuelas, hospitales, con la rapidez que se necesitaba. La aplicación de la industrialización en sus proyectos ha sido una de sus marcas. El interés por este tema ha iniciado en las obras de Brasilia, cuando se ha hecho necesario construir vivienda para 2500 operarios en tiempo mínimo.

Ha sido influenciado por arquitectos como Neutra, Mies van der Rohe, Alvar Aalto, Lucio Costa y, principalmente, por Oscar Niemeyer, su gran maestro, durante los años de construcción de la nueva capital. El ingeniero Nervi también le ha inspirado con sus estructuras arquitectónicas construidas con argamasa armada.

En 1969, ha realizado un viaje a Finlandia y ha conocido personalmente las obras de Alvar Aalto. Le ha tocado bastante la arquitectura nórdica, tan preocupada con el clima y con el máximo aprovechamiento de la luz natural en los edificios.

Eu aprendi muitas coisas na Finlândia. Visitei uma cidade no norte do país, Tampere, onde havia um hospital de seiscentos leitos maravilhoso. Eu fiquei empolgado com o hospital; o ambulatório cheio de sheds, com aquela luz entrando (eu fui lá no verão), cheio de jardins e, ao mesmo tempo, com a mais alta tecnologia. Era o único hospital da época, em 69, onde já se faziam cirurgias inteiramente computadorizadas. E apesar de toda absorção da tecnologia, o prédio era super humano, com obras de arte, aquela coisa integrada, sem excessos, comedida, com mobiliário bonito, brinquedos. (LELÉ, apud LATORRACA, 1999, pg30)

Ha realizado algunos trabajos para la iniciativa privada, pero su actuación ha sido, principalmente, en obras públicas, a través de experiencias ocurridas en Brasilia, Rio y Salvador. En esta tercera ciudad, ha dejado marcas importantes con la construcción de edificios administrativos, escuelas, guarderías, centros de salud, iglesias, estaciones de transbordo viario, equipamientos de paso peatonal, mobiliarios urbanos e infraestructuras para mejorías de comunidades carentes.

Entre los años 60 y 90, el arquitecto ha aplicado bastante los materiales industrializados en sus obras y ha desarrollado una nueva tecnología de prefabricado, utilizando la argamasa armada, que resultaba ser un material más ligero, que facilitaba el transporte e la instalación de las piezas. La preocupación con la ventilación e iluminación natural también ha sido una constante en su trabajo, que le ha llevado a experimentar nuevas soluciones para el shed, con distintos diseños y materiales, además de otros sistemas de protección solar y nuevos elementos para aprovechamiento de viento, luz y para garantizar el confort ambiental.

Se puede constatar que el arquitecto ya proyectaba considerando los aspectos del clima, con los conceptos de confort, eficiencia energética y sostenibilidad, mucho antes de que estos términos estuvieran de moda, como en la actualidad. Su inteligencia, sensibilidad e ilusión de poder hacer un mundo mejor le han hecho buscar soluciones innovadoras para su tiempo, uniendo su voluntad a la tecnología y la creatividad.

“Em arquitetura, tem essas utopias de fazer o mundo melhor, as casa melhores, as cidades melhores, o que também causa frustração, mesmo sabendo que essas coisas são irrealizáveis.” (LELÉ, apud LIMA, 2004, pg.88)

5.3 Hospital Distrital de Taguatinga

En 1964, en la recién inaugurada Brasilia (1960), se da el encuentro entre el joven arquitecto, Lelé, que había participado de la construcción de la nueva capital y el médico, recién llegado de su estancia en la Universidad de Oxford. Así, Aloysio Campos da Paz Junior, nos cuenta como ha sido esta fructífera convivencia:

Nas noites de sábado conversávamos. Por que o hospital Distrital é vertical, vidro e concreto que acumula doentes como objetos em prateleiras, de resto um hospital americano? Os hospitais ingleses são todos horizontais, grandes enfermarias que se abrem para pátios, para onde as camas com doentes nas trações e toda a parafernália médica são levados nos raros momentos de sol de uma Inglaterra cinza! Por que não aproveitar aquilo que tínhamos de melhor? O sol, a luz e, principalmente, a bela visão horizontal de uma Brasília que nos emocionava a cada pôr do sol? Muitas dessas conversas se concretizaram na primeira experiência: hospital de Taguatinga [...] (ALOYSIO CAMPOS DA PAZ, apud LIMA, 1999, pg.6)

Su primera experiencia en hospitales ha sido el Hospital Distrital de Taguatinga (Brasilia), en 1968, donde obtuvo orientación del arquitecto Oscar Niemeyer. En este edificio se ha utilizado sistema de hormigón prefabricado, aplicado en la estructura y en los bloques que componían los ambientes. Estos, estaban implantados de forma escalonada en el terreno, para obtener flexibilidad y posibilidad de extenderse en el futuro. Esta solución también ha permitido generar terrazas-jardines que podían ser utilizadas como solario por los pacientes. El proyecto previo que las instalaciones estuvieran aparentes o fueran visitables, para facilitar el mantenimiento. Para proteger las ventanas de la radiación solar directa, ha propuesto brises móviles y para promocionar la ventilación e iluminación natural en algunos espacios, ha proyectado sheds de hormigón en la cubierta. (LATORRACA, 1999)



Figura 2.42 - Hospital Taguatinga – fachada frontal con las ventanas protegidas por brises (LATORRACA, 1999, pg.48)



Figura 2.43 - Hospital Taguatinga – vista del ambulatorio con la cubierta de sheds de hormigón (LATORRACA, 1999, pg.49)

5.4 Hospital Sarah Brasilia

El proyecto del Hospital de Taguatinga, desarrollado en 1968, ha sido un marco en la carrera profesional de Lelé y seguramente le ha servido como base y directriz para encontrar, más adelante, las soluciones para su primera obra en la Red Sarah, construida en Brasilia, en 1980.

A rigor, la primera obra hospitalaria de la Red Sarah para rehabilitación del aparato locomotor y neurológico ha sido proyectada por el arquitecto Glauco Campelo en Brasilia en 1960, a pedido de la primera dama Sarah Kubitschek, esposa del entonces presidente del país Juscelino Kubitschek, para que fuera un pequeño y moderno edificio de rehabilitación pediátrica. En la actualidad, con la existencia de los grandes hospitales de la Red, este edificio recibe el apodo de “Sarinha”, lo mismo que “Sarita”. (LUKIANCHUKI, 2010)

En 1976, el Gobierno brasileño aprueba la construcción de un gran hospital público para la rehabilitación de enfermos neurológicos y locomotores, que sería la primera unidad de una Red que debería extenderse por todo el país. Con el objetivo de ser una referencia para el país en su especialidad, con capacidad de prestar un servicio de excelencia a la población y servir de apoyo a la investigación y al entrenamiento de nuevos profesionales.

En 1980, se inaugura el Hospital Sarah Brasilia, proyectado por Lelé, con una propuesta innovadora que promueve reflexiones y genera principios para la definición de un partido arquitectónico que pudiera ser adaptado a otras ciudades brasileñas. Estos principios generales se basan en promover centros hospitalarios con flexibilidad de espacios y posibilidad de extensión de su construcción; creación de áreas verdes; facilidad de acceso y mantenimiento de las instalaciones; iluminación natural y confort térmico en los ambientes. Además de la utilización de elementos constructivos estándares prefabricados para generar terrazas-jardines, pasajes de tuberías y piezas que permitiesen el ingreso de luz y ventilación natural en el interior del edificio.



Figura 2.44 - Sarah Brasilia (LATORRACA, 1999, pg.125)

El Hospital Sarah Brasilia ha tenido que ser un edificio vertical, porque el solar era pequeño y estaba situado en medio del centro urbano, pero “com grandes espaços nos ambulatórios, terraços alternados nas fachadas leste e oeste, luz, sol, vento.” (ALOYSIO CAMPOS DA PAZ, apud LIMA, 1999, pg.7)

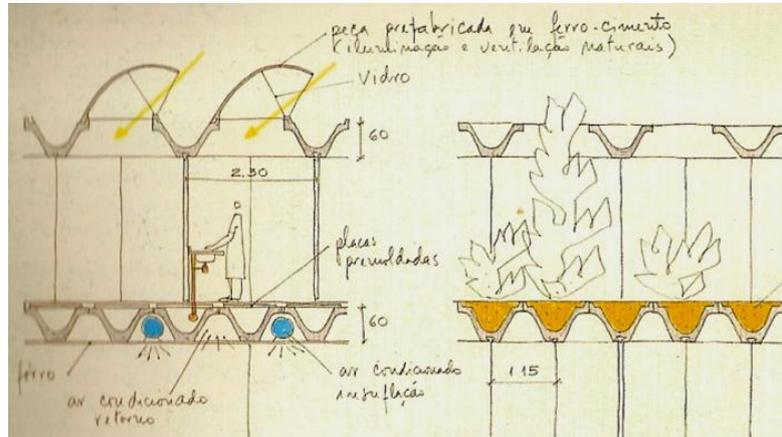


Figura 2.45 - Sarah Brasilia – Sistema constructivo. Croquis de Lelé (LATORRACA, 1999, pg.128)

El hospital está compuesto por un edificio vertical, con plantas escalonadas de planta libre doble, para generar las terrazas y así permitir espacios de convivencia abiertos al exterior. Además hay otro sector del edificio que es en planta baja, que está cubierto por sheds, ya fabricados en argamasa armada, también denominado ferro-cemento. El sistema de climatización artificial apenas está implantado en las zonas de quirófanos, radiología, auditorio, archivo médico y central de esterilización. Los demás ambientes del hospital están iluminados y ventilados naturalmente. La propuesta del hospital Sarah Brasilia también incluía la idea de dar mucha movilidad a los pacientes.

Para posibilitar el desarrollo de esa nueva propuesta de rehabilitación locomotora, algunos de los equipamientos médicos han sido fabricados por la Red. De esta manera, surge la cama-maca, que transforma la típica cama donde el paciente está estático en una habitación, en un aparato móvil, que le permite moverse hacia las terrazas-jardines, y así poder tener más autonomía, contacto con el exterior y vida social.



Figura 2.46 - Sarah Brasilia – Terrazas-jardines con los enfermos en camas-macas (LIMA, 1999, pg.17)

5.5 Red Sarah de Hospitales del Aparato Locomotor

“Os hospitais de Lelé, ao contrario de espaços constrangedores de sofrimento, tornaram-se locais amenos, generosos, ricos em volumes e cores: a própria expressão e sentido da palavra Reabilitação.” (LIMA, 1999, pg.7)

En 1991, ha sido instituída en Brasil, la APS - Associação das Pioneiras Sociais. Una institución de derecho privado sin finalidades lucrativas que tenía como objetivo la prestación de asistencia sanitaria médica gratuita y de calidad a la población, a través de la gestión de la Rede Sarah de Hospitales del Aparato Locomotor. Se trata de la primera institución privada destinada a gestionar el patrimonio público.

En esta época, apenas el Sarah Brasilia estaba construido. Para que la red de hospitales empezara a expandirse por el país, se hace el proyecto de tres edificios, situados en tres capitales de Brasil: Sao Luis (Maranhão), Salvador (Bahia) y Curitiba (Paraná). La propuesta inicial seria construir con el apoyo de la Faec - Fábrica de Equipamentos Comunitarios, desarrollada en la administración del Ayuntamiento de Salvador. Por temas políticos, esta fábrica ha sido cerrada y los hospitales han tenido que ser ejecutados de otra manera. El Sarah Sao Luis pasa a ser construido por una constructora privada y para dar continuidad a la obra del Sarah Salvador, se crea, en 1992, el CTRS – Centro de Tecnología da Rede Sarah. (LIMA, 2004)

El CTRS tiene como objetivo: construir los edificios hospitalarios, ajustarlos a posibles cambios generados por la introducción de nuevas tecnologías, fabricar equipamientos médicos necesarios para la técnica de rehabilitación y ofrecer constante mantenimiento a los edificios y equipamientos instalados.

Inicialmente el Centro ha estado en instalaciones provisorias, pero gradualmente se ha construido el edificio completo, compartiendo el mismo solar que el hospital Sarah Salvador. Han sido construidos talleres de metalurgia pesada para construcción en chapa de acero; metalurgia ligera para fabricación de componentes metálicos para los edificios y equipamientos; marcenaría para fabricación de mobiliario y elementos del edificio; argamasa armada para construcción de componentes prefabricados; plásticos para ejecución de equipamientos y complementos y un taller para pintura y fabricación de elementos en fibra de vidrio. También se encontraba en este centro el despacho del arquitecto Lelé y su equipo técnico, para proyectar y mantener la Red.

En el mapa de Brasil, que se presenta, es posible situar todas las unidades de la Red Sarah, que están presentes en las regiones Norte, Noreste, Centro Oeste y Sureste del país.



Figura 2.47 - Mapa de Brasil con la ubicación de todas las unidades de la Red Sarah (LUKIANCHUKI, 2010, pg.73)

Sarah São Luis – 1993



Figura 2.48 - Sarah São Luis (archivo del CTRS)

Ha sido construido en 1993, con proyecto del arquitecto Lelé, pero con ejecución realizada por una empresa privada. El hospital presta asistencia médica y de rehabilitación y tiene capacidad para 100 camas. Se trata de un edificio horizontal, donde se propone la solución de los sheds para ventilar e iluminar naturalmente. Estos elementos han tenido que ser construidos en hormigón, lo que les distingue de los demás hospitales construidos por el CTRS.

Sarah Salvador – 1994**Figura 2.49** - Sarah Salvador (archivo del CTRS)

Ha sido el primero edificio hospitalario de la Red que ha sido construido por el CTRS, inaugurado en 1994. El hospital presta asistencia médica y de rehabilitación y tiene capacidad para 157 camas. Se trata de un edificio horizontal, de planta baja y sótano, donde se ha podido aplicar la solución del shed hecho en chapa metálica para ventilar e iluminar naturalmente en casi todo hospital. Se ha utilizado galerías en el sótano que han servido de base del edificio, paso de las instalaciones y captación de viento.

Sarah Belo Horizonte – 1997**Figura 2.50** - Sarah Belo Horizonte (archivo del CTRS)

En 1997, se inaugura el Sarah Belo Horizonte, con capacidad para 125 camas. Una solución mixta – vertical/horizontal, para aprovechar un edificio existente. En la cubierta, se ha utilizado shed metálico, con forma cóncava-convexa, similar a lo del Sarah Salvador, El sistema constructivo emplea, en gran medida, elementos prefabricados metálicos y de argamasa armada.

Sarah Fortaleza – 2001

Figura 2.51 - Sarah Fortaleza (archivo del CTRS)

En 2001 se inaugura el Sarah Fortaleza, con capacidad para 86 camas, que también ha sido una solución mixta - vertical/horizontal para preservar una zona verde del solar. Se ha utilizado una solución de shed totalmente cóncava para iluminar y ventilar naturalmente, y así impedir la radiación solar directa y la reflexión hacia el interior. Además, se ha construido galerías para el paso de las instalaciones y captación del viento dominante.

Sarah Rio de Janeiro – Centro de Reabilitação Infantil – 2002

Figura 2.52 - Sarah Rio Centro de Reabilitação Infantil (archivo del CTRS)

Este hospital ha sido inaugurado en 2002 y está destinado a la rehabilitación infantil. Tiene una solución distinta de los edificios anteriores, con una cubierta de sheds metálicos, donde la forma permite la integración con los sistemas de climatización artificial.

Sarah Brasilia – Lago Norte – 2003**Figura 2.53** - Sarah Brasilia Lago Norte (www.sarah.br)

El Sarah de Brasilia ha sido construido en 1980, en zona urbana muy densa, sin mucho espacio con área verde donde se pudiera aplicar las técnicas de rehabilitación que se promueve en los demás hospitales de la Red. Pos este motivo, se ha propuesto la construcción de este edificio complementario, en una zona amplia, al lado de un lago. Así, en 2003, se inaugura esta nueva unidad de rehabilitación, desarrollada en edificio horizontal con elementos prefabricados y sheds con estructura de treliza metálica.

Sarah Macapá – 2005**Figura 2.54** - Sarah Macapá (www.sarah.br)

En 2005 se inaugura el Sarah Macapá, orientado a la asistencia médica y rehabilitación infantil. Es el primero edificio de la Red en la región Norte del país y sigue un modelo similar al edificio anterior con cubiertas en sheds con estructura de treliza metálica y elementos prefabricados.

Sarah Belém – 2007**Figura 2.55** - Sarah Belém (PERÉN, 2006, pg.163)

Se trata de un centro de rehabilitación infantil, con cubierta en sheds metálicos y elementos prefabricados para estructura y cierre.

Sarah Rio de Janeiro – 2009**Figura 2.56** - Sarah Rio de Janeiro (www.sarah.br)

Este edificio ha sido inaugurado en 2009 y es el último construido por el CTRS. Tiene una solución muy distinta de los hospitales anteriores. Se ha hecho una cubierta ventilada con sheds que están a barlovento y a sotavento, que genera un colchón de aire en constante movimiento. La galería ha sido sustituida por un suelo técnico y los ambientes son iluminados de forma independiente de la ventilación.

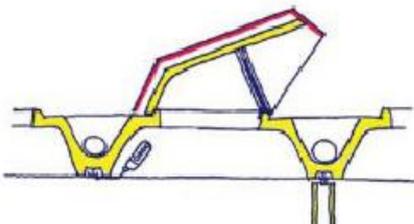
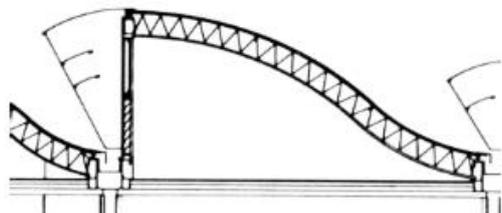
5.6 Evolución de las soluciones de la Red Sarah

“O Sarah é uma experiência multidisciplinar, não é só arquitetura. É uma experiência em que as equipes participam, e, como tudo evolui, a gente sempre vai aprimorando e diminuindo os erros. Vamos consertando de um hospital para o outro, até na própria flexibilidade que ele oferece vamos melhorando” (LELÉ, apud LIMA, 2004, pg.90)

La evolución de las soluciones para los hospitales de la Red se puede percibir principalmente en el dibujo del shed. Cada solución está pensada con base en las características climáticas de cada sitio, como la orientación más adecuada para la iluminación natural, considerando el asoleo en cada latitud, para evitar la radiación solar directa; también se considera el sentido de los vientos dominantes para que se pueda combinar las aperturas en la cubierta con las galerías de captación del sótano y así promocionar el efecto de succión; o en el caso de Rio, promocionar captación y extracción por los sheds. La forma también se ha transformado en función del material empleado, cuando se ha deseado corregir reflexiones indeseadas o cuando se ha integrado el shed a los sistemas de climatización artificial.

Sigue una tabla de la evolución de los sheds en los hospitales de la Red Sarah. Según LUKIANTCHUKI (2010, pg. 91-92)

Tabla 2.1 - Tabla de la evolución de los sheds

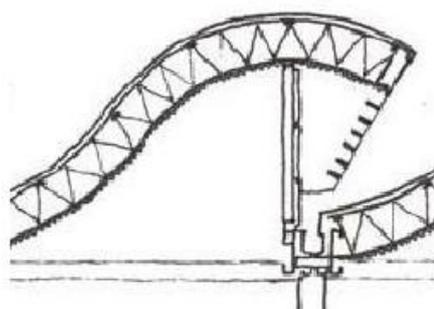
	SHEDS	DESCRIÇÃO
Brasília		Diferente da maioria dos hospitais da rede, esse edifício é vertical, possuindo sheds somente no térreo, subsolo 1 e subsolo 2. Elementos fabricados em ferro-cimento notamos um desenho mais retilíneo e mais contido, onde as curvas leves e soltas ainda não existiam.
São Luís		O formato dos sheds no projeto era parecido com o de Salvador. No entanto, durante a construção esses elementos foram adaptados e construídos no sistema convencional em concreto. Assim, a geometria desses elementos ficou completamente diferente da de Salvador.
Salvador		Projetado nos anos 80, o Sarah de Salvador só foi concluído em 1994. Nesse caso, os sheds estão localizados a sotavento, favorecendo o efeito de sucção. Possui uma testeira externa para proteção da radiação solar direta. Os sheds já possuem um formato mais curvo e solto.

Fortaleza



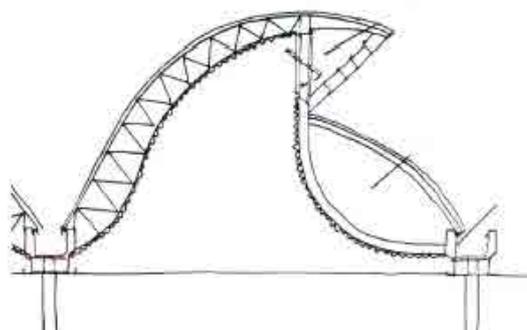
A curvatura desse shed se apresenta bem diferente da existente no Sarah de Salvador. A forma côncava de Salvador se transformou em uma superfície convexa a fim de evitar a entrada da radiação de calor para dentro dos sheds.

Sarah - Lago norte



Formado por uma treliça única, o shed avança em balanço formando uma fusteira. Brises na boca do shed barram a incidência da radiação solar direta.

Centro infantil - Rio de Janeiro



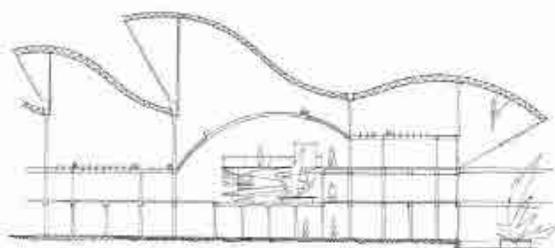
Neste hospital, tem-se um desenho mais evoluído. A treliça é uma peça única com seção variável, e seu balanço também faz a função da pestana. Surge outra curva sobre a superfície convexa, em formato invertido, gerando um entreforro que serve de duto do sistema de ar condicionado, permitindo a integração com o sistema de ar condicionado. No eixo central do shed, cria-se um pé direito maior, cujo vão superior serve para a entrada da luz natural. No pé direito menor, encontram-se os difusores por onde o ar é insuflado.

Belém



Inaugurado em 2007, é o Centro de Reabilitação que antecede o hospital do Rio. Possui uma conformidade diferente, aparecendo sheds com formatos desuniformes, com dimensões maiores e menores. Os sheds continuam presos ao edifício, no entanto possuem geometrias maiores e desuniformes, o que é inexistente nos edifícios anteriores.

Rio de Janeiro



Possui um desenho totalmente diferenciado dos outros edifícios da rede. Nesse caso, os sheds são orientados a barlavento para captar os ventos predominantes. Projetou-se uma grande cobertura com sheds, totalmente solta e independente dos ambientes internos, como se fossem árvores sombreando o edifício e filtrando a luz natural. Entre essa cobertura externa e os ambientes internos, têm-se forros móveis de policarbonato translúcidos. É a geometria que possui mais flexibilidade.

Los proyectos de los edificios y equipamientos de la Red se han desarrollado en este centro, a través del despacho del arquitecto Lelé y de su equipo hasta el año 2009, con la construcción del Sarah Rio de Janeiro. Desde entonces, no se ha proyectado otro hospital y las actividades se han recudido a mantenimiento de los edificios y sus equipamientos. Por este motivo, los talleres del centro han tenido que ser disminuidos, así como el número de trabajadores. Desde entonces, el arquitecto Lelé ha dejado el CTRS para crear el IBTH - Instituto Brasileiro de Tecnología do Habitat, una organización no gubernamental que tiene como objetivo proyectar y construir obras públicas, de interés social, además de mantener actividades de enseñanza e investigación en el ámbito de la tecnología de la construcción.

6. PARALELISMO ENTRE BRASIL Y CATALUÑA

Este capítulo tiene como objetivo hacer un análisis cualitativo a través de la presentación de tres edificios de la Red Sarah de hospitales en Brasil y tres edificios hospitalarios catalanes contemporáneos. Se trata de destacar las principales características de cada proyecto, con el enfoque en las soluciones utilizadas para aprovechamiento de ventilación e iluminación natural. Este capítulo se complementa con el capítulo 8, de Análisis y Conclusiones.

En este estudio han sido seleccionados tres ejemplos de la Red, situados en Salvador, Fortaleza y Rio de Janeiro. Son edificios construidos en épocas distintas que caracterizan tres momentos distintos. El Sarah Salvador, de 1994, es el primero hospital construido por el Centro de Tecnología de la Rede Sarah (CTRS), el Sarah Fortaleza, de 2001, es una propuesta diferente que busca solucionar, a través del diseño, ciertos problemas encontrados en los sheds anteriores, el Sarah Rio de Janeiro, de 2009, es el último edificio de la Red, una solución innovadora donde se plasma toda experiencia acumulada hasta el momento.

Las tres ciudades se sitúan en la costa de Brasil, bajo el clima Tropical Atlántico (cálido y húmedo). Fortaleza está a latitud 3° Sur, Salvador a latitud 13° Sur y Rio de Janeiro a latitud 22° Sur. Son edificios que están instalados en climas parecidos, pero no iguales, con soluciones propias para atender al programa y a las necesidades de cada local. Se han hecho análisis de la documentación disponible, entre plantas, detalles y fotos; se ha hecho visita técnica al Sarah Salvador y entrevista con el arquitecto Lelé.

Los tres hospitales catalanes seleccionados para este estudio son edificios que han sido inaugurados en 2010 y están bajo el clima Mediterráneo Litoral. El nuevo Hospital de la Santa Creu i Sant Pau está situado en Barcelona, el nuevo Hospital de Mollet está situado en Mollet del Vallès, provincia de Barcelona y el nuevo Hospital Universitario Sant Joan, en Reus, provincia de Tarragona.

Son tres ejemplos de obra nueva, de construcción reciente, situados dentro de Cataluña, influenciados por el clima mediterráneo. Son edificios que han sido proyectados con conceptos de sostenibilidad y eficiencia energética, pensados en el aprovechamiento de ventilación e iluminación natural. Se han hecho análisis de la documentación disponible, entre plantas, detalles y fotos; se ha hecho visitas técnicas a los tres edificios y entrevistas a los arquitectos que los han proyectado.

6.1 Hospital Sarah Salvador

Localización: Salvador – Bahia - Brasil

Año de Finalización: 1994

Superficie Construida: 28.000 m²

Arq.: Joao Filgueiras Lima

Clima: Litoráneo Húmedo (cálido y húmedo)

Latitud: 13° 00' Sur

Longitud: 38° 30' Oeste

Altitud: 47m

Tmedia: 25,2°C

HR: 80,8%

Viento Predominante: SE (invierno) / SE - NE (verano)



Figura 2.57– Hospital Sarah Salvador - Vista aérea (archivo del CTRS)

Los formatos que tienen los sheds son para resolver un tema de asepsia, porque promueve una ventilación vertical y así reduce el nivel de infección. El objetivo es este: reducción del índice de infección cruzada. El proyecto no ha sido idealizado en búsqueda de alcanzar un confort ambiental. Esto ha sido consecuencia natural de su diseño, así como su estética. (Lelé – entrevista concedida en octubre de 2008)



Figura 2.58– H. Sarah Salvador - Vista aérea - Fachada noreste y sureste (archivo del CTRS)

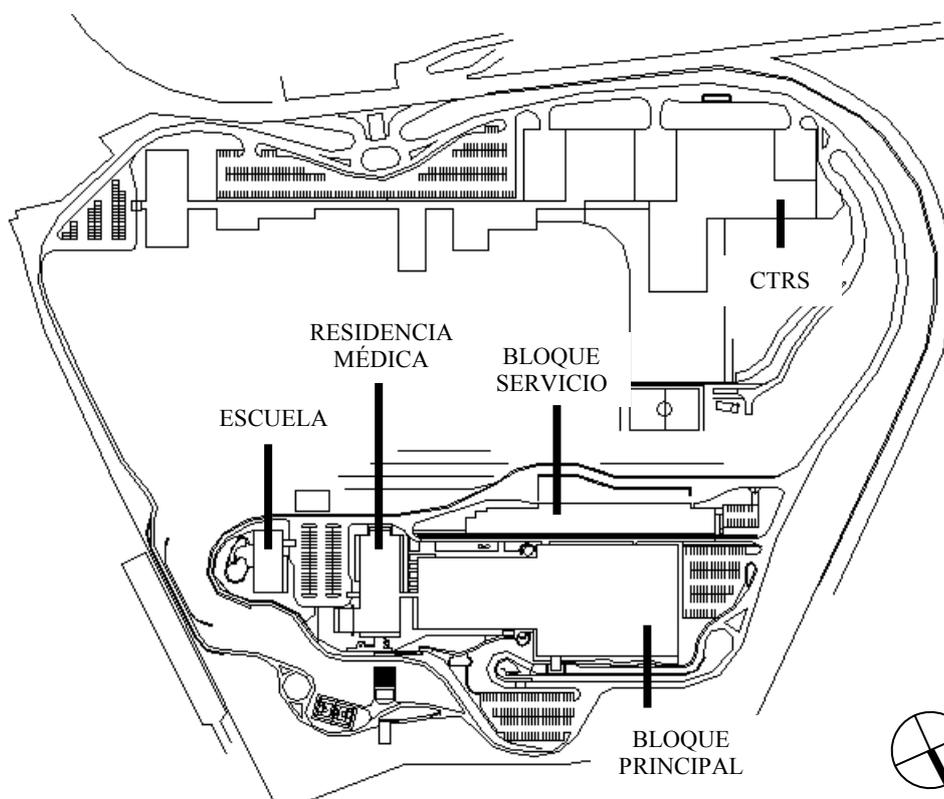


Figura 2.59– H. Sarah Salvador - Emplazamiento (archivo del CTRS)

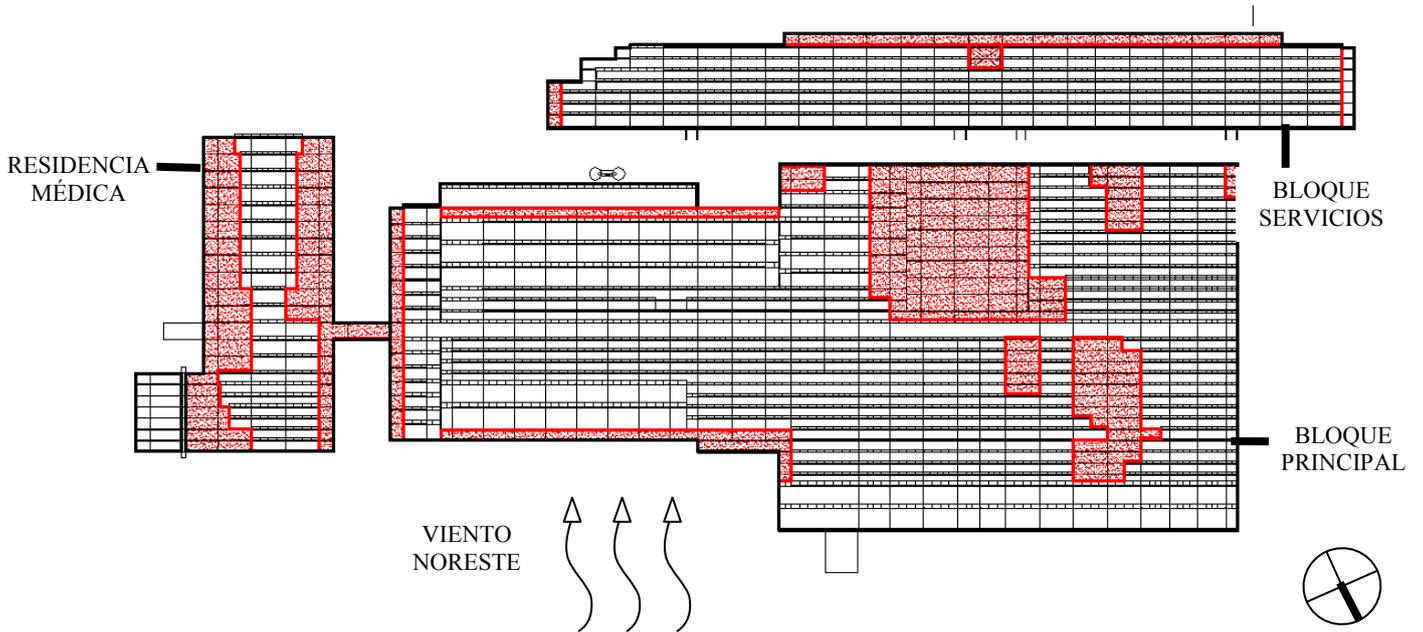


Figura 2.60 – H. Sarah Salvador - Planta de cubierta (archivo del CTRS - adaptado por la autora)

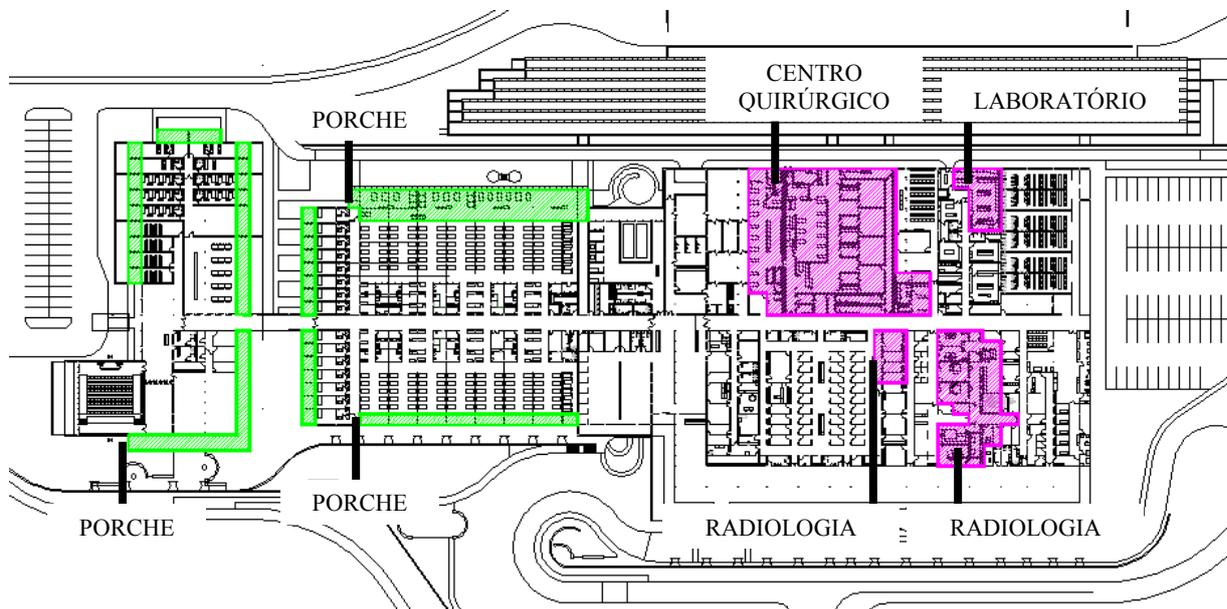
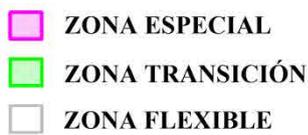


Figura 2.61 – H. Sarah Salvador - Planta baja (archivo del CTRS - adaptado por la autora)



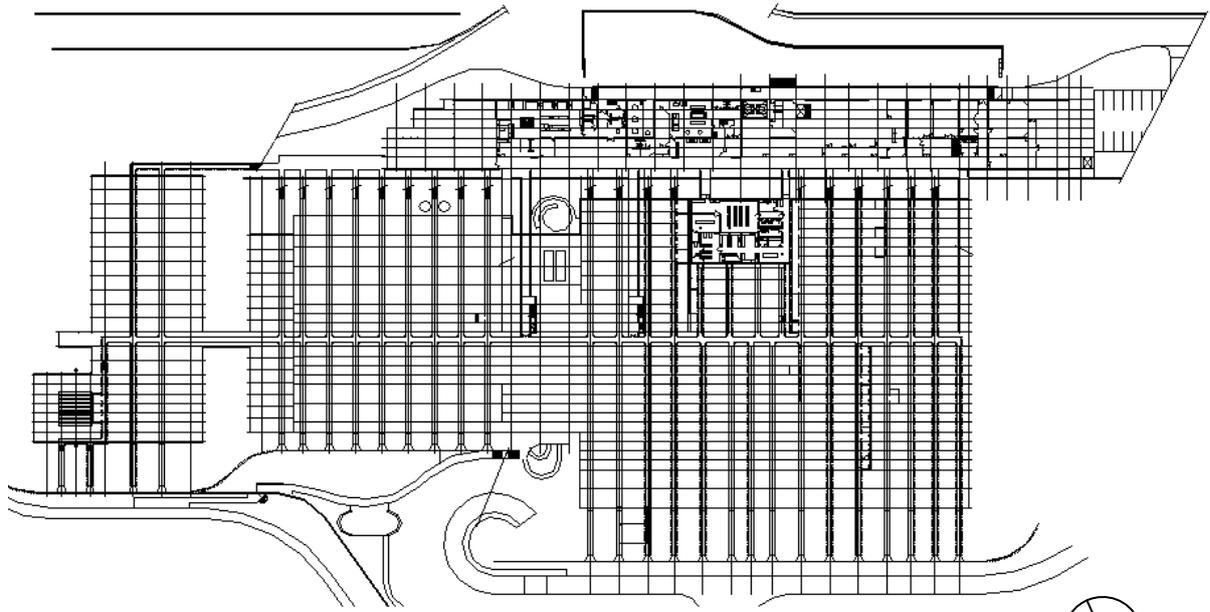


Figura 2.62 – H. Sarah Salvador - Planta sótano - galerías (archivo del CTRS)

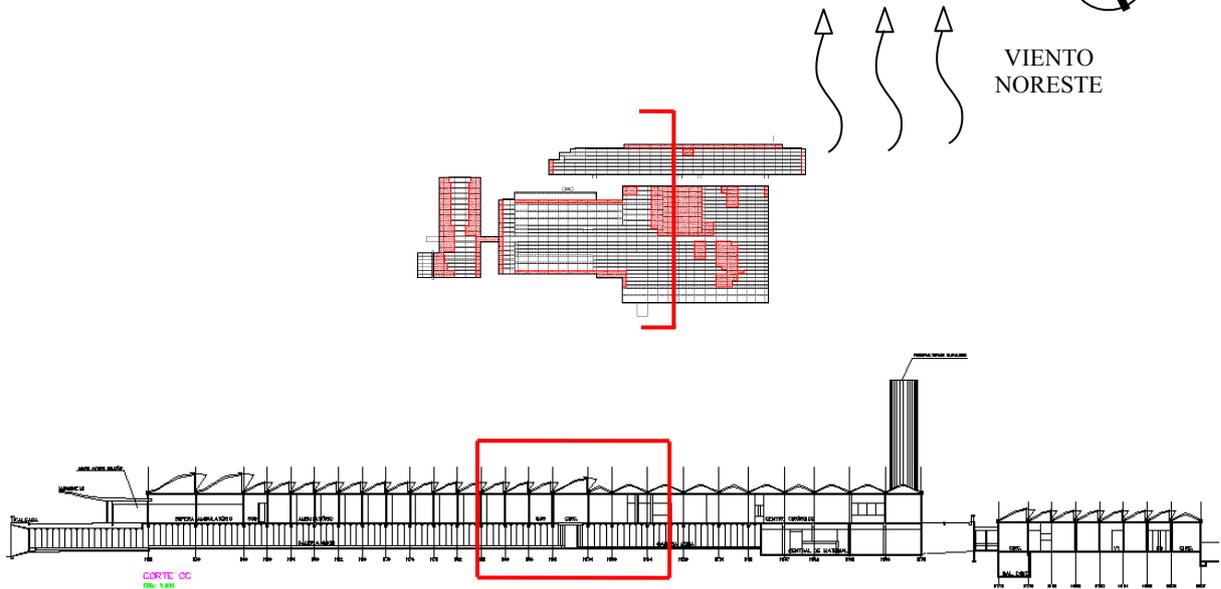


Figura 2.63 – H. Sarah Salvador - Sección transversal (archivo del CTRS)

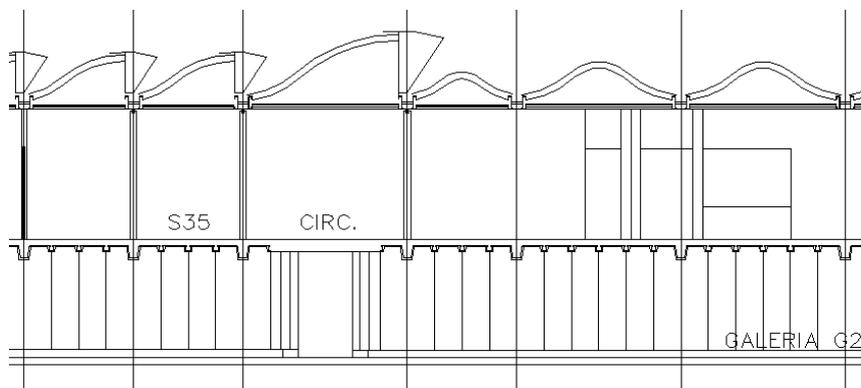


Figura 2.64 – H. Sarah Salvador - Sección ampliada (archivo del CTRS)



Figura 2.65 – H. Sarah Salvador - Cubierta en teja (archivo de la autora)



Figura 2.66 – H. Sarah Salvador - Cubierta en shed (archivo del CTRS)



Figura 2.67 – H. Sarah Salvador - Fachada noreste. Vista exterior de galería. (LATORRACA, 1999, p.192)



Figura 2.68 – H. Sarah Salvador - Fachadas sur y sureste - Vista de residencia médica (LATORRACA, 1999, p.198)



Figura 2.69 – H. Sarah Salvador - Espera de Ambulatorio (archivo del CTRS)



Figura 2.70 – H. Sarah Salvador - Vista de pasillo (LATORRACA, 1999, p.194)



Figura 2.71 – H. Sarah Salvador - Vista de hospitalización (LATORRACA, 1999, p.192)



Figura 2.72 – H. Sarah Salvador - Galería subterránea – vista interior (LATORRACA, 1999, p.192)

Figura 2.73 – H. Sarah Salvador - Galería subterránea – vista de conducto metálico que lleva el aire hacia la planta baja
(archivo de la autora)

El Sarah Salvador ha sido inaugurado en 1994 en la ciudad de Salvador. Ha sido el primero edificio a ser construido por el Centro de Tecnología de la Rede Sarah (CTRS) y el modelo donde se ha podido experimentar los principios constructivos y las soluciones idealizadas para esta red. Está emplazado en la zona alta del solar que comparte con el mismo CTRS. Los dos edificios se conectan a través de vías y de un funicular.

El hospital está idealizado como un volumen horizontal compuesto por un bloque principal, uno de servicios, una residencia médica y una escuela. El cuerpo principal posee dos niveles: planta subterránea y planta baja. El nivel inferior es donde se sitúa la galería técnica, con aperturas orientadas hacia noreste, para captar los vientos dominantes en verano. Estas galerías tienen la función de base estructural del edificio, de conducción del aire y de paso de las instalaciones, lo que facilita el mantenimiento de las mismas.

La corriente de aire que entra por estos túneles pasa por ventiladores que aumentan su velocidad y también por una cortina de agua que incrementa el índice de humedad y baja su temperatura. El aire se mueve en horizontal y sube a la planta baja por conductos metálicos distribuidos al largo de las galerías. En la planta baja el aire penetra en los ambientes a través de rejillas regulables, que permiten a los usuarios, controlar el caudal de viento fresco que quiere recibir.

En planta baja están las zonas especiales – zona quirúrgica, de radiología, laboratorio, que necesitan un control de temperatura, humedad y presión; las zonas flexibles, que son todos los ambientes que pueden permitir el paso de la ventilación natural como las habitaciones colectivas de la hospitalización, salas de espera, de consultas, pasillos, salas de fisioterapia y hidroterapia; y además las zonas de transición que son los porches y jardines cubiertos que circundan las zonas flexibles.

En cubierta, se nota dos tipos de teja una que está en forma de shed (con lucernario) y otra cerrada. Haciendo la correlación entre planta y cubierta, se nota que la teja cerrada cubre normalmente las zonas especiales y las de transición. Siendo que las zonas flexibles están cubiertas por shed, que permite la ventilación e iluminación natural de estos espacios. Los sheds cubren aproximadamente 80% de las zonas, lo que demuestra el reducido porcentaje de ambientes que realmente necesitan de climatización artificial.

Existen dos tipos de sheds en el Sarah Salvador. El primer tipo se trata de veneciana de aluminio y vidrio practicable y el segundo tipo está hecho con una parte de vidrio fijo y otra de vidrio practicable. Con el primero, se puede ventilar siempre, aunque el vidrio esté cerrado. El segundo, permite el paso de más luz natural, pero si el vidrio practicable está cerrado, no permite la ventilación natural.

Inicialmente había apenas el primer tipo, pero después se ha visto la necesidad de iluminar mejor y se ha sustituido por el segundo tipo en algunos ambientes.

En el proyecto original, apenas está previsto climatización artificial en las zonas especiales. En las zonas flexibles la ventilación ocurre por el aire proveniente de las galerías, que hace un movimiento ascendente hacia las aperturas del shed y por unos ventiladores de techo que son utilizados en los días más críticos de verano.

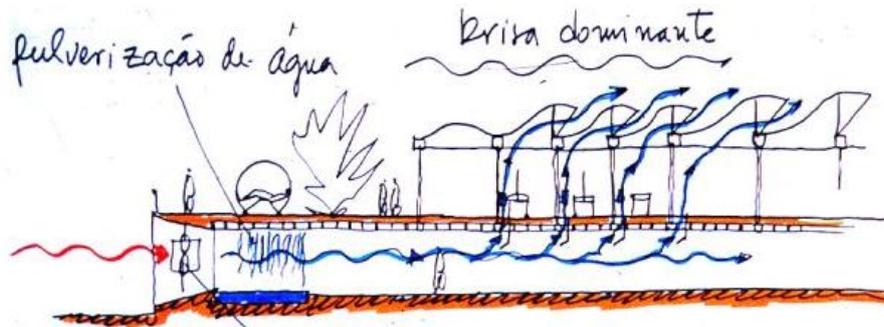


Figura 2.74 – H. Sarah Salvador - Ventilación natural por los sheds – croquis de Lelé (LATORRACA, 1999, pg.192)

Todos los sheds de este hospital están con sus aperturas orientadas hacia el Suroeste, a sotavento. Esta orientación está estudiada para evitar la penetración de la radiación solar directa en los ambientes interiores y permitir la salida del aire que ha penetrado a través de las galerías y ha circulado verticalmente.

Inicialmente estos sheds habían sido fabricados en chapa galvanizada con una pestana (testera) incorporada que promovía más protección solar hacia el interior. Años después, se ha sustituido la cubierta por sheds hechos de aluminio, de una sola pieza. Este cambio ha sido acertado porque esta nueva solución pasa a corregir problemas de infiltración de agua y oxidación que existían anteriormente debido a las altas temperaturas y elevados índices pluviométricos de la ciudad.

En las pestanas acopladas también se habían incorporado unas lamas que dificultaban aún más la penetración de la radiación solar directa. Aún así, esta forma del shed (cóncava y convexa) ha generado una cierta reflexión de la radiación hacia el interior, con sobrecalentamiento en algunas épocas del año. Se ha minimizado este problema con la pigmentación de la zona de reflexión (cóncavas) con un color azul y con la aplicación de un material termo-acústico en las lamas, que además han ayudado a reducir el ruido en los días de lluvia intensa.

Esta situación ha generado cambios en el diseño del shed de los siguientes hospitales, en búsqueda de una solución más adecuada y más eficaz.

6.2 Hospital Sarah Fortaleza

Localización: Fortaleza – Ceará - Brasil

Año de Finalización: 2001

Superficie Construida: 37.891 m²

Arq.: Joao Filgueiras Lima

Clima: Tropical (cálido y húmedo)

Latitud: 3° 46` Sur

Longitud: 38° 33` Oeste

Altitud: 27m

T.media: 26,6°C

HR: 78.3%

Viento Predominante: SE (invierno) /SE - E (verano)



Figura 2.75 – Hospital Sarah Fortaleza - Vista aérea (archivo del CTRS)

[...] Mas se eu tivesse repetido o shed de Salvador em Fortaleza não teria aprimorado nada. Através das pesquisas que fiz e da sua justa aplicação, hoje tenho uma consciência maior sobre como funciona o shed o principio da cobertura em shed é recorrente, mas o desenho da cobertura não é o mesmo. Tem sempre uma novidade, algum aperfeiçoamento. (LIMA, 2007, apud MENDONÇA, 2007, apud LUKIANTCHUKI, 2010, pg.83)¹

¹ LIMA (2007). João Filgueiras Lima: entrevista (Enero 2007). Entrevistador: Adriano Carneiro de Mendonça. Salvador: CTRS



Figura 2.76 – H. Sarah Fortaleza - Vista aérea - Fachada noroeste (archivo del CTRS)

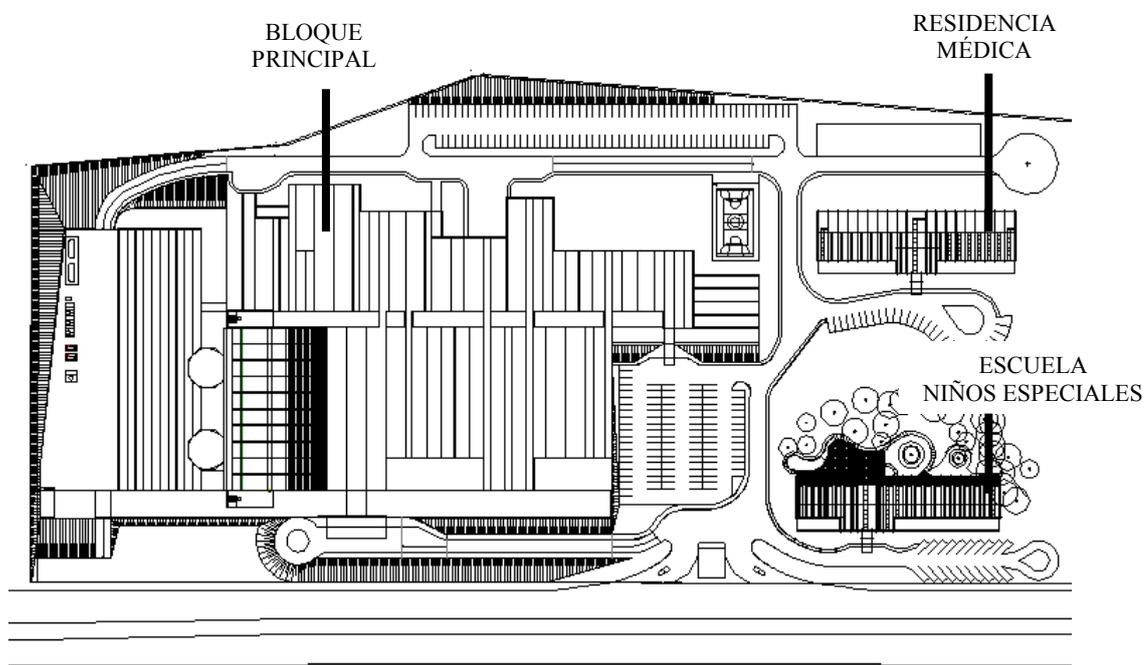


Figura 2.77 – H. Sarah Fortaleza - Planta de emplazamiento (archivo del CTRS)

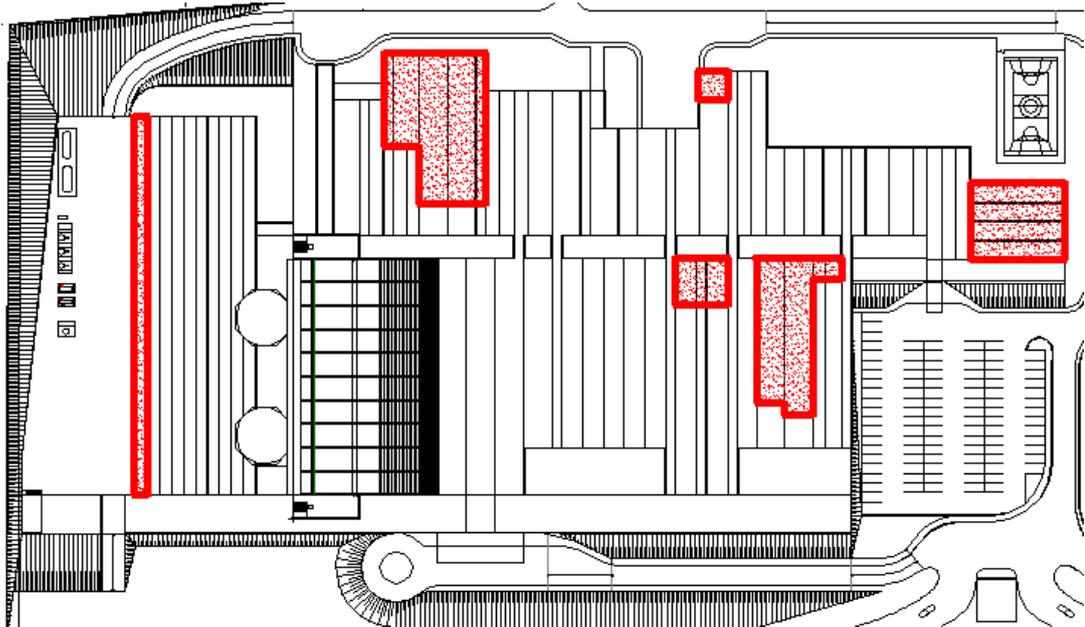


Figura 2.78 – H. Sarah Fortaleza - Planta de cubierta (archivo del CTRS – adaptado por la autora)

-  CUBIERTA TEJA 
-  CUBIERTA SHED 

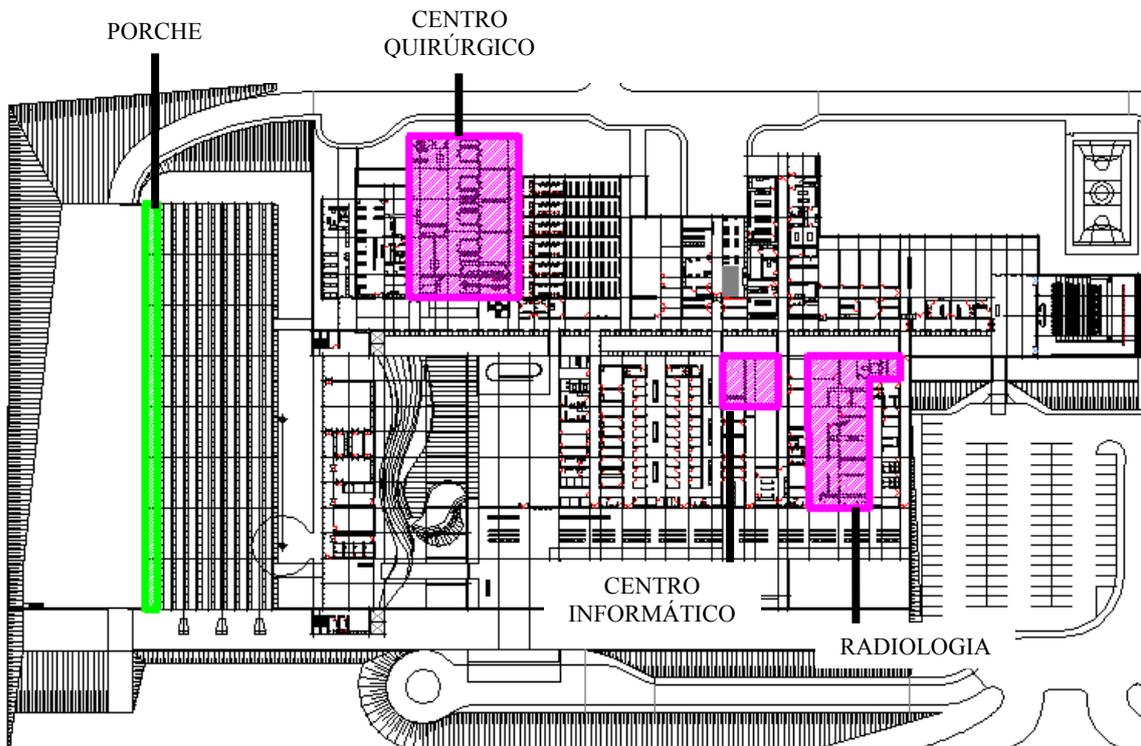


Figura 2.79 – H. Sarah Fortaleza - Planta baja (archivo del CTRS – adaptado por la autora)

-  ZONA ESPECIAL
-  ZONA TRANSICIÓN
-  ZONA FLEXIBLE

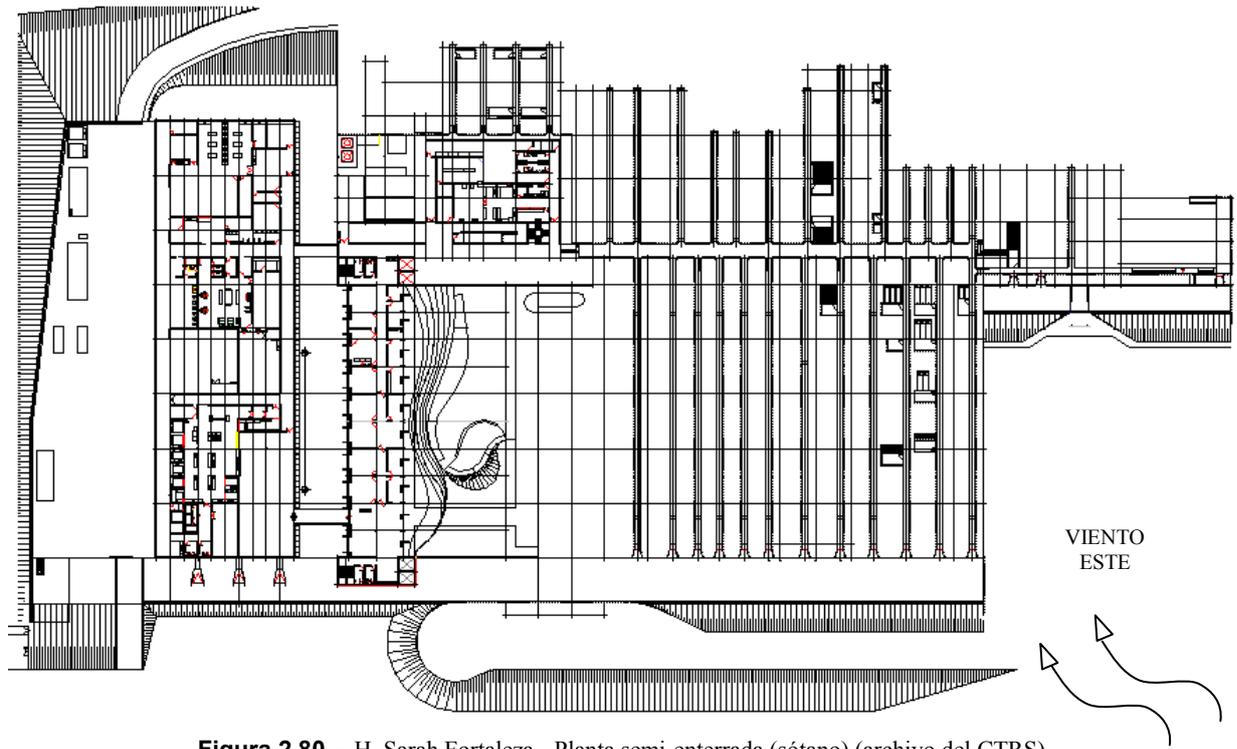


Figura 2.80 – H. Sarah Fortaleza - Planta semi-enterrada (sótano) (archivo del CTRS)

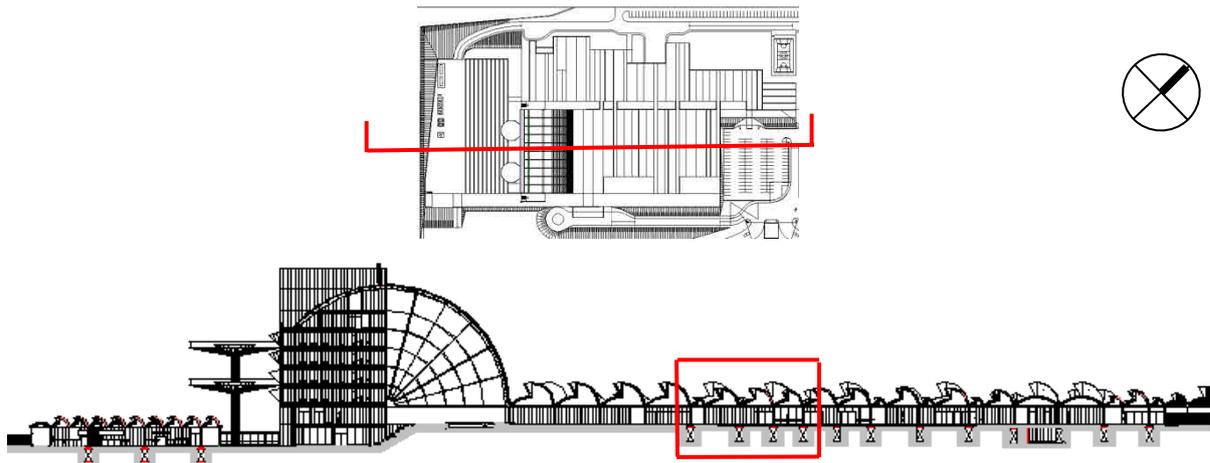


Figura 2.81– H. Sarah Fortaleza - Sección longitudinal (archivo del CTRS)

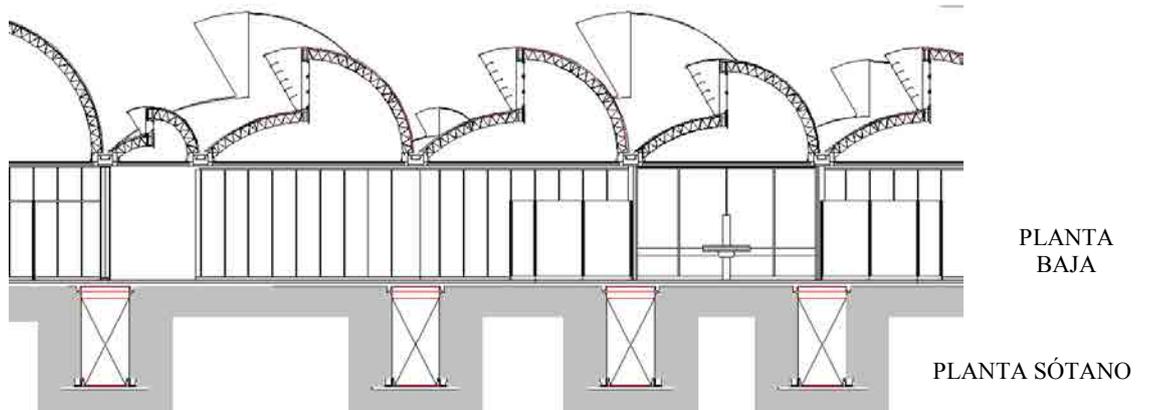


Figura 2.82 – H. Sarah Fortaleza - Sección ampliada (archivo del CTRS)



Figura 2.83 – H. Sarah Fortaleza - Fachada sureste - Vista exterior de los sheds (archivo del CTRS)



Figura 2.84 – H. Sarah Fortaleza - Fachada sureste - Vista exterior de los sheds y captadores de aire (archivo del CTRS)



Figura 2.85 – H. Sarah Fortaleza - Vista exterior de la galería. (archivo del CTRS)

Figura 2.86 – H. Sarah Fortaleza - Vista interior de la galería (archivo del CTRS)



Figura 2.87 – H. Sarah Fortaleza - Fachada suroeste - vista interna del solarío (archivo del CTRS)



Figura 2.88 – H. Sarah Fortaleza - Vista interior – pasillo cubierto con sheds y vista de rejillas para salida del viento proveniente de las galerías (PERÉN, 2006, pg.190)



Figura 2.89 – H. Sarah Fortaleza - Vista interior – zona de fisioterapia (archivo del CTRS)



Figura 2.90 – H. Sarah Fortaleza - Vista interior del shed – zona de fisioterapia (PERÉN, 2006, pg.181)

El Sarah Fortaleza es un hospital de rehabilitación de adultos y niños, con servicio de hospitalización y ambulatorio. Ha sido inaugurado en 2001 en la ciudad de Fortaleza.

Es un edificio que está construido en volumetría mista horizontal - vertical. Se ha elegido este partido para preservar una zona arborizada que ocupaba 1/3 del solar. En el bloque vertical de siete pavimentos, hay cuatro destinados a hospitalización y tres, a servicios técnicos y administrativos. En la planta baja se sitúa una amplia zona de fisioterapia e hidroterapia cubierta, ajardinada e iluminada naturalmente, además de ambulatorio, radiología, y otros servicios técnicos. En planta semi-enterrada (sótano) se encuentran los servicios generales y de abastecimiento. Es también donde están ubicadas las galerías que sirven como base estructural para el edificio, vía de paso para las instalaciones y conducto de aire hacia los ambientes de la planta baja.

Comparando la planta de cubierta o las imágenes aéreas con la planta baja, se puede identificar que las zonas especiales, como la radiología, centro quirúrgico, laboratorio y central de informática, que requieren un control del clima interior, están cubiertas por tejas y las demás zonas están cubiertas por sheds. Los tipos de shed corresponden a la dimensión del vano libre entre una pieza y otra. Y eso está condicionado a los ambientes ubicados en la planta baja.

En los sheds de este edificio, todavía se utiliza una pestana con lamas, como una pieza incorporada, para proteger las ventanas de la radiación directa. Pero un importante cambio ocurre en el formato del shed, si lo comparamos con el de Sarah Salvador: pierde su parte cóncava y gana una forma totalmente convexa para evitar así la reflexión de la radiación hacia el interior de los ambientes. De esta manera, se puede considerar que térmicamente, esta solución es más eficiente que la que se ha utilizado en Salvador.

Posteriormente, la cobertura de chapa galvanizada ha sido sustituida por chapa de aluminio y la pestana ha dejado de ser una pieza independiente para estar incorporada al shed, generando una sola cubierta, corrigiendo así problemas de dilatación, infiltración y oxidación de la estructura.

Los vientos dominantes de esta región son provenientes del mar, que se encuentra distante unos 12km del solar. Son brisas marinas que soplan del este durante todo el año, de forma abundante. Estos vientos son captados por aperturas orientadas hacia el sureste y direccionados hacia el interior de las galerías. Delante de estas aperturas, está situado un lago artificial donde ha sido implantado un sistema de nebulización, que cuando entra en marcha, genera una cortina de agua por donde pasa la ventilación. De esta manera el viento que entra en la galería está más libre de impurezas y con temperaturas más bajas.

En este edificio se ha implantado dos sistemas de ventilación: El primero, de convección, es justamente este descrito anteriormente, en que este aire, más fresco que el exterior, es inyectado en los túneles, sale

por unas rejillas en los ambientes de planta baja. y es extraído por las aperturas de los sheds, que están orientados hacia suroeste, a sotavento, por un efecto de succión. El segundo sistema es de ventilación cruzada mecanizada, en que aparatos de extracción o impulsión son instalados en las salidas de los sheds, haciéndolos trabajar en pareja, de modo que el aire entra por uno y sale por otro. Estos dos sistemas pueden trabajar de forma simultánea o independiente.

Al largo de la fachada noreste del edificio de hospitalización (vertical) se ha proyectado una gran cubierta metálica, convexa y semi-transparente que cubre la zona de los jardines interiores y otros servicios de la planta baja y sótano. Este elemento sirve para proteger el bloque de hospitalización (vertical) de la radiación solar directa proveniente del norte, constante durante todo el año.

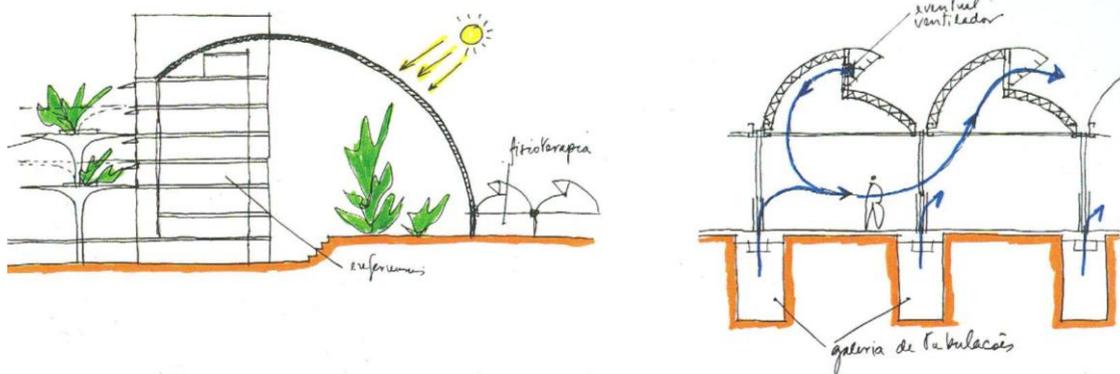


Figura 2.91 – H. Sarah Fortaleza - Cubierta de jardín (LATORRACA, 1999, pg.204)

Figura 2.92 – H. Sarah Fortaleza - Ventilación natural por los sheds – croquis de Lelé (LATORRACA, 1999, pg.204)

Se ha también implantado unos solarios, que están conectados con las zonas de hospitalización. Se tratan de patios ajardinados, abiertos al aire libre, accesibles por los pacientes que se mueven en camas-macas, que permiten sus baños de sol y el contacto con el exterior.

Antes de este hospital, se ha hecho el Sarah Belo Horizonte en 1997. Pero es en el Sarah Fortaleza donde se puede percibir los mayores cambios y una evolución en el sistema de ventilación e iluminación natural de la Red. En este edificio, se ha experimentado nuevas soluciones: en la galería, en la forma de los sheds, en el volumen mixto vertical-horizontal, en la forma de los solarios, en la gran cubierta que protege la zona de convivencia y en la integración de los espacios interiores con las zonas verdes.

Después del Sarah Fortaleza, otros hospitales han sido construidos por el Centro de Tecnología de la Red Sarah (CTRS), utilizando los mismos principios que rigen todas las construcciones de la Red, pero con cambios en sus diseños, buscando cada día la solución más eficaz para cada situación, para cada clima. Los siguientes hospitales edificados ha sido: Sarah Rio - Rehabilitación Infantil (2002), Sarah Brasilia - Lago Norte (2003), Sarah Macapá (2005), Sarah Belén (2007), hasta llegar al Sarah Rio de Janeiro.

6.3 Hospital Sarah Rio de Janeiro

Localización: Rio de Janeiro -- Brasil

Año de Finalización: 2009

Superficie Construida: 55.000 m²

Arq.: Joao Filgueiras Lima

Clima: Litoráneo Húmedo (cálido y húmedo)

Latitud: 22° 09' Sur

Longitud: 43° 17' Oeste

Altitud: 3m

T. media: 23,7°C

HR: 79%

Viento Predominante: SE - N (invierno) / SE - N (verano)



Figura 2.93 – Hospital Sarah Rio de Janeiro - Vista aérea (archivo del CTRS)

“O hospital da Rede Sarah, no Rio de Janeiro, que foi aberto em 2009, representa o estagio mais avançada da minha carreira, então é o meu preferido hoje. Ele tem as mesmas experiências que os outros hospitais da rede, mas houve um ganho maior” (LIMA, 2010, apud OLIVEIRA, 2010, apud LUKIANTCHUKI, 2010, pg.87)²

² LIMA (2010). João Filgueiras Lima: entrevista (Julio 2010). Entrevistador: Lila de Oliveira. São Paulo. Jornal IG.



Figura 2.94 – H. Sarah Rio de Janeiro - Vista aérea (archivo del CTRS)

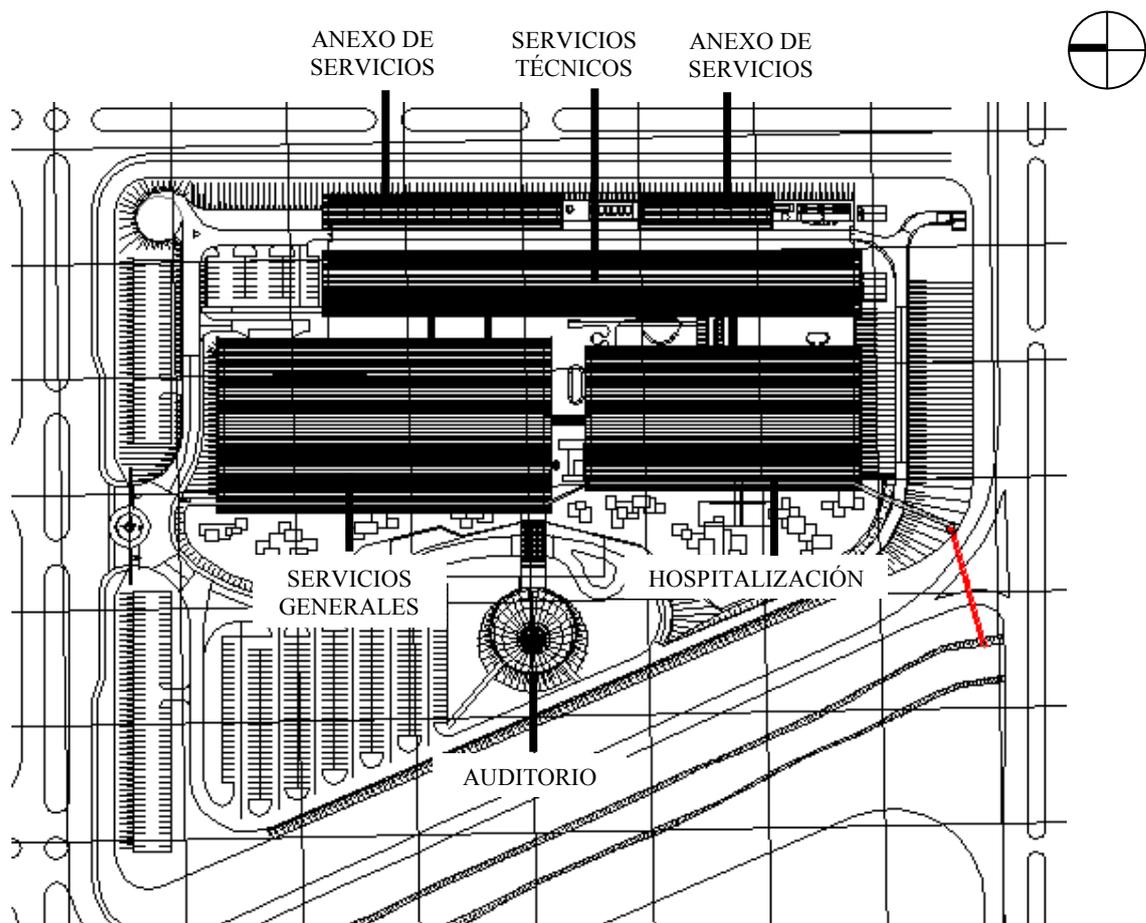


Figura 2.95 – H. Sarah Rio de Janeiro - Emplazamiento (archivo del CTRS)



Figura 2.96 – H. Sarah Rio de Janeiro - Planta de Cubierta (archivo del CTRS)

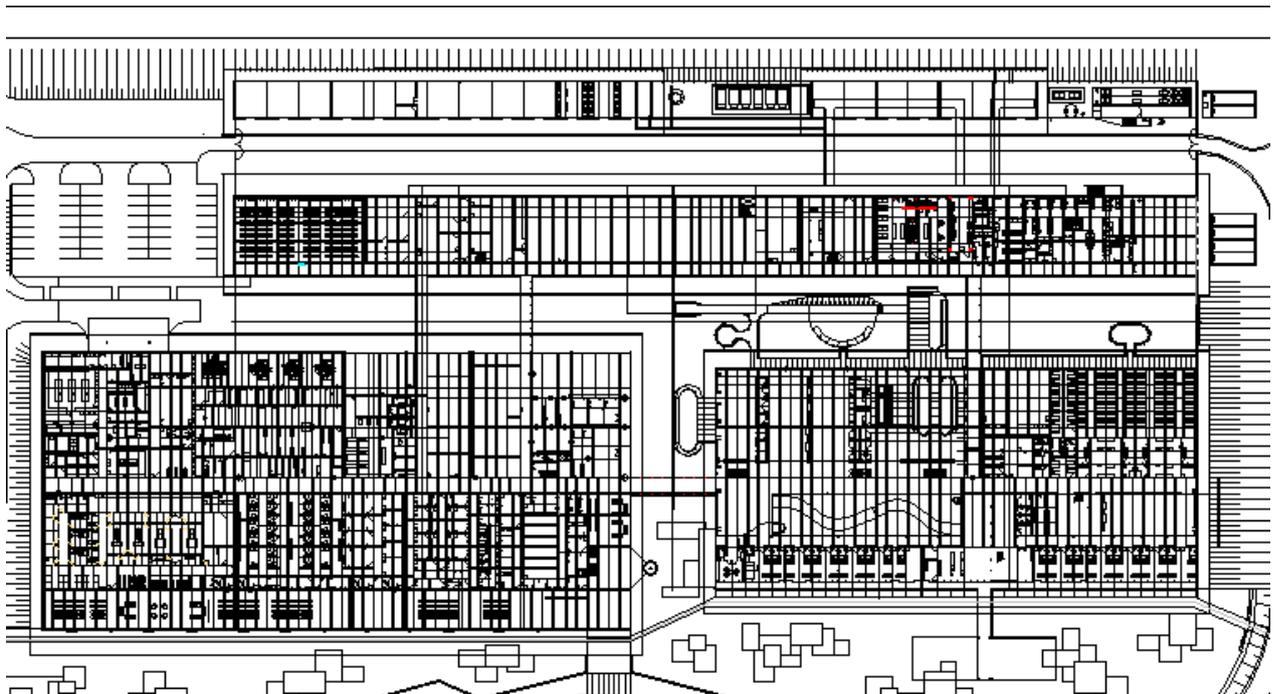


Figura 2.97 – H. Sarah Rio de Janeiro - Planta baja (archivo del CTRS)

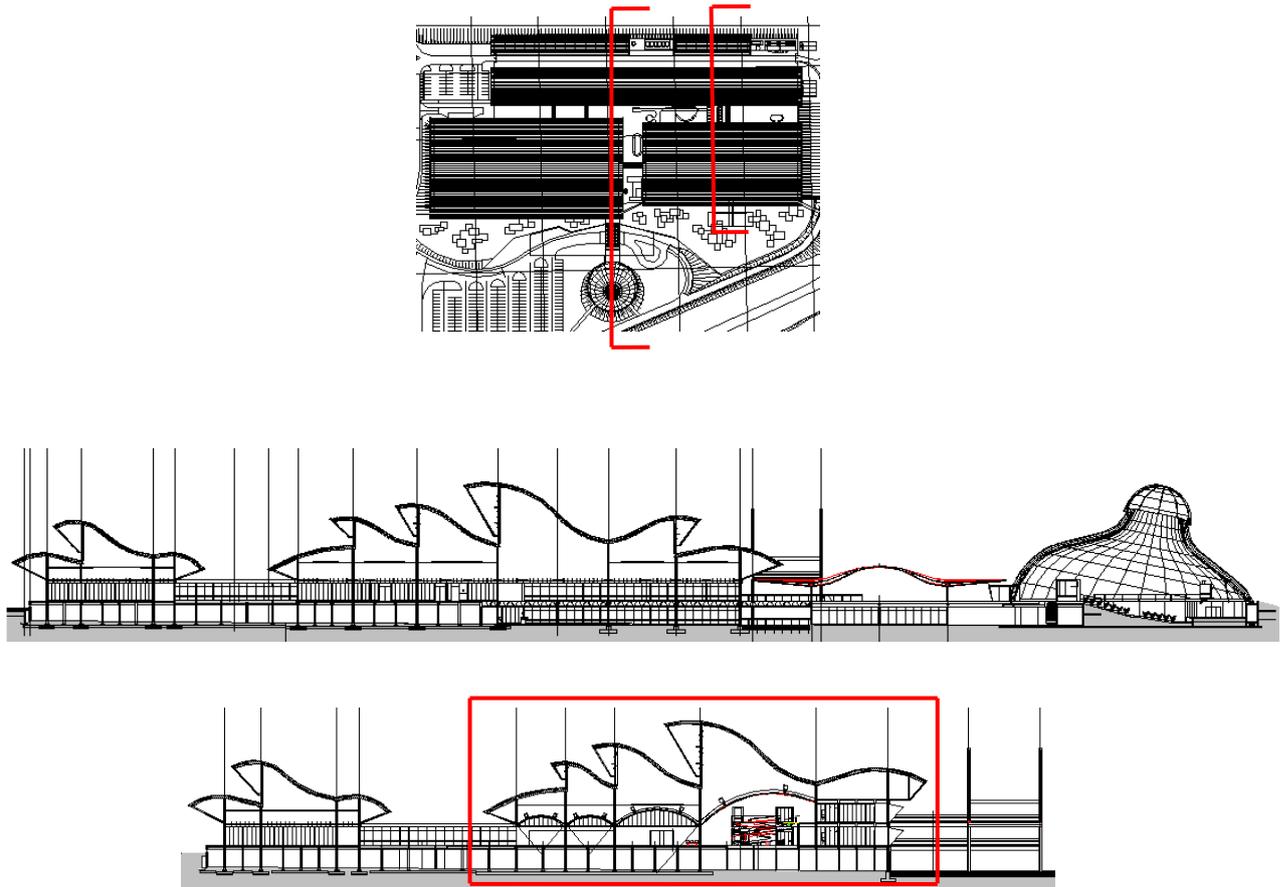


Figura 2.98 – Figura 2.99 – H. Sarah Rio de Janeiro - Sección transversal (archivo del CTRS)

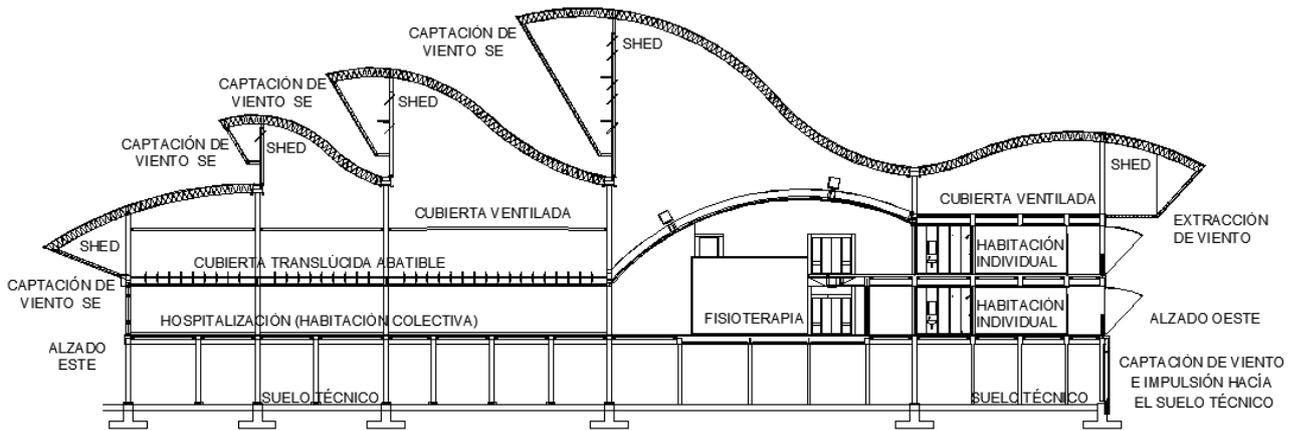


Figura 2.100 – H. Sarah Rio de Janeiro - Sección transversal ampliada (archivo del CTRS adaptado por la autora)



Figura 2.101 – H. Sarah Rio de Janeiro - Fachada sur y este - vista exterior - fase de obra (archivo del CTRS)



Figura 2.102 – H. Sarah Rio de Janeiro - Fachada oeste (archivo del CTRS)



Figura 2.103 – H. Sarah Rio de Janeiro - Vista interior del suelo técnico – fase de obra (archivo del CTRS)



Figura 2.104 – H. Sarah Rio de Janeiro - Vista interior de los arcos móviles – fase de obra (PERÉN, 2006, pg.206)



Figura 2.105 – H. Sarah Rio de Janeiro - Bloque de hospitalización - vista de jardín interior, pasillo/rampa, acceso a las habitaciones individuales y vista de cubierta de arcos móviles /translúcidos (archivo del CTRS)



Figura 2.106 – H. Sarah Rio de Janeiro - Vista de gimnasio de actividades /fisioterapia y acceso a las habitaciones individuales (LUKIANCHUKI, 2010, pg.226)



Figura 2.107 – H. Sarah Rio de Janeiro - Vista de la hospitalización – habitación colectiva
(LUKIANCHUKI, 2010, pg.249)



Figura 2.108 – H. Sarah Rio de Janeiro - Vista de la hospitalización - habitación colectiva y cubierta translúcida abatible
(archivo del CTRS)

El Sarah Rio de Janeiro es el último de la serie de hospitales construidos por el CTRS. Ha sido inaugurado en 2009 en la ciudad de Rio de Janeiro. Es un centro de rehabilitación especializado en el tratamiento de enfermedades neurológicas.

Se ha construido en dos solares distintos. El primer edificio es de menores dimensiones, está destinado a rehabilitación infantil, ha sido construido en una isla ubicada en una de las lagunas de la ciudad y ha sido inaugurado en 2002. La segunda edificación, de mayores dimensiones, es el hospital de rehabilitación neurológica para atendimento de enfermos adultos, ha sido construida en un solar próximo al primero y ha sido inaugurada en 2009.

En este documento, se presentará el hospital para adultos. El terreno donde ha sido construido se sitúa al lado de una laguna y antes de empezar la obra, se encontraba parcialmente inundado. De modo que el partido adoptado ha considerado el clima local, las condiciones del terreno y las directrices generales de la Red Sarah. Además, ha sido un producto de todas las reflexiones experimentadas en los edificios anteriores.

Las directrices específicas para este hospital, según Perén (2006, pg.200) son las siguientes:

- Adoção de uma solução horizontal com áreas de tratamento e de internação integradas a espaços verdes, segundo os padrões dos demais hospitais da rede.
- Aumentar o potencial de flexibilidade dos espaços internos em relação às demais unidades da rede, em função, sobretudo, da maior complexidade desse hospital, que deverá absorver a demanda de toda a região sul do país. Cabe destacar que durante a construção do hospital realizaram-se alterações na disposição de algumas áreas, como a de fisioterapia e o refeitório, que, graças à flexibilidade do sistema construtivo, puderam ser absorvidas sem nenhum problema.
- Criar sistemas de iluminação natural para todas as áreas do Hospital, com exceção do centro cirúrgico e salas de equipamentos em que, por motivos exclusivamente técnicos, seja recomendável a iluminação artificial.
- Criar sistemas alternativos de ventilação natural e ar condicionado, privilegiando o primeiro de modo a permitir que os ambientes se mantenham abertos durante a maior parte do ano.
- Criar, na cota 2m recomendada, um pavimento técnico em toda a extensão do Hospital, evitando-se os aterros onerosos, que seriam necessários no caso do emprego de galerias semelhante às dos demais hospitais da rede.

Una de las características principales de esta obra ha sido el sistema de drenaje. Había que solucionar el problema de que buena parte del solar fuera medio pantanoso. De modo que, en lugar de hacer un costoso sistema de aterro, se ha creado un lago artificial para captación de las aguas pluviales y conducción de las mismas hacia la laguna existente al lado del terreno.

Se trata de un edificio de volumen horizontal, compuesto por cuatro bloques conectados entre sí: de servicios generales (ambulatorio, centro quirúrgico, diagnósticos por imagen); de hospitalización (habitaciones individuales y colectiva, fisioterapia, hidroterapia); de servicios técnicos (lavandería, cocina, administración) y de residencia médica/centro de estudios. Además de un auditorio.

En este hospital, no se ha hecho una galería en sótano, como en otros ejemplos de la Red, y sí, un suelo técnico por donde circulan las instalaciones, implantado en una cota de seguridad, elevada casi dos metros por encima del terreno. Es un sitio amplio y visitable que permite el mantenimiento de las tuberías sin molestar el funcionamiento del hospital.

En la fachada oeste están situadas rejillas que captan el aire hacia el interior de estas galerías. Además, hay la posibilidad de que entre en marcha el sistema de nebulización, que hace con que el aire que penetra, anteriormente, pase por una cortina de agua, tornándose más frío y más libre de impurezas. En el interior de este amplio espacio, también están instaladas unidades climatizadoras que, además de generar aire refrigerado a través de agua helada, también promueven ventilación natural mecánica, insuflando el aire del suelo técnico hacia el nivel de servicios.

En planta baja, están la mayor parte de los ambientes. En el bloque de hospitalización, abierto hacia el este, se sitúa la hospitalización colectiva y del lado opuesto, hacia el oeste, se encuentran dos niveles de apartamentos que son habitaciones individuales.

Como Rio de Janeiro es una ciudad de clima severo en verano, con temperaturas que pueden alcanzar más de 40°C, se ha decidido instalar sistemas de aire acondicionado en todo hospital, pero también se ha proyectado soluciones que permiten el uso de la ventilación natural en las épocas de clima más suave.

Las zonas especiales (centro quirúrgico, diagnóstico por imagen, central informática, laboratorio) que necesitan estar permanentemente con iluminación y climatización artificial, son cubiertas con un falso techo plano metálico, que aísla estos ambientes de la cubierta. De esta manera, en este hospital, no se ha proyectado cubiertas diferenciadas para las zonas especiales y las zonas flexibles, como en los edificios anteriores. Por encima de la planta baja, se ha instalado una cubierta de sheds de distintas dimensiones, de vanos libres superiores a ocho metros, abiertos tanto a este cuanto a oeste, que generan una ventilación cruzada de forma permanente. Es una cubierta ventilada independiente de los espacios interiores, que da mucha flexibilidad a la distribución de los ambientes.

En el bloque de hospitalización, entre la planta baja y la cubierta ventilada, hay un techo plano de lamas abatibles y translúcidas, que pueden estar abiertas para permitir el paso de la ventilación natural, o cerradas, para favorecer la climatización artificial. En las zonas de fisioterapia, hidroterapia y de

convivencia, el techo es en forma de arco, translúcido y retráctil, que se abre y se cierra de forma motorizada. Estas soluciones de techos translucidos y móviles, permiten que el sistema de climatización entre en marcha sin impedir el paso de la luz natural. Es un sistema de fácil activación, por interruptor o mando a distancia, que permite el cambio rápido de la ventilación del ambiente, de acuerdo al clima y a las necesidades de los usuarios.

“Se você tem um sistema que permite a transformação rápida, de ar condicionado para ventilação natural, acessível e de fácil manuseio, eu acho que isso torna o sistema mais econômico também. Mais econômico e mais agradável, sendo que você pode também ter a ventilação natural” (LIMA, 2005, apud PERÉN, 2006, pg. 205)³

Los sheds están abiertos en el sentido Este – Oeste. Los orientados a este son en mayor número y actúan como captadores del viento dominante proveniente del sureste. Están a barlovento. Las aperturas hacia oeste son en menor número, actúan como extractores y están a sotavento, permitiendo el cruce de la ventilación. Todo este sistema permite que el viento sea captado a nivel de suelo técnico, pase por conductos hacia la planta baja, circule en sentido vertical, salga por los techos móviles hacia la cubierta ventilada y sea conducido hacia el exterior. En la zona de hospitalización, las puertas de vidrio que dan hacia el este, estando abiertas, también pueden actuar de captadoras del viento sureste, aumentando así el flujo de aire en movimiento en el ambiente.

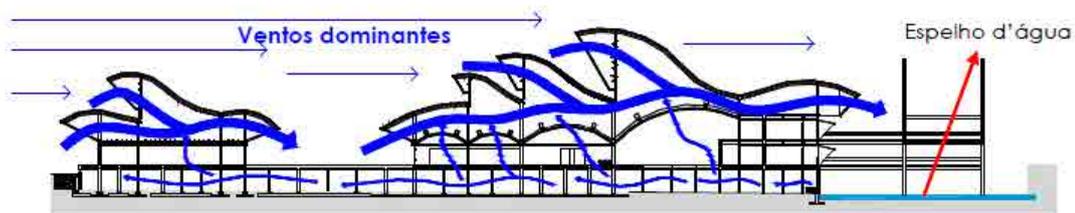


Figura 2.109 – H. Sarah Rio de Janeiro - Ventilación natural por los sheds. Croquis de Lelé (LUKIANCHUKI, 2010, pg. 195)

Además de estos sistemas que permiten la iluminación y ventilación natural, el arquitecto también ha pensado en integrar al máximo los espacios interiores con los exteriores, tanto a través de jardines en los ambientes, como facilitando la salida de los pacientes en sus camas-macas a los solarios, para que tuvieran contacto con el sol y una percepción mejor del horizonte y la dinámica del día.

Hoy en día después de la experiencia y muchos hospitales realizados, me permite garantizar que es fundamental un espacio más ameno para la cura del paciente. [...] por eso pienso que es una experiencia positiva lo realizado en los hospitales Sarah. (Programa Teleproyecto, 2013)

³ LIMA (2005). João Filgueiras Lima: entrevista (Julio 2005). Entrevistador: Jorge Isaac Perén. Salvador: CTRS

6.4 Hospital de la Santa Creu i Sant Pau (nuevo)

Localización: Barcelona – Cataluña - España

Año de Finalización: 2010

Superficie Construida: 110.000 m²

Arq.: Esteve Bonell / Josep Maria Gil

Clima: Mediterráneo Litoral

Latitud: 41° 28' Norte

Longitud: 2° 07' Este

Altitud: 6m

T. media: 14,8°C

HR: 74%

Viento Predominante: N (invierno) / N-E-SO (verano)



CATALUÑA



Figura 2.110 – Hospital de la Santa Creu i Sant Pau - Foto aérea (www.biocat.cat)

Este edificio lo que hace es esto, utilizar esta disposición de los dedos y de los brazos un poco para ganar fachada para las habitaciones. Y sobretodo buscar buena orientación, en el sentido Sur. Lo que buscaba es que todas las habitaciones tuviesen sol, al menos un rato, 4-5 horas de sol. (Josep Gil - entrevista concedida en agosto de 2013)

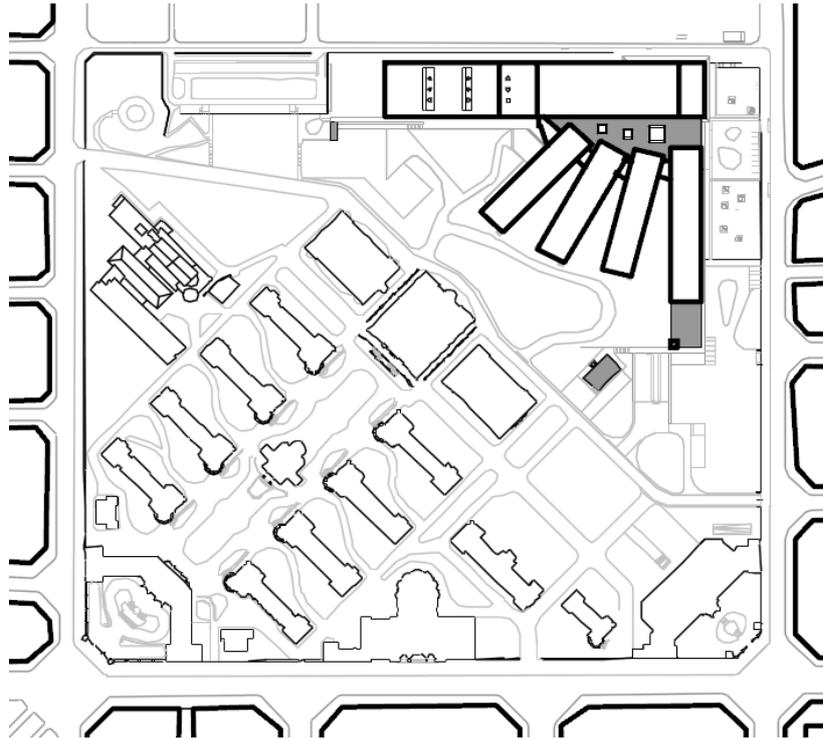


Figura 2.111 – H. de la Santa Creu i Sant Pau - Emplazamiento (www.ondiseno.com)

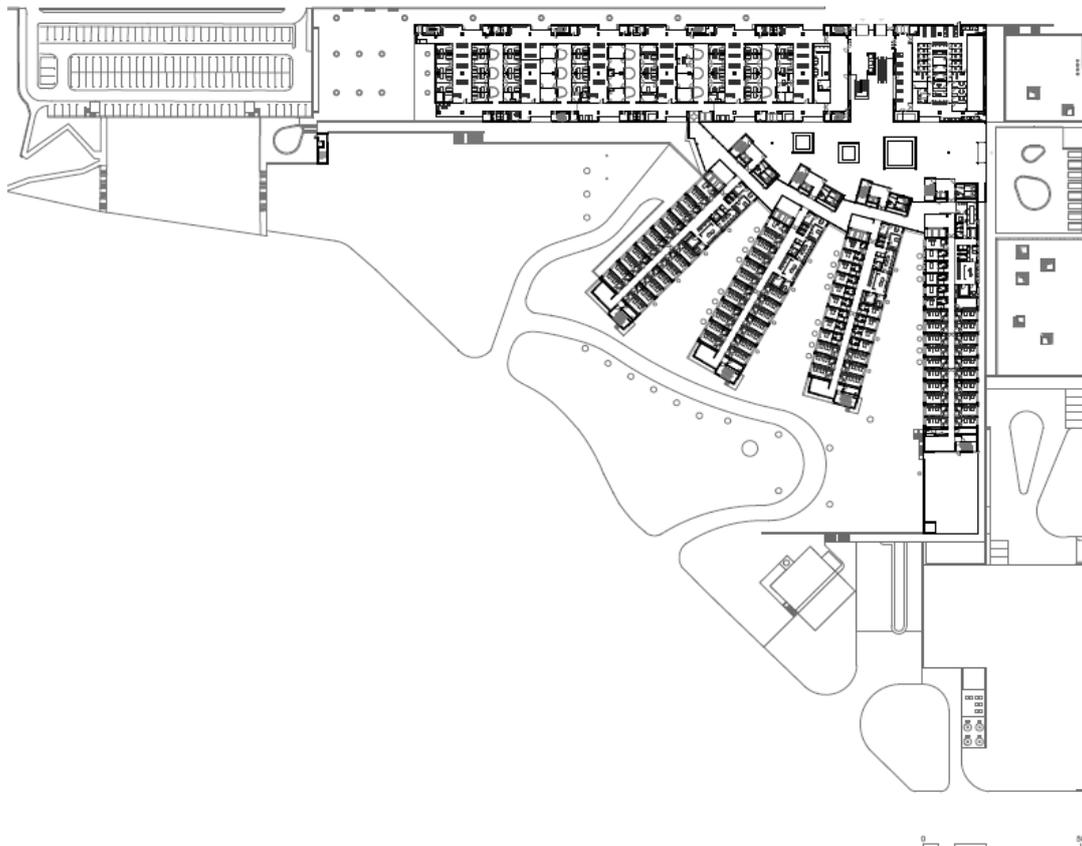


Figura 2.112 – H. de la Santa Creu i Sant Pau - Planta I (www.ondiseno.com)

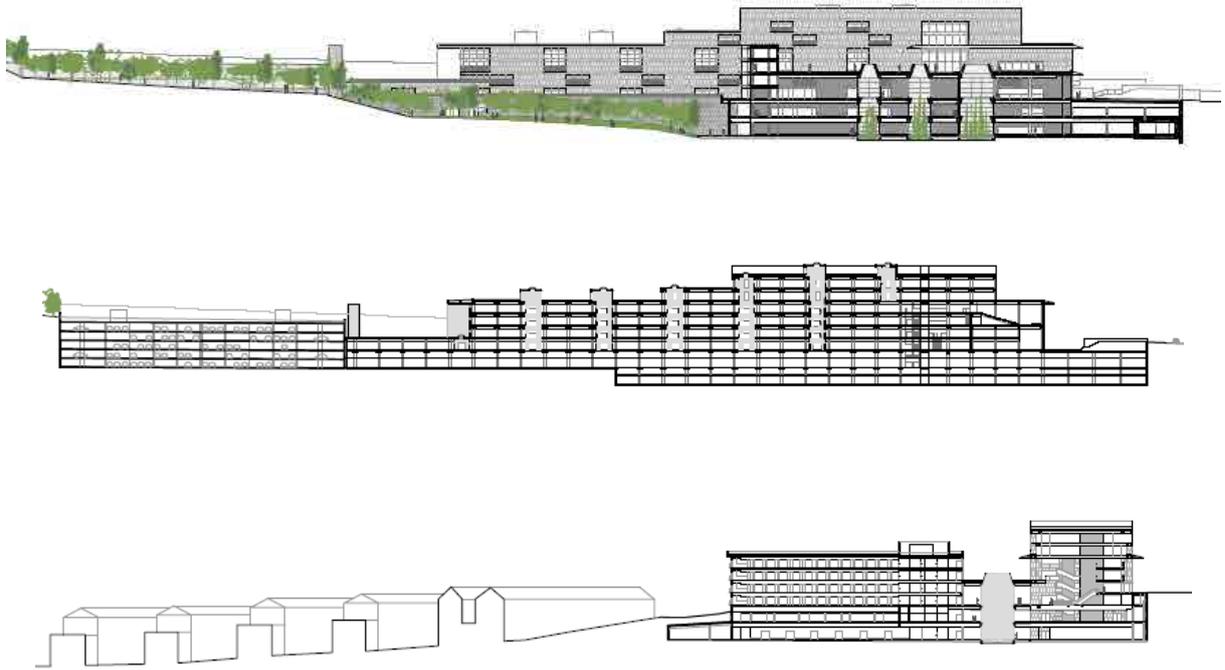


Figura 2.113 – H. de la Santa Creu i Sant Pau - Secciones (www.ondiseno.com)



Figura 2.114 – H. de la Santa Creu i Sant Pau - Fachada Noroeste – Acceso principal por planta 1 (www.ondiseno.com)



Figura 2.115 – H. de la Santa Creu i Sant Pau - Fachada Noreste – Acceso principal por planta baja. Vista de lucernarios que iluminan el sótano (www.ondiseno.com)

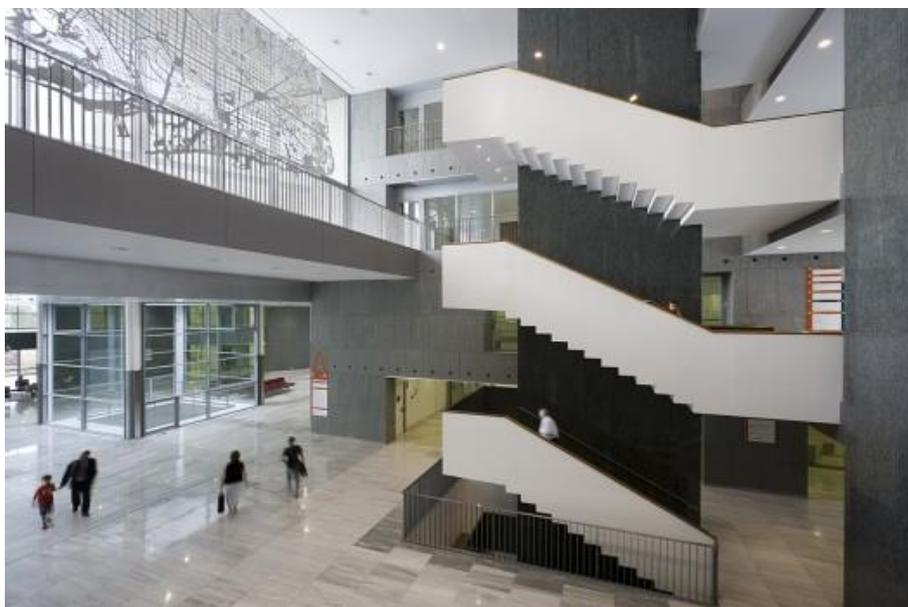


Figura 2.116 – H. de la Santa Creu i Sant Pau - Planta baja – Atrio, acceso a bloque A y vista de patio de luz (www.ondiseno.com)

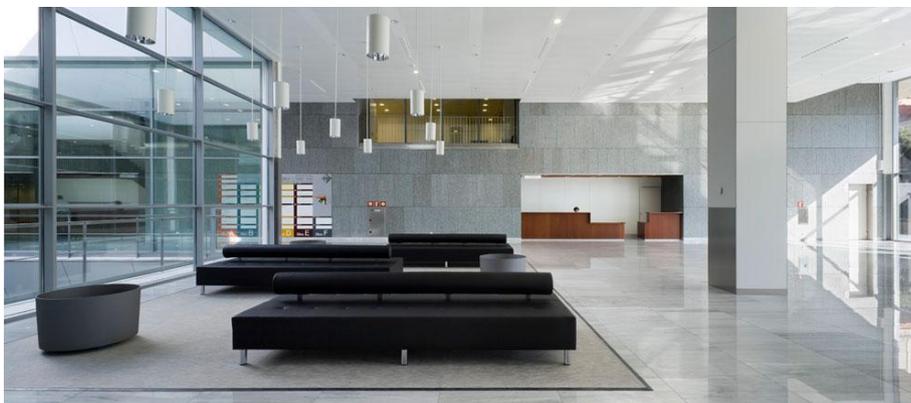


Figura 2.117 – H. de la Santa Creu i Sant Pau - Planta baja – Atrio – Iluminación desde fachada Noreste y desde patio de luz (www.ondiseno.com)



Figura 2.118 – H. de la Santa Creu i Sant Pau - Bloque de hospitalización – Habitación (archivo de Estudi Bonell i Gil)

Aquí, la *Generalitat* pide aire acondicionado en los edificios hospitalarios. [...] Aquí, teníamos aire acondicionado y renovación. La renovación lo hacíamos así: circulábamos el aire de la habitación por aquí debajo de la ventana. (Josep Gil - entrevista concedida en agosto de 2013)



Figura 2.119 – H. de la Santa Creu i Sant Pau - Jardín entre bloques de hospitalización. Vista de lucernarios que iluminan sótano (archivo de la autora)



Figura 2.120 – H. de la Santa Creu i Sant Pau - Planta sótano -2 – Pasillo con lucernarios (archivo de la autora)



Figura 2.121 – H. de la Santa Creu i Sant Pau - Planta 2 – Terraza descubierta con patios de luz (archivo de la autora)

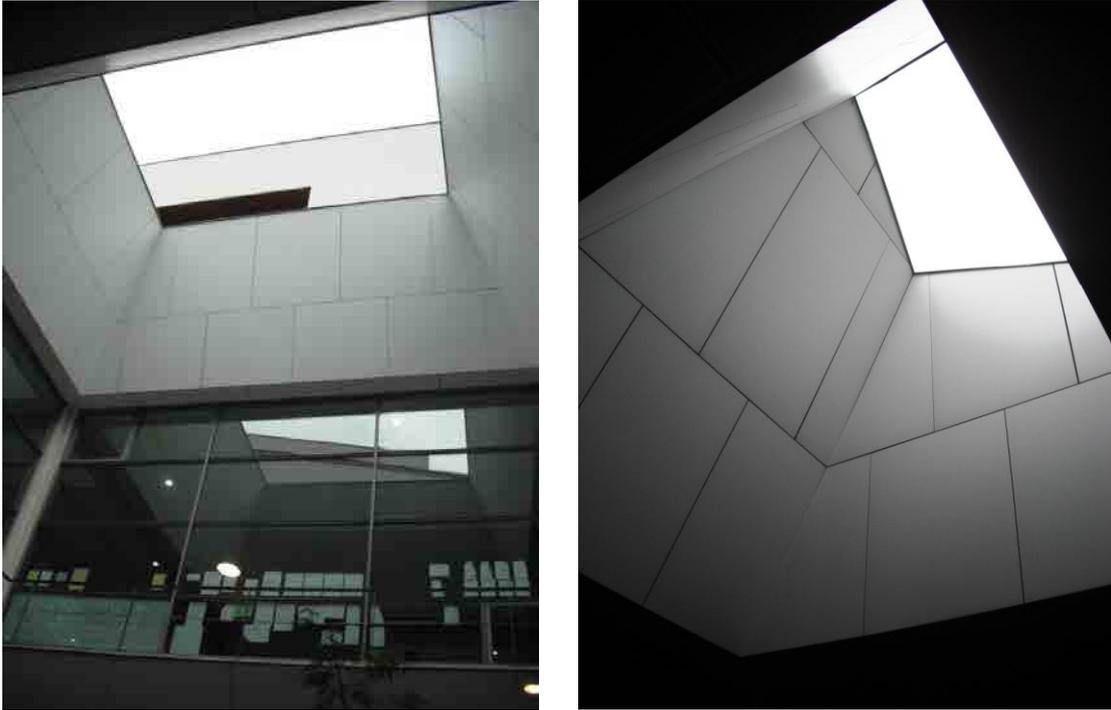


Figura 2.122 y Figura 2.123 – H. de la Santa Creu i Sant Pau - Planta sótano -1 – Patio de luz y lucernario (archivo de la autora)



Figura 2.124 – H. de la Santa Creu i Sant Pau - Planta baja – Lucernario en zona de paso restringido (archivo de la autora)

El nuevo Hospital de la Santa Creu i Sant Pau es un edificio que está situado en un área, en formato triangular, situada en la zona norte del solar. Los arquitectos han proyectado un edificio que pudiera dialogar con el recinto histórico idealizado cien años antes por el arquitecto Domenech i Montaner.

El hospital está compuesto por un edificio en bloque horizontal que hace límite con la calle Mas Casanovas, conformando la fachada noroeste y donde se sitúa uno de los accesos principales. Además, está compuesto por otros cuatro edificios de menores dimensiones que se abren hacia la orientación sur como si fuera un abanico de cuatro láminas, siendo que la que está en contacto con la calle Sant Quintí es la que hace de límite del solar, que conforma la fachada noreste y es donde se sitúa otro acceso principal.

El primero edificio, denominado Bloque A, de mayores dimensiones, está destinado a consultas externas y servicios de ambulatorio. Está preparado para recibir un gran flujo de visitantes. Tiene un pasillo exclusivo para el personal sanitario y uno público, que se conectan a través de salas de espera y de zonas de paso restringido iluminadas por lucernarios. Estas dos circulaciones se intercalan como un peine, evitando el contacto de los pacientes con los médicos. Los otros cuatro edificios, denominados bloques B, C, D y E son destinados a hospitalización y están orientados de tal manera que todas las habitaciones puedan recibir luz natural y puedan tener la posibilidad de ventilar naturalmente, si necesario.

Como son edificaciones de menor escala, la transición con el recinto antiguo parece ocurrir de forma más gradual. La arquitectura está pensada para que estas láminas puedan dejar penetrar jardín entre ellas como si fueran los dedos de una mano. Como el terreno está en pendiente ascendente, es como si la vegetación estuviera subiendo desde los edificios históricos de la zona sur hacia los nuevos de la zona norte.

El edificio de servicios y los de hospitalización se encuentran en un atrio, conformado por dos grandes vestíbulos, que pueden ser accedidos por planta baja desde la fachada noreste y por la planta primera desde la fachada noroeste. Este atrio es un amplio espacio iluminado naturalmente a través de muros cortina y también por tres patios de luz.

En el nivel de planta 2, existe una terraza descubierta, que corresponde al mismo perímetro del atrio de planta baja y que es el punto de encuentro entre los cinco bloques. Es accesible por los pacientes y visitantes, tiene un parque infantil y bancos para que la gente pueda estar cómoda al aire libre. Es también donde se sitúan las salidas de los tres patios de luz que iluminan hasta las plantas del sótano.

El edificio está pensado de modo a aprovechar al máximo la luz natural. El aprovechamiento de la pendiente del terreno y el uso de taludes, permite que las fachadas del sótano -1 tengan ventanas que dan

al exterior. Además, la luz llega a estos niveles a través de los patios de luz y lucernarios que iluminan pasillos, salas de espera, archivos, zonas de quirófanos y radiología.

Aunque los edificios hospitalarios son generalmente climatizados artificialmente, por exigencia de las normativas locales, el uso de la ventilación natural también está previsto para algunas zonas de pasillos del sótano, por los patios de luz, si necesario y en la zona de hospitalización.

En las habitaciones está instalada una ventana especial, compuesta por una ventana horizontal fija y una pequeña ventana practicable que permite abrirse cuando hay alguna necesidad. La practicable está protegida con una especie de tela para que no penetre ningún insecto, pero que permite el paso del aire. Apenas puede ser abierta por personal sanitario o de mantenimiento para que no entre aire caliente, frío o humedad y desequilibre el sistema de climatización. La que es fija está compuesta por dos cristales sencillos (interior y exterior), por una cámara de aire y una persiana situada entre medio.

La renovación de aire de la habitación se da a través de un sistema que inyecta un porcentaje de aire, capta el aire interior por unas rejillas situadas debajo de la ventana, retira el aire que está acumulado en la cámara y lo hace circular por impulsión mecánica. De este modo, se retira el aire que se ha enfriado o calentado entre los cristales, obteniendo así un ahorro energético para climatización.

6.5 Hospital de Mollet (nuevo)

Localización: Mollet del Vallès - Barcelona – Cataluña - España

Año de Finalización: 2010

Superficie Construida: 26.650 m²

Arq.: Mario Corea / Lluís Moran

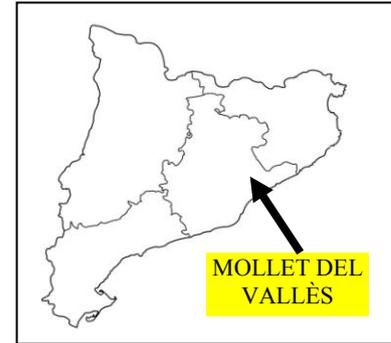
Clima: Mediterráneo Litoral

Latitud: 41° 32' Norte

Longitud: 2° 12' Este

Altitud: 64m

T.media: 14,8°C



CATALUÑA



Figura 2.125 – Hospital de Mollet - Vista aérea (www.archello.com)

Hay tres conceptos que yo repito mucho en mis memorias: la planta es la apropiación del lugar, en el sentido de cómo se pone el edificio, como se implanta, como se orienta, es la determinación horizontal del edificio; la sección es la que crea el espacio porque hasta que no tienes sección, no tienes espacio y con la sección, aparece la luz que, para mí, es la calificadora del espacio. (Mario Corea - entrevista concedida en julio de 2013)

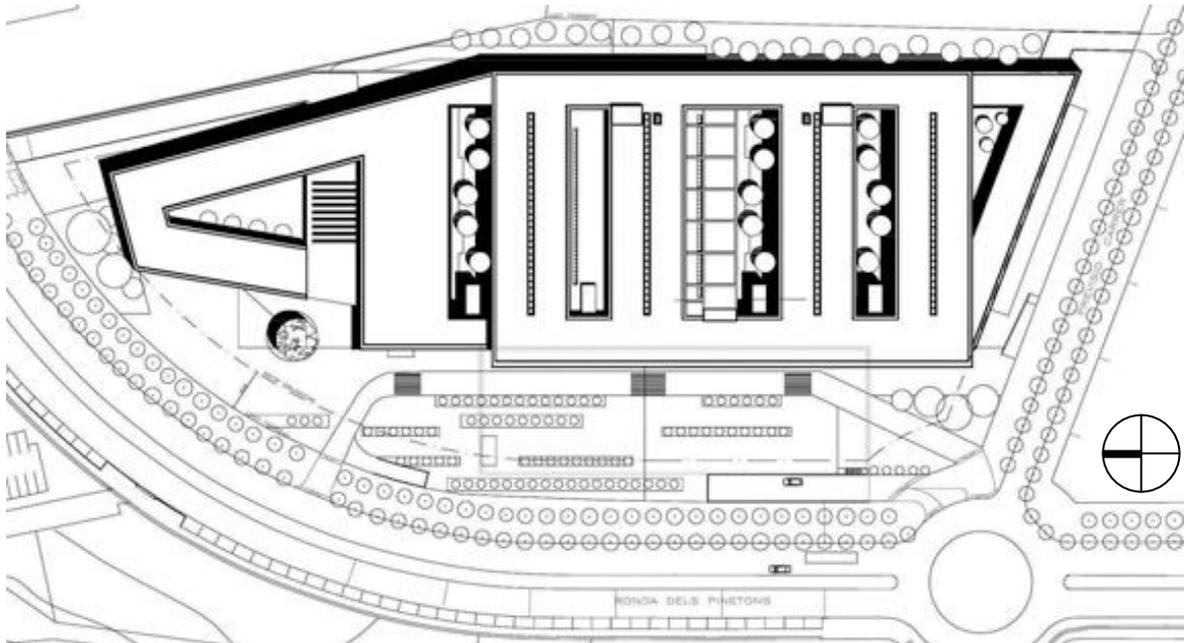


Figura 2.126 – Hospital de Mollet - Emplazamiento (www.mariocorea.com)

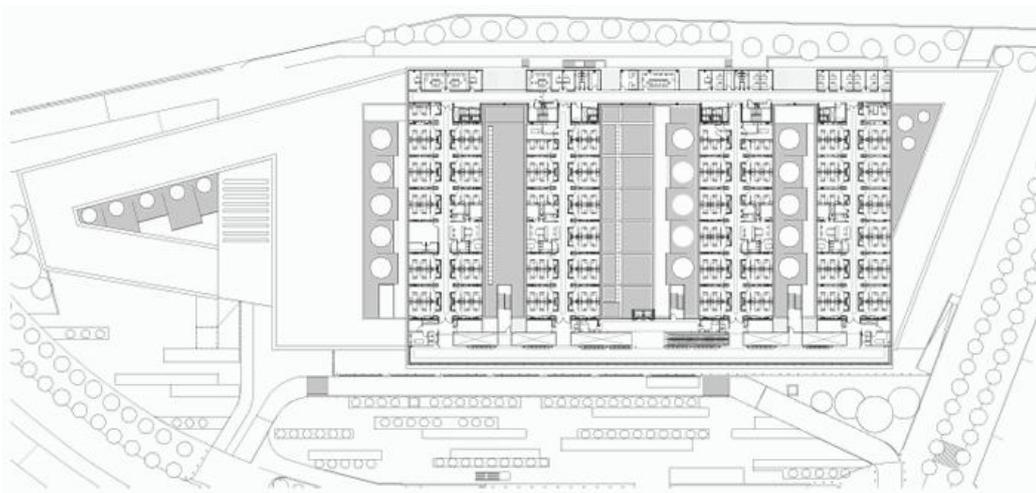
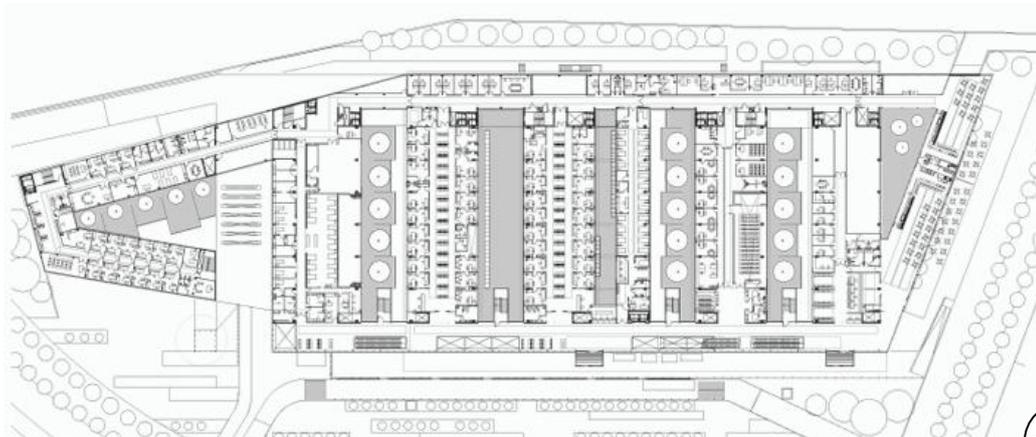


Figura 2.127 – Figura 2.128 – Hospital de Mollet - Planta Baja y Planta 1ª (www.mariocorea.com)

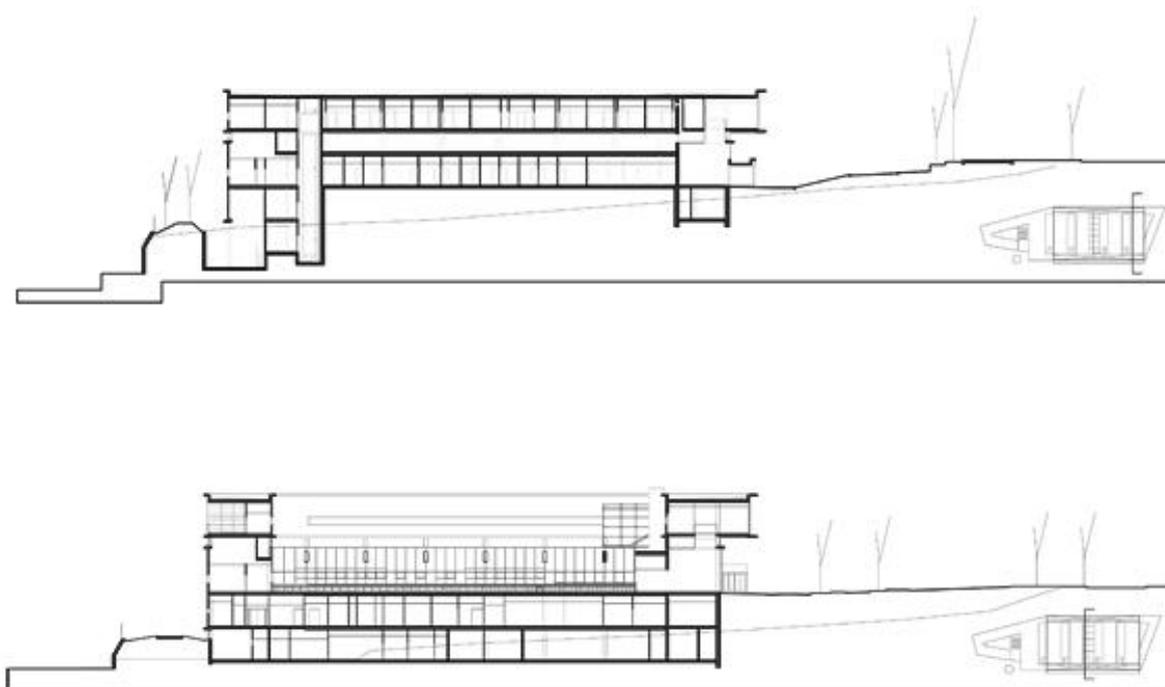


Figura 2.129 – Figura 2.130 – Hospital de Mollet - Secciones Transversales (www.mariocorea.com)



Figura 2.131– Hospital de Mollet - Vista Exterior – Fachada norte y fachada oeste (www.mariocorea.com)

La iluminación y la ventilación es un tema de ahorro energético, de salud y de confort.
(Mario Corea - entrevista concedida en julio de 2013)



Figura 2.132 – Hospital de Mollet - Vista Exterior – Fachada este – Iluminación de todos los niveles (www.mariocorea.com)



Figura 2.133 – Hospital de Mollet - Vista Exterior – Fachada sur (www.mariocorea.com)



Figura 2.134 – Hospital de Mollet - Planta baja - Pasillo público (pacientes y visitantes)- encuentro fachada norte con fachada oeste (www.mariocorea.com)

Hay un efecto psicológico y un efecto de ahorro sostenible en el uso natural. El efecto psicológico es que la gente sabe si es de día, de noche, sabe lo que está pasando. Cuando tu estas en un lugar con luz artificial, no sabe si son las 3h de la mañana, las 5h de la tarde o las 12h del medio día. Aquí yo veo como el sol cambia. Tiene todos los efectos de saber donde estas y como estas.
(Mario Corea - entrevista concedida en julio de 2013)

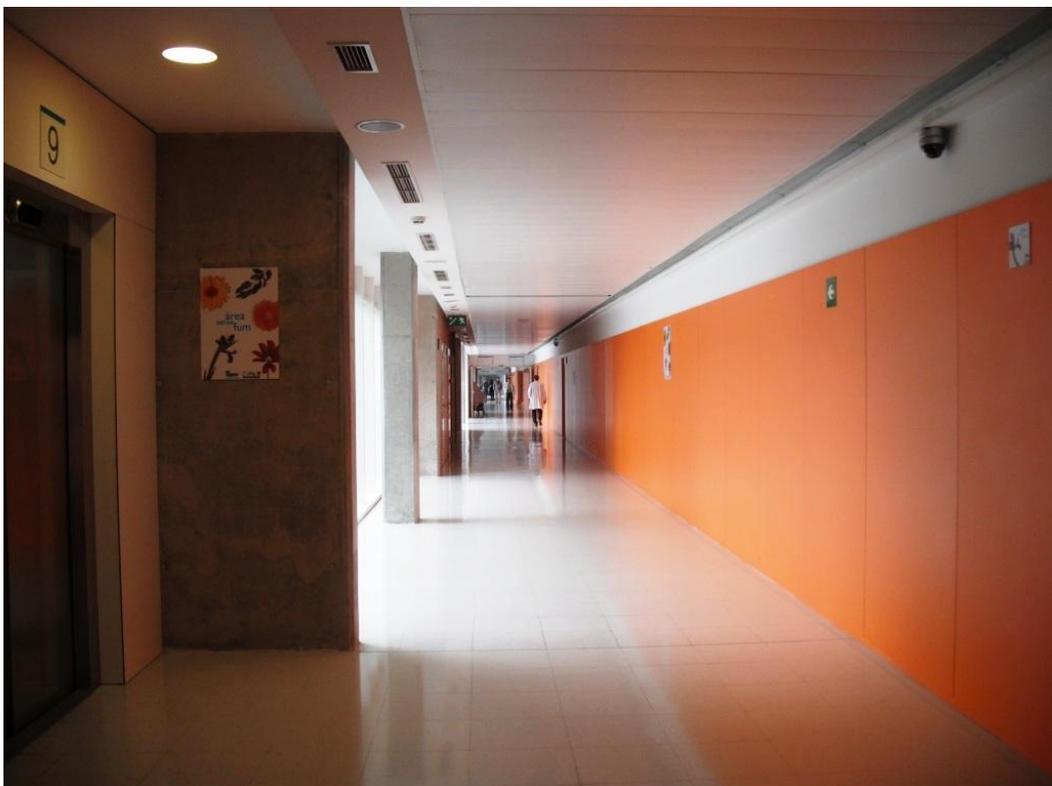


Figura 2.135 – Hospital de Mollet - Planta baja - Pasillo técnico - personal sanitario (archivo de la autora)



Figura 2.136 – Hospital de Mollet - Planta 1ª - Pasillo público, vista de fachada oeste (www.mariocorea.com)



Figura 2.137 – Hospital de Mollet - Planta baja - Pasillo público, vista de fachada oeste (www.mariocorea.com)

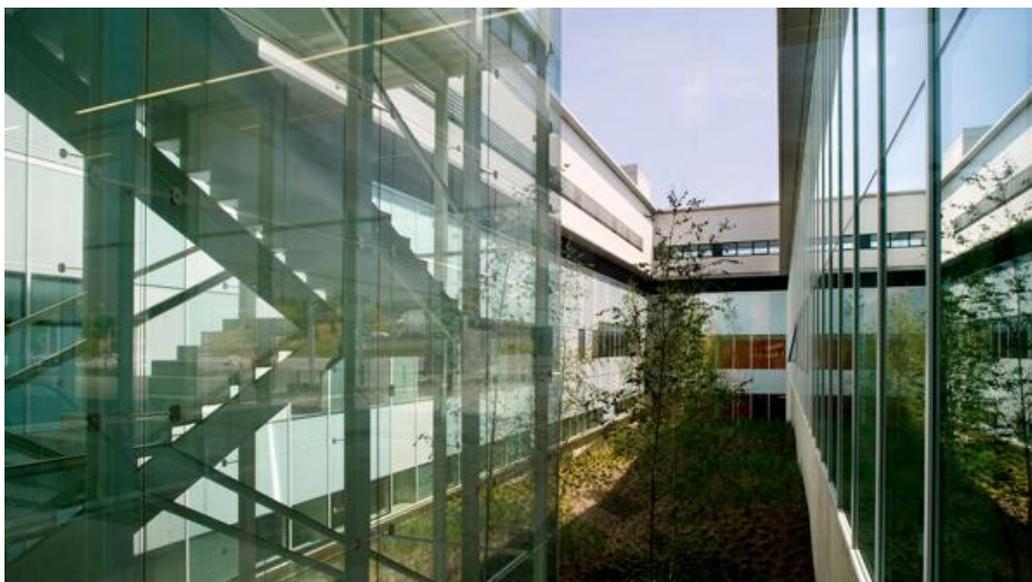


Figura 2.138 – Hospital de Mollet - Planta baja - Vista de patio ajardinado (www.mariocorea.com)

El patio, las fachadas y los lucernarios son las fuentes por donde yo puedo incorporar la luz en los espacios. Y a su vez calibrar el espacio y saber cuánta luz quiero meter y cuanta luz no quiero meter. Entonces, para mí la luz es tan importante cuanto diseñar la función.

(Mario Corea - entrevista concedida en julio de 2013)



Figura 2.139 – Hospital de Mollet - Planta 1ª - Vista de patio ajardinado, ventanas de habitaciones, con protecciones externas (fachada sur) y sin protecciones (fachada norte) y vista de ventanas y lucernarios que iluminan el sótano (archivo de la autora)



Figura 2.140 – Hospital de Mollet - Planta 1ª - Habitación con ventana protegida con lamas externas– orientada hacia el sur
(www.mariocorea.com)



Figura 2.141 – Hospital de Mollet - Planta 1ª - Pasillo de habitaciones y vista de lucernarios (archivo de la autora)

Primero es el diseño, luego viene la parte de equipamiento tecnológico que apoya este diseño para hacerlo más económico. Y yo creo que el hospital es uno de los edificios que más necesariamente y más justificadamente tiene que invertir en sostenibilidad y en ahorro energético porque su uso es permanente. Durante toda su vida útil nunca está cerrado

(Mario Corea - entrevista concedida en julio de 2013)

El Hospital de Mollet, idealizado como un volumen horizontal compuesto de dos sótanos, planta baja, entresuelo técnico y planta primera, está implantado de forma escalonar en un solar con una pendiente de aproximadamente 11m, con la fachada frontal orientada hacia el oeste, la posterior hacia el este y las laterales hacia norte y sur. La implantación ha sido respetuosa con un roble centenario ubicado en el terreno, tanto que su imagen se puede contemplar en el logo del hospital.

Se trata de un edificio de pequeñas dimensiones, si comparado a los otros dos edificios hospitalarios catalanes presentados en este documento. De modo que, en este hospital se ha podido invertir más en sistemas de climatización de alta tecnología y materiales especiales para tornarlo un centro sanitario de referencia en temas de eficiencia energética y sostenibilidad.

Se ha utilizado energía geotérmica para la climatización; techos radiantes para climatizar con agua caliente y fría las habitaciones y salas de consultas; vidrios dobles especiales en los muros cortina para generar espacios públicos más iluminados y con poco aporte de radiación; sistema de gestión centralizada; entresuelo técnico para situar los climatizadores y posibilitar el mantenimiento de los mismos sin molestar otros sectores del hospital; patios ajardinados que iluminan salas de consultas, habitaciones y pasillos, que además permiten ventilar naturalmente el entresuelo técnico y, si necesario, también las consultas y habitaciones.

Orientado a oeste, se encuentra el pasillo público, donde pueden circular todas las personas. En el sector este, se encuentra el pasillo técnico, restringido al personal sanitario. En planta baja, las dos circulaciones se conectan a través de pasillos perpendiculares que se intercalan y evitan el cruce de los dos tipos de usuarios.

El arquitecto ha proyectado un edificio muy permeable a la luz natural, permitiéndola que entrara a todos los niveles por las fachadas, patios ajardinados y lucernarios. La luz llega a los pasillos, salas de consultas, esperas y habitaciones. Incluso a las plantas de sótano donde están situados los quirófanos y salas de diagnóstico por imagen. Aprovechándose del declive del terreno y utilizándose de taludes, se ha permitido iluminar estos niveles más bajos a través de las fachadas norte y este. También a través de patios ajardinados, donde se sitúan ventanas y lucernarios. La buena iluminación natural de los espacios,

promueve además de confort a los usuarios y personal sanitario, ahorro energético en casi todas las épocas del año.

El problema que parece generar la utilización de los muros cortina en los espacios públicos orientados hacia el sur y oeste es la penetración de radiación en verano. Aunque se ha utilizado un vidrio especial, de doble espesor, se ha registrado elevación de las temperaturas en estos espacios, lo que ha demandado un incremento del consumo de energía para climatizarlos.

En las habitaciones se ha utilizado ventanas horizontales, siendo que las orientadas hacia el sur poseen lamas externas protectoras que disminuyen la incidencia de la radiación directa sin perjudicar la iluminación de estos espacios.

Según la complejidad del edificio, la renovación de aire o la ventilación por ventana practicable es importante., pero hay que saber que si el edificio es de uso público, no se puede abrir. Esto porque puede producir un desequilibrio en el sistema de climatización.

(Mario Corea - entrevista concedida en julio de 2013)

El proyecto arquitectónico contempla el uso de la ventilación natural en algunos locales públicos del edificio como las consultas y las habitaciones, pero en su uso diario eso no ocurre. Por ser el hospital un edificio de carácter público, por normativa, se recomienda que las ventanas de las habitaciones no puedan ser abiertas por los usuarios, apenas por el personal de mantenimiento y limpieza. Eso evita posibles accidentes y también desajustes en el sistema de climatización, favoreciendo así que todos los ambientes estén con la temperatura, humedad y presión controladas.

6.6 Hospital Universitari Sant Joan de Reus (nuevo)

Localización: Reus - Tarragona – Cataluña - España

Año de Finalización: 2010

Superficie Construida: 104.910 m²

Arq.: Mario Corea / Lluís Moran / Pich-Aguilera Architects

Clima: Mediterráneo Litoral

Latitud: 41° 9' Norte

Longitud: 1° 6' Este

Altitud: 117m

T. media: 17,8°C

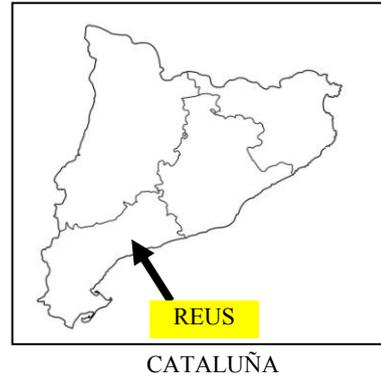


Figura 2.142 – Hospital Universitari Sant Joan de Reus - Vista aérea (www.mariocorea.com)

[...] es importante esta apuesta por la arquitectura, por los materiales, por la geometría, por la orientación, porque con estos elementos activos, cuando dentro de veinte años tengan que renovar las máquinas, pues seguramente van a poner máquinas mejores pero el edificio va continuar funcionando igual de bien. A veces se hacen sistemas muy caros, a nivel de instalaciones, y no se hace el suficiente hincapié en la parte pasiva de la arquitectura. Este edificio cuesta lo mismo o más barato que edificios similares y, en cambio, consume mucho menos. (Jordi Paris - entrevista concedida en agosto de 2013)



Figura 2.143 – H. Universitari Sant Joan de Reus - Emplazamiento (www.mariocorea.com)

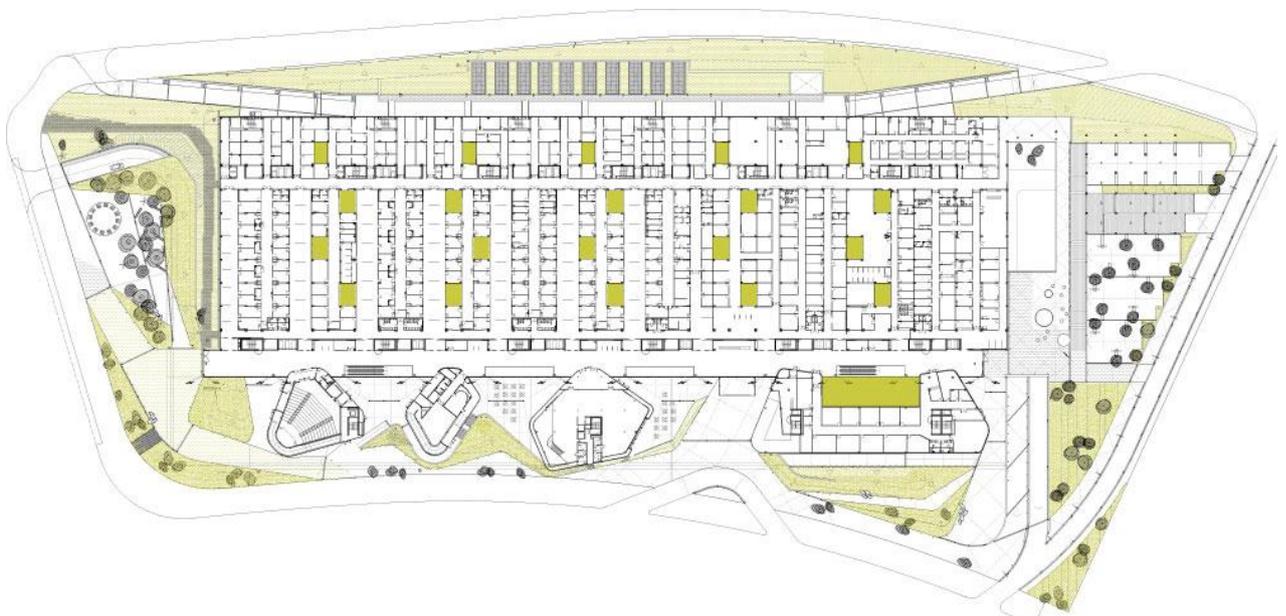


Figura 2.144 – H. Universitari Sant Joan de Reus - Planta Baja (www.mariocorea.com)



Figura 2.145 – H. Universitari Sant Joan de Reus - Planta 1ª (www.mariocorea.com)

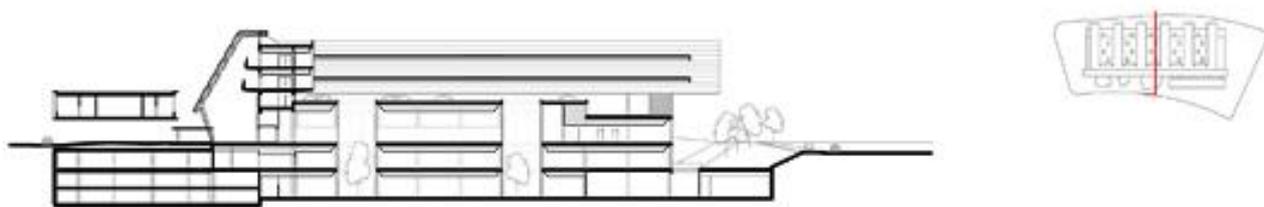


Figura 2.146 – H. Universitari Sant Joan de Reus - Sección Transversal (www.mariocorea.com)



Figura 2.147 – H. Universitari Sant Joan de Reus - Fachada sur y este (www.mariocorea.com)



Figura 2.148 – H. Universitari Sant Joan de Reus - Fachada sur – Acceso principal (www.mariocorea.com)



Figura 2.149 – H. Universitari Sant Joan de Reus - Fachada sur – Acceso principal y edificio administrativo/docencia (www.mariocorea.com)



Figura 2.150 – H. Universitari Sant Joan de Reus - Fachada norte y oeste (www.mariocorea.com)

El hecho de relacionar la mayoría de los espacios del hospital con luz natural permite, no solo a los pacientes, sino también a la gente que está trabajando ahí, de tener una relación con el grado de iluminación exterior. Está demostrado que estos cambios de luz que se producen durante el día aportan confort respecto a una iluminación continua de luz artificial porque el ciclo del día y la noche permite trabajar con menos desgaste. Sobre todo con menos ansiedad. Es mucho más comfortable. (Jordi París - entrevista concedida en agosto de 2013)



Figura 2.151 – H. Universitari Sant Joan de Reus - Planta 1 – Habitación con iluminación natural (archivo de la autora)



Figura 2.152 – H. Universitari Sant Joan de Reus - Planta baja - Pasillo público (Rambla) – Iluminación natural por fachada y cubierta (archivo de la autora)



Figura 2.153 – H. Universitari Sant Joan de Reus - Planta 1 - Pasillo público – Iluminación natural por fachada y cubierta (archivo de la autora)

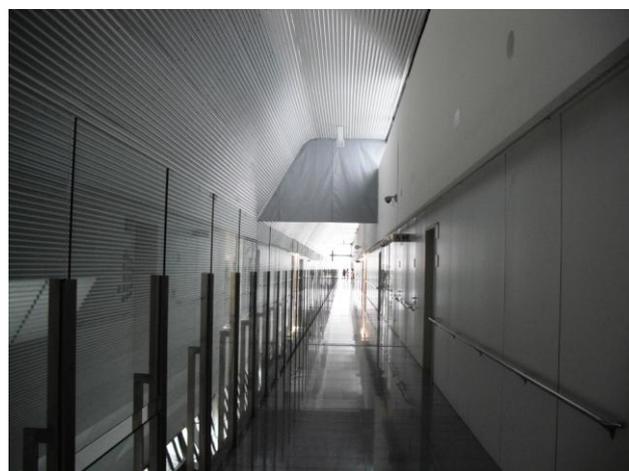


Figura 2.154 – H. Universitari Sant Joan de Reus - Planta 2 - Pasillo público – Iluminación natural por fachada y cubierta (archivo de la autora)



Figura 2.155 – H. Universitari Sant Joan de Reus - Patio con jardín entre bloques de hospitalización – Vista de patios de luz y lucernarios (www.mariocorea.com)



Figura 2.156 – H. Universitari Sant Joan de Reus - Patio con jardín entre bloques de hospitalización – Vista de patio de luz y lucernario (archivo de la autora)



Figura 2.157 – H. Universitari Sant Joan de Reus - Planta sótano --2 – Patio de luz (www.mariocorea.com)



Figura 2.158 – H. Universitari Sant Joan de Reus - Planta baja – Espera de consultas – Vista de patio de luz y lucernarios
(www.mariocorea.com)



Figura 2.159 – H. Universitari Sant Joan de Reus - Planta baja – Rehabilitación – Vista de patios de luz y lucernarios
(www.mariocorea.com)



Figura 2.160 – H. Universitari Sant Joan de Reus - Planta sótano -1 - Espera de la radiología (archivo de la autora)

Hay otros espacios del edificio, concretamente la Rambla, en el cual optamos directamente por la ventilación natural. No hay ningún tipo de instalación para la climatización de este espacio. No hay aportación directa ni de frío ni de calor. Por tanto, es un espacio que no consume energía calorífica de ningún modo. No hay ni radiadores, ni aire acondicionado, ni nada. Sencillamente, con una ventilación natural o forzada de aire exterior y la propia configuración del espacio, a nivel de materiales y geometría, es suficiente para obtener el nivel de confort a que está destinado este espacio de circulación. (Jordi París - entrevista concedida en agosto de 2013)

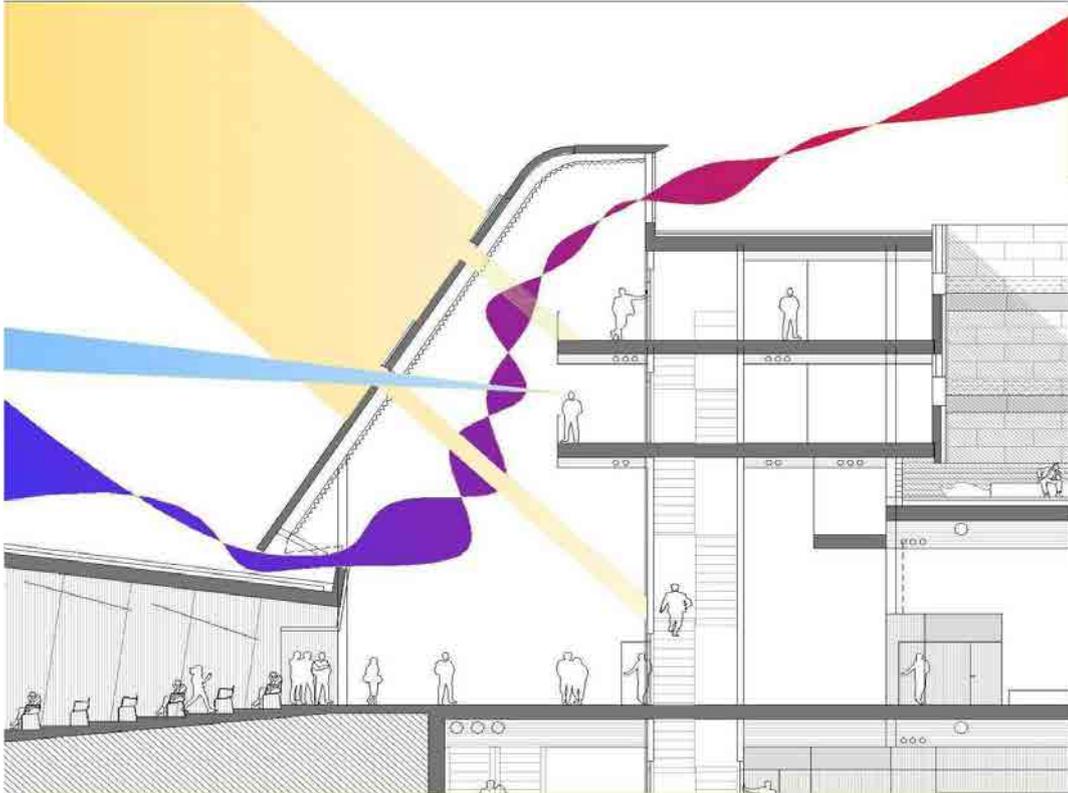


Figura 2.161 – H. Universitari Sant Joan de Reus - Sección Transversal (www.ondiseno.com)



Figura 2.162 – H. Universitari Sant Joan de Reus - Planta baja y sótano -1 – Pasillo público (Rambla) (archivo de la autora)



Figura 2.163 – H. Universitari Sant Joan de Reus - Planta 2 – Pasillo público. Vistas de ventanas practicables para ventilación natural (archivo de la autora)

El Hospital de Reus está idealizado como un volumen horizontal compuesto de dos sótanos, planta baja, entresuelo técnico, planta primera y planta segunda, con la fachada frontal orientada hacia el sur, la posterior hacia el norte y las laterales hacia este y oeste.

En el sector sur, el edificio posee una circulación pública, por donde accede el público en general, denominada la Rambla, siendo un gran pasillo de 250 metros de longitud, iluminado naturalmente por las fachadas y por una cubierta inclinada. También se trata de un espacio que no se beneficia de climatización artificial para dar confort a sus usuarios, y sí, de ventilación natural, con posibilidad de extracciones de calor por la cubierta, cuando necesario, produciendo una circulación de aire en sentido ascendente.

En planta baja y sótanos, la circulación técnica y demás áreas restringida al personal sanitario están situadas en la ala norte del edificio y también están iluminadas naturalmente, siendo que en este caso, por patios de luz o directamente por las fachadas norte y las laterales (este-oeste). Esto es posible por el aprovechamiento de la pendiente del terreno y el uso de taludes. Los dos grandes sectores a norte y a sur se conectan a través de pasillos públicos y técnicos que se intercalan y se encajan como un peine.

En las plantas primera y segunda, se destacan los seis bloques de internación. Entre ellos están situados los patios ajardinados que pueden ser accedidos por pacientes y visitantes. En estos patios están los lucernarios que iluminan la planta baja y los patios de luz que llegan a iluminar hasta la planta sótano -2, donde están situadas las zonas de diagnóstico por imagen y quirófanos.

Se trata de un edificio con varias estrategias de eficiencia energética, dando énfasis primeramente a las soluciones pasivas y después a los sistemas activos. La utilización de la ventilación e iluminación natural es visiblemente uno de los recursos aplicados para lograr este objetivo.

Se ha tratado de graduar térmicamente el edificio para promover ahorro energético sin comprometer los niveles de confort. De modo que las grandes superficies no necesitan de climatización artificial, como la Rambla y las salas de los climatizadores en el entresuelo técnico; las medias superficies, como las salas de espera y los pasillos interiores, ya consumen energía; y finalmente donde se utiliza toda la energía necesaria para climatizar es en los pequeños ambientes como las consultas y las habitaciones, donde la gente lleva ropa más ligera o está más tiempo en estado de reposo.

Por tratarse de un edificio de uso público que tiene que tener temperatura, humedad y presión muy controladas, las ventanas de las habitaciones no pueden ser abiertas por los usuarios, apenas por personal autorizado, en caso de algún accidente o necesidad de limpieza.

Ya en la Rambla, que es un espacio aislado climáticamente de los demás, la ventilación natural es aprovechada y tiene en verano el siguiente sistema de funcionamiento:

Este espacio funciona así sin climatización, mediante varias estrategias. Una primera estrategia es el hecho de que está inclinada (la cubierta) y el cristal de abajo también está inclinado. [...] en verano, que el sol es muy vertical, no permite que la radiación solar entre aquí dentro. Por tanto todo esto siempre está en sombra con unas pequeñas aberturas que están muy controladas y prácticamente no aportan casi radiación. En cambio, en invierno, el sol nos entra prácticamente hasta el final y nos calienta el pavimento de piedra. Con lo cual, en invierno, tenemos un aporte muy importante de radiación, que como está muy aislado y con el cristal, se convierte en un efecto invernadero que permite que el espacio sea suficientemente confortable como para no tener que climatizar.

Y también tenemos la forma. Esta forma de chimenea nos permite concentrar en esta parte de aquí la temperatura en verano, [...] El aire sube y se acumula arriba. Y cuando está suficientemente llena de aire caliente, que todavía no afecta a la zona de uso, con unos extractores ventiladores se le saca. [...] Abajo hay unas ventanas que, cuando se activa esto, se abren y se cambia el aire muy caliente de aquí con el aire menos caliente de esta zona. (Jordi París - entrevista concedida en agosto de 2013)

En las fachadas, donde hay muro cortina, se ha utilizado fachada ventilada, que dificulta la entrada del calor en verano. En las ventanas horizontales de las habitaciones, se ha utilizado lamas exteriores que disminuyen la entrada directa de radiación solar.

El sistema de climatización de las habitaciones es a través de techo radiante, que utiliza circulación de agua fría y caliente para refrigerar y calentar. Esto hace con que el calor y el frío lleguen al paciente de forma homogénea, ya que él se encuentra estirado en la cama. Además, esto disminuye el volumen de aire circulando por el edificio, reduciendo así el riesgo de infección cruzada.

En este edificio también se ha aplicado gestión centralizada de sistemas de climatización e iluminación, para minimizar los consumos; placas solares fotovoltaicas para producción de energía; elementos industrializados y montaje en seco.

6.7 Análisis de la observación de los edificios hospitalarios

- Se observa que los tres edificios brasileños: Sarah Salvador, Sarah Fortaleza y Sarah Rio corresponden a distintos períodos de la historia de la Red entre los años 1994 y 2009. Se percibe una evolución en los sistemas utilizados en la búsqueda de generar ambientes hospitalarios más humanos y más cómodos, aprovechándose de los recursos naturales disponibles;
- Se observa que en los tres hospitales de la Red Sarah se prioriza el uso de la ventilación e iluminación natural. Aunque en el Sarah Rio, se generalice el uso del aire acondicionado para todos los ambientes, así mismo, se consigue una solución que viabiliza el funcionamiento de las actividades sin climatización artificial, siempre que el clima exterior lo permita. Seguramente esto se refleja en un ahorro energético de valores económicos considerables, en se tratando de un edificio de estas dimensiones;
- Se observa que los tres hospitales catalanes: Hospital de la Santa Creu i Sant Pau, Hospital de Mollet y Hospital de Reus son ejemplos de proyectos que explotan bastante la utilización de la iluminación natural, tratando de llevar luz a todos los rincones, a través de lucernarios, ventanas, muros-cortina; patios, aprovechamiento de las pendientes y utilización de taludes;
- Se observa que en estos tres hospitales hay una preocupación por la demasiada exposición a la radiación solar directa, que podría generar un incremento de las temperaturas interiores. Algunos de los recursos utilizados son el uso de lamas exteriores y persianas en las ventanas;
- Se observa que los hospitales que utilizan el muro cortina en fachadas con más exposición solar, han aplicado soluciones para protegerlas y evitar el sobrecalentamiento. El Hospital de Mollet tiene instalado un vidrio especial, con capas dobles aislantes para disminuir la penetración de calor y el Hospital de Reus utiliza la fachada ventilada que permite que el calor se disperse antes de penetrar en el ambiente;
- Se observa que en los tres hospitales catalanes, la ventilación natural está prevista a nivel de proyecto en muchos ambientes, pero en la práctica no es tan aprovechada. Las justificativas para eso son: que la normativa impide que los pacientes abran las ventanas y que la normativa exige el uso de aire tratado; que el uso de ventilación natural desequilibra el sistema de climatización artificial; y que para conseguir una gestión más controlada del clima del hospital, lo más práctico es que sea todo artificial;

- Se observa que el Hospital de Reus es el que más utiliza este recurso de la ventilación natural al generar una circulación pública, aislada térmicamente de los demás ambientes, con aperturas que permiten la ventilación vertical, con extracción del calor por la cubierta en los días más críticos de verano. Se ha elegido la zona del hospital donde se acumula el mayor volumen de aire y se ha optado por una climatización natural durante todo el año. Esto ha representado un ahorro energético y económico significativo, sin perjudicar el confort de los usuarios.

3ª PARTE

EL AMBIENTE EN LOS HOSPITALES

7. SIMULACIONES COMPUTACIONALES

7.1 Metodología de las simulaciones

En el análisis cuantitativo, se ha utilizado el programa computacional Design Builder con el objetivo de realizar simulaciones que pudiesen comprobar el comportamiento del edificio en su funcionamiento lumínico, térmico y de ventilación. Y también para analizar el caso hipotético de dos edificios de la Red Sarah para el clima mediterráneo de Barcelona, con el objetivo de hacer una aproximación de cómo se comportarían, y saber qué soluciones arquitectónicas podrían ser aplicadas o adaptados para este clima.

Se ha elegido este programa porque se trata de una herramienta reconocida por Energy Plus como siendo de alto desempeño, que permite modelar edificios con superficies curvas; utilizar una biblioteca de materiales de construcción; definir una gran cantidad de detalles sobre la ocupación de los espacios, como la actividad desempeñada y la vestimenta de los usuarios; utilizar, como base de datos, los ficheros climáticos almacenados por estaciones meteorológicas situadas en diversas localidades del mundo; permitir la simulación del comportamiento del edificio para distintas épocas del año y, además, por ofrecer resultados en archivos (.csv), formato exportable al programa Excel, con lo cual se han podido generar gráficas propias que facilitaron los análisis y estudios comparativos.

Para simular la iluminación natural, el software se utiliza de la herramienta Radiance Daylight. Para la simulación térmica, tiene como base los principios de ASHRAE y el Energyplus como motor de cálculo. Y la simulación de ventilación, se consigue a través de la herramienta CFD (Computational Fluid Dynamics), muy recomendada para conocer el desempeño de un prototipo o un edificio que está en fase de desarrollo de proyecto. De esta manera, un solo programa ha permitido simular todas las variables que se pretendía comprobar.

Se ha utilizado la versión 3.2 0.070 para la simulación térmica y 3.4.0.033 para la simulación de iluminación y de ventilación.

Las simulaciones y los modelados han sido realizados con el apoyo del Arq. Luis Barajas, máster en arquitectura, estudiante de doctorado en Tecnología de la Arquitectura y experto en la utilización del software Design Builder.

Se ha elegido dos edificios de la Rede Sarah para modelar y simular: el Sarah Salvador (1994) y el Sarah Rio (2009). Esta elección se ha dado por el motivo de que se tratan de dos ejemplos claves en la historia de la Red, que conforman el primero y el último, construidos por el CTRS y que reflejan una evolución en la solución desde uno hacia el otro. El arquitecto, Lelé, ha podido aprovechar la experiencia que le ha

dato cada proyecto, además del *feedback* de los usuarios de cada edificio. Este aprendizaje acumulado se ha plasmado en sus obras.

Se ha modelado un prototipo de cada edificio, donde están situadas las zonas de hospitalización. En Salvador, este sector está compuesto por habitaciones colectivas (denominado “enfermería” en portugués), que están situadas en el bloque principal. La zona elegida tiene las aperturas hacia noreste, es un ambiente cubierto por sheds y tiene, en planta sótano, galerías que captan los vientos dominantes. En Río, la zona estudiada tiene las habitaciones colectivas orientadas hacia el este y las habitaciones individuales hacia oeste. En la planta superior se encuentra la cubierta ventilada por sheds y en la planta sótano, se sitúa el suelo técnico con aperturas hacia oeste para captación de aire.

Son dos hospitales con soluciones arquitectónicas muy distintas. En el Sarah Salvador, los sheds están a sotavento, orientados hacia el Suroeste y tienen como principal función, la extracción del aire que circula verticalmente por el ambiente. En el Sarah Río, los sheds están situados en la cubierta ventilada. Estando orientados tanto a Este cuanto a Oeste, siendo que los que están a Este son en mayor número, están a barlovento y cumplen la función de captación del viento dominante de Sureste.

Está claro que son edificios construidos con un sistema constructivo apropiado al clima tropical donde están inseridos, con muros exteriores delgados y sin capas aislantes, como las que se utilizan en el clima mediterráneo. Además, están proyectados según una orientación específica, de modo a aprovechar los vientos dominantes y el soleamiento adecuado a las necesidades de cada espacio.

Cuando se propone simular la situación hipotética de que estos edificios estuvieran en la ciudad de Barcelona, se considera todas estas cuestiones, pero así mismo se ha comprendido que es una propuesta válida para llegar a una aproximación del comportamiento de las pautas de diseño de la Red Sarah para el clima mediterráneo. Ya que este clima tiene similitudes con el clima tropical en las épocas de primavera, verano y otoño, que permiten el uso de la iluminación y la ventilación natural en muchas horas del año.

Para la simulación en la ciudad de Salvador, se ha utilizado los datos climáticos de la estación:
Salvador / Dois Julho - 832480.

Para la simulación en la ciudad de Río de Janeiro, se ha utilizado los datos climáticos de la estación:
Santos Dumont / Río- 837550.

Para la simulación en la ciudad de Barcelona, se ha utilizado los datos climáticos de la estación:
Barcelona Airport - 81810.

7.1.1 – Modelo Sarah Salvador

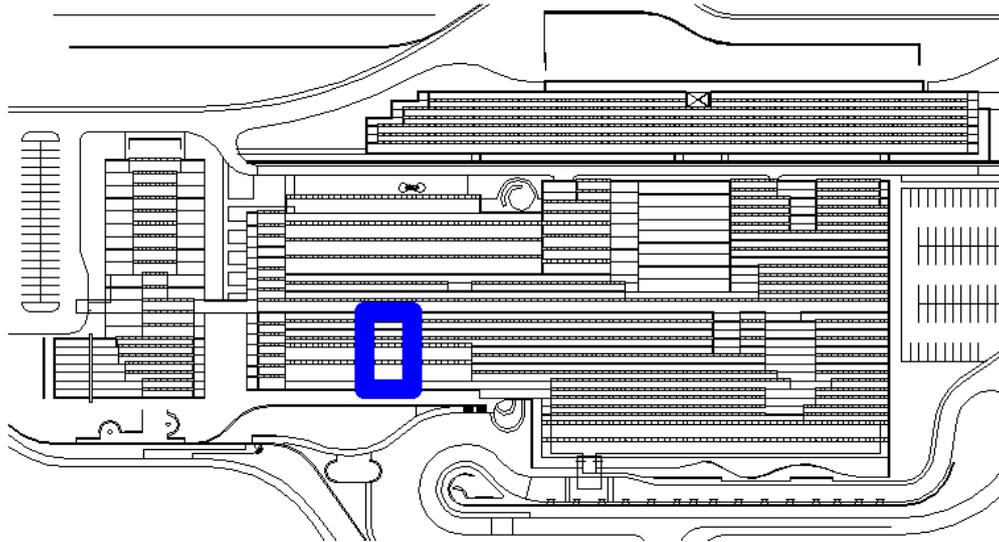


Figura 3.1 – Modelo Sarah Salvador - Planta de cubierta (archivo del CTRS adaptado por la autora)

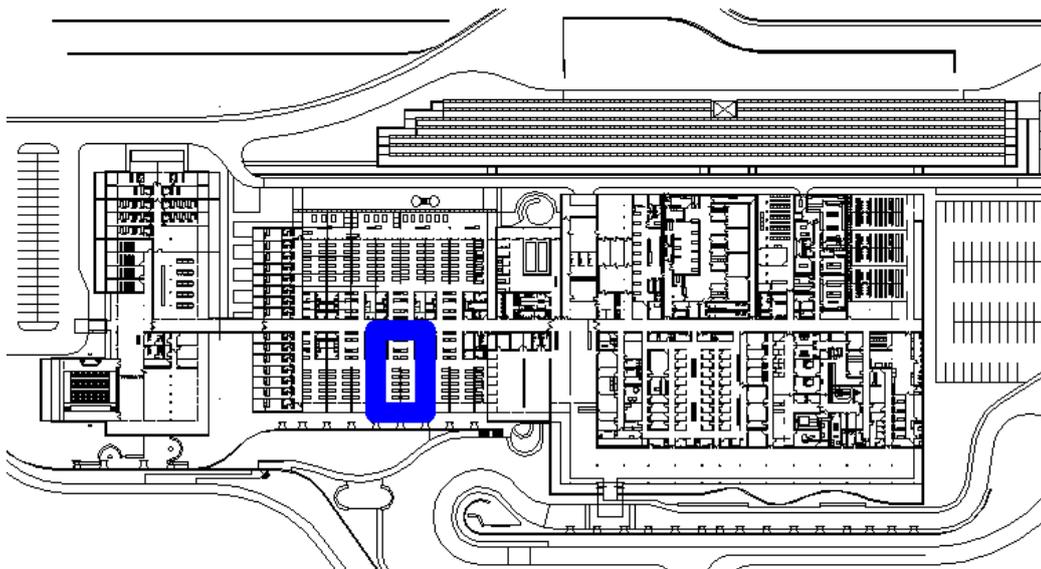


Figura 3.2 – Modelo Sarah Salvador - Planta baja (archivo del CTRS adaptado por la autora)

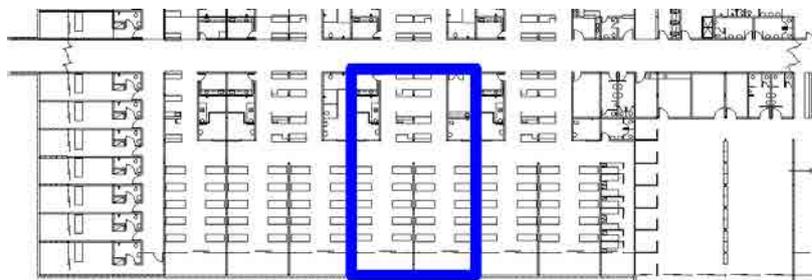


Figura 3.3 – Modelo Sarah Salvador - Planta baja de hospitalización - habitación colectiva (archivo del CTRS adaptado por la autora)

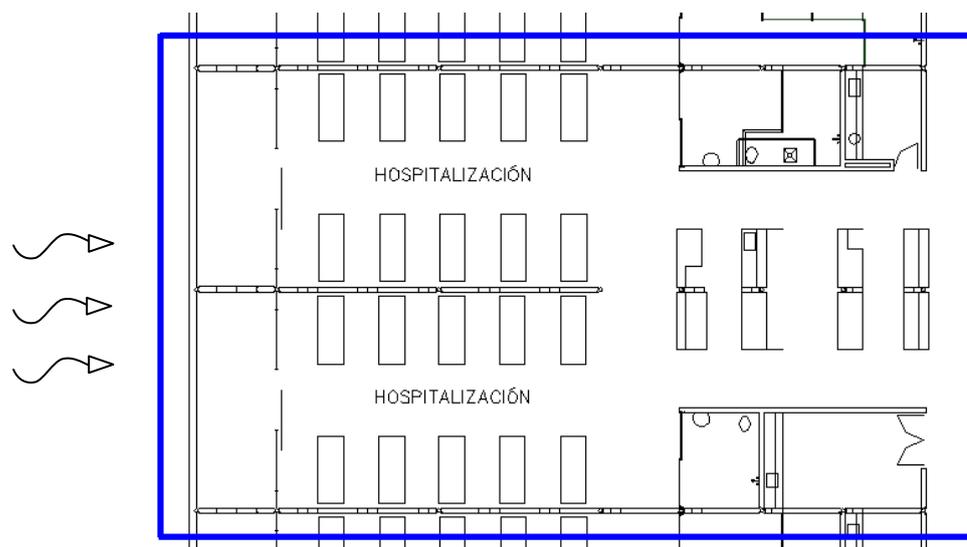


Figura 3.4 – Modelo Sarah Salvador - Planta baja de hospitalización - habitación colectiva
(archivo del CTRS adaptado por la autora)

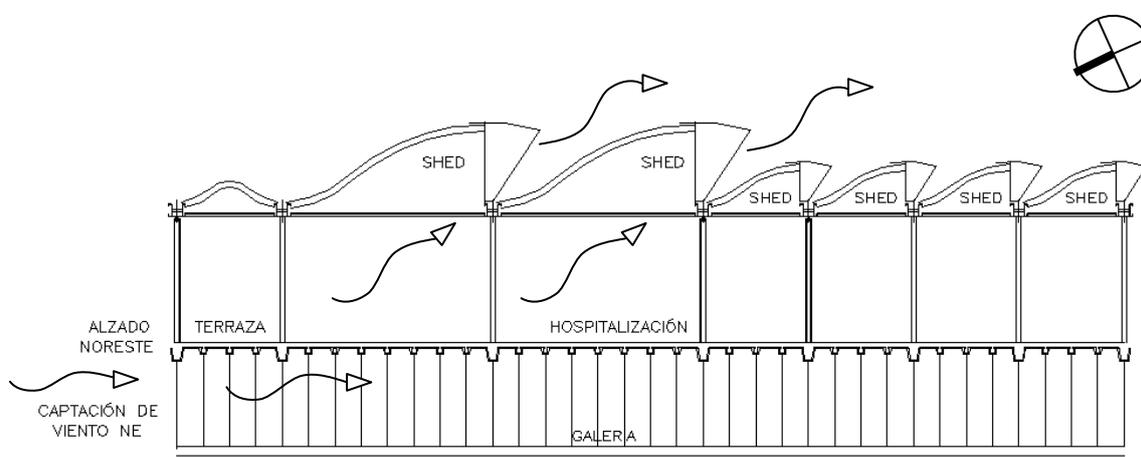


Figura 3.5 – Modelo Sarah Salvador - Sección transversal ampliada – zona de hospitalización
(archivo del CTRS adaptado por la autora)

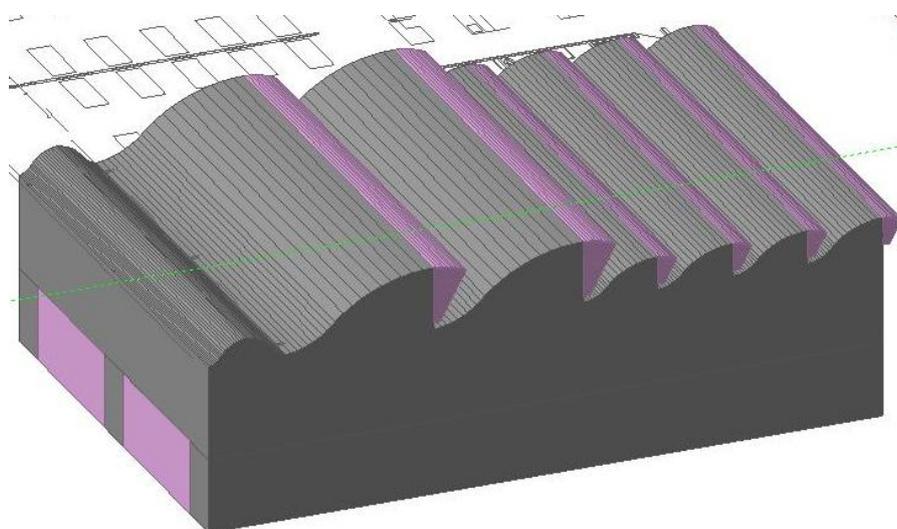


Figura 3.6 – Modelo Sarah Salvador - Axonometría – zona de hospitalización (Design Builder)

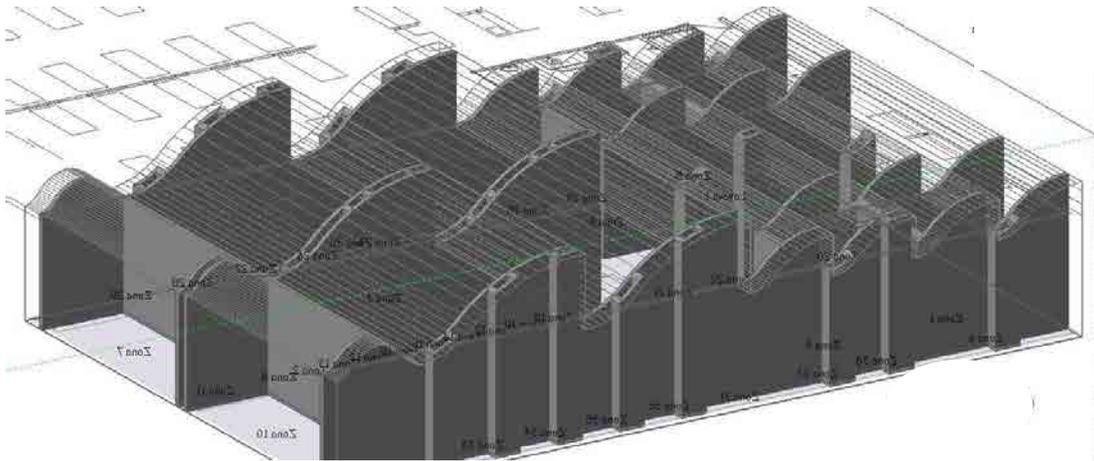


Figura 3.7 – Modelo Sarah Salvador - Axonometría – zona de hospitalización (Design Builder)

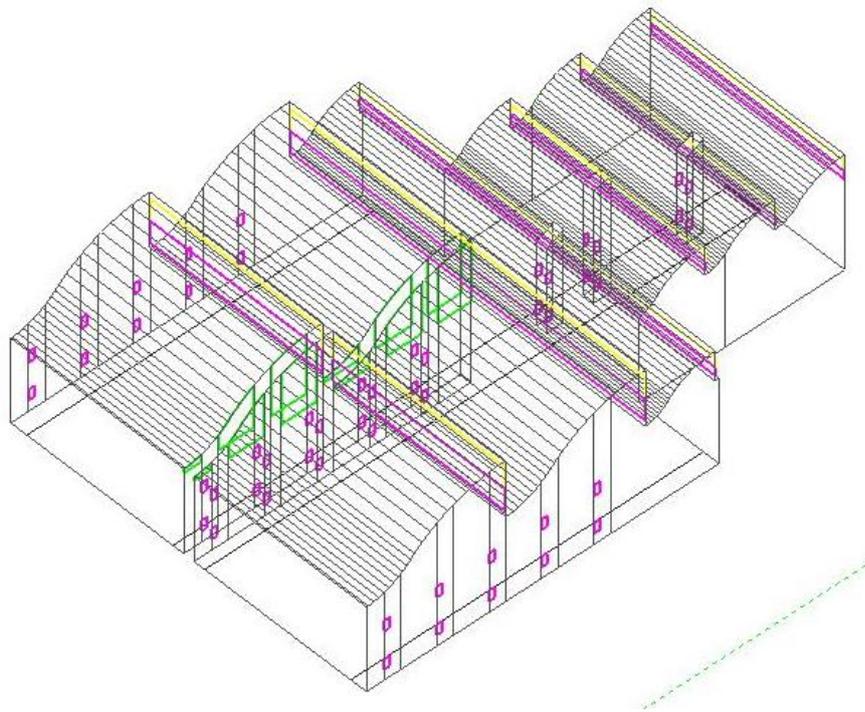


Figura 3.8 – Modelo Sarah Salvador - Axonometría inalámbrica – habitación colectiva con rejillas de ventilación (Design Builder)



Figura 3.9 – Modelo Sarah Salvador - Vista interior – hospitalización con rejillas y sheds (Design Builder)



Figura 3.10 – Modelo Sarah Salvador - Vista interior – hospitalización con rejillas y sheds (Design Builder)



Figura 3.11 – Modelo Sarah Salvador - Alzado Suroeste – Vista de hospitalización con sheds extractores de viento (Design Builder)



Figura 3.12 – Modelo Sarah Salvador - Alzado Noreste – Vista de hospitalización con terraza (Design Builder)

7.1.2 – Modelo Sarah Rio de Janeiro

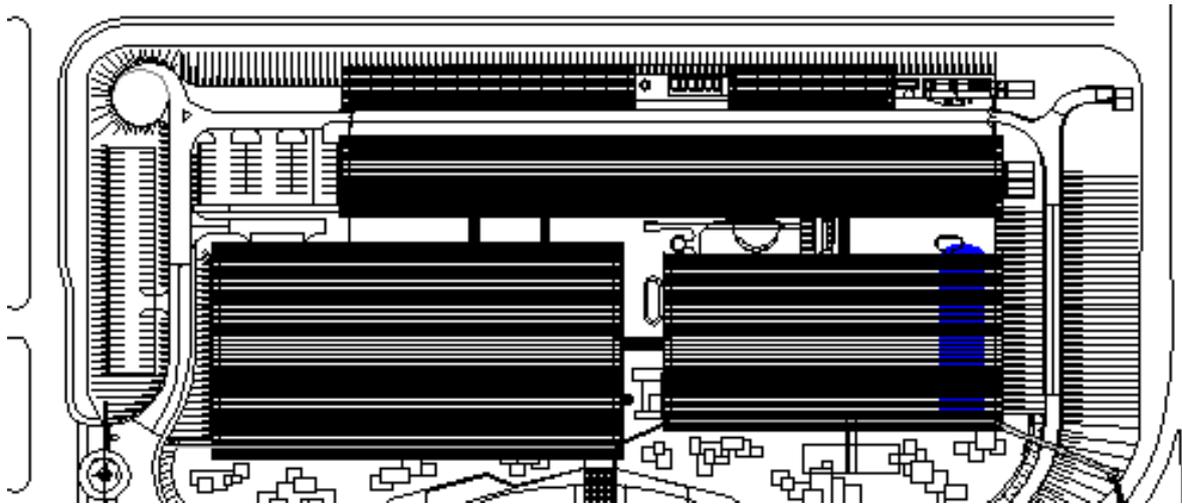


Figura 3.13 – Modelo Sarah Rio - Planta de cubierta (archivo del CTRS adaptado por la autora)

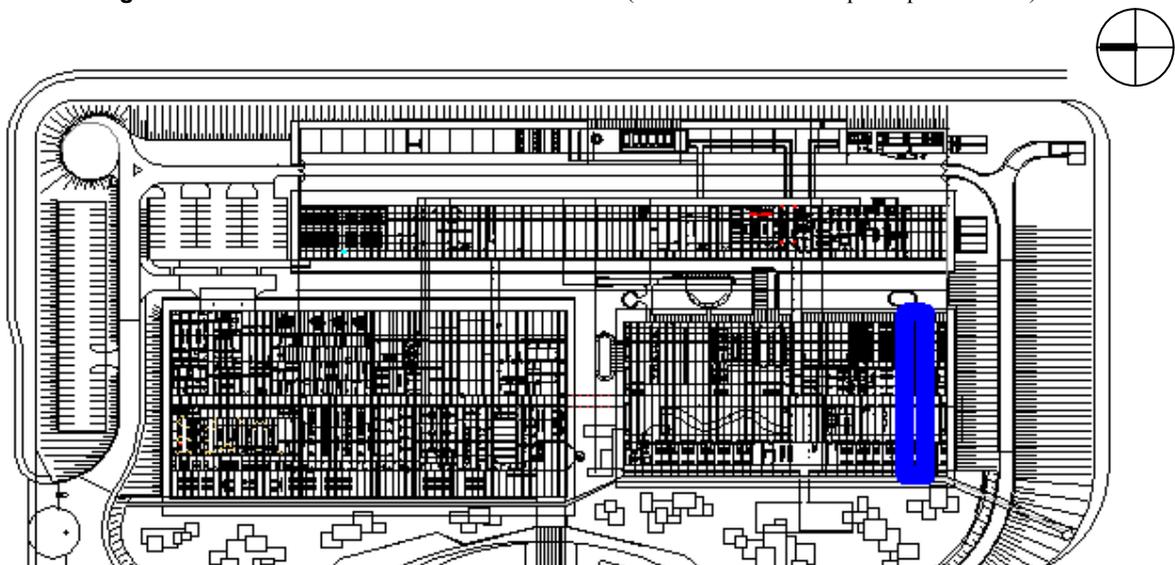


Figura 3.14 – Modelo Sarah Rio - Planta baja (archivo del CTRS adaptado por la autora)

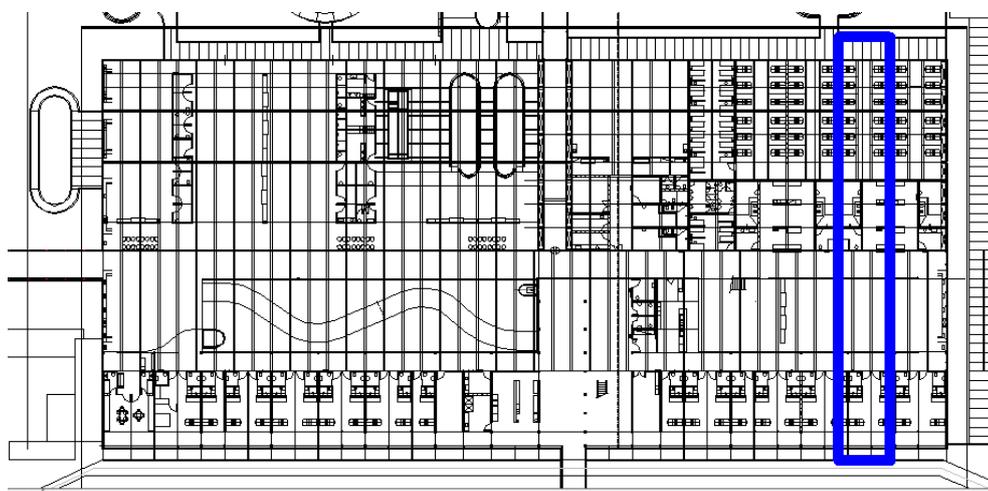


Figura 3.15 – Modelo Sarah Rio - Planta baja- bloque de hospitalización (archivo del CTRS adaptado por la autora)

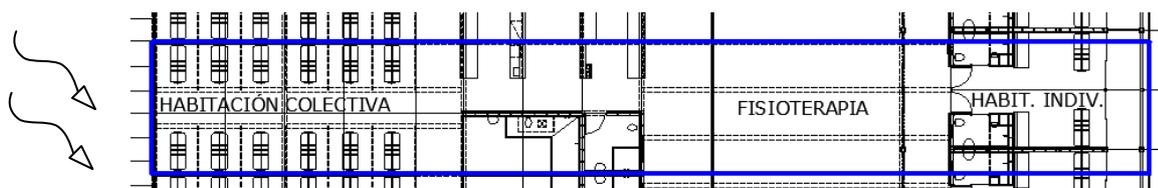


Figura 3.16 – Modelo Sarah Rio - Planta baja de hospitalización (archivo del CTRS adaptado por la autora)

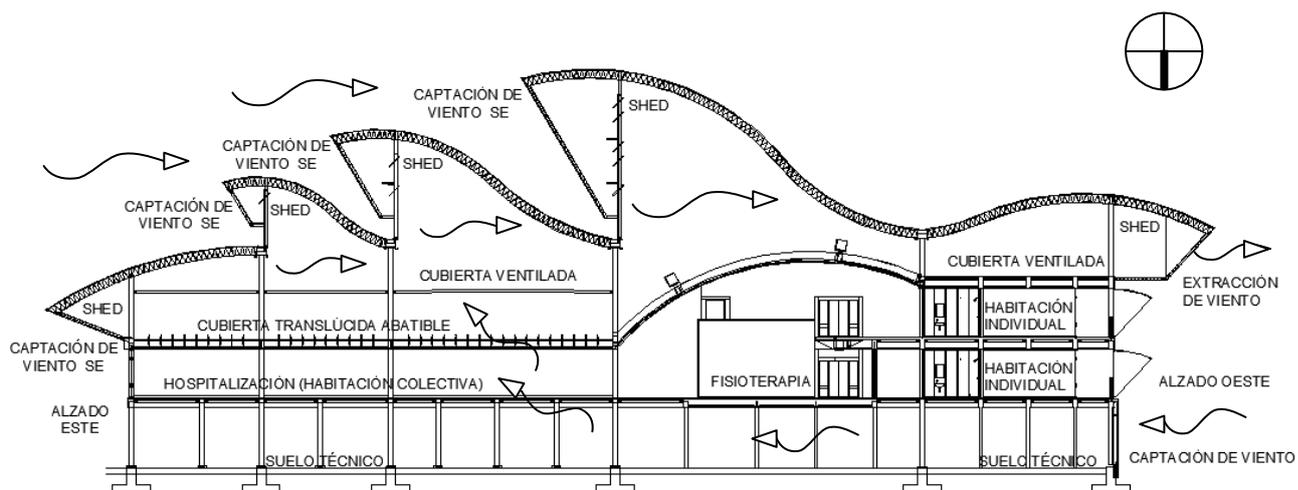


Figura 3.17 – Modelo Sarah Rio - Sección transversal ampliada – zona de hospitalización (archivo del CTRS adaptado por la autora)

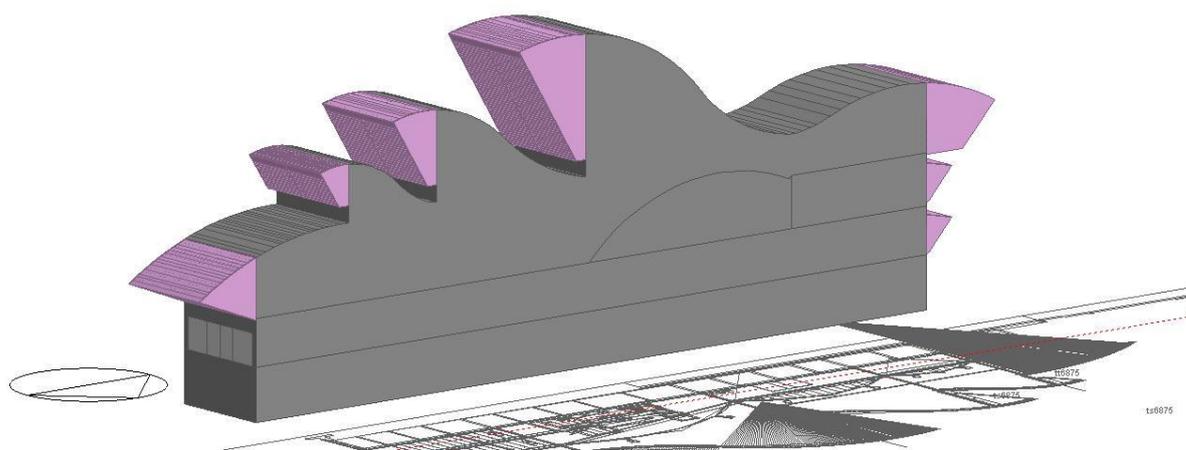


Figura 3.18 – Modelo Sarah Rio - Axonometría – zona de hospitalización (Design Builder)

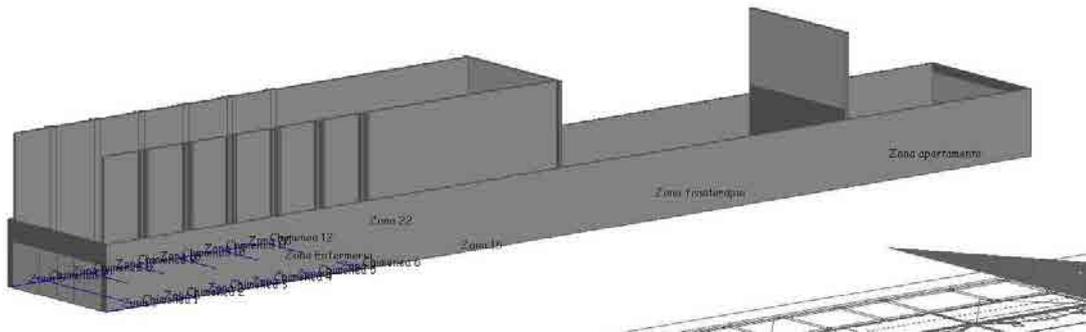


Figura 3.19 – Modelo Sarah Rio - Axonometría – zona de hospitalización (Design Builder)

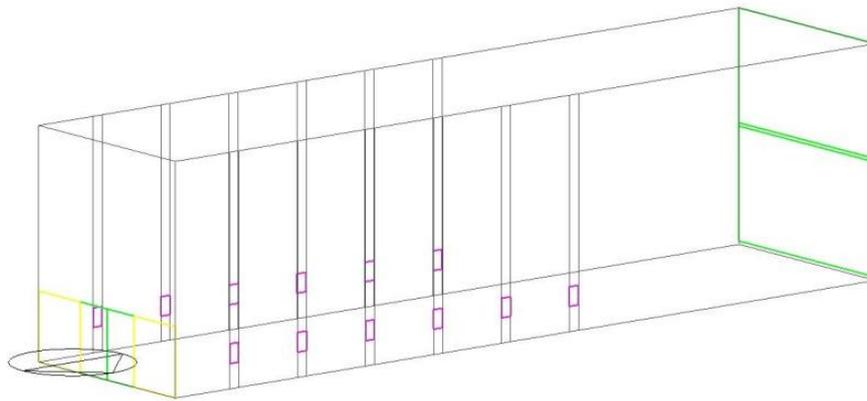


Figura 3.20 – Modelo Sarah Rio - Axonometría inalámbrica – habitación colectiva con rejillas de ventilación (Design Builder)



Figura 3.21 – Modelo Sarah Rio - Vista interior – habitación colectiva (Design Builder)



Figura 3.22 – Modelo Sarah Rio - Vista interior – habitación colectiva con vista de rejillas de ventilación (Design Builder)



Figura 3.23 – Modelo Sarah Rio - Alzado Este – Vista de hospitalización y sheds de captación del viento (Design Builder)



Figura 3.24 – Modelo Sarah Rio - Alzado Oeste – Vista de apartamentos, reja y shed (Design Builder)

7.2 Funcionamiento lumínico

7.2.1 – Modelo Sarah Salvador

Para averiguar el comportamiento del modelo Sarah Salvador en su funcionamiento lumínico, a través de la herramienta Radiance Daylight de Design Builder, se ha calculado el Factor de Luz Diurna (FLD), inicialmente, para dos tipos de shed: uno con vidrio + persiana (Sarah SSA-46) y otro con vidrio + vidrio (Sarah SSA-47), que son las dos situaciones que ocurren en el edificio Sarah Salvador.

Se ha hecho tres simulaciones: la primera con la escala libre de la leyenda, la segunda con la escala determinada entre 0,00% y 5,00% y la tercera con la escala determinada entre 0,00% y 1,00% y sin aportación lumínica de la ventana de vidrio de la terraza.

Se ha considerado un modelo de cielo intermedio soleado para un día de primavera (23/09 - Salvador) (23/03 - Barcelona), un modelo de cielo claro soleado para un día de verano (21/12 - Salvador) (21/06 - Barcelona) y un modelo de cielo nublado para un día de invierno (21/06 - Salvador) (21/12 - Barcelona). Entre las 7h y las 18h.

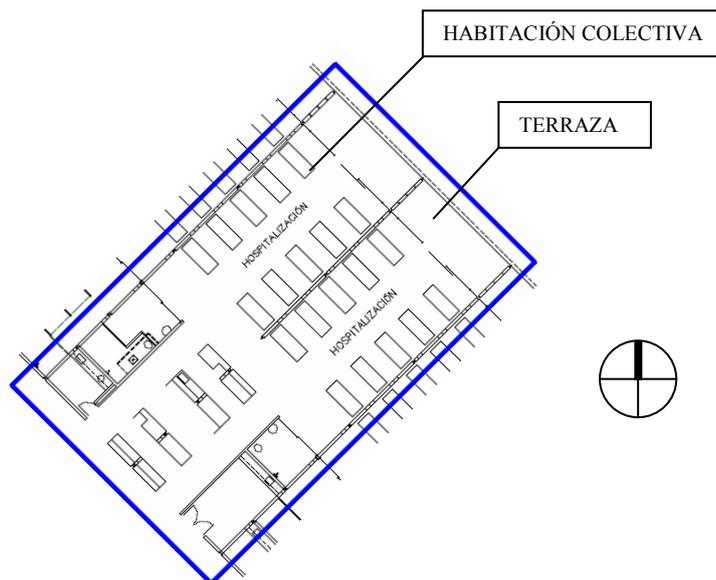


Figura 3.25 – Modelo Sarah Salvador - Planta baja de hospitalización (archivo del CTRS adaptado por la autora)

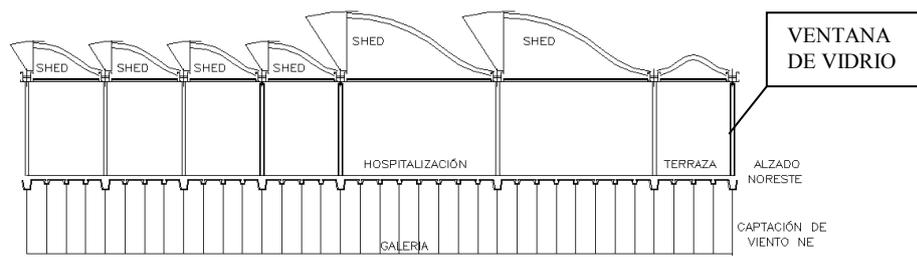


Figura 3.26 – Modelo Sarah Salvador - Sección transversal ampliada (archivo del CTRS adaptado por la autora)

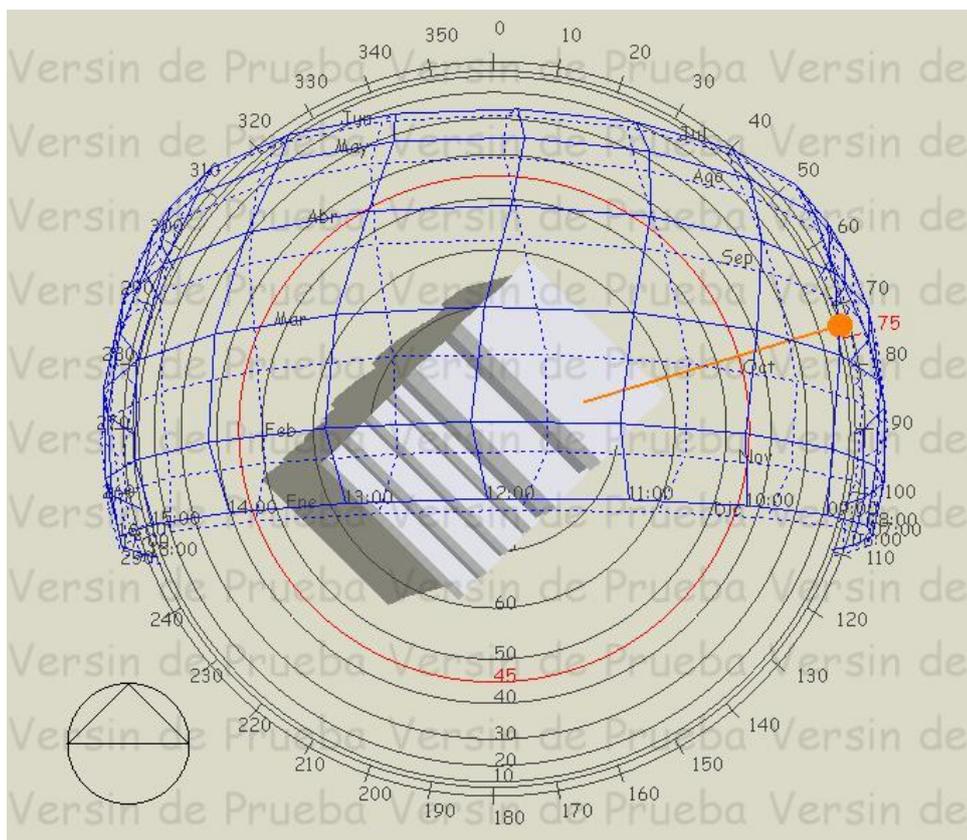


Figura 3.27 – Modelo Sarah Salvador - Diagrama solar - Salvador - Latitud: 13° 00' Sur

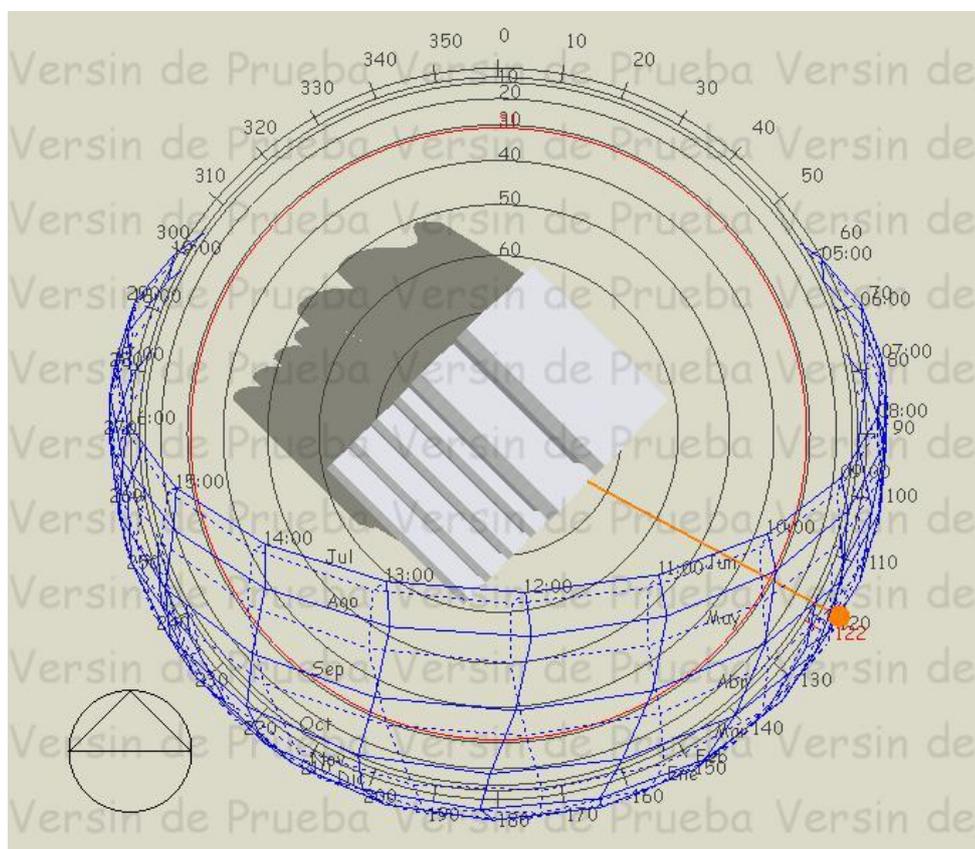
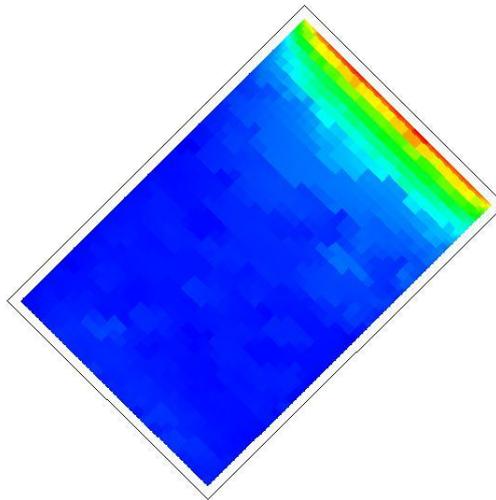


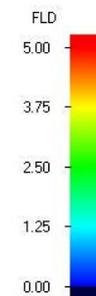
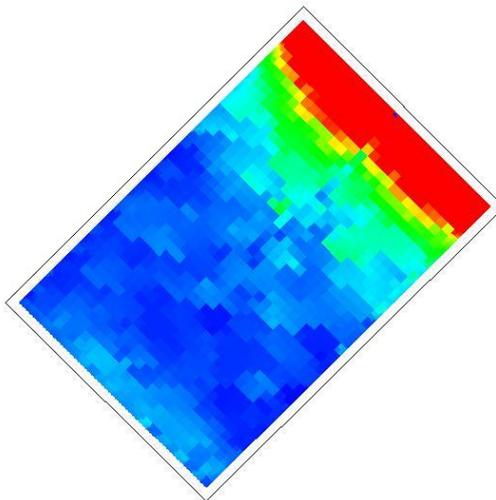
Figura 3.28 – Modelo Sarah Salvador - Diagrama solar - Barcelona - Latitud: 41° 28' Norte

A seguir, tres ejemplos de los resultados encontrados: Un día de primavera en Salvador (23/09) a las 17h, con cielo intermedio soleado.

1ª SIMULACIÓN
Escala de leyenda libre



2ª SIMULACIÓN
Escala de leyenda determinada entre 0,00% y 5,00%



3ª SIMULACIÓN
Escala de leyenda determinada entre 0,00% y 1,00%
Sin ventana de vidrio de terraza

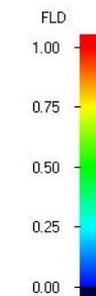
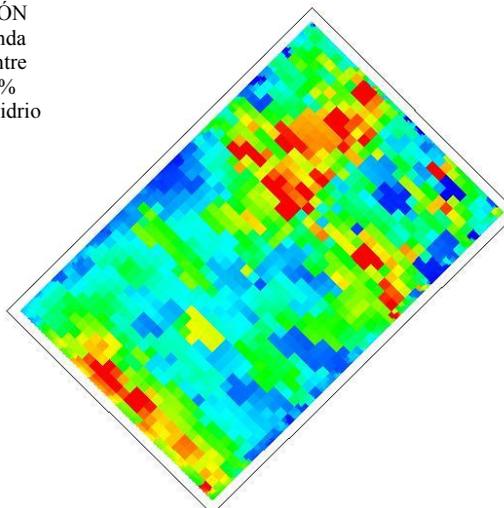


Figura 3.29 – Modelo Sarah Salvador - Tres simulaciones lumínicas

En la primera simulación, se observa que los valores FLD varían entre 0,05% y 20,62%. El valor más alto corresponde a la fuerte luminosidad que entra a través de la ventana de vidrio de la terraza. También se observa que una gran parte del ambiente se ve en color azul oscuro con manchas azul claro, que corresponde a valores entre 0,00% y 5,00%, que representan la luz difusa que penetra tanto por la ventana de la terraza, orientadas a noreste, cuanto por las aperturas de los sheds de la cubierta, orientadas a suroeste. Como la escala es libre y alcanza valores altos de FLD, se consigue identificar los puntos de radiación solar directa, pero no se consigue apreciar con mucha claridad los niveles de luz difusa.

En la segunda simulación, se puede observar que, efectivamente, se consigue valorar mejor lo que ocurre en el ambiente con la escala determinada de la leyenda. Todavía entra mucha luminosidad por la ventana de la terraza, con valores igual o superiores a 5%. Se presentan manchas de color azul claro, que representan un FLD alrededor de 1,25%, además de manchas de color verde, que son valores alrededor de 2,50%.

En la tercera simulación, se observa que, con la escala de la leyenda determinada entre 0,00 y 1,00% y con la ventana de la terraza tapada, se puede percibir mejor la distribución de la luz difusa por el ambiente. Por los colores presentados, se nota que los valores rondan 0,50% y que llegan a valores iguales o superiores a 1,00% en varios puntos del mapa, que representan reflexiones o radiaciones directas provenientes de las ventanas de los sheds de la cubierta.

7.2.2 – Modelo Sarah Rio de Janeiro

Para averiguar el comportamiento del modelo Sarah Rio de Janeiro en su funcionamiento lumínico, a través de la herramienta Radiance Daylight de Design Builder, se ha calculado el Factor de Luz Diurna (FLD) para la situación real en la ciudad de Rio de Janeiro y para la situación hipotética en la ciudad de Barcelona. Siempre considerando la orientación real del edificio. Para este estudio, se ha averiguado apenas lo que ocurría en la habitación colectiva.

Se ha hecho tres simulaciones: la primera con la escala libre de la leyenda, la segunda con la escala definida entre 0,00% y 5,00% y la tercera con la escala definida entre 0,00% y 1,00% y sin aportación lumínica de la puerta de vidrio.

Se ha considerado: cielo intermedio soleado para un día de primavera (23/09 - Rio) (23/03 - Barcelona), cielo claro soleado para un día de verano (21/12 - Rio) (21/06 - Barcelona) y cielo nublado para un día de invierno (21/06 - Rio) (21/12 - Barcelona). Entre las 7h y las 18h.

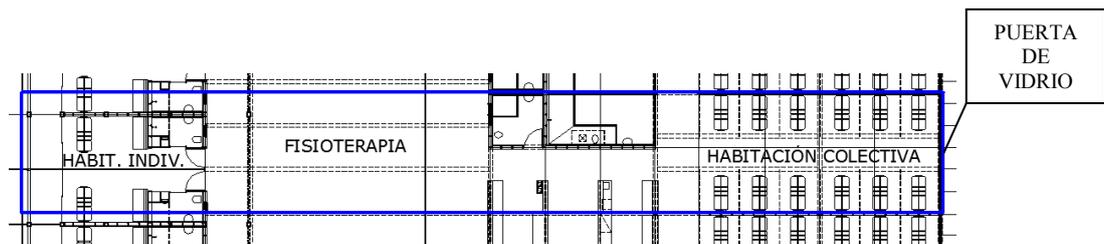


Figura 3.30 – Modelo Sarah Rio - Planta baja de hospitalización - (archivo del CTRS adaptado por la autora)

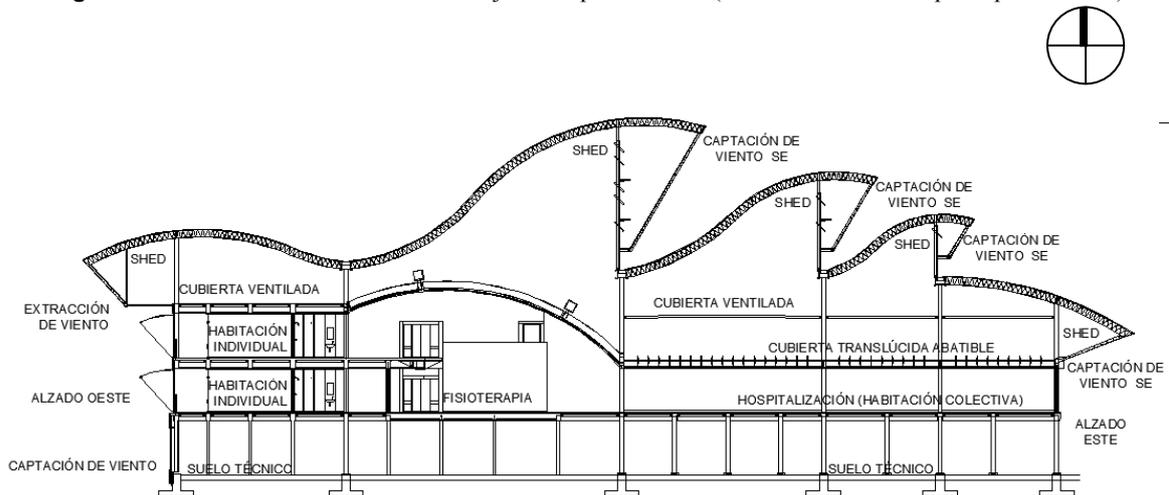


Figura 3.31 – Modelo Sarah Rio - Sección transversal ampliada – zona de hospitalización

(archivo del CTRS adaptado por la autora)

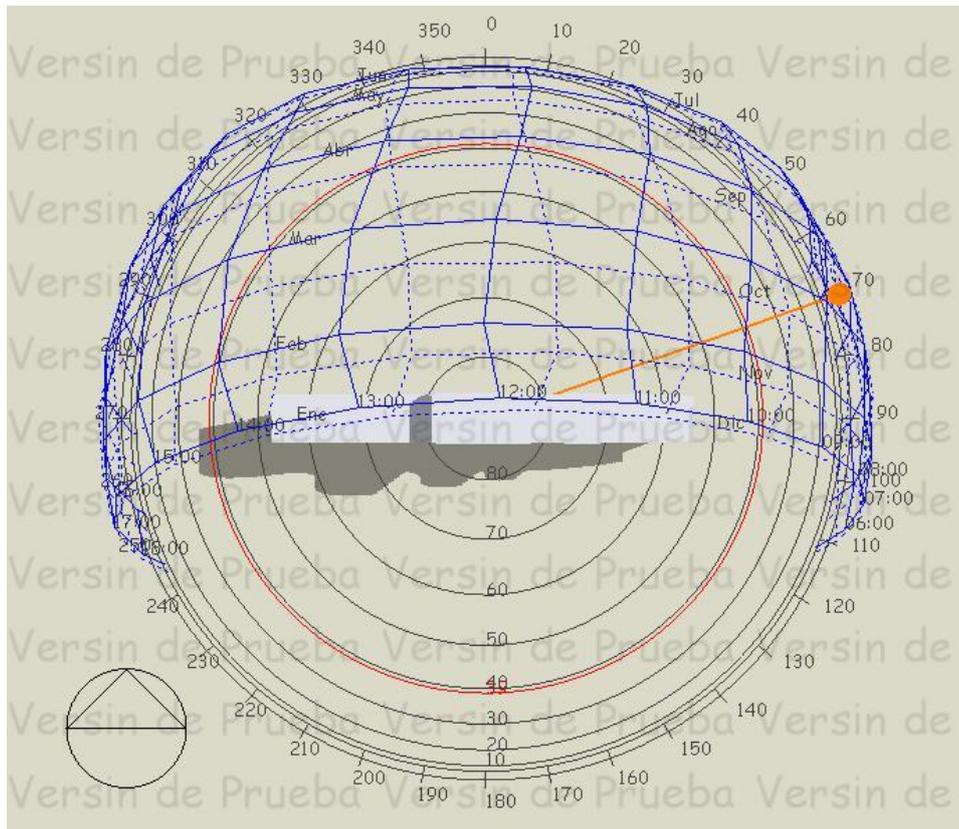


Figura 3.32 – Modelo Sarah Rio - Diagrama solar - Rio de Janeiro - Latitud: 22° 90' Sur

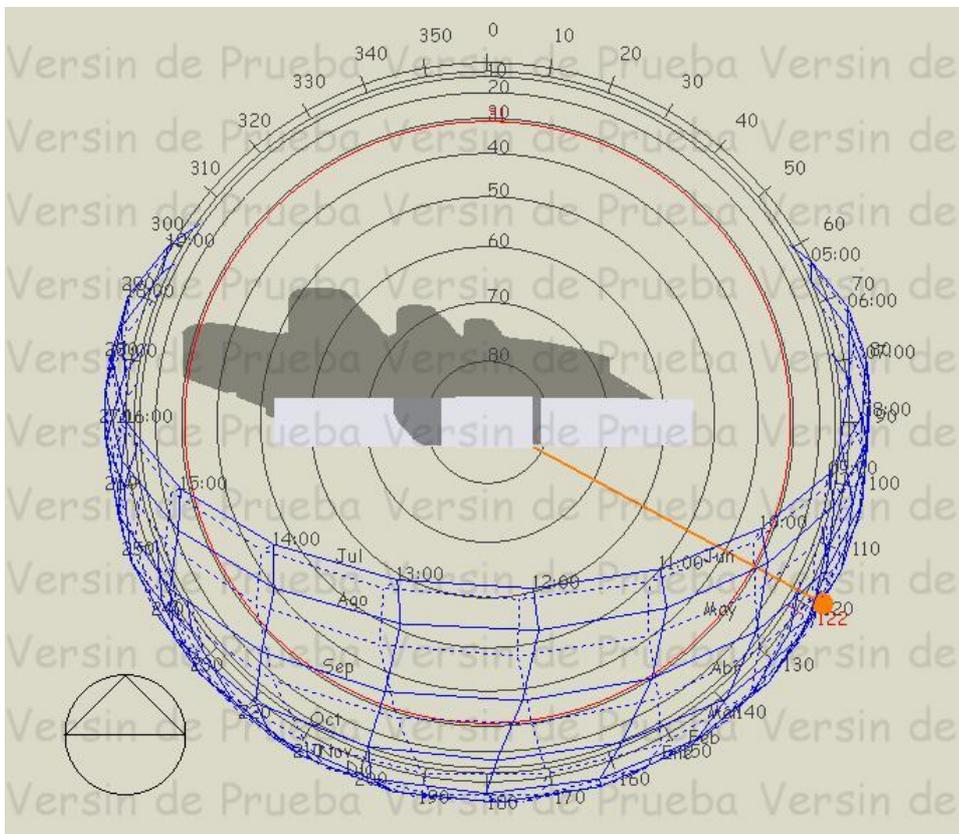
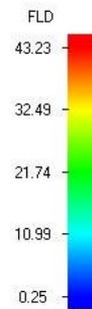


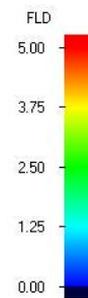
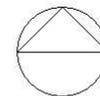
Figura 3.33 – Modelo Sarah Rio - Diagrama solar - Barcelona - Latitud: 41° 28' Norte

A seguir, tres ejemplos de los resultados encontrados: Un día de primavera en Barcelona (21/03) a las 8h, con cielo intermedio soleado.

1ª SIMULACIÓN
Escala de leyenda
libre



2ª SIMULACIÓN
Escala de leyenda
determinada entre
0,00% y 5,00%



3ª SIMULACIÓN
Escala de leyenda
determinada entre
0,00% y 1,00%
Sin puerta de vidrio

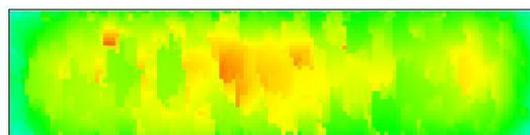
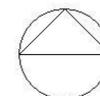


Figura 3.34 – Modelo Sarah Rio – Tres simulaciones lumínicas

En la primera simulación, se observa que los valores FLD varían entre 0,25% y 43,23%. La radiación directa penetra a través de la puerta de vidrio de la hospitalización con valores entre 21% y 43%. Esta intensidad, hace con que todo lo demás parezca no tener luminosidad. Así, se observa que gran parte del ambiente se ve en color azul oscuro, que corresponde a valores alrededor de 0,25% que representan la luz difusa que penetra tanto por la puerta de vidrio cuanto por el techo translúcido que comunica con la cubierta ventilada por sheds.

En la segunda simulación, se consigue valorar mejor lo que ocurre en el ambiente con la escala definida de la leyenda. Se puede percibir, que al lado de la puerta de vidrio, todavía hay registro de valores iguales o superiores a 5%, pero además, se puede notar que hay una luz difusa distribuida por el ambiente, con valores FLD entre 0,00% y 1,25%.

En la tercera simulación, se puede observar que, con la escala de la leyenda definida entre 0,00 y 1,00% y la puerta de vidrio tapada, se puede percibir mejor la distribución de la luz difusa por el ambiente. Por los colores presentados, se nota que a esta hora hay una luz difusa distribuida por el ambiente, con FLD principalmente entre 0,50% y 0,75%, con algunas zonas que llegan a alcanzar 1,00%.

7.3 Funcionamiento térmico

Para averiguar el comportamiento de los modelos en su funcionamiento térmico, se ha considerado dos situaciones, tanto para el edificio situado en Salvador, cuanto para el edificio situado en Rio de Janeiro. La primera situación será el caso de la hospitalización (enfermería) abierta a las condiciones exteriores y la segunda, será el caso de la hospitalización cerrada, donde no se permita un intercambio intenso del aire interior con el exterior.

Se ha simulado para un período de una semana. Se ha elegido los días 18 a 25 de Junio (verano en Barcelona e invierno en Salvador y Rio) y 18 a 25 de Diciembre (verano en Salvador y Rio e invierno en Barcelona) - Una semana típica, con el día 21 en el medio, acercándose a las fechas de solsticio de verano e invierno. Las temperaturas encontradas son las medias entre las máximas y las mínimas.

7.3.1 Modelo Sarah Salvador

Las condiciones establecidas para que se den las dos situaciones simuladas son las siguientes:

Hospitalización abierta:

Están abiertas: las ventanas de los sheds, la puerta de vidrio hacia el exterior, la comunicación con el pasillo y las rejillas de ventilación con la galería subterránea.

Hospitalización cerrada:

Están cerradas, las ventanas de los sheds y la puerta de vidrio hacia el exterior. La comunicación con el pasillo y las rejillas de ventilación con la galería subterránea se mantienen abiertas, para que se renueve el aire.

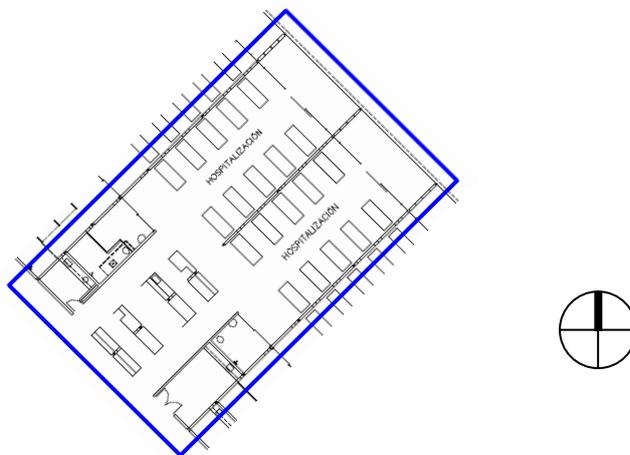


Figura 3.35 – Modelo Sarah Salvador - Planta baja de hospitalización - habitación colectiva
(archivo del CTRS adaptado por la autora)

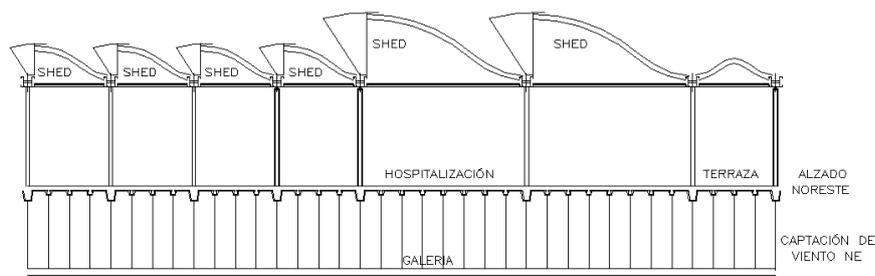
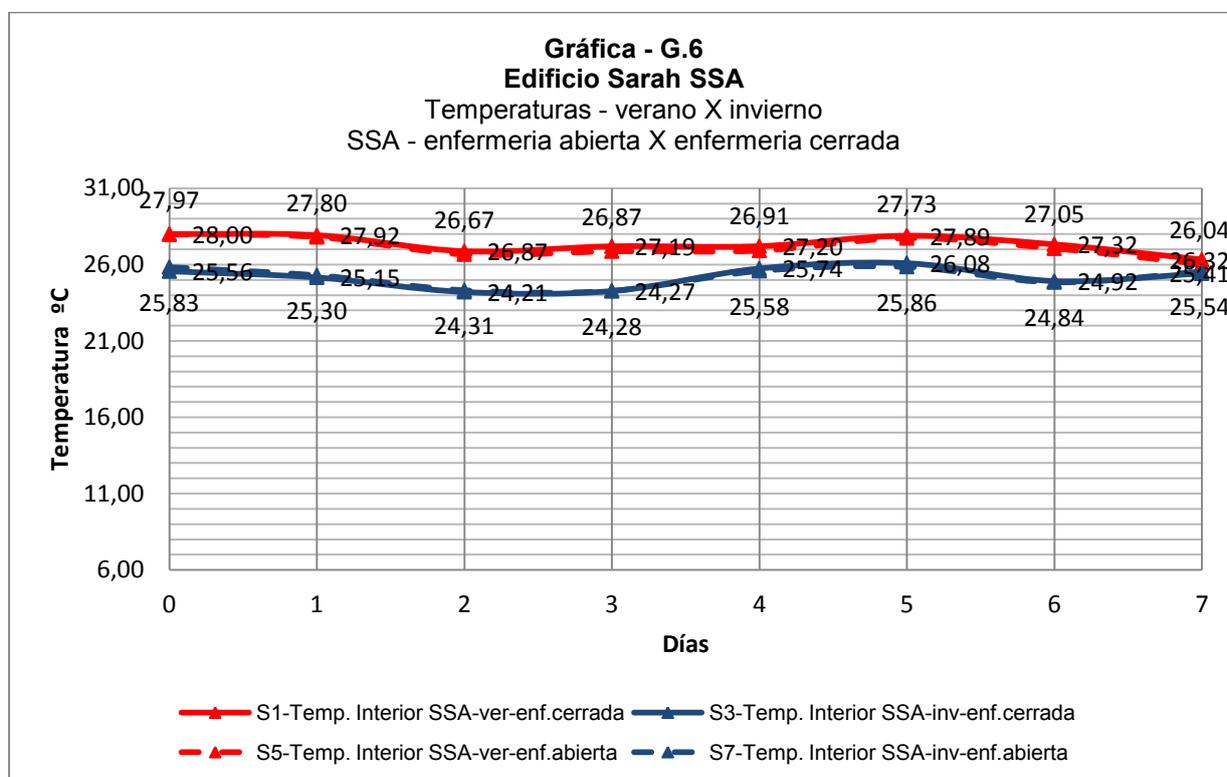


Figura 3.36 – Modelo Sarah Salvador - Sección transversal ampliada – (archivo del CTRS adaptado por la autora)

A seguir, un ejemplo de los resultados encontrados en la simulación para funcionamiento térmico del Sarah Salvador:



Gráfica 3.1 – Modelo Sarah Salvador - Temperatura interior Salvador - Verano X Invierno – Hospitalización (enfermería) abierta X cerrada

• **Análisis - G6**

(Ssa - temperatura interior – verano x invierno – enfermería cerrada x abierta)

- En verano, las temperaturas interiores de la enfermería abierta varían entre 26,04°C y 27,97°C. Las temperaturas interiores de la enfermería cerrada varían entre 26,32 y 28,00°C.

- En invierno, las temperaturas interiores de la enfermería abierta varían entre 24,28°C y 25,86°C. Las temperaturas interiores de la enfermería cerrada varían entre 24,21 y 26,08°C.
- Las diferencias de temperatura entre verano e invierno para enfermería abierta varían entre 0,50°C y 2,59°C.
- Las diferencias de temperatura entre verano e invierno para enfermería cerrada varían entre 0,91°C y 2,93°C.

7.3.2 Modelo Sarah Rio de Janeiro

Las condiciones establecidas para que se den las dos situaciones simuladas son las siguientes:

Hospitalización abierta:

Están abiertas: la cubierta translúcida abatible, la puerta de vidrio hacia el exterior, la comunicación con el pasillo y las rejillas de ventilación con el suelo técnico.

Hospitalización cerrada:

Están cerradas: la cubierta translúcida abatible y la puerta de vidrio hacia el exterior. La comunicación con el pasillo y las rejillas de ventilación con el suelo técnico se mantienen abiertas.

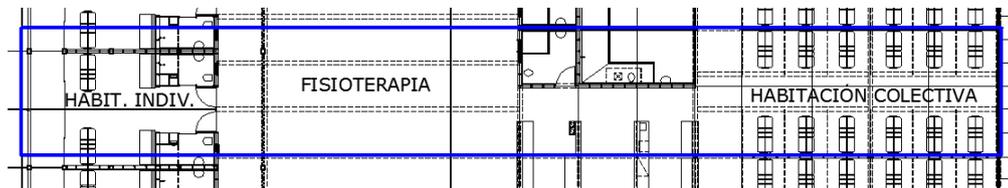


Figura 3.37 – Modelo Sarah Rio - Planta baja de hospitalización - (archivo del CTRS adaptado por la autora)

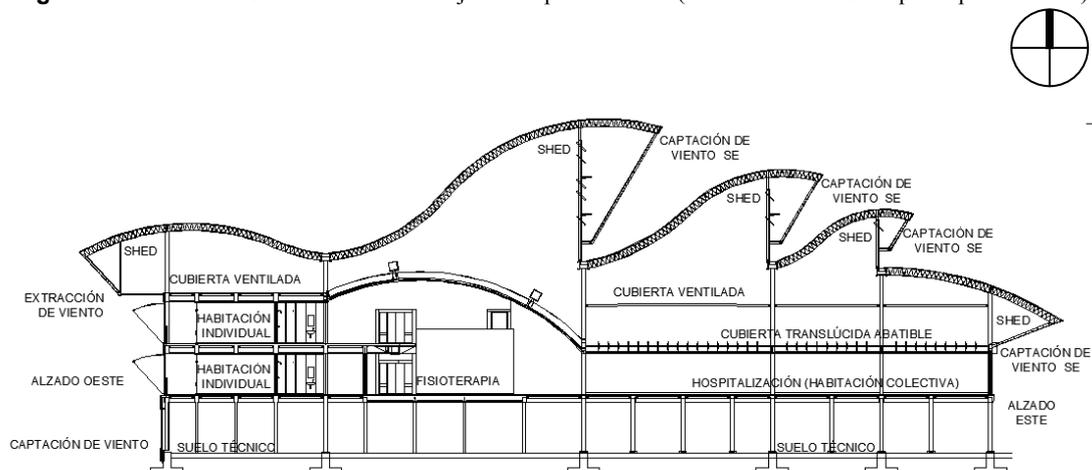
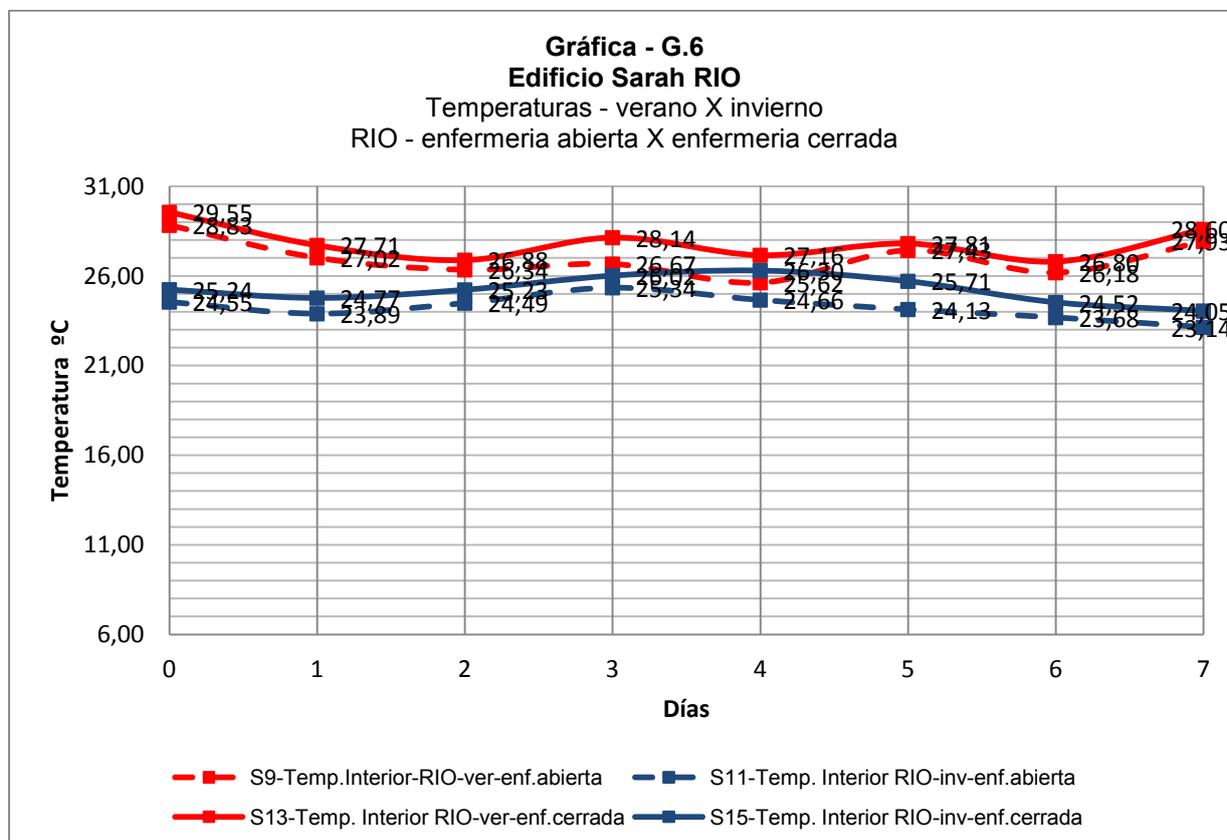


Figura 3.38 – Modelo Sarah Rio - Sección transversal ampliada – zona de hospitalización (archivo del CTRS adaptado por la autora)

A seguir, un ejemplo de los resultados encontrados en la simulación para funcionamiento térmico del Sarah Rio de Janeiro:



Gráfica 3.2 – Modelo Sarah Rio - Temperatura interior Rio – Verano X Invierno – Hospitalización (enfermería) abierta X cerrada

- **Análisis - G6**

(Rio - temperatura interior – verano x invierno – enfermería cerrada x abierta)

- En verano, las temperaturas interiores de la enfermería abierta varían entre 25,62°C y 28,83°C. Las temperaturas interiores de la enfermería cerrada varían entre 26,80 y 29,55°C.
- En invierno, las temperaturas interiores de la enfermería abierta varían entre 23,14°C y 25,34°C. Las temperaturas interiores de la enfermería cerrada varían entre 24,05 y 26,30°C.
- Las diferencias de temperatura entre verano e invierno para enfermería abierta varían entre 0,96°C y 4,80°C.
- Las diferencias de temperatura entre verano e invierno para enfermería cerrada varían entre 0,85°C y 4,55°C.

7.4 Funcionamiento para ventilación

7.4.1 – Modelo Sarah Salvador

Para averiguar el comportamiento del modelo Sarah Salvador, en su funcionamiento de ventilación, se ha considerado tres situaciones:

Para la primera situación, se ha utilizado el archivo Sarah Salvador 28.1, donde se simula el comportamiento del modelo con aprovechamiento de la ventilación natural, sin el mecanismo de la impulsión desde la galería hacia la planta baja.

Para la segunda situación, se ha utilizado el archivo Sarah Salvador 28.2, donde se simula el comportamiento del modelo con aprovechamiento de la ventilación natural más la impulsión mecanizada de los ventiladores situados en la galería.

Para la tercera situación, se ha utilizado el archivo Sarah Salvador 28.3, donde se simula el comportamiento del modelo con aprovechamiento de la ventilación natural, pero con el edificio girado 180°, de modo que los sheds que originalmente están ubicados a sotavento, se sitúen a barlovento. Esta posición también permite que las aperturas de la galería estén orientadas a suroeste y así puedan captar los vientos que eventualmente soplan desde esta dirección

Se estableció una simulación a través del motor de análisis Energy Plus por medio del interfaz Desing Builder. Estableciendo como fechas de simulación del día 18 de Diciembre al 25 de Diciembre, siendo esta una semana tipo de verano en Salvador.

La simulación se estableció con un intervalo de base horaria a cada 1 hora, durante todo el periodo de la semana. Como el Desing Builder en su CFD solo establece el análisis interior para una hora determinada, los resultados se establecieron para el día 23/12, 25/12 y 19/12 a las 18:00 horas. Esta hora y este día han sido elegidos por representar el momento cuando el Energy Plus ha registrado los más altos valores de movimiento de aire dentro de las chimeneas de la hospitalización.

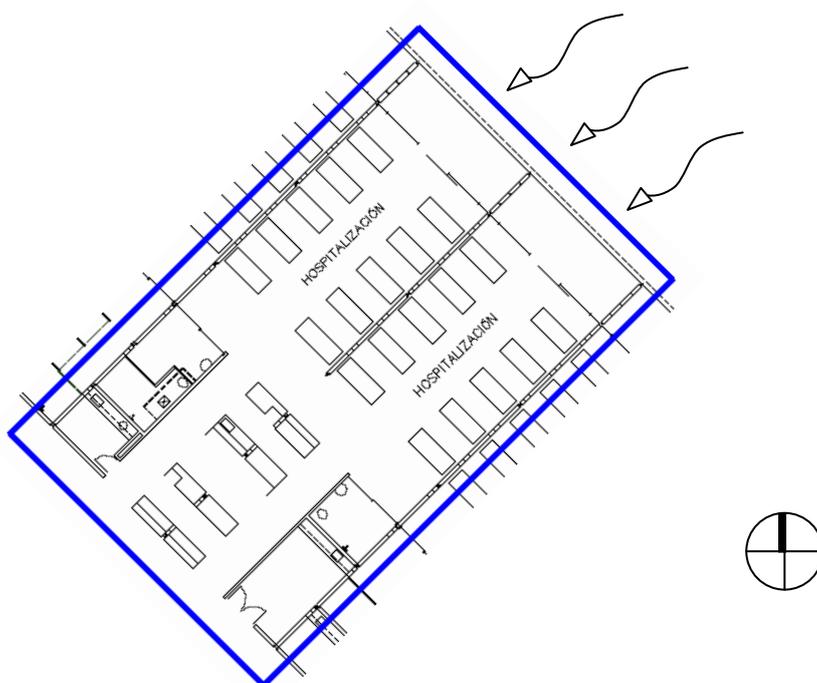


Figura 3.39 – Modelo Sarah Salvador - Planta baja de hospitalización - habitación colectiva
(archivo del CTRS adaptado por la autora)

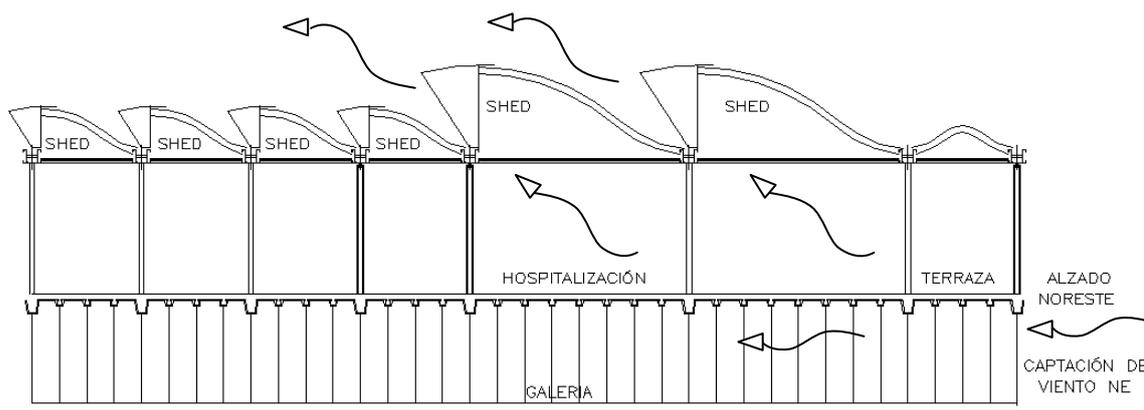


Figura 3.40 – Modelo Sarah Salvador - Sección transversal ampliada – zona de hospitalización
(archivo del CTRS adaptado por la autora)

Tabla 3.1 - Modelo Sarah Salvador - Guía de Archivos (.DBS)

Nombre Archivo	Fechas de Simulación EP	Día CFD	Hora CFD	Velocidad del Viento m/s	Dirección del Viento °	Temper. Interior* °C	Temper. Exterior °C	Descripción del Modelo
Sarah-ssa 28-1	18 - 25 DIC	23	18	2,8	50	27,03	27,35	Ventilación Natural
Sarah-ssa 28-2	18 - 25 DIC	25	18	2,8	50	27,13	27,35	Ventilación Natural / Ventilac.Mecanizada
Sarah-ssa 28- 3	18 - 25 DIC	19	18	2,325	140	27,49	27,62	Ventilación Natural Giro de 180°

*La temperatura interior es la correspondiente a la zona de la hospitalización (enfermería)

El modelo es el mismo para los tres archivos (Sarah Salvador 28-1, 28-2 y 28-3), modificando al mínimo su descripción, funcionamiento y orientación. En la figura que sigue, están situadas las aberturas que tienen influencia en el cálculo del CFD. Todas las ventanas han sido sustituidas por huecos para garantizar el paso de viento en el modelo. Lo mismo ha ocurrido con la rejilla existente en la galería subterránea, que aquí lo vemos como hueco.

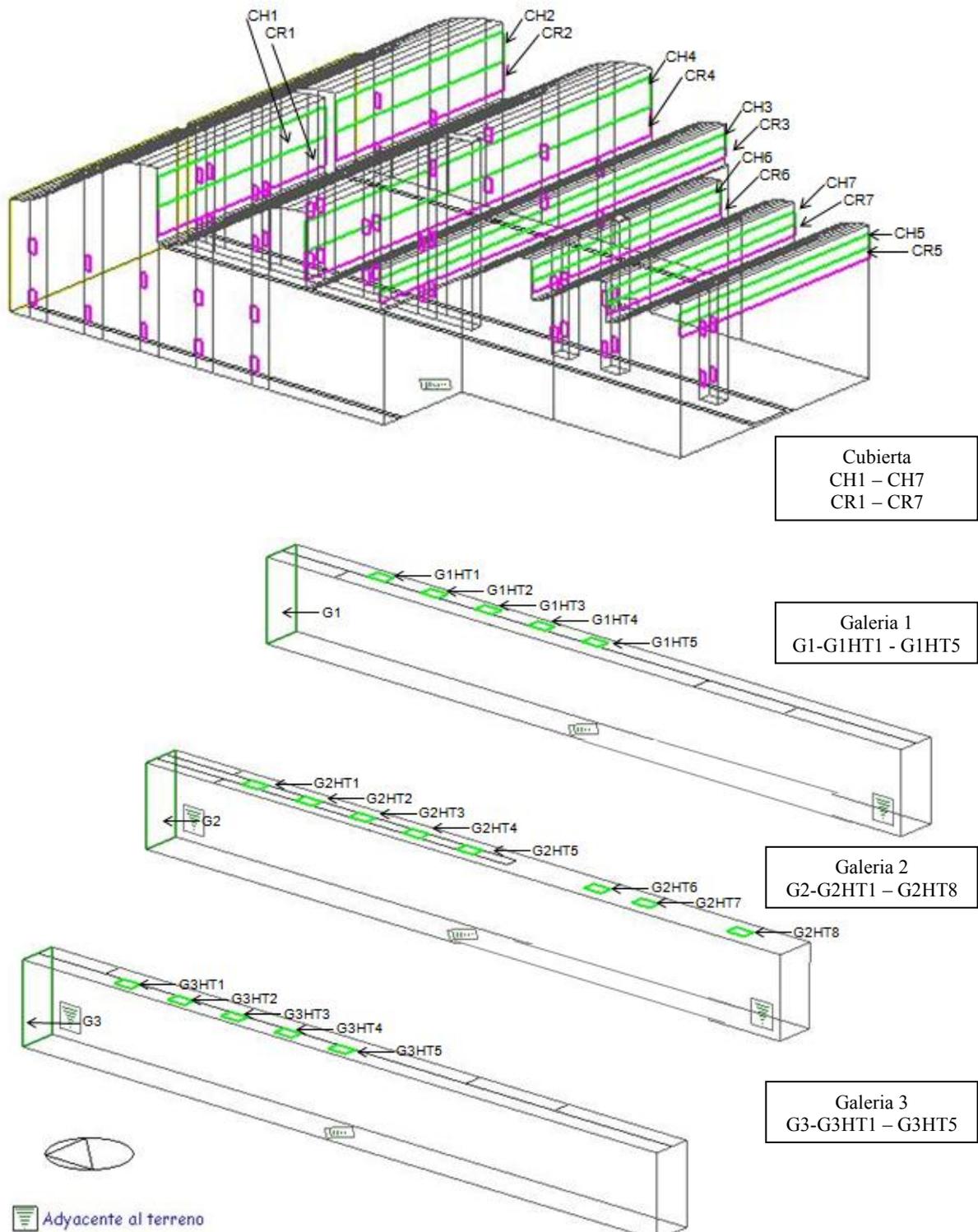
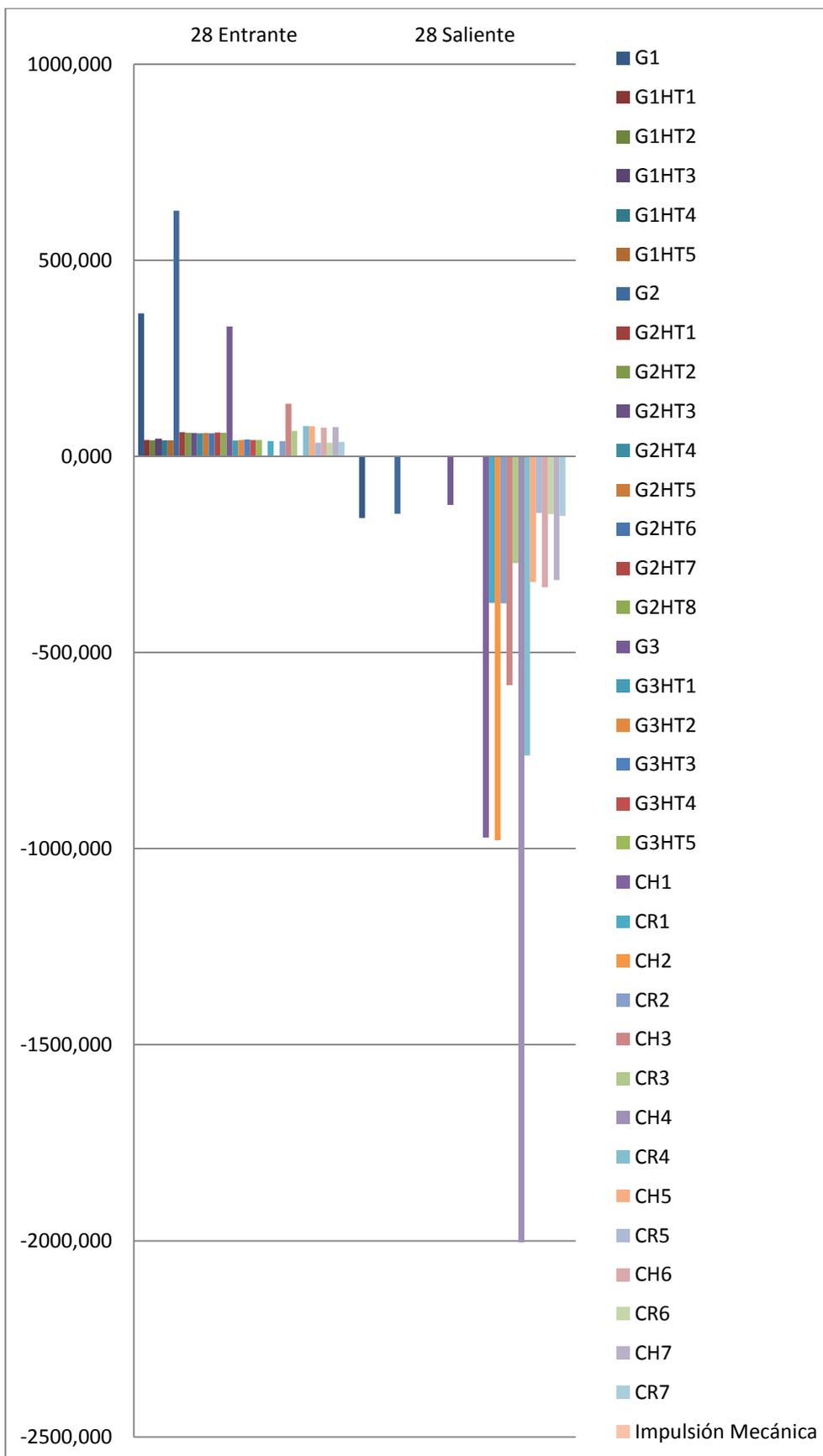
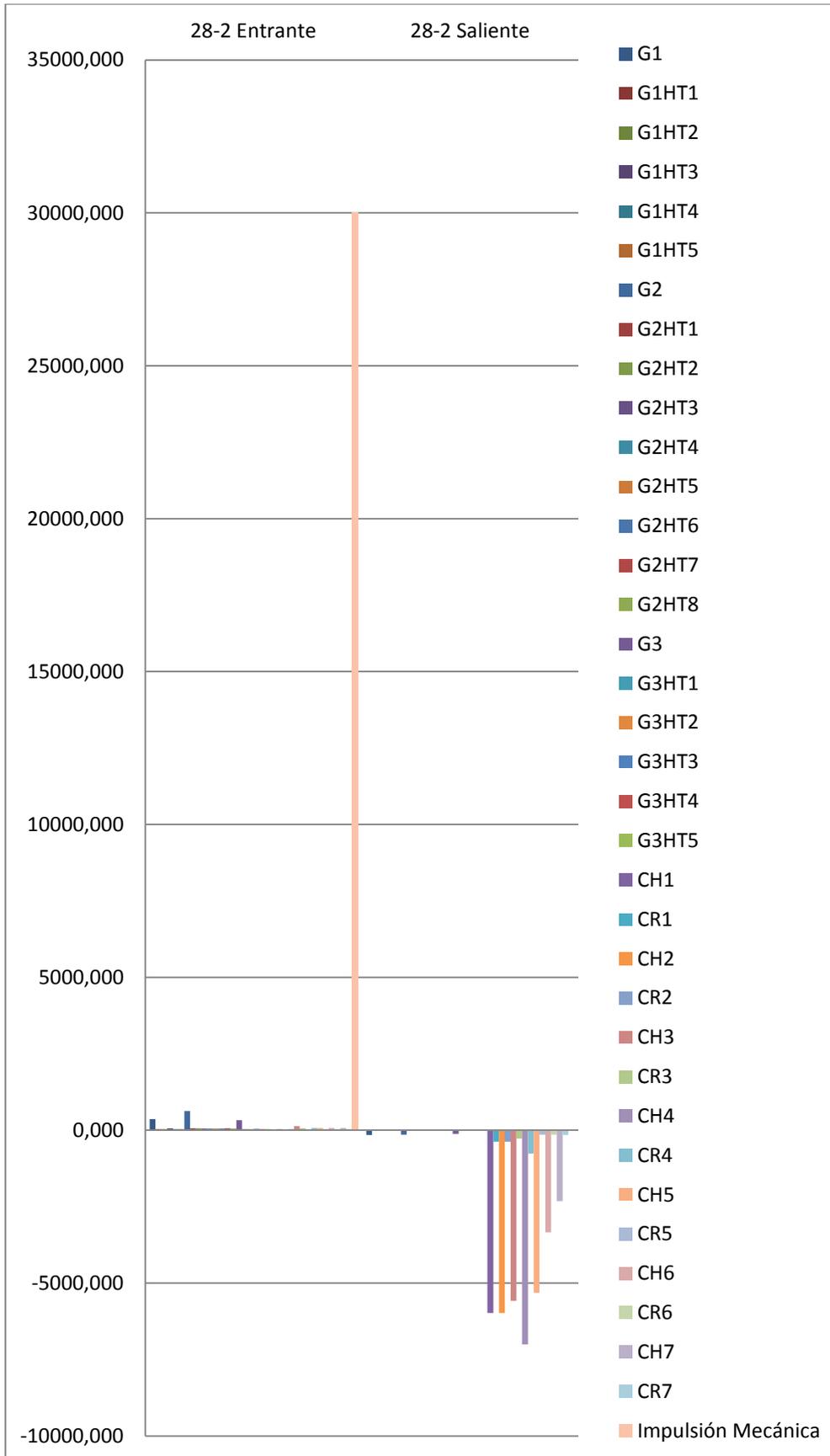


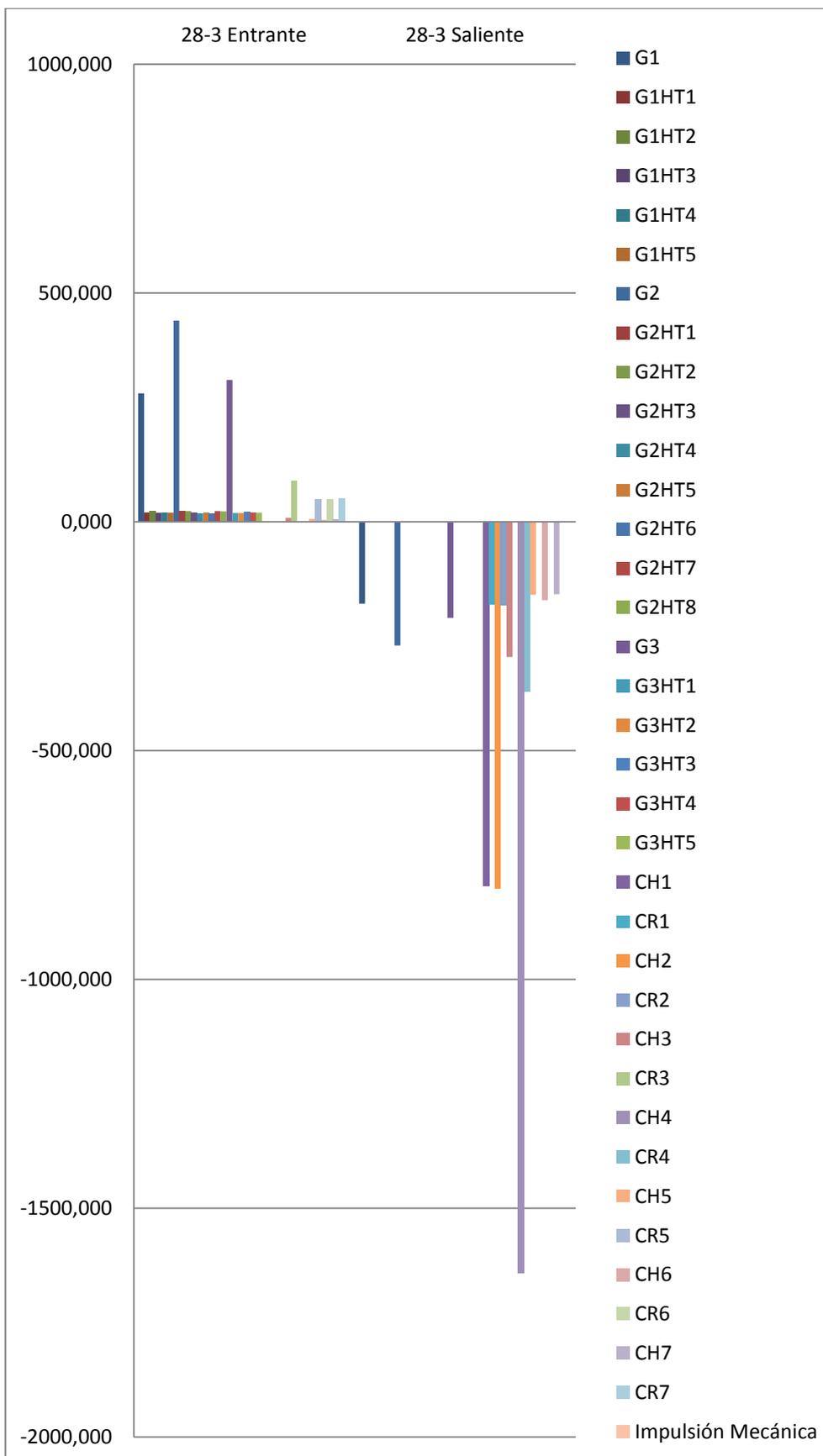
Figura 3.41 – Modelo Sarah Salvador - Aberturas consideradas por el CFD (Design Builder)



Gráfica 3.3 – Modelo Sarah Salvador 28-1 - Guía de caudales (l/s) (Ventilación Natural)



Gráfica 3.4 – Modelo Sarah Salvador 28-2 - Guía de caudales (l/s)
(Ventilación Natural + Ventilación Mecanizada)



Gráfica 3.5- Modelo Sarah Salvador 28-3 - Guía de caudales (l/s) (Ventilación Natural + Giro 180°)

Las tablas presentadas corresponden al movimiento de caudales entrantes y salientes para cada situación simulada. En la primera tabla, para el edificio orientado en su posición original, con ventilación natural y sin la impulsión mecánica, se percibe que el aire entra principalmente por las aperturas de la galería: G1, G2 y G3, que están orientados hacia los vientos dominantes de Noreste; y sale un poco por las mismas aperturas de la galería, pero, principalmente por las aperturas de los sheds: especialmente por CH4 y también por demás huecos (ventanas) y rejillas de la cubierta.

En la segunda tabla, con ventilación natural e impulsión mecánica en la galería, se observa que el aire entra principalmente por la impulsión y sale por las aperturas de los sheds de la cubierta: CH1 a CH7. En la tercera tabla, que representa la misma situación de la primera tabla, pero con el edificio girado 180°, percibimos que ocurre algo similar a la primera situación, con entrada de viento por las aperturas de las galerías, ya que las mismas captan los vientos dominantes provenientes de Sureste, y con salida de estos vientos un poco por las mismas aperturas, pero, principalmente por los huecos (ventanas) de los sheds de la cubierta, especialmente por CH4:

A seguir, dos ejemplos de resultados de la simulación. Son imágenes generadas por el Design Builder a través de su herramienta CFD, en su funcionamiento de ventilación natural + ventilación mecanizada.

Sarah Salvador 28-2 - Ventilación Natural + ventilación mecanizada

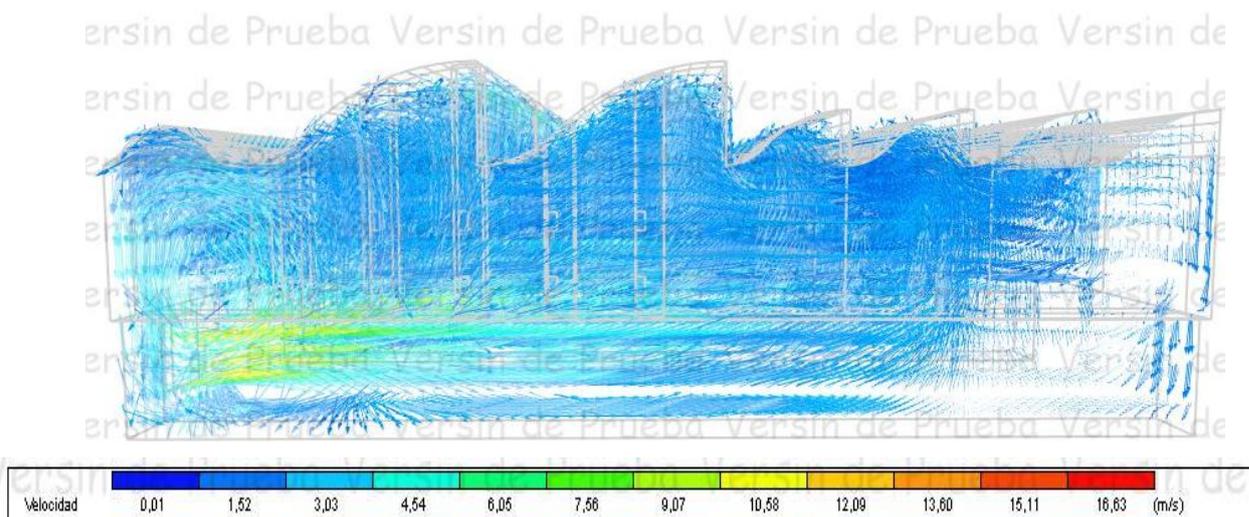


Figura 3.42 – Modelo Sarah Salvador 28-2 - Mapa de velocidad – con vector de velocidad (Design Builder)

Se observa que el mapa de velocidad está representado por manchas de colores de vectores de velocidad. Se trata de una escala libre, que expresa los valores mínimos y máximos encontrados, considerando que la impulsión ha sido de un valor determinado, suficiente para percibir el movimiento del aire en el modelo.

Para mejor entendimiento de este mapa de velocidades, la lectura debe ser apoyada por las guías de caudales y tablas con valores, que se encuentran en Anexo. Se observa que los valores de velocidad más altos se encuentran en la galería, debido a la impulsión mecanizada, pudiendo alcanzar más de 10 m/s. Pero, realmente, lo que predomina son valores más reducidos, que varían entre 1,52m/s y 3,03m/s, con algunas zonas que alcanzan los 4,54m/s.

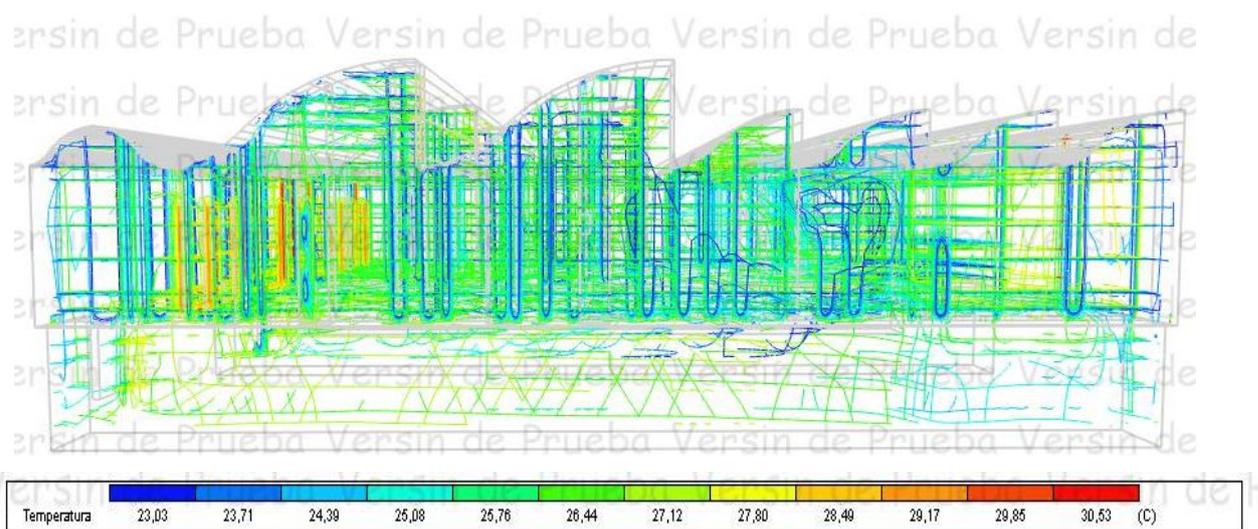


Figura 3.43 – Modelo Sarah Salvador 28-2 - Mapa de temperatura - con contorno3D de temperatura (Design Builder)

A través de este mapa de temperaturas, se puede percibir que los valores encontrados varían entre los 23°C y los 30°C. Siendo que, en la galería, se nota que entra con temperaturas alrededor de 27°C y se va enfriando al largo del túnel y en la hospitalización, los valores son más variables, con predominancia de temperaturas entre los 25°C y los 26°C.

7.4.2 – Modelo Sarah Rio de Janeiro

Para averiguar el comportamiento del modelo Sarah Rio, en su funcionamiento de ventilación, se ha considerado tres situaciones:

Para la primera situación, se ha utilizado el archivo Sarah Rio 20, donde se simula el comportamiento del modelo con aprovechamiento de la ventilación natural, sin el mecanismo de la impulsión desde la galería técnica hacia la planta baja.

Para la segunda situación, se ha utilizado el archivo Sarah Rio 21, donde se simula el comportamiento del modelo con aprovechamiento de la ventilación natural más la impulsión mecanizada desde los aparatos climatizadores situados en la galería técnica hacia la planta baja.

Para la tercera situación, se ha utilizado el archivo Sarah Rio 22, donde se simula el comportamiento del modelo con aprovechamiento de la ventilación natural, pero con el edificio girado 180°, de modo que los sheds que originalmente están ubicados a barlovento, se sitúen a sotavento y viceversa. Esta posición también permite que las aperturas de la galería técnica estén orientadas a este y así puedan captar los vientos dominantes del sureste.

Se estableció una simulación a través del motor de análisis Energy Plus por medio del interfaz Desing Builder. Estableciendo como fechas de simulación del día 18 de Diciembre al 25 de Diciembre, siendo esta una semana tipo de Verano en Rio.

La simulación se estableció con un intervalo de base horaria a cada 1 hora, durante todo el periodo de la semana. Como el Desing Builder en su CFD solo establece el análisis interior para una hora determinada, los resultados se establecieron para el día 21 de diciembre a las 17:00 horas. El día ha sido elegido por ser el solsticio de verano y la hora representa el momento cuando el Energy Plus ha registrado los valores más altos de ventilación natural para este día.

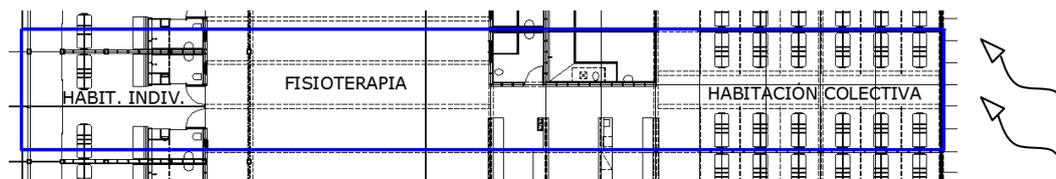


Figura 3.44 – Modelo Sarah Rio - Planta baja de hospitalización - (archivo del CTRS adaptado por la autora)

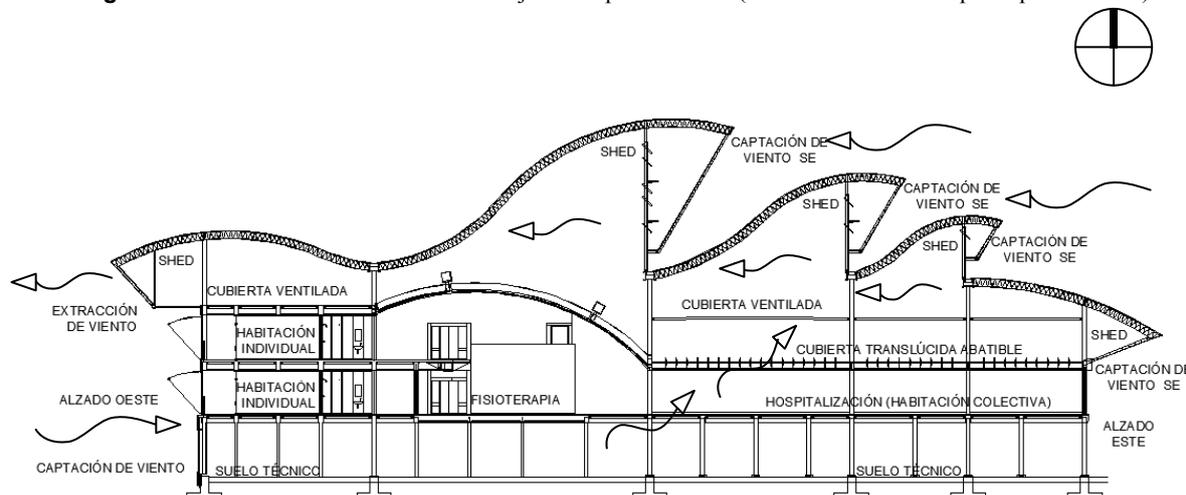


Figura 3.45 – Modelo Sarah Rio - Sección transversal ampliada – zona de hospitalización
(archivo del CTRS adaptado por la autora)

Tabla 3.2 - Modelo Sarah Rio - Guía de Archivos(.DBS)

Nombre Archivo	Fechas de Simulación EP	Día CFD	Hora CFD	Velocidad del Viento m/s	Dirección del Viento °	Temper. Interior* °C	Temper. Exterior °C	Descripción del Modelo
sarah-rio-20	18 - 25 DIC	21	17	5,1	150	27,11	27	Ventilación Natural
sarah-rio-21	18 - 25 DIC	21	17	5,1	150	27,07	27	Ventilacion Natural/ Ventilac.Mecanizada
sarah-rio-22	18 - 25 DIC	21	17	5,1	150	27,01	27	Ventilación Natural Giro de 180°

*La temperatura interior es la correspondiente a la zona de la hospitalización (enfermería)

El modelo es el mismo para los tres archivos (Sarah Rio 20, 21 y 22), modificando al mínimo¹ su descripción, funcionamiento y orientación. En la figura que sigue, están situadas las aberturas que tienen influencia en el cálculo del CFD. Todas las ventanas han sido sustituidas por huecos para garantizar el paso de viento en el modelo. Lo mismo ha ocurrido con la rejilla existente en el pavimento técnico, que aquí lo vemos como hueco. El pavimento técnico se puede entender como suelo o galería técnica. La enfermería, como habitación colectiva y el apartamento, como habitación individual.

¹ Existen diferencias en algunos de los huecos en los diferentes modelos, que no crean variaciones importantes en los resultados. Diferencias de < 0.008 m² en huecos.

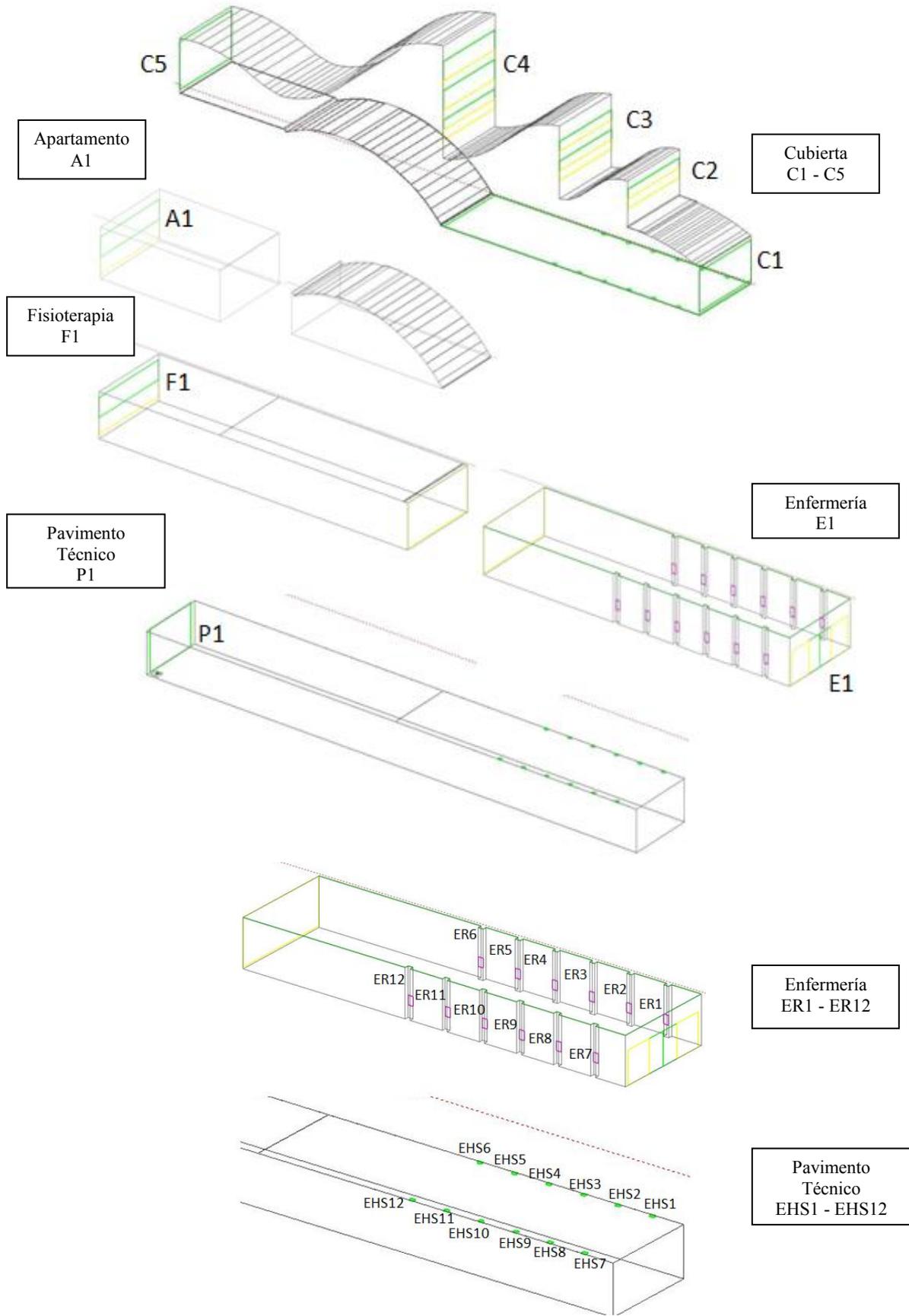


Figura 3.46 – Modelo Sarah Rio - Aperturas consideradas por el CFD (Design Builder)

Tabla 3.3 – Modelo Sarah Rio 20 - Guía de caudales (l/s) (Ventilación Natural)

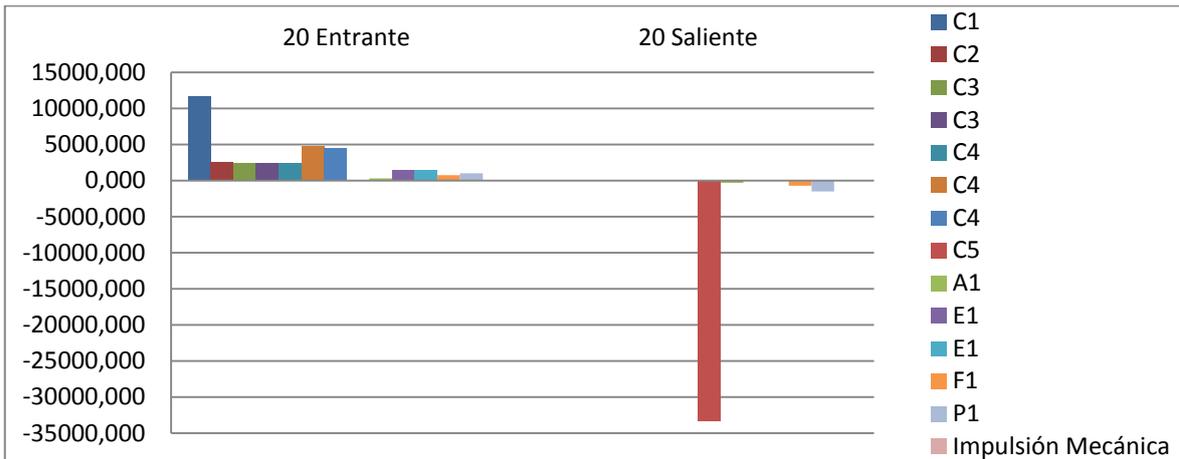


Tabla 3.4 – Modelo Sarah Rio 21 - Guía de caudales (l/s) (Ventilación Natural + Ventilación Mecanizada)

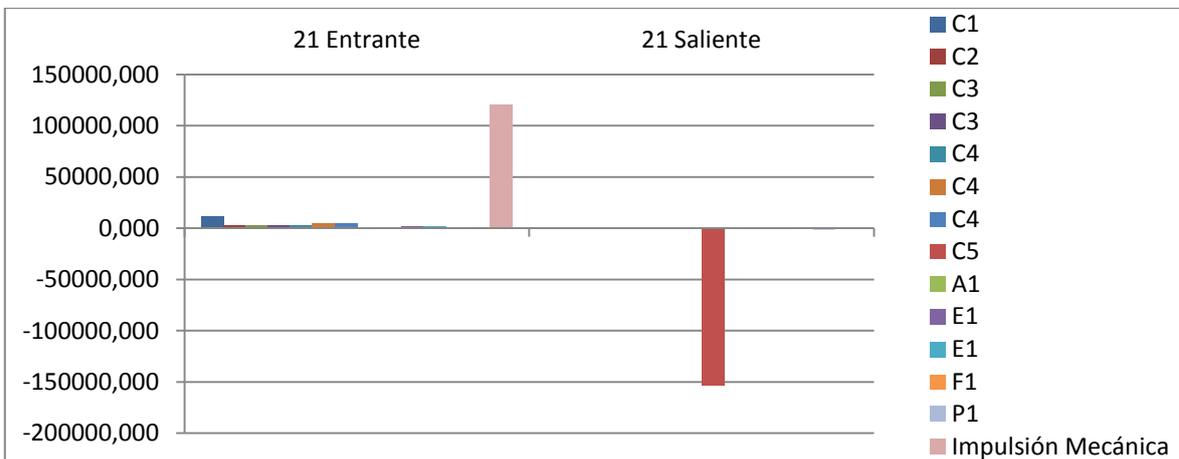
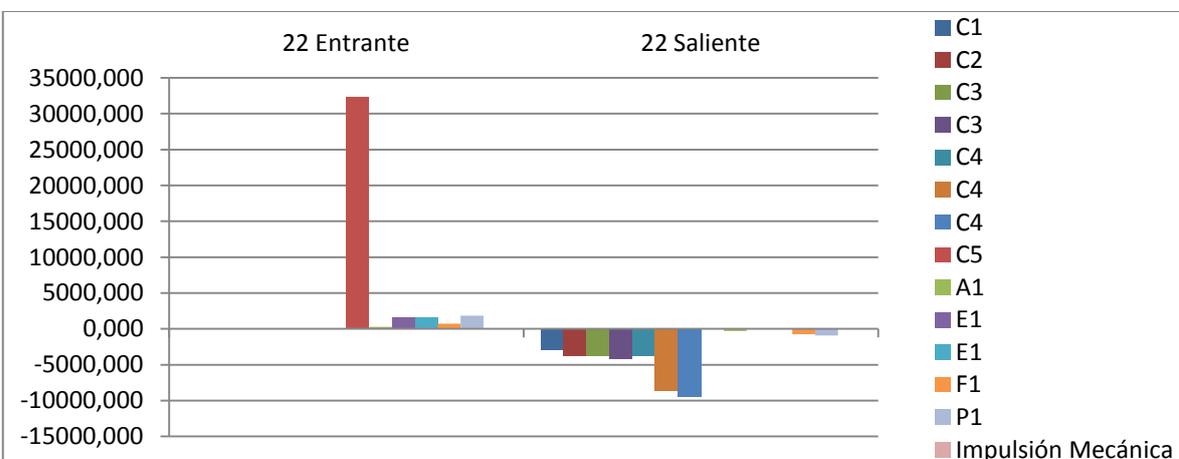


Tabla 3.5 – Modelo Sarah Rio 22 - Guía de caudales (l/s) (Ventilación Natural + Giro 180°)



Las tablas presentadas corresponden al movimiento de caudales entrantes y salientes para cada situación simulada. En la primera tabla, para el edificio orientado en su posición original y sin la impulsión mecánica, se percibe que el aire entra principalmente por las aperturas en shed de la cubierta: C1, C2, C3 y C4, orientadas a este, saliendo prácticamente todo por la C5, que es la apertura en shed de la cubierta orientada a oeste. En la segunda tabla, con impulsión mecánica en el pavimento técnico, se observa que el aire entra principalmente por la impulsión y sale por el shed de la cubierta C5. En la tercera tabla, que representa la misma situación de la primera tabla, pero con el edificio girado 180°, percibimos que ocurre todo lo contrario, con entrada de aire principalmente por la apertura C5, que capta los vientos dominantes y salida especialmente por las cuatro aperturas en forma de shed de la cubierta: C1, C2, C3 y C4.

A seguir, dos ejemplos de resultados de la simulación. Son imágenes generadas por el Design Builder a través de su herramienta CFD, en su funcionamiento de ventilación + ventilación mecanizada.

Sarah Rio 21 - Ventilación Natural + ventilación mecanizada

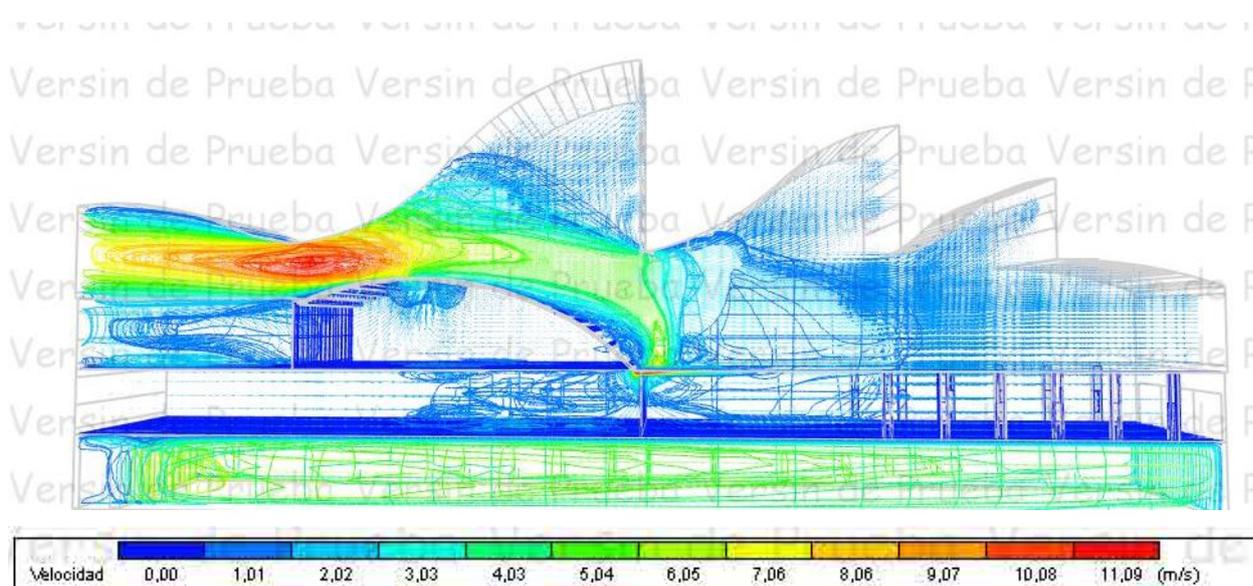


Figura 3.47 – Modelo Sarah Rio 21 - Mapa de velocidad - con contorno 3D y vector de velocidad (Design Builder)

Se observa que el mapa de velocidad está representado por manchas de colores de los contornos 3D y vectores de velocidad. Se trata de una escala libre, que expresa los valores mínimos y máximos encontrados, considerando que la impulsión ha sido de un valor determinado, suficiente para percibir el movimiento del aire en el modelo.

Para esta situación, el mapa de velocidad enseña que el aire entra en la cubierta ventilada principalmente por las cuatro aperturas de los sheds que están orientados a este, a barlovento, por donde es posible captar los vientos dominantes de sureste; Este aire sale principalmente por la apertura de shed orientada a oeste, a sotavento. Como hay un estrechamiento en la forma de la cubierta, el aire sufre una visible aceleración en este punto para poder llegar a la apertura del shed de la fachada opuesta, por donde sale. Mientras el aire que entra en la cubierta ventilada es menor que 1,0 m/s, en el punto de máxima aceleración puede alcanzar los 11,09m/s, saliendo con una velocidad de hasta 7,06m/s.

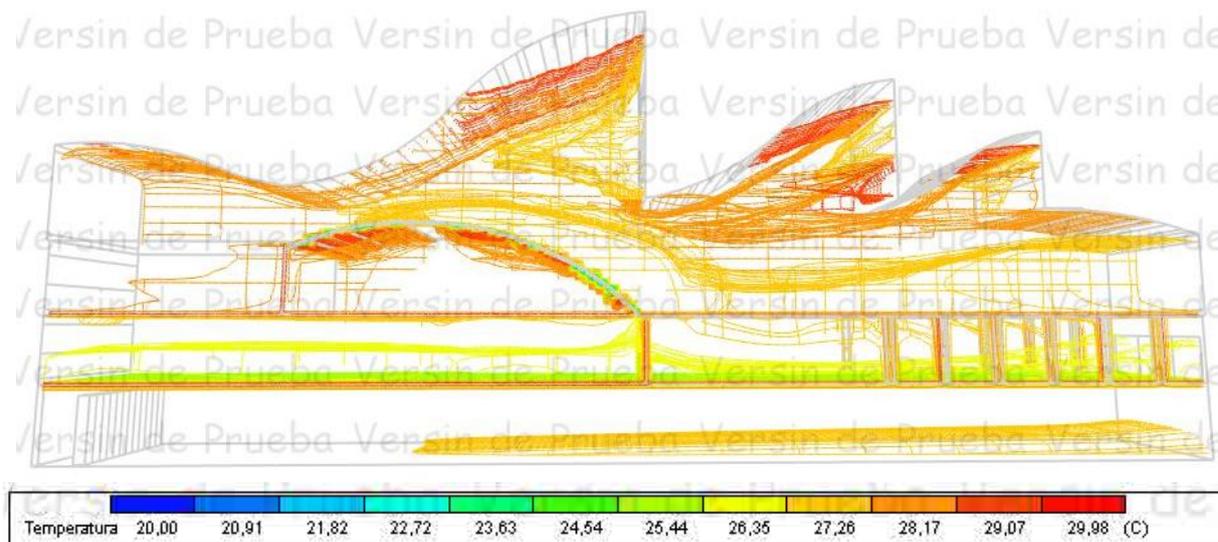


Figura 3.48 – Modelo Sarah Rio 21 - Mapa de temperatura - con contorno3D de temperatura (Design Builder)

El mapa anterior enseña que la temperatura que se encuentra en la cubierta ventilada está entre 27°C y 30°C; en la planta de hospitalización, a nivel de suelo, las temperaturas están entre 25°C y 26°C, alcanzando los 27°C a nivel de techo; en el pavimento técnico, las temperaturas están alrededor de 27°C. Posiblemente al incrementar la entrada de aire exterior, naturalmente el aire interior tiende a igualarse al de afuera. En la cara oeste, se ve algunos contornos de temperatura alrededor de los 28°C en la habitación individual posiblemente porque la simulación ha considerado un día de verano a las 17h, además se trata de un ambiente que intercambia poco aire con el conjunto.

8. Análisis y conclusiones

8.1 Resultados de simulación lumínica

En este capítulo, se enseña los resultados más significativos de simulación lumínica. Se han hecho tres tipos de simulación: En la primera, con la escala libre de la leyenda, se compara el shed vidrio + persiana con shed vidrio + vidrio, para comprobar que el segundo tipo de shed puede permitir más luminosidad en el ambiente. En seguida, se enseña algunos resultados encontrados para las latitudes de Salvador y Barcelona. En la segunda simulación, se utiliza la escala de la leyenda determinada entre 0,00% y 5,00% y en la tercera, la escala determinada entre 0,00% y 1,00% y con aportación lumínica apenas por las aperturas de la cubierta.

8.1.1 Modelo Sarah Salvador

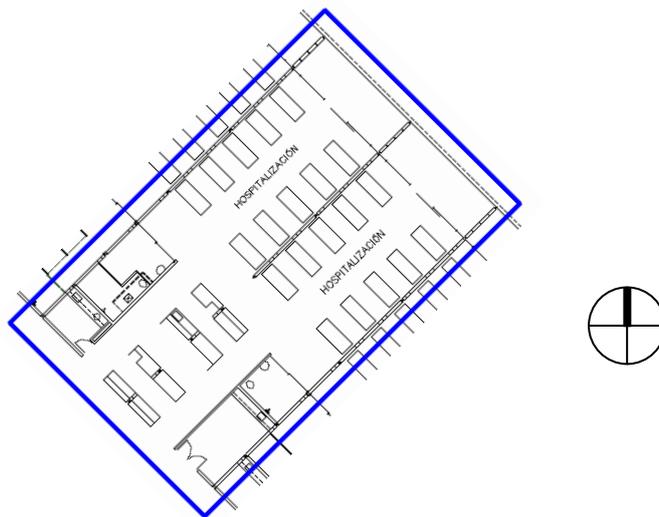


Figura 3.49 – Modelo Sarah Salvador - Planta baja de hospitalización - habitación colectiva
(archivo del CTRS adaptado por la autora)

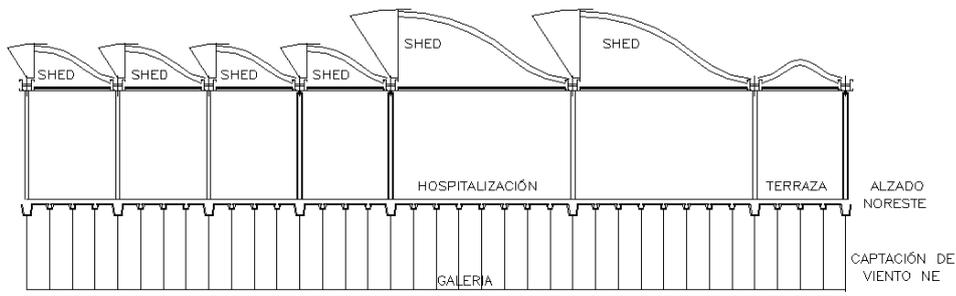


Figura 3.50 – Modelo Sarah Salvador - Sección transversal ampliada – zona de hospitalización
(archivo del CTRS adaptado por la autora)

1ª SIMULACIÓN: Se ha simulado manteniendo la leyenda con escala libre, lo que significa que el valor de FLD máximo obtenido ha determinado la escala presentada. A seguir, cuatro ejemplos. Se ha podido comparar los resultados obtenidos en la situación: vidrio + persiana X vidrio + vidrio: Un día de primavera en Salvador (23/09) a las 7h y a las 17h.

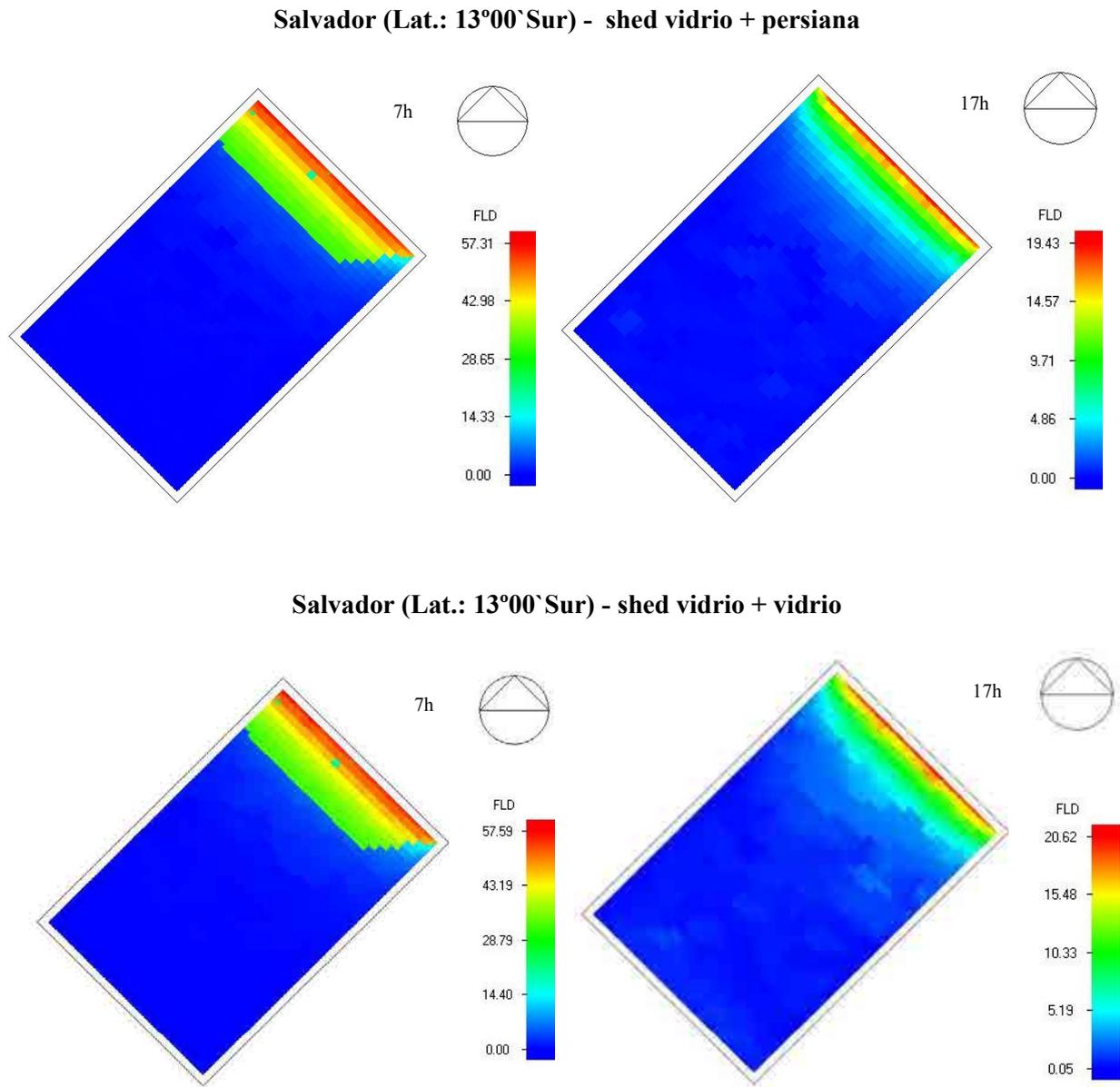


Figura 3.51 – Modelo Sarah Salvador - 1ª simulación lumínica - 1

A las 7h de la mañana, se observa que los valores máximos encontrados están en la orden de 57%, debido a que el sol a esta hora penetra directamente por la ventana de la terraza. Se percibe que los valores entre las dos situaciones no cambian mucho y la ventana del shed parece no tener casi influencia en la luminosidad interior. A las 17h ya se nota un FLD más reducido que a las 7h, entre 19% y 20% y un cambio entre las dos situaciones, demostrando que el shed vidrio + vidrio permite más luminosidad que el

vidrio + persiana. De todos modos, el color azul oscuro y azul claro son los que realmente representan lo que ocurre en este ambiente y estos valores están entre 0,00% y 5,00%. Como la escala es libre y alcanza valores altos de FLD, se consigue identificar los puntos de radiación solar directa, pero no se consigue apreciar con mucha claridad los niveles de luz difusa.

También se ha podido observar las diferencias ocurridas entre el edificio modelo situado en Salvador (su posición original) y en Barcelona (su situación hipotética). A seguir un ejemplo de los resultados obtenidos para un escenario de shed vidrio + vidrio, situados en Salvador X Barcelona: Un día de verano en Salvador y en Barcelona a las 12h y a las 18h.

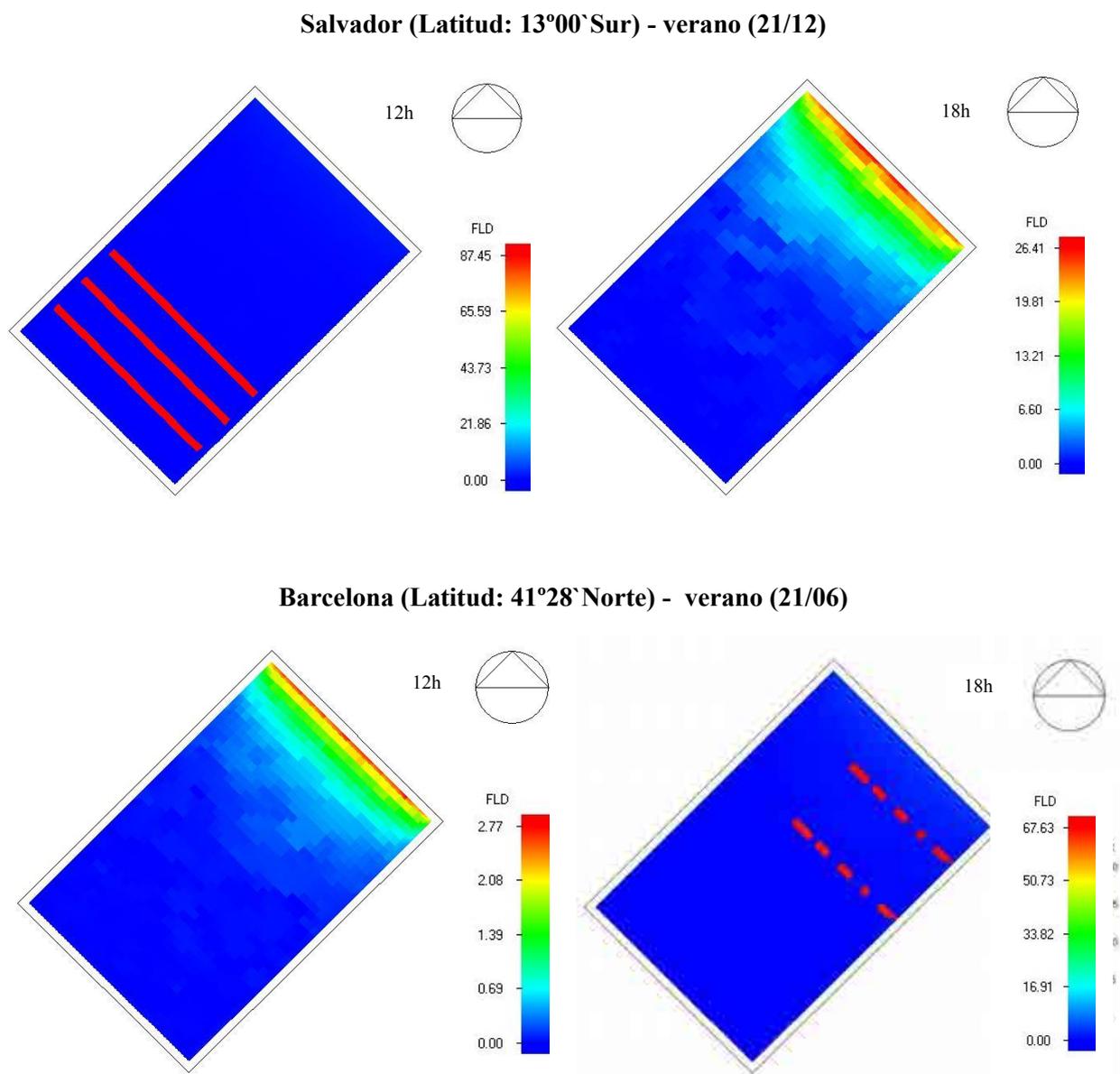


Figura 3.52 – Modelo Sarah Salvador - 1ª simulación lumínica - 2

Observando los cuatro ejemplos, se puede apreciar grandes diferencias, tanto en el mapa de luz, cuanto en los valores presentados en la leyenda. Mientras en Salvador a las 12h, se percibe una penetración de radiación solar directa a través de las ventanas de los sheds, que están orientadas a suroeste. En Barcelona, se percibe una luz difusa distribuida en el ambiente, con más intensidad en la proximidad de la ventana de la terraza y posiblemente con aportación de reflexiones oriundas del shed. A las 18h se percibe al revés. Mientras en Salvador, la luz que se percibe es difusa y distribuida por el ambiente, en Barcelona, se nota una radiación directa a través de las ventanas de los sheds.

Cuanto a los valores de FLD, en Salvador, el valor de la radiación directa a las 12h es tan intenso, más de 87%, que los demás valores quedan insignificantes, dando la impresión que no hay luz difusa en el ambiente, debido al color azul representar valores cercanos a 0,00%. Ya en Barcelona para esta misma hora, la luz difusa se presenta en valores entre 0,00% y 0,69%. A las 18h en Salvador, los valores de luz difusa varían entre 0,00% y 6,60% y los valores encontrados en Barcelona para esta hora son superiores a 67% debido a la penetración de radiación directa.

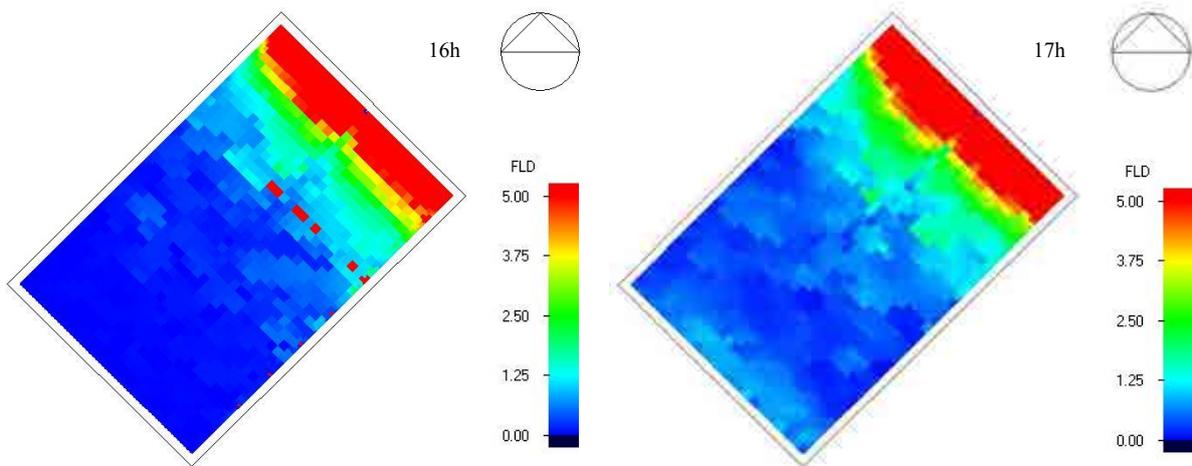
Observando todas las imágenes de la primera simulación, que están presentadas en el apartado Anexos, se puede constatar que los únicos momentos en que se registran líneas rojas en la superficie de la habitación, con altos niveles de FLD, proveniente del shed son en Salvador, durante el verano a las 12h, 16h y 17h, con valores entre 63% y 87% y en primavera a las 16h con valor de 30% de FLD. En Barcelona, esto ocurre en verano a las 18h con valor de 67% y en primavera a las 12h, 16h y 17h, con valores entre 28% y 38% de FLD.

Con todo eso, se puede concluir que el edificio está bien orientado y los sheds cumplen, de forma satisfactoria, su función de protección solar.

Con los resultados encontrados, se ha visto la necesidad de simular otras dos situaciones: una donde la escala de la leyenda estuviera determinada entre 0,00% - 5,00% y otra donde la escala de la leyenda estuviera determinada entre 0,00% - 1,00% y se pudiera ver apenas la luz difusa o reflexiones que entraba a través de los sheds.

2ª SIMULACIÓN: En este modelo, se ha puesto la partición interior que separa las dos habitaciones colectivas. Se ha simulado apenas la situación vidrio + vidrio, con la escala de la leyenda definida entre **0,00% - 5,00%**, que es la franja de valores más aproximada a lo que ocurre en el ambiente y con la cual mejor se observa la penetración de luz difusa. Los valores en color azul oscuro, se acercan a 0,00%, en verde estará alrededor de 2,50% y el rojo representa valores iguales o superiores a 5,00%. A seguir, cuatro ejemplos de los resultados encontrados: Un día de primavera en Salvador a las 16h y a las 17h y en Barcelona a las 15h y a las 18h.

Salvador (Latitud: 13°00`Sur) - primavera (23/09)



Barcelona (Latitud: 41°28`Norte) - primavera (21/03)

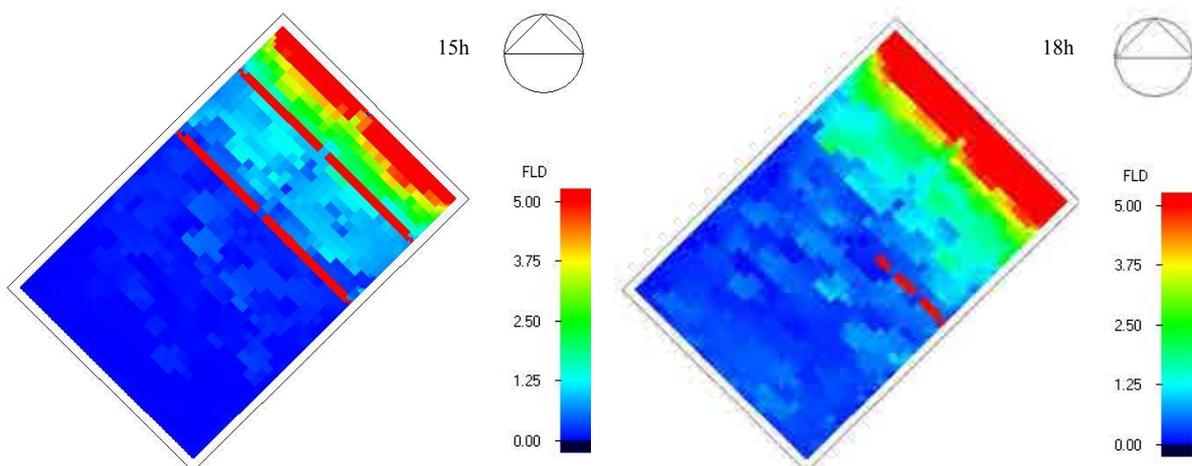


Figura 3.53 – Modelo Sarah Salvador - 2ª simulación lumínica - 1

Se puede observar que, efectivamente, se consigue valorar mejor lo que ocurre en el ambiente con la escala definida de la leyenda. Todavía entra mucha luminosidad por la ventana de la terraza, con valores FLD iguales o superiores a 5%. Se ve radiación directa o reflexiones intensas a través de las ventanas de los sheds a las 16h en Salvador y a las 15h y 18h en Barcelona. Se puede notar también que, a las 17h y 18h, se presentan más manchas de color azul claro, que representan un FLD alrededor de 1,25%, además de manchas de color verde, que son valores alrededor de 2,50%.

Siendo así, se puede concluir que la luz difusa se presenta con más intensidad al final de la tarde, tanto para la latitud de Salvador cuanto para la de Barcelona.

3ª SIMULACIÓN: Se ha simulado apenas la situación vidrio + vidrio, con la ventana de la terraza tapada. El objetivo ha sido determinar la aportación de luz obtenida apenas a través de las ventanas de los

sheds, con la escala de la leyenda definida entre **0,00% - 1,00%**, que es lo que más se aproxima a los valores encontrados de luz difusa. A seguir, cuatro ejemplos de los resultados encontrados: Un día de primavera en Salvador a las 16h y a las 17h y en Barcelona a las 15h y a las 18h.

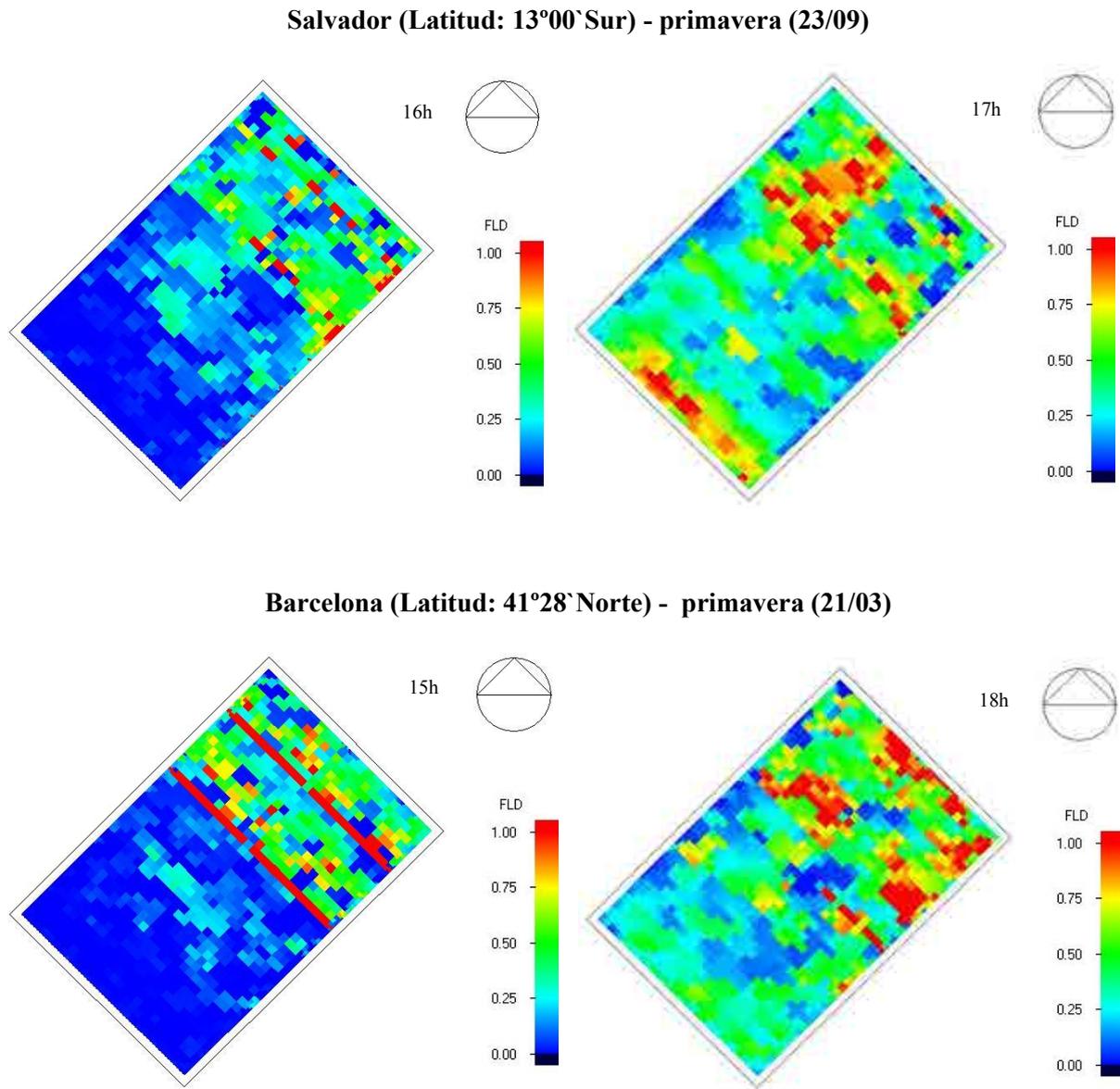
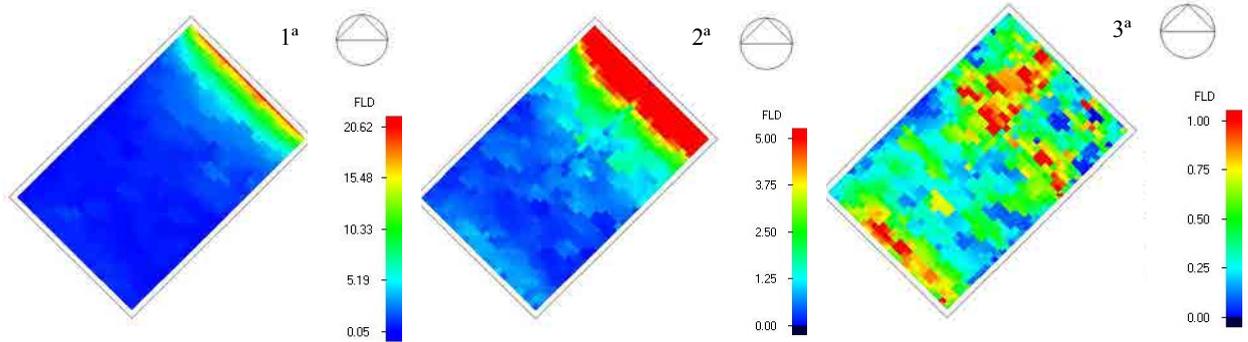


Figura 3.54 – Modelo Sarah Salvador - 3ª simulación lumínica - 1

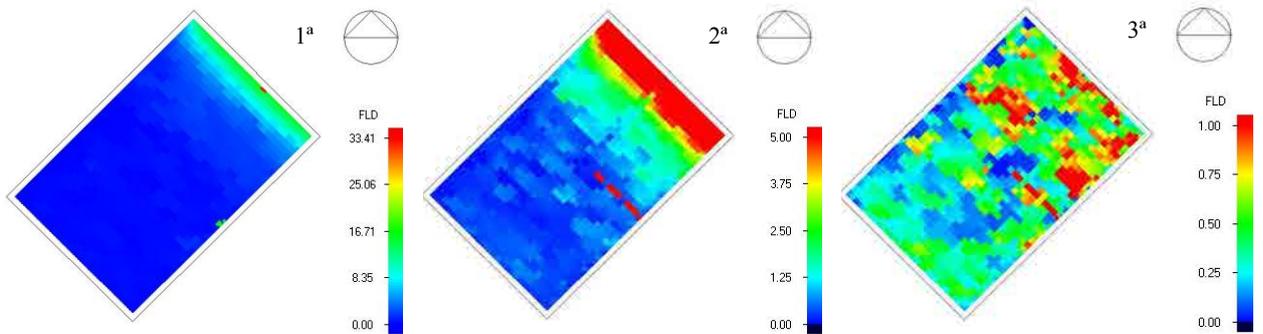
Se observa que, con la escala de la leyenda definida entre 0,00 y 1,00%, se puede percibir mejor la distribución de la luz difusa por el ambiente. Por los colores presentados, se nota tanto en Salvador cuanto en Barcelona, que los valores de FLD son más altos a las 17h y 18h que a las 15h y 16h, con valores que rondan 0,50% y que llegan a valores iguales o superiores a 1,00% en varios puntos del mapa. Se perciben líneas rojas que representan reflexiones o radiación directa proveniente de la ventana del shed, con valores iguales o superiores a 1,00%.

COMPARACIÓN ENTRE LAS TRES SIMULACIONES: la 1ª con la escala libre de la leyenda, la 2ª con la escala definida entre 0,00% y 5,00% y la 3ª con la escala definida entre 0,00% y 1,00%. Salvador X Barcelona.

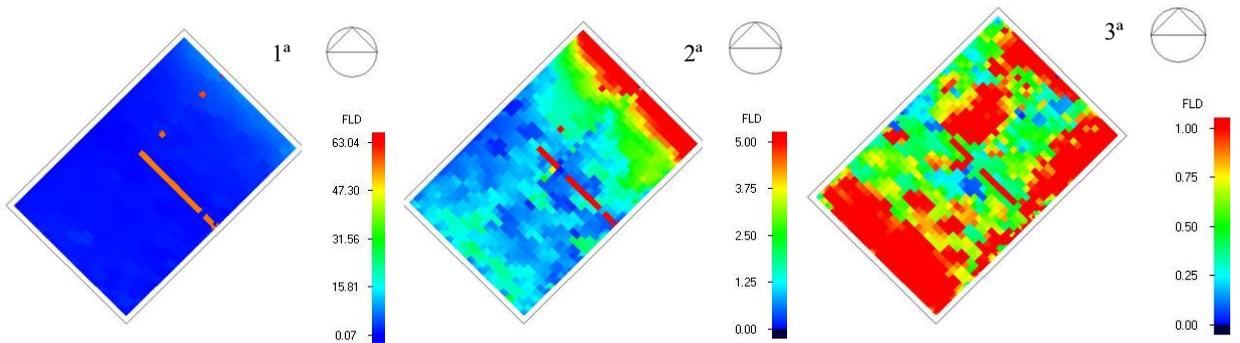
Salvador (Latitud: 13°00`Sur) - primavera, 17h

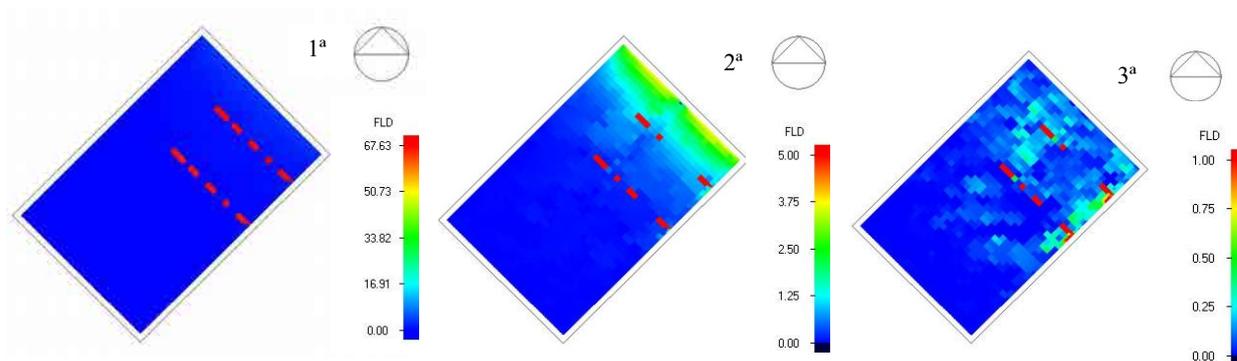
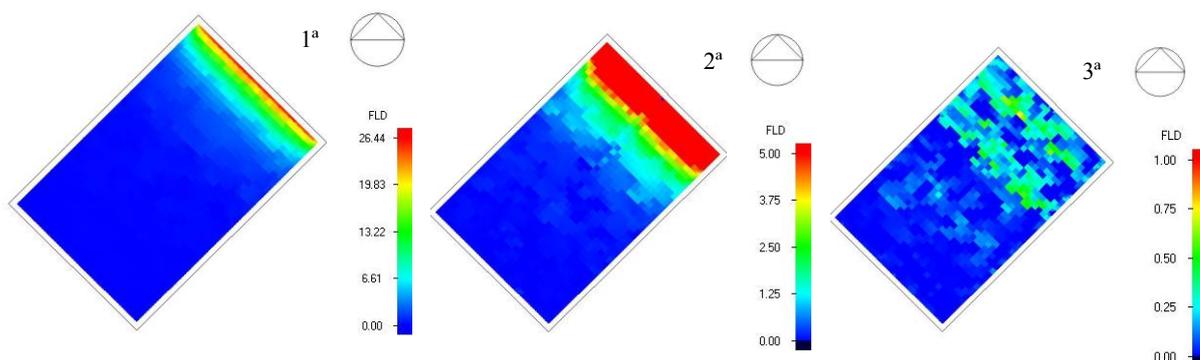
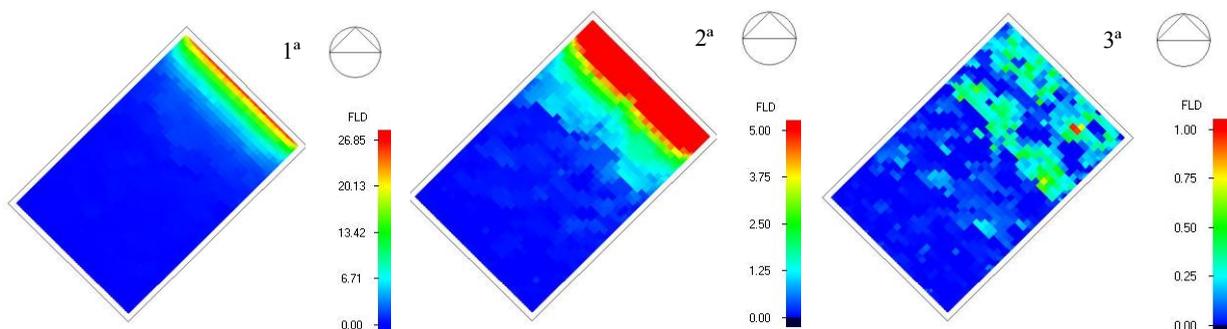


Barcelona (Latitud: 41°28`Norte) - primavera, 18h



Salvador (Latitud: 13°00`Sur) - verano, 17h



Barcelona (Latitud: 41°28' Norte) - verano, 18h**Salvador (Latitud: 13°00' Sur) - invierno, 17h****Barcelona (Latitud: 41°28' Norte) - invierno, 17h****Figura 3.55** – Modelo Sarah Salvador - Comparación entre las tres simulaciones

Al simular el comportamiento de luz difusa que entra apenas por los sheds de la cubierta, se ha constatado que, a final de tarde, en Salvador es más intensa en verano que en primavera y en Barcelona ocurre al revés, siendo más intensa y más distribuida en primavera que en verano. También se percibe que en Salvador, la luz difusa alcanza valores más elevados de FLD que en Barcelona, principalmente en verano. De esta manera, se concluye que el shed cumple un papel fundamental en la aportación de luz difusa, perceptible en bajas y altas latitudes. Siendo que, en Salvador, la aportación realizada por estos sheds es reducida en invierno, mediana en primavera y elevada en verano y que en Barcelona, es reducida en invierno y verano y elevada en primavera.

Se ha podido comprobar que la radiación solar directa toca la superficie de la habitación pocas veces al año. Siendo así, se puede concluir que el shed protege bien de la insolación y que el edificio está bien orientado. Aunque son pocos momentos de radiación directa, probablemente la aportación calorífica sea alta, ya que en las tardes de verano en Salvador la incidencia solar es intensa. En Barcelona también se ha visto pocas ocasiones de radiación solar directa tocando la superficie de la habitación. Entonces, se concluye que tanto para la latitud de Salvador, cuanto para la latitud de Barcelona, el shed del modelo Sarah Salvador produce una protección solar satisfactoria.

8.1.2 Modelo Sarah Rio de Janeiro:

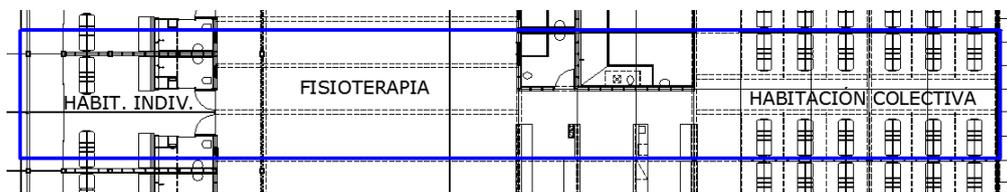


Figura 3.56 – Modelo Sarah Rio - Planta baja de hospitalización - (archivo del CTRS adaptado por la autora)

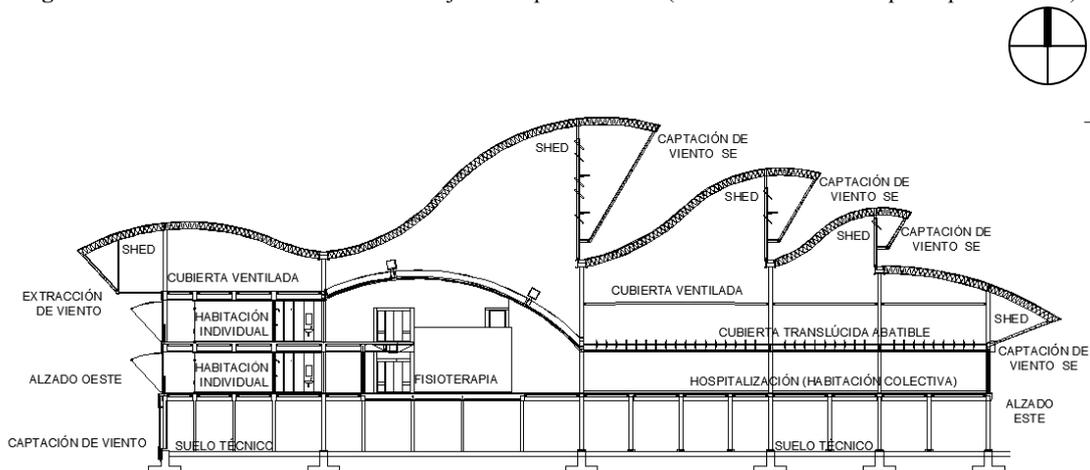
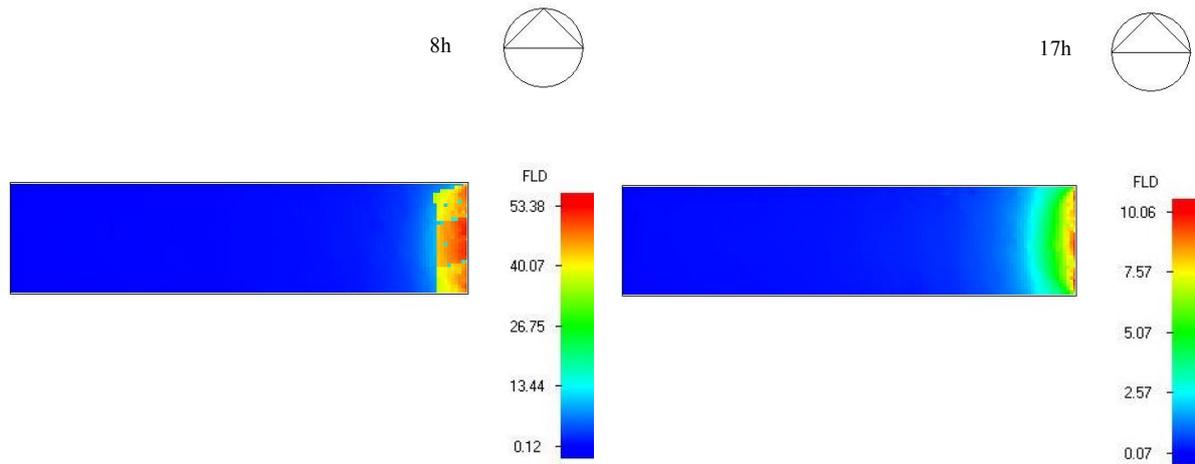


Figura 3.57 – Modelo Sarah Rio - Sección transversal ampliada – zona de hospitalización

(archivo del CTRS adaptado por la autora)

1ª SIMULACIÓN: Se ha simulado manteniendo la leyenda con escala libre, lo que significa que el valor de FLD máximo obtenido ha determinado la escala presentada. Se ha podido observar las diferencias ocurridas entre el edificio modelo situado en Rio de Janeiro (su posición original) y en Barcelona (su situación hipotética). A seguir, cuatro ejemplos de estos resultados: Un día de primavera en Rio de Janeiro y Barcelona a las 8h y a las 17h.

Rio de Janeiro (Latitud: 22°90` Sur) - primavera (23/09)



Barcelona (Latitud: 41°28` Norte) - primavera (21/03)

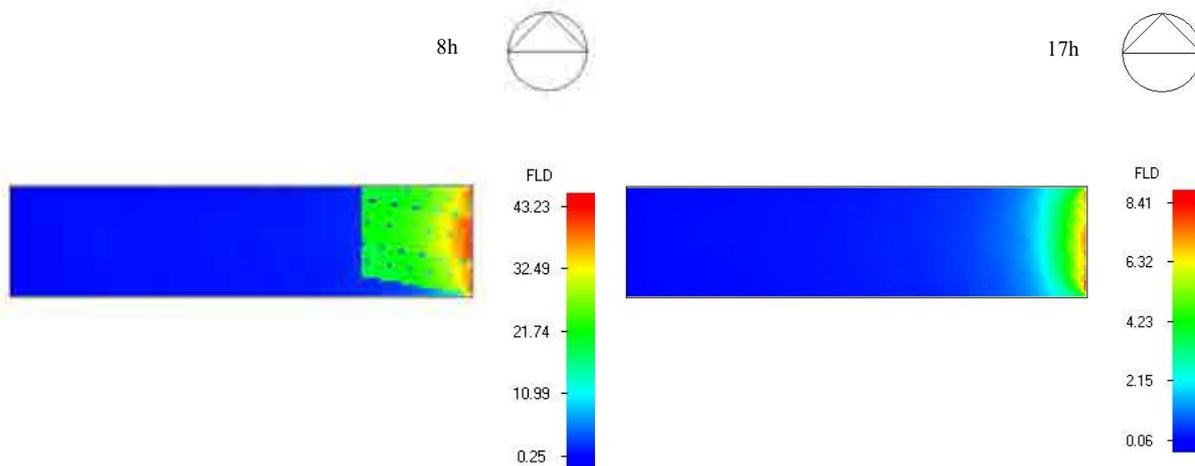


Figura 3.58 – Modelo Sarah Rio - 1ª simulación lumínica - 1

Observando los cuatro ejemplos, se puede apreciar pocas diferencias, tanto en el mapa de luz, cuanto en los valores presentados en la leyenda. Tanto en Rio de Janeiro cuanto en Barcelona a las 8h, se percibe una penetración de radiación solar directa a través de la puerta de vidrio que está orientada a este, con más profundidad en Barcelona debido al ángulo de altura solar ser más pequeño. A las 17h se percibe que apenas entra luz difusa tanto en Rio cuanto en Barcelona, con distribución muy parecida, según estos mapas.

Cuanto a los valores de FLD, en Salvador, el valor de la radiación directa a las 8h es tan intenso, más de 53%, que los demás valores quedan insignificantes, dando la impresión que no hay luz difusa en el ambiente, debido al color azul representar valores cercanos a 0,00%. En Barcelona ocurre algo parecido, con valores que varían entre 21% y 43% de radiación directa. A las 17h, cuando la luz que penetra es difusa, cerca de la puerta de vidrio se nota valores entre 2% y 10% en Salvador y entre 2% y 8% en Barcelona.

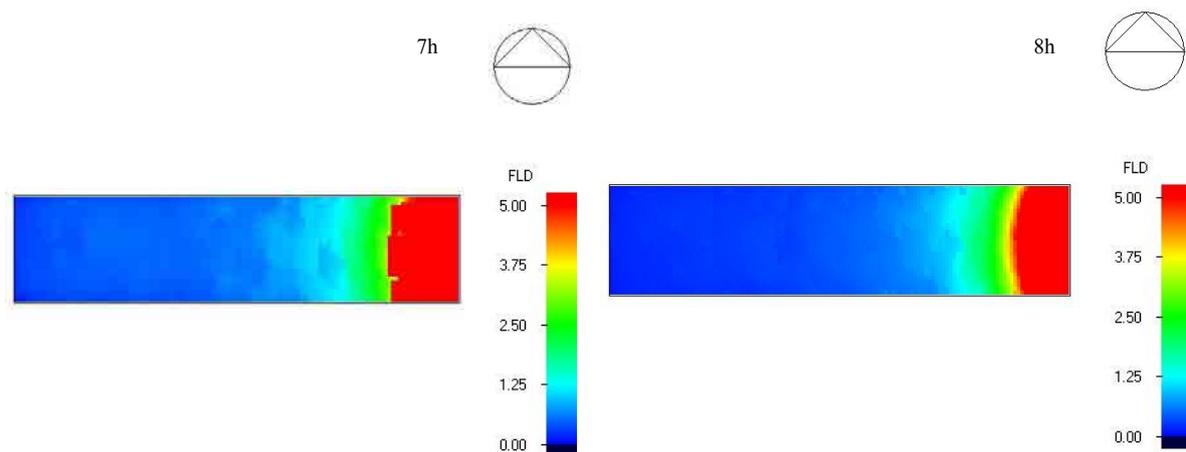
Observando todas las imágenes de la primera simulación, que están presentadas en el apartado Anexos, se puede constatar que los únicos momentos en que se registra penetración de radiación directa son en las primeras horas de la mañana, entre las 7h y 8h en Rio tanto para primavera cuanto verano. En Barcelona, esto ocurre entre 8h y 10h en primavera y entre 7h y 8h en verano.

Siendo así, se puede concluir que el edificio está bien orientado y los sheds producen buena protección solar, tanto para la latitud de Rio de Janeiro cuanto para la de Barcelona.

Con los resultados encontrados, se ha visto la necesidad de simular otras dos situaciones: una donde la escala de la leyenda estuviera determinada entre 0,00% - 5,00% y otra donde la escala de la leyenda estuviera determinada entre 0,00% - 1,00% y se pudiera ver apenas la luz difusa que entraba a través de la cubierta translúcida que conecta con la cubierta ventilada por sheds

2ª SIMULACIÓN: Se ha simulado con la escala de la leyenda determinada entre **0,00% - 5,00%**, que es la franja de valores más aproximada a lo que ocurre en el ambiente y con la cual mejor se observa la penetración de luz difusa. Los valores en color azul oscuro, se acercan a 0,00%, en verde estará alrededor de 2,50% y el rojo representa valores iguales o superiores a 5,00%. A seguir, cuatro ejemplos de los resultados encontrados: Un día de primavera en Rio de Janeiro y Barcelona a las 7h y a las 8h.

Rio de Janeiro (Latitud: 22°90`Sur) - primavera (23/09)



Barcelona (Latitud: 41°28' Norte) - primavera (21/03)

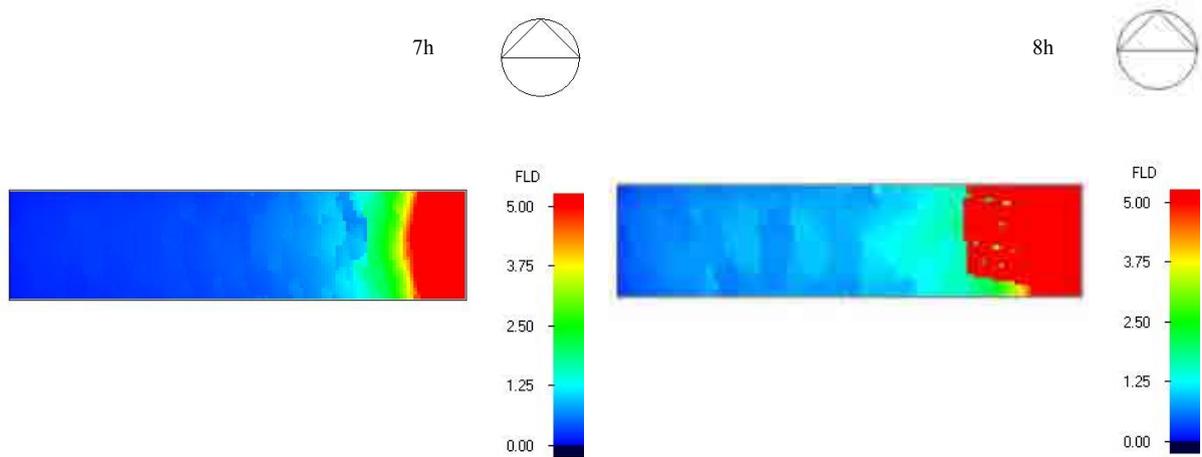
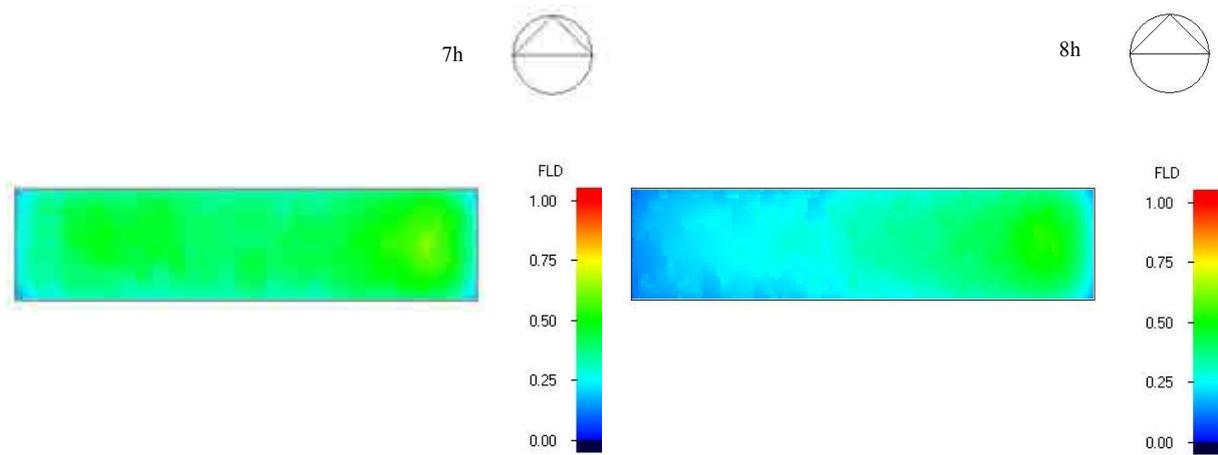
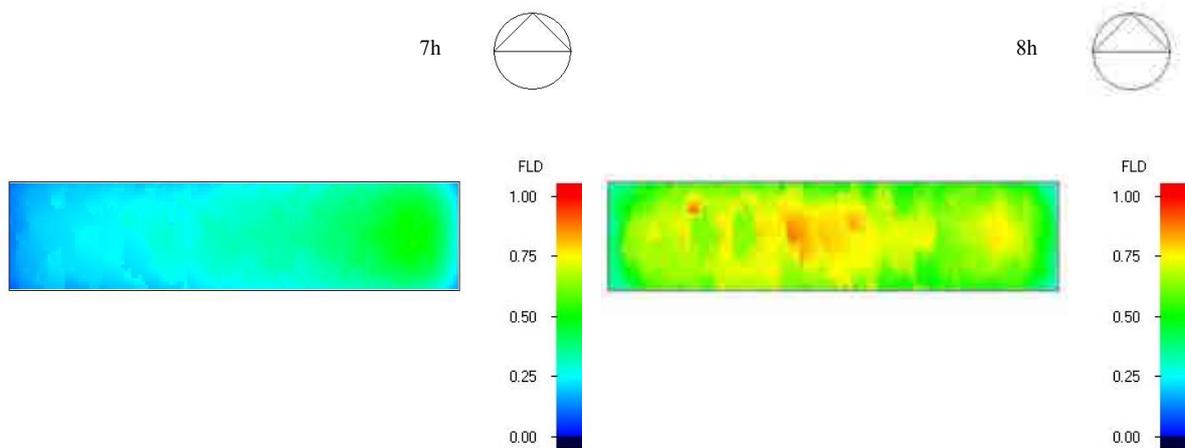


Figura 3.59 – Modelo Sarah Rio - 2ª simulación lumínica - 1

Tanto en Rio de Janeiro cuanto en Barcelona, se puede percibir que al lado de la puerta de vidrio los valores son iguales o superiores a 5%, pero también se puede notar que a las 7h hay una distribución de luz en el ambiente entre 0,00% y 1,25%. En Rio, a las 8h, con el sol más alto que a las 7h, se ve menos penetración de luz difusa. En Barcelona, debido a los ángulos de altura solar más reducidos que en Rio, el sol por las mañanas penetra más en el ambiente, así también la luz difusa. A las 8h de la mañana, se ve una luz más distribuida y más intensa que en Rio, con más manchas de color azul claro que indican valores de FLD alrededor de 1,25%.

Siendo así, se puede concluir que en primavera, por la mañana, la luz difusa penetra con más intensidad en Barcelona que en Rio

3ª SIMULACIÓN: Se ha simulado con la puerta de vidrio tapada. El objetivo ha sido determinar la aportación de luz obtenida apenas a través de la cubierta translúcida que conecta con la cubierta ventilada con sheds. Se ha utilizado una escala de la leyenda definida entre **0,00% - 1,00%**, que es lo que más se aproxima a los valores encontrados de luz difusa. A seguir, cuatro ejemplos de los resultados encontrados: Un día de primavera en Rio de Janeiro y Barcelona a las 7h y a las 8h.

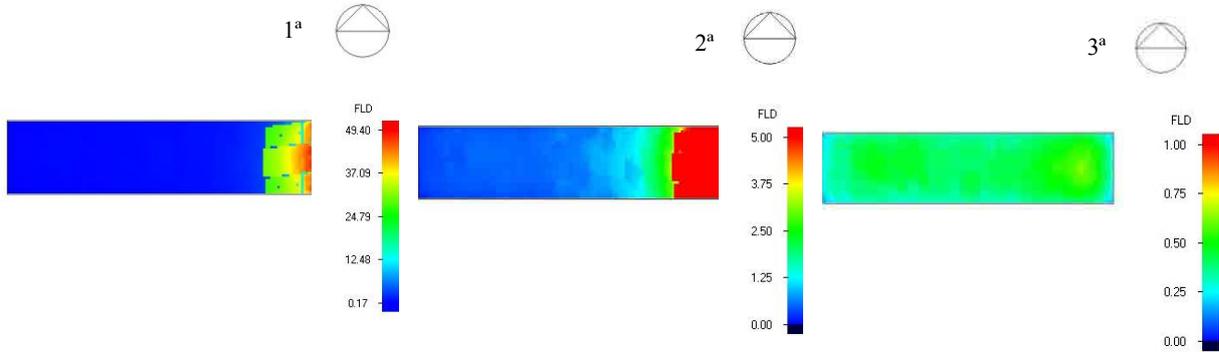
Rio de Janeiro (Latitud: 22°90` Sur) - primavera (23/09)**Barcelona (Latitud: 41°28` Norte) - primavera (21/03)****Figura 3.60 – Modelo Sarah Rio - 3ª simulación luminica - 1**

Por los colores presentados, se nota que, en Rio de Janeiro a las 7h, la luz difusa es más intensa y más distribuida que a las 8h. En Barcelona es alreves, presentando una luz difusa más intensa a las 8h. Los valores de FLD en Rio están principalmente entre 0,25% y 0,50%, siendo que a las 8h en Barcelona, los valores encontrados están entre 0,50% y 0,75%, con algunos puntos que se acercan a 1,00%. Al observar los mapas de luz de todas las horas del día, se ve que la intensidad de la luz difusa decae por las tardes, tanto en primavera cuanto en verano.

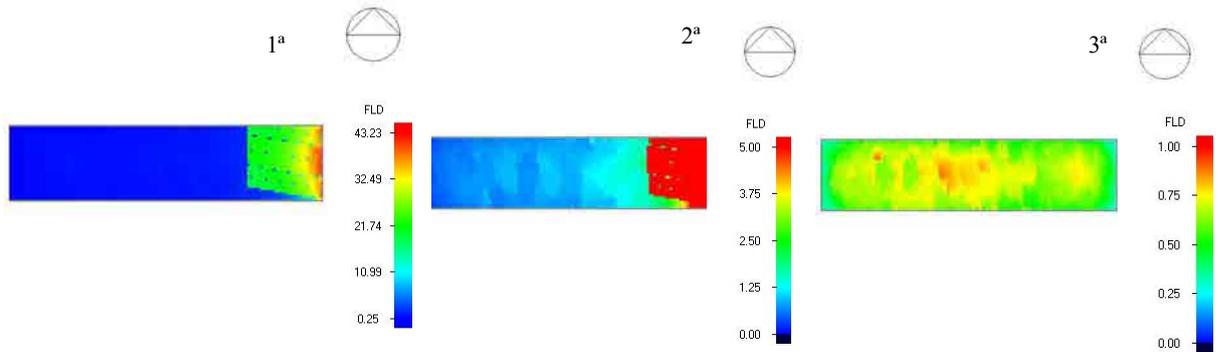
Siendo así, se puede concluir que en primavera, por la mañana, la luz difusa que penetra por los sheds es más intensa en Barcelona que en Rio.

COMPARACIÓN ENTRE LAS TRES SIMULACIONES: la 1ª con la escala libre de la leyenda, la 2ª con la escala definida entre 0,00% y 5,00% y la 3ª con la escala definida entre 0,00% y 1,00%. Rio de Janeiro X Barcelona.

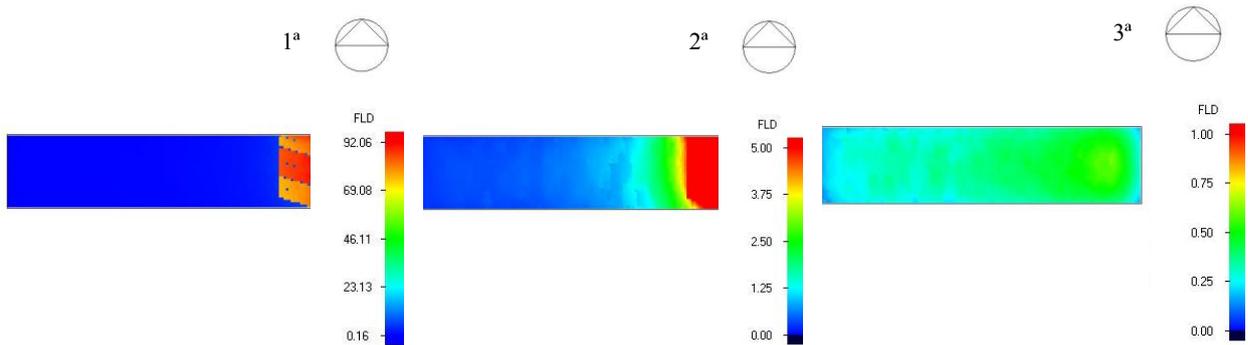
Rio de Janeiro (Latitud: 22°90` Sur) - primavera, 7h

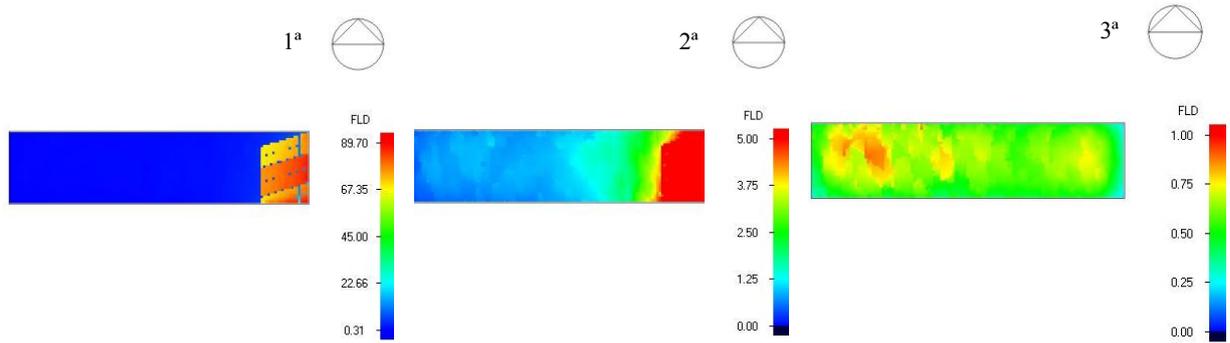
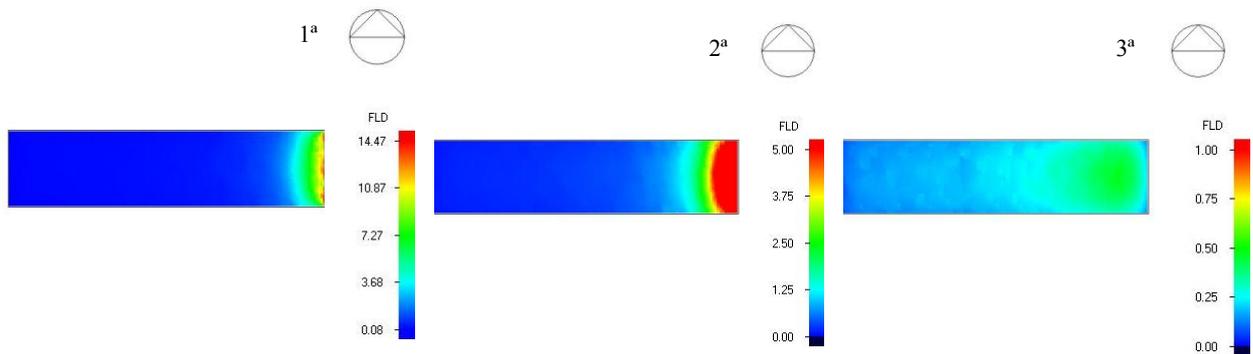
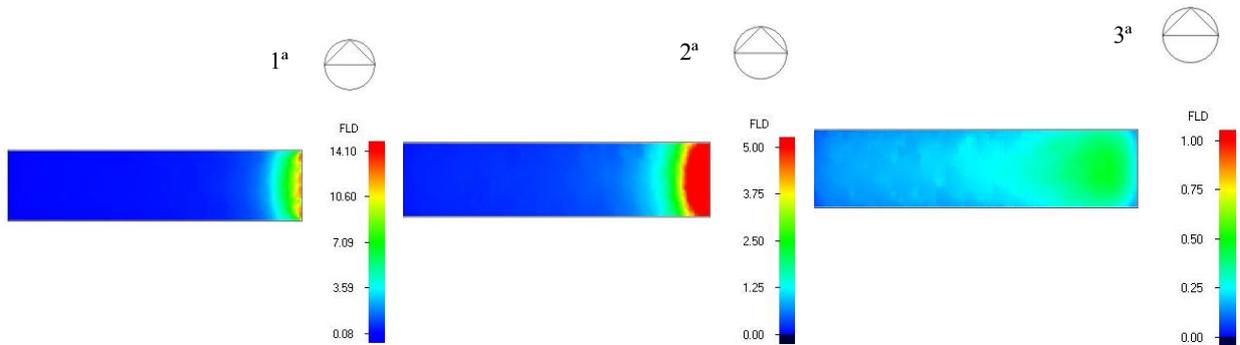


Barcelona (Latitud: 41°28` Norte) - primavera, 8h



Rio de Janeiro (Latitud: 22°90` Sur) - verano, 7h



Barcelona (Latitud: 41°28' Norte) - verano, 7h**Rio de Janeiro (Latitud: 22°90' Sur) - invierno, 9h****Barcelona (Latitud: 41°28' Norte) - invierno, 9h****Figura 3.61** – Modelo Sarah Rio - Comparación entre las tres simulaciones

Por las simulaciones realizadas, se observa que en primavera y verano, la luz difusa que entra a través de la cubierta translúcida es más intensa en Barcelona que en Rio, principalmente en las primeras horas de la mañana. Los valores FLD no son altos, pero la aportación es fundamental. Con lo observado, se puede concluir que el shed cumple un papel importante como fuente de luz difusa para distintas latitudes. Siendo, en este caso, más eficaz incluso para latitudes más altas.

A través de la simulación hecha con el modelo Sarah Rio de Janeiro en su sitio original, se ha podido comprobar que la radiación solar directa toca la superficie de la habitación en las primeras horas de la

mañana, apenas a través de la puerta de vidrio existente y nunca por la cubierta ventilada por sheds. Lo mismo ocurre en la situación hipotética de estar situado en Barcelona. De este modo se puede concluir que, además de estar bien orientado, este shed protege bien de la insolación directa, tanto para la latitud de Rio cuanto para la latitud de Barcelona.

8.2 Resultados de simulación térmica

8.2.1 Modelo Sarah Salvador:

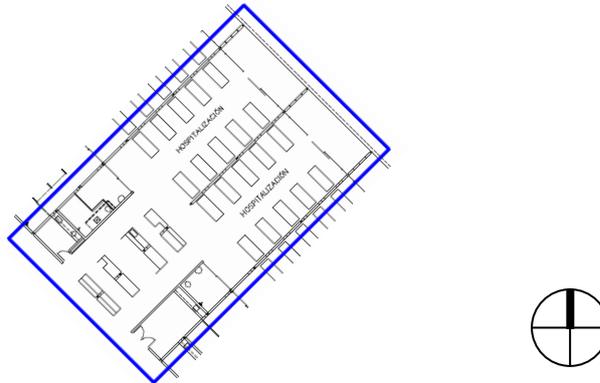


Figura 3.62 – Modelo Sarah Salvador - Planta baja de hospitalización - habitación colectiva
(archivo del CTRS adaptado por la autora)

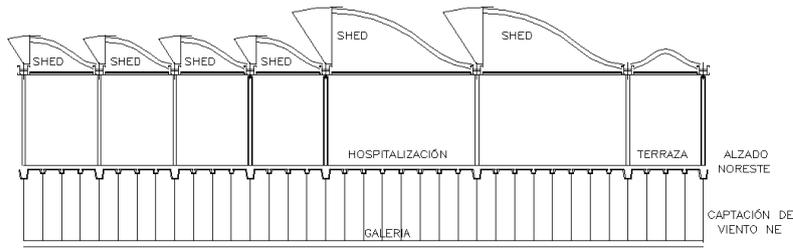
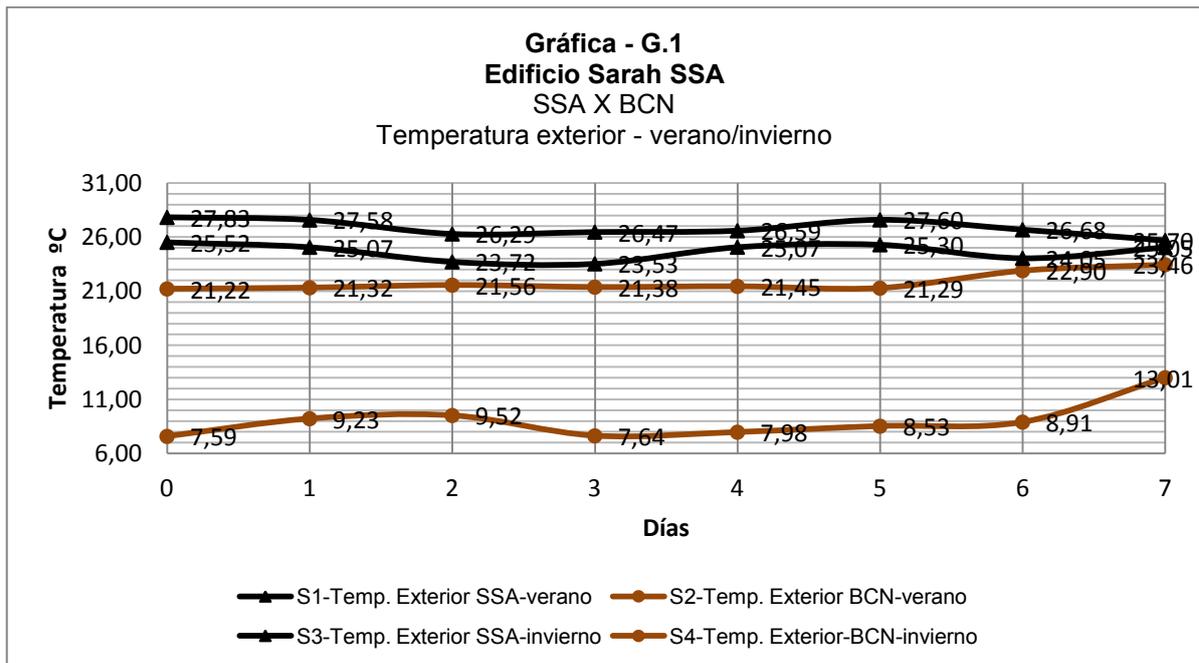
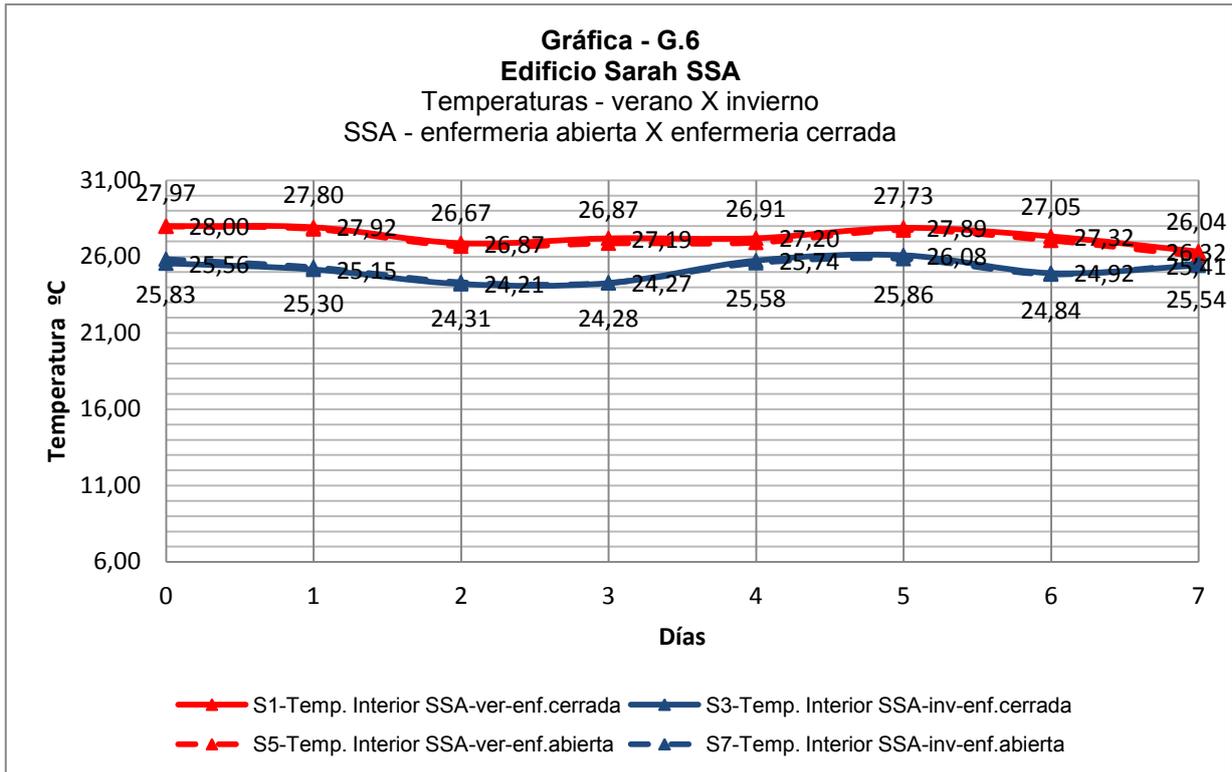


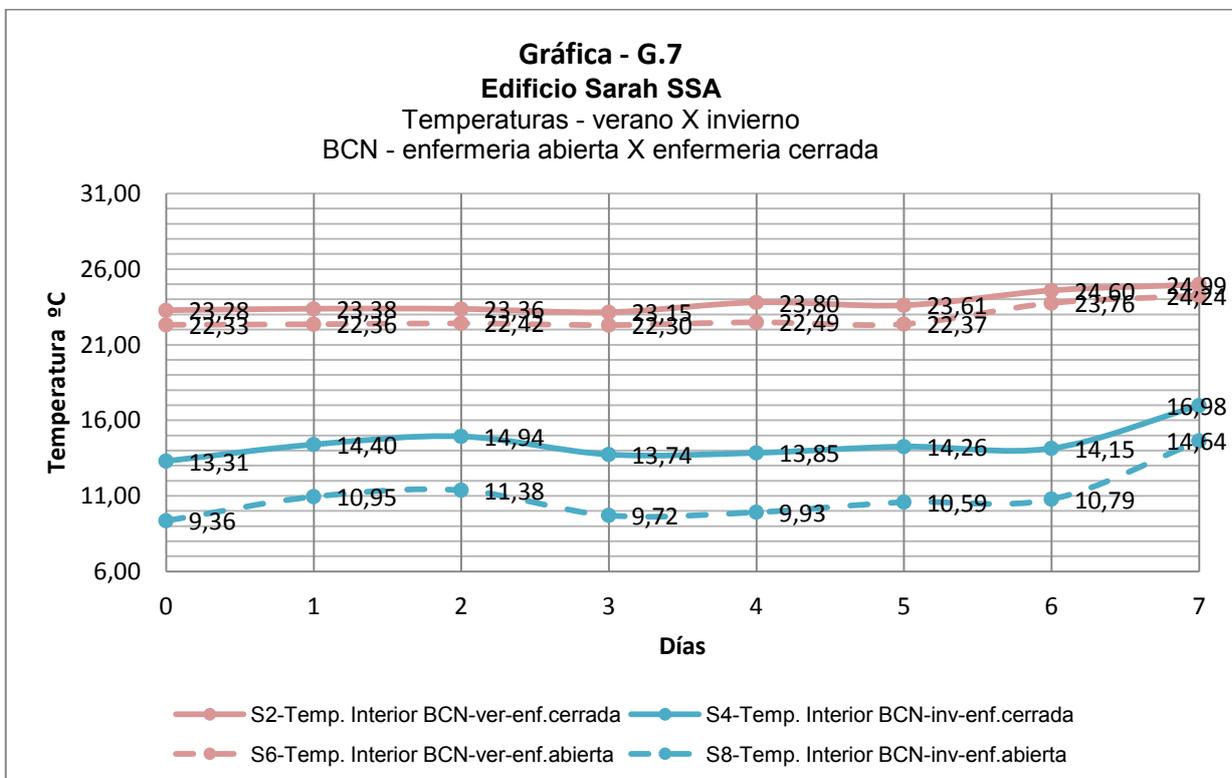
Figura 3.63 – Modelo Sarah Salvador - Sección transversal ampliada – zona de hospitalización
(archivo del CTRS adaptado por la autora)



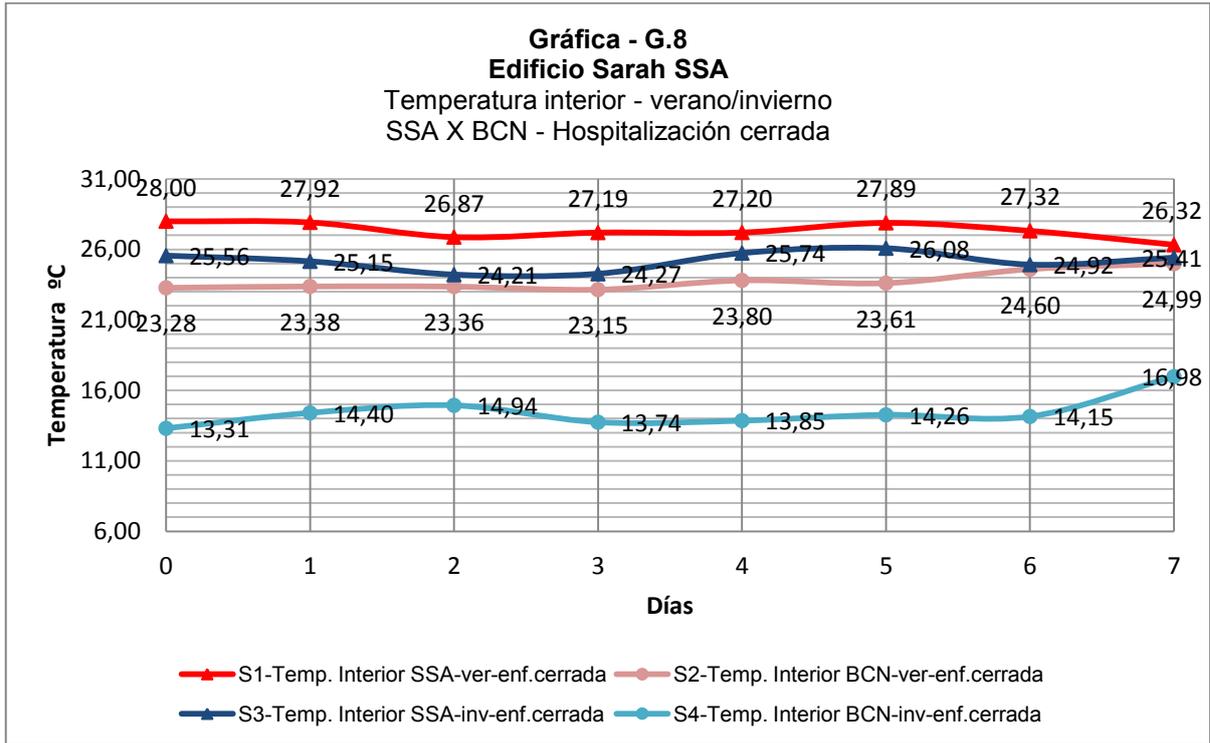
Gráfica 3.6 – Modelo Sarah Salvador - Temperatura exterior – Verano X Invierno – Salvador X Barcelona



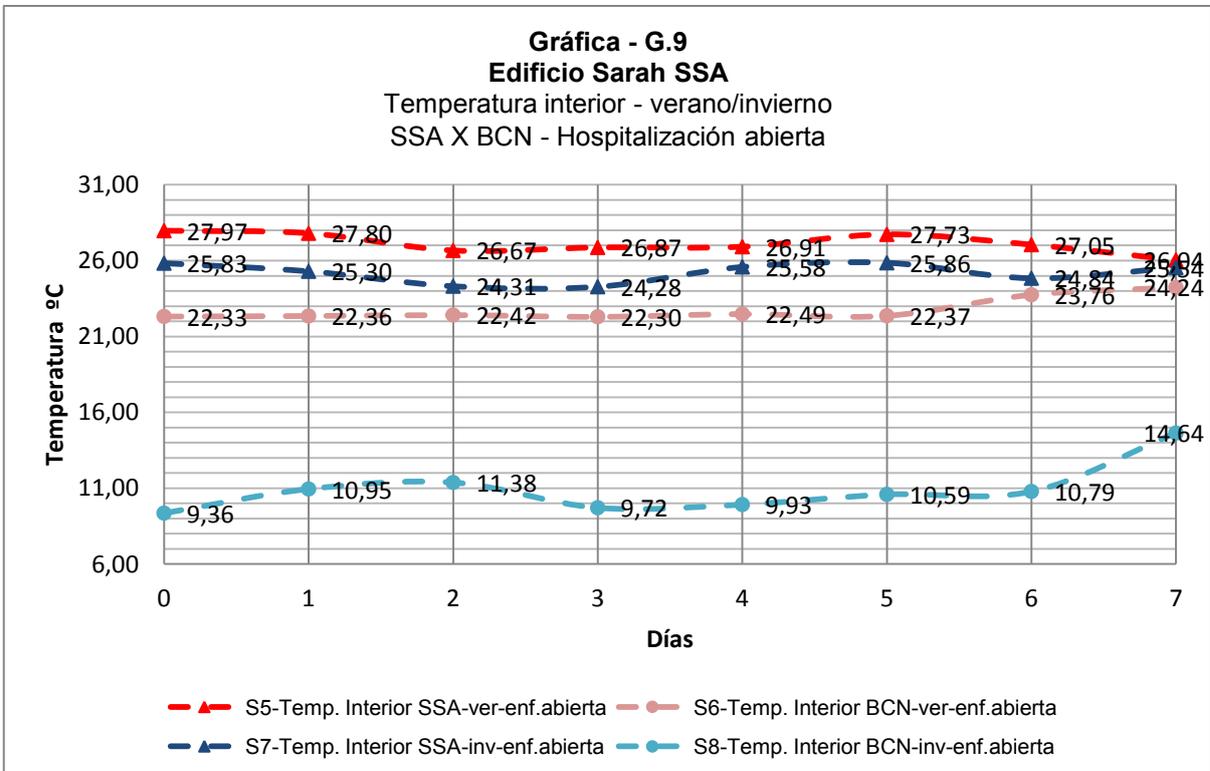
Gráfica 3.7 – Modelo Sarah Salvador - Temperatura interior Salvador - Verano X Invierno – Hospitalización (enfermería) abierta X cerrada



Gráfica 3.8 – Modelo Sarah Salvador - Temperatura interior Barcelona - Verano X Invierno – Hospitalización (enfermería) abierta X cerrada



Gráfica 3.9 – Modelo Sarah Salvador - Temperatura interior – Verano X Invierno – Salvador X Barcelona – Hospitalización (enfermería) cerrada



Gráfica 3.10 – Modelo Sarah Salvador - Temperatura interior – Verano X Invierno – Salvador X Barcelona – Hospitalización (enfermería) abierta

Se puede observar que el comportamiento de las temperaturas interiores, tanto para verano cuanto para invierno en Salvador y Barcelona, es similar a lo de las temperaturas exteriores. Se percibe que las temperaturas interiores de Salvador para invierno y verano, además de las temperaturas interiores de Barcelona para verano, se mueven por las mismas franjas, entre los 22°C y los 28°C, en contraposición a las temperaturas interiores de invierno en Barcelona, que varían entre 9°C y 17°C.

Observamos a través de la G.6 que, en Salvador, las temperaturas interiores para la enfermería cerrada son ligeramente superiores a las de enfermería abierta, tanto para verano cuanto para invierno. Las dos están por encima de la temperatura exterior, con diferencias inferiores a 1°C. Como en verano ninguna temperatura interior sobrepasa a los 30°C, se puede considerar que, con una simple aceleración de la velocidad del aire, se podrá llegar a mejores condiciones de confort.

En la G7, observamos que, en Barcelona en verano, se notan pocas diferencias entre la temperatura interior de la enfermería cerrada y abierta, con saltos térmicos inferiores a 1,40°C. Siendo que las temperaturas interiores están por encima de la temperatura exterior con diferencias inferiores a 2,40°C. Además, la temperatura interior más alta está alrededor de los 25°C, de modo que con un mínimo de ventilación, se puede llegar a alcanzar una zona de más confort aún

En invierno en Barcelona, las diferencias aumentan entre la enfermería abierta y cerrada, con valores que llegan a alcanzar los 4°C y las diferencia con la temperatura exterior se incrementan en hasta 6°C. Aun así se nota que las temperaturas interiores oscilan sobre los 13°C, llegando a un máximo de casi 17°C. Lo que significa que sería necesario un sistema de calefacción para llegar a alcanzar sensaciones de confort.

Se observa que tanto en Salvador cuanto en Barcelona, para invierno y verano, encontramos la temperatura interior del edificio Sarah por encima de la temperatura exterior y la temperatura de enfermería cerrada por encima de la encontrada en la enfermería abierta.

El sistema constructivo no está siendo considerado, pero podemos suponer que los espesores de muro utilizados para el clima tropical no serán los mismos que para el clima mediterráneo. Además, para el clima tropical no se suele utilizar materiales aislantes en estos muros exteriores. De modo que si el sistema constructivo estuviera adaptado para el clima mediterráneo, seguramente el edificio se comportaría mucho mejor.

Con todo eso, se puede concluir que: el edificio Sarah Salvador, para clima cálido y húmedo, se comporta de modo muy similar tanto cerrado cuanto abierto y con temperaturas muy cercanas a la exterior. Además, que la ventilación le puede favorecer a conseguir mejores condiciones de confort térmico. Y que para el clima mediterráneo, el comportamiento es muy similar a lo ocurrido en el clima tropical en verano, pero que necesitaría un aporte de algún tipo de calefacción en invierno, además de aplicación de los sistemas constructivos con sus debidas capas de aislamiento exterior.

8.2.2 Modelo Sarah Rio de Janeiro:

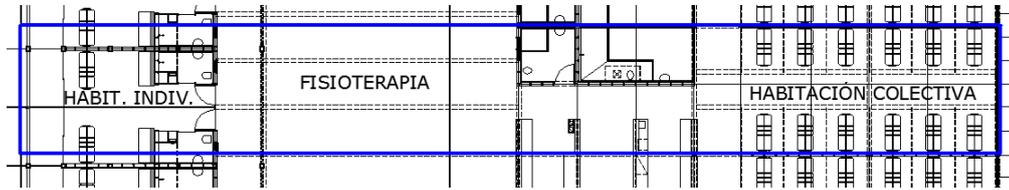


Figura 3.64 – Modelo Sarah Rio - Planta baja de hospitalización - (archivo del CTRS adaptado por la autora)

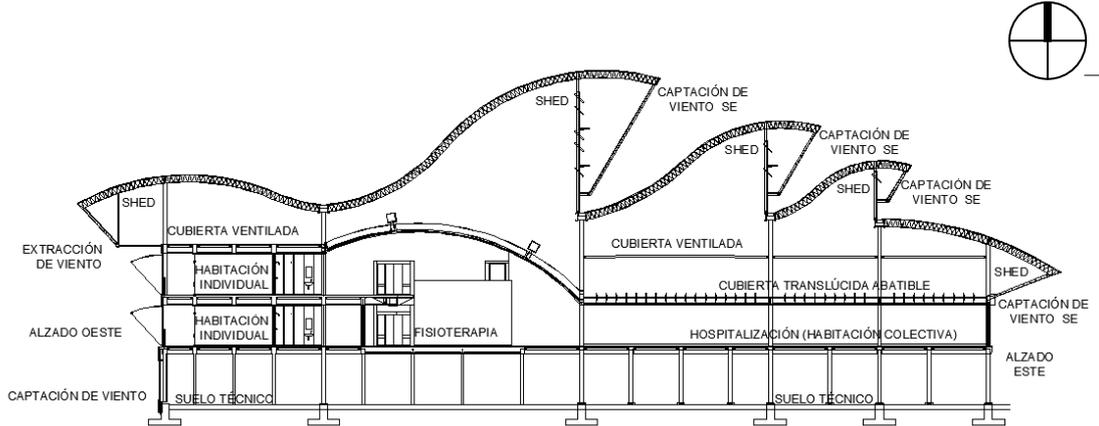
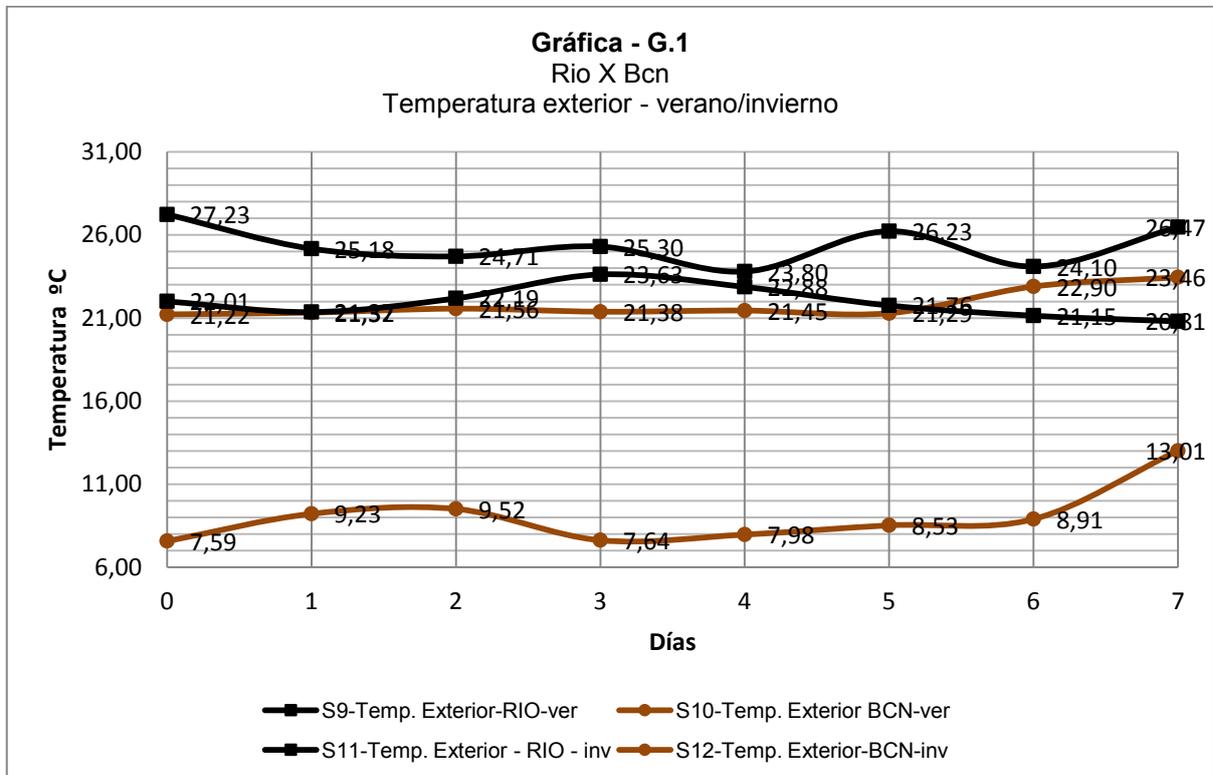
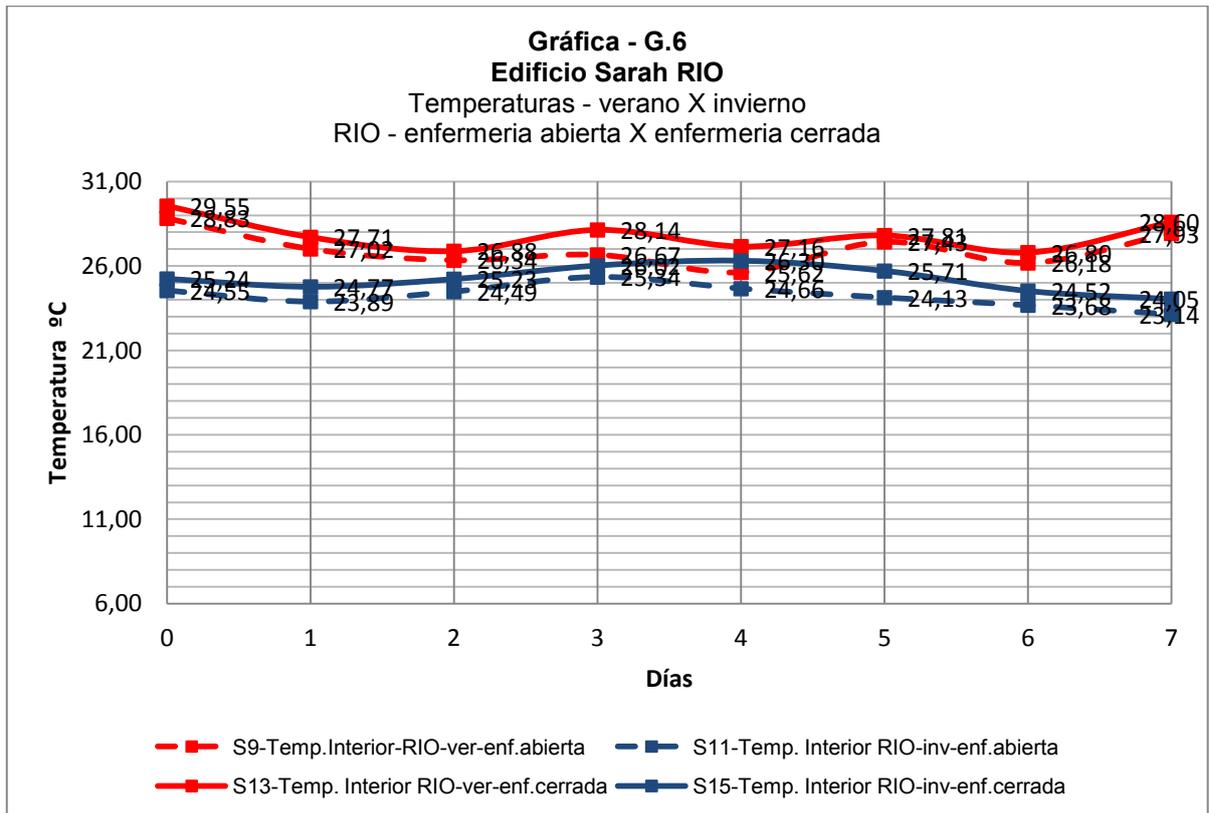


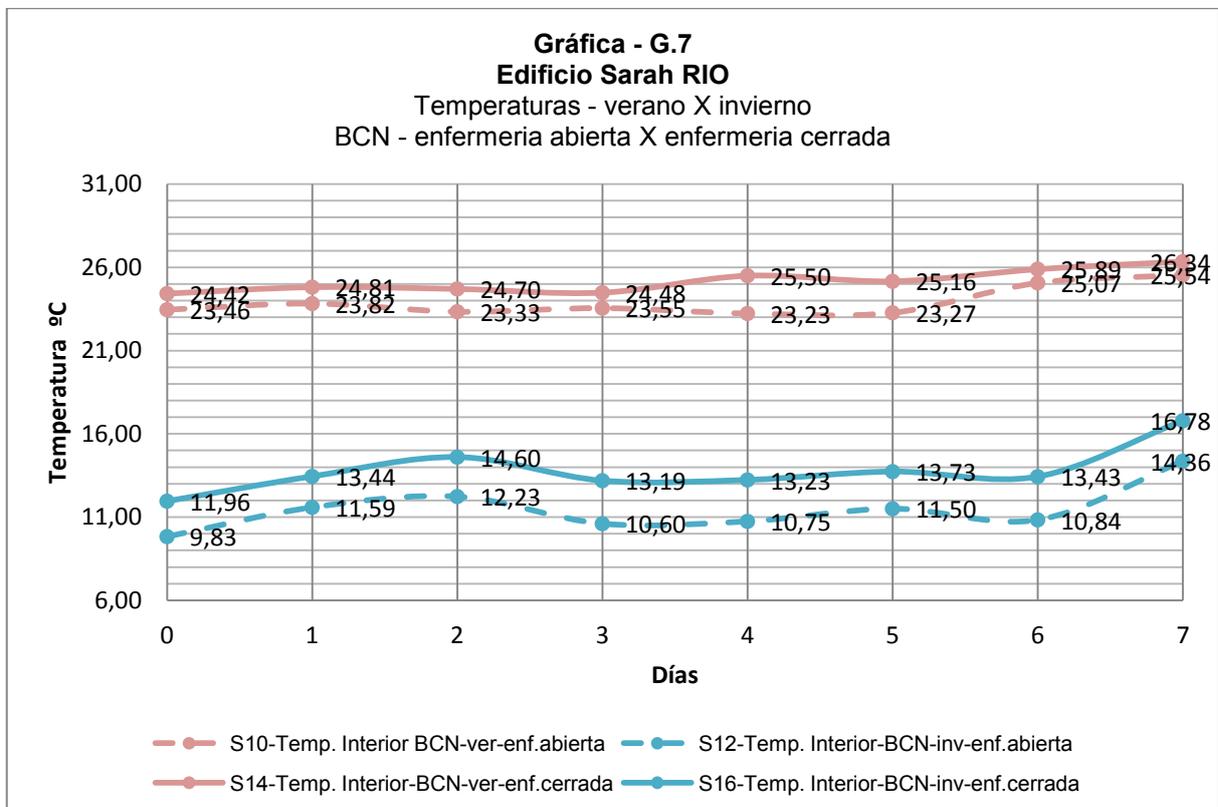
Figura 3.65 – Modelo Sarah Rio - Sección transversal ampliada – zona de hospitalización (archivo del CTRS adaptado por la autora)



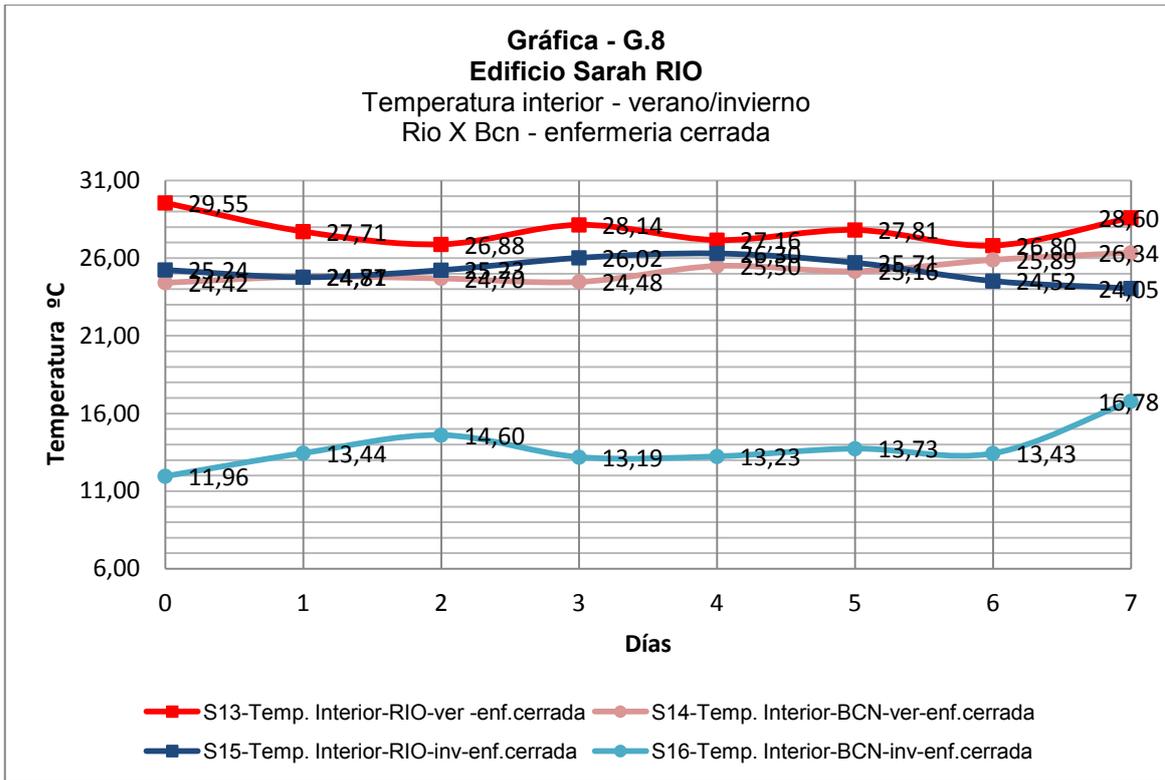
Gráfica 3.11 – Modelo Sarah Rio - Temperatura exterior – Verano X Invierno – Rio de Janeiro X Barcelona



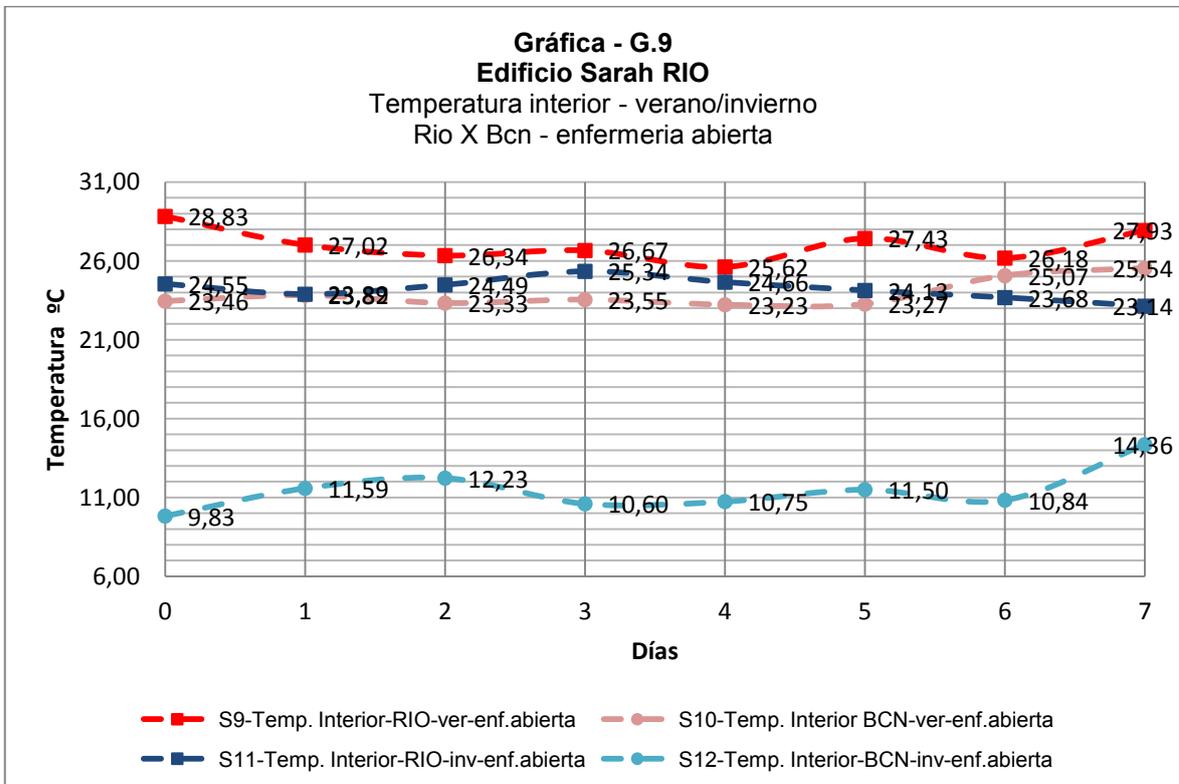
Gráfica 3.12 – Modelo Sarah Rio - Temperatura interior Rio de Janeiro - Verano X Invierno – Hospitalización (enfermería) abierta X cerrada



Gráfica 3.13 – Modelo Sarah Rio - Temperatura interior Barcelona - Verano X Invierno – Hospitalización (enfermería) abierta X cerrada



Gráfica 3.14 – Modelo Sarah Rio - Temperatura interior – Verano X Invierno – Rio de Janeiro X Barcelona – Hospitalización (enfermería) cerrada



Gráfica 3.15 – Modelo Sarah Rio - Temperatura interior – Verano X Invierno – Rio de Janeiro X Barcelona – Hospitalización (enfermería) abierta

Se puede observar que el comportamiento de las temperaturas interiores, tanto para verano cuanto para invierno en Rio de Janeiro y Barcelona, es similar a lo de las temperaturas exteriores. Se percibe que las temperaturas interiores de Rio de Janeiro para invierno y verano, además de las temperaturas interiores de Barcelona para verano, se mueven por las mismas franjas, entre los 23°C y los 29°C, en contraposición a las temperaturas interiores de invierno en Barcelona, que varían entre 9°C y 16°C.

Observamos a través de la G.6 que, en Rio de Janeiro, las temperaturas interiores para la enfermería cerrada son ligeramente superiores a las de enfermería abierta, tanto para verano cuanto para invierno, con diferencias que no alcanzan los 2°C. Las dos están por encima de la temperatura exterior, con diferencias inferiores a 4°C. Como en verano ninguna temperatura interior sobrepasa a los 30°C, se puede considerar que, con una simple aceleración de la velocidad del aire, se podrá llegar a mejores condiciones de confort.

En la G7, observamos que, en Barcelona en verano, se notan pocas diferencias entre la temperatura interior de la enfermería cerrada y abierta, con saltos térmicos entre 1°C y 2°C. Siendo que las temperaturas interiores están por encima de la temperatura exterior con diferencias alrededor de los 4°C. Además, la temperatura interior más alta está alrededor de los 26°C, de modo que con un mínimo de ventilación, se puede llegar a alcanzar una zona de más confort aún

En invierno en Barcelona, las diferencias aumentan entre la enfermería abierta y cerrada, con valores que no llegan a alcanzar los 3°C y las diferencia con la temperatura exterior se incrementan, alcanzando valores inferiores a 6°C. Aun así se nota que las temperaturas interiores oscilan entre 9°C y 16°C, lo que significa que sería necesario un sistema de calefacción para llegar a alcanzar sensaciones de confort en los días más críticos.

Se observa que tanto en Rio de Janeiro cuanto en Barcelona, para invierno y verano, encontramos la temperatura interior del edificio Sarah por encima de la temperatura exterior y la temperatura de enfermería cerrada por encima de la encontrada en la enfermería abierta.

El sistema constructivo no está siendo considerado, pero podemos suponer que los espesores de muro utilizados para el clima tropical no serán los mismos que para el clima mediterráneo. Además, para el clima tropical no se suele utilizar materiales aislantes en estos muros exteriores. De modo que si el sistema constructivo estuviera adaptado para el clima mediterráneo, seguramente el edificio se comportaría mucho mejor.

Con todo eso, se puede concluir que: el edificio Sarah Rio de Janeiro, para clima cálido y húmedo, se comporta de modo muy similar tanto cerrado cuanto abierto y con temperaturas muy cercanas a la exterior. Además, que la ventilación le puede favorecer a conseguir mejores condiciones de confort térmico. Y que para el clima mediterráneo, el comportamiento es muy similar a lo ocurrido en el clima

tropical en verano, pero que necesitaría un aporte de algún tipo de calefacción en invierno, además de aplicación de los sistemas constructivos con sus debidas capas de aislamiento exterior.

8.3 Resultados de simulación de ventilación

8.3.1 Modelo Sarah Salvador

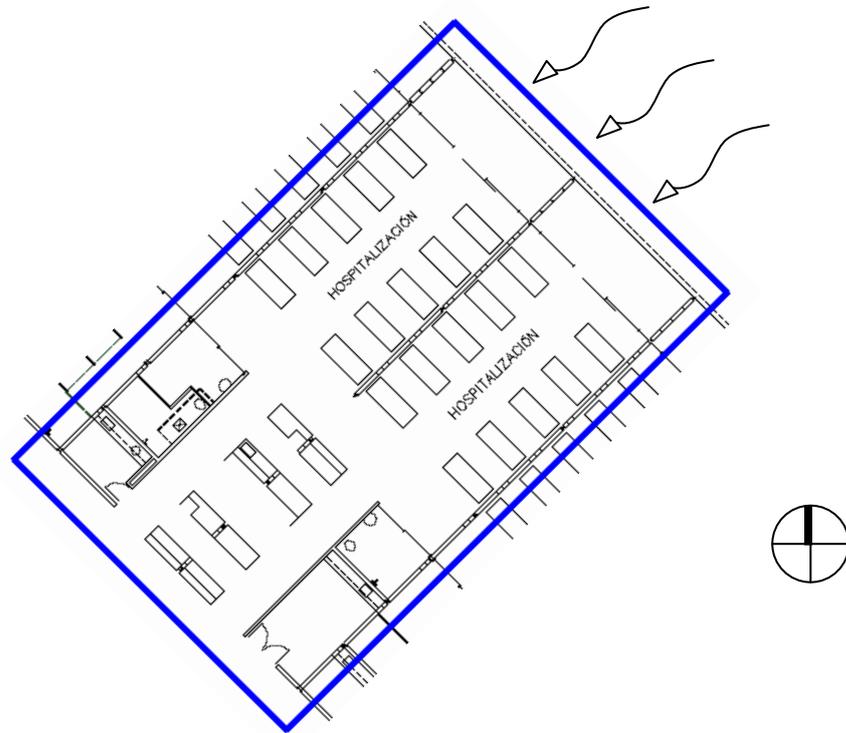


Figura 3.66 – Modelo Sarah Salvador - Planta baja de hospitalización - habitación colectiva
(archivo del CTRS adaptado por la autora)

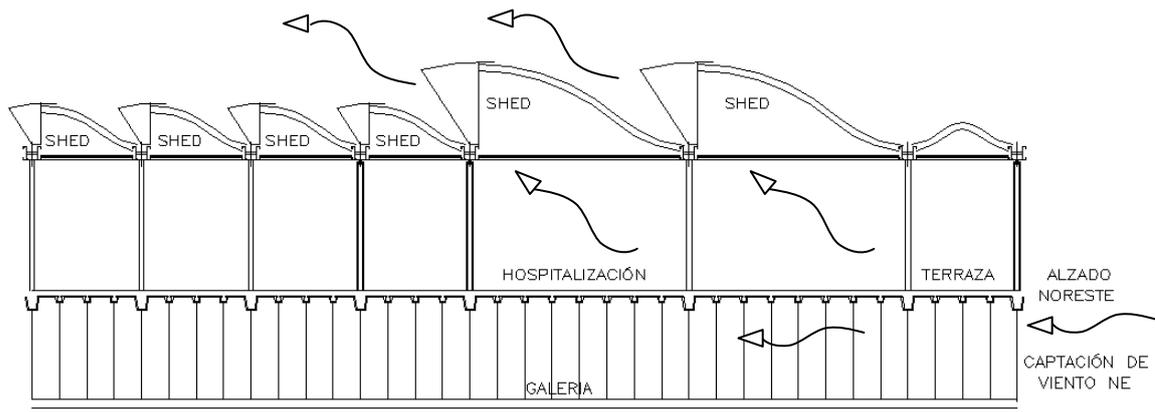


Figura 3.67 – Modelo Sarah Salvador - Sección transversal ampliada – zona de hospitalización
(archivo del CTRS adaptado por la autora)

Tabla 3.6 – Modelo Sarah Salvador 28-1 - Guía de caudales (l/s) (Ventilación Natural)

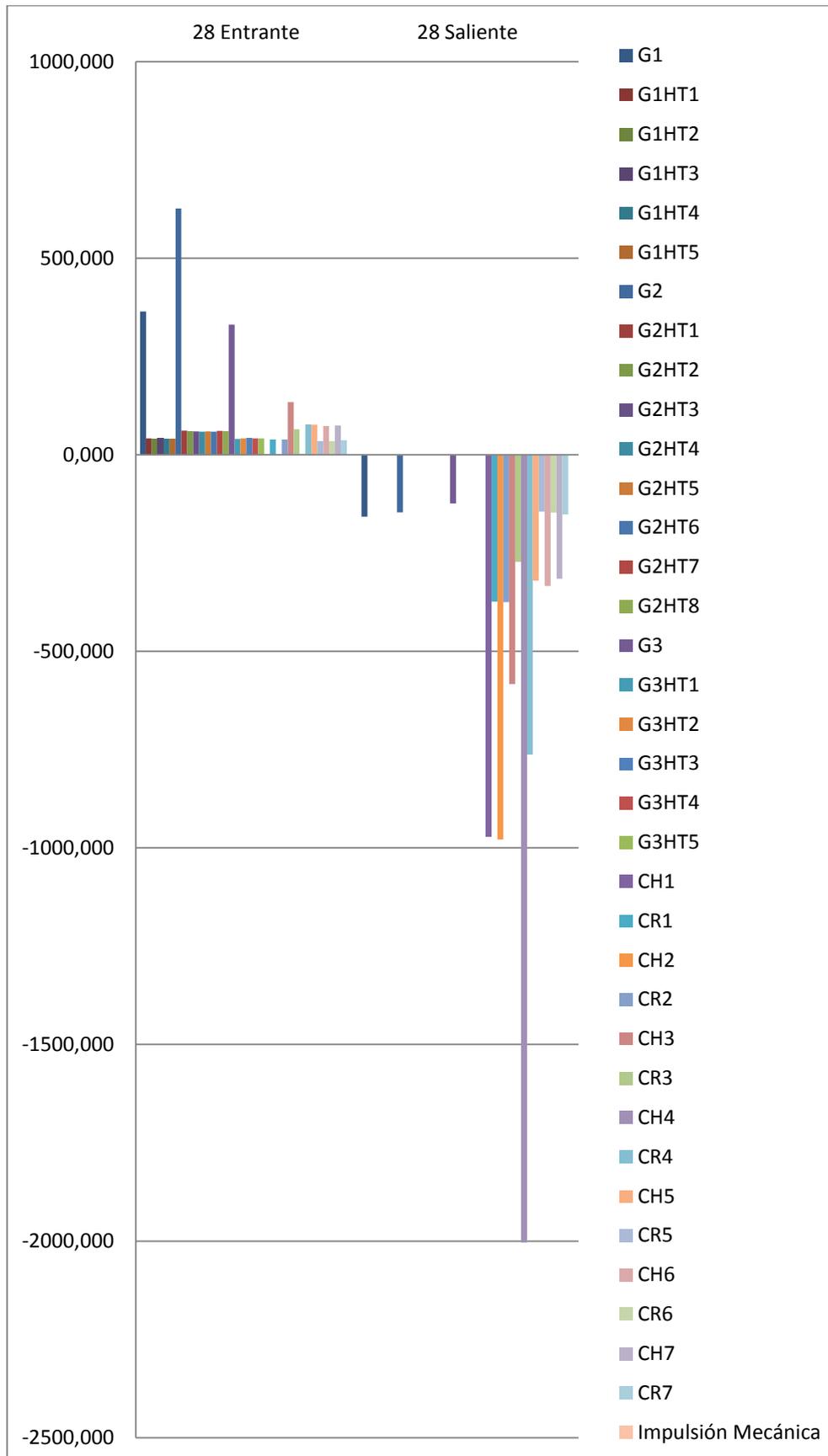


Tabla 3.7 – Modelo Sarah Salvador 28-2 - Guía de caudales (l/s) (Ventilación Natural + Ventilación Mecanizada)

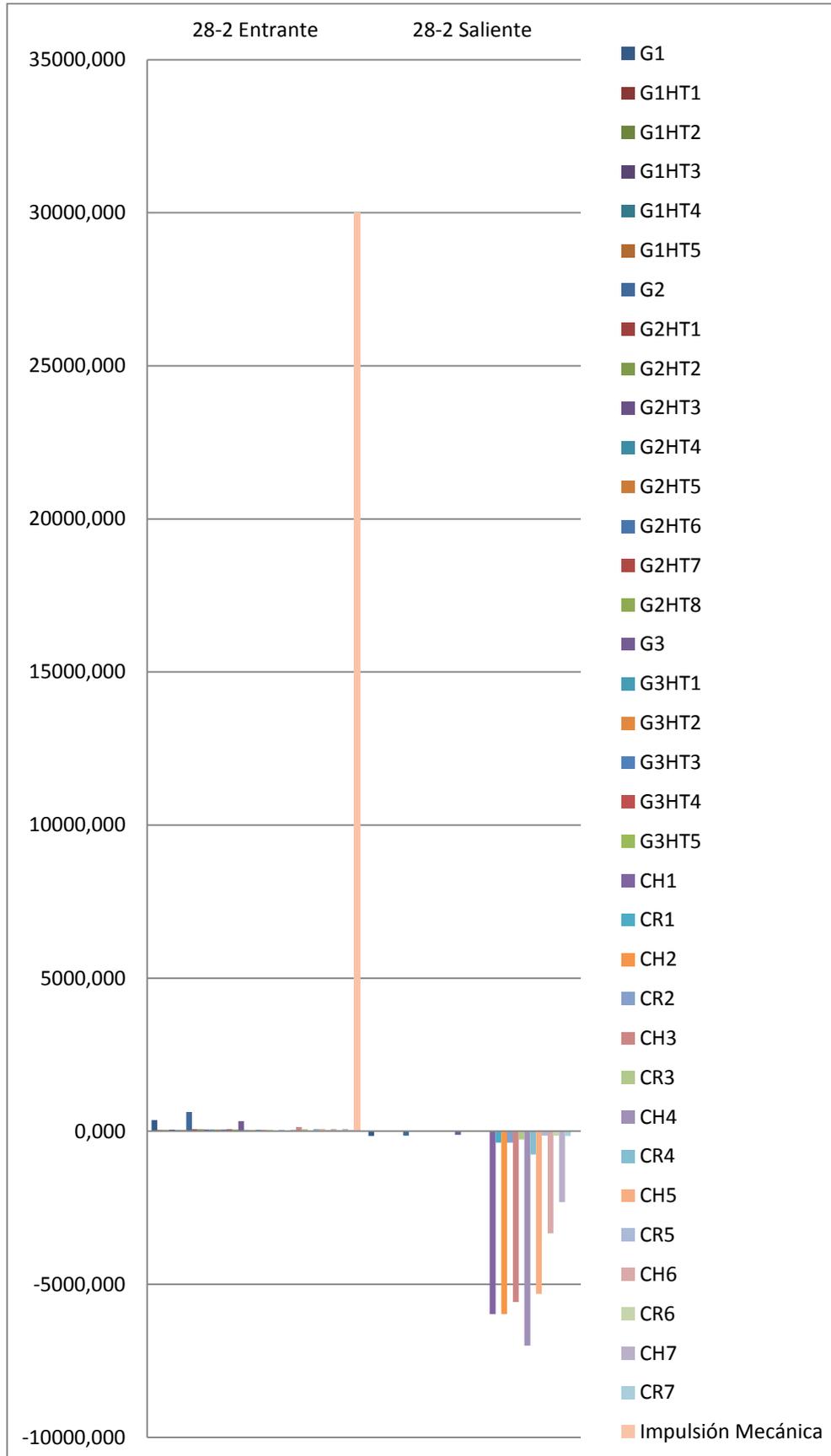
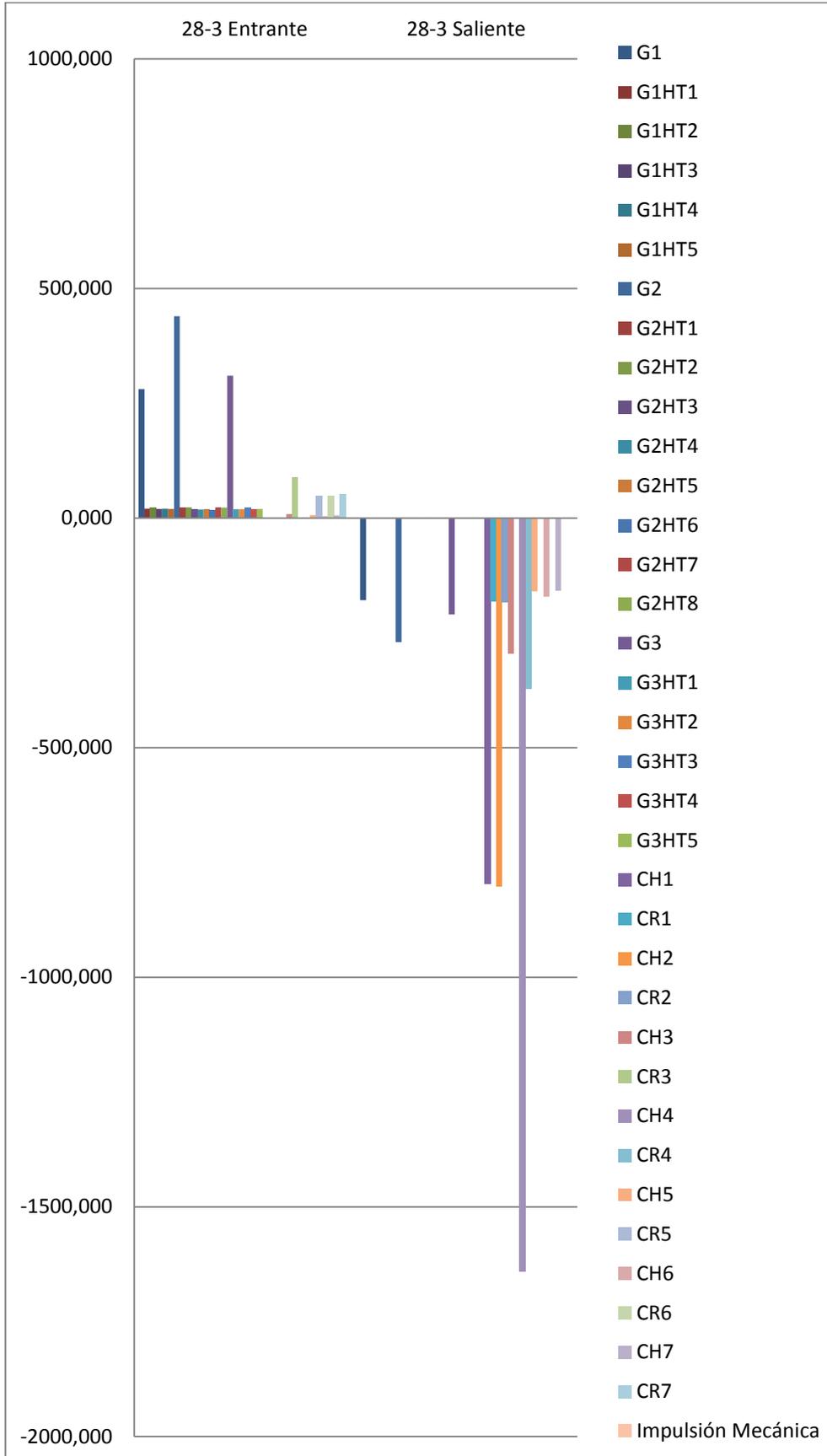


Tabla 3.8 – Modelo Sarah Salvador 28-3 - Guía de caudales (l/s) (Ventilación Natural + Giro 180°)



1. Sarah Salvador 28-1 - Ventilación Natural (sin impulsión mecánica)

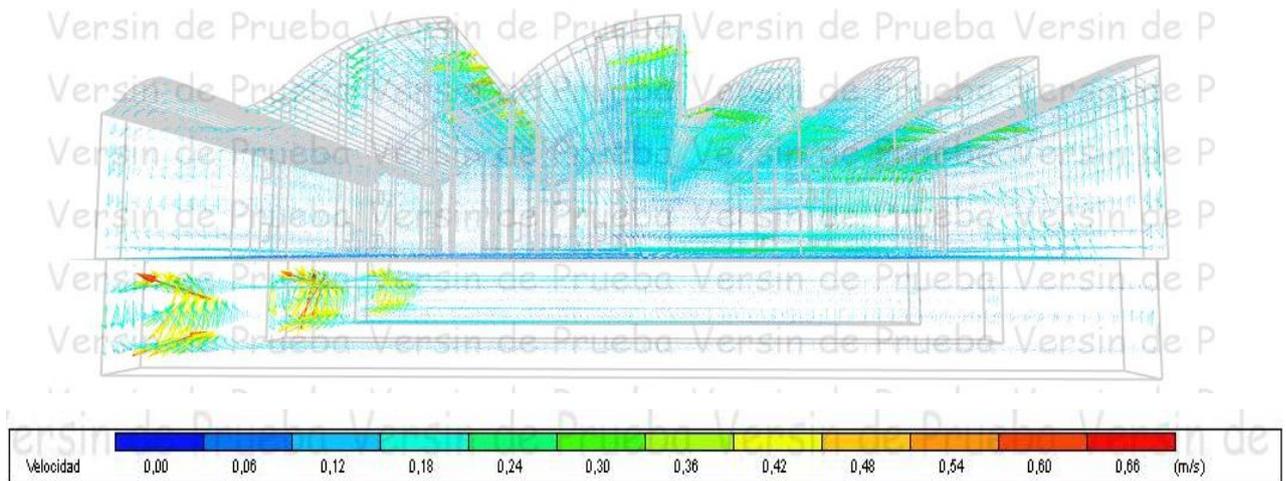


Figura 3.68 – Modelo Sarah Salvador 28-1 - Mapa de velocidad – con vector de velocidad (Design Builder)

Para esta situación, el mapa de velocidad demuestra que hay poco movimiento de aire en el interior del modelo, que los valores más altos no llegan a alcanzar 0,70m/s y que las velocidades predominantes rondan 0,18 m/s. También se percibe una suave aceleración en las aperturas de los sheds y en las aperturas de las galerías.

En el guión de caudales, se percibe que el aire entra principalmente por las aperturas de la galería: G1, G2 y G3, que están orientados hacia los vientos dominantes de Noreste; y sale un poco por las mismas aperturas de la galería, pero, principalmente por las aperturas de los sheds: especialmente por CH4 y también por demás huecos (ventanas) y rejillas de la cubierta.



Figura 3.69 – Modelo Sarah Salvador 28-1 - Mapa de temperatura - con contorno3D de temperatura (Design Builder)

El mapa de temperaturas demuestra que el ambiente interior presenta valores que varían entre 22°C y 29°C, con predominancia de temperaturas alrededor de 25°C.

2. Sarah Salvador 28-2 - Ventilación Natural + ventilación mecanizada

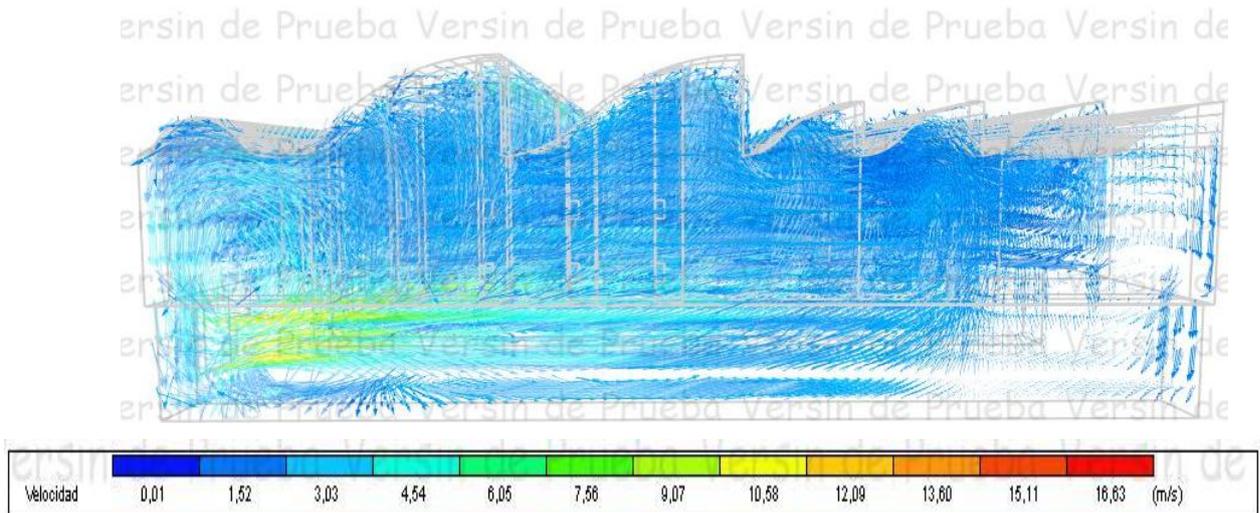


Figura 3.70 – Modelo Sarah Salvador 28-2 - Mapa de velocidad – con vector de velocidad (Design Builder)

Para mejor entendimiento de este mapa de velocidades, la lectura debe ser apoyada por las guías de caudales y tablas con valores, que se encuentran en Anexo. Se observa que los valores de velocidad más altos se encuentran en la galería, debido a la impulsión mecanizada, pudiendo alcanzar más de 10 m/s. Pero, realmente, lo que predomina son valores más reducidos, que varían entre 1,52m/s y 3,03m/s, con algunas zonas que alcanzan los 4,54m/s.

En el guión de caudales, se percibe que el aire entra principalmente por las aperturas de la galería: G1, G2 y G3, que están orientados hacia los vientos dominantes de Noreste; y sale un poco por las mismas aperturas de la galería, pero, principalmente por las aperturas de los sheds: especialmente por CH4 y también por demás huecos (ventanas) y rejillas de la cubierta.

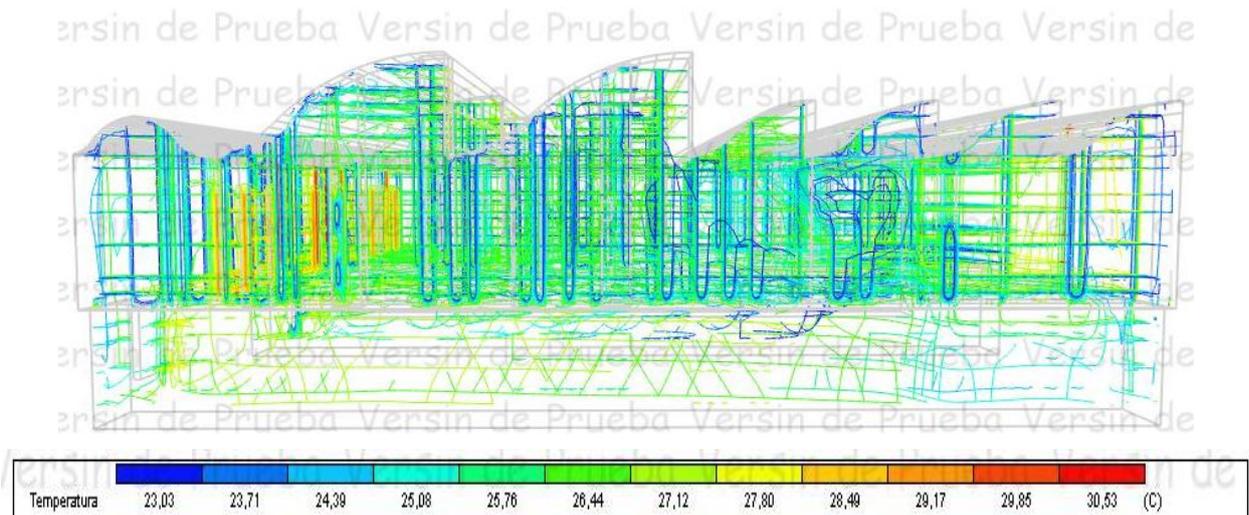


Figura 3.71 – Modelo Sarah Salvador 28-2 - Mapa de temperatura - con contorno3D de temperatura (Design Builder)

A través de este mapa de temperaturas, se puede percibir que los valores encontrados varían entre los 23°C y los 30°C. Siendo que, en la galería, se nota que entra con temperaturas alrededor de 27°C y se va enfriando al largo del túnel y en la hospitalización, los valores son más variables, con predominancia de temperaturas entre los 25°C y los 26°C.

3. Sarah Salvador 28-3 - Ventilación Natural + Giro 180°

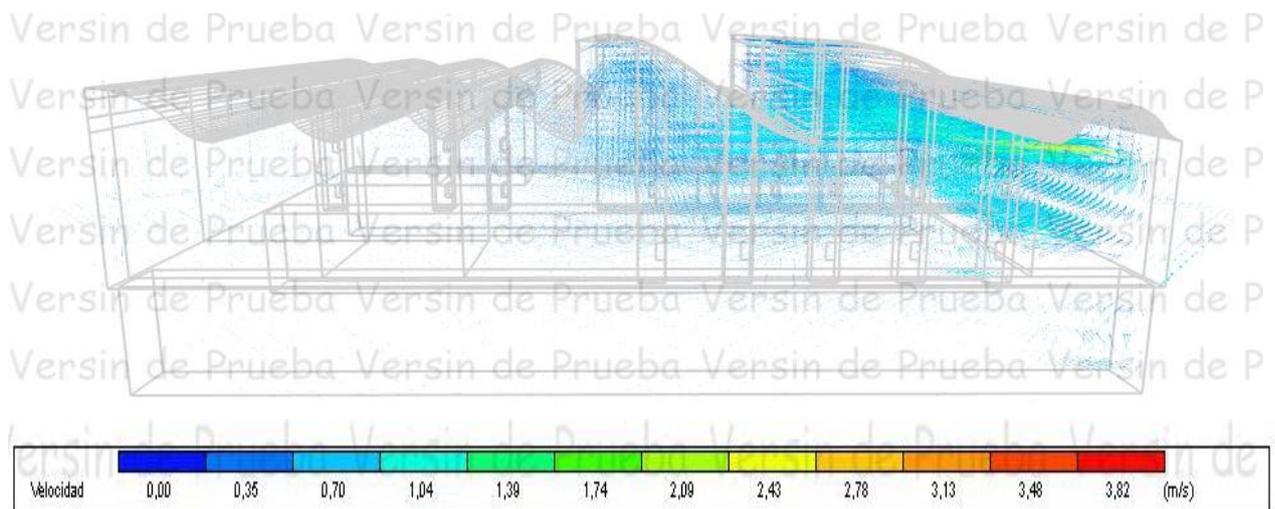


Figura 3.72 – Modelo Sarah Salvador 28-3 - Mapa de velocidad – con vector de velocidad (Design Builder)

En este mapa de velocidad, se percibe, igual que la primera situación, que hay poco movimiento de aire en el interior del modelo y con velocidades bajas, que varían entre 0,70 m/s y 1,04 m/s, con alguna zona que llega a alcanzar valores alrededor de los 2,00 m/s.

En el guión de caudales, se percibe que se trata de una situación similar a la primera situación, con entrada de viento por las aperturas de las galerías, ya que las mismas captan los vientos dominantes provenientes de Sureste, y con salida de estos vientos un poco por las mismas aperturas, pero, principalmente por los huecos (ventanas) de los sheds de la cubierta, especialmente por CH4:

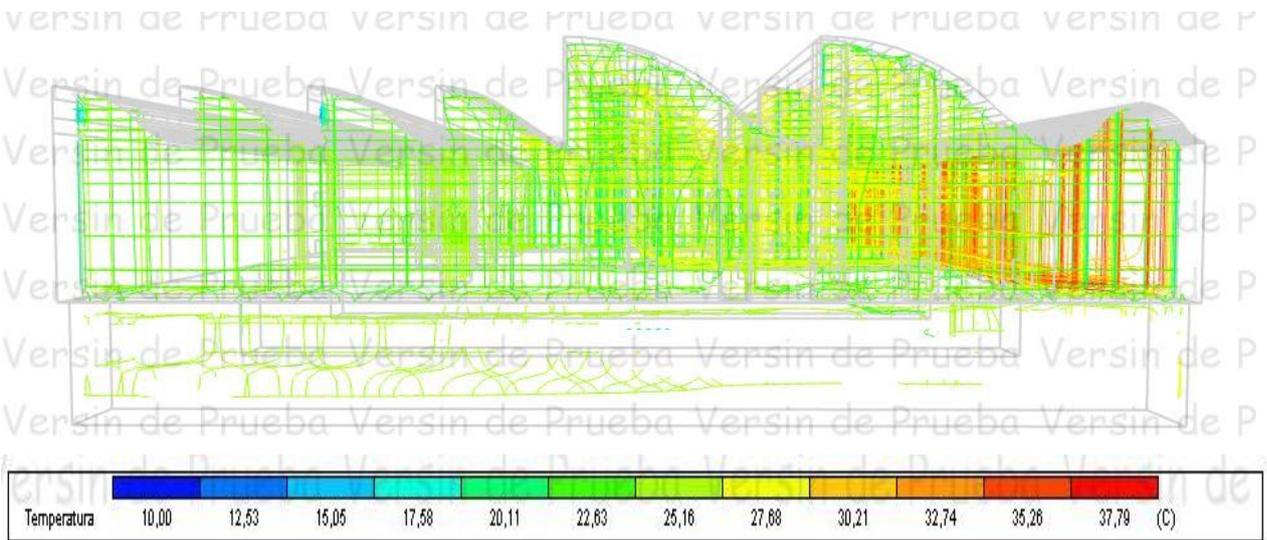


Figura 3.73 – Modelo Sarah Salvador 28-3 - Mapa de temperatura - con contorno3D de temperatura (Design Builder)

En este mapa de temperatura, se nota que los valores varían entre los 22°C y los 37°C, con predominancia de temperaturas entre 22°C y 27°C, que son un poco más elevadas que en las situaciones anteriores.

8.3.2 Modelo Sarah Rio de Janeiro:

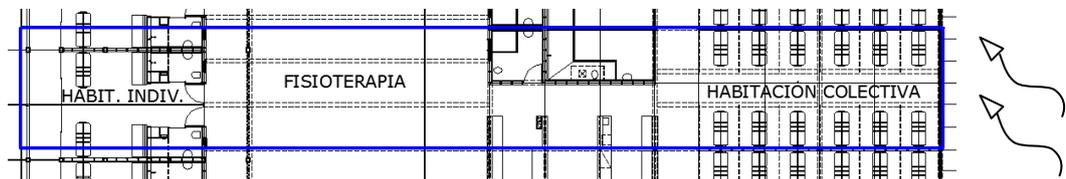


Figura 3.74 – Modelo Sarah Rio - Planta baja de hospitalización - (archivo del CTRS adaptado por la autora)

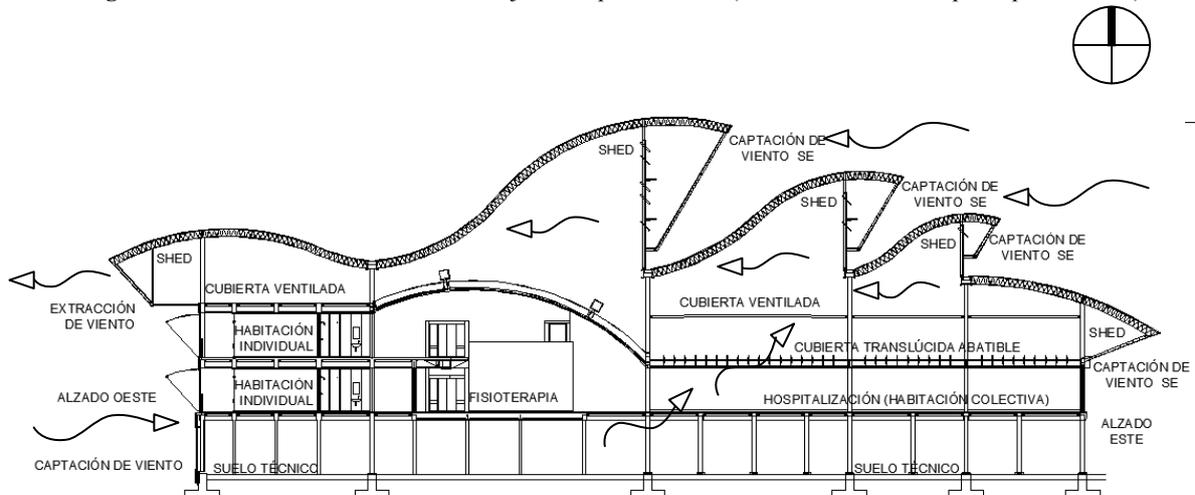


Figura 3.75 – Modelo Sarah Rio - Sección transversal ampliada – zona de hospitalización (archivo del CTRS adaptado por la autora)

Resultados de las simulaciones:

Tabla 3.9 – Modelo Sarah Rio 20 - Guía de caudales (l/s) (Ventilación Natural)

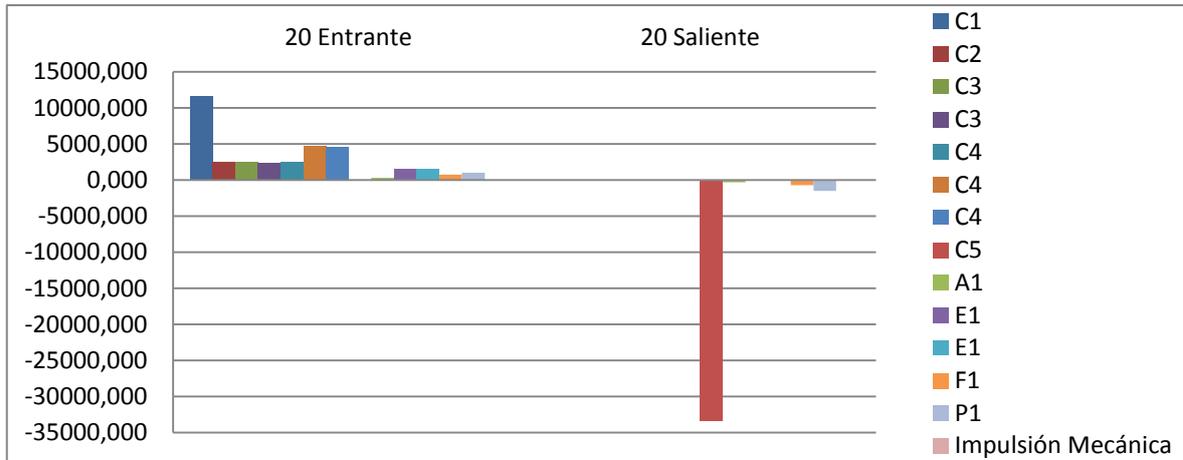


Tabla 3.10 – Modelo Sarah Rio 21 - Guía de caudales (l/s) (Ventilación Natural + Ventilación Mecanizada)

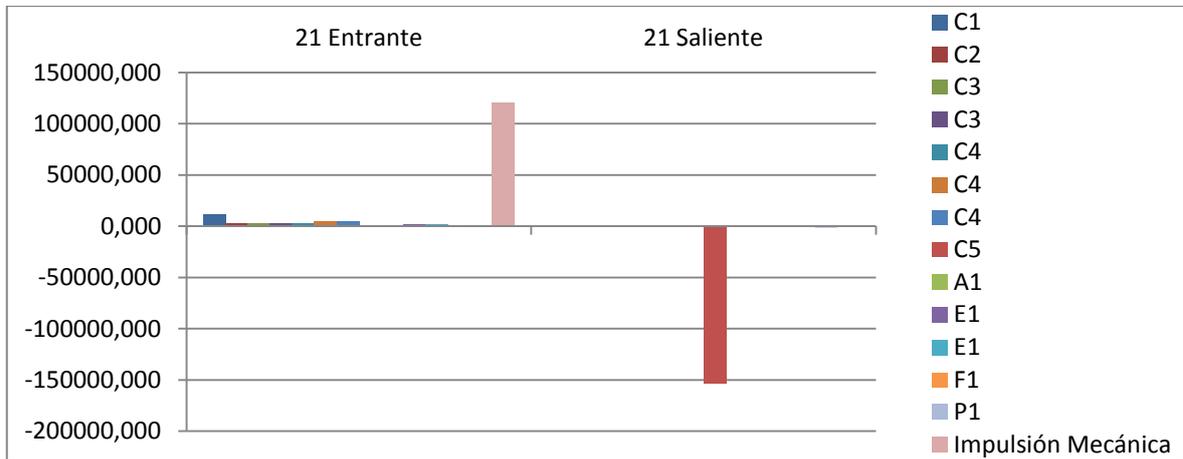
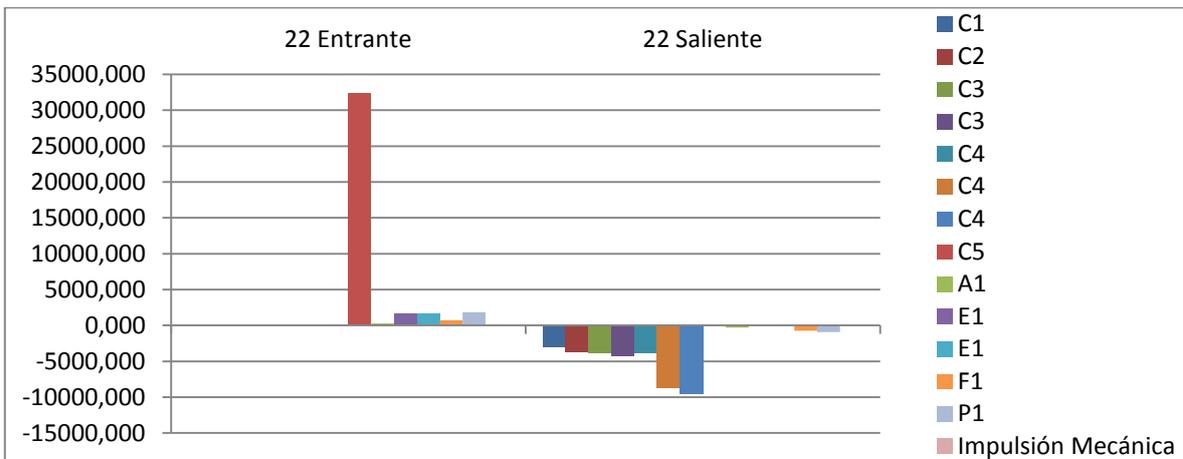


Tabla 3.11 – Modelo Sarah Rio 22 - Guía de caudales (l/s) (Ventilación Natural + Giro 180°)



1. Sarah Rio 20 - Ventilación Natural (sin impulsión mecánica)

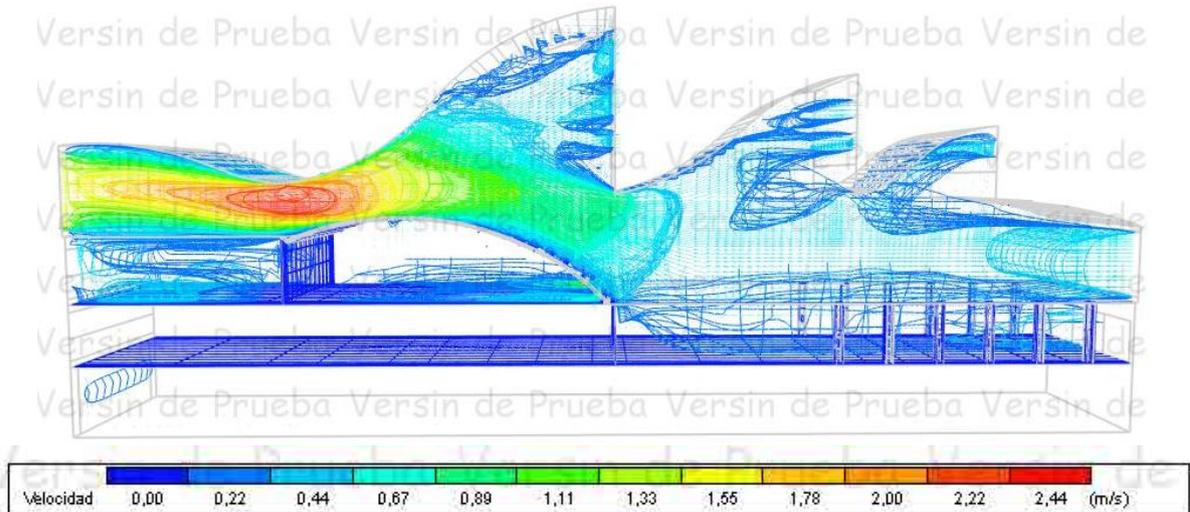


Figura 3.76 – Modelo Sarah Rio 20 - Mapa de velocidad - con contorno 3D y vector de velocidad (Design Builder)

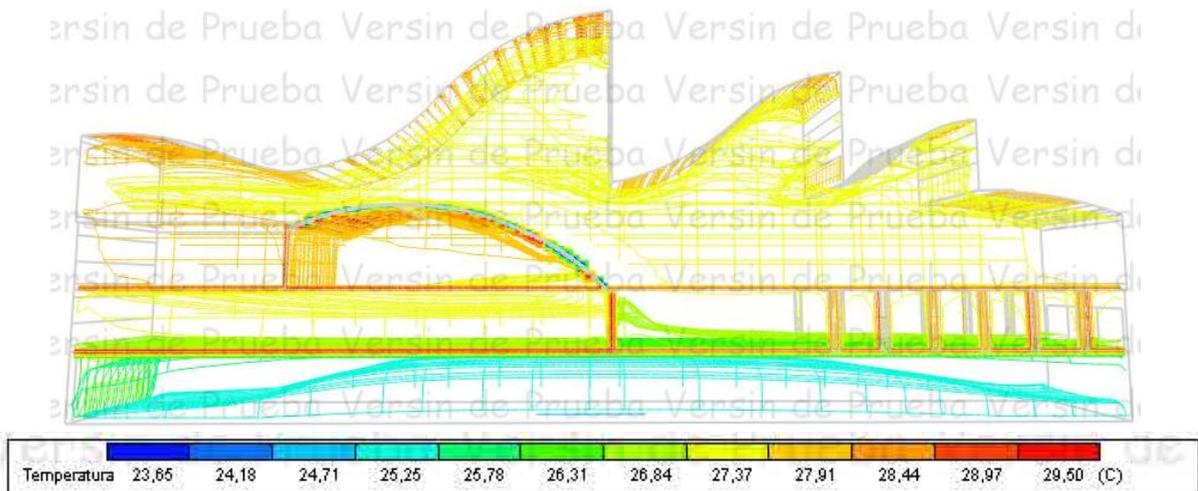


Figura 3.77 – Modelo Sarah Rio 20 - Mapa de temperatura - con contorno 3D de temperatura (Design Builder)

Para esta situación, el mapa de velocidad enseña que el aire entra en la cubierta ventilada principalmente por las cuatro aperturas de los sheds que están orientados a este, a barlovento, por donde es posible captar los vientos dominantes de sureste; Este aire sale principalmente por la apertura de shed orientada a oeste, a sotavento. Como hay un estrechamiento en la forma de la cubierta, el aire sufre una visible aceleración en este punto para poder llegar a la apertura del shed de la fachada opuesta, por donde sale. Mientras el aire que entra en la cubierta ventilada está entre 0,22m/s y 0,44m/s (para esta situación simulada), en el punto de máxima aceleración puede alcanzar 2,44m/s, saliendo con una velocidad de hasta 1,55m/s.

En el pavimento técnico el aire apenas se mueve. Esto está explicado por el hecho de que en esta situación se ha simulado el movimiento de la ventilación natural sin la impulsión mecánica del pavimento técnico. Además, las aperturas están orientadas hacia oeste, lado opuesto a de los vientos dominantes.

En la planta de hospitalización, se nota que el aire circula a una velocidad entre 0,22m/s y 0,44m/s, proveniente de la apertura orientada a este. Por las chimeneas también se nota una velocidad muy reducida, por el hecho de que casi no hay movimiento de aire en el pavimento técnico.

La Guía de diferencia de caudales deja claro que hay caudales de aire saliendo por la apertura del apartamento (habitación individual), de la fisioterapia y también por la apertura del pavimento técnico, pero el volumen de mayor relevancia es el que sale por la apertura del shed a sotavento.

El mapa de temperaturas enseña que la temperatura que se encuentra en la cubierta ventilada está alrededor de 27°C; en la planta de hospitalización, a nivel de suelo, las temperaturas están alrededor de los 26°C, alcanzando los 27°C a nivel de techo en la fisioterapia; en el pavimento técnico, las temperaturas ya son un poco más bajas, alrededor de 25°C. En la cara oeste, se ve algunos contornos de temperatura alrededor de los 28°C en la habitación individual posiblemente porque la simulación ha considerado un día de verano a las 17h, además se trata de un ambiente que intercambia poco aire con el conjunto.

2. Sarah Rio 21 - Ventilación Natural + ventilación mecanizada

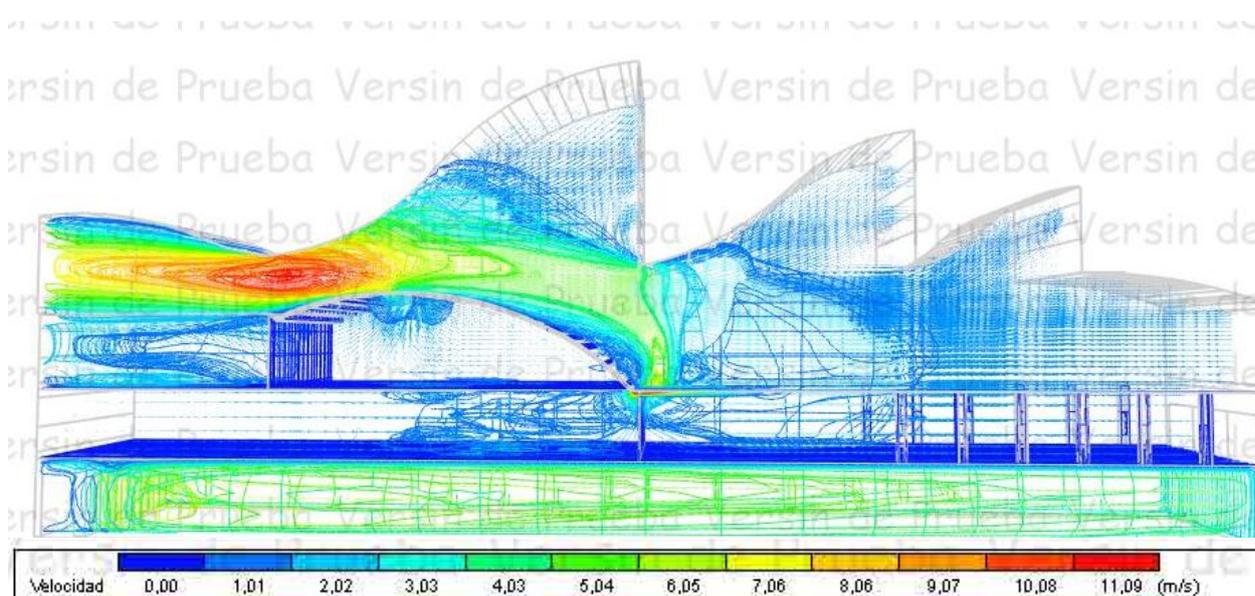


Figura 3.78 – Modelo Sarah Rio 21 - Mapa de velocidad - con contorno 3D y vector de velocidad (Design Builder)

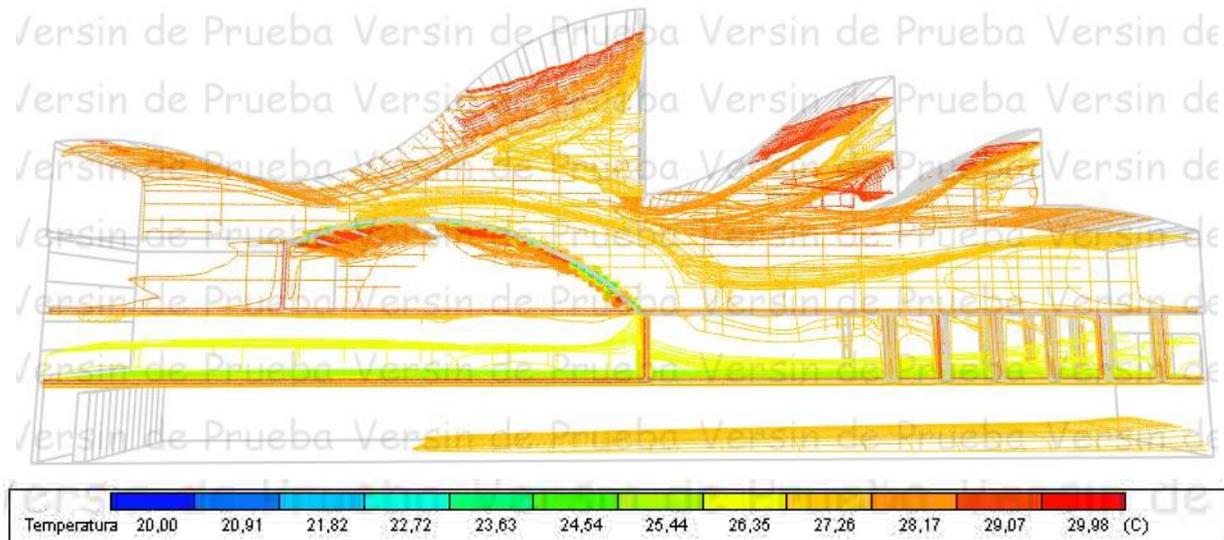


Figura 3.79 – Modelo Sarah Rio 21 - Mapa de temperatura - con contorno3D de temperatura (Design Builder)

Para esta situación, el mapa de velocidad enseña que el aire entra en la cubierta ventilada principalmente por las cuatro aperturas de los sheds que están orientados a este, a barlovento, por donde es posible captar los vientos dominantes de sureste; Este aire sale principalmente por la apertura de shed orientada a oeste, a sotavento. Como hay un estrechamiento en la forma de la cubierta, el aire sufre una visible aceleración en este punto para poder llegar a la apertura del shed de la fachada opuesta, por donde sale. Mientras el aire que entra en la cubierta ventilada es menor que 1,0 m/s (de 0,22m/s a 0,44m/s si consideramos el valor encontrado en la simulación anterior), en el punto de máxima aceleración puede alcanzar los 11,09m/s, saliendo con una velocidad de hasta 7,06m/s.

Se ha aplicado un importante volumen de aire, a través de impulsión mecánica, desde el pavimento técnico hacia la planta de hospitalización, para que se observe con más facilidad el movimiento que hace el aire en este recorrido.

La Guía de diferencia de caudales deja claro que hay caudales de aire saliendo por la apertura del apartamento (habitación individual), de la fisioterapia y también por la apertura del pavimento técnico, pero el volumen de mayor relevancia sigue siendo el que sale por la apertura del shed a sotavento. Los caudales son los mismos de la simulación anterior, pero el valor del caudal saliente está incrementado con el valor que ha sido inyectado por impulsión mecánica. Se nota que el valor de la impulsión pasó a ser el mayor valor de caudal entrante.

En el pavimento técnico ya se nota un movimiento importante de aire, comparado a la simulación anterior, con velocidades que pueden alcanzar hasta 7,06m/s.

En la planta de hospitalización, se nota que el aire circula con un poco más de velocidad que en la simulación anterior, con valores de hasta 1,01m/s en la hospitalización colectiva y entre 1,01m/s y 2,02m/s en la hospitalización individual y fisioterapia.

En el mapa de velocidad se ve como el aire parece concentrarse en un punto entre la fisioterapia y la habitación colectiva para acceder la cubierta ventilada. Esto ha ocurrido porque en el modelo no se ha podido representar perfectamente las aperturas de la cubierta translúcida abatible que cubren la zona de habitación colectiva, que harían con que el aire subiera de modo más distribuido al largo de la habitación.

Se puede percibir el movimiento de aire existente en las chimeneas a través de las flechas verticales. El aire sube desde pavimento técnico hacia la habitación colectiva, circula por las chimeneas y sale por unas rejillas ubicadas a aproximadamente 0,70m del suelo. Por el color azul, percibimos que, mismo en esta situación, donde se ha aplicado una fuerte impulsión mecanizada, la velocidad del aire por este conducto no parece superar 1,01m/s.

El mapa de temperaturas enseña que la que se encuentra en la cubierta ventilada está entre 27°C y 30°C, temperaturas más altas que en la situación anterior; en la planta de hospitalización, a nivel de suelo, las temperaturas están entre 25°C y 26°C, alcanzando los 27°C a nivel de techo; en el pavimento técnico, las temperaturas están alrededor de 27°C. Estos dos grados de más posiblemente serán porque al incrementar la entrada de aire exterior, naturalmente el aire interior tiende a igualarse al de afuera. En la cara oeste, se ve algunos contornos de temperatura alrededor de los 28°C en la habitación individual posiblemente porque la simulación ha considerado un día de verano a las 17h, además se trata de un ambiente que intercambia poco aire con el conjunto.

3. Sarah Rio 22 - Ventilación Natural + Giro 180°

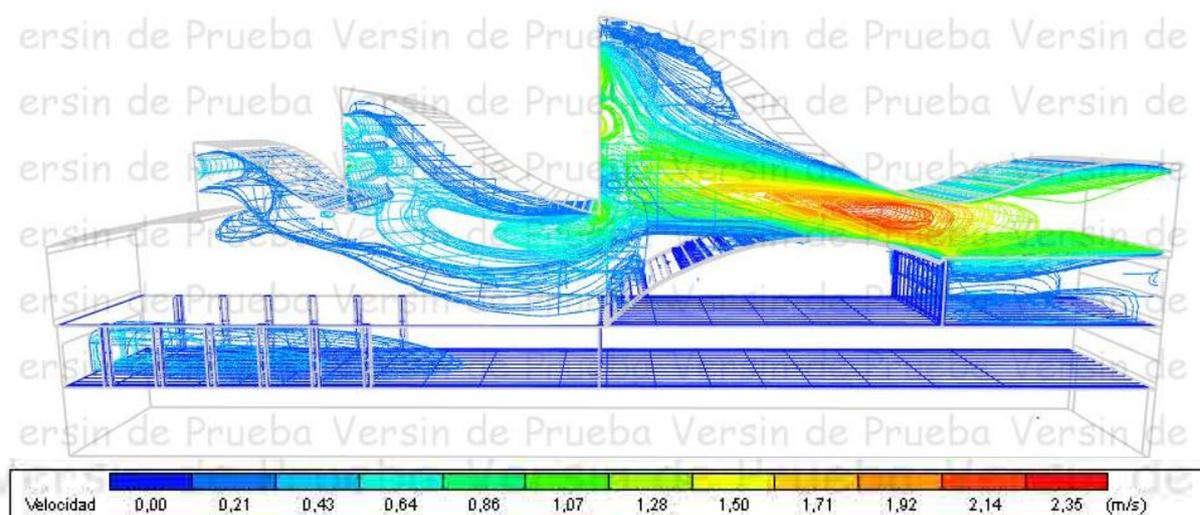


Figura 3.80 – Modelo Sarah Rio 22 - Mapa de velocidad - con contorno 3D y vector de velocidad (Design Builder)

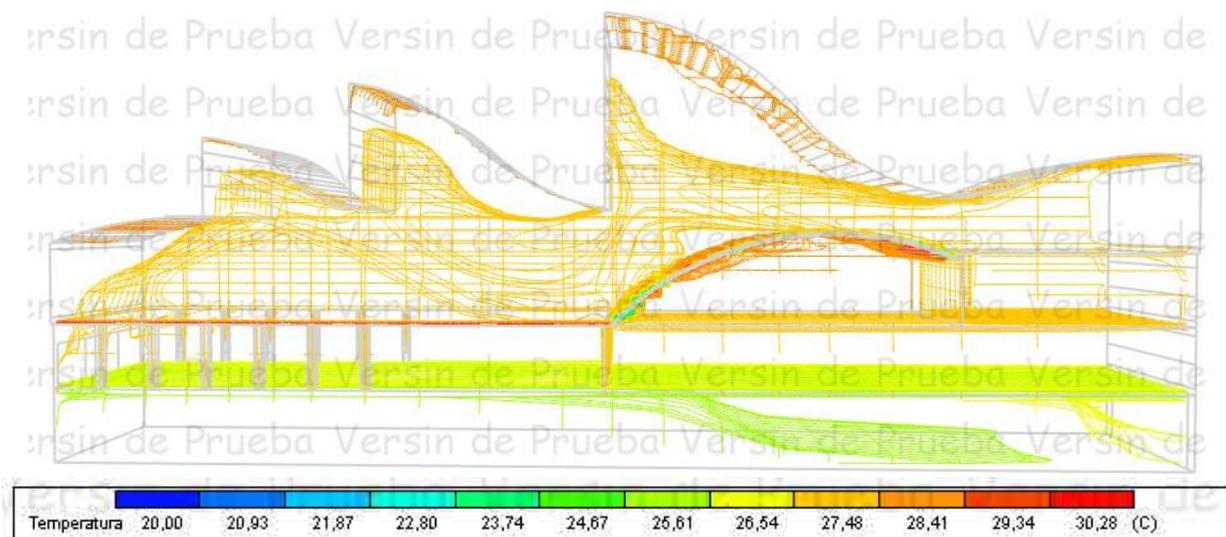


Figura 3.81 – Modelo Sarah Rio 22 - Mapa de temperatura - con contorno3D de temperatura (Design Builder)

Para esta situación, el mapa de velocidad enseña que el aire entra en la cubierta ventilada principalmente por la apertura del shed que ahora está orientado a este, a barlovento, por donde es posible captar los vientos dominantes de sureste; Este aire sale principalmente por las cuatro aperturas de shed orientadas a oeste, a sotavento. Como hay un estrechamiento en la forma de la cubierta, el aire sufre una visible aceleración en este punto para poder llegar a las aperturas de la fachada opuesta, por donde sale. Mientras el aire que entra en la cubierta ventilada está entre 0,43m/s y 1,50m/s (para esta situación simulada), en el punto de máxima aceleración puede alcanzar 2,35m/s, saliendo con una velocidad entre 0,43 m/s y 1,50m/s.

En el pavimento técnico se percibe una entrada de aire por la apertura del pavimento técnico, pero este aire apenas se mueve. Las velocidades registradas en el mapa indican valores cercanos a 0,21m/s.

En la planta de hospitalización, se nota que el aire circula a una velocidad también muy baja, entre 0,21m/s y 0,43m/s. Por las chimeneas también se nota una velocidad muy reducida, por el hecho de que casi no hay movimiento de aire en el pavimento técnico.

La Guía de diferencia de caudales deja claro que el principal caudal de aire entrante está por la apertura del shed a barlovento y que las principales salidas de aire son realmente las aperturas de los sheds de la cubierta que ahora están a sotavento. Curiosamente por la apertura de la habitación colectiva no sale aire y más bien, entra algo.

El mapa de temperaturas enseña que la temperatura que se encuentra en la cubierta ventilada está alrededor de 27°C; en la planta de hospitalización, a nivel de suelo, las temperaturas están entre 25°C y 26°C, alcanzando los 27°C a nivel de techo en la fisioterapia y en la habitación individual; en el pavimento técnico, las temperaturas son alrededor de 27°C próximo a la entrada de aire y aproximadamente 25°C al largo del espacio.

8.4 Conclusiones generales y comprobación de la hipótesis

El shed aporta luz difusa cenital a todo el espacio, a lo largo de todo el año, dándole uniformidad; protege de la entrada de radiación directa y es poco sensible al cambio de latitud en su funcionamiento lumínico.

A través del shed, se consigue, como máximo, un 2% de FLD de luz difusa.

El funcionamiento del shed no se ve modificado por la procedencia del viento dominante.

Si no hay impulsión mecánica, no se aprecia ventilación vertical en los espacios, apenas ventilación en sentido horizontal, a nivel de cubierta.

La utilización de sheds permite la ventilación higiénica, a través de la renovación del aire y también la ventilación térmica, a través del cambio o movimiento del aire.

El hecho de tener el ambiente abierto o cerrado, influencia muy poco en su funcionamiento térmico.

Para el invierno del clima mediterráneo, estas pautas de diseño pueden generar mejores resultados térmicos si se considera el sistema constructivo local, que contempla la utilización de capas aislantes, y si hay un pequeño aporte de calefacción en los días más críticos.

8.5 Recomendaciones para futuras investigaciones

Simular el comportamiento de los edificios Sarah Salvador y Sarah Rio para épocas de primavera y otoño, cuando la temperatura es más suave.

Simular el comportamiento lumínico, térmico y de ventilación de todos los edificios de la Red Sarah para observar los cambios que ocurren y llegar a comprobar la influencia de la forma del shed en este resultado.

Simular el comportamiento lumínico, térmico y de ventilación para los hospitales catalanes destacados en este documento, para averiguar si el diseño les confiere autonomía y confort.

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1.1 - Mapa de climas de Brasil.....	22
Figura 1.2 – Mapa de climas de Cataluña.....	32
Figura 1.3 - Casa Batlló.....	42
Figura 1.4 - Sagrada Familia.....	42
Figura 1.5 - Catedral de Toledo.....	43
Figura 1.6 - Catedral de Brasilia.....	43
Figura 1.7 - Clasificación de iluminación de locales industriales.....	45
Figura 1.8 - Fábrica de máquinas fotográficas. Alemania, Arq. Kraemer.....	45
Figura 1.9 – Lucernario.....	46
Figura 1.10 - Croquis de lucernario.....	46
Figura 1.11 - Croquis de lucernario.....	46
Figura 1.12 - Cubierta monitor.....	47
Figura 1.13 - Croquis de cubierta monitor.....	47
Figura 1.14 - Croquis de cubierta monitor.....	47
Figura 1.15 - Forjado translúcido.....	48
Figura 1.16 - Croquis de forjado translúcido.....	48
Figura 1.17 - Croquis de forjado translúcido.....	48
Figura 1.18 - Claraboya – Palau de la Música Catalana.....	49
Figura 1.19 - Croquis de claraboya.....	49
Figura 1.20 - Croquis de claraboya.....	49
Figura 1.21 - Cúpula – Panteón.....	50
Figura 1.22 - Croquis de cúpula.....	50
Figura 1.23 - Croquis de cúpula.....	50
Figura 1.24 - Linterna – Caballerizas Güell.....	51
Figura 1.25 - Croquis de linterna.....	51
Figura 1.26 - Croquis de linterna.....	51
Figura 1.27 - Cubierta en diente de sierra – nave industrial.....	52
Figura 1.28 - Croquis de cubierta en diente de sierra.....	52
Figura 1.29 - Croquis de cubierta en diente de sierra.....	52
Figura 1.30 - Shed - cubierta en diente de sierra – MNACTEC.....	53
Figura 1.31 - Shed - cubierta en diente de sierra – MNACTEC.....	53
Figura 1.32 - Modelo de movimiento del aire alrededor de un edificio.....	55
Figura 1.33 - El aire no circula en el interior por falta de una 2ª ventana.....	55
Figura 1.34 - Modelo de movimiento del aire en la sección de un edificio.....	56
Figura 1.35 - El aire circula en el interior por existir dos ventanas opuestas.....	56
Figura 1.36 - Acción del viento en interiores y exteriores.....	56
Figura 1.37 - Ventilación cruzada.....	58
Figura 1.38 - Efecto chimenea.....	58
Figura 2.1 - Hôtel-Dieu de Tonnerre, enfermería.....	66
Figura 2.2 - La red hospitalaria de Barcelona.....	67
Figura 2.3 - Hospital de la Santa Creu. Interior de una nave - sala para mujeres.....	68
Figura 2.4 - Claustro Norte y patio interior del Hospital de la Santa Creu.....	68
Figura 2.5 - Planta del Hospital de la Santa Creu en 1585.....	69
Figura 2.6 - Planta de Filarete para el Ospedale Maggiore.....	71
Figura 2.7 - Planta del Hospital de la Santa Cruz, Toledo.....	71
Figura 2.8 - Imagen del cruce de naves.....	71

Figura 2.9 - Proyecto de Antoine Petit, 1774.....	72
Figura 2.10 - Proyecto de Bernart Poyet, 1785.....	72
Figura 2.11 - Planta del Hospital Lariboisière, Paris.....	74
Figura 2.12 - Planta de un modelo de enfermería Nightingale.....	75
Figura 2.13 - Casa de Maternidad.....	77
Figura 2.14 - Hospital San Joan de Deus.....	78
Figura 2.15 - Manicomio de la Santa Creu.....	79
Figura 2.16 - Hospital Clínico y Provincial.....	80
Figura 2.17 - Hospital del Mar.....	81
Figura 2.18 - Hospital de la Santa Creu i Sant Pau. Perspectiva.....	82
Figura 2.19 - Hospital de la Santa Creu i Sant Pau – Pabellones.....	84
Figura 2.20 - Hospital de la Santa Creu i Sant Pau – Entrada principal.....	85
Figura 2.21 - Hospital de la Santa Creu i Sant Pau - Vestíbulo de entrada.....	85
Figura 2.22 - Rigshospital. Copenhagen, 1910. Planta de enfermería.....	86
Figura 2.23 - Hospital de Beaujon, Clichy, 1932-1935.....	87
Figura 2.24 - Sanatorio de Zonnestraal, Holanda. Vista aérea.....	89
Figura 2.25 - Sanatorio de Zonnestraal, Holanda. Planta general.....	89
Figura 2.26 - Sanatorio de Paimio, Finlandia. Vista interior.....	90
Figura 2.27 - Sanatorio de Paimio, Finlandia. Vista exterior.....	90
Figura 2.28 - Hospital del distrito de Waiblingen. Vista exterior.....	91
Figura 2.29 - Hospital del distrito de Waiblingen. Vista exterior.....	91
Figura 2.30 - Dispensario Central Antituberculoso– vista exterior.....	92
Figura 2.31 - Hospital de San Sebastián, 1932, croquis de la perspectiva.....	94
Figura 2.32 - Hospital Franco Americano de Saint-Lô, Normandía, 1946-1956.....	95
Figura 2.33 - Hospital de Wexham Park, en Inglaterra, 1962-1966. Planta y vista.....	96
Figura 2.34 - Hospital Bury St. Edmunds. Sección.....	98
Figura 2.35 - Hospital Bury St. Edmunds. Patio interior.....	98
Figura 2.36 - REHAB - Vista exterior.....	100
Figura 2.37 - REHAB – Patio interior.....	100
Figura 2.38 - REHAB - Vista exterior con claraboyas.....	100
Figura 2.39 - REHAB - Habitación con claraboya.....	100
Figura 2.40 - Hospital Infantil en Zurich. Vista exterior.....	101
Figura 2.41 - Hospital Infantil en Zurich. Vista interior del pátio de luz.....	101
Figura 2.42 - Hospital Taguatinga – fachada frontal con las ventanas protegidas por brises.....	105
Figura 2.43 - Hospital Taguatinga – vista del ambulatorio con la cubierta de sheds de hormigón.....	105
Figura 2.44 – Hospital Sarah Brasilia.....	106
Figura 2.45 - Hospital Sarah Brasilia – Sistema constructivo. Croquis de Lelé.....	107
Figura 2.46 - Hospital Sarah Brasilia – Terrazas-jardines con los enfermos en camas-macas.....	107
Figura 2.47 - Mapa de Brasil con la ubicación de todas las unidades de la Red.....	109
Figura 2.48 - Hospital Sarah São Luis.....	109
Figura 2.49 - Hospital Sarah Salvador.....	110
Figura 2.50 - Hospital Sarah Belo Horizonte.....	110
Figura 2.51 - Hospital Sarah Fortaleza.....	111
Figura 2.52 - Hospital Sarah Rio Centro de Reabilitação Infantil.....	111
Figura 2.53 - Hospital Sarah Brasilia Lago Norte.....	112
Figura 2.54 - Hospital Sarah Macapá.....	112
Figura 2.55 - Hospital Sarah Belém.....	113
Figura 2.56 - Hospital Sarah Rio de Janeiro.....	113

Figura 2.57 – Hospital Sarah Salvador - Vista aérea.....	118
Figura 2.58 – Hospital Sarah Salvador - Vista aérea - Fachada noreste y sureste.....	119
Figura 2.59 – Hospital Sarah Salvador – Emplazamiento.....	119
Figura 2.60 – Hospital Sarah Salvador - Planta de cubierta.....	120
Figura 2.61 – Hospital Sarah Salvador - Planta baja.....	120
Figura 2.62 – Hospital Sarah Salvador - Planta sótano - galerías.....	121
Figura 2.63 – Hospital Sarah Salvador – Sección.....	121
Figura 2.64 – Hospital Sarah Salvador - Sección ampliada.....	121
Figura 2.65 – Hospital Sarah Salvador - Cubierta en teja.....	122
Figura 2.66 – Hospital Sarah Salvador - Cubierta en shed.....	122
Figura 2.67 – Hospital Sarah Salvador - Fachada Noreste. Vista exterior de galería.....	123
Figura 2.68 – Hospital Sarah Salvador - Fachadas Sur y Sureste - Vista de residencia médica.....	123
Figura 2.69 – Hospital Sarah Salvador - Espera de Ambulatorio.....	124
Figura 2.70 – Hospital Sarah Salvador - Vista de pasillo.....	124
Figura 2.71 – Hospital Sarah Salvador - Vista de hospitalización.....	125
Figura 2.72 – Hospital Sarah Salvador - Galería subterránea – vista interior.....	125
Figura 2.73 – Hospital Sarah Salvador - Galería subterránea	125
Figura 2.74 – Hospital Sarah Salvador - Ventilación natural por los sheds – croquis de Lelé.....	127
Figura 2.75 – Hospital Sarah Fortaleza - Vista aérea.....	128
Figura 2.76 – Hospital Sarah Fortaleza - Vista aérea - Fachada noroeste.....	129
Figura 2.77 – Hospital Sarah Fortaleza - Planta de emplazamiento.....	129
Figura 2.78 – Hospital Sarah Fortaleza - Planta de cubierta.....	130
Figura 2.79 – Hospital Sarah Fortaleza - Planta baja.....	130
Figura 2.80 – Hospital Sarah Fortaleza - Planta semi-enterrada (sótano).....	131
Figura 2.81 – Hospital Sarah Fortaleza – Sección.....	131
Figura 2.82 – Hospital Sarah Fortaleza - Sección ampliada.....	131
Figura 2.83 – Hospital Sarah Fortaleza - Fachada sureste - Vista exterior de los sheds.....	132
Figura 2.84 – Hospital Sarah Fortaleza - Fachada sureste - Vista exterior de los sheds	132
Figura 2.85 – Hospital Sarah Fortaleza - Vista exterior de la galería.....	133
Figura 2.86 – Hospital Sarah Fortaleza - Vista exterior de la galería.....	133
Figura 2.87 – Hospital Sarah Fortaleza - Fachada suroeste - vista interna del solarío.....	133
Figura 2.88 – Hospital Sarah Fortaleza - Vista interior – pasillo	133
Figura 2.89 – Hospital Sarah Fortaleza - Vista interior – zona de fisioterapia.....	134
Figura 2.90 – Hospital Sarah Fortaleza - Vista interior del shed – zona de fisioterapia.....	134
Figura 2.91 – Hospital Sarah Fortaleza - Cubierta de jardín.....	136
Figura 2.92 – Hospital Sarah Fortaleza - Ventilación natural por los sheds – croquis de Lelé.....	136
Figura 2.93 – Hospital Sarah Rio de Janeiro - Vista aérea.....	137
Figura 2.94 – Hospital Sarah Rio de Janeiro - Vista aérea.....	138
Figura 2.95 – Hospital Sarah Rio de Janeiro – Emplazamiento.....	138
Figura 2.96 – Hospital Sarah Rio de Janeiro - Planta de Cubierta.....	139
Figura 2.97 – Hospital Sarah Rio de Janeiro - Planta baja.....	139
Figura 2.98 – Hospital Sarah Rio de Janeiro - Sección transversal.....	140
Figura 2.99 – Hospital Sarah Rio de Janeiro - Sección transversal.....	140
Figura 2.100 – Hospital Sarah Rio de Janeiro - Sección transversal ampliada.....	140
Figura 2.101 – Hospital Sarah Rio de Janeiro - Fachada sur y este - vista exterior - fase de obra	141
Figura 2.102 – Hospital Sarah Rio de Janeiro - Fachada oeste.....	141
Figura 2.103 – Hospital Sarah Rio de Janeiro - Vista interior del suelo técnico – fase de obra.....	142
Figura 2.104 – Hospital Sarah Rio de Janeiro - Vista interior de los arcos móviles – fase de obra.....	142
Figura 2.105 – Hospital Sarah Rio de Janeiro - Bloque de hospitalización.....	143

Figura 2.106	– Hospital Sarah Rio de Janeiro - Vista de gimnasio de actividades /fisioterapia.....	143
Figura 2.107	– Hospital Sarah Rio de Janeiro - Vista de la hospitalización – habitación colectiva.....	144
Figura 2.108	– Hospital Sarah Rio de Janeiro - Vista de la hospitalización	144
Figura 2.109	– Hospital Sarah Rio de Janeiro - Ventilación natural por los sheds. Croquis de Lelé.....	147
Figura 2.110	– Hosp. de la Santa Creu i Sant Pau - Foto aérea.....	148
Figura 2.111	– Hosp. de la Santa Creu i Sant Pau – Emplazamiento.....	149
Figura 2.112	– Hosp. de la Santa Creu i Sant Pau - Planta 1.....	149
Figura 2.113	– Hosp. de la Santa Creu i Sant Pau – Secciones.....	150
Figura 2.114	– Hosp. de la Santa Creu i Sant Pau - Fachada Noroeste – Acceso principal planta 1.....	150
Figura 2.115	– Hosp. de la Santa Creu i Sant Pau - Fachada Noreste – Acceso principal planta baja.....	151
Figura 2.116	– Hosp. de la Santa Creu i Sant Pau - Planta baja – Atrio	151
Figura 2.117	– Hosp. de la Santa Creu i Sant Pau - Planta baja – Atrio	151
Figura 2.118	– Hosp. de la Santa Creu i Sant Pau - Bloque de hospitalización – Habitación.....	152
Figura 2.119	– Hosp. de la Santa Creu i Sant Pau - Jardín entre bloques de hospitalización.....	152
Figura 2.120	– Hosp. de la Santa Creu i Sant Pau - Planta sótano -2 – Pasillo con lucernarios.....	153
Figura 2.121	– Hosp. de la Santa Creu i Sant Pau - Planta 2 – Terraza descubierta con patios de luz...	153
Figura 2.122	– Hosp. de la Santa Creu i Sant Pau - Planta sótano -1 – Patio de luz y lucernario.....	154
Figura 2.123	– Hosp. de la Santa Creu i Sant Pau - Planta sótano -1 – Patio de luz y lucernario.....	154
Figura 2.124	– H. de la Santa Creu i Sant Pau - Planta baja – Lucernario	154
Figura 2.125	– Hospital de Mollet - Vista aérea.....	157
Figura 2.126	– Hospital de Mollet – Emplazamiento.....	158
Figura 2.127	– Hospital de Mollet - Planta Baja.....	158
Figura 2.128	– Hospital de Mollet - Planta 1ª.....	158
Figura 2.129	– Hospital de Mollet - Secciones Transversales.....	159
Figura 2.130	– Hospital de Mollet - Secciones Transversales.....	159
Figura 2.131	– Hospital de Mollet - Vista Exterior – Fachada norte y fachada oeste.....	159
Figura 2.132	– Hospital de Mollet - Vista Exterior – Fachada este.....	160
Figura 2.133	– Hospital de Mollet - Vista Exterior – Fachada sur.....	160
Figura 2.134	– Hospital de Mollet - Planta baja - Pasillo público.....	161
Figura 2.135	– Hospital de Mollet - Planta baja - Pasillo técnico.....	161
Figura 2.136	– Hospital de Mollet - Planta 1ª - Pasillo público, vista de fachada oeste.....	162
Figura 2.137	– Hospital de Mollet - Planta baja - Pasillo público, vista de fachada oeste.....	162
Figura 2.138	– Hospital de Mollet - Planta baja - Vista de patio ajardinado.....	163
Figura 2.139	– Hospital de Mollet - Planta 1ª - Vista de patio ajardinado.....	163
Figura 2.140	– Hospital de Mollet - Planta 1ª – Habitación.....	164
Figura 2.141	– Hospital de Mollet - Planta 1ª - Pasillo de habitaciones.....	164
Figura 2.142	– Hospital Universitari Sant Joan de Reus - Vista aérea.....	167
Figura 2.143	– Hosp. Universitari Sant Joan de Reus – Emplazamiento.....	168
Figura 2.144	– Hosp. Universitari Sant Joan de Reus - Planta Baja	168
Figura 2.145	– Hosp. Universitari Sant Joan de Reus - Planta 1ª.....	169
Figura 2.146	– Hosp. Universitari Sant Joan de Reus - Sección Transversal.....	169
Figura 2.147	– Hosp. Universitari Sant Joan de Reus - Fachada sur y este.....	169
Figura 2.148	– Hosp. Universitari Sant Joan de Reus - Fachada sur – Acceso principal.....	170
Figura 2.149	– Hosp. Universitari Sant Joan de Reus - Fachada sur – Acceso principal.....	170
Figura 2.150	– Hosp. Universitari Sant Joan de Reus - Fachada norte y oeste.....	171
Figura 2.151	– Hosp. Universitari Sant Joan de Reus - Planta 1 – Habitación.....	171
Figura 2.152	– Hosp. Universitari Sant Joan de Reus - Planta baja - Pasillo público (Rambla).....	172
Figura 2.153	– Hosp. Universitari Sant Joan de Reus - Planta 1 - Pasillo público.....	172

Figura 2.154 – Hosp. Universitari Sant Joan de Reus - Planta 2 - Pasillo público.....	172
Figura 2.155 – Hosp. Universitari Sant Joan de Reus - Patio con jardín.....	173
Figura 2.156 – Hosp. Universitari Sant Joan de Reus - Patio con jardín.....	173
Figura 2.157 – Hosp. Universitari Sant Joan de Reus - Planta sótano --2 – Patio de luz.....	173
Figura 2.158 – Hosp. Universitari Sant Joan de Reus - Planta baja – Espera de consultas.....	174
Figura 2.159 – Hosp. Universitari Sant Joan de Reus - Planta baja – Rehabilitación.....	174
Figura 2.160 – Hosp. Universitari Sant Joan de Reus - Planta sótano -1 - Espera de la radiología.....	174
Figura 2.161 – Hosp. Universitari Sant Joan de Reus - Sección Transversal.....	175
Figura 2.162 – Hosp. Universitari Sant Joan de Reus - Planta baja y sótano -1 – Pasillo público.....	175
Figura 2.163 – Hosp. Universitari Sant Joan de Reus - Planta 2 – Pasillo público. Ventanas.....	175
Figura 3.1 – Modelo Sarah Salvador - Planta de cubierta.....	184
Figura 3.2 – Modelo Sarah Salvador - Planta baja.....	184
Figura 3.3 – Modelo Sarah Salvador - Planta baja de hospitalización.....	184
Figura 3.4 – Modelo Sarah Salvador - Planta baja de hospitalización.....	185
Figura 3.5 – Modelo Sarah Salvador - Sección transversal ampliada.....	185
Figura 3.6 – Modelo Sarah Salvador - Axonometría – zona de hospitalización.....	185
Figura 3.7 – Modelo Sarah Salvador - Axonometría – zona de hospitalización.....	186
Figura 3.8 – Modelo Sarah Salvador - Axonometría inalámbrica.....	186
Figura 3.9 – Modelo Sarah Salvador - Vista interior.....	186
Figura 3.10 – Modelo Sarah Salvador - Vista interior.....	187
Figura 3.11 – Modelo Sarah Salvador - Alzado Suroeste.....	187
Figura 3.12 – Modelo Sarah Salvador - Alzado Noreste.....	187
Figura 3.13 – Modelo Sarah Rio - Planta de cubierta.....	188
Figura 3.14 – Modelo Sarah Rio - Planta baja.....	188
Figura 3.15 – Modelo Sarah Rio - Planta baja- bloque de hospitalización.....	188
Figura 3.16 – Modelo Sarah Rio - Planta baja de hospitalización.....	189
Figura 3.17 – Modelo Sarah Rio - Sección transversal ampliada.....	189
Figura 3.18 – Modelo Sarah Rio - Axonometría – zona de hospitalización.....	189
Figura 3.19 – Modelo Sarah Rio - Axonometría – zona de hospitalización,,.....	190
Figura 3.20 – Modelo Sarah Rio - Axonometría inalámbrica.....	190
Figura 3.21 – Modelo Sarah Rio - Vista interior – habitación colectiva.....	190
Figura 3.22 – Modelo Sarah Rio - Vista interior – habitación colectiva.....	191
Figura 3.23 – Modelo Sarah Rio - Alzado Este.....	191
Figura 3.24 – Modelo Sarah Rio - Alzado Oeste.....	191
Figura 3.25 – Modelo Sarah Salvador - Planta baja de hospitalización.....	192
Figura 3.26 – Modelo Sarah Salvador - Sección transversal ampliada.....	192
Figura 3.27 – Modelo Sarah Salvador - Diagrama solar – Salvador.....	193
Figura 3.28 – Modelo Sarah Salvador - Diagrama solar – Barcelona.....	193
Figura 3.29 – Modelo Sarah Salvador - Tres simulaciones lumínicas.....	194
Figura 3.30 – Modelo Sarah Rio - Planta baja de hospitalización.....	196
Figura 3.31 – Modelo Sarah Rio - Sección transversal ampliada – zona de hospitalización.....	196
Figura 3.32 – Modelo Sarah Rio - Diagrama solar - Rio de Janeiro.....	197
Figura 3.33 – Modelo Sarah Rio - Diagrama solar – Barcelona.....	197
Figura 3.34 – Modelo Sarah Rio – Tres simulaciones lumínicas.....	198
Figura 3.35 – Modelo Sarah Salvador - Planta baja de hospitalización.....	200
Figura 3.36 – Modelo Sarah Salvador - Sección transversal ampliada.....	201
Figura 3.37 – Modelo Sarah Rio - Planta baja de hospitalización.....	202
Figura 3.38 – Modelo Sarah Rio - Sección transversal ampliada – zona de hospitalización.....	202
Figura 3.39 – Modelo Sarah Salvador - Planta baja de hospitalización.....	205

Figura 3.40 – Modelo Sarah Salvador - Sección transversal ampliada.....	205
Figura 3.41 – Modelo Sarah Salvador - Aperturas consideradas por el CFD.....	206
Figura 3.42 – Modelo Sarah Salvador 28-2 - Mapa de velocidad.....	210
Figura 3.43 – Modelo Sarah Salvador 28-2 - Mapa de temperatura.....	211
Figura 3.44 – Modelo Sarah Rio - Planta baja de hospitalización.....	213
Figura 3.45 – Modelo Sarah Rio - Sección transversal ampliada.....	213
Figura 3.46 – Modelo Sarah Rio - Aperturas consideradas por el CFD.....	214
Figura 3.47 – Modelo Sarah Rio 21 - Mapa de velocidad.....	216
Figura 3.48 – Modelo Sarah Rio 21 - Mapa de temperatura.....	217
Figura 3.49 – Modelo Sarah Salvador - Planta baja de hospitalización.....	218
Figura 3.50 – Modelo Sarah Salvador - Sección transversal ampliada.....	218
Figura 3.51 – Modelo Sarah Salvador - 1ª simulación lumínica – 1.....	219
Figura 3.52 – Modelo Sarah Salvador - 1ª simulación lumínica – 2.....	220
Figura 3.53 – Modelo Sarah Salvador - 2ª simulación lumínica – 1.....	222
Figura 3.54 – Modelo Sarah Salvador - 3ª simulación lumínica – 1.....	223
Figura 3.55 – Modelo Sarah Salvador - Comparación entre las tres simulaciones.....	224-225
Figura 3.56 – Modelo Sarah Rio - Planta baja de hospitalización.....	226
Figura 3.57 – Modelo Sarah Rio - Sección transversal ampliada.....	226
Figura 3.58 – Modelo Sarah Rio - 1ª simulación lumínica – 1.....	227
Figura 3.59 – Modelo Sarah Rio - 2ª simulación lumínica – 1.....	229
Figura 3.60 – Modelo Sarah Rio - 3ª simulación lumínica – 1.....	230
Figura 3.61 – Modelo Sarah Rio - Comparación entre las tres simulaciones.....	232
Figura 3.62 – Modelo Sarah Salvador - Planta baja de hospitalización.....	234
Figura 3.63 – Modelo Sarah Salvador - Sección transversal ampliada.....	234
Figura 3.64 – Modelo Sarah Rio - Planta baja de hospitalización.....	238
Figura 3.65 – Modelo Sarah Rio - Sección transversal ampliada.....	238
Figura 3.66 – Modelo Sarah Salvador - Planta baja de hospitalización.....	243
Figura 3.67 – Modelo Sarah Salvador - Sección transversal ampliada.....	243
Figura 3.68 – Modelo Sarah Salvador 28-1 - Mapa de velocidad.....	247
Figura 3.69 – Modelo Sarah Salvador 28-1 - Mapa de temperatura.....	247
Figura 3.70 – Modelo Sarah Salvador 28-2 - Mapa de velocidad.....	248
Figura 3.71 – Modelo Sarah Salvador 28-2 - Mapa de temperatura.....	249
Figura 3.72 – Modelo Sarah Salvador 28-3 - Mapa de velocidad.....	249
Figura 3.73 – Modelo Sarah Salvador 28-3 - Mapa de temperatura.....	250
Figura 3.74 – Modelo Sarah Rio - Planta baja de hospitalización.....	250
Figura 3.75 – Modelo Sarah Rio - Sección transversal ampliada.....	251
Figura 3.76 – Modelo Sarah Rio 20 - Mapa de velocidad.....	252
Figura 3.77 – Modelo Sarah Rio 20 - Mapa de temperatura.....	252
Figura 3.78 – Modelo Sarah Rio 21 - Mapa de velocidad.....	254
Figura 3.79 – Modelo Sarah Rio 21 - Mapa de temperatura.....	254
Figura 3.80 – Modelo Sarah Rio 22 - Mapa de velocidad.....	255
Figura 3.81 – Modelo Sarah Rio 22 - Mapa de temperatura.....	256

LISTADO DE GRÁFICAS

Gráfica 1.1 – Gráfica de temperatura - Salvador (1961 – 1990).....	23
Gráfica 1.2 – Gráfica de humedad - Salvador (1961 – 1990).....	23
Gráfica 1.3 – Ábaco Psicométrico para Salvador	24
Gráfica 1.4 – Gráfica de frecuencia mensual de dirección de viento para Salvador.....	25
Gráfica 1.5 – Gráfica de temperatura - Fortaleza (1961 – 1990).....	26
Gráfica 1.6 – Gráfica de humedad - Fortaleza (1961 – 1990).....	26
Gráfica 1.7 – Ábaco Psicométrico para Fortaleza	27
Gráfica 1.8 – Gráfica de frecuencia mensual de dirección de viento para Fortaleza.....	28
Gráfica 1.9 – Gráfica de temperatura - Rio de Janeiro (1961 – 1990).....	29
Gráfica 1.10 – Gráfica de humedad - Rio de Janeiro (1961 – 1990).....	29
Gráfica 1.11 – Ábaco Psicométrico para Rio de Janeiro.....	30
Gráfica 1.12 – Gráfica de frecuencia mensual de dirección de viento para Rio de Janeiro.....	31
Gráfica 1.13 – Climatología - El Barcelonès.....	33
Gráfica 1.14 – Ábaco Psicométrico para Barcelona.....	34
Gráfica 1.15 – Diagrama de Humedad Relativa para Barcelona	34
Gráfica 1.16 – Diagrama de velocidad media de vientos para Barcelona.....	35
Gráfica 1.17 – Rueda de viento para Barcelona.....	35
Gráfica 1.18 – Climatología - El Vallès Oriental.....	36
Gráfica 1.19 – Climatología – El Tarragonès.....	37
Gráfica 1.20 – Ábaco Psicométrico para Salvador.....	38
Gráfica 1.21 – Ábaco Psicométrico para Fortaleza.....	38
Gráfica 1.22 – Ábaco Psicométrico para Rio de Janeiro.....	39
Gráfica 1.23 – Ábaco Psicométrico para Barcelona	39
Gráfica 3.1 – Modelo Sarah Salvador - Temperatura interior Salvador.....	201
Gráfica 3.2 – Modelo Sarah Rio - Temperatura interior Rio.....	203
Gráfica 3.3 – Modelo Sarah Salvador 28-1 - Guía de caudales.....	207
Gráfica 3.4 – Modelo Sarah Salvador 28-2 - Guía de caudales.....	208
Gráfica 3.5 – Modelo Sarah Salvador 28-3 - Guía de caudales.....	209
Gráfica 3.6 – Modelo Sarah Salvador - Temperatura exterior.....	234
Gráfica 3.7 – Modelo Sarah Salvador - Temperatura interior. Salvador.....	235
Gráfica 3.8 – Modelo Sarah Salvador - Temperatura interior Barcelona.....	235
Gráfica 3.9 – Modelo Sarah Salvador - Temperatura interior –Salvador X Barcelona	236
Gráfica 3.10 – Modelo Sarah Salvador - Temperatura interior – Salvador X Barcelona.....	236
Gráfica 3.11 – Modelo Sarah Rio - Temperatura exterior.....	238
Gráfica 3.12 – Modelo Sarah Rio - Temperatura interior Rio de Janeiro.....	239
Gráfica 3.13 – Modelo Sarah Rio - Temperatura interior Barcelona.....	239
Gráfica 3.14 – Modelo Sarah Rio - Temperatura interior.....	240
Gráfica 3.15 – Modelo Sarah Rio - Temperatura interior.....	240

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1.1 – Tabla de datos climatológicos de Salvador (1961 – 1990).....	23
Tabla 1.2 –Tabla de estrategias bioclimáticas para Salvador	24
Tabla 1.3 –Tabla de velocidad de viento para Salvador.....	25
Tabla 1.4 – Tabla de datos climatológicos de Fortaleza (1961 – 1990).....	26
Tabla 1.5 –Tabla de estrategias bioclimáticas para Fortaleza.....	27
Tabla 1.6 –Tabla de velocidad de viento para Fortaleza.....	28
Tabla 1.7 – Tabla de datos climatológicos de Rio de Janeiro (1961 – 1990).....	29
Tabla 1.8 –Tabla de estrategias bioclimáticas para Rio de Janeiro.....	30
Tabla 1.9 –Tabla de velocidad de viento para Rio de Janeiro.....	31
Tabla 1.10 – Tabla de datos climatológicos del Barcelonès (1971 – 2000).....	33
Tabla 1.11 – Tabla de datos climatológicos del Vallès Oriental (1971 – 2000).....	36
Tabla 1.12 – Tabla de datos climatológicos del Tarragonès (1971 – 2000).....	37
Tabla 2.1 - Tabla de la evolución de los sheds.....	114
Tabla 3.1 - Modelo Sarah Salvador - Guía de Archivos (.DBS)	205
Tabla 3.2 - Modelo Sarah Rio - Guía de Archivos(.DBS)	213
Tabla 3.3 – Modelo Sarah Rio 20 - Guía de caudales.....	215
Tabla 3.4 – Modelo Sarah Rio 21 - Guía de caudales.....	215
Tabla 3.5 – Modelo Sarah Rio 22 - Guía de caudales.....	215
Tabla 3.6 – Modelo Sarah Salvador 28-1 - Guía de caudales.....	244
Tabla 3.7 – Modelo Sarah Salvador 28-2 - Guía de caudales.....	245
Tabla 3.8 – Modelo Sarah Salvador 28-3 - Guía de caudales.....	246
Tabla 3.9 – Modelo Sarah Rio 20 - Guía de caudales.....	251
Tabla 3.10 – Modelo Sarah Rio 21 - Guía de caudales.....	251
Tabla 3.11 – Modelo Sarah Rio 22 - Guía de caudales.....	251

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AALTO. A. (1977) *La Humanización de la Arquitectura - Cuadernos Ínfimos 81 Volumen 9*, Barcelona, Tusquets Editor

AALTO. A. (1978) *Architectural Monographs 4*, Londres, Academy Editions

AALTO. A. (2002) *Aalvar Alto*, Barcelona, Loft Publications

ALLARD, F. (1998) *Natural Ventilation in Buildings: A Design Handbook*. London. James & James Ltd.

BAKER, N; FANCHIOTTI, A. Y STEEMERS, K. (1993) *Daylighting in Architecture: A European Reference Book*, London. James & James (Science Publishers) Ltd.

BITTENCOURT, T. (1998). *Arquitetura Sanatorial Sao José dos Campos*, Sao José dos Campos.

BUONO, M. (1998) *Architettura del Vento : design e tecnologia per il raffrescamento passivo*. Napoli, Clean Edizioni

CAMARGO, R. M. (2011) *Estudo da eficiência para a ventilação natural dos sheds em hospitais da Rede Sarah..* Tesis (Maestría en Arquitectura). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas. São Paulo. 2011.

Disponible en: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000837575&fd=y>> Acceso en: 29 de marzo de 2013

CARVALHO, A. P. A. (2009) *La Arquitectura de los Hospitales en Barcelona Hasta la Expansión Modernista*, Salvador , Quarteto Editora

CIACO, R. J. A. S. (2010) *A Arquitetura no Processo de Humanização dos Ambientes Hospitalares*. Tesis (Maestría en Arquitectura) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos. 2010.

Disponible en: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-05012011-155939/es.php>> Acceso en: 29 de marzo de 2013

COMAS I COMA, O.; MIRALLES, E. (1994) *La Xarxa Hospitalària d'Utilització Pública de Catalunya*, Historia d'una diversitat, Barcelona, Edición: Departament de Sanitat i Seguretat Social - Generalitat de Catalunya, 1ª edición

DANON I BRETOS, J. (2001) L'hospital general de la Santa Creu. In: LUNWERG (ed). *L'Hospital de la Santa Creu i Sant Pau 1401-2001*, Barcelona, Lunweg Editores, (p. 37 a p.48)

DOMÈNECH, N. C. (2001). Els primers cent anys de construcció de l'hospital de la Santa Creu de Barcelona (1401-1500). In: LUNWERG (ed). *L'Hospital de la Santa Creu i Sant Pau 1401-2001*, Barcelona, Lunweg Editores, (p.29 a p.36)

ECO, U. (2004) *Cómo se hace una tesis*, Barcelona, Editorial Gedisa, S.A., 1ª edición

EDWARDS, B. (2004). *Guía Básica de la Sostenibilidad*. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, SA

EDWARDS, R.(2005) *Handbook of Domestic Ventilación*. Oxford. Elsevier

Entre a Arte e a Técnica. Finestra. (2001).

Disponible en: < <http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/arquitetura47.asp> > Acceso en: 30 abril 2009

ESPANHA. (2000) *Insalud. Hospitales. La Arquitectura del Insalud. 1986-2000*, Editado por Insalud, Libro 2.

FIGUERAS, L. (2001) L'Hospital de la Santa Creu i Sant Pau, entre la funció i el símbol modernistes. In: LUNWERG (ed). *L'Hospital de la Santa Creu i Sant Pau 1401-2001*, Barcelona, Lunweg Editores, (p.123 a p.182)

GALENO, C. (2006) *Concepción sanitaria de la arquitectura: La salubridad que marcó el espacio moderno*. Disponible en: < <https://www.zotero.org/groups/saneamiento/items/itemKey/35SUAZTR> > Acceso en: 26 de abril de 2014.

GIL I NEBOT, L. (2001). El llegat de Pau Gil i Serra. In: LUNWERG (ed). *L'Hospital de la Santa Creu i Sant Pau 1401-2001*, Barcelona, Lunweg Editores. (p.85 a p.122)

GOULART, S.V.G.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. (1998). *Dados Climáticos para Projeto e Avaliação Energética de Edificações para 14 Cidades Brasileiras*, 2ªed., Florianópolis, Núcleo de Pesquisa em Construção/ UFSC.

GROSSO, M. (2008). *Il Raffrescamento Passivo Degli Edifici in zone a clima temperato*, Santarcangelo di Romagna, Dogana. Maggioli Editore.

GUSTAU GILI, S.A. (ed) (1971) *L'Hospital de Santa Creu i de Sant Pau: l'Hospital de Barcelona*, Barcelona, Editorial Gustau Gili, S.A.

HERNÁNDEZ-CROS, J. E.; MORA, G.; POUPLANA, X. (1990), *Arquitectura de Barcelona*, Barcelona Edición COAC (Col.legi d'Arquitectes de Catalunya). (678p.)

IBÁÑEZ, M. C. P. *Una perspectiva social de la tuberculosis en España: 1900-1939*. Universidad Complutense de Madrid.

Disponible en:<http://www.academia.edu/329152/A_social_perspective_of_tuberculosis_in_Spain_1900-1939> Acceso en: 30 de abril de 2014

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia - Disponible en:< <http://www.inmet.gov.br/portal/>> Acceso en: 30 de marzo de 2014

LAMBERT, R.; DUTRA, L.; RUTTKAY, P. (1997). *Eficiência Energética na Arquitetura*. São Paulo: PW

LATORRACA, G. (1999). *João Filgueiras Lima. Lelé. Arquitetos Brasileiros*, São Paulo, Instituto Lina Bo e P.M. Bardi,; Lisboa, Editora Blau.

LIMA, J. F. (1999). *Centro de Tecnologia da Rede Sarah*. Brasília, Sarah Letras. São Paulo, Fundação Bienal/ProEditores.

LIMA, J.F (2002). *Lelé no Rio*. Finestra,

Disponible en: <www.arcoweb.com.br/arquitetura/arquitetura246.asp> Acceso en: 26 de abril de 2014

LIMA, J.F (2003). *João Filgueiras Lima – Entrevista Finestra (2003)*.

Disponible en: <<http://www.arcoweb.com.br/entrevista/entrevista44.asp>> Acceso en: 26 de abril de 2014

LIMA, J. F. (2004). *O Que é Ser Arquiteto: Memórias Profissionais de Lelé (João Filgueiras Lima): em depoimento a Cynara Menezes*. Rio de Janeiro: Record

LIMA, J. F. (2010). João Filgueiras Lima: entrevista. Entrevistadores: Fernanda Danelon y Guilherme Werneck. Salvador. *Revista Trip*, nº 185. [Feb/ 2010],
Disponible en: <<http://revistatrip.uol.com.br/revista/185/transformadores/joao-filgueiras-lima-o-lele.html>> Acceso en: 07 de febrero de 2014

LIMA, J. F. (2013). *Programa Teleprojeto* nº 1092 – Emisión: 05/05/13 –. www.teleprojeto.com,
Disponible en: <<http://teleprojeto.com/programa-n-1092-emision-5513-arquitecto-joao-filgueiras-lima-lele-artesano-industrial-de-los-proyectos-sociales>> Acceso en: 10 de febrero de 2014

LINARES, A; CLOSA, M y BIURRUN, F. J. (1991). *El Sanatorio de Paimio, 1929-1933. Alvar Aalto. La Arquitectura entre la Naturaleza y la Máquina*, Barcelona, Serveis de Publicacions de la UPC.

LUKIANCHUKI, M. A. (2010) *A Evolução das estratégias de conforto térmico e ventilação natural na obra de João Filgueiras Lima, Lelé: Hospitais Sarah de Salvador e do Rio de Janeiro*. Tesis (Maestría en Arquitectura) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos. 2010.
Disponible en: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-25042011-100330/es.php>>
Acceso en: 30 de marzo de 2013

LUNWERG (ed) (2001) *L'Hospital de la Santa Creu i Sant Pau 1401-2001*, Barcelona, Lunwerg Editores

MARAGNO, G. V. (2010) *Sombras Profundas. Dimensão Estética y Repercusión Ambiental del Diseño de la Varanda en la Arquitectura Brasileña*. Tesis (Doctorado en Arquitectura) Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona. 2010.

MASCARÓ, L. (1983) *Luz, Clima y Arquitectura*. La Plata. Universidad Nacional de La Plata.

MELLADO, E.A. (2010), *Sostenibilidad en Centros Sanitarios*, Barcelona, Plataforma Editorial, 1ª edición

METEO.CAT - Servei Meteorològic de Catalunya - Observatori Fabra. Disponible en: <<http://www.meteo.cat>> Acceso en: 30 de marzo de 2013.

OLGYAY, V. (2002) *Arquitectura y Clima*. Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas. Barcelona; Editorial Gustavo Gili, S.A.

PERÉN, J. I.(2006). *Ventilação e Iluminação naturais na obra de João Filgueiras Lima “Lelé” Estudo dos hospitais da rede Sarah Kubitschek Fortaleza e Rio de Janeiro*. Tesis (Maestría en Arquitectura)– Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos. 2006.

Disponible en: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-12032007-225829/pt-br.php>>
Acceso en: 30 de marzo de 2013

PERÉN, J. I.; CARAM, R. M. (2007) Interação da Ventilação Natural, Mecânica e Climatização: Estudo do Hospital Sarah Kubitschek Fortaleza, do Arquiteto João Filgueiras Lima, Lelé. .In: *IX Encontro Nacional e V Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído (ENCAC)*, 2007, Ouro Preto/MG.

PERÉN, J. I.; GRECO, P.;CARAM, R. M (2007) Análise Computacional dos Sheds da Rede de Hospitais Sarah Kubitschek Utilizando o Software Ansys Cfx. In: *IX Encontro Nacional e V Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído (ENCAC)*, 2007, Ouro Preto/MG.

PEVSNER, N. (1979). *Historia de las tipologias arquitectonicas*, Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A. (p.165 a p.188)

PICAZO, P. I. (2011) *La Habitación del Enfermo. Ciencia y Arquitectura en los Hospitales del Movimiento Moderno*, Barcelona, Edición Fundación Caja de Arquitectos

PIELTAIN, A (2000). El Hospital. Doscientos años de proyectos. In: ESPANHA. Insalud. *Hospitales. La Arquitectura del Insalud. 1986-2000*, Editado por Insalud, Libro 2. (p.8 a p.115)

PIZZA, A. (1993) *Dispensario Antituberculoso de Barcelona, 1933-1937*, J. Ll. Sert, J. B. Subirana y J. Torres Clavé. Almeria, Arquivos de Arquitectura. España siglo XX.

PUPPO, E. y PUPPO.G.(1971) *Acondicionamiento Natural y Arquitectura. Ecología en Arquitectura*. Barcelona; Macombo S.A. de Boixareu Editores.

RAMON, F. (1976) *Ventilación en una situación urbana*. Manuales Críticos de Diseño del Alojamiento Español. Madrid. Gráficas Hernández.

REDE SARAH DE HOSPITALES DE REHABILITACIÓN

Disponible en: < <http://www.sarah.br>> Acceso en: 07 de febrero de 2014

RIU I RIU, M. (2001), Els centres assistencials i hospitalaris a la Catalunya medieval. In: LUNWERG (ed). *L’Hospital de la Santa Creu i Sant Pau 1401-2001*, Barcelona, Lunwerg Editores. (p. 9 a p.28)

- ROCA ROSELL, F. (ed). (1975) *AC: Documentos de actividad contemporánea*, Publicación del GATEPAC, Barcelona, Editorial Gustavo Gili (1931 – 1937). Revista AC, nº13, 1934.
- ROGORA, A. (1997) *Luce Naturale e Progetto*. Dogana. Maggioli Editore – Rimini.
- SERRA, R. y COCH, H. (2001) *Arquitectura y Energía Natural*. Barcelona; Arquitect, Edicions UPC.
- SERRA, R. (2004). *Arquitectura y Climas*: Barcelona, Editorial Gustavo Gili SA
- SERRA, R. (1989). *Clima, Lugar y Arquitectura*. Manual de Diseño Bioclimático. Barcelona. Ciemat Edición
- TAVARES, A. (2005) *Arquitectura Antituberculose. Trocas e tráficos na construção terapêutica entre Portugal e Suíça*, Porto, FAUP Publicações, 1ª edição.
- TOLEDO, L. C. (2002) *Feitos Para Curar. Arquitetura Hospitalar & Processo Projetual No Brasil*. Tesis (Maestría en Arquitectura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2002.
Disponibile en: <<http://mtarquitectura.com.br/conteudo/publicacoes/1INICIO.pdf>> Acceso en: 30 de marzo de 2013
- TORRES, E. (2003). *Luz Cenital*. Tesis (Doctorado en Arquitectura) Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona. 2003.
- TRIGO, C.C. (2009) *Pré-fabricados em Argamassa Armada: Material, Técnica e Desenho de Componentes desenvolvidos por Lelé*. Tesis (Maestría en Arquitectura). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo, São Paulo. 2009.
Disponibile en: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-27042010-143152/es.php>> Acceso en: 28 de marzo de 2013
- VASCONCELOS, R.T.B. (2004) *Humanização de Ambientes Hospitalares: Características Arquitetônicas Responsáveis pela Integração Interior/Exterior*. Tesis (Maestría en Arquitectura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2004.
Disponibile en: <<http://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/87380/206199.pdf?sequence=1>> Acceso en: 28 de marzo de 2013
- VITRUVIO (2008). *Arquitectura. Libros I - V*, Traducción: Francisco Manzanero Cano, Madrid, Editorial Gredos, S.A.

WESTPHAL. E. (2007) *A Linguagem da Arquitetura hospitalar de Joao Filgueiras Lima*. Tesis (Maestria en Arquitectura) – Faculdade de Arquitetura. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2007.

Disponibile en: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/11433/000610823.pdf?sequence=1>>

Acceso en: 29 de marzo de 2013

