

## MODELO GRÁFICO MULTIDIMENSIONAL PARA EL ANÁLISIS DE FLUJOS Y CIRCULACIONES EN HOSPITALES. CASO DE ESTUDIO: EL HOSPITAL UNIVERSITARIO PRÍNCIPE DE ASTURIAS

### MULTIDIMENSIONAL GRAPHICAL MODEL FOR THE ANALYSIS OF FLOW AND CIRCULATION IN HOSPITALS. CASE STUDY: PRÍNCIPE DE ASTURIAS UNIVERSITY HOSPITAL

Patricia Domínguez Gómez; orcid 0000-0001-8543-9896 UNIVERSIDAD DE ALCALÁ

Nicolás Gutiérrez Pérez; orcid 0000-0001-9764-4272 UNIVERSIDAD DE ALCALÁ

Laura Cambra Rufino; orcid 0000-0002-3450-152X UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Teresa Sánchez-Jáuregui Descalzo; orcid 0009-0008-1099-7541 UNIVERSIDAD DE ALCALÁ

Manuel de Miguel Sánchez; orcid 0000-0002-1803-2428 UNIVERSIDAD DE ALCALÁ

Pilar Chías Navarro; orcid 0000-0001-6686-8820 UNIVERSIDAD DE ALCALÁ

doi: [10.4995/ega.2023.19575](https://doi.org/10.4995/ega.2023.19575)

Los espacios de circulación en los hospitales constituyen el eje fundamental sobre el que se vertebran estos edificios, ya que articulan el flujo de pacientes con distintas necesidades, así como el del personal y los recursos que garantizan una correcta atención asistencial. El objetivo de este trabajo es exponer el desarrollo de una metodología propia para el análisis gráfico de los flujos y circulaciones que se producen en su interior, tomando como caso de estudio el Hospital Universitario Príncipe de Asturias (Alcalá de Henares). A través de un riguroso trabajo de campo, que ha estudiado los complejos procesos y relaciones que se producen entre las distintas unidades asistenciales, se ha diseñado un

modelo gráfico multidimensional y original que permite una lectura inmediata y accesible de la realidad hospitalaria en sus distintos niveles, constituyéndose como una herramienta eficaz para la mejora del bienestar de todos los usuarios.

**PALABRAS CLAVE: ANÁLISIS GRÁFICO ARQUITECTÓNICO, DIAGRAMA, RECORRIDO, ARQUITECTURA HOSPITALARIA, ACCESIBILIDAD UNIVERSAL, USUARIOS ESPECIALMENTE VULNERABLES**

*Circulation spaces in hospitals constitute the main focus of their structure, since they facilitate the flow of patients with varying needs, as well as that of the staff and resources, to guarantee the provision of adequate care. The*

*aim of this study is to present the development of a methodology for the graphical analysis of the flows and circulations that take place within a hospital, using the Príncipe de Asturias University Hospital (Alcalá de Henares) as a case study. Through rigorous research, which has examined the complex processes and relationships that exist across the various care units, a multidimensional and original graphical model has been designed that provides an immediate and accessible reading of the hospital at multiple levels, making it an effective tool for improving the wellbeing of all users.*

**KEY WORDS: ARCHITECTURAL GRAPHICAL ANALYSIS, DIAGRAM, ITINERARY, HOSPITAL ARCHITECTURE, UNIVERSAL ACCESSIBILITY, ESPECIALLY VULNERABLE USERS**



## Introducción

Existen numerosos estudios sobre los flujos de movimiento de pacientes y personal en los hospitales. Estos trabajos están, en general, orientados a estudiar las relaciones topológicas entre las distintas áreas médicas y reflejan, mediante análisis gráficos, los protocolos de gestión y cuidado del paciente, manteniendo a este en un papel pasivo dentro de los procesos sanitarios (Curry, McGregor and Tracy 2006) (Marmor et al. 2012) (Chías and Abad 2017b) (Mancebo Guerrero 2023). Frente a este tratamiento tradicional de la cuestión, el presente trabajo apuesta por utilizar el análisis gráfico multidimensional, en el que se representan datos cuantitativos, como las distancias y los tiempos de recorrido y cualitativos, como la percepción que los obstáculos marcan sobre los usuarios (Chías, Abad and Fernández-Trapa 2022). La herramienta gráfica utilizada principalmente en esta investigación es el diagrama. Este describe el organismo arquitectónico de manera simplificada, sin representarlo del todo, facilitando un tipo de visualización que muestra las relaciones de manera didáctica y dirige la mirada del lector en una determinada dirección (Puebla Pons and Martínez López 2010).

Asimismo, se han tenido en cuenta conceptos propios de la metodología denominada aplicados al estudio de los hospitales (Haq and Luo 2012), tales como las isovistas o áreas de control visual desde un punto estático, los espacios convexos o envolventes de los distintos recorridos posibles y el espacio axial, expresado en forma de segmentos que representan posibles recorridos (Chen,

Ko and Hsieh 2021) (Youssef and Youssef 2022). También se han considerado otros análisis que han aplicado previamente este enfoque sobre zonas hospitalarias diferenciadas por usos y ocupaciones (Peng 2022) (Colley, Zeeman and Kendall 2018) (Bayramzadeh et al. 2018), aunque usando esquemas exclusivamente bidimensionales. La principal novedad y aportación de esta investigación consiste en combinar las dos y tres dimensiones junto con la integración de datos con el fin de abordar el importante problema de los flujos desde una perspectiva holística.

El objetivo principal es el desarrollo de una metodología que permita analizar gráficamente las circulaciones que se producen en los centros hospitalarios, con el fin de detectar la problemática de flujos que afecta a los espacios de comunicación. Esto es, la búsqueda de un medio en el que poder contrastar las disconformidades existentes entre el diseño arquitectónico y el uso que de este se hace en la realidad, trasladando a un soporte tangible las situaciones efímeras que en efecto se producen. De esta manera, se busca compartir la experiencia metodológica puesta en práctica en el caso de estudio, cuyas conclusiones podrán servir para la toma de decisiones, así como de sustento a nuevas propuestas constructivas; y, todo ello, a través de medios gráficos que permitan una interpretación accesible de todos los implicados, tanto de los usuarios pacientes como los profesionales sanitarios y de servicios dentro de un hospital. La herramienta puede mostrar los datos tanto de manera integrada como desagregada y sería extensible a otros centros sanitarios de la red regional y nacional.

## Introduction

There are numerous studies on patient and staff movement flows in hospitals. These studies are, in general, focused on the study of the topological relationships between the different medical areas and reflect, through graphical analysis, the protocols of patient management and care, keeping this in a passive role within the health processes (Curry, McGregor and Tracy 2006) (Marmor et al. 2012) (Chías and Abad 2017b) (Mancebo Guerrero 2023). In contrast to this traditional approach to the issue, this study is committed to using multidimensional graphical analysis, in which quantitative data are represented, such as distances and travel times, and qualitative data, such as the perception that obstacles have on users, are represented (Chías, Abad and Fernández-Trapa 2022). The main graphical tool used in this research is the diagram. This describes the architectural organism in a simplified way, without representing it at all, facilitating a type of visualization that shows the relationships in a didactic manner and directs the reader's gaze in a specific direction (Puebla Pons and Martínez López 2010). Likewise, concepts of the methodology called space syntax applied to the study of hospitals (Haq and Luo 2012) have been taken into account, such as isovists or areas of visual control from a static point, convex or enveloping spaces of the different possible routes and axial space, expressed in the form of segments that represent possible routes (Chen, Ko and Hsieh 2021) (Youssef and Youssef 2022). Other analyses that have previously applied this approach to hospital areas differentiated by uses and occupations have also been considered (Peng 2022) (Colley, Zeeman and Kendall 2018) (Bayramzadeh et al. 2018), although using exclusively two-dimensional schemes. The main novelty and contribution of this research is to combine the two and three dimensions together with the integration of data in order to address the important issue of flows from a holistic perspective.

The main objective is the development of a methodology that facilitates the graphic analysis of the circulations that occur in hospital centers, in order to detect the problem of flows that affect communication spaces. That is, the search for a means by which to contrast the existing disagreements between architectural design and the use that is made

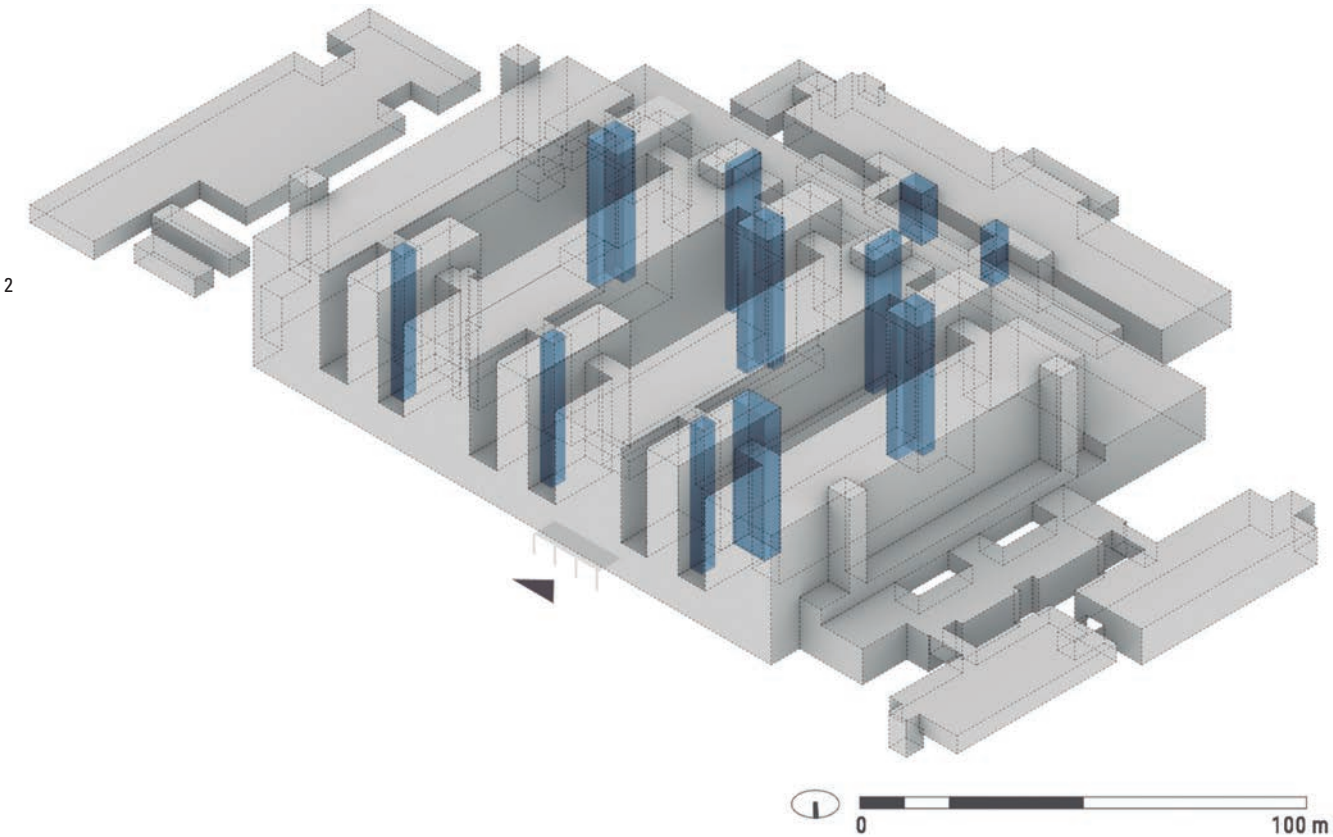




1

1. Imagen exterior del Hospital Universitario Príncipe de Asturias (fachada noreste). Imagen de Manuel de Miguel  
2. Axonométrica de conjunto, mostrando los núcleos verticales en azul. Elaboración: Patricia Domínguez

1. Exterior view of the Príncipe de Asturias University Hospital (northeast façade). Image by Manuel de Miguel  
2. Axonometric of the whole hospital, with vertical cores shown in blue. Design: Patricia Domínguez



2

3. Esquema de metodología propuesta.  
Elaboración: Patricia Domínguez

3. Proposed methodology scheme. Elaboration:  
Patricia Domínguez

Para el desarrollo de esta investigación se ha tomado como caso de estudio el Hospital Universitario Príncipe de Asturias (HUPA). Este se sitúa en el Campus de la Universidad de Alcalá. Inaugurado en 1987, es un edificio unitario de ocho niveles, formado por cuatro grandes bloques de hospitalización conectados por corredores transversales que forman un anillo de circulación en sus seis plantas superiores. Las comunicaciones verticales, tanto escaleras como ascensores, se agrupan en seis columnas situadas aprovechando los patios entre bloques y en la zona suroeste se refuerzan con varios grupos adicionales de ascensores. Las plantas inferiores son más extensas y complejas, incluyendo los cuerpos adosados de urgencias y bloque quirúrgico. Próximos al edificio están la cafetería y el auditorio, una pieza construida en 2015, que se comunica por medio de pasarelas con la planta baja del complejo principal. Este equipo de investigación ha analizado el HUPA por medio de herramientas gráficas anteriormente (Chías and Abad 2021) (Chías, Abad and García-Rosales 2018) (Chías and Abad 2017a) pero la

presente investigación avanza un paso más integrando el modelo gráfico multidimensional, a la vez que contempla los flujos desde el punto de vista de la accesibilidad universal y la atención a los usuarios especialmente vulnerables.

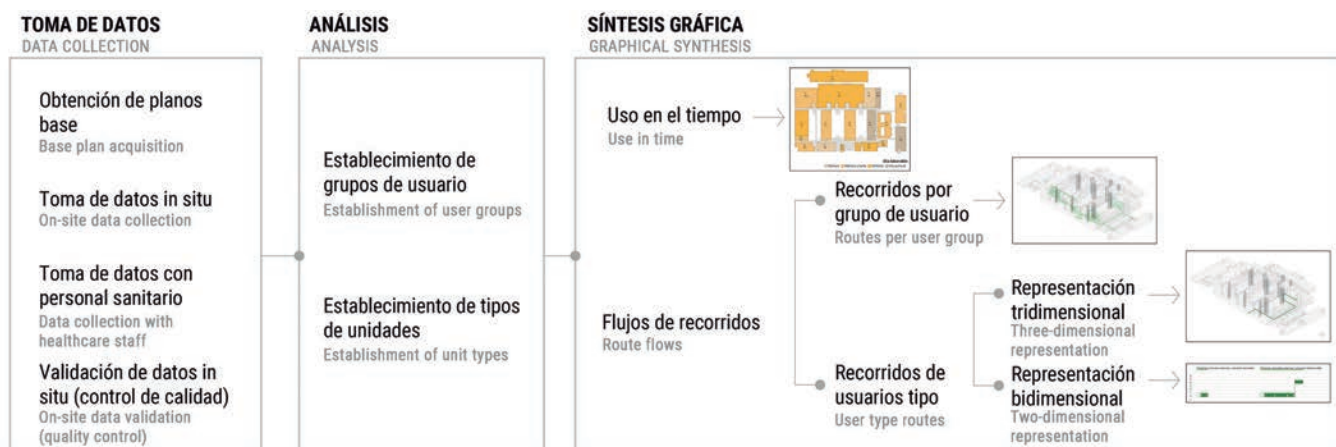
### Metodología

La investigación se diseña como un estudio de caso donde se analiza con detalle el HUPA a partir de una fase de toma de datos, un análisis de los datos recogidos, unos resultados (que se organizan en dos bloques, uno para el uso en el tiempo y otro para los flujos) y la discusión de los resultados (Fig. 3).

La metodología seguida es mixta, combinando métodos cuantitativos y cualitativos. En cuanto a los métodos cuantitativos se utilizan las técnicas de análisis documental de distintas fuentes; para los cualitativos, la entrevista y la observación no participante.

La toma de datos se realiza en base al análisis de distintos documentos como la representación arquitectónica del edificio o la información facilitada por el hospital en relación con los horarios de aper-

of it in reality, transferring to a tangible support the ephemeral situations that actually occur. In this way, it seeks to share the methodological experience put into practice in the case study, whose conclusions may serve for decision-making, as well as support for new constructive proposals; and all this, through graphic means that allow an accessible interpretation of all those involved, both patient users and healthcare professionals and services within a hospital. The tool can display data in both an integrated and disaggregated manner and would be extensible to other health centers across the regional and national network. For the development of this research, the Príncipe de Asturias University Hospital (HUPA) has been used as a case study. This is located on the Campus of the University of Alcalá. Inaugurated in 1987, it is a unitary building of eight levels, formed by four large blocks of hospitalization connected by transversal corridors that form a ring of circulation in its six upper floors. The vertical communications, both stairs and elevators, are grouped into six columns located taking advantage of the courtyards between blocks and in the southwest area they are reinforced with several additional groups of elevators. The lower floors are more extensive and complex, including the attached bodies of emergency department and surgical block. Next to the building are the cafeteria and the auditorium, an area built in 2015, which connects via walkways with the ground floor of the main complex. This research team has analyzed the HUPA through graphic tools before (Chías and Abad 2021)





(Chías, Abad and García-Rosales 2018) (Chías and Abad 2017a) but this research goes a step further by integrating the multidimensional graphical model, while contemplating the flows from the point of view of universal accessibility and attention to especially vulnerable users.

## Methodology

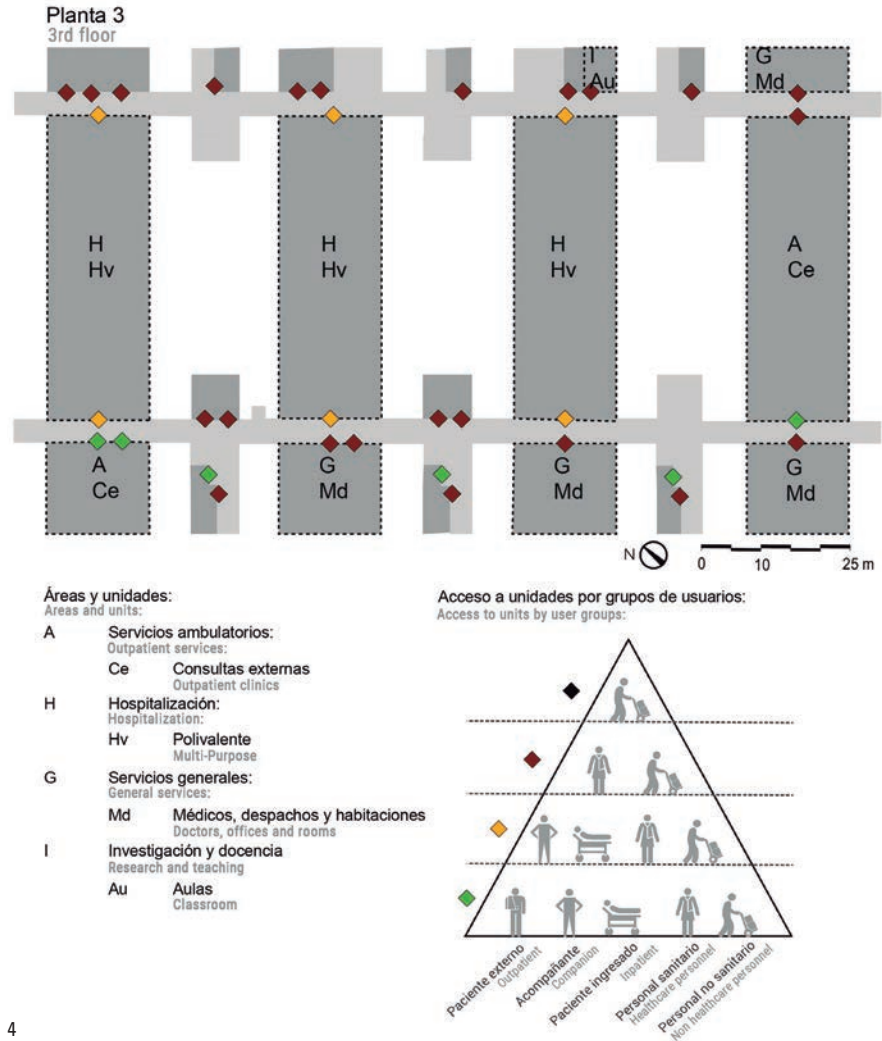
The research is designed as a case study where the HUPA is analyzed in detail from a data collection phase, an analysis of the collected data, results (which are organized into two blocks, one for use over time and another for flows) and the discussion of the results (Fig. 3).

The methodology followed is mixed, combining quantitative and qualitative methods. In terms of quantitative methods, documentary analysis techniques from different sources are used; for qualitative, interview and non-participant observation are employed.

The data collection is based on the analysis of different documents such as the architectural representation of the building or the information provided by the hospital regarding the opening hours of the various units.

Observation is also used, based on different guided tours of the hospital, and interviews with professionals of the center to whom doubts have been raised and the verification of the data collected.

The analysis of the data has been designed in different stages depending on the sources and techniques used. In the first place, from the documentary analysis, the architectural graphic material of the hospital and the urban environment is reviewed. This analysis consists of identifying the different means of arrival at the hospital, the access points to the building, the vertical communication cores (elevators and stairs) and the horizontal circulation areas. In addition, each of the functional units of the hospital (such as the surgical block or outpatient clinics) and their corresponding areas (such as the hospitalization area or general services) are delimited according to a previously developed conceptual model of hospital organization (Cambra-Rufino 2021 p. 103). Once the graphic material of this analysis phase, generated with AutoCAD and Adobe Illustrator software has been obtained, the hospital is visited in situ to get familiar with the operation of the center and corroborate



tura de las distintas unidades. También se hace uso de la observación a partir de distintas visitas guiadas por el hospital, y las entrevistas con profesionales del centro a los que se les han planteado las dudas y la verificación de los datos recogidos.

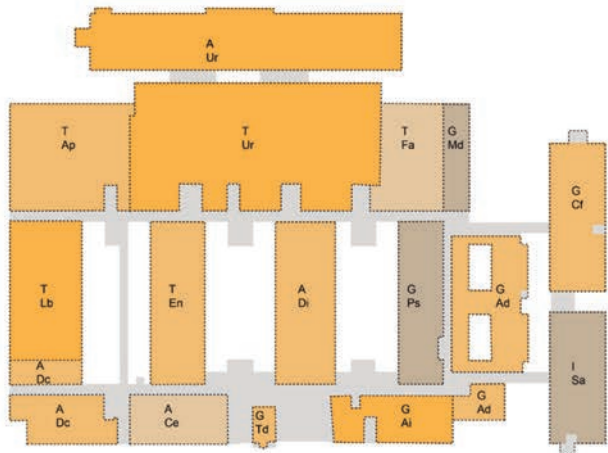
El análisis de los datos se ha diseñado en distintos pasos en función de las fuentes y técnicas utilizadas. En primer lugar, a partir del análisis gráfico arquitectónico del hospital y del entorno urbano. Este análisis consiste en identificar los distintos medios de llegada al hospital, los puntos de acceso al edificio, los núcleos de comunicación vertical (ascensores y escaleras) y las zonas de circulación horizontal. Además, se delimitan cada una de las unidades funcionales del hospital (como el bloque quirúrgico o las consultas

externas) y sus correspondientes áreas (como el área de hospitalización o servicios generales) según un modelo conceptual de organización del hospital previamente desarrollado (Cambra-Rufino 2021 p. 103). Una vez obtenido el material gráfico de esta fase de análisis generado con el software AutoCAD y Adobe Illustrator, se visita in situ el hospital para conocer el funcionamiento del centro y corroborar el análisis preliminar. Durante esta visita se utiliza la observación no participante a través de una visita guiada con una de sus profesionales a la que también se entrevista.

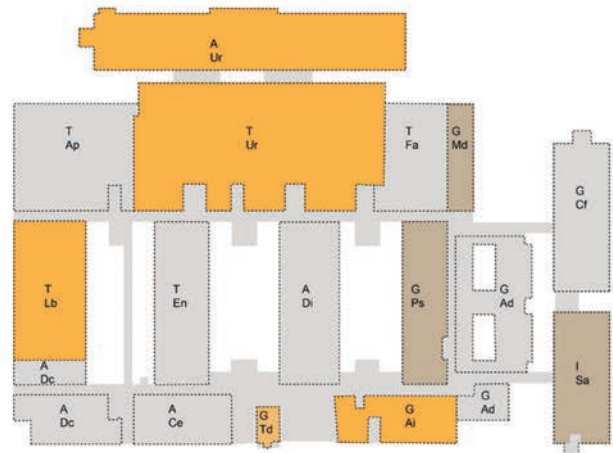
En segundo lugar, se analizan los datos disponibles sobre los horarios de apertura de las distintas unidades y se realizan reiteradas consultas a profesionales para comprobar los horarios de uso del hospital. Esta







Día laborable  
Working day



Fin de semana y festivos  
Weekend and public holidays



6



PLANTA FLOOR	ESPACIO SPACE	LABORABLE L-V WEEKDAYS M-F	SÁBADO SATURDAY	DOMINGOS Y FESTIVOS SUNDAYS AND PUBLIC HOLIDAYS
6	Ce Consultas Externas Outpatient Clinics	Mañana y tarde		
	Fv Fertilidad Fertility	Mañana y tarde		
	Hc COVID COVID	Mañana y tarde		
	Au Aulas Classrooms	Mañana y tarde		
	Bl Biblioteca Library	Mañana y tarde		
	Cp Capilla Chapel	Uso puntual		
5	Ce Consultas Externas Outpatient Clinics	Mañana y tarde		
	Lb Laboratorios Laboratories	Mañana y tarde		
	Hv Polivalente Multipurpose	Mañana y tarde		
	Md Médicos, despachos y habitaciones Doctors, offices, rooms	Mañana y tarde		
4	Au Aulas Classrooms	Mañana y tarde		
	Ce Consultas Externas Outpatient Clinics	Mañana y tarde		
	Hg Oncológica Oncology	Mañana y tarde		
	Hp Pediatría Pediatrics	Mañana y tarde		
	Hs Psiquiatría Psychiatry	Mañana y tarde		
	Hv Polivalente Multipurpose	Mañana y tarde		
3	Md Médicos, despachos y habitaciones Doctors, offices, rooms	Mañana y tarde		
	Au Aulas Classrooms	Mañana y tarde		
	Ce Consultas Externas Outpatient Clinics	Mañana y tarde		
	Hv Polivalente Multipurpose	Mañana y tarde		
2	Md Médicos, despachos y habitaciones Doctors, offices, rooms	Mañana y tarde		
	Au Aulas Classrooms	Mañana y tarde		
	Ce Consultas Externas Outpatient Clinics	Mañana y tarde		
	Ho Obstetricia Obstetrics	Mañana y tarde		
1	Hv Polivalente Multipurpose	Mañana y tarde		
	Md Médicos, despachos y habitaciones Doctors, offices, rooms	Mañana y tarde		
	Au Aulas Classrooms	Mañana y tarde		
	Ce Consultas Externas Outpatient Clinics	Mañana y tarde		
	Dh Hospital de día Day hospital	Mañana y tarde		
	Bs Banco de sangre Blood bank	Mañana y tarde		
	Ob Bloque obstétrico Obstetric wing	Mañana y tarde		
	Hn Neonatología Neonatology	Mañana y tarde		
0	Ce Consultas Externas Outpatient Clinics	Mañana y tarde		
	Dc Hospital de día Day Hospital	Mañana y tarde		
	Di Hemodiálisis Hemodialysis	Mañana y tarde		
	Ur Urgencias Emergency Room	Mañana y tarde		
	En Endoscopias Endoscopies	Mañana y tarde		
	Ap Anatomía patológica Pathological anatomy	Mañana y tarde		
	Fa Farmacia Pharmacy	Mañana y tarde		
	Lb Laboratorios Laboratories	Mañana y tarde		
	Ad Administración y dirección Administration and management	Mañana y tarde		
	Ai Admisión e información Admission and information	Mañana y tarde		
	Cf Cafetería Cafeteria	Mañana y tarde		
	Md Médicos, despachos Doctors, offices	Mañana y tarde		
	Ps Áreas de personal Staff areas	Mañana y tarde		
	Td Tienda Store	Mañana y tarde		
Sa Salón de actos Conference room	Mañana y tarde			
-1	Ex Extracciones Extractions	Mañana y tarde		
	Rh Rehabilitación Rehabilitation	Mañana y tarde		
	Ap Anatomía patológica Pathological anatomy	Mañana y tarde		
	Es Esterilización Sterilization	Mañana y tarde		
	Lb Laboratorios Laboratories	Mañana y tarde		
	Mo Mortuario Mortuary	Mañana y tarde		
	Rx Diagnóstico por imagen Diagnostic imaging	Mañana y tarde		
	Al Almacenes Warehouses	Mañana y tarde		
	Cc Cocina Kitchen	Mañana y tarde		
	Le Lencería Laundry	Mañana y tarde		
	Ar Archivo Archive	Mañana y tarde		



7

6. Esquemas de planta baja mostrando los tiempos de uso de sus distintas unidades funcionales.

Elaboración: Patricia Domínguez

7. Tiempos de utilización por plantas.

Elaboración: Patricia Domínguez

6. Ground floor schemes showing the times of use of its different functional units. Design: Patricia Domínguez

7. Usage times by floors. Design: Patricia Domínguez

ción de las características particulares de la persona considerada. Estos diagramas se preparan en Rhinoceros y se retocan en Photoshop.

## Síntesis gráfica

La representación gráfica de la información obtenida en la toma de datos se articula en dos líneas: la primera representará los tiempos de uso de los diferentes espacios, y la segunda, los recorridos de los diferentes tipos de usuario establecidos en la fase de análisis (paciente interno, paciente externo, personal sanitario y personal no sanitario).

### Tiempos de utilización

La visualización de la frecuencia de uso de las unidades funcionales del edificio se traslada a una línea temporal (Fig. 5). Con este tipo de esquema se puede averiguar fácilmente qué horarios tienen una mayor saturación de uso, además de las diferencias entre días laborables y fines de semana. Por otro lado, se observa que una cuarta parte de las unidades funcionales (concretamente, un 24 %) tiene un uso constante las 24 horas del día y los siete días de la semana. Otro 27 % tiene un uso discontinuo, correspondiéndose fundamentalmente con los espacios de apoyo (como despachos de médicos, almacenes o vestuarios) y quirófanos; y casi la mitad de las unidades funcionales (un 49 % del hospital) funciona exclusivamente en horario diurno.

La traslación de esta información a las plantas supone un salto cualitativo (Fig. 6): se identifica qué partes del edificio tienen una actividad constante, pudiendo relacionarlas con su posición con respecto a los núcleos verticales de comunicación y con los volúmenes que

conforman la morfología global del hospital. Se observa así que no hay una correlación entre las distintas piezas y su intensidad de uso.

En una representación sintética final, se elabora una axonométrica explotada (vista tridimensional donde se posicionan las plantas una encima de otra), relacionada con las tablas de uso en el tiempo de las distintas unidades funcionales agrupadas por plantas (Fig. 7).

Esta imagen clarifica el funcionamiento temporal de los espacios del hospital, a la vez que arroja nuevas preguntas: ¿existe una lógica de distribución de usos por su intensidad? ¿qué núcleos de comunicaciones verticales pueden verse más saturados en las horas punta?

### Recorridos de usuarios

La utilización de programas CAD ha permitido la representación de los recorridos en un esquema tridimensional a partir de la toma de datos sobre las planimetrías: por un lado, se identificaron las distintas unidades funcionales (ya clasificadas en el primer estudio de tiempos de uso), y, por otro, se estableció qué grupos de usuario podían acceder a esas unidades y por dónde (identificación de pasos y puertas).

Los grupos de usuario, descritos previamente, se representan mediante el siguiente código de color:

- Verde: pacientes externos.
- Naranja: pacientes internos.
- Rojo: personal sanitario.
- Negro: personal no sanitario.

Dentro de este análisis por grupo de usuario se trabajó en dos fases. En la primera, se dibujaron los recorridos generales por todo el hospital; en la segunda, se representaron los tipos más representativos dentro de cada grupo.

orange, red and black) are listed below, joining each of the accessible access points to the same group of users. On the other hand, type routes are identified for each of the four user groups. The selection criteria for standard routes are based on the nearest and further case (for green traffic) and on frequent routes for the rest of the circulations (orange, red and black). This information is worked on in the Photoshop and Rhinoceros tools to make visible the routes both in plan and in three-dimensional volume.

Fourthly and from the three-dimensional type routes, other diagrams are created in which the changes of direction are displayed to visualize in two dimensions the distance and the time necessary to travel to them according to the particular characteristics of the person in question. These diagrams are prepared in Rhinoceros and retouched in Photoshop.

## Graphical synthesis

The graphical representation of the information obtained in the data collection is divided into two branches. The first will represent the times of use of the various spaces, and the second, the routes of the different types of users established in the analysis phase (inpatient, outpatient, healthcare staff and non-healthcare staff).

### Usage times

The display of the frequency of use of the building's functional units is moved to a timeline (Fig. 5). With this type of scheme, you can easily find out which schedules have a greater saturation of use, in addition to the differences between weekdays and weekends. On the other hand, it is observed that a quarter of the functional units (specifically, 24%) have a constant use 24 hours a day, seven days a week. Another 27% have a discontinuous use, corresponding mainly to support spaces (such as doctors' offices, storerooms or changing rooms) and operating rooms; and almost half of the functional units (49% of the hospital) operate exclusively during daylight hours. The translation of this information to the floors represents a qualitative leap (Fig. 6). It identifies which parts of the building have a constant activity, being able to relate them to their position with respect to the vertical cores of communication and with the volumes





that make up the global morphology of the hospital. It is therefore observed that there is no correlation between the different areas and their intensity of use.

In a final synthetic representation, an exploited axonometric is elaborated (three-dimensional view where the floors are positioned one on top of the other), related to the tables of use in time of the different functional units grouped by floors (Fig. 7). This image clarifies the temporary functioning of hospital spaces, while raising new questions. Is there a logic of distribution of uses by their intensity? Which vertical communications cores are most saturated at peak times?

### User routes

The use of CAD programs has facilitated the representation of the routes in a three-dimensional scheme based on the collection of data on the planimetry. On the one hand, the various functional units were identified (already classified in the first study of times of use), and, on the other, it was established which user groups could access these units and where (identification of passages and doors). The user groups, described above, are represented by the following color code:

- Green: outpatients.
- Orange: inpatients.
- Red: healthcare staff.
- Black: non-healthcare staff.

Within this analysis by user group, we worked in two phases. In the first, the general routes throughout the hospital were drawn up; in the second, the most representative types within each group were represented.

Thus, in the three-dimensional representation of the flows by user group, the distribution of these in the two main axes of horizontal communication (north-east axis and south-west axis) between the four central pavilions (Fig. 8) can be appreciated.

From this three-dimensional model it is possible to study specific cases of typical users, selecting the routes and accesses that they would use according to the reason for their passage through the building.

In the case of outpatients, two types who attend an appointment in an outpatient clinic of the hospital are graphically represented. These two causes respond to the fact that, when data was collected on the distribution

8. Recorridos dibujados en CAD de los cuatro tipos de usuario (vista en axonometría y en planta). Elaboración: Patricia Domínguez, Laura Cambra

8. Routes drawn in CAD of the four types of users (view in axonometry and in plan). Design: Patricia Domínguez, Laura Cambra

Así, en la representación tridimensional de los flujos por grupo de usuario se aprecia la distribución de estos en los dos grandes ejes de comunicación horizontal (eje noreste y eje suroeste) entre los cuatro pabellones centrales (Fig. 8).

A partir de este modelo tridimensional se hace posible estudiar casos concretos de usuarios tipo, seleccionando las líneas de recorrido y los accesos que utilizarían según el motivo de su paso por el edificio.

En el caso de los pacientes externos, se representan gráficamente dos tipos que acuden a una cita en una consulta externa del hospital. Estas dos casuísticas responden a que, en la toma de datos de distribución de unidades funcionales, se observó que algunas de las consultas se ubican en puntos muy alejados del acceso público del edificio. Por ello, se ha querido comparar el recorrido que hace un paciente con una cita médica en una consulta cercana al acceso con el recorrido de otro paciente al que se le asigna la cita en una de esas consultas alejadas (Fig. 9).

En cuanto a los pacientes internos (Fig. 10), se elaboran dos recorridos tipo: por un lado, el recorrido del usuario que accede al hospital con motivo de una operación programada (accediendo a las unidades funcionales de quirófano, URPA, UCI y hospitalización), y por otro, el de aquel que accede por urgencias (urgencias, radiodiagnóstico y hospitalización).

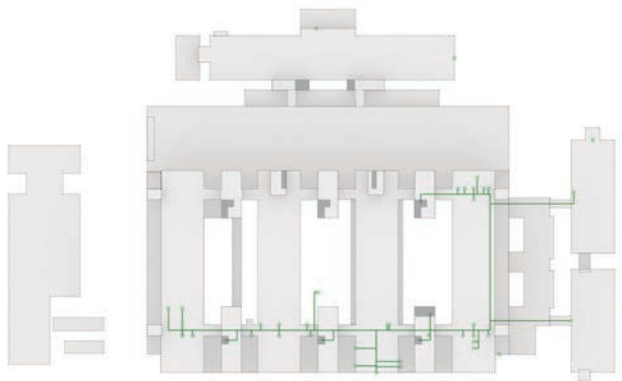
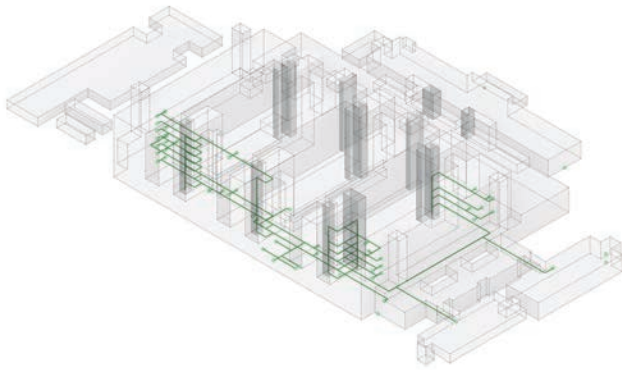
Dentro del personal sanitario, se diferencian tres tipos de trabajadores: personal médico, de enfermería y celadores/as. Al tratarse de tipos muy generales, se representa una rutina diaria de una especialidad concreta. En el caso médico, se muestra un ejemplo de recorrido

de una ginecóloga. Las unidades funcionales en las que desarrollaría su actividad serían el despacho médico, la zona de hospitalización obstétrica, el bloque obstétrico y la consulta externa. En el caso del enfermero, este pasa por el vestuario y el bloque de hospitalización que le corresponda. Y en el caso del celador, se ha establecido una jornada en la que da servicio a la UCI, a zonas de hospitalización, a los quirófanos y al banco de sangre (Fig. 11).

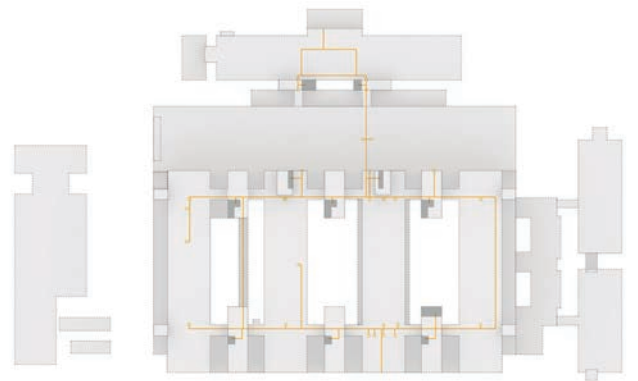
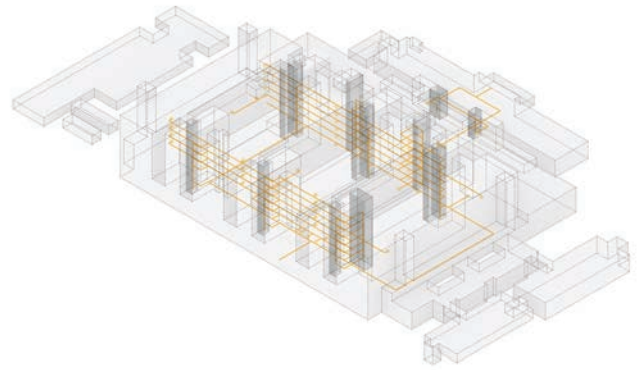
Por último, dentro del personal no sanitario del hospital se dibuja el recorrido de una trabajadora de mantenimiento. Esta hipótesis (Fig. 12) presupone un día de revisión de los aparatos de clima de una planta, debiendo acceder a la instalación local de la planta, a las máquinas de cubierta y al taller de mantenimiento.

La representación tridimensional a escala de estos recorridos permite, no sólo una visualización rápida en la que se valoren cualitativamente las características del recorrido, sino también cuantificar las distancias que debe recorrer cada usuario, el número de giros que debe tomar y el número de núcleos verticales que utiliza para acceder a los distintos usos. Todas estas variables influyen en la experiencia del usuario, afectando notablemente a aquellos más vulnerables (personas mayores, personas con movilidad reducida, niños, etc.). Para mostrar gráficamente esos parámetros, que revelan la complejidad de cada trayecto, se traslada la información del modelo tridimensional a un esquema en alzado, añadiendo además escalas gráficas de distancia y tiempos de recorrido según las características del usuario (Fig. 13).

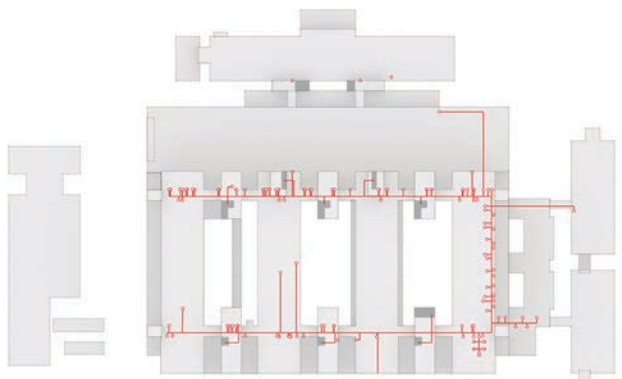
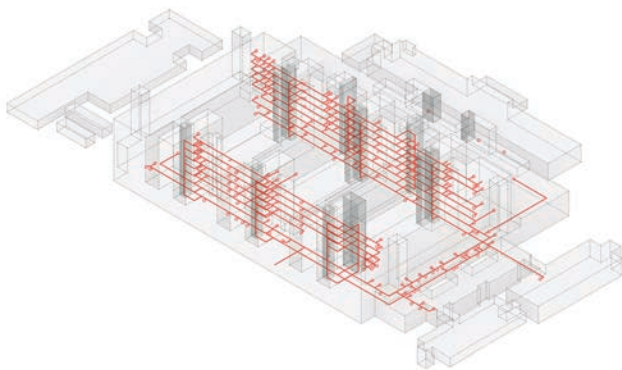
**Recorridos pacientes externos**  
Outpatient routes



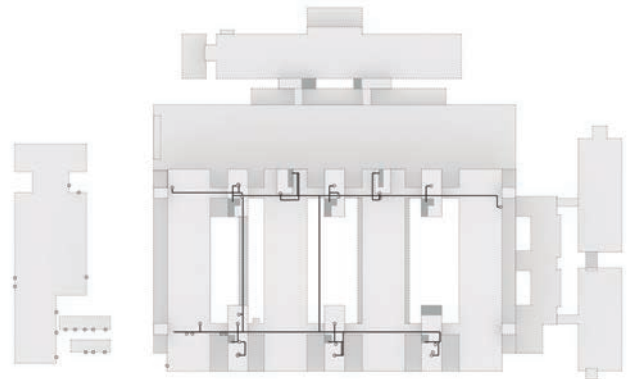
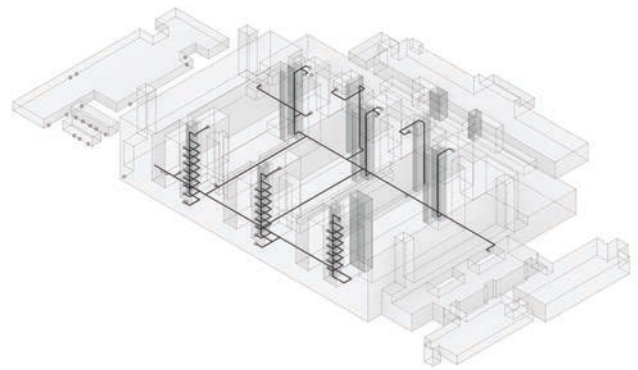
**Recorridos pacientes internos**  
Inpatient routes

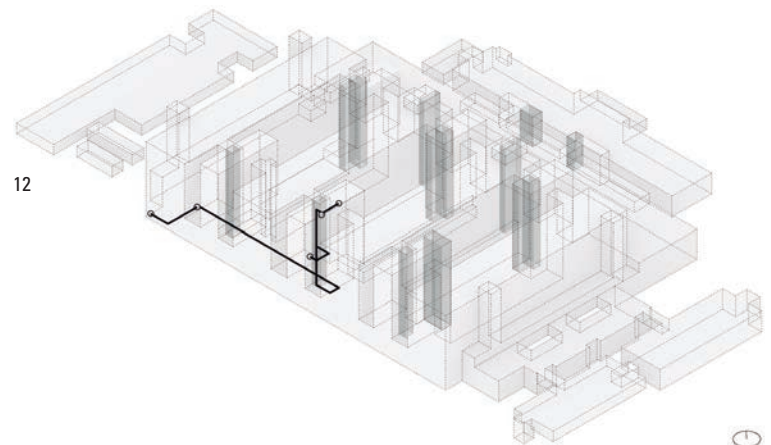
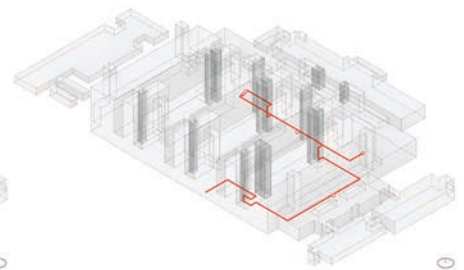
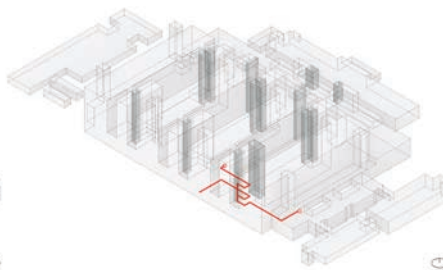
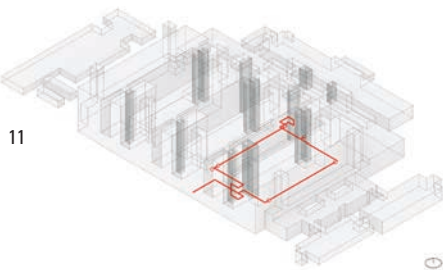
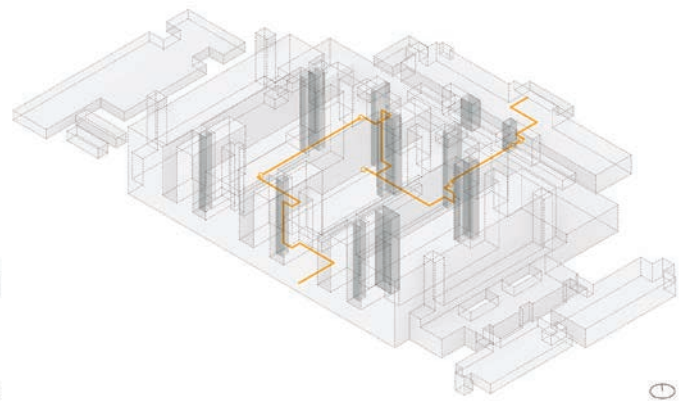
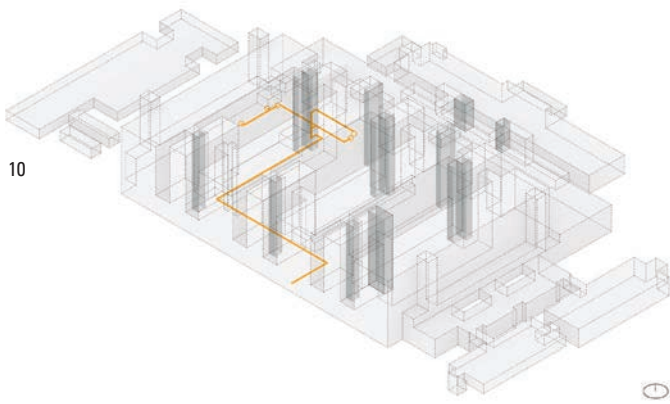
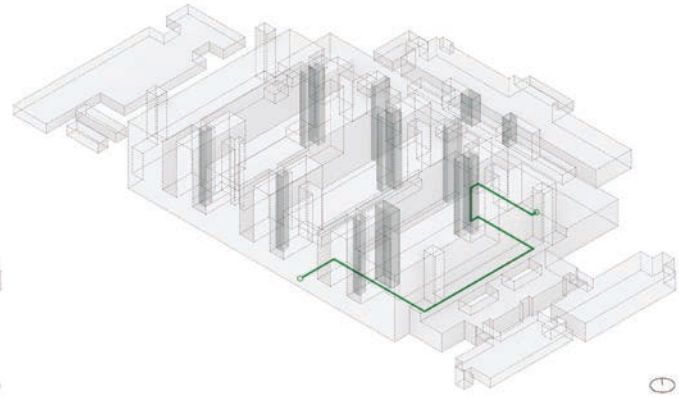
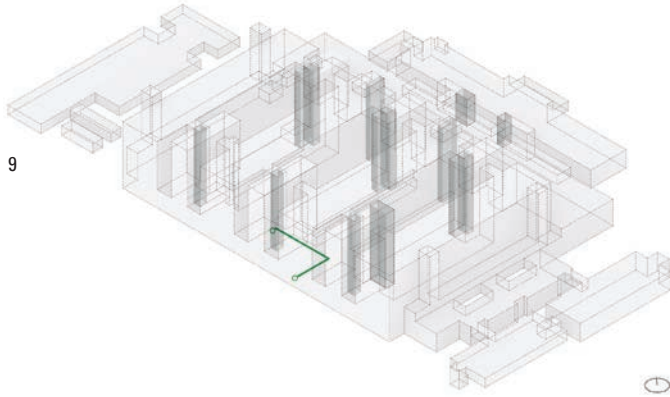


**Recorridos personal sanitario**  
Health care staff routes



**Recorridos personal mantenimiento**  
Maintenance staff routes





9. Paciente que acude a una consulta externa cercana al acceso (izquierda) y paciente que acude a una consulta externa alejada del acceso (derecha). Elaboración: Patricia Domínguez, Laura Cambra

10. Paciente que acude a operación programada (izquierda) y paciente que acude por urgencias (derecha). Elaboración: Patricia Domínguez, Laura Cambra

11. Recorridos de personal sanitario: médico (izquierda), enfermero (centro) y celador (derecha). Elaboración: Patricia Domínguez, Laura Cambra

12. Recorrido hipotético de personal de mantenimiento. Elaboración: Patricia Domínguez, Laura Cambra

9. Patient attending an outpatient clinic close to the access (left) and patient attending an outpatient clinic away from the access (right). Design: Patricia Domínguez, Laura Cambra

10. Patient attending scheduled operation (left) and emergency patient (right). Design: Patricia Domínguez, Laura Cambra

11. Routes of health staff: doctor (left), nurse (center) and orderly (right). Design: Patricia Domínguez, Laura Cambra

12. Hypothetical route of maintenance staff. Design: Patricia Domínguez, Laura Cambra





13. Comparativa de alzados de cada recorrido tipo: pacientes externos (verde), pacientes internos (naranja), personal sanitario (rojo) y personal de mantenimiento (negro).  
Elaboración: Patricia Domínguez

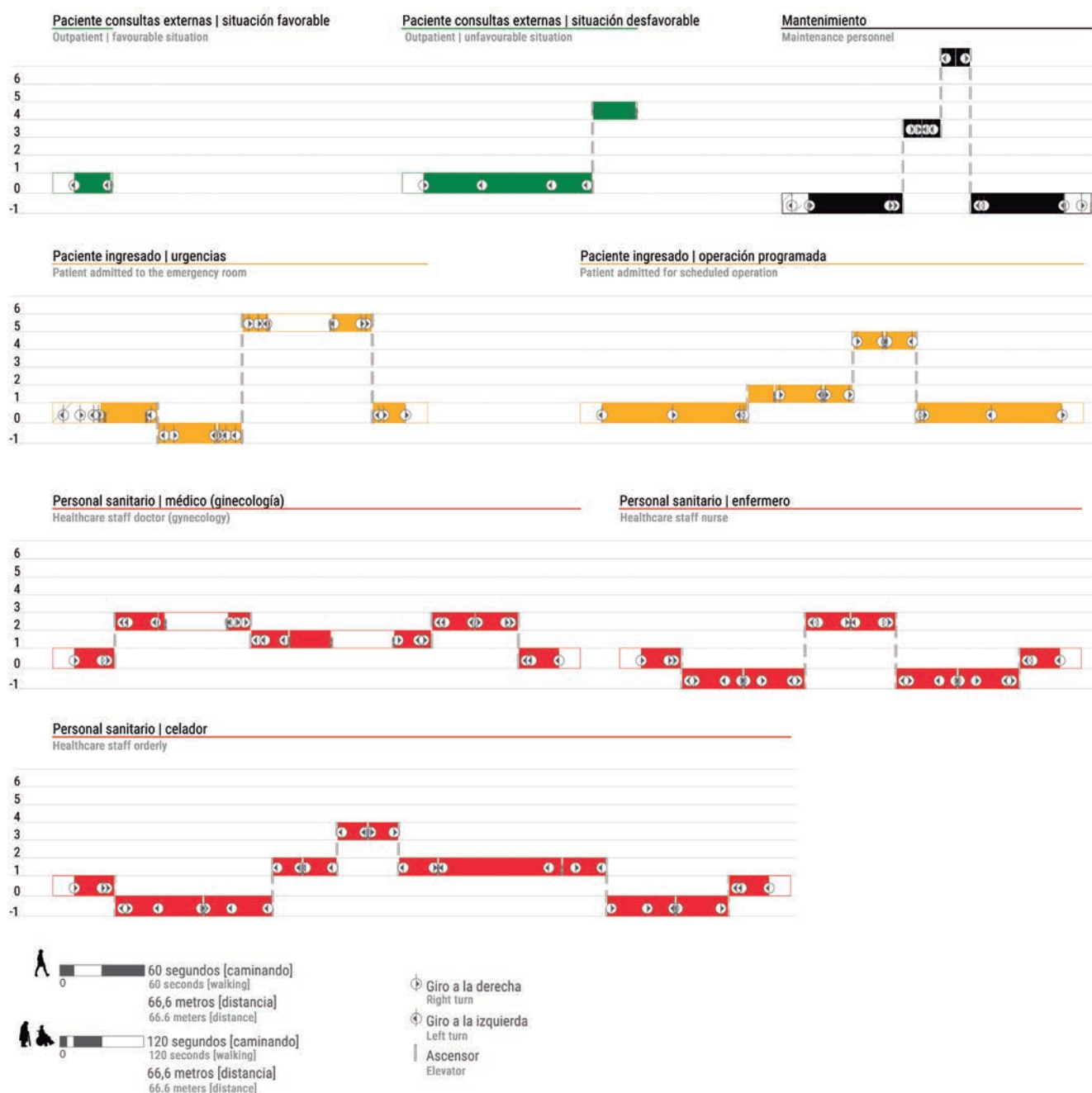
13. Comparison of elevations of each type route: outpatients (green), inpatients (orange), health staff (red) and maintenance staff (black).  
Design: Patricia Domínguez

## Discusión

En los distintos esquemas generados en la síntesis gráfica se aprecia, de forma rápida y cualitativa, el funcionamiento global de los recorridos del hospital estudiado, así como sus posibles problemas.

En el caso de los diagramas de uso temporal (Fig. 7 ) se aclara el funcionamiento de los distintos espacios según sus horarios de utilización; además, esta visualización en axonométrica explotada se puede relacionar directamente con los núcleos de comunicación vertical

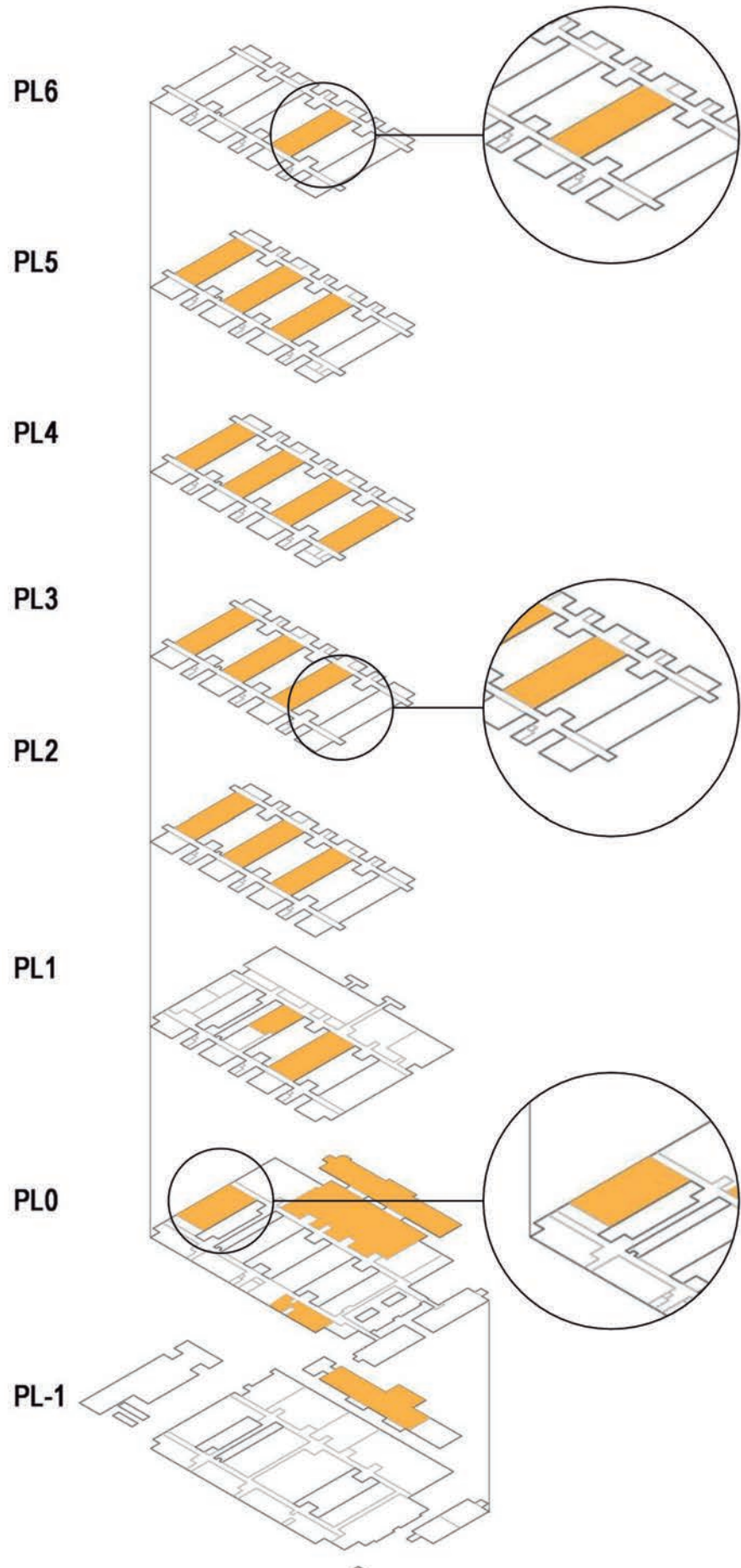
of functional units, it was observed that some of the consulting rooms are located at points far from the public access of the building. Therefore, we wanted to compare the route made by a patient with a medical appointment in a consulting room near the access with the itinerary of another patient who is assigned an appointment in one of





those remote consulting rooms (Fig. 9). As for inpatients (Fig. 10), two standard routes are developed: on the one hand, the route of the user who accesses the hospital on the occasion of a scheduled operation (accessing the functional units of the operating room, PACU, ICU and hospitalization), and on the other, that of the one who accesses for emergencies (Fig. 10. Emergency, radiodiagnosis and hospitalization).

Within the healthcare staff, three types of workers are differentiated: medical staff, nurses and orderlies. As these are very general roles, a daily routine of a specific specialty is represented. In the medical case, an example of a gynecologist's itinerary is shown. The functional units in which they would perform their activity would be the medical office, the obstetric hospitalization area, the obstetric block and the outpatient clinic. In the case of the nurse, they go through the changing room and the hospitalization block that corresponds to them. And in the case of the orderly, a day has been established in which they provide service to the ICU, hospitalization areas, operating rooms and the blood bank (Fig. 11). Finally, within the non-medical staff of the hospital, the itinerary of a maintenance worker is shown. This hypothesis (Fig. 12) presupposes a day of inspection of the climate equipment of a floor, having access to the local installation of the floor, to the deck machines and to the maintenance workshop. The three-dimensional scale representation of these routes allows not only a quick visualization in which the characteristics of the itinerary are qualitatively assessed, but also to quantify the distances that each user must travel, the number of turns that must be taken and the number of vertical cores that he uses to access the different uses. All these variables influence the user experience, significantly affecting those most vulnerable (the elderly, people with reduced mobility, children, etc.). To graphically display these parameters, which reveal the complexity of each route, the information of the three-dimensional model is transferred to an elevation scheme, also adding graphic scales of distance and travel times according to the characteristics of the user (Fig. 13).



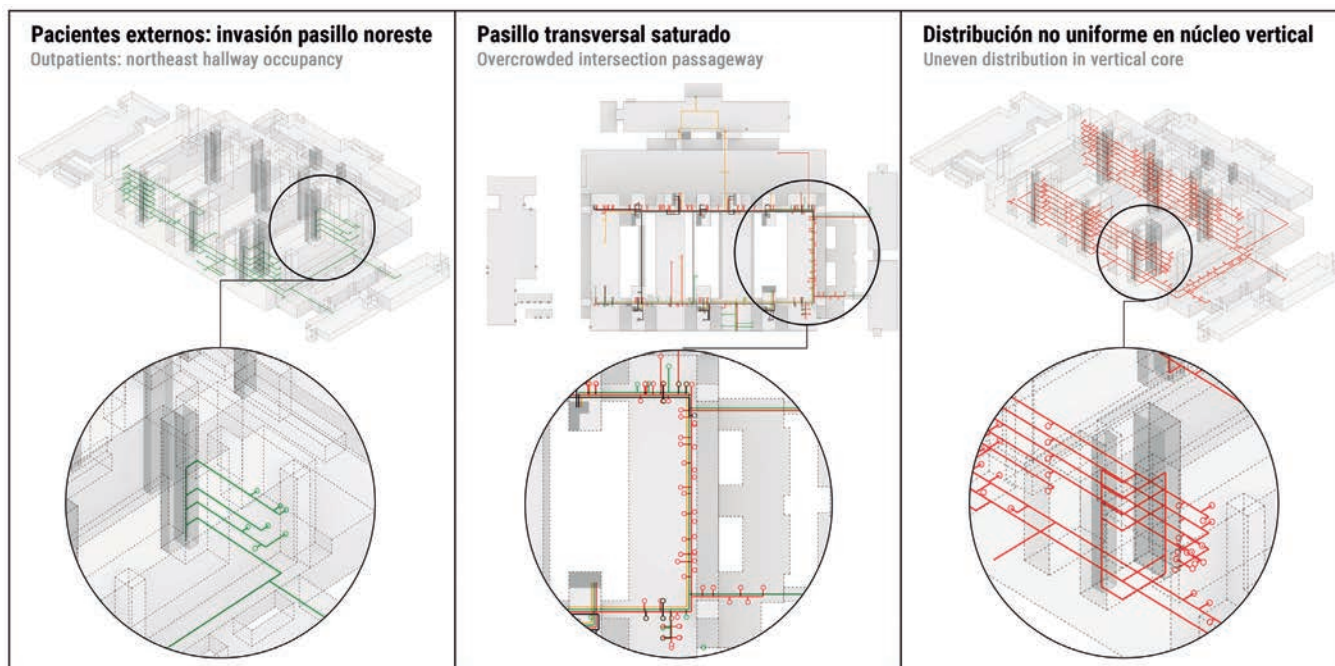


14. Diagrama temporal en axonométrico de los espacios con uso 24 horas. Elaboración: Patricia Domínguez

15. Ejemplos de problemáticas visibles en los esquemas tridimensionales. Elaboración: Patricia Domínguez, Laura Cambra

14. Temporal diagram in axonometric of the spaces with 24-hour use. Design: Patricia Domínguez

15. Examples of problems visible in three-dimensional schemes. Design: Patricia Domínguez, Laura Cambra



15

les, intuyendo cuáles van a ser los más saturados en horas punta. Por otro lado, también se observa que la distribución de los usos en el edificio no responde necesariamente a su tiempo de utilización. Dentro del periodo de funcionamiento de 24 horas (Fig. 14), se localizan algunos espacios aislados (como el de la planta sexta o la planta baja), alejados de las otras unidades en uso y provocando mayores costes de tiempo y de energía en el desplazamiento interno.

La precisión adquirida gracias al levantamiento en un entorno tridimensional CAD permite detectar cualitativamente muchas problemáticas a simple vista (Fig. 15). Por ejemplo, los dos ejes principales de comunicación horizontal no respetan la separación de pacientes externos de todos los demás usuarios. Los pacientes externos, cuyas unidades funcionales se ubican mayoritariamente en el eje suroeste, se ven obli-

gados a utilizar el eje noreste (exclusivo de personal sanitario y pacientes internos) porque algunas unidades de uso se encuentran en dicho eje.

Otro de los problemas que se aprecia es la saturación de un pasillo transversal en planta baja, en el que no sólo transitan todos los tipos de usuarios del hospital, sino que también es un importante distribuidor de los espacios de trabajo de administración y gestión.

Además, se detectan anomalías en algunas comunicaciones verticales (ascensores y escaleras), que presentan una distribución no homogénea de los recorridos.

En el caso de los alzados detallados de los usuarios tipo elegidos (como el paciente que acude a la consulta externa más cercana o el paciente que acude a una operación programada), la representación de la distancia de los pasillos se traduce directamente en tiempo de recorrido horizontal. Cabe señalar

## Discussion

In the different schemes generated in the graphical synthesis, the global functioning of the routes of the hospital studied is appreciated, quickly and qualitatively, as well as its possible problems.

In the case of temporary use diagrams (Fig. 7) the operation of the different spaces according to their hours of use is clarified; in addition, this exploited axonometric visualization can be directly related to the vertical communication cores, intuiting which will be the most saturated at peak times. On the other hand, it is also observed that the distribution of uses in the building does not necessarily respond to its time of use. Within the 24-hour operating period (Fig. 14), some isolated spaces are located (such as the sixth floor or the ground floor), away from the other units in use and causing higher costs of time and energy in internal displacement.

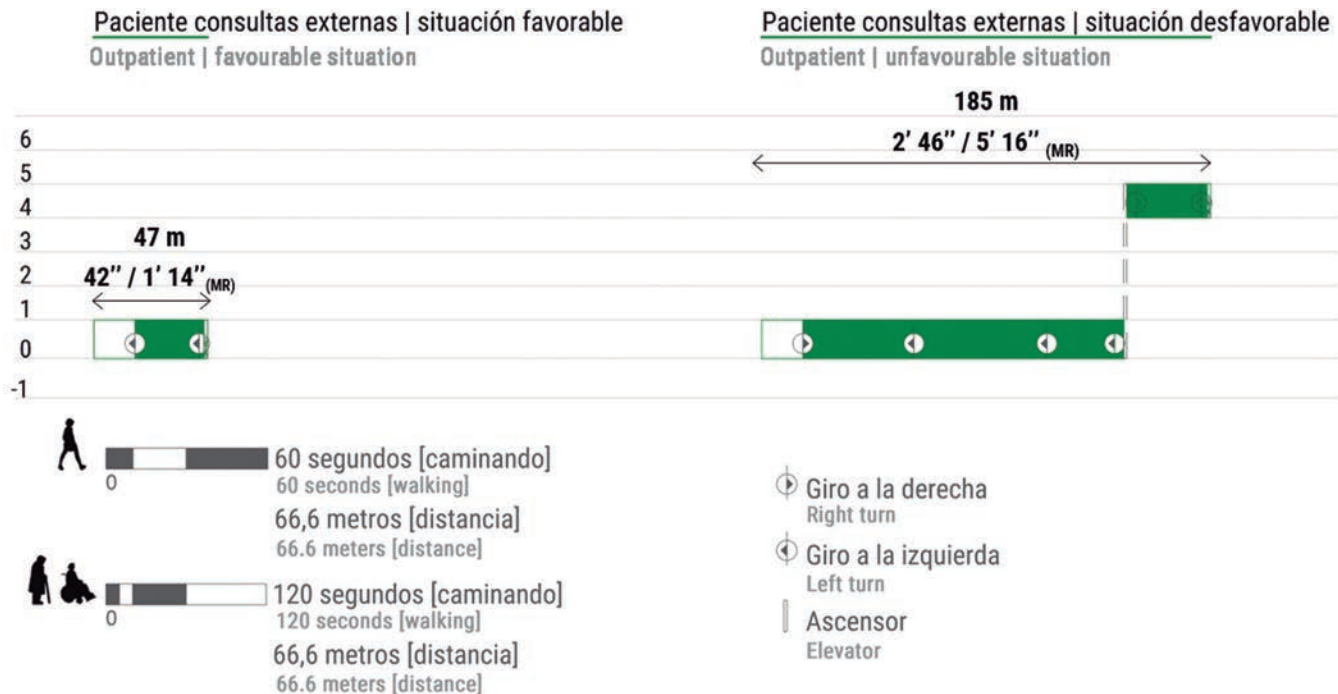
The precision acquired thanks to the survey in a three-dimensional CAD environment allows us to qualitatively detect many issues with the naked eye (Fig. 15). For example, the two main axes of horizontal communication do not respect the separation of outpatients from all other users. Outpatients, whose functional units





16. Detalle de recorridos tipo de pacientes que acuden a Consultas Externas. Se cuantifica la dimensión y tiempos del recorrido, así como la cantidad de giros y núcleos verticales de este. Elaboración: Patricia Domínguez

16. Detail of routes type of patients who come to Outpatient Consultations. The dimension and times of the itinerary are quantified, as well as the number of turns and vertical cores of the itinerary. Design: Patricia Domínguez



16

are mostly located on the south-west axis, are forced to use the north-eastern axis (exclusive for health staff and inpatients) because some units of use are located on said axis.

Another problem that can be seen is the saturation of a transversal corridor on the ground floor, in which not only all types of hospital user transit, but it is also an important distributor of administration and management workspaces.

In addition, anomalies are detected in some vertical communications (elevators and stairs), which present a non-homogeneous distribution of the routes.

In the case of detailed elevations of the chosen type users (such as the patient attending the nearest outpatient clinic or the patient attending a scheduled operation), the representation of the distance of the corridors is directly translated into horizontal travel time. It should be noted that the speed of each user is different, and we wanted to graphically assess the travel times of people with reduced mobility (Fig. 16).

The representation of the turns and use of vertical communications gives a quick reading as to the complexity of each itinerary: the more turns and changes of floor, the more likely the user is to become disoriented.

que la velocidad de cada usuario es diferente, y se ha querido valorar gráficamente los tiempos de recorrido de las personas con movilidad reducida (Fig. 16).

La representación de los giros y uso de comunicaciones verticales da una lectura rápida en cuanto a la complejidad de cada recorrido: a mayor cantidad de giros y cambios de planta, más probabilidades hay de que el usuario se desoriente.

## Conclusión

En el presente artículo se expone la metodología seguida para el análisis de las circulaciones y recorridos que se producen en el interior del HUPA mediante la utilización de sistemas de expresión gráfica arquitectónica, constituyéndose como una herramienta especialmente eficaz para el diagnóstico de la problemática hospitalaria relativa a los

flujos internos. A través del estudio de los diagramas expuestos es posible advertir de forma inmediata y accesible la realidad hospitalaria y detectar los espacios conflictivos y las posibles mejoras aplicables. En definitiva, se trata de un sistema de metodología gráfica exportable a otros complejos sanitarios que puede servir para la gestión eficiente de sus espacios públicos internos, así como de sustento para la reforma o la proyección de nuevos centros hospitalarios. ■

## Referencias

- BAYRAMZADEH, SARA, ANJALI JOSEPH, DEE SAN, AMIN KHOSHKENAR, KEVIN TAAFFE, ROXANA JAFARI-FIROOZABADI, DAVID M. NEYENS, STUDY GROUP RIPCHDOR, y STUDY GROUP RIPCHDOR. 2018. The Impact of Operating Room Layout on Circulating Nurse's Work Patterns and Flow Disruptions: A Behavioral Mapping Study. 11 (3): 124-138. <https://doi.org/10.1177/1937586717751124>.



- CAMBRA-RUFINO, LAURA. 2021. Universidad Politécnica de Madrid. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.67443>. Disponible en: <https://oa.upm.es/67443/>.
- CHEN, M. -S, Y. -T KO, and W. -C HSIEH. 2021. Exploring the Planning and Configuration of the Hospital Wayfinding System by Space Syntax: A Case Study of Cheng Ching Hospital, Chung Kang Branch in Taiwan. 10 (8). <https://doi.org/10.3390/ijgi10080570>.
- CHÍAS, PILAR and TOMÁS ABAD. 2017a. Green Hospitals, Green Healthcare. 2 (2): 196-205. <https://doi.org/10.2495/EQ-V2-N2-196-205>.
- CHÍAS, PILAR and TOMÁS ABAD. 2021., edited by Pilar Chías Navarro, Tomás Abad Balboa. Alcalá de Henares: Editorial Universidad de Alcalá.
- CHÍAS, PILAR y TOMÁS ABAD. 2017b. Topology for Health Care Facilities' Design. 2 (3): 156-169. <https://doi.org/10.15168/xy.v2i3.48>.
- CHÍAS, PILAR, TOMÁS ABAD, y LUCAS FERNÁNDEZ-TRAPA. 2022. AR Applications: Wayfinding at Health Centres for Disabled Users. : 21-29. <https://doi.org/10.3280/oa-845-c191>.
- CHÍAS, PILAR, TOMÁS ABAD, y GONZALO GARCÍA-ROSALES. 2018. New Graphic Tools for Hospital's Spatial Analysis and Design. In , 1283-1292. Cham: Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-93749-6\\_106](https://doi.org/10.1007/978-3-319-93749-6_106).
- COLLEY, JACINTA, HEIDI ZEEMAN, y ELIZABETH KENDALL. 2018. "Everything Happens in the Hallways": Exploring User Activity in the Corridors at Two Rehabilitation Units. 11 (2): 163-176. <https://doi.org/10.1177/1937586717733149>.
- CURRY, J., C. MCGREGOR, y S. TRACY. 2006. A Communication Tool to Improve the Patient Journey Modeling Process. : 4726-4730. <https://doi.org/10.1109/IEMBS.2006.259481>.
- HAQ, S. y Y. LUO. 2012. Space Syntax in Healthcare Facilities Research: A Review. 5 (4): 98-117. <https://doi.org/10.1177/193758671200500409>.

### Agradecimientos

Este trabajo es un resultado del proyecto de investigación, financiado por el Ministerio de Innovación y Ciencia, en la convocatoria Proyectos de I+D+i en el marco de los Programas Estatales de Generación de Conocimiento y Fortalecimiento Científico y Tecnológico del sistema de I+D+i y de I+D+i orientada a los Retos de la Sociedad, convocatoria 2020, PID2020-118796RB-I00. Asimismo, cuenta con la participación de investigadores (Nicolás Gutiérrez y Laura Cambra) que han obtenido Ayudas Margarita Salas y con una becaria FPI asignada al Proyecto (Teresa Sánchez-Jáuregui).

### Conclusion

This article presents the methodology followed for the analysis of the circulations and routes that occur inside the HUPA through the use of architectural graphical expression systems, constituting itself as a particularly effective tool for the diagnosis of hospital problems related to internal flows. Through the study of the exposed diagrams, it is possible to identify in an immediate and accessible way the hospital reality and detect the conflictive spaces and the possible applicable improvements. In short, it is a graphical methodology system that can be used for other health complexes and can serve for the efficient management of their internal public spaces, as well as support for the refurbishment or projection of new hospital centers. ■

### References

- BAYRAMZADEH, SARA, ANJALI JOSEPH, DEE SAN, AMIN KHOSHKENAR, KEVIN TAAFFE, ROXANA JAFARIFIROOZABADI, DAVID M. NEYENS, STUDY GROUP RIPCHDOR, and STUDY GROUP RIPCHDOR. 2018. The Impact of Operating Room Layout on Circulating Nurse's Work Patterns and Flow Disruptions: A Behavioral Mapping Study. *Herd* 11 (3): 124-138. <https://doi.org/10.1177/1937586717751124>.
- CAMBRA-RUFINO, LAURA. 2021. *Evaluation of Functional & Environmental Factors in Spanish Acute-Care Hospital Design (unpublished doctoral thesis)*. Polytechnic University of Madrid. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.67443>. Available in: <https://oa.upm.es/67443/>.
- CHEN, M. -S, Y. -T KO, and W. -C HSIEH. 2021. Exploring the Planning and Configuration of the Hospital Wayfinding System by Space Syntax: A Case Study of Cheng Ching Hospital, Chung Kang Branch in Taiwan. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 10 (8). <https://doi.org/10.3390/ijgi10080570>.
- CHÍAS, PILAR and TOMÁS ABAD. 2017a. Green Hospitals, Green Healthcare. *International Journal of Energy Production and Management* 2 (2): 196-205. <https://doi.org/10.2495/EQ-V2-N2-196-205>.
- CHÍAS, PILAR and TOMÁS ABAD. 2021. *Habitar Los Hospitales: El Bienestar Más Allá Del Confort: Nuevas Tendencias En Arquitectura Sanitaria = Inhabiting Hospitals: Welfare Beyond Comfort: New Trends in Healthcare Design*, edited by Pilar Chías Navarro, Tomás Abad Balboa. Alcalá de Henares: Editorial Universidad de Alcalá.
- CHÍAS, PILAR and TOMÁS ABAD. 2017b. Topology for Health Care Facilities' Design. *XY. Studi Sulla Rappresentazione Dell'architettura E Sull'uso Dell'immagine Nella Scienza E Nell'arte* 2 (3): 156-169. <https://doi.org/10.15168/xy.v2i3.48>.
- CHÍAS, PILAR, TOMÁS ABAD, and LUCAS FERNÁNDEZ-TRAPA. 2022. AR Applications: Wayfinding at Health Centres for Disabled Users.

*Representation Challenges: New Frontiers of AR and AI Research for Cultural Heritage and Innovative Design*. 21-29. <https://doi.org/10.3280/oa-845-c191>.

- CHÍAS, PILAR, TOMÁS ABAD, and GONZALO GARCÍA-ROSALES. 2018. New Graphic Tools for Hospital's Spatial Analysis and Design. In *Graphic Imprints. EGA 2018*, 1283-1292. Cham: Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-93749-6\\_106](https://doi.org/10.1007/978-3-319-93749-6_106).
- COLLEY, JACINTA, HEIDI ZEEMAN, and ELIZABETH KENDALL. 2018. "Everything Happens in the Hallways": Exploring User Activity in the Corridors at Two Rehabilitation Units. *Herd* 11 (2): 163-176. <https://doi.org/10.1177/1937586717733149>.
- CURRY, J., C. MCGREGOR, and S. TRACY. 2006. A Communication Tool to Improve the Patient Journey Modeling Process. *2006 International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*. 4726-4730. <https://doi.org/10.1109/IEMBS.2006.259481>.
- HAQ, S. and Y. LUO. 2012. Space Syntax in Healthcare Facilities Research: A Review. *Health Environments Research and Design Journal* 5 (4): 98-117. <https://doi.org/10.1177/193758671200500409>.
- MANCEBO GUERRERO, CRISTINA CAROLINA. 2023. *Methodology to evaluate the efficiency of the Dominican contemporary hospital using as a reference the hospital of the Spanish and American clinical processes (unpublished doctoral thesis)*. Available in: <https://ebuah.uah.es/dspace/handle/10017/56111>.
- MARMOR, YARIV N., BOAZ GOLANY, SHLOMO ISRAELIT, and AVISHAI MANDELBAUM. 2012. Designing Patient Flow in Emergency Departments. *IIE Transactions on Healthcare Systems Engineering* 2 (4): 233-247. <https://doi.org/10.1080/19488300.2012.736118>.
- PENG, D. 2022. *Improving the Performance of Hospitals: An Architectural Analysis of Patient Journeys in China (unpublished doctoral thesis)*. <https://doi.org/10.7480/abe.2022.07>. Available in: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4462857>.
- PUEBLA PONS, JUAN and VÍCTOR MANUEL MARTÍNEZ LÓPEZ. 2010. The diagram as a strategy of the contemporary architectural project. *EGA: Journal of Architectural Graphic Expression* 15 (16): 96-105. <https://doi.org/10.4995/ega.2010.1016>.
- YOUSSEF, K. A. and A. M. A. YOUSSEF. 2022. Promoting Spatial Cognition in Hospital Buildings using Space Syntax Analyses. *Journal of Engineering and Applied Science* 69 (1). <https://doi.org/10.1186/s44147-022-00153-w>.

### Acknowledgements

This work is a result of the research project "Methodology for the design of sustainable buildings, environments and care spaces focused on the well-being of especially vulnerable patients: terminally ill, with sensory and/or motor disabilities, and long-term post-COVID-19 patients", funded by the Ministry of Innovation and Science, in the call , R+D+i projects within the framework of the State Programs for the Generation of Knowledge and Scientific and Technological Strengthening of the R+D+i and R+D+i system focused on the Challenges of Society, call 2020, PID2020-118796RB-I00. It also involves the participation of researchers (Nicolás Gutiérrez y Laura Cambra) who have obtained a Margarita Salas Grant and an FPI fellow assigned to the Project (Teresa Sánchez-Jáuregui).